

Prof. Dr.-Ing. E. h. G. Dettmar

Aus k u n f t s b u c h
für die v o r s c h r i f t s g e m ä ß e
U n t e r h a l t u n g u n d
B e t r i e b s f ü h r u n g
v o n S t a r k s t r o m a n l a g e n

Auskunftsbuch
für die vorschriftsgemäße
Unterhaltung und Betriebsführung

von Starkstromanlagen

Von

Dr.-Ing. E. h. G. Dettmar
o. Professor an der Technischen Hochschule
Hannover

Mit 51 Abbildungen



Berlin
Verlag von Julius Springer
1928

**Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.**

ISBN-13: 978-3-642-93950-1

e-ISBN-13: 978-3-642-94350-8

DOI: 10.1007/978-3-642-94350-8

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1928

Vorwort.

Bei der Bearbeitung meines im Vorjahre erschienenen „Wegweisers für die vorschriftsgemäße Ausführung von Starkstromanlagen“ fand ich, daß in einer großen Zahl von Arbeiten des VDE viele Angaben, die für die Betriebsführung äußerst wertvoll sind, verstreut waren. Es erschien mir dringend notwendig, dieses Material so zusammenzustellen, daß es den Betriebsleitern elektrischer Anlagen jederzeit leicht zugänglich ist und dadurch ihnen bei der Arbeit eine wertvolle Unterstützung bietet. Bei der großen Verantwortlichkeit, die dem Leiter eines Betriebes zufällt, erschien mir die Aufgabe, das alles in einem Buche übersichtlich zusammenzustellen, wichtig genug. Ich entschloß mich daher, dem Wegweiser ein zweites Buch folgen zu lassen, für das ich, um Verwechslungen zu vermeiden, den Titel „Kunstbuch“ wählte. Es ist also auch dieses Buch dazu bestimmt, eine vielfach schon empfundene große Lücke auszufüllen. Damit es seinen Zweck, den Betriebsleiter über die jetzt fast unübersichtliche Fülle von Bestimmungen des VDE zu unterrichten, wirklich erfüllen kann, erschien es mir notwendig, dem Buche eine Form zu geben, die sowohl für den Sonderfachmann, wie auch für den fachlich weniger Ausgebildeten geeignet ist. Besonderer Wert ist ferner auf weitgehendste Vollständigkeit aller direkt oder indirekt mit dem Betriebe von elektrischen Anlagen in Verbindung stehender Bestimmungen des VDE gelegt worden.

Das Buch ist aufgebaut worden auf den Betriebsvorschriften des VDE. Diese enthalten nur grundlegende Bestimmungen; daneben bestehen aber noch eine große Anzahl vom VDE aufgestellter Vorschriften, Regeln, Leitsätze und Normen. Weiter sind zu den Errichtungs- und Betriebsvorschriften, den Vorschriften für isolierte Leitungen, für Installationsmaterial, sowie für Maschinen und Transformatoren noch Erläuterungsbücher herausgegeben. Dieses umfangreiche Material kann von dem in der Praxis stehenden Ingenieur, Techniker, Installateur usw. neben seiner an sich schon anstrengenden geschäftlichen Tätigkeit kaum noch in den Einzelheiten verfolgt werden. Berücksichtigt man ferner, daß die vorstehend erwähnten Bestimmungen dem Fortschritt der Technik entsprechend von Zeit zu Zeit geändert werden müssen, so wird man sich ohne weiteres klar darüber werden, daß es mit großen Schwierigkeiten verknüpft sein muß, über alles dieses auf dem Laufenden zu bleiben. Wenn dann bei der Ausführung von Anlagen bald die eine, bald

die andere Bestimmung übersehen wird, so ist das bei der großen Zahl derselben durchaus entschuldbar, und es wird sicher einem Bedürfnis entsprechen, einen Wegweiser durch alle diese Bestimmungen zu haben. Damit aber dieser auch wirklich seine Aufgabe erfüllt, ist es notwendig, seinen Umfang tunlichst zu beschränken, woraus wiederum folgt, daß die einzelnen Bestimmungen nur zum kleinen Teil im Originalwortlaut gegeben werden können. In der Hauptsache mußte dies auszugsweise oder in Form des kurzen Berichtes geschehen.

Infolge meiner fast 16jährigen engsten Teilnahme an den Arbeiten des VDE und durch die darauf folgende akademische Lehrtätigkeit habe ich mich auf das eingehendste mit allen diesen Bestimmungen befaßt, so daß ich hoffe, durch dieses „Auskunftsbuch“ vielen Fachleuten Zeit und Arbeit zu ersparen.

Da in diesem Buche die Betriebsvorschriften das Gerippe für die Einteilung bilden, war es notwendig, sie durch besondere Druckart gegenüber dem Text des „Auskunftsbuches“ zu kennzeichnen. Selbst dort, wo der Text wörtlich den VDE-Bestimmungen entnommen ist, war dies geboten, weil schon die Art der Auswahl einen Einfluß auf die Auslegung haben kann. Um jederzeit den Unterschied zwischen dem vom VDE stammenden Originalwortlaut und dem Text des Auskunftsbuches hervortreten zu lassen, sind zwei deutlich zu unterscheidende Druckarten benutzt worden, in der Hoffnung, daß damit Verwechslungen vermieden werden.

In einem besonderen Abschnitt sind noch einige für den Betrieb elektrischer Anlagen nützliche Arbeiten des VDE, des Deutschen Aufzugsausschusses, des Reichsausschusses für Lieferbedingungen, des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigungen und des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins abgedruckt.

Zur Erleichterung des Auffindens ist besonderer Wert auf ein sehr ausführliches Sachverzeichnis gelegt worden.

Hannover, im Mai 1928.

Georg Dettmar.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Aufgaben des Buches und Art ihrer Behandlung	1
A. Zweck des Buches	1
B. Abgrenzung des Inhaltes	3
C. Art der Bearbeitung	4
D. Gesichtspunkte für die Benutzung	5
II. Betriebsvorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker mit eingehobenen Hinweisen auf weiter zu beachtende Bestimmungen	6
§ 1. Erklärungen	6
§ 2. Zustand der Anlagen	14
§ 3. Warnungstafeln, Vorschriften und schematische Darstellungen	29
§ 4. Allgemeine Pflichten der im Betriebe Beschäftigten	33
§ 5. Bedienung elektrischer Anlagen	47
§ 6. Maßnahmen zur Herstellung und Sicherung des spannungsfreien Zustandes	176
§ 7. Maßnahmen bei Unterspannungseizung der Anlage	179
§ 8. Arbeiten unter Spannung	181
§ 9. Arbeiten in der Nähe von Hochspannung führenden Teilen	183
§ 10. Zusatzbestimmungen für Akkumulatorenräume	184
§ 11. Zusatzbestimmungen für Arbeiten in explosionsgefährlichen, durchtränkten und ähnlichen Räumen	188
§ 12. Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Kabeln	190
§ 13. Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Freileitungen	199
§ 14. Zusatzbestimmungen für Arbeiten in Prüffeldern und Laboratorien	214
§ 15. Inkrafttreten der Betriebsvorschriften	215
III. Verschiedenes	216
A. Schematische Darstellungen (die wichtigsten Schaltzeichen und Schaltbilder für Starkstromanlagen) des VDE	217
B. Die Prüfstelle des VDE und ihr Arbeitsgebiet	225
C. Normen für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen, Anlässern, Reglern und Transformatoren des VDE	227
D. Leitsätze betr. die einheitliche Errichtung von Fortbildungskursen für Starkstrommonteure und Wärter elektrischer Anlagen des VDE	233
E. Gesetz betr. die Bestrafung der Entziehung elektrischer Arbeit	236
F. Betriebsvorschriften für Aufzüge des Deutschen Aufzugs-Ausschusses . .	237
G. Reichsausschuß für Lieferbedingungen	239
1. Lieferbedingungen für Maschinenputztücher	240
2. Lieferbedingungen für Fußlappen	245
3. Lieferbedingungen für Putzwolle	247

	Seite
H. Ausschluß für wirtschaftliche Fertigung	251
1. Behandlung der Wälzlager	252
2. Künstliche Fabrikbeleuchtung	253
3. Regeln für Fahrer von Elektrotarren	258
I. Merkblatt mit Leitsätzen für Errichtung und Betrieb elektrischer Bagger- und Bahnanlagen in Braunkohlentagebauen	259
K. Dienstantweisung zur Verhütung von Unfällen in elektrischen Bagger- und Bahnanlagen von Braunkohlentagebauen	263
Sachverzeichnis	266

I. Aufgaben des Buches und Art ihrer Behandlung.

A. Zweck des Buches.

Die deutsche Elektrotechnik hat schon frühzeitig begonnen, einheitliche Bestimmungen für Bau und Betrieb elektrischer Anlagen und der dazugehörigen Leitungen, Apparate, Maschinen usw. festzulegen. Schon gleich nach der im Jahre 1893 erfolgten Gründung des Verbandes deutscher Elektrotechniker wurde mit derartigen Arbeiten begonnen; sie sind bis zur Jetztzeit ohne Unterbrechung fortgesetzt worden und werden auch in Zukunft immer noch weiter ausgebaut werden. Bei der ungeheueren Vielgestaltigkeit in der Anwendung der Elektrizität war es notwendig, eine große Zahl von Bestimmungen über die Ausführung solcher Anlagen zu erlassen. So groß der Nutzen dieser zahlreichen Verbandsarbeiten an sich nun ist, konnte es doch nicht ausbleiben, daß mit der Zeit die Übersicht über sie sehr erschwert wurde. Es war nur einer geringen Zahl von Fachleuten, die sich ganz besonders mit derartigen Fragen befassen, möglich, dieses ganze Gebiet vollkommen zu beherrschen. Die meisten Elektrotechniker kennen nur noch diejenigen Verbandsarbeiten genau, mit denen sie im allgemeinen gerade zu tun haben; die anderen werden sie meist entweder gar nicht mehr beherrschen, oder sie werden ihnen nur oberflächlich bekannt sein. Diese Entwicklung hatte das Bedürfnis für einen „Wegweiser“ durch dieses umfangreiche Gebiet der Verbandsarbeiten entstehen lassen, soweit der Bau elektrischer Starkstromanlagen in Frage kommt. Durch dieses im Vorjahr von mir herausgegebene Buch „Wegweiser für die vorschriftsgemäße Ausführung von Starkstromanlagen“ ist jetzt jedem die Möglichkeit gegeben, sich schnell darüber zu unterrichten, was auf dem jeweilig gerade interessierenden Gebiete, außer den grundlegenden „Errichtungsvorschriften“ noch für Sonderbestimmungen des Verbandes deutscher Elektrotechniker bestehen.

In gleicher Weise hat es sich aber auch als notwendig erwiesen, hinsichtlich des Betriebes von Anlagen größere Klarheit und Übersicht über vorhandene Verbandsarbeiten zu schaffen. In den Betriebsvorschriften konnten, weil die Verhältnisse in den verschiedenen Anlagen zu verschieden sind, nur Angaben ganz allgemeiner Natur gemacht werden. Die in vielen Verbandsarbeiten verstreuten Angaben, deren Kenntnis teils direkt, teils indirekt außerordentlich wertvoll sein können, konnten in die Betriebsvorschriften nicht aufgenommen werden. Es ist nun die Aufgabe des vorliegenden „Auskunftsbuches“, alles in den Verbandsarbeiten ent-

haltene, für den Betrieb und die Unterhaltung von Anlagen wertvolle Material nutzbar zu machen, indem bei den jeweiligen Paragraphen der Betriebsvorschriften darauf hingewiesen wird. Dieses Buch ist also damit direkt ein Gegenstück zu dem „Wegweiser“. Wenn dieser wertvolle Hinweis, soweit sie sich auf die Errichtung von Anlagen beziehen, gibt, so bringt das „Auskunftsbuch“ solche, die sich auf den Betrieb erstrecken.

Die Grundlagen für den Betrieb elektrischer Anlagen bilden die „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen“. Der auf den Betrieb bezügliche Teil dieser Vorschriften ist zum ersten Male im Jahre 1903 herausgegeben worden. Seit dieser Zeit ist er mehrmals umgearbeitet und der Entwicklung der Technik entsprechend, ausgebaut worden. Die letzte zur Zeit gültige Fassung ist durch Beschluß vom 30. VII. 1923 in Kraft gesetzt worden und gilt vom 1. VII. 1924 ab. Auch die „Betriebsvorschriften“, sind von den Regierungen der einzelnen Länder ausdrücklich anerkannt worden¹, so daß sie also die für den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen „anerkannten Regeln der Technik“ darstellen.

Die schnellen Fortschritte auf dem Gebiete der Elektrotechnik bedingen naturgemäß von Zeit zu Zeit Änderungen der vom Verband deutscher Elektrotechniker aufgestellten Bestimmungen. Dadurch wird aber die Übersichtlichkeit über dieselben erheblich erschwert. Die Änderungen werden zudem vielfach nicht genügend in den Fachkreisen bekannt werden. Auch in dieser Beziehung soll das vorliegende Buch Verbesserungen im Verhältnis zu dem bisherigen Zustande erreichen, denn es ist mit Hilfe desselben bzw. seiner späteren Auflagen möglich, sich über den neuesten Stand jedes Einzelgebietes sofort zu unterrichten, ohne erst eine große Zahl von Einzelbestimmungen einer Durchsicht unterziehen zu müssen. Den Elektrotechnikern wird also durch die Benutzung dieses Buches sehr viel Zeit erspart werden.

Während meiner 16jährigen Tätigkeit als Generalsekretär des Verbandes deutscher Elektrotechniker habe ich an der Entwicklung der aufgestellten Vorschriften, Regeln, Leitsätze und Normen weitgehendsten Anteil genommen; aber auch meine Tätigkeit als Hochschullehrer, die ich seit 1921 ausübe und die sich überwiegend auf den Bau elektrischer Starkstromanlagen bezieht, gab mir immer wieder Gelegenheit, dieses große Gebiet der Verbandsbestimmungen durchzuarbeiten und durchzudenken, zumal ich diese immer als Grundlage meiner Vorlesungen genommen habe. Gerade diese Lehrtätigkeit hat mich zu weitgehender Durcharbeitung des ganzen Stoffes angeregt, so daß es mir zweckmäßig erschien, das Ergebnis der ganzen Fachwelt zugänglich zu machen. Es kann sich naturgemäß nicht jeder Einzelne so eingehend mit allen diesen Fragen befassen, so daß die nachstehenden Auskünfte wieder einem großen Kreise Zeit und Arbeit ersparen werden. Die gesamte Elektrotechnik wird aber insofern, wie ich hoffe, davon einen Vorteil haben, als die Kenntnis der Verbands-

¹ ETZ 1907, S. 745; 1910, S. 848; 1914, S. 1034.

arbeiten durch dieses Auskunftsbuch erweitert, und die Verbreitung der Vorschriften, Regeln, Leitsätze und Normen gesteigert wird, so daß daraus eine Verbesserung in der Betriebsführung der Anlagen sich ergeben muß.

Zu den Errichtungs- und Betriebsvorschriften bestehen bekanntlich Erläuterungen, die von Geh. Regierungsrat Dr. C. L. Weber herausgegeben sind. Ebenso sind zu den Bestimmungen über isolierte Leitungen, zu denen über Installationsmaterial und zu denen über Maschinen und Transformatoren Erläuterungen verfaßt worden, von denen die ersten von Dr. Apt und letztere beiden von mir bearbeitet sind. Diese „Erläuterungen“ haben ganz andere Aufgaben wie das vorliegende Auskunftsbuch; sie haben den Charakter eines Kommentars und geben Aufschluß über die Entstehung und die Auslegung der einzelnen Bestimmungen. Sie beschäftigen sich sehr eingehend mit den Einzelheiten und sind im wesentlichen nur für diejenigen bestimmt, die sich tiefer mit der betreffenden Verbandsarbeit beschäftigen. Der Umfang jedes einzelnen dieser Erläuterungsbücher ist auch schon so groß, daß sie für den täglichen Gebrauch in der Praxis nicht in Frage kommen. Die dabei auftauchenden Fragen müssen in sehr kurzer Form, wie das nachstehend in diesem Auskunftsbuch geschieht, beantwortet werden, wobei gegebenenfalls eingehendere Auskünfte aus diesen Erläuterungsbüchern zweckmäßig zu holen sind; es wird deswegen nachstehend auch öfter auf diese Erläuterungsbücher hingewiesen.

Der Inhalt dieses Buches wird dem Ingenieur, wie dem Techniker, dem Maschinenisten und dem Monteur gleich nützlich sein, weil sie in demselben auf jedem Einzelgebiet sofort auf etwa vorhandene Sonderbestimmungen hingewiesen werden. Ganz besonders wertvoll wird das Auskunftsbuch aber den Betriebsleitern und Besitzern elektrischer Anlagen sein, die nicht besonders elektrotechnisch vorgebildet sind, da gerade ihnen von den vielen Einzelbestimmungen des Verbandes ein großer Teil nicht bekannt sein wird. Weiter wird dieses Auskunftsbuch den Studierenden ein nützlich Buch sein, um ihnen die vielen und komplizierten Beziehungen, die zwischen den verschiedenen Einzelgebieten der Elektrotechnik bestehen, zu zeigen.

B. Abgrenzung des Inhaltes.

Die Übersichtlichkeit eines Buches ist im allgemeinen um so größer je geringer der Umfang desselben ist. Infolgedessen mußte als Hauptgesichtspunkt bei der Bearbeitung gelten, alles nicht unbedingt Notwendige wegzulassen und das wirklich Notwendige so kurz wie möglich zu fassen. Der Inhalt des Buches wurde infolgedessen nur auf gewöhnliche Starkstromanlagen erstreckt, einschließlich der Bergwerke, jedoch ausschließlich der elektrischen Bahnen. Für letzteres vollkommen abgeschlossene Gebiet bestehen besondere „Vorschriften für elektrische Bahnen“¹.

¹ ETZ 1925, S. 239, 279, 321, 977 und 1526.

Es mußte ferner von der Behandlung der Fernmeldeanlagen (früher genannt Schwachstromanlagen) abgesehen werden. Auch für diese bestehen besondere „Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen“¹. Von Fernmeldeanlagen sind nur solche Teile hier berücksichtigt, die mit Starkstromanlagen direkt in Verbindung stehen.

Der Inhalt des Buches geht von der Hauptgrundlage, die für den Betrieb elektrischer Anlagen besteht, von den „Betriebsvorschriften“ aus. Sie sind im Teil II dieses Buches im vollen Wortlaut abgedruckt. Hinter den einzelnen Paragraphen bzw. Teilen derselben sind jeweilig diejenigen Verweisungen eingefügt, die kurz den Inhalt anderer Verbandsarbeiten wiedergeben. Wo notwendig sind außer diesen Verweisungen auch noch kurze Erklärungen wichtiger Ausdrücke usw. gegeben. Des weiteren sind möglichst umfangreiche Angaben über Literatur gemacht, in der die jeweilige Verbandsbestimmung behandelt worden ist. In der Elektrotechnischen Zeitschrift finden sich nämlich sehr viele Abhandlungen, die die Verbandsvorschriften betreffen, und die besonders geeignet sind, aufklärend zu wirken. Durch diese Hinweise wird die im Laufe der letzten Jahrzehnte erschienene ziemlich umfangreiche Literatur über die Verbandsarbeiten und deren Auslegung auf die Dauer in übersichtlicher Weise nutzbar gemacht.

In Teil III sind noch einige Verbandsarbeiten, die mit den Betriebsvorschriften im Zusammenhange stehen, abgedruckt, um in dem Buche handlich alles das zusammen zu haben, was für das richtige Verständnis dieser Vorschriften notwendig ist. Es sind ferner in diesem Abschnitt noch das Gesetz betr. die Bestrafung der Entziehung elektrischer Arbeit, die Betriebsvorschriften des deutschen Aufzugs-Ausschusses, Arbeiten des Reichsausschusses für Lieferbedingungen, des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigungen und des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins enthalten.

C. Art der Bearbeitung.

Die Einteilung des Buches schließt sich, wie schon erwähnt, den „Betriebsvorschriften“ des Verbandes deutscher Elektrotechniker an. Der nachstehende Wortlaut derselben ist genau übereinstimmend mit dem zur Zeit gültigen, der vom Verband deutscher Elektrotechniker² veröffentlicht ist. Die Einschreibungen dagegen, die sich auf die anderen Arbeiten des Verbandes deutscher Elektrotechniker beziehen, sind, um Platz zu sparen, meist nicht im Originalwortlaut gegeben; sie sind so kurz wie irgend möglich gehalten. Von diesen Sonderarbeiten bezieht sich oft nur ein ganz kleiner Teil auf den Betrieb der Anlagen, der größte Teil des Inhaltes dieser Sonderarbeiten erstreckt sich auf die Herstellung der zum Bau und Betrieb von Anlagen notwendigen Einzelteile. Sie sind insofern in der Hauptsache für die Fabrikanten bestimmt, die solche Teile herstellen.

¹ ETZ 1922, S. 561 und 744; 1923, S. 203; 1924, S. 83; 1925, S. 904 und 1526.

² ETZ 1923, S. 646, 671, 695 und 953.

Derjenige, der den Betrieb einer Anlage leitet, braucht meist nur wenige von diesen Bestimmungen im einzelnen zu kennen. Durch eine auszugsweise Wiedergabe dieser Sonderarbeiten des VDE wird außerordentlich viel Platz gespart und dadurch die Übersichtlichkeit erhöht.

Bei der Aufstellung der Verbandsarbeiten wird meist schon äußerste Kürze angestrebt. Das hat zwar den Vorteil, daß dadurch die Bestimmungen übersichtlicher werden. Unter Umständen ergibt sich aber daraus der Nachteil, daß Unklarheiten in der Auslegung eintreten können. Durch kurze erläuternde Bemerkungen ist versucht worden, an solchen Stellen den erwähnten Nachteil zu beseitigen. Sie mußten aber natürlich der Zahl und dem Umfange nach auf das Äußerste beschränkt werden; zum Teil ist das dadurch erreicht worden, daß auf die Erläuterungsbücher, die vorstehend schon erwähnt worden sind, hingewiesen wurde.

D. Gesichtspunkte für die Benutzung.

Für jeden Benutzer ist es naturgemäß wichtig, sofort klar zu ersehen, welcher Teil des Inhaltes dem Originalwortlaut der vom VDE aufgestellten Betriebsvorschriften entspricht und welcher Teil von mir stammt als gekürzte Wiedergabe anderer Teile von Verbandsarbeiten. Für den Inhalt dieser Stellen muß ich naturgemäß die Verantwortung übernehmen, während bei dem Originalwortlaut sie der Verband trägt. Es ist infolgedessen der von mir stammende Text durch besondere Druckart (Fraktur) hervorgehoben worden. Hierüber sind auch schon Angaben im Vorwort gemacht worden.

Wie schon vorstehend erwähnt, bezieht sich ein großer Teil der Sondervorschriften des VDE auf die Herstellung der Apparate, Leitungen, Maschinen usw. Die Verbraucher bzw. Benutzer solcher Einzelteile glauben nun vielfach, daß sie sich mit derartigen Bestimmungen überhaupt nicht befassen brauchen, in der Annahme, daß sie ja von den Fabrikanten beachtet werden. Dieser Standpunkt ist aber nicht richtig, einerseits, weil nicht alle Fabrikanten ordnungsgemäßes Material herstellen, andererseits, weil neben dem verbandsgemäßen Material für Ausführungszwecke teilweise auch verbandswidriges Material fabriziert wird. Es hat also derjenige, der eine Anlage betreibt, die Pflicht, bei der Auswahl der zu verwendenden Materialien sich jeweilig darüber klar zu werden, ob sie den Verbandsvorschriften, Regeln, Zeitsätzen und Normen entsprechen. Es ist deswegen zu empfehlen, bei jeder Bestellung von Materialien ausdrücklich zu verlangen, daß sie den neuesten Verbandsbestimmungen entsprechen, und sich bei der Lieferung diesbezügliche Zusicherungen geben zu lassen.

II. Betriebsvorschriften¹ des Verbandes deutscher Elektrotechniker mit eingeschobenen Hinweisen auf weiter zu beachtende Bestimmungen.

§ 1.

Erklärungen.

a) Niederspannungsanlagen. Anlagen mit effektiven Gebrauchsspannungen bis 250 V zwischen beliebigen Leitern sind ohne weiteres als Niederspannungsanlagen zu behandeln; Mehrleiteranlagen mit Spannungen bis 250 V zwischen Nulleiter und einem beliebigen Außenleiter nur dann, wenn der Nulleiter geerdet ist. Bei Akkumulatoren ist die Entladespannung maßgebend.

Alle übrigen Starkstromanlagen gelten als Hochspannungsanlagen.

Die Einteilung der elektrischen Anlagen in solche für Niederspannung und Hochspannung ist eine der grundlegenden Bestimmungen der Errichtungs- und Betriebsvorschriften. Es ist infolgedessen auch eine Unterscheidung im Druck durchgeführt, und zwar in der Weise, daß alle Bestimmungen, die für Niederspannung und Hochspannung gelten, im gewöhnlichen Druck hergestellt sind, während die Bestimmungen, die nur für Hochspannung gelten, kursiv gedruckt sind.

Es kann auch vorkommen, daß in einer Anlage ein Teil unter die Vorschriften für Niederspannung und ein Teil unter die für Hochspannung fällt. Es müssen dann aber die einzelnen Teile eine gewisse Selbständigkeit aufweisen, wie z. B. bei Transformatoren, Asynchronmotoren usw.

Die Niederspannungsanlagen sind in vorstehender Bestimmung nach oben in bezug auf die Spannung begrenzt. Eine Grenze für die Gültigkeit der Vorschriften nach unten besteht nicht, soweit die Anlage überhaupt als Starkstromanlage gilt. Es sind aber an einigen Stellen der Vorschriften für besonders niedrige Spannungen Erleichterungen zugelassen. So gilt eine Spannung unter 40 V im allgemeinen als ungefährlich, weshalb für diese Spannungen von einem Berührungsschutz abgesehen werden kann. Es werden deswegen vielfach Anlagen, bei denen eine besondere Gefahr besteht, wie z. B. solche in feuchten, durchtränkten, heißen usw. Räumen mit derartigen niedrigen Spannungen ausgeführt. Hierbei ist

¹ Diese Betriebsvorschriften sind auch bei der Errichtung und Veränderung von elektrischen Starkstromanlagen zu beachten, soweit dabei die Anlagen oder einzelne Teile unter Spannung stehen.

aber zu beachten, daß die Grenze von 40 V nur für erwachsene normale Menschen gilt. Für Kinder müssen niedrigere Werte genommen werden, ebenso für viele Tiere, die empfindlicher gegenüber elektrischen Schlägen sind als Menschen. Für solche Anlagen ist deswegen gemäß Beschluß der Jahresversammlung 1926¹ eine Spannung von 24 V festgelegt worden.

Das Wort „Gebrauchsspannung“ ist gleichbedeutend mit „Spannung am Stromverbraucher“.

Früher wendete für die elektrischen Anlagen jeder die Spannung an, die ihm gerade zweckmäßig erschien. Die Folge davon war eine große Anzahl von verschiedenen Gebrauchsspannungen, die den Nachteil hatten, daß die Gebrauchssapparate, wie Lampen, Motoren, Transformatoren usw., für eine große Zahl verschiedener Spannungen hergestellt und am Lager gehalten werden mußten, was naturgemäß unwirtschaftlich ist. Zur Erzielung einer Vereinheitlichung wurden im Jahre 1919 Normalspannungen aufgestellt, und zwar zunächst für Anlagen mit Spannungen über 100 V. Sie hatten den Titel „Normen für Betriebsspannungen elektrischer Anlagen über 100 V“ und galten ab 1. November 1919.

Danach waren folgende Normalspannungen in Benutzung:

Für gewöhnliche Gleichstromanlagen: 110, 220 u. 440 V.

Für Gleichstrom-Bahnanlagen: 550, 750, 1100, 1500, 2200, 3000 V.

Für Drehstromanlagen von 50 Per/s: (125), 220, 380, (500), (3000), (5000), 6000, (10000), 15000, (25000), 35000, (50000), 60000, 100000 V. (Die in Klammer stehenden Spannungen wurden nur für besondere Verwendungsgebiete benutzt.)

Es waren ferner „Normen für Spannungen elektrischer Anlagen unter 100 V“ aufgestellt worden, nach denen folgende Normalspannungen in Benutzung waren:

Für Gleichstrom:

1,5, 2, 2,5, 3,5, 4, 6, 8, 12, 16, 24, 32, 36, 40, 48, 60, 65, 80 V.

Für Wechselstrom:

2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 36, 48, 75 V.

Die vorstehenden Spannungsnormen sind jedoch am 31. Dezember 1927 außer Kraft gesetzt worden. Vom 1. Januar 1928 ab gelten folgende „Normen für Betriebsspannungen elektrischer Starkstromanlagen“, die ETZ 1926, S. 1337, 1927, S. 481 und 1089 abgedruckt sind:

A. Gleichstrom.

24, 42, 110, 220, 440, 550, 750, 1100, 1500, 2200, 3000 V. (Die Spannungen von 550 bis 3000 V beziehen sich auf Bahnanlagen mit einpoliger Erdung.)

B. Drehstrom von 50 Per/s.

24, 42, (125), 220, 380, (500), (1000), (3000), 6000, (10000), 15000, (20000), 30000, (45000), 60000, (80000), 100000, (150000), 200000,

¹ ETZ 1926. S. 658 u. 862; 1927, S. 1089.

(300000) V. (Die Spannungen in Klammer werden nur in zweiter Linie empfohlen.)

Eine streng gültige und einfache Umschreibung des Begriffes „Starkstromanlagen“ ist leider nicht möglich. Man muß sich daher damit begnügen, daß im allgemeinen das Vorhandensein einer gewissen erheblichen Stromstärke zugleich mit einer gewissen erheblichen Energiemenge als ausreichend für die Begriffsbestimmung betrachtet wird. Im Gegensatz zu den „Starkstromanlagen“ stehen die früher als „Schwachstromanlagen“ bezeichneten, die, wie der Name sagt, mit geringen Stromstärken arbeiten. Als infolge der Entwicklung der Technik diese Umschreibung nicht mehr ausreichend war, gelang es aber, hier eine Verbesserung dadurch herbeizuführen, daß man als Kennzeichen nicht das Mittel, mit dem die Anlage arbeitet, benutzte, sondern den Zweck, zu dem sie errichtet wird. Der VDE führte daher den jetzt allgemein üblichen Ausdruck „Fernmeldeanlagen“ ein. Wir haben somit zu unterscheiden als die beiden Hauptarten elektrischer Anlagen die „Starkstromanlagen“ und die „Fernmeldeanlagen“. Für letztere gelten besondere Bestimmungen, die „Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen“, deren letzter Wortlaut vom 1. Januar 1924 ab Geltung hat und durch die Jahresversammlung 1925 des VDE teilweise abgeändert wurde. Die endgültigen Bestimmungen sind abgedruckt ETZ 1922, S. 561 und 744; 1923, S. 203; 1924, S. 83; 1925, S. 904 und 1526. Näheres über die Abgrenzung des Begriffes „Starkstromanlage“ siehe Erläuterungen von Weber zu § 1.

1. Im Gegensatz zu den mit Buchstaben bezeichneten Absätzen, die grundsätzliche Vorschriften darstellen, enthalten die mit Ziffern versehenen Absätze Ausführungsregeln. Letztere geben an, wie die Vorschriften mit den üblichen Mitteln im allgemeinen zur Ausführung gebracht werden sollen, wenn nicht im Einzelfall besondere Gründe eine Abweichung rechtfertigen.

In den Betriebsvorschriften wie auch in den Errichtungsvorschriften werden unterschieden: Vorschriften und Ausführungsregeln, meistens kurz Regeln genannt. Sie sind durch verschiedenen Druck und durch die Bezeichnung mit Buchstaben und mit Zahlen kenntlich gemacht. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal besteht darin, daß bei den Vorschriften immer der Ausdruck „muß“ gebraucht ist, während bei den Regeln „soll“ angewendet wird. Näheres über die Entstehung und Begründung dieser Unterscheidung siehe Erläuterungen von Weber, und zwar in der Einleitung.

Der VDE hat bekanntlich noch eine große Zahl anderer Arbeiten aufgestellt, die verschiedenartigen Charakter haben. Er unterscheidet:

1. Vorschriften, die bindende Bestimmungen darstellen.
2. Regeln, die die üblichen Ausführungsarten angeben, von denen aber bei besonderen Gründen im Einzelfalle eine Abweichung möglich ist.
3. Normen, die Einzelangaben in bezug auf Aufbau, Form, Maße, Gewichte, mechanische, elektrische oder magnetische Eigenschaften machen, die im allgemeinen einzuhalten sind.
4. Leitsätze, die Angaben machen, die noch der Erprobung bedürfen, deren Einhaltung aber im allgemeinen zu empfehlen ist.

In den weitaus meisten Fällen wird es zweckmäßig sein, keinen Unterschied zwischen Vorschriften, Regeln, Normen und Leitfäden zu machen, sondern alle diese auf Grund eingehender Beratungen aufgestellten Bestimmungen zu beachten.

2. Weitere Erklärungen siehe unter § 2 der Errichtungsvorschriften.

Diese sind nachstehend abgedruckt und mit einigen Hinweisen versehen worden.

Feuersichere, wärmesichere und feuchtigkeitssichere Gegenstände.

Feuersicher ist ein Gegenstand, der entweder nicht entzündet werden kann oder nach Entzündung nicht von selbst weiterbrennt.

Wärmesicher ist ein Gegenstand, der bei der höchsten betriebsmäßig vorkommenden Temperatur keine den Gebrauch beeinträchtigende Veränderung erleidet.

Feuchtigkeitssicher ist ein Gegenstand, der sich im Gebrauch durch Feuchtigkeitaufnahme nicht so verändert, daß er für die Benutzung ungeeignet wird.

Um prüfen zu können, ob ein Gegenstand den vorstehenden Erklärungen in bezug auf Feuersicherheit, Wärmesicherheit oder Feuchtigkeitssicherheit entspricht, sind vom VDE „Vorschriften für die Prüfung elektrischer Isolierstoffe“ aufgestellt worden, deren letzter Wortlaut seit dem 1. Juli 1927 Geltung hat; er ist veröffentlicht ETZ 1922, S. 445; 1923, S. 577 und 768; 1924, S. 964 und 1068; 1927, S. 156, 860 u. 1090. Die Untersuchung der elektrischen Isolierstoffe erstreckt sich danach auf folgendes:

- | | |
|--|--|
| <p>A. Mechanische und Wärmeprüfung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Biegefestigkeit, 2. Schlagbiegefestigkeit, 3. Kugeldruckhärte, 4. Wärmebeständigkeit, 5. Feuersicherheit. | <p>B. Elektrische Prüfung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Oberflächenwiderstand, 2. Widerstand im Inneren, 3. Lichtbogenicherheit. |
|--|--|

Die Vorschriften geben im einzelnen genau an, wie die verschiedenen Prüfungen auszuführen sind. Es sind ferner dazu Erläuterungen herausgegeben worden, und zwar ETZ 1922, S. 447; 1923, S. 768; 1924, S. 964. Ein weiterer Beitrag, die Wärmebeständigkeit künstlicher Isolierstoffe betreffend, rührt von Dr. U. Rehow her und ist ETZ 1926, S. 409 und 443 abgedruckt.

Über nichtkeramische, gummifreie Isolierpreßmassen sind vom Verbands deutscher Elektrotechniker in Gemeinschaft mit dem Materialprüfungsamt Berlin-Lichterfelde und dem Verbands der Fabrikanten gummifreier Isolierstoffe ausführliche Bestimmungen aufgestellt worden. Näheres darüber ist bei § 2 gesagt.

Freileitungen. Als Freileitungen gelten alle oberirdischen Leitungen außerhalb von Gebäuden, die weder eine metallene Schutzhülle noch eine Schutzverkleidung haben, einschließlich der zugehörigen Hausanschlußleitungen.

Über die Freileitungen sind vom VDE sehr ausführliche Bestimmungen unter dem Titel „Vorschriften für Starkstromfreileitungen“ aufgestellt worden. Näheres darüber siehe § 22 der Errichtungsvorschriften¹.

Als Leitungen oder Installationen im Freien gelten Fahrleitungen und im Freien befindliche Teile von Anlagen. Übersteigt die Entfernung der Leitungstützpunkte 20 m, so sind die Vorschriften für Freileitungen anzuwenden.

Für Fahrleitungen von elektrischen Bahnen gelten diese Bestimmungen nicht, weil dafür besondere Vorschriften bestehen². Ferner sind Bestimmungen für Fahrleitungen in Gebäuden festgelegt in §§ 23⁴, 24a und 281, für Grubenbahnen unter Tage in § 42 und für Bahnanlagen im Tagebau in § 47 der Errichtungsvorschriften. Des weiteren sind vom VDE besondere „Leitsätze für die Errichtung von Fahrleitungen für Hebezeuge und Transportgeräte“ aufgestellt worden.

Unter Installationen im Freien fallen auch die an und auf Häusern angebrachten Reklamebeleuchtungen.

Elektrische Betriebsräume. Als elektrische Betriebsräume gelten Räume, die wesentlich zum Betrieb elektrischer Maschinen oder Apparate dienen und in der Regel nur unterwiesenem Personal zugänglich sind.

Diese Räume sind in § 28 der Errichtungsvorschriften ausführlich behandelt, woselbst eine Reihe von Erleichterungen gegenüber der Ausführung in gewöhnlichen Räumen festgelegt sind. Bei Hebezeugen und ähnlichen Transportmaschinen gelten die Führerstände als elektrische Betriebsräume.

Abgeschlossene elektrische Betriebsräume. Als abgeschlossene elektrische Betriebsräume werden solche Räume bezeichnet, die nur zeitweise durch unterwiesenes Personal betreten, im übrigen aber unter Verschluss gehalten werden, der nur durch beauftragte Personen geöffnet werden darf.

Diese Räume sind in § 29 der Errichtungsvorschriften ausführlich behandelt, woselbst eine Reihe von Erleichterungen gegenüber den Ausführungen in gewöhnlichen Räumen und in Betriebsräumen festgelegt sind. Besonders häufig vorkommende Räume, die als abgeschlossene elektrische Betriebsräume gelten, sind Akkumulatorenräume und Transformatorräume von Elektrizitätswerken, Unterstationen usw. Transformatorräume und ähnliche kleine, nicht zum Betreten bestimmte Räume gelten dagegen nicht als abgeschlossene elektrische Betriebsräume.

Betriebstätten. Als Betriebstätten werden die Räume bezeichnet, die im Gegensatz zu elektrischen Betriebsräumen auch anderen als elektrischen Betriebsarbeiten dienen und nichtunterwiesenem Personal regelmäßig zugänglich sind.

¹ Dettmar: Wegweiser für die vorschriftsgemäße Ausführung von Starkstromanlagen. Berlin: Julius Springer, 1927.

² Vgl. Vorschriften für elektrische Bahnen: ETZ 1925, S. 239, 279, 321, 977 und 1526.

Diese Räume sind in den §§ 30 und 33 bis 35 der Errichtungsvorschriften ausführlich behandelt.

Im wesentlichen fallen unter den Begriff Betriebsstätten Fabrikationsräume, insbesondere solche, in denen mit schwereren Gegenständen hantiert wird und in denen die elektrischen Einrichtungen nur Hilfsmittel für die Erledigung der anderen Arbeiten sind. Näheres siehe Erläuterungen von Weber zu § 2g.

Feuchte, durchtränkte und ähnliche Räume. Als solche gelten Betriebs- oder Lagerräume gewerblicher und landwirtschaftlicher Anlagen, in denen erfahrungsgemäß durch Feuchtigkeit oder Verunreinigungen (besonders chemischer Natur) die dauernde Erhaltung normaler Isolation erschwert oder der elektrische Widerstand des Körpers der darin beschäftigten Personen erheblich vermindert wird.

In den Änderungen, die am § 2 der Errichtungsvorschriften in Aussicht¹ genommen sind, und die bis zu ihrer Inkraftsetzung schon als Leitsätze gelten sollen, ist angegeben, daß derartige Räume in chemischen Fabriken, Färbereien, Gerbereien, Zuckerfabriken, Käseereien, Molkereien, Wäschereien, landwirtschaftlichen Betrieben u. dgl. vorkommen. Auch in Bergwerken unter Tage kommen solche Räume vor.

Heiße Räume sind als durchtränkte zu betrachten, wenn die darin beschäftigten Personen ähnlichen Einwirkungen ausgesetzt sind.

Diese Räume sind in § 31 der Errichtungsvorschriften ausführlich behandelt.

Die Verminderung des Körperwiderstandes ist zurückzuführen auf die in diesen Räumen stets vorhandene gesteigerte Schweißabsonderung. Die Begriffsbestimmung dieser Art Räume ist schwierig und nur nach gründlicher Kenntnis der örtlichen Verhältnisse möglich. Nähere Angaben darüber siehe Erläuterungen von Weber zu § 2h und zu § 31.

Feuergefährliche Betriebsstätten und Lagerräume. Als feuergefährliche Betriebsstätten und Lagerräume gelten Räume, in denen leicht entzündliche Gegenstände hergestellt, verarbeitet oder angehäuft werden, sowie solche, in denen sich betriebsmäßig entzündliche Gemische von Gasen, Dämpfen, Staub oder Fasern bilden können.

Diese Räume sind in § 34 der Errichtungsvorschriften ausführlich behandelt.

Unter den Begriff feuergefährliche Betriebsstätten und Lagerräume fallen sowohl gewerbliche wie landwirtschaftliche Betriebe, soweit die Gefahr der Entzündung nicht durch besondere Einrichtungen beseitigt ist.

Explosionsgefährliche Betriebsstätten und Lagerräume. Als explosionsgefährlich gelten Räume, in denen explosive Stoffe hergestellt, verarbeitet oder aufgespeichert werden oder leicht explosive Gase, Dämpfe oder Gemische solcher mit Luft erfahrungsgemäß sich ansammeln.

Diese Räume sind in § 35 der Errichtungsvorschriften ausführlich behandelt.

¹ ETZ 1928, S. 700.

Soweit die Explosionsgefahr durch Staub, wie Mehlstaub, Kohlenstaub, Aluminiumstaub usw., herbeigeführt wird, können schlagwettergeschützte Maschinen und Apparate nicht verwendet werden, weil sich staubhaltige Gase völlig anders wie Schlagwettergase verhalten. Plattenschutz und Drahtnetzschutz sind gegen Staub unwirksam. Es müssen dementsprechend andere Schutzmaßnahmen hier Platz greifen, die der besonderen Art des Staubes und seinem Verhalten angepaßt sind¹.

Schlagwettergefährliche Grubenräume. Als schlagwettergefährliche Grubenräume gelten Räume, die von der zuständigen Bergbehörde als solche bezeichnet werden; alle anderen gelten als nicht schlagwettergefährlich.

Diese Räume werden in § 41 der Errichtungsvorschriften ausführlich behandelt. Die Kennzeichnung dieser Räume ist nicht einfach, so daß nur im Einzelfalle die Entscheidung getroffen werden kann. Diese hat sich die Bergbehörde vorbehalten².

Betriebsarten. Bei Dauerbetrieb ist die Betriebszeit so lang, daß die dem Beharrungszustand entsprechende Endtemperatur erreicht wird. Die der Dauerleistung entsprechende Stromstärke wird als „Dauerstromstärke“ bezeichnet.

Bei aussetzendem Betrieb wechseln Einschaltzeiten und stromlose Pausen über die gesamte Spieldauer, die höchstens 10 min beträgt, ab. Das Verhältnis von Einschaltdauer zur Spieldauer wird „relative Einschaltdauer“ genannt. Die aussetzende Stromstärke, die zum Bewegen der Vollast nach Eintritt der vollen Geschwindigkeit erforderlich ist, wird als „Vollaststromstärke“ bezeichnet.

Bei kurzzeitigem Betrieb ist die Betriebszeit kürzer als die zum Erreichen der Beharrungstemperatur erforderliche Zeit und die Betriebspause lang genug, um die Abkühlung auf die Temperatur des Kühlmittels zu ermöglichen.

Nach den „Regeln für elektrische Maschinen“ REM 1923 werden drei verschiedene Betriebsarten unterschieden, und zwar:

- der Dauerbetrieb (DB),
- der kurzzeitige Betrieb (KB),
- der aussetzende Betrieb (AB).

Bei Dauerbetrieb muß die Leistung beliebig lange ausgehalten werden, ohne daß die Erwärmung die vom VDE festgelegten Grenzen überschreitet. Bei elektrischen Maschinen ist der Dauerbetrieb der am meisten vorkommende Fall, wie z. B. beim Betriebe von Transmissionen und gewöhnlichen Arbeitsmaschinen.

Bei kurzzeitigem Betriebe muß die Leistung nur die vereinbarte Zeit ausgehalten werden, ohne daß die Erwärmung die jeweilig zulässigen Grenzen überschreitet. Diese Betriebsart liegt z. B. vor beim Betriebe von

¹ ETZ 1925, S. 1512.

² Näheres siehe Erläuterungen von Weber zu § 21. Ferner sind Angaben darüber ETZ 1906, S. 4, gemacht.

Schützen, Brücken, Schleusen, Wehren, Türen von Luftschiffhallen, Anwurfmaschinen für Gasmotoren usw. Für die Bemessung der Größe des Motors ist oft nur das Anzugsmoment bestimmend.

Beim aussehenden Betriebe muß die Leistung (Aussegleistung) von elektrischen Maschinen bei regelmäßigem Spiel mit der angegebenen relativen Einschaltdauer beliebig lange abgegeben werden können, ohne daß die zulässige Erwärmung überschritten wird. Bei unregelmäßiger Einschalt- und Spieldauer ist als relative Einschaltdauer das Verhältnis der Summe der Einschaltdauern zur Summe der Spieldauern über eine Betriebsperiode (jedoch höchstens 8 Std.) zu betrachten. Wiederholen sich gleichartige Spiele nach einer bestimmten Zeit, so genügt die Summierung über diese. Die relative Einschaltdauer wird in Prozenten ausgedrückt; als normale Werte sind in § 30 der REM 1923 die Werte von 15, 25 und 40% festgesetzt. Die Einschaltdauer von 15% entspricht etwa dem leichten, eine solche von 25% dem normalen und die von 40% dem schweren Betrieb von Hebezeugen. Der aussehende Betrieb liegt im allgemeinen bei Hebe- und Transporteinrichtungen vor.

Bei Transformatoren werden dagegen nach dem RET 1923 (§ 28) folgende Betriebsarten unterschieden:

DB Dauerbetrieb, bei dem die Betriebszeit so lang ist, daß die dem Beharrungszustande entsprechende Endtemperatur erreicht wird.

DKB Dauerbetrieb mit kurzzeitiger Belastung, bei dem die durch Vereinbarung bestimmte Belastungszeit kürzer ist als die zum Erreichen der Beharrungstemperatur erforderliche Zeit.

Die Betriebspause, während der die sekundäre Wicklung abgeschaltet ist, ist lang genug, um die Abkühlung auf die Beharrungstemperatur bei Leerlauf zu ermöglichen.

DAB Dauerbetrieb mit aussehender Belastung, bei dem Belastungszeiten von höchstens 5 min mit Leerlaufpausen abwechseln, deren Dauer nicht genügt, um die Abkühlung auf die Beharrungstemperatur bei Leerlauf zu ermöglichen.

KB Kurzzeitiger Betrieb, bei dem die durch Vereinbarung bestimmte Betriebszeit kürzer als die zum Erreichen der Beharrungstemperatur erforderliche Zeit ist.

Die Betriebspause, während der der Transformator spannungslos ist, ist lang genug, um die Abkühlung auf die Temperatur des Kühlmittels zu ermöglichen.

AB Aussehender Betrieb, bei dem Einschaltzeiten von höchstens 5 min mit stromlosen Pausen abwechseln, während der der Transformator spannungslos ist, und deren Dauer nicht genügt, um die Abkühlung auf die Temperatur des Kühlmittels zu ermöglichen.

LB Landwirtschaftlicher Betrieb, bei dem etwa 500 h im Jahre eine tägliche Überlastung von 100% während 12 h zulässig ist.

Vom VDE sind auch besondere „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Steuergeräten, Widerstandsgeräten und Bremsklüffern“ für aussehenden Betrieb (RAB 1926) aufgestellt worden.

Es besteht die Absicht, den § 2 der Errichtungsvorschriften, anlässlich der nächsten Neubearbeitung derselben, abzuändern und dabei die Begriffsklärungen zu ergänzen. Die hierfür in Aussicht genommenen Änderungen¹ sollen aber schon jetzt als Leitfäden gelten und mögen deswegen nachstehend wiedergegeben werden.

¹ ETZ 1928, S. 700.

Berührungsspannung ist die zwischen einem nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden leitfähigen Anlageteil und Erde im Falle eines Fehlers auftretende Spannung.

Erden heißt, durch einen Erder eine leitende Verbindung mit der Erde herstellen.

Nullen heißt, eine leitende Verbindung mit dem Nullleiter herstellen.

Nullleiter ist der Leiter, der von dem Nullpunkt einer Anlage (Maschine, Transformator, Akkumulator usw.) ausgeht.

Der erste Wortlaut der Betriebsvorschriften stammt aus dem Jahre 1903. Er war zustande gekommen durch gemeinsame Arbeit des Verbandes deutscher Elektrotechniker mit der Vereinigung der Elektrizitätswerke. Die Vorschriften wurden, um für Einzelanlagen geeignet zu sein, 1909 geändert und 1915 mit den Errichtungsvorschriften vereinigt. Diese Gesamtfassung wurde dann im Jahre 1923, wiederum den Fortschritten der Technik entsprechend, neu bearbeitet. Die Vereinigung der Elektrizitätswerke hat auf die Entwicklung der Betriebsvorschriften immer besonders großen Einfluß ausgeübt.

Der Zweck der Betriebsvorschriften ist in der Schaffung genügender Sicherheit zu suchen, und zwar einerseits für das in der Anlage beschäftigte Personal, andererseits für alle, die mit solchen Anlagen in Berührung kommen. Weiter soll durch die Betriebsvorschriften auch die notwendige Feuericherheit der Anlagen erreicht werden. Schließlich ist auch die Erzielung einer genügenden Betriebssicherheit der Anlagen maßgebend. Da die für Landwirtschaft bestimmten Anlagen vielfach unter besonders ungünstigen Umständen betrieben und benutzt werden, hat es sich als zweckmäßig herausgestellt, die allgemeinen Betriebsvorschriften noch durch zwei besondere Merkblätter zu ergänzen, ähnlich wie dies auch bei den Errichtungsvorschriften geschehen ist. Diese beiden Merkblätter, die vom 1. Januar 1926 ab gelten, sind gleichfalls vom Verband deutscher Elektrotechniker aufgestellt worden. Das „Merkblatt für die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft“ ist ETZ 1925, S. 1320 und 1748 abgedruckt. Das zweite, die „Betriebsanweisung für die Bedienung elektrischer Starkstromanlagen für Hochspannung in der Landwirtschaft“ ist an gleicher Stelle in der ETZ veröffentlicht. Beide Sonderbestimmungen, das Merkblatt sowie die Betriebsanweisung, werden im nachstehenden noch bei § 5 „Bedienung elektrischer Anlagen“ im einzelnen behandelt werden; z. T. wird auch bei anderen Paragraphen, soweit nötig, noch darauf hingewiesen werden.

§ 2.

Zustand der Anlagen.

a) Die elektrischen Anlagen sind den Errichtungsvorschriften entsprechend in ordnungsmäßigem Zustande zu erhalten. Hervortretende Mängel sind in angemessener Frist zu beseitigen. In Anlagen, die vor dem 1. Juli 1924 errichtet sind, müssen erhebliche Mißstände, die das Leben

oder die Gesundheit von Personen gefährden, beseitigt werden. Jede Änderung einer solchen Anlage ist, soweit es die technischen und Betriebsverhältnisse gestatten, den geltenden Vorschriften gemäß auszuführen.

Ebenso wie jeder, der eine elektrische Anlage errichtet, die Verantwortung dafür zu übernehmen hat, daß dies unter Berücksichtigung der anerkannten Regeln der Technik, d. h. der Errichtungsvorschriften des VDE geschieht (Näheres darüber vgl. Dettmar, Wegweiser für die vorschriftsgemäße Ausführung von Starkstromanlagen, S. 1 und 2) muß auch jeder, der den Betrieb einer elektrischen Anlage leitet bzw. dem die Verantwortung für diesen Betrieb zufällt, die vom VDE aufgestellten Betriebsvorschriften beachten. Er trägt die volle Verantwortung dafür, daß auch diese anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden, tut er dies, so wird seine Verantwortung beim Eintreten eines Unfalles oder Brandes eine wesentlich verminderte sein, da es sich dann im allgemeinen um einen Vorgang höherer Gewalt handeln wird.

Der IV. Zivilsenat des Reichsgerichtes hat in seinen Entscheidungen vom 4. Oktober 1915 und 28. Oktober 1915 dem Grundsatz Ausdruck verliehen, daß Elektrizitätsunternehmungen ihre Anlagen auf ständig sicheren Zustand hin, der eine Gefährdung des Publikums ausschließt, überwachen lassen müssen. Die Anlagen müssen öfters nachgeprüft werden. Als haftbarer Elektrizitätsunternehmer ist für die von ihm benutzte Beleuchtungsanlage auch ein Industrie- oder Handelsunternehmen anzusehen¹.

Es ist unbedingt Pflicht eines jeden Betriebsleiters, sich seiner Verantwortlichkeit in bezug auf Verhütung von Unfällen bewußt zu werden. Die Gesetzgebung hat durch die Reichsgewerbeordnung den Umfang dieser Verantwortung festgelegt, und zwar in §§ 120a und d, deren Inhalt mit Rücksicht auf seine große Bedeutung nachstehend wiedergegeben sei:

§ 120a.

Die Gewerbeunternehmer sind verpflichtet, die Arbeitsräume, Betriebsvorrichtungen, Maschinen und Gerätschaften so einzurichten und zu unterhalten und den Betrieb so zu regeln, daß die Arbeiter gegen Gefahren für Leben und Gesundheit so weit geschützt sind, wie es die Natur des Betriebes gestattet.

Insbesondere ist für genügendes Licht, ausreichenden Luftraum und Luftwechsel, Beseitigung des bei dem Betrieb entstehenden Staubes, der dabei entwickelten Dünste und Gase, sowie der dabei entstehenden Abfälle Sorge zu tragen.

Ebenso sind diejenigen Vorrichtungen herzustellen, welche zum Schutze der Arbeiter gegen gefährliche Berührungen mit Maschinen oder Maschinenteilen oder gegen andere in der Natur der Betriebsstätte oder des Betriebs liegende Gefahren, namentlich auch gegen die Gefahren, welche aus Fabrikbränden erwachsen können, erforderlich sind.

¹ Siehe ETZ 1915, S. 669.

Endlich sind diejenigen Vorschriften über die Ordnung des Betriebes und das Verhalten der Arbeiter zu erlassen, welche zur Sicherung eines gefahrlosen Betriebes erforderlich sind.

§ 120d.

Die zuständigen Polizeibehörden sind befugt, im Wege der Verfügung für einzelne Anlagen die Ausführung derjenigen Maßnahmen anzuordnen, welche zur Durchführung der in § 120a—120c enthaltenen Grundzüge und nach der Beschaffenheit der Anlage ausführbar erscheinen. Sie können anordnen, daß den Arbeitern zur Einnahme von Mahlzeiten außerhalb der Arbeitsräume angemessene, in der kalten Jahreszeit geheizte, Räume unentgeltlich zur Verfügung gestellt werden.

Soweit die angeordneten Maßregeln nicht die Beseitigung einer dringenden, das Leben oder die Gesundheit bedrohenden Gefahr bezwecken, muß für die Ausführung eine angemessene Frist gelassen werden.

Den bei Erlaß dieses Gesetzes bereits bestehenden Anlagen gegenüber können, solange nicht eine Erweiterung oder ein Umbau eintritt, nur Anforderungen gestellt werden, welche zur Beseitigung erheblicher, das Leben, die Gesundheit oder die Sittlichkeit der Arbeiter gefährdender Mißstände erforderlich oder ohne unverhältnismäßige Aufwendungen ausführbar erscheinen.

Gegen die Verfügung der Polizeibehörde steht dem Gewerbeunternehmer binnen zwei Wochen die Beschwerde an die höhere Verwaltungsbehörde zu. Gegen die Entscheidung der höheren Verwaltungsbehörde ist binnen vier Wochen die Beschwerde an die Zentralbehörde zulässig; diese entscheidet endgültig. Widerspricht die Verfügung den von der zuständigen Berufsgenossenschaft erlassenen Vorschriften zur Verhütung von Unfällen, so ist zur Einlegung der vorstehend bezeichneten Rechtsmittel binnen der dem Gewerbeunternehmer zustehenden Frist auch der Vorstand der Berufsgenossenschaft befugt.

Weiter ist die Verantwortlichkeit des Betriebsleiters durch die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften gegeben, die auf § 848 der Reichsversicherungsordnung beruhen. Die wesentlichen Bestimmungen der Berufsgenossenschaften werden im nachstehenden jeweilig berücksichtigt werden. Mit Rücksicht auf die große Bedeutung der Vorschriften der Berufsgenossenschaften seien nachstehend die wichtigsten Paragraphen aus dem 9. Abschnitt der Reichsversicherungsordnung, soweit sie hier in Betracht kommen, wiedergegeben:

§ 848.

Die Berufsgenossenschaften müssen dafür sorgen, daß, soweit es nach dem Stande der Technik und der Heilkunde und nach der Leistungsfähigkeit der Wirtschaft möglich ist, Unfälle verhütet werden und bei Unfällen dem Verletzten eine wirksame erste Hilfe zuteil wird.

§ 848a.

Die Berufsgenossenschaften sind verpflichtet, die erforderlichen Vorschriften zu erlassen über

1. die Einrichtungen und Anordnungen, welche die Mitglieder zur Verhütung von Unfällen in ihren Betrieben zu treffen haben,
2. das Verhalten, das die Versicherten zur Verhütung von Unfällen in den Betrieben zu beobachten haben.

Unfallverhütungsvorschriften können auch für einzelne Bezirke, Gewerbszweige und Betriebsarten erlassen werden.

In den Vorschriften ist zu bestimmen, wie sie den Versicherten bekanntzumachen sind.

Wenn in einem Betriebe Arbeiter beschäftigt sind, welche des Deutschen nicht mächtig sind, so sind ihnen, wenn fünfundzwanzig gemeinsam eine andere Muttersprache sprechen, die Unfallverhütungsvorschriften und die diese eretzenden bergpolizeilichen Verordnungen in dieser bekanntzumachen.

§ 848b.

In den Unfallverhütungsvorschriften können den Mitgliedern Verpflichtungen für die erste Hilfe bei Unfällen und den Verletzten Verpflichtungen für ihr Verhalten bei Unfällen auferlegt werden.

§ 850.

Den Mitgliedern ist eine angemessene Frist zu setzen, um die zur Verhütung von Unfällen vorgeschriebenen Einrichtungen zu treffen.

§ 851.

Zuwiderhandlungen der Mitglieder und der Versicherten gegen die Vorschriften können mit Ordnungsstrafe in Geld bedroht werden, und zwar Zuwiderhandlungen der Mitglieder mit Geldstrafe bis zu 10000 Reichsmark.

§ 874.

Die Berufsgenossenschaften haben für die Durchführung der Unfallverhütungsvorschriften zu sorgen.

§ 878.

Die Unternehmer sind verpflichtet, den technischen Aufsichtsbeamten ihrer Genossenschaft den Zutritt zu ihren Betriebsstätten während der Betriebszeit zu gestatten und den Rechnungsbeamten die Bücher und Listen (§ 876) an Ort und Stelle vorzulegen.

§ 879.

Der Genossenschaftsvorstand kann gegen Unternehmer bei Zuwiderhandlung gegen die Pflichten aus § 878 Ordnungsstrafe in Geld verhängen.

§ 898.

Der Unternehmer (§ 633) ist Versicherten und deren Hinterbliebenen (§§ 588—593), auch wenn sie keinen Anspruch auf Rente haben, nach anderen gesetzlichen Vorschriften zum Ersatz des Schadens, den ein Unfall der in den §§ 544, 546 bezeichneten Art verursacht hat, nur dann verpflichtet, wenn strafgerichtlich festgestellt worden ist, daß er den Unfall vorsätzlich herbeigeführt hat. Dann beschränkt sich die Verbindlichkeit des Unternehmers auf den Betrag, um den sie die Entschädigung aus der Unfallversicherung übersteigt.

§ 899.

Das gleiche gilt für Erstattungsansprüche Versicherter und ihrer Hinterbliebenen gegen Bevollmächtigte oder Repräsentanten des Unternehmers und gegen Betriebs- und Arbeiteraufseher.

§ 903.

Wird strafgerichtlich festgestellt, daß Unternehmer oder ihnen nach § 899 Gleichgestellte den Unfall vorsätzlich oder fahrlässig mit Außerachtlassung derjenigen Aufmerksamkeit herbeigeführt haben, zu welcher sie vermöge ihres Amtes, Berufes oder Gewerbes besonders verpflichtet sind, so haften sie für alles, was Gemeinden, Träger der Armenfürsorge, Krankenkassen, der Reichsnachschichtvereine, Erstattungskassen, Sterbe- und andere Unterstützungskassen infolge des Unfalls nach Gesetz oder Satzung aufwenden müssen. Statt der Rente kann der Kapitalwert gefordert werden.

Sie haften auch, wenn strafgerichtlich festgestellt worden ist, daß sie bei Leitung oder Ausführung eines Baues wider die allgemeinen anerkannten Regeln der Baukunst gehandelt haben, und wenn durch diese Zuwiderhandlung der Unfall herbeigeführt worden ist.

Die Vorschrift des § 900 über die Haftung ohne strafgerichtliche Feststellung gilt auch für diese Ansprüche.

Unternehmer und ihnen nach § 899 Gleichgestellte haften der Genossenschaft für deren Aufwand auch ohne strafgerichtliche Feststellung.

§ 913.

Der Unternehmer darf die Pflichten, die ihm auf Grund dieses Gesetzes obliegen, Betriebsleitern, soweit es sich nicht um Einrichtungen auf Grund von Unfallverhütungsvorschriften handelt, auch Aufsichtspersonen oder anderen Angestellten seines Betriebes übertragen.

Handeln solche Stellvertreter den Vorschriften zuwider, die Unternehmer mit Strafe bedrohen, so trifft sie die Strafe. Neben ihnen ist der Unternehmer strafbar, wenn

1. die Zuwiderhandlung mit seinem Willen geschehen ist,
2. er bei der Auswahl oder Beaufichtigung der Stellvertreter nicht die im Verkehr erforderliche Sorgfalt beobachtet hat; in diesem Falle darf

gegen den Unternehmer auf keine andere Strafe als auf Geldstrafe erkannt werden.

Ist die Geldstrafe, die ein Genossenschaftsvorstand festgesetzt hat, von dem Stellvertreter nicht beizutreiben, so haftet der Unternehmer für sie. Seine Haftung ist in der Straffestsetzung auszusprechen.

Über die Haftung der Unternehmer und Betriebsleiter hinsichtlich der Unfallverhütung gibt auch ein Aufsatz von Schödel in den Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke 1921, Nr. 299, S. 411 Aufschluß.

Betriebsdirektor Dipl.-Ing. Hase faßt den Pflichtenkreis der Betriebsleiter in seinem Aufsatz „Die Verantwortlichkeit des Betriebsleiters in bezug auf Unfallverhütung“, Maschinenbau 1927, S. 1040 wie folgt zusammen:

Ausgang der Unfallverhütungsvorschriften.

Anbringung von Warnungsschildern und Verbottafeln an besonderen Gefährstellen.

Sichere Absperrung von gefährlichen Anlagen.

Anbringung der erforderlichen Schutzvorrichtungen.

Anhaltung der Arbeiter zur Benutzung der Schutzvorrichtungen und zur Beachtung der für sie erlassenen Vorschriften und Anweisungen.

Verpflichtung bestimmter Personen für bestimmte Obliegenheiten zur Unfallverhütung und Sicherung, bei deren Auswahl mit besonderer Vorsicht zu verfahren ist.

Regelmäßig wiederkehrende Untersuchungen.

Prüfung, Abnahme und Freigabe neuer Einrichtungen.

Rechtzeitige Sperrung nicht einwandfreier Betriebsmittel.

Einrichtung von regelmäßig zu führenden Revisionsbüchern.

Einrichtungen für erste Hilfe.

Ausgang der Unfallverhütungsbilder.

Heranziehung der Betriebs- und Arbeiterräte zur Unfallverhütung.

Gemäß einem Urteil des Schöffengerichtes Bonn machen sich Arbeitgeber und Betriebsaufsichtspersonen, die durch Nichtbeachtung einer Unfallverhütungsvorschrift einen Betriebsunfall verschulden, nicht nur in der Regel der zuständigen Berufsgenossenschaft gegenüber regreßpflichtig, sondern auch wegen fahrlässiger Körperverletzung oder Tötung im Sinne des Strafgesetzbuches strafbar.

Bei landwirtschaftlichen Anlagen liegen vielfach besonders ungünstige Verhältnisse vor. Die Benutzer derselben haben geringes Verständnis für elektrotechnische Angelegenheiten. Die Anlagen werden vielfach sehr rauh behandelt; es ist selten ein Fachmann dabei, der zudem meist, infolge der großen Entfernungen, nur schwer zu erreichen ist. Hinzu kommt noch, daß es sich vielfach um Saisonbetriebe handelt, die also lange Zeit unbenutzt sind. Sehr oft werden auch transportable Einrichtungen verwendet. Ein großer Teil der Anlage liegt im Freien und ist Wind und Wetter ausgesetzt, andere Teile der Anlage sind starker Verstaubung oder nach-

teiliger Einwirkung auf die Isolierung (Stalldünste, Stallfeuchtigkeit usw.) unterworfen. Der Standort der die Anlage bedienenden Personen ist vielfach feucht. Schließlich ist noch die große Feuerz Gefahr, die durch Stroh, Heu usw. herbeigeführt wird, zu erwähnen. Es liegen also oft außerordentlich ungünstige Verhältnisse vor, weswegen, wie ja vorstehend schon erwähnt, besondere Merkblätter vom VDE über die Behandlung elektrischer Anlagen in der Landwirtschaft aufgestellt worden sind. Es erfordern solche Anlagen daher nicht nur die Verwendung eines besonders zuverlässigen Materials bei ihrer Herstellung, sondern auch eine aufmerksame und sorgfältige Unterhaltung¹.

Die vorstehend geschilderten schwierigen Verhältnisse bei landwirtschaftlichen elektrischen Anlagen haben dazu geführt, daß z. B. erhöhte Brandversicherungsbeiträge erhoben werden, wenn die Anlagen nicht vorschriftsmäßig sind².

Nach den Bestimmungen der Bayerischen Versicherungskammer müssen sämtliche Neu- oder Umbauten sowie Erweiterungen von elektrischen Anlagen in der Landwirtschaft nach den Leitfäden für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft des DVE ausgeführt werden, wobei aber außerdem noch die von ihr dazu gemachten „Anmerkungen“ beachtet werden müssen. Abweichungen, welche von der Versicherungskammer nicht nachträglich gebilligt werden, können die Ablehnung der Versicherung oder des Entschädigungsanspruches zur Folge haben. Verstößen versicherte Gegenstände gegen die allgemein anerkannten Regeln und Sicherheitsvorschriften über die elektrischen Anlagen, so können der erhöhten Gefahr entsprechend Zuschläge zu den Brandversicherungsbeiträgen festgesetzt werden. Wo die elektrischen Einrichtungen den „Leitfäden“ nicht entsprechen, werden die Beiträge so lange erhöht, bis die Anlagen entsprechend geändert sind. Bei groben Verstößen gegen wichtige feuerpolizeiliche Vorschriften kann die Versicherung sogar aufgehoben oder auf die Schadensfälle beschränkt werden, die nachweisbar nicht mit solchen Verstößen zusammenhängen.

Nach der Bestimmung des § 2 der Betriebsvorschriften müssen bei Anlagen, die nach dem 1. Juli 1924 errichtet sind, hervortretende Mängel in angemessener Frist beseitigt werden, d. h. also, sie sind dauernd, den zur Zeit gültigen Errichtungsvorschriften entsprechend, in ordnungsmäßigem Zustande zu erhalten. In Anlagen, die vor dem 1. Juli 1924 errichtet sind, also vor Inkrafttreten der zur Zeit gültigen Fassung, wird, weil die Vorschriften keine rückwirkende Kraft besitzen, aber doch verlangt, daß erhebliche Mißstände, die das Leben oder die Gesundheit von Personen gefährden, beseitigt werden und daß, wenn solche Anlagen einmal geändert werden, dies den zur Zeit gültigen Vorschriften entsprechend ausgeführt wird. Mit dieser Bestimmung haben sich die Betriebsvor-

¹ Näheres darüber siehe auch ETZ 1923, S. 353; 1925, S. 1266; 1926, S. 396 und 1927, S. 1911.

² Näheres ist weiter aus ETZ 1925, S. 1745; 1927, S. 406 und 1928, S. 188 zu ersehen.

schriften des VDE vollkommen dem angeschlossen, was in § 120d Absatz 3 der Gewerbeordnung gefordert wird.

Für landwirtschaftliche Anlagen hat die Bayerische Versicherungskammer folgendes bestimmt. Ist die Beseitigung von Mißständen zur Verhütung einer Brand- oder Unfallgefahr unerlässlich, so sind die seit dem 1. Januar 1926 geltenden „Leitsätze für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft“, soweit erforderlich, auch auf ältere Anlagen anzuwenden, und zwar auch dann, wenn diese Anlagen entsprechend den jeweils gültigen Vorschriften ausgeführt worden sind. Ältere elektrische Anlagen in landwirtschaftlichen Anwesen, d. h. solche Starkstromanlagen, welche vor dem 1. Juli 1922 eingerichtet worden sind, sollen bei geeigneter Gelegenheit den neuen „Leitsätzen“ angepaßt werden. Insofern jedoch solche ältere Anlagen infolge mangelhaften Zustandes zu einer unmittelbaren Gefahr Anlaß geben, müssen die Mängel sofort durch einen Fachmann im Sinne der „Leitsätze“ behoben werden. Geschieht dies nicht und liegt ein feuergefährlicher oder die Brandgefahr erhöhender Zustand vor, so tritt eine Beitragserhöhung gemäß Bekanntmachung der Versicherungskammer vom 11. August 1925 ein.

Zur Erhaltung möglicher Sicherheit sind regelmäßig wiederholte Nachprüfungen durch einen Sachverständigen und die sofortige Beseitigung der jeweils festgestellten Mängel dringend geboten.

Hinsichtlich der während des Krieges notgedrungen zugelassenen Zinleitungen ist vom VDE bisher eine bestimmte Frist zu ihrer Beseitigung nicht festgesetzt worden. Es ist aber empfehlenswert, bei jeder sich bietenden Gelegenheit einen solchen Ersatz durchzuführen. Es kann auch damit gerechnet werden, daß bei der nächsten Umarbeitung der Vorschriften eine solche Bestimmung Aufnahme findet¹.

Es kommt vielfach vor, daß im Laufe der Betriebsführung entweder zur Beseitigung aufgetretener Uebelstände oder durch Eintreten neuer Bedürfnisse nachträglich Apparate zu der bestehenden Schaltanlage hinzugefügt werden. Da dies früher vielfach in ungenügender Weise provisorisch gemacht wurde, ist in § 9 der Errichtungsvorschriften in der Regel 4 ausdrücklich verlangt worden, daß solche nachträglich hinzukommenden Apparate entweder auf die bestehenden Unterlagen innerhalb der vorhandenen Umrahmung angebracht werden, oder daß sie auf ordnungsmäßig gebaute und installierte Zusatztafeln oder -gerüste gesetzt werden.

b) Leicht entzündliche Gegenstände dürfen nicht in gefährlicher Nähe ungekapselter elektrischer Maschinen und Apparate, sowie offen verlegter spannungsführender Leitungen gelagert werden.

c) Schutzvorrichtungen und Schutzmittel jeder Art müssen in brauchbarem Zustand erhalten werden.

¹ ETZ 1925, S. 1513; 1926, S. 268.

Weiter vgl. auch darüber Dettmar, Wegweiser für die vorschriftsgemäße Ausführung von Starkstromanlagen, S. 232.

Die vorstehende Bestimmung ist mit Rücksicht auf ihre große Wichtigkeit hier besonders aufgenommen worden. Die Erfahrung hat gelehrt, daß diese an sich selbstverständliche Maßnahme sehr oft unterlassen worden ist. Deswegen ist diese Bestimmung auch nicht nur hier in diesem Betriebsvorschriften gemacht worden, sondern der Verband deutscher Elektrotechniker hat sie auch schon in den §§ 6a, 16d, 34a und 36d der Errichtungsvorschriften gebracht; außerdem finden wir sie auch in dem



„Merkblatt für die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft“, da gerade dort leicht entzündliche Gegenstände in großer Menge vorhanden sind.

Die Bestimmung unter c wird gleichfalls sehr oft vernachlässigt, wie ja bei einer großen Zahl von Menschen die Gefahr besteht, daß sie Schutzvorrichtungen und Schutzmittel, die im allgemeinen nur selten benutzt werden, wenig oder gar nicht beachten. Erst wenn sich die Notwendigkeit der Anwendung ergibt, will man zu ihrer Benutzung greifen, und dabei zeigt sich dann sehr oft, daß sie in der Zwischenzeit infolge der Nichtbeachtung unbrauchbar geworden

sind. Ganz besonders oft sieht man, daß Abdeckungen, Schutzgitter, Schutzwände, Schranken usw. unzulässigerweise beseitigt werden. Auch werden sie häufig, wenn sie verloren gegangen oder defekt geworden sind, nicht wieder ersetzt, so daß dadurch vielfach im Laufe der Benutzung der Anlage Gefahren entstehen, die, solange alles in ordnungsmäßigem Zustande gewesen ist, nicht vorhanden waren. Man findet vielfach bei Fachleuten, die ständig in gefahrbringenden Betrieben zu tun haben, eine starke Abstumpfung gegen die Gefahr. Berichte über eingetretene Unfälle zeigen immer wieder, daß ein erheblicher Teil derselben auf

Nichtbenutzung von Schutzvorrichtungen und Schutzmitteln zurückzuführen ist, und daß ein derartig leichtsinniges Verhalten den täglich gewöhnten Gefahren gegenüber schließlich doch einmal zu einem Unfall führt (vgl. hierzu auch das zu § 4² Gesagte). Mit Erfolg hat man in neuerer Zeit für die Unfallverhütungs-Propaganda die Abbildung in Form von Plakaten eingeführt. Der Verband deutscher Berufsgenossenschaften hat eine besondere „Unfallverhütungsbild G.m.b.H.“¹, Berlin W 9, Röhnerstr. 37, ins Leben gerufen, der die Aufgabe gestellt ist, fortlaufend von Künstlerhand geschaffene gute Unfallbilder herstellen zu lassen und planmäßig zu verbreiten. Der Vertrieb liegt in den Händen der Deuth-Verlag G.m.b.H., Berlin S 14, Dresdnerstraße 17. Der Preis solcher Bilder beträgt² je nach Größe 15 bis 75 Pf., worauf bei größerer Zahl noch Ermäßigungen gewährt werden. Zwei Beispiele solcher Bilder seien hier wiedergegeben.



Dadurch, daß man elektrischen Leitungen, Apparaten usw. meist nicht ansehen kann, ob sie unter Spannung stehen oder nicht, ist es notwendig, sie durch besondere Einrichtungen, wie Abdeckungen, Schutzgitter, Schutzwände, Schranken usw., vor Berührung zu schützen. Welche Bedeutung diesem Berührungsschutz zukommt, ist aus den §§ 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 16 und 21 der Errichtungsvorschriften sowie aus dem Absatz 7 des „Merkblattes für die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft“ zu ersehen. Bezüglich der verschieden zu gestaltenden Abdeckungen sei auf Dettmar, Wegweiser für die vorschriftsgemäße Ausfüh-
 rung von Starkstromanlagen, S. 19—21 verwiesen.

Nach den Normal-Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes der

¹ ETZ 1924, S. 1195; 1925, S. 1238; 1927, S. 1892.

² ETZ 1926, S. 325.

deutschen Berufsgenossenschaften haben gemäß I, § 14 der Betriebsunternehmer und die gemäß § 913 der Reichsversicherungordnung mit ihrer Stellvertretung betrauten Personen für die Instandhaltung der Schutzeinrichtungen Sorge zu tragen und die Ausführung der für den Betrieb erlassenen Unfallverhütungsvorschriften zu überwachen.

Weiter bestimmt der § 14a der gleichen Vorschriften folgendes:

„In jedem größeren Betriebe, insbesondere in jeder größeren Fabrik im Sinne des § 538 RVO sollen eine oder nach Art und Größe des Betriebes mehrere geeignete, von den Arbeitnehmern aus ihrem Kreise gewählte Vertrauenspersonen verpflichtet werden, sich von dem Vorhandensein und der ordnungsmäßigen Benutzung der vorgeschriebenen Schutzeinrichtungen fortlaufend zu überzeugen, vorgefundene Mängel dem Betriebsleiter zu melden, auf Grund ihrer Erfahrungen und Beobachtungen selbst Vorschläge zur Verbesserung der Schutzeinrichtungen zu machen, auch das Interesse ihrer Arbeitsgenossen für den Unfallschutz zu wecken sowie den mit der Überwachung betrauten staatlichen oder berufsgenossenschaftlichen Aufsichtsbeamten bei Betriebsbesichtigungen zu begleiten und durch Auskünfte und entsprechende Mitteilungen in der Erfüllung seiner Aufgabe zu unterstützen.“

„Wo eine aus Wahlen hervorgegangene Vertretung der Arbeiter des Betriebes schon besteht, können ihr die obigen Rechte und Pflichten übertragen werden, so daß eine besondere Wahl nach Abs. 1 nicht erforderlich ist.“

Ferner hat nach § 36 der gleichen Vorschriften jeder Arbeitnehmer vor der Benutzung von Werkzeugen, Geräten, Apparaten und maschinellen Einrichtungen diese und die Schutzeinrichtungen daraufhin zu prüfen, ob sie in ordnungsmäßigem Zustande sind. Sind sie das nicht, so hat er sofort die Mängel zu beseitigen oder seinen Vorgesetzten Anzeige zu machen. Auch Beschädigungen oder sonstige außergewöhnliche Erscheinungen an den Betriebseinrichtungen hat er sofort zu melden.

Nach XI, § 8 können versicherte Personen, die den Unfallverhütungsvorschriften für Versicherte zuwiderhandeln oder die angebrachten Schutzeinrichtungen nicht benutzen, mißbrauchen oder beschädigen, mit einer Geldstrafe bis zu 6 M. belegt werden. Die Strafe setzt das Versicherungsamts (Beschlußauschuß) fest. Die Strafgebühren fließen, wenn der Bestrafte zur Zeit der Zuwiderhandlung einer Krankenkasse angehört, in diese, sonst aber in die Allgemeine Ortskrankenkasse seines Beschäftigungsortes, und wo eine solche nicht besteht, in die Landkrankenkasse (§§ 851, 870 und 914 RVO).

Die Betriebsunternehmer sind gemäß XI, § 1 der Normal-Unfallverhütungsvorschriften verpflichtet, bei Anschaffung von Maschinen und Apparaten vorzuschreiben, daß die von der zuständigen Berufsgenossenschaft geforderten Schutzeinrichtungen mitgeliefert werden.

Nach den Allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften für die Betriebe der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik müssen den Arbeitnehmern zu Arbeiten, bei denen Kurzschlüsse zu erwarten sind, Schutzbrillen mit farbigen Gläsern zur Verfügung gestellt werden. Auch sind an Schutzmitteln bereitzustellen: Isolierwerkzeuge, isolierte Unterlagen, Abdeckungen, Trennwände, Vorrichtungen zum Kurzschließen und Erden.

1. Für gewerbliche, industrielle und landwirtschaftliche Betriebstätten ist eine laufende Überwachung durch einen Sachverständigen zu empfehlen.

Derjenige, der den Betrieb einer elektrischen Anlage führt bzw. diese Arbeiten zu überwachen hat, trägt eine große Verantwortung. Es ist deswegen notwendig, um Sicherheit für die Erhaltung des unter a) geforderten ordnungsmäßigen Zustandes zu haben, regelmäßige Revisionen vorzunehmen. Angaben, in welchen Zwischenräumen diese auszuführen sind, werden vom VDE nicht gemacht, weil die Anlagen in dieser Beziehung zu unterschiedlich sind. Es muß dem für den Betrieb Verantwortlichen überlassen bleiben, diese Zwischenräume nach den in seiner Anlage vorliegenden Verhältnissen zu wählen. Unbedingt notwendig sind sie naturgemäß bei der ersten Inbetriebsetzung sowie bei Umbauten und Erweiterungen. Ferner sollten sie immer vorgenommen werden nach außergewöhnlichen Vorkommnissen, Betriebsstörungen, starken Kurzschlüssen usw. Sofern das eigene Personal nicht ausreichend sachverständig ist, empfiehlt es sich die Revisionen von besonderen Sachverständigen oder Überwachungsvereinen ausführen zu lassen. Bei Anlagen, die an Elektrizitätswerke angeschlossen sind, wird dieses Werk besonders für die Ausführung solcher Revisionen in Frage kommen.

Das Merkblatt für die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft fordert, daß die Bedienung derselben einer bestimmten Person übertragen wird, und daß diese durch das stromliefernde Elektrizitätswerk genau unterwiesen wird. Weiter schreibt es vor, daß die Anlagen in regelmäßigen Zeiträumen durch Sachverständige geprüft werden, die vom Elektrizitätswerk oder von Behörden anerkannt sind. Die festgestellten Mängel müssen sofort abgestellt werden. Bei Nichtbeachtung dieser Bestimmung kann bei eintretenden Unfällen oder Brandschäden der Besitzer durch die Berufsgenossenschaft bestraft oder von der Feuerversicherung seiner Entschädigung verlustig erklärt werden. Er kann auch weiter noch den Gesetzen entsprechend bestraft und für Schäden haftbar gemacht werden.

Revisionen können den Zweck haben, daß durch sie Feuer- und Lebensgefahr oder Betriebsstörungen vermieden werden. Die geeignetste Form der Durchführung von Revisionen elektrischer Anlagen ist die auf dem Wege der Selbstverwaltung, wie er vom VDE in jahrzehntelanger systematischer Arbeit eingeleitet worden ist. Ausführliches darüber ist zu ersehen aus dem Aufsatz von Weber, Der Zustand der elektrischen Starkstromanlagen, seine Verbesserung und künftige Sicherung¹. Gegen die wiederholt angestrebte Überwachung² aller elektrischen Anlagen durch behördliche Organe hat sich der VDE mehrfach erklärt. Als berechtigt anerkannt hat er solche behördliche Revisionen nur bei Bergwerken, Theatern usw., bei denen besondere Verhältnisse vorliegen. Der VDE steht vielmehr auf dem Standpunkt, daß eine Verbesserung der Anlagen am sichersten in

¹ ETZ 1924, S. 293.

² ETZ 1922, S. 732; 1925, S. 1515, 1707; 1926, S. 660; 1927, S. 744 und 1341.

der Weise erreicht werden kann, daß die bisher schon durchgeführte Selbstverwaltung entsprechend ausgebaut wird. In diesem Sinne ist auch im Jahre 1921 ein Überwachungsausschuß gebildet worden, in dem neben dem VDE vertreten sind: das Reichspostamt, das Reichsversicherungsamt, das Reichsarbeitsministerium, das Preußische Ministerium für Handel und Gewerbe, die Staatsministerien des Innern von Bayern, Sachsen, Württemberg, der Verband der deutschen Berufsgenossenschaften, die Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, die Berufsgenossenschaft der Straßen- und Kleinbahnen, der Verband der Baugewerke-Berufsgenossenschaften, die Brandenburgische landwirtschaftliche Berufsgenossenschaft, die Vereinigung der Elektrizitätswerke, der Zentralverband der Preußischen Dampfkessel-Überwachungsvereine, die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, der Verband der Installateure, der Verband der öffentlichen Feuerversicherungsanstalten Deutschlands, die Vereinigung deutscher Privatfeuerversicherungs-Gesellschaften und der Verein der deutschen Gewerbeaufsichtsbeamten. Zur Durchführung der Arbeiten des Überwachungsausschusses ist eine Erweiterung der bestehenden Überwachungsvereine sowie der Revisionsorgane der Elektrizitätswerke in Aussicht genommen worden. Soweit bei letzteren besondere Überwachungsabteilungen noch nicht bestehen, sollen sie gebildet werden. Mit Rücksicht darauf, daß gerade bei den landwirtschaftlichen Anlagen eine Besserung ihres Zustandes oft als notwendig empfunden worden ist, hat die preußische Hauptlandwirtschaftskammer im Einvernehmen mit den vorstehend geschilderten Bestrebungen eine „Arbeitsgemeinschaft zur Überwachung der Starkstromanlagen auf dem Lande“ gegründet, an der die Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften des VDE beteiligt ist. Das geplante Tätigkeitsgebiet dieser Arbeitsgemeinschaft ist so gedacht, daß bei der preußischen Hauptlandwirtschaftskammer eine Zentralarbeitsgemeinschaft tätig ist, während in den einzelnen Bezirken unter Mitwirkung der zuständigen Landwirtschaftskammern Bezirksarbeitsgemeinschaften gebildet werden sollen. Die dem VDE angeschlossenen Vereine sind zur Mitarbeit in den Bezirksarbeitsgemeinschaften aufgefordert worden.

Für die vorstehend schon erwähnten elektrischen Anlagen in Bergwerken, Theatern, Versammlungsräumen usw., für die besondere Verhältnisse vorliegen, besteht in Preußen seit dem Jahre 1905 ein besonderes Gesetz betr. die Kosten der Prüfung überwachungsbedürftiger Anlagen. Bei Bergwerken ist zu beachten, daß durch das Berggesetz von 1865 die polizeiliche Aufsicht den Bergrevierämtern übertragen ist. Infolgedessen bedürfen elektrische Starkstromanlagen unter Tage zur Errichtung und zum Betriebe einer Sondergenehmigung des Oberbergamtes. Elektrische Starkstromanlagen dürfen nicht in Betrieb genommen werden, bevor eine Abnahmeprüfung durch einen anerkannten Sachverständigen stattgefunden hat. Auch die ordnungsgemäße Unterhaltung solcher Anlagen muß durch eine jährlich von einem Sachverständigen vorzunehmende Prüfung gewährleistet sein.

Über die Notwendigkeit regelmäßiger Revisionen elektrischer Anlagen siehe auch Näheres in der Zeitschrift „Der elektrische Betrieb“, 1927, S. 4, und über solche in landwirtschaftlichen Anlagen in der Bekanntmachung der Bayerischen Versicherungskammer vom 30. August 1926, die in der Bayer. Staatszeitung Nr. 204 vom 4. September 1926 abgedruckt ist.

Außer durch Revisionen und ständige Überwachung wird die Sicherheit elektrischer Anlagen auch dadurch erhöht, daß bei der Herstellung derselben sowohl wie bei der im laufenden Betriebe zeitweilig notwendigen Ergänzung abgenutzten Materials sowie bei späteren Erweiterungen nur gutes Material verwendet wird. Die Sicherheit, solches zu erhalten, hat der VDE dadurch geschaffen, daß er im Jahre 1920 eine besondere „Prüfstelle“ errichtet hat, über die in Abschnitt III unter B ausführliche Angaben gemacht sind. Es sollten tunlichst nur Materialien verwendet werden, die das Prüfzeichen des VDE tragen, wodurch man die Sicherheit hat, daß sie dessen Vorschriften, Regeln, Normen und Leitfäden entsprechen. Dieses Prüfstellenzeichen (VDE-Zeichen) bestand anfangs aus einem Dreieck mit abgerundeten Ecken, das die Buchstaben VDE umschließt, gemäß nebenstehender Abbildung. Die Gültigkeit dieses Zeichens läuft am 30. Juni 1930 ab. Von diesem Termin ab darf es nicht mehr an den Erzeugnissen angebracht werden. Vom 1. Juli 1927 ab ist das VDE-Zeichen dahin geändert, daß an der Unterseite des Dreiecks noch ein Rechteck angefügt ist (vgl. nebenstehende Abbildung).



Für gummiisolierte Drähte sollten grundsätzlich nur Fabrikate verwendet werden, die eine den Verbandsvorschriften entsprechende Gummihülle besitzen. Eine solche ist sichergestellt, wenn die isolierten Leitungen mit den vorgeschriebenen Kennfäden versehen sind. Der Kennfaden, welcher die richtige Gummimischung und die normalen Abmessungen der Gummischicht anzeigt, bestand bis Ende Dezember 1926 aus einem weißen Faden, der vom 1. Januar 1927 ab durch einen schwarz-roten ersetzt worden ist. Neben diesem muß jede Leitung auch noch einen Firmenkennfaden besitzen, den die Prüfstelle des VDE dem betreffenden Hersteller verleiht und der für jede Firma eine andere Farbe bzw. Farbenzusammenstellung besitzt.



Bei Bleikabeln war früher gleichfalls der vorschriftsgemäße Aufbau der Kabel dann gewährleistet, wenn zwischen Bleimantel und Bewehrung (bei Herstellung des Kabels vor dem 1. Januar 1928) ein längslaufender verzinkter Eisendraht vorhanden war, während bei Papierbleikabeln, die nach dem 1. Januar 1928 hergestellt sind, die vorschriftsgemäße Herstellung gesichert ist, wenn sich unter dem Bleimantel ein Kennstreifen mit dem Firmenaufdruck des Herstellers und dem Vermerk VSK/1928 befindet.

Auch für gewisse Sorten von Isolierstoffen besteht eine besondere

Kennzeichnung (siehe nebenstehende Abbildung), und zwar für gummi- freie Isolierpreßmaterialien. Bei dem Installationsmaterial ist vom VDE festgesetzt, daß nichtkeramische, gummi- freie Isolierpreß- teile ein Ursprungszeichen tragen müssen, das den Hersteller erkennen läßt; weiter müssen sie eine Klassenbezeichnung be- sitzen¹.



Der VDE hat weiter „Leitfätze für die Prüfung von Isolierbändern“ aufgestellt die vom 1. Juli 1928 ab gelten².

Außer den vorstehend behandelten Revisionen und Überwachungen, die im Interesse der Sicherheit von Personen, der Feuer- sicherheit und der Betriebssicherheit gemacht werden müssen, kommen auch noch Revi- sionen im Interesse einer Erhaltung bzw. Erhöhung der Wirtschaftlich- keit des Betriebes in Frage. Hierfür kann eine ganze Reihe von Beobach- tungen und Untersuchungen an Betriebsmitteln dienen, die im einzelnen zu behandeln hier zu weit führen würde. Erwähnt seien hier nur die zur Verminderung von Unkosten geeigneten Verbrauchsmessungen mit Elektrizitätszählern. Diese können sich auf einzelne Stromverbraucher wie auch auf ganze Betriebsabteilungen erstrecken. Sie können teils durch fest angebrachte, teils durch tragbare Zähler ausgeführt werden, die entweder direkt anzeigend oder registrierend gebaut sein können.

2. Als Schutzmittel gelten gegen die herrschende Spannung isolierende, einen sicheren Stand bietende Unterlagen, Erdungen, Abdeckungen, Gummi- schuhe, Werkzeuge mit Schutzisolierung, Schutzbrillen und ähnliche Hilfs- mittel.

Gummihandschuhe sind als Schutz gegen Hochspannung unzuverlässig, daher in Hochspannungsanlagen verboten.

Bei Benutzung eines isolierten Standortes, z. B. durch Stehen auf trocke- nem Holz, Gummi, Porzellan, Glas, Isolierschemel usw., kann der Mensch zufällig mit einem Pol, mit Erde, mit Metallteilen usw. in Berührung kommen, weswegen besondere Vorsicht in diesem Falle anzuraten ist.

Das Stehen auf eisernen Abdeckplatten, Grundplatten usw. kann unter Umständen gefährlich werden. In solchen Fällen ist es empfehlenswert, Gummimatten oder sonst geeignete Unterlagen zu benutzen. An solchen Stellen, an denen häufig Betriebsarbeiten auszuführen sind, die die Ge- fahr der Berührung spannungsführender Teile mit sich bringen können, wird es zweckmäßig sein, dafür zu sorgen, daß isolierende Unterlagen dau- ernd vorhanden sind und daß sie nicht gelegentlich verschwinden. An solchen Plätzen wird man unter Umständen gut tun, eiserne Abdeckplatten durch isolierende Abdeckungen zu ersetzen, weil dann die Gefahr, daß einmal die isolierende Unterlage nicht mehr vorhanden sein könnte, beseitigt ist.

Bei Benutzung eines Isolierschemels ist auch darauf zu achten, daß das Fußbrett rings herum frei liegt und einen genügenden Abstand von Wän-

¹ Näheres darüber siehe Dettmar, Wegweiser für die vorchriftsgemäße Ausführung von Starkstromanlagen, S. 39. u. 40. Berlin: Julius Springer. 1927.

² ETZ 1928, S. 733.

den, Eisenteilen usw. hat. Die Isolatoren und Isolierschemel untersuche man von Zeit zu Zeit daraufhin, ob sie noch in Ordnung sind, und reinige sie öfter von Staub und Feuchtigkeit.

Das Verbot, Gummihandschuhe¹ als Schutzmittel gegen Hochspannung zu benutzen, ist darauf begründet, daß es unmöglich erscheint, ihren unversehrten Zustand vor der Benutzung sicher festzustellen. Hierzu kommt noch, daß sie durch Alter und durch schlechte Behandlung leicht schadhaft werden. Ein Bedürfnis für die Verwendung von Gummihandschuhen liegt auch nicht vor, da genügend andere Schutzmittel, die sicherer sind, zur Verfügung stehen. Gummischuhe sowie Gummimatten sind dagegen zuverlässigere Schutzmittel und dementsprechend zugelassen.

3. Der Zugang zu Maschinen, Schalt- und Verteilungsanlagen soll so weit freigehalten werden, als es ihre Bedienung erfordert.

4. Maschinen und Apparate sollen in gutem Zustand erhalten und in angemessenen Zwischenräumen gereinigt werden.

Die Bestimmung, daß der Zugang zu Maschinen, Schalt- und Verteilungsanlagen freigehalten werden soll, ist zweckmäßig auch auf andere Schutzschränke und Schutzkästen auszudehnen. Das Merkblatt für die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft schreibt ferner für diese Anlagen vor, daß Schutzschränke und Schutzanlagen nicht zum Aufbewahren von Gegenständen benutzt werden sollen. Das wird zweckmäßig nicht nur für landwirtschaftliche Anlagen, sondern auch für alle elektrischen Anlagen zu beachten sein. Leider findet man immer noch häufig die Ansitte, Räume hinter Schalttafeln usw. unvorschriftsmäßigerweise zum Aufbewahren von allerhand Gegenständen zu benutzen. Überhaupt sollten Werkzeuge, Baustoffe, Kleidungsstücke usw. nie derartig gelagert werden, daß die ordnungsmäßige Bedienung dadurch erschwert wird.

§ 3.

Warnungstafeln, Vorschriften und schematische Darstellungen.

a) *In Hochspannungsbetrieben müssen Tafeln, die vor unnötiger Berührung von Teilen der elektrischen Anlage warnen, an geeigneten Stellen, insbesondere bei elektrischen Betriebsräumen und abgeschlossenen elektrischen Betriebsräumen an den Zugängen angebracht sein. Warnungstafeln für Hochspannung sind mit Blitzpfeil zu versehen.*

Bei Niederspannung sind Warnungstafeln nur an gefährlichen Stellen erforderlich.

Für die Warnungstafeln sind zur Erzielung einer Einheitlichkeit in der Ausführung und dadurch zur Verbilligung vom Verband deutscher Elektrotechniker „Normen für häufig gebrauchte Warnungstafeln“ aufgestellt worden, die seit dem 1. Juli 1910 bestehen und ETZ 1910, S. 414 und 491 abgedruckt sind. Ihr Inhalt ist nachstehend wiedergegeben:

¹ ETZ 1925, S. 1516; 1926, S. 268.

I. Für Hochspannungsanlagen¹.

Die Tafel A soll den Zweck erfüllen, das nicht unterwiesene Personal, ebenso auch fremde Personen beim Betreten eines Werkes oder einer Werkstätte vor unnötiger Berührung der elektrischen Einrichtungen zu warnen und zur Vorsicht zu mahnen. Auch soll sie den Zweck erfüllen,



A = 30 × 20 cm



B = 30 × 20 cm

darauf hinzuweisen, daß sich nur die Person an den elektrischen Einrichtungen zu schaffen macht, die dazu berufen und be-
fugt ist.

Diese Tafel ist also unter anderem bestimmt zum Anheften an die Zugangstore eines größeren Werkes oder einer Werkstätte oder an sonstige in die Augen fallende Stellen, an denen täglich viel Menschen verkehren, z. B. im Hofe eines Elektrizitätswerkes, in der Montagehalle einer Maschinenfabrik, an der Hängebank, im Füllort einer Grube u. dgl. m.

Die Tafel B ist bestimmt zum Anheften an die Zugänge von Hochspannungsschalträumen (auch auf die Innenseite der Türen von Schaltfäulen), an einzelne Hochspannungsmaschinen, an Freileitungsmaste bei Wegekreuzungen u. dgl. m.



C = 20 × 12 cm



D = 12 × 20 cm

In Schaltstationen wird die Tafel C bei Prüf- und Ausbesserungsarbeiten häufig Verwendung finden. Man wird sie sowohl für Hochspannungs- als für Niederspannungseinrichtungen verwenden können. Der rote Blitzpfeil

auf der Tafel würde, da sie ihrer Bestimmung nach ja nur für Arbeiten durch unterwiesenes Personal Verwendung findet, in Niederspannungsanlagen weiter kein Hindernis sein. Wenn man dagegen eine besondere Tafel ohne Blitzpfeil beschaffen würde, so könnte diese sehr häufig auch in Hochspannungsanlagen Verwendung finden. Um das zu verhüten, wird nur eine Ausföhrung mit Blitzpfeil vorgeschlagen.

Die Tafel D dient zum Anheften an Maste, Träger, Verkleidungen usw. von Hochspannungseinrichtungen.

II. Für Niederspannungsanlagen.

Die Tafeln E. u. F. sollen mit Rücksicht auf ihren Verwendungszweck sowohl in Längs- als auch in Querformat ausgeföhrte werden. Sie sollen den Zweck erfüllen, die Bauhandwerker, wie Maler, Dachdecker, Schornstein-

¹ Die Blitzpfeile sind bei allen Warnungstafeln rot auszuföhren.

jeger usw., zur Vorsicht zu ermahnen, um bei etwaiger Berührung durch Schreck und Fehltritt hervorgerufenen mittelbaren Gefahren vorzubeugen.

Derartige Schilder sind in manchen Gegenden schon von den Behörden vorgeschrieben; sie werden an den Isolationsträgern und auf den Dachgestängen in etwa 1,5 m Höhe anzubringen sein.



E = 12 × 20 cm



F = 20 × 12 cm

III. Allgemeines.

Die Tafeln sollen schwarze Schrift und roten Blitzpfeil auf weißem Grunde erhalten. Als Schrift soll die sogenannte Blockschrift mit großen und kleinen Buchstaben ohne Zierat benutzt werden, damit sie schon in großer Entfernung deutlich lesbar ist. Der Blitzpfeil muß scharf hervortreten. Bei dünnen lackierten Blechtafeln sollen Schrift und Blitzpfeil außerdem erhaben geprägt sein. Bei starken Blechtafeln mit gebrannter Emaille ist erhabene Prägung nicht durchführbar; sie wird auch nicht als notwendig hingestellt, da bei derartigen gut ausgeführten Tafeln die Schrift ohne weiteres etwas aufträgt und gebrannte Emailleschrift an und für sich gegen Witterungseinflüsse widerstandsfähiger als Lackschrift ist.

Außer Blechtafeln werden für besondere Fälle auch Tafeln aus gepreßtem Holzstoff oder ähnlichem Werkstoff zweckmäßig Verwendung finden.

Über die Ausführung des Blitzpfeiles besteht ein Normenblatt DIN VDE 6, das ETZ 1927, S. 1277 abgedruckt ist. Es sei noch besonders darauf hingewiesen, daß dieser Blitzpfeil nur für Hochspannung verwendet werden soll, um seine Wirkung nicht abzuschwächen.

In den nachstehenden Regeln 2 und 3 ist als Mindestmaß für Warnungstafeln 15 × 10 cm angegeben, was durch Verwendung der normalen Warnungstafeln eingehalten ist. Ferner ist verlangt, daß die Warnungstafeln auf die Dauer in leserlichem Zustande erhalten werden sollen, was in manchen Betrieben eine zeitweilige Auswechslung oder Erneuerung der Warnungstafeln bedingen wird.

Für Streckenförderungen unter Tage ist in § 42 der Errichtungsvorschriften verlangt, daß an Rangier-, Kreuzungs- oder Zugangsstellen Warnungstafeln angebracht werden müssen, die auf die Gefahr hinweisen, die mit der Berührung der Freileitung verbunden ist. Diese Warnungstafeln sollen beleuchtet sein, worauf besonders bei der Überwachung des Betriebes zu achten sein wird.

b) In jedem elektrischen Betriebe sind diese Betriebsvorschriften und eine „Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe“ anzubringen. Für einzelne Teilbetriebe genügen gegebenenfalls zweckentsprechende Auszüge aus den Betriebsvorschriften.

Der Wortlaut der „Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe“ ist bei § 4² abgedruckt, und es sei auf das dort dazu noch Ausgeführte verwiesen.

Sichtlich der ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe ist noch besonders zu betonen, daß es wichtig ist, die Wiederbelebungsversuche sofort zu beginnen. Der Verlust weniger Minuten oder oft sogar weniger Augenblicke kann entscheidend dafür sein, ob das Leben des Verunglückten noch gerettet werden kann.

Näheres darüber ist aus dem zu § 4² Gesagten zu ersehen.

Nach den Bestimmungen der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik müssen in jedem Betriebe außer den Allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften (Buchform Nr. 1) aushängen:

- a) Allgemeiner Auszug aus den UVV für alle Betriebe (Nr. 3).
- b) Aushang über die Adressen des Genossenschafts- und des Sektionsvorstandes (Nr. 5).
- c) Warnung vor Zuwiderhandlungen (Nr. 6).
- d) Hinweis, dort anzubringen, wo die UVV in Buchform einzusehen sind (Nr. 7).
- e) Anleitungen zur ersten Hilfe bei Unfällen (Erlaßaushang 12/14).

Ferner sind in Installationsbetrieben und Elektrizitätswerken auszuhängen:

A. Elektrische Installationsbetriebe:

- a) Die besonderen Unfallverhütungsvorschriften für Montagebetriebe (Buchform Nr. 2).
- b) Die besonderen Unfallverhütungsvorschriften für Montagebetriebe (Aushang Nr. 4).

B. Elektrizitätswerke:

- a) Die besonderen UVV für Montagebetriebe (Buchform Nr. 2).
 - b) Die besonderen UVV für Montagebetriebe (Aushang Nr. 4).
 - c) Die Betriebsvorschriften des VDE (Aushang Nr. 13).
- c) In jedem elektrischen Betriebe muß eine schematische Darstellung der elektrischen Anlage, entsprechend dem Anhang zu den Errichtungs- und Betriebsvorschriften, vorhanden sein.

1. Es empfiehlt sich, an wichtigen Schaltstellen und in Transformatorstationen, *insbesondere bei Hochspannung*, ein Teilschema, aus dem die Abschaltbarkeit hervorgeht, anzubringen.

Wie in der nachstehenden Regel 3 ausdrücklich angegeben ist, soll die schematische Darstellung, die gemäß der Vorschrift c) in jedem Betriebe gefordert ist, dauernd in leserlichem Zustande erhalten werden. Gemäß nachstehender Regel 4 sollen außerdem wesentliche Änderungen und Erweiterungen dauernd nachgetragen werden. Bei Betriebsstörungen, Umbauten, Messungen, Unfällen usw. ist es wichtig, daß eine schnelle Orientierung möglich ist, um etwa vorhandene Sicherheitsmaßnahmen, Schaltungen usw. unverfälscht ausführen zu können. Selbst den mit der Anlage

Vertrauten wird das Gedächtnis nicht immer genügend Anhalt geben; einem mit der Anlage nicht Vertrauten können aber erst wirklich in Ordnung gehaltene Schaltpläne richtige Angaben liefern. Ein übersichtlich hergestellter und dauernd in Ordnung gehaltener Schaltplan ist also nicht nur für eine richtige Betriebsführung, sondern auch bei allen außergewöhnlichen Vorkommnissen von grundlegender Bedeutung.

In dem Anhang zu den Errichtungs- und Betriebsvorschriften hat der VDE genaue Angaben über die Ausführung der schematischen Darstellung gemacht. Sie sind in Abschnitt III dieses Buches unter A. wiedergegeben.

Die in Transformatorenhäuschen und ähnlichen Schaltstellen anzubringenden Auszüge¹ aus den Betriebsvorschriften sind von der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und der Elektrotechnik wie folgt festgelegt worden:

1. Anleitung zur ersten Hilfeleistung.
2. Hinweis auf den Ort, an dem die ausführlichen Betriebsvorschriften einzusehen sind.
3. Ein übersichtliches Schaltschema, das den Zusammenhang der Schaltstelle mit dem Netz und die an der Schaltstelle zu bedienenden Apparate, Schalter u. dgl. in ihrem Zusammenwirken erkennen läßt. Ferner wird die Bereitstellung von Verbandszug empfohlen.
2. Das kleinste Format für Warnungstafeln soll 15×10 cm sein.
3. Warnungstafeln, Betriebsvorschriften und schematische Darstellungen sollen in leserlichem Zustand erhalten werden.
4. Wesentliche Änderungen und Erweiterungen der Anlage sollen in der schematischen Darstellung nachgetragen werden unter Berücksichtigung der Regel 2 des Anhanges.

Wie schon bei a) ausgeführt, entsprechen die nach den „Normen für häufig gebrauchte Warnungstafeln“ hergestellten Tafeln der vorstehenden Bestimmung über das zulässige kleinste Format, da sie 20×12 bzw. 30×20 cm groß sind.

Die vorstehend erwähnte Regel 2 des Anhanges zu den Betriebsvorschriften ist im Abschnitt III dieses Buches unter A. abgedruckt.

§ 4.

Allgemeine Pflichten der im Betriebe Beschäftigten.

Jeder im Betriebe Beschäftigte hat:

- a) von den durch Anschlag bekanntgegebenen sowie von den zur Einsichtnahme bereitliegenden, ihn betreffenden Betriebsvorschriften Kenntnis zu nehmen und ihnen nachzukommen;
- b) bei Vorkommnissen, die eine Gefahr für Personen oder für die Anlagen zur Folge haben können, geeignete Maßnahmen zu treffen, um die Gefahr einzuschränken oder zu beseitigen. Dem Vorgesetzten ist baldmöglichst Anzeige zu erstatten.

¹ ETZ 1926, S. 268.

1. Arbeiten im Hochspannungsbetriebe sollen nur mit besonderer Vorsicht unter sorgfältiger Beachtung der Betriebsvorschriften und unter Benutzung der gebotenen Schutzmittel ausgeführt werden. Die mit den Arbeiten Betrauten sollen sorgfältig unterwiesen werden, insbesondere dahin, daß sie nichts unternehmen oder berühren dürfen, ohne sich über die dabei vorhandene Gefahr Rechenschaft zu geben und die gebotenen Gegenmaßnahmen anzuwenden.

In dem Merkblatt für die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft ist gefordert, daß die Bedienung der gesamten elektrischen Anlage einer bestimmten Person übertragen, und daß diese durch Vermittlung des Stromliefernden Elektrizitätswerkes genau unterwiesen werden soll. Der die Anlage Bedienende soll auch angehalten werden, die ihm gegebenen Bedienungsvorschriften genau zu befolgen. Diese für die Landwirtschaft aufgestellte Forderung sollte zweckmäßigerweise in jedem geordneten Betriebe durchgeführt werden. Bei Einzelanlagen fielen naturgemäß die Unterweisung durch das Stromliefernde Elektrizitätswerk fort, wofür eine entsprechende Unterweisung durch den Betriebsleiter zu setzen wäre. Dieser hat das Personal sachgemäß zu unterrichten und auf etwa gefahrbringende Vorkommnisse hinzuweisen. Von besonderer Bedeutung ist dieses bei Hochspannung. Wesentlich ist es auch, dafür zu sorgen, daß eine Person vorhanden ist, die mit der Ausföhrung der ersten Hilfeleistung unterwiesen ist. Die Personen, die mit der Bedienung elektrischer Anlagen beauftragt werden, sollten auf das sorgfältigste ausgewählt werden, unter Berücksichtigung ihrer Fähigkeiten. Um zu verhindern, daß die gegebenen Anweisungen in Vergessenheit geraten oder mit der Zeit vernachlässigt werden, sind solche Anweisungen von Zeit zu Zeit zu wiederholen. Mit Arbeiten an elektrischen Anlagen, insbesondere an Hochspannungsanlagen, sollten nur Personen betraut werden, die hinreichende Erfahrungen haben und mit den notwendigen Schutzmaßnahmen vertraut sind. Für eine überwachende Tätigkeit wählt man zweckmäßig ältere, mit den Einzelheiten der Anlagen vertraute, zuverlässige Personen.

2. Bei Unfällen von Personen ist nach der „Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe“ zu verfahren.

Nachstehend ist die vom VDE unter Mitwirkung des Reichs-Gesundheitsrates aufgestellte „Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe“ abgedruckt, die seit dem 1. Juli 1907 gültig ist und ETZ 1906, S. 1078 veröffentlicht wurde. Der VDE hat seinerzeit dazu auch Erläuterungen herausgegeben, die von den Herren Dr. Passavant und Pohl aufgestellt und im Anschluß an diese Anleitung zum Abdruck gekommen sind.

Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe.

I. Ist der Verunglückte noch in Verbindung mit der elektrischen Leitung, so ist zunächst erforderlich, ihn der Einwirkung des elektrischen Stromes zu entziehen. Dabei ist folgendes zu beachten:

1. Die Leitung ist, wenn möglich, sofort spannungslos zu machen durch Benutzung des nächsten Schalters, Lösung der Sicherung für den betreffenden Leitungsstrang oder Zerreißen der Leitungen mittels eines trockenen, nicht metallenen Gegenstandes, z. B. eines Stückes Holz, eines Stockes oder eines Seiles, das über den Leitungsdraht geworfen wird.

2. Man stelle sich dabei selbst zur Fernhaltung oder Abschwächung der Stromwirkung (Isolierung) auf ein trockenes Holzbrett, auf trockene Tücher, Kleidungsstücke oder auf eine ähnliche, nicht metallene Unterlage, oder man ziehe Gummihandschuhe an.

3. Der Hilfeleistende soll seine Hände durch Gummihandschuhe, trockene Tücher, Kleidungsstücke oder ähnliche Umhüllungen isolieren; er vermeide bei den Rettungsarbeiten jede Berührung seines Körpers mit Metallteilen der Umgebung.

4. Man suche den Verunglückten von dem Boden aufzuheben und von der Leitung zu entfernen. Er ist dabei an den Kleidern zu fassen; das Berühren unbedeckter Körperteile ist möglichst zu vermeiden. Umfaßt der Verunglückte die Leitung vollständig, so hat der Hilfeleistende mit seiner durch Gummihandschuhe usw. isolierten Hand Finger für Finger des Betäubten zu lösen. Bisweilen genügt schon das Aufheben des Getroffenen von der Erde, da hierdurch der Stromweg unterbrochen wird.

Das Gebiet elektrischer Betriebe, in dem das Eingreifen eines Laien nach den vorbezeichneten Leitfähigen Erfolg verspricht, ohne ihn selbst zu gefährden, beschränkt sich auf solche Anlagen, die mit Spannungen betrieben werden, die 500 V nicht wesentlich übersteigen. Der Betrieb der Straßenbahnen hält sich in der Regel innerhalb dieser Grenzen. Bei Unfällen, die an Leitungen mit höherer Spannung erfolgt sind, ist schleunigst für Benachrichtigung der nächsten Stelle der Betriebsleitung und für Herbeiholung eines Arztes zu sorgen. Leitungen und Apparate mit höherer Spannung pflegen mit einem roten Blitzpfeil ζ gekennzeichnet zu sein.

II. Ist der Verunglückte bewußtlos, so ist sofort zum Arzt zu schicken und bis zu dessen Eintreffen folgendermaßen zu verfahren:

1. Für gute Lüftung des Raumes, in dem sich der Verunglückte befindet, ist zu sorgen.

2. Alle den Körper beengenden Kleidungs- und Wäschestücke (Stragen, Hemden, Gürtel, Beinkleider, Unterzeug usw.) sind zu öffnen. Man lege den Getroffenen auf den Rücken und bringe ein Polster aus zusammengelegten Decken oder Kleidungsstücken unter die Schultern und den Kopf derart, daß der Kopf ein wenig niedriger liegt.

3. Ist die Atmung regelmäßig, so ist der Verunglückte genau zu überwachen und nicht allein zu lassen. Bevor das Bewußtsein zurückgekehrt ist, flöße man ihm Flüssigkeiten nicht ein.

4. Fehlt die Atmung oder ist sie sehr schwach, so ist künstliche Atmung einzuleiten. Bevor damit begonnen wird, hat man sich davon zu überzeugen, ob sich im Munde etwa Fremdkörper, z. B. Kautabak oder ein künstliches Gebiß, befinden. Ist dies der Fall, so sind zunächst diese Gegen-

stände zu entfernen. Die künstliche Atmung ist alsdann in folgender Weise vorzunehmen:

Man knie hinter dem Kopfe des Verunglückten nieder, das Gesicht diesem zugewendet, fasse beide Arme an den Ellbogen und ziehe sie seitlich über seinen Kopf hinweg, so daß sich dort die Hände berühren. In



Künstliche Atmung: Einatmen.

dieser Lage sind die Arme 2 bis 3 s lang festzuhalten. Dann bewege man sie abwärts, beuge sie und presse die Ellbogen mit dem eigenen Körpergewicht gegen die Brustseiten des Verunglückten. Nach 2 bis 3 s strecke man die Arme wieder über dem Kopfe des Verunglückten aus und wiederhole

das Ausstrecken und Anpressen der Arme möglichst regelmäßig etwa 15 mal in der min. Um Übereilung zu vermeiden, führe man die Bewegungen langsam aus und zähle während der Zwischenpausen laut: Hundert und eins! Hundert und zwei! Hundert und drei! Hundert und vier!

5. Ist noch ein Helfer zur Hand, so fasse er während dieser Handtierungen die Zunge des Verunglückten mit einem Taschentuche, ziehe sie kräftig



Künstliche Atmung: Ausatmen.

heraus und halte sie fest. Wenn der Mund nicht leicht aufgeht, öffne man ihn gewaltsam mit einem Stück Holz, dem Griff eines Taschenmessers oder dergleichen.

6. Sind mehrere Helfer zur Hand, so sind die vorstehend unter II.4 beschriebenen

Handtierungen von zweien auszuführen, indem jeder einen Arm ergreift und beide, in den Zwischenpausen Hundert und eins! Hundert und zwei! Hundert und drei! Hundert und vier! zählend, gleichzeitig jene Bewegung vornehmen.

7. Die künstliche Atmung ist so lange fortzusetzen, bis die regelmäßige, natürliche Atmung wieder eingetreten ist. Aber auch dann muß der Verunglückte noch längere Zeit überwacht und beobachtet werden. Bleibt

die natürliche Atmung aus, so muß man die künstliche Atmung bis zum Eintreffen des Arztes, mindestens aber 2 h lang, fortsetzen, bevor man mit solchen Wiederbelebungsversuchen aufhört.

8. Beim Vorhandensein von Verletzungen, z. B. Knochenbrüchen, ist diesem Zustande durch besondere Vorsicht bei der Behandlung des Verunglückten Rechnung zu tragen.

9. Die Unterschenkel und Füße können von Zeit zu Zeit mit einem rauhen, warmen Tuche oder einer Bürste gerieben werden.

10. Auch nach der Rückkehr des Bewußtseins ist der Verunglückte in liegender oder halb liegender Stellung unter Aufsicht zu belassen und von stärkeren Bewegungen abzuhalten.

III. Liegt eine Verbrennung des Verunglückten vor, so ist, falls ärztliche Hilfe nicht zur Stelle ist, folgendes zu beachten:

1. Bevor der Hilfeleistende die Brandwunden berührt, wasche und bürste man sich auf das sorgfältigste beide Hände und Unterarme mit warmem Wasser und Seife ab; auch empfiehlt es sich, sie mit einem reinen Tuche, das mit Spiritus getränkt ist, abzureiben (das Abtrocknen hinterher ist zu unterlassen!).

2. Gerötete und geschwollene Stellen werden zweckmäßig mit Vorkalbte auf Verbandwatte oder mit einer Wismut-Brandbinde bedeckt und alsdann mit einer weichen Binde lose umwickelt.

Blasen sind nicht abzureißen, sondern mit einer gut (über Spiritusflamme) ausgeglühten Nadel anzustechen und mit einer Wismut-Brandbinde, darüber mit Verbandwatte und loser Binde zu bedecken.

Bei Verfohlungen und Schorfbildungen sind die Wunden mit Verbandmull in mehreren Lagen zu bedecken; darüber ist Watte anzubringen und das Ganze durch eine Binde zu befestigen.

Erläuterungen¹.

Vorwort. Eine „Anleitung zur Hilfeleistung“ hat in erster Linie die Frage zu berücksichtigen, ob und wie weit derjenige, der Hilfe bringen will, hierzu überhaupt imstande ist. Dies gilt in erhöhtem Maße, wenn der Hilfeleistende nicht fachverständlich ist, sondern auf Grund einer mehr oder weniger kurzgefaßten Instruktion handeln muß. Aus diesem Gesichtspunkte sind bei der Beurteilung elektrischer Betriebe die wahren Hochspannungsanlagen streng zu trennen von denjenigen, welche mit verhältnismäßig niedrigen Spannungen betrieben werden.

Eine Instruktion für Betriebe, die mit Hochspannung arbeiten, ist für nicht instruiertes Personal ebensowenig möglich wie eine Unterweisung für die Behandlung einer Dampfmaschine. Die Berührung und Hantierung an Leitungen und Apparaten, welche unter Hochspannung stehen, ist unter allen Umständen gefährlich, und das Eingreifen eines Nicht-Sachverständigen gefährdet nicht allein ihn selbst, sondern auch den Betrieb.

¹ Bearbeitet von den Herren Dr. Passavant und Pohl.

In Hochspannungsbetrieben muß überdies stets fachverständiges Personal anwesend sein, das im Störfalle den Umständen entsprechend zu handeln fähig ist. Das Eingreifen des Laien ist gegebenenfalls beschränkt auf sofortige Benachrichtigung der nächsten Betriebsstellen und bei Behandlung von Berunglückten auf sofortiges Herbeiholen eines Arztes sowie schleunigste Durchführung von Wiederbelebungsversuchen.

Das Gebiet elektrischer Betriebe, in dem auch das Eingreifen eines verständigen Laien Erfolg verspricht, ohne ihn selbst zu gefährden, beschränkt sich auf solche Anlagen, welche mit Spannungen betrieben werden, die die bei Straßenbahnen üblichen von 500 V nicht wesentlich übersteigen. Die folgenden Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf solche Betriebe.

Allgemeines. Die Erfahrung hat gezeigt, daß unter besonderen Umständen die Berührung eines unter Spannung stehenden unisolierten Apparates oder Leitungsteiles für das Nervensystem und die Gesundheit des Betroffenen verhängnisvoll sein kann. Vollständig geklärt sind die in Betracht kommenden Verhältnisse nach keiner Richtung; der elektrische Strom übt nicht nur auf den Organismus verschiedener Personen auf fällig verschiedene Wirkung aus, auch ein und dieselbe Person verhält sich verschieden je nach ihrem momentanen Zustande und je nach den Verhältnissen des Raumes, in dem sie tätig ist. Aus dem Gesagten ergibt sich aber die strenge Regel, jede Berührung ungeschützter, unter Spannung stehender Apparate, Leitungen oder dergleichen zu vermeiden.

Unabhängig von der Empfindlichkeit des Organismus im Einzelfalle darf als sicher angenommen werden, daß die Einwirkung der Elektrizität auf den menschlichen Körper um so intensiver ist, je höher die Stromstärke wird, welche ihn durchfließt. Leitungen usw., welche Ströme höherer Spannungen führen, sind daher gefährlicher als solche, welche Elektrizität unter niedriger Spannung verteilen, weil sie unter sonst gleichen Umständen höhere Stromstärken hervorrufen; andererseits müssen alle diejenigen Möglichkeiten vermieden werden, welche den Leitungswiderstand des gesamten Körpers verringern und dadurch geeignet sind, einen starken Körperstrom zustandekommen zu lassen.

Der Körperstrom wird um so höher, je größere und je besser leitende Flächen der Elektrizität beim Eintritt in den Körper bzw. beim Austritt aus diesem geboten werden (geringer Übergangswiderstand); ein Strom kommt im allgemeinen nicht zustande, wenn Berührung unter Spannung stehender Leitungen nur an einer Körperstelle erfolgt, der Berührende im übrigen aber isoliert steht (trockener, nicht metallischer Fußboden, Gummischuhe, trockenes Schuhwerk, Holzbretter usw.), denn in diesem Falle ist dem Strome der Austritt aus dem Körper versperrt. Steht der Betroffene unisoliert, so kann der Strom durch seinen Körper in die Erde fließen; Feuchtigkeit an den Berührungsstellen (feuchte Hände

feuchter Boden) vermindern den Übergangswiderstand für den Strom und erhöhen die Gefahr.

Erläuterungen und Beispiele. Ein gut isoliert stehender Arbeiter könnte eine unter Niederspannung stehende Leitung ohne Gefahr berühren oder sogar mit voller Hand anfassen.

Ist die Isolierung des Standortes nicht vollkommen, so ist ein kurzes Streifen elektrifizierter Teile vielleicht noch unbedenklich, eine Gefahr dagegen schon möglich beim Anfassen mit voller Handfläche, denn der Eintritt des Stromes wird hierdurch außerordentlich erleichtert. Ist auch die Isolierung der Füße schlecht, so ist der Berührende erheblich gefährdet.

Erhöhte Gefahr besteht, wenn die Berührung nicht direkt durch die Hand stattfindet, sondern mittels eines in den Händen festgefaßten metallenen Werkzeuges, denn dieses leitet auf seiner ganzen Oberfläche die Elektrizität in den Körper über. Aus diesem Grunde sind für unerläßliche Arbeiten an unter Spannung stehenden Leitungen Werkzeuge mit isolierten Griffen usw. vorgeschrieben.

Sorgfältigst zu vermeiden ist die gleichzeitige Berührung zweier unter Spannung stehender Leitungen mit je einer Hand. Die Gefährdung ist in diesem Falle erheblich, weil die Spannung zweier Leitungen verschiedener Polarität gegeneinander meistens höher ist als die Spannung jeder der beiden Leitungen gegen Erde.

Die Verhältnisse gestalten sich besonders ungünstig für Arbeiter in feuchten Räumen bzw. in solchen Räumen, in denen Chemikalien verarbeitet werden oder vorkommen, die die Oberfläche der Haut angreifen und die Leitungsfähigkeit des Körpers dadurch erhöhen, andererseits den Isolationszustand der ganzen Anlage wesentlich verschlechtern (Zuckerfabriken, gewisse chemische Fabriken, Färbereien usw.).

Die gleiche Vorsicht wie bezüglich der Hände und Füße muß bezüglich des gesamten übrigen Körpers gewahrt werden; insbesondere hüte man sich davor, an Metallteile, gleichviel ob spannungslos oder unter Spannung stehend, sich mit dem Rücken anzulehnen, sich auf solche zu setzen usw., während die Hände in der Nähe unter Spannung stehender Leitungen tätig sind.

Über die Einwirkung der elektrischen Ströme auf den Organismus ist im Laufe der letzten Zeit eine Reihe von wesentlichen Aufklärungen erfolgt, und zwar auf Grund von Tierversuchen. Dadurch ist festgestellt worden, daß Stromstärken unterhalb einer gewissen Grenze keinerlei dauernden Schaden herbeiführen. Diese Grenze wird für Menschen ungefähr bei 0,1 A liegen; bei erheblich höheren Stromstärken treten Herzstörungen auf, die man als „Herzflimmern“ bezeichnet hat. Bei weiter gesteigerten Stromstärken tritt Herzflimmern nicht mehr ein, wohl aber Herzstillstand, der vorübergehend ist, wenn der Stromdurchgang nicht lange dauert. Auf Grund von eingehenden Untersuchungen an den von elektrischen Unfällen Betroffenen kann man annehmen, daß der elek-

trische Tod in der Mehrzahl der Fälle ein Herztod ist, wodurch der Blutkreislauf zum Stillstand kommt. Letzterer muß also durch die Wiederbelebungsversuche so schnell wie möglich wieder in Gang gebracht werden. Es ist von grundlegender Bedeutung bei der Ausführung der Wiederbelebungsversuche, daß sie so schnell wie nur irgend möglich begonnen werden. Durch Fortschaffen zur Verbandsstube oder zum Lazarett soll man nicht die wertvollste Zeit verstreichen lassen. Der Arzt oder der herbeigerufene Heilgehilfe wird also wohl immer zu spät kommen. Es müssen folglich diejenigen, die bei dem Unfall zugegen sind oder sofort hinzukommen, die Wiederbelebungsversuche unverzüglich beginnen, wie das in der „Anleitung“ angegeben ist. Der elektrische Tod ist vielfach nur ein Scheintod, der nach Verlauf von wenigen Minuten, vielleicht schon von wenigen Augenblicken in den wirklichen Tod übergeht. Die ersten Minuten, die gleich nach dem Unfall ungenutzt verstreichen, sind also für die Errettung des Verunglückten von allerhöchster Bedeutung. Nähere Ausführungen über die physiologischen Wirkungen elektrischer Starkströme auf Tiere und Menschen siehe ETZ 1915, S. 381 und 398; 1926, S. 985. Besonders sei noch darauf hingewiesen, daß bei der Ausführung von Wiederbelebungsversuchen durch künstliche Atmung oft vergessen wird, dem Verunglückten die Zunge herauszuholen, wodurch Erstickten eintreten kann. Zweckmäßig ist es, die Zunge festzubinden; wie das in einfacher Weise geschehen kann, ist aus ETZ 1913, S. 764 zu ersehen.

Nach Professor Brunz¹ haben für die Wiederbelebung Hautreize, die lebenswichtige Zentren wiedererwecken, insbesondere die des verlängerten Markes, große Bedeutung für die Anregung der Atmung. Von manchen Seiten wird auch Lobelin für Starkstromunfälle empfohlen. Dieses wird subkutan gegeben und wirkt unmittelbar auf das Atemzentrum. Die Einspritzung muß frühzeitig erfolgen. Da häufig nicht auf das Eintreffen des Arztes gewartet werden kann, ist auf Grund eines Gutachtens des Reichs-Gesundheitsamtes gestattet, unter bestimmten Bedingungen dieses Mittel durch ausgebildete Nothelfer anwenden zu lassen.

Das Reichsversicherungsamt hat bezüglich der Hilfeleistung bei elektrischen Unfällen folgenden Runderlaß herausgegeben:

„Die Erfahrungen haben gezeigt, daß bei Unfällen durch elektrischen Strom ein Erfolg der Wiederbelebungsversuche nur dann zu erwarten ist, wenn mit diesen Versuchen sofort am Unfallort ohne Verzögerung begonnen wird. Der Verunglückte soll also nicht erst an einen anderen Ort, etwa zu dem Zweck, ihn ins Freie oder in einen besser gelüfteten Raum zu bringen, geschafft, sondern nur aus dem Gefahrenbereich gezogen werden. Auch soll nicht durch Heranrufen weiterer Hilfe oder Herbeischaffen von Decken, Unterlagen u. dgl. Zeit veräußert werden, vielmehr ist mit den Wiederbelebungsversuchen sofort zu beginnen. Ferner dürfen die Wiederbelebungsversuche nicht zu früh eingestellt werden. Sie sind mindestens zwei Stunden durchzuführen, wenn ein Erfolg nicht bereits früher eintritt.“

Nach § 151 der Allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften für die Betriebe der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik wird

¹ „Glückauf“ Bb. 63, S. 1513; ETZ 1927, S. 1846.

die Durchführung der künstlichen Atmung sogar während mindestens 3 h festgesetzt.

Wichtig ist es, immer dafür zu sorgen, daß alle notwendigen Rettungsmittel bereit sind, und eine Anzahl von Personen in jedem Betriebe vorhanden ist, die in der Ausführung von Wiederbelebungsversuchen und sonst notwendigen Hilfeleistungen praktisch ausgebildet sind, damit sie gegebenenfalls unverzüglich eingreifen und auch alle Handhabungen ordnungsmäßig ausführen.

Nach den Normal-Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes der deutschen Berufsgenossenschaften ist gemäß I, § 31 in jedem Betriebe das notwendige Verbandszeug vorrätig zu halten und gegen Verunreinigung geschützt aufzubewahren.

Gemäß Bestimmungen der Allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften für die Betriebe der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik müssen Rettungs- und Verbandstationen äußerlich als solche kenntlich gemacht werden.

Nach den Normal-Unfallverhütungsvorschriften soll in jedem größeren Betriebe für die erste Hilfeleistung eine dem Umfang und der Art des Betriebes entsprechende Anzahl sachgemäß vorgebildeter Helfer vorhanden sein. Die Ausbildung solcher Helfer erfolgt in der Regel am zweckmäßigsten auf Grund allgemeiner Vereinbarungen der Berufsgenossenschaften mit Organisationen, die sich hiermit befassen. So ist z. B. zwischen dem Verband der deutschen Berufsgenossenschaften und dem Zentralkomitee der deutschen Vereine vom Roten Kreuz, unter Vermittlung des Reichsversicherungsamtes, ein derartiges Abkommen getroffen worden.

3. Bei Brandgefahr sind nach Möglichkeit die „Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe“ zu befolgen.

Nachstehend sind die vom VDE in gemeinschaftlicher Beratung mit der Vereinigung der Elektrizitätswerke aufgestellten „Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe“ abgedruckt, die seit dem 1. Januar 1926 gelten und ETZ 1925, S. 1421 und 1826 veröffentlicht sind. Ein Teil dieser Leitsätze ist so abgefaßt, daß er sich direkt auf Anlagen bezieht, die an ein Elektrizitätswerk angeschlossen sind. Das ist geschehen, weil solche „Anschlußanlagen“ die größte Zahl der elektrischen Starkstromanlagen darstellen, während die „Einzelanlagen“, die ihren Strom selbst erzeugen, der Zahl nach wesentlich kleiner sind. Für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Einzelanlagen ist demnach der Inhalt dieser Sätze sinngemäß abzuändern, da ja in solchen Fällen die Mitwirkung des Elektrizitätswerkes nur in Frage kommt, wenn Leitungen desselben etwa in der Nähe der fraglichen Anlage sein sollten.

Leitfäße für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe.

§ 1. Allgemeines.

a) Engstes Zusammenarbeiten zwischen Feuerwehr (FW) und Elektrizitätswerk (EW) ist erforderlich. Angestellte des EW, die sich als solche ausweisen, haben Zutritt zur Brandstelle.

b) Jedes EW hat in größeren Verbrauchszentren Betriebswachen bereit zu halten oder Personen zu bezeichnen, die auf Anforderung der FW an der Brandstelle zur Verfügung stehen müssen.

c) Bei allen Feuerwehren sind geeignete Leute durch das EW als Feuerwehr-Elektriker auszubilden, die im Notfalle einfache elektrotechnische Handgriffe ausführen können.

d) Der Eingriff in elektrische Anlagen durch ungeschulte Personen hat unter allen Umständen zu unterbleiben. Beim Brande nötig werdende elektrotechnische Arbeiten — wie Abschaltung einzelner Leitungsstrecken, Kurzschließen von Leitungen, Außerbetriebsetzen von Motoren — sollen durch das Betriebspersonal oder durch Beauftragte des EW, nur im Notfalle durch die FW-Elektriker, erfolgen. Schaltungen in Hochspannungsanlagen sind möglichst durch Angestellte des EW (Bezirksmonteure) auszuführen.

e) Die Schlüssel zu den wichtigen Ortschaltstellen sind vom EW der FW zu übergeben, deren Führer für zuverlässiges Aufbewahren und rechtzeitiges Herbeischaffen verantwortlich ist.

§ 2. Erklärungen elektrotechnischer Grundbegriffe.

a) Niederspannungsanlagen sind Anlagen, deren Spannung gegen Erde nicht mehr als 250 V beträgt. Hierzu gehören alle elektrischen Anlagen, die nicht unter b) fallen, besonders Ortsnetze, Hausinstallationen und die meisten elektromotorischen Betriebe. Eine Berührung ist gefährlich und daher unbedingt zu unterlassen.

b) Hochspannungsanlagen sind Anlagen, deren Spannung gegen Erde mehr als 250 V beträgt. Hierzu gehören Kraftwerke, Schaltstationen, Transformatorenhäuser oder -säulen, Hochspannung-Freileitungen und elektrische Bahnanlagen. Derartige Anlagen sind durch roten Blitzpfeil, vielfach auch durch die Aufschrift „Vorsicht — Hochspannung — Lebensgefahr“ od. dgl. gekennzeichnet und innerhalb von Gebäuden der zufälligen Berührung entzogen. Jede unmittelbare oder mittelbare Berührung ist lebensgefährlich.

c) Fernmeldeleitungen (Fernsprech-, Telegraphenleitungen, Antennen usw.) können beim Brande mit Starkstromleitungen (Hoch- oder Niederspannungsleitungen) in Berührung kommen und auf diese Weise gefährlich werden (vgl. § 4).

§ 3. Allgemeine Maßnahmen bei Bränden.

a) In jedem Falle ist dem nächstliegenden Betriebsbureau des EW (Bezirksmonteur) auf dem schnellsten Wege — telephonisch, durch Boten

oder telegraphisch — Nachricht von dem Brande zu geben; das Betriebsbureau entsendet sofort geeignetes Personal zur Brandstelle.

b) In Stromerzeugungs- und -verteilungsanlagen sind nur die vom Brande betroffenen oder unmittelbar bedrohten Teile spannungslos zu machen. Im übrigen gelten die Maßnahmen unter d bis f.

c) In Stromverbrauchsanlagen sind in allen vom Brande betroffenen oder unmittelbar bedrohten Räumen alle Maschinen stillzusetzen und alle Leitungen — mit Ausnahme der Beleuchtungsanlage — spannungslos zu machen.

d) Das Abschalten hat ordnungsgemäß mit den vorhandenen Vorrichtungen zu erfolgen. Kein Leitungsdraht ist ohne zwingenden Grund durchzuschneiden oder durchzuhauen. Das Gewaltmittel des Erdens oder Kurzschließens von Leitungen ist nur, wenn Menschenleben unmittelbar gefährdet sind, und dann nur unter größtmöglicher Vorsicht durch Fachleute anzuwenden.

Die Praxis hat gezeigt, daß das Kurzschließen von Hochspannungsleitungen für die Ausführenden äußerst gefährlich werden kann. Aus diesem Grunde muß dieses Gewaltmittel als allgemeines Hilfsmittel unbedingt unterbleiben; es darf nur in Ausnahmefällen von Fachleuten angewendet werden.

e) Die Lampen in den vom Brande betroffenen oder bedrohten Räumen sind — auch bei Tage — einzuschalten. Im Gegensatz zu allen anderen Beleuchtungsarten leuchten sie auch in raucherfüllten Räumen und erleichtern die Rettungsarbeiten.

f) Haben bereits umfangreiche Zerstörungen der elektrischen Anlage stattgefunden, so sind diese Teile der Anlage nachträglich spannungslos zu machen.

g) Die Metallteile der FW-Ausrüstung (z. B. an Anzügen und Helmen) und der FW-Geräte sind stromleitend und daher gefährlich; jegliche Berührung zwischen solchen Teilen und spannungsführenden Leitungen ist unter allen Umständen zu vermeiden.

§ 4. Löschmittel.

a) Maschinen, Schalttafeln und Apparate sind vor Löschwasser zu schützen. Beim Brande elektrischer Anlagen sind ausnahmslos nichtleitende Löschmittel mit nichtleitenden Treibmitteln zu verwenden. Die Isolierfähigkeit des Löschmittels darf durch das Treibmittel nicht herabgesetzt werden. Tetrachlorkohlenstoff soll in engen, schlecht belüfteten Räumen, aus denen ein Entweichen erschwert ist, nicht oder nur mit Gasmaske benutzt werden. In Räumen mit Apparaten, die größere Mengen Öl enthalten — Transformatoren, Ölhalter —, empfiehlt sich daneben die Verwendung trockenen gestiebten Sandes. Bei Maschinen ist Sand unter allen Umständen zu vermeiden; hier ist nur mit sandfreien Trockenlöschern, Kohlenensäure oder gleichwertigen Mitteln vorzugehen.

b) In oder in der Nähe von Stromerzeugungs- und Stromverteilungsanlagen sind Handfeuerlöcher mit stromleitenden Löschmitteln nicht aufzuhängen.

c) Ölbrände können auch, aber erst nach Abschalten der Spannung, durch Abkühlen mit größeren Wassermengen oder durch Schaumlöschverfahren bekämpft werden.

d) Beim Brande von Holzmasten wird sich das Löschen mit Wasser nicht immer vermeiden lassen. Handelt es sich um Hochspannungsleitungen, so sind die in Frage kommenden Leitungstrecken vor dem Löschen spannungslos zu machen, also durch Mast- oder Streckenschalter abzuschalten.

e) Da eine einwandfreie Erdung des Strahlrohres kaum zu erreichen sein wird, so ist von Hochspannungsleitungen ein Abstand von mindestens 15 m einzuhalten und zu vermeiden, daß diese Leitungen mit vollem Strahl getroffen werden.

§ 5. Maßnahmen nach dem Brande.

a) Nach Beendigung der Löscharbeiten darf die Brandstelle erst dann betreten werden, wenn festgestellt ist, daß sämtliche vom Brande betroffenen Teile der Anlage vollständig abgeschaltet sind. Die Anlage darf erst wieder endgültig in Betrieb genommen werden, wenn sie von zuständiger Seite als den „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen“ des VDE entsprechend bezeichnet ist.

§ 6. Behandlung Verunglückter.

a) Bei Unfällen durch Berührung von Leitungen oder sonstigen spannungsführenden Teilen in Niederspannungsanlagen ist zunächst die betreffende Leitung spannungslos zu machen, da eine vorherige Berührung des Verunglückten den Hilfeleistenden selbst gefährdet. Ist es nicht möglich, die Leitung abzuschalten oder unter entsprechenden Vorichtsmaßnahmen (Zange mit isolierenden Handgriffen) abzuschneiden (nur durch Fachleute oder FW-Elektriker), so ist der Verunglückte mit trockenen Decken oder sonstigen gut isolierenden Gegenständen anzufassen und von der Leitung zu entfernen.

b) Bei Unfällen in Hochspannungsanlagen ist der Verunglückte von der Leitung erst dann zu entfernen, wenn die Leitung abgeschaltet oder kurzgeschlossen ist. Auch die Annäherung an die Berührungsstelle ist zu vermeiden.

c) Bei vom elektrischen Schlag getroffenen Personen sind unverzüglich Wiederbelebensversuche durch künstliche Atmung einzuleiten. Auf jeden Fall ist ein Arzt herbeizurufen.

d) Über die weiteren Maßnahmen siehe die vom VDE herausgegebene „Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe“.

Nach den Allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften für die Betriebe der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik sind Feuer-

Löschgeräte in dem von der Landes- oder Polizeibehörde vorgeschriebenen Umfange bereitzustellen und dauernd in gutem Zustande zu erhalten; mit der Handhabung derselben ist eine angemessene Zahl Arbeiter vertraut zu machen. Ferner sind bei sämtlichen Feuerbetrieben und bei solchen Werkstätten, in denen leicht entzündliche Stoffe angehäuft sind, genügende Feuerlöschvorrichtungen zur Hand zu halten.

Weitere Einzelheiten über die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe, sowie über die verschiedenen anwendbaren Löschmittel, Löschapparate usw. siehe ETZ 1924, S. 806 und 1925, S. 1508. An Löschapparaten können in Frage kommen Handlöcher, fahrbare Löcher und fest eingebaute Löcheinrichtungen. Letztere können gegebenenfalls mit Sprinkler-Anlagen ausgerüstet werden, die unter Umständen selbsttätig in Funktion treten.

Von besonderer Bedeutung sind in elektrischen Anlagen die Ölbrände. Öl wird namentlich in Hochspannungsanlagen in immer steigendem Umfange in der Elektrotechnik benutzt, weil es ein hervorragendes Isoliermaterial und ein guter Wärmeleiter ist. Eine unangenehme Eigenschaft desselben ist aber seine Feuergefährlichkeit; gerät es in Brand, dann tritt eine starke Verqualmung ein, die zu besonderen Schwierigkeiten in der Bekämpfung des Brandes führen kann. Weiter hat das Öl den Nachteil, daß es Gase entwickelt, die mit Luft zusammen ein explosives Gemisch bilden können. Das Löschen eines Ölbrandes sollte am besten nicht durch Wasser erfolgen. Die Gefahr kann leicht vergrößert werden, weil das Öl auf dem Wasser schwimmt und dadurch nur noch mehr verbreitet werden könnte. Bei Öl sind zweckmäßige Löschmittel trockener Sand oder kristallisierte Soda. Ein weiteres wichtiges Mittel zur Bekämpfung von Ölbränden ist Kohensäure, die mit Hilfe der vorstehend erwähnten Löschapparate zur Anwendung gebracht werden kann.

Sehr wichtig ist, daß unter den Apparaten, die größere Ölmenge enthalten, eine Bettung aus zer Schlagenen Steinen vorgesehen wird. Läuft brennendes Öl auf eine solche Steinbettung, so erlischt der Brand infolge der stark abkühlenden Wirkung der Steine sehr schnell. Bei größeren Öl-schaltern und Transformatoren sorge man dafür, daß unterhalb der Steinbettung ein guter Abfluß für das Öl geschaffen wird, damit dies möglichst schnell von der Gefahrenstelle entfernt wird. Über Einrichtungen zum Löschen von Ölbränden in Schalt- und Transformatorenstellen ist Näheres aus ETZ 1918, S. 209 und 1919, S. 354 sowie Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1927, S. 1308 zu ersehen.

Weiter sind Brände in elektrischen Maschinen von großer Bedeutung und erfordern besonders geartete Schutzeinrichtungen. Kurzschlüsse in elektrischen Maschinen können zu Bränden führen, durch die dann die Maschine ganz oder teilweise zerstört wird, wodurch die Benutzung derselben unter Umständen auf längere Zeit unmöglich werden kann. Solche Brände müssen also möglichst schnell gelöscht oder, wenn irgend möglich, im Entstehen schon unterdrückt werden. Besonders schwierig ist dies aus-

zuföhren bei Maschinen, die sehr stark ventiliert sind. Es sind verschiedene Methoden im Laufe der Jahre ausprobiert worden, die darauf beruhen, daß entweder Wasser, Wasserdampf oder ein neutrales Gas in die Maschine eingespritzt wird. Besitzt die Maschine Frischluftkühlung, so wirken alle diese Maßnahmen nur sehr langsam, weil immer wieder neue Luft zugeführt und dadurch die Verbrennung gefördert wird. Wasser und Dampf verschlechtern außerdem die Isolation, so daß dadurch unter Umständen eine Verschlimmerung eintritt. Wird dagegen ein neutrales Gas verwendet, wie Kohlenäure, und führt man das in ausreichender Menge und lange genug zu, so kann eine schnelle Bekämpfung des Brandes erreicht werden. Notwendig ist, daß Luftklappen in die Kanäle eingebaut werden, damit im Falle eines Brandes ein vollständiger Abschluß der Maschine von der Luft erfolgen kann. Namentlich durch Einführung des Kreislauf-Kühlverfahrens ist die Brandgefahr bei Maschinen mit Erfolg vermindert worden. Bei diesem Kühlverfahren ist die Außenluft vollkommen abgeschlossen, so daß der Sauerstoffgehalt des geringen Luftvolumens der Maschine sich im Falle eines Brandes schnell erschöpft. Wird dann noch so schnell wie möglich und in ausreichender Menge Kohlenäure eingeleitet, so kann der Brand schnell gelöscht und sein Wiedereingangkommen verhindert werden. Das Eintreten der Kohlenäure kann von Hand oder automatisch bewirkt werden. Im letzteren Falle kann dies durch geeignete Relais, durch Differenzialschutz usw. geschehen. In ETZ 1920, S. 985; 1922, S. 1247; 1927, S. 977, 1039 und 1761, sowie Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1927, S. 1308, sind mehrere solcher Schutzanlagen, die nach den verschiedenen Methoden arbeiten, beschrieben.

Vielfach wird angenommen, daß die durch den elektrischen Strom verursachten Schäden von den Feuerversicherungsgesellschaften auch je weils als Brand- und Feuereschäden anerkannt werden. Das ist nun nicht der Fall. Es ist hierbei zwischen Feuereschäden und Betriebeschäden zu unterscheiden. Letztere werden dann als vorliegend erachtet, wenn durch abnormale elektrische Ströme und deren Wärme-, Schmelz- oder Zündwirkungen an oder in den elektrischen Stromleitungen, Lampen, Maschinen oder sonstigen elektrischen Apparaten Schäden hervorgerufen werden, ohne daß dabei andere an und für sich nicht zu den elektrischen Leitungen oder Einrichtungen gehörige Dinge oder Bauteile in Brand geraten. Entsteht jedoch infolge derartiger Betriebeschäden zugleich ein Schadenfeuer, welches auf in der Nähe befindliche, gegen Feuergefahr versicherte Gegenstände oder Baulichkeiten übergreift und diese zerstört oder beschädigt, dann tritt die Ersatzpflicht der Feuerversicherung in Kraft und erstreckt sich dann unter Umständen auch auf die elektrische Maschine oder Einrichtung, die den Brand verursacht hat, sofern diese mit versichert ist und selbst durch den Brand beschädigt oder zerstört sein sollte. Näheres über diese Verhältnisse sowohl wie über die in Feuerversicherungsverträgen betr. elektrische Anlagen meist enthaltene „Kurzschlußklausel“ siehe ETZ 1921, S. 699, 784, 946, 956, 989, 1020 und 1138; 1922, S. 475, 1364 und 1539.

§ 5.

Bedienung elektrischer Anlagen.

a) Jede unnötige Berührung von Leitungen sowie ungeschützter Teile von Maschinen, Apparaten und Lampen ist verboten.

b) Die Bedienung von Schaltern, das Auswechseln von Sicherungen und die betriebsmäßige Bedienung von Maschinen, Akkumulatoren, Apparaten, Lampen ist nur den damit beauftragten Personen gestattet, wo erforderlich unter Benutzung von Schutzmitteln.

1. Sicherungen und Unterbrechungstücke bei Hochspannung sollen, wenn die Apparate nicht so gebaut oder angeordnet sind, daß man sie ohne weiteres gefahrlos handhaben kann, nur unter Benutzung isolierender oder anderer geeigneter Schutzmittel betätigt werden.

Da man den elektrischen Leitungen, Apparaten usw. im allgemeinen nicht ansehen kann, ob sie unter Spannung stehen oder nicht, ist bei ihrer Bedienung besondere Vorsicht geboten. Wird diese aber angewendet, so ist andererseits bei ordnungsmäßig gebauten und unterhaltenen Anlagen für genügend unterrichtete Personen keine Gefahr vorhanden. Nach § 3 der Errichtungsvorschriften müssen ja alle Teile einer elektrischen Anlage, welche Spannung von solcher Höhe gegen Erde haben, daß eine Gefahr gegen zufällige Berührung bestehen könnte, geschützt und bei Hochspannung alle, sowohl die blanken wie die isolierten Teile der Berührung entzogen sein. Weiter muß gemäß § 3 der Betriebsvorschriften überall dort, wo eine Gefahr vorhanden ist, auf diese durch Warnungstafeln aufmerksam gemacht werden. Es ist somit für alle Fälle vorgesorgt, vorausgesetzt, daß diese Vorschriften auch wirklich immer beachtet werden. Die vorstehenden beiden Vorschriften unter a) und b) sowie die Regel¹ stellen somit weitere Sicherheitsmaßnahmen dar, durch deren Befolgung sowohl die am Betriebe der Anlage Unbeteiligten wie auch das Betriebspersonal weitgehendst geschützt werden. In einer ordnungsmäßig betriebenen Anlage ist es üblich, die Bedienung derselben einer bestimmten Person bzw. bestimmten Personen zu übertragen, wie das für Anlagen in der Landwirtschaft durch die „Leitsätze für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft“ des VDE gemäß Bestimmung 9 noch ausdrücklich verlangt wird.

Die Erfahrung hat nun leider gelehrt, daß das für die Bedienung und Unterhaltung der Anlagen angestellte und besonders instruierte Personal mit der Zeit die zu ihrer eigenen Sicherheit aufgestellten Bestimmungen öfter vernachlässigt. Man beobachtet immer wieder, daß das Hantieren mit Einrichtungen, die Gefahren bringen können, schließlich gegen diese abstumpft, namentlich wenn die Sicherheitseinrichtungen gut sind, so daß alles ordnungsmäßig arbeitet. Es kommt dann leicht vor, daß erteilte Instruktionen in Vergessenheit geraten und vorgesehene Sicherheitseinrichtungen nicht benutzt werden. Die Berichte über vorgekommene elektrische Unfälle zeigen immer wieder, daß es von großer Bedeutung ist, auf solche mit der Zeit einreißende Sorglosigkeit aufmerk-

sam zu machen, um dadurch etwa entstehende Gefahren auszuschließen. Über die im Bezirk des obererschlesischen Überwachungsvereins in Kattowitz vorgekommenen elektrischen Unfälle werden seit vielen Jahren genaue Aufzeichnungen gemacht und statistische Angaben darüber veröffentlicht¹. Aus diesen Berichten ist leider immer wieder zu ersehen, daß ein sehr erheblicher, in mehreren Jahren sogar der größte Teil der vorgekommenen Unfälle auf eigenes Verschulden bzw. Leichtsinns des Bedienungspersonals usw. zurückzuführen ist. Auf eine große Zahl ähnlicher Berichte von anderer Seite sei hier noch hingewiesen, und zwar ETZ 1913, S. 778; 1926, S. 987 und 1553; 1927, S. 1531, in denen die gleichen Feststellungen gemacht werden. Es ist insolgedessen notwendig, auch immer wieder auf diese Tatsachen hinzuweisen, um mit der Zeit eine Besserung zu erzielen und die Zahl der Unfälle, denen Monteure und Wärter zum Opfer fallen, nach Möglichkeit zu verringern.

Wenn vorstehend auf Gefahren der elektrischen Anlage hingewiesen ist, so darf das nicht etwa zu einer falschen Beurteilung derselben führen. Es sind fraglos gewisse Gefahren vorhanden, die aber bei vorschriftsmäßig gebauten und ordnungsmäßig betriebenen Anlagen sehr gering sind. Insbesondere anderen Gefahrenquellen gegenüber können die elektrischen Anlagen als außerordentlich sicher bezeichnet werden. In einer eingehenden Untersuchung von S. Pohl² ist festgestellt, daß die Unfälle durch den elektrischen Strom an allerletzter Stelle stehen und alle anderen Berufsgefahren wesentlich größer sind. Es kommen aus anderen Ursachen 134mal mehr Unfälle vor als durch den elektrischen Strom; durch Zusammenbruch von Leitern, Fallen von Leitern, Treppen und durch Lufen, in Vertiefungen und auf ebener Erde verunglückten 16536 Personen, beim Verladen 16008, das ist je 27mal mehr. Die Berufsgenossenschaft der Feinmechanik sieht diesen Umstand als so wichtig an, daß anderthalb Seiten des Jahresberichtes über die Tätigkeit der technischen Aufsichtsbeamten für 1925 den Unfällen an Leitern gewidmet werden; Anlegeleitern weisen 823, Stehleitern 457 Unfälle nur in einer einzigen Berufsgenossenschaft bei 512281 Versicherten auf; dagegen stehen nur 599 elektrische Unfälle bei 25 Millionen Versicherten.

Weiter ist noch zu beachten, daß die Elektrizität in großem Umfange Gefahren, die früher bei andersartigen Einrichtungen vorhanden waren, durch ihre Einführung beseitigt hat. Ohne auf alle Einzelheiten dieser gefahrverhütenden Wirkung der elektrischen Einrichtungen hier einzugehen, weil das viel zu weit führen würde, sei jedoch erwähnt, daß eine bedeutende Verminderung an Gefahren eingetreten ist bei

Transmissionen und Riemen,

hin und her gehenden Teilen von Kraftmaschinen,

¹ Näheres darüber vgl. ETZ 1911, S. 808; 1912, S. 1016; 1913, S. 1007; 1914, S. 984; 1915, S. 418; 1916, S. 645; 1917, S. 499; 1918, S. 399; 1920, S. 699; 1921, S. 1463; „Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen“ 1919, S. 252; 1920, S. 204; 1921, S. 215; 1922, S. 230; 1923, S. 219.

² ETZ 1927, S. 642.

Andrehen von Gasmaschinen usw.,
im Transportwesen,
veralteten und unvollkommenen Beleuchtungsarten.

Besonders ist eine starke Herabsetzung der Feuer- und Explosionsgefahr durch Ersatz von Gas- und Petroleumbeleuchtung durch die elektrische erzielt worden. Schon im Jahre 1913 konnte ich daher auf Grund eingehender statistischer Untersuchungen¹ feststellen, daß die Zahl der durch den elektrischen Betrieb vermiedenen Unfälle wesentlich größer ist als die Zahl der durch den elektrischen Betrieb neu entstandenen, und daß somit die elektrischen Anlagen in bezug auf Unfallverhütung eine hervorragende Rolle in unserer gesamten Industrie spielen. Zu dem gleichen Ergebnis kommen auch die „Jahresberichte der Königl. Preuß. Regierungs- und Gewerbeberate und Behörden für 1912“, über die ETZ 1913, S. 778 berichtet wird. Der Schlußsatz lautet: „Der Prozentsatz der elektrischen Unfälle zu der Gesamtzahl macht immerhin nur einen verschwindend kleinen Bruchteil aus. Die Elektro-Industrie findet im Gegenteil in vielen Berichten lobende Erwähnung, weil durch die Anwendung des elektrischen Stromes viel mehr Unfälle verhütet als veranlaßt werden.“ Durch die ständig zunehmende Einführung der Elektrizität in Industrie, Gewerbe und Handel kommt diese unfallverhütende Wirkung immer mehr zur Auswirkung und erhöht die Sicherheit der darin beschäftigten Personen, wie auch die Feuericherheit der Betriebe. Das kann aber nur erreicht werden, wenn immer dafür gesorgt wird, daß einerseits die elektrischen Anlagen vorschriftsgemäß hergestellt und andererseits ordnungsgemäß unterhalten und betrieben werden.

Über die in vorstehender Bestimmung b) erwähnten Schutzmittel ist in § 2² dieser Betriebsvorschriften Näheres angegeben, so daß auf diese Bestimmung sowie auf das dazu an der betreffenden Stelle Gesagte verwiesen sei.

c) Reinigungs-, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten dürfen nur durch damit beauftragte und mit den Arbeiten vertraute Personen oder unter deren Aufsicht durch Hilfsarbeiter ausgeführt werden. Die Arbeiten sind wenn möglich in spannungsfreiem Zustande, das heißt nach allpoliger Abschaltung der Stromzuführungen, unter Berücksichtigung der in §§ 6 und 7 und, wenn unter Spannung gearbeitet werden muß, unter Berücksichtigung der in §§ 8 und 9 gegebenen Sonderbestimmungen vorzunehmen.

Während in den Errichtungsvorschriften die verschiedenen Maßnahmen zur Herstellung von Anlagen bzw. Teilen derselben bis in die Einzelheiten hinein ausführlich behandelt worden sind, hat sich der VDE in den Betriebsvorschriften absichtlich darauf beschränkt, nur generelle Maßnahmen festzulegen, weil die Verhältnisse in den Betrieben oft so verschiedenartig sind, daß es kaum möglich ist, Einzelheiten vorzuschreiben. Es muß demgemäß den mit der Betriebsführung betrauten bzw. für diese

¹ ETZ 1913, S. 589.

verantwortlichen Personen überlassen bleiben, in jedem Falle über die notwendigen Einzelheiten selbst zu entscheiden. Um so mehr wird es aber dem Betriebspersonal erwünscht sein, gewisse Hinweise in unverbindlicher Form über umfangreiches Material zu bekommen, das verstreut in der großen Zahl der vom VDE aufgestellten Vorschriften, Regeln, Normen und Leitfäden enthalten ist. Bei vielen Spezialarbeiten des VDE sind an unzähligen Stellen verstreut teils direkt, teils indirekt Angaben enthalten, die bei der Betriebsführung, der Unterhaltung und der Instandsetzung von Anlagen äußerst nutzbringend sein können. Das soll nun nachstehend geschehen. Da nun aber das in den Verbandsvorschriften allein schon enthaltene Material sehr umfangreich ist, und da weiter noch ähnliche Arbeiten der Berufsgenossenschaften und anderer Stellen sowie auch Aufsätze und Berichte in der ETZ nachstehend verwendet werden, ist es notwendig, zur Erzielung einer guten Übersichtlichkeit eine Unterteilung vorzunehmen. Diese ist im Interesse eines leichten Auffindens durch die an den Kopf einzelner Abschnitte gesetzten und fett gedruckten Stichworte erzielt worden.

Allgemeines. Da die Reinigungs-, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten in vielen Fällen gar nicht getrennt werden können, so sollen sie nachstehend auch gemeinsam behandelt werden.

Die gute Instandhaltung einer elektrischen Anlage ist für ihr ordnungsgemäßes Arbeiten von außerordentlich großer Bedeutung, und zwar nicht nur wegen der Sicherheit des Personals und des Betriebes, sondern auch wegen der Wirtschaftlichkeit desselben. Dem ist auch dadurch Rechnung getragen, daß schon in den Errichtungsvorschriften des VDE auf diesen Punkt vielfach Rücksicht genommen worden ist, worauf im nachfolgenden dann im einzelnen eingegangen werden wird. In elektrischen Betriebsräumen hat man sogar eine Anzahl von Erleichterungen (§§ 28 und 29 der Errichtungsvorschriften) zugelassen, um dadurch die Bedienung und die Beaufsichtigung zu erleichtern. Das hat insofern keine Bedenken, als diese Betriebsräume nur unterwiesenem Personal zugänglich sind.

In den Leitfäden für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft des VDE ist in § 1b gesagt, daß gut gebaute Anlagen häufige Reparaturen ersparen. Sie sind daher die billigsten im Betriebe, auch wenn sie bei der ersten Einrichtung höhere Kosten erforderten. Das ist natürlich nicht nur für landwirtschaftliche Anlagen gültig, sondern kann wohl ohne weiteres auch auf alle Anlagen übertragen werden und sollte auch dort immer Beachtung finden.

Über die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft ist vom VDE ein Merkblatt aufgestellt worden, das mit Rücksicht auf die bei solchen Anlagen vorliegenden Verhältnisse (vgl. darüber auch S. 19) wesentlich ausführlicher gehalten ist und mehr auf Einzelheiten eingeht als die allgemeinen Betriebsvorschriften. In der Landwirtschaft bildet heute die elektrische Anlage ein wichtiges Produktionsmittel, aber leider sind die für die Benutzung einer solchen Anlage er-

wünschten Fachkenntnisse im allgemeinen nicht vorhanden. Das rechte fertigte, ja verlangte sogar eine andere Behandlung und führte zu der Aufstellung des Merkblattes, das mit Rücksicht auf seine große Bedeutung nachstehend abgedruckt ist. Es ist seit 1. Januar 1926 in Geltung und ETZ 1925, S. 1320 und 1748 veröffentlicht. Sein Inhalt ist aber nicht nur für landwirtschaftliche Anlagen von Bedeutung, sondern es kann auch ein Teil desselben auf viele andere elektrische Anlagen übertragen werden, so daß er weit über seinen eigentlichen Rahmen hinaus Bedeutung hat.

Merkblatt für die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft.

Landwirte! Beachtet den Zustand eurer elektrischen Anlagen und sorgt für ihre Instandhaltung. Ordnungsmäßig unterhaltene elektrische Anlagen sind unbedingt betrieb- und feuersicher. Vernachlässigte Anlagen führen zu Störungen, Unfällen und Bränden. Besonders ist zu beachten:

1. Haltet die Anlage in allen ihren Teilen rein und in gutem Zustande.

2. Haltet die Schalter, Sicherungen und Motoren zugänglich. Versteht den Zugang nicht durch Maschinen, Geräte oder sonstige Gegenstände.

Sorgt dafür, daß die Einführungsstellen von Leitungen in Gebäuden von entzündlichen Stoffen freigehalten und der ständigen Beobachtung zugänglich bleiben.

3. Vermeidet jede Berührung ungeschützter Teile von Leitungen, Maschinen, Schaltern, Sicherungen und Lampen sowie herabhängender gerissener Freileitungen.

Vermeidet bei Ausästen von Bäumen und bei Bauarbeiten die Berührung benachbarter Freileitungen. Errichtet nicht Netze in der Nähe solcher Leitungen.

4. Vermeidet unter allen Umständen, Drahtzäune und metallene Gitter mit Masten und anderen Trägern von Hochspannungsleitungen in Berührung zu bringen.

5. Benutzt nicht die Schutzschranke und Schutzkasten zum Aufbewahren von Gegenständen.

Benutzt nicht die Schaltergriffe, Isolatorenläger und Leitungen zum Aufhängen von Kleidungsstücken oder Geräten, wie Peitschen, Ketten, Stricke o. dgl.

6. Verwendet nur die vorgeschriebenen Sicherungen, haltet stets für alle Sicherungen einige Ersatzstücke von der richtigen Sorte vorrätig.

Laßt euch durch einen Fachmann angeben, welche Sicherungen ihr braucht.

Niemals darf eine Sicherung durch Draht oder Metallteile überbrückt werden. Dieses bedeutet eine hohe Gefahr für die Anlage und ist strafbar.

Geflicke, d. h. wiederhergestellte Sicherungen sind unwirksam, schützen nicht vor Feuergefahr und sind verboten.

Beim mehrmaligen Durchbrennen der Sicherungen eines Stromkreises muß dieser durch Fachleute nachgeprüft werden.

7. Sorgt dafür, daß alle Schutzkappen für Schalter, Sicherungen, Steckkontakte usw. stets in Ordnung und richtig befestigt sind.

Ersetzt beschädigte oder fehlende Teile sofort.

Laßt den Motor öfter reinigen, entfernt von ihm vor der Inbetriebsetzung Stroh, Heu, Häcksel, Staub usw.

8. Prüft die Anschlußkabel für bewegliche Anlagen vor jeder Benutzung daraufhin, ob Schutzhülle und Stecker noch in Ordnung sind. Führt sie bei Gebrauch über kleine Holzgabeln o. dgl. Bedeckt sie nicht mit Stroh o. dgl. Schützt sie vor dem Überfahren und Betreten.

Laßt beschädigte Kabel unverzüglich ausbessern oder ersetzen.

9. Überträgt die Bedienung eurer gesamten elektrischen Anlagen einer bestimmten Person. Laßt diesen Bedienungsmann durch Vermittlung des stromliefernden Elektrizitätswerkes genau unterweisen; haltet ihn an, die gegebenen Bedienungsvorschriften genau zu befolgen; dieses gilt vor allem für die Leute, die bewegliche Anlagen zum Anschluß an Hochspannungsleitungen bedienen, und besonders für das Anbringen der Erdzuleitungen und ähnlicher Schutzvorkehrungen.

10. Laßt Arbeiten an und auf Gebäuden nur nach Abschaltung aller in der Nähe der Arbeitsstelle befindlichen Leitungen ausführen. Entfernt die Sicherungen der betreffenden Stromkreise und haltet sie unter Verschuß, damit kein Unberufener sie während der Arbeiten einsetzen kann. Für etwaige Unfälle, die durch Nichtabschaltung von Leitungen entstehen, seid ihr haftbar.

11. Laßt neue Anlagen, Erweiterungen und Reparaturen nur von Installateuren ausführen, die vom Elektrizitätswerk zugelassen sind. Beachtet dabei die „Leitsätze für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft“.

12. Laßt eure Anlagen in regelmäßigen Zeiträumen durch Sachverständige prüfen, die von Elektrizitätswerk oder vom Behörden anerkannt sind. Sorgt für sofortige Abstellung der dabei festgestellten Mängel.

13. Bei Nichtbeachtung der vorstehenden Vorschriften und dadurch hervorgerufenen Unglücksfällen oder Brandschäden kann der Besitzer durch die Berufsgenossenschaft bestraft oder von der Feuerversicherung seiner Entschädigung verlustig erklärt, auch kann er nach den Gesetzen bestraft und für weitere Schäden haftbar gemacht werden.

Bei der Instandhaltung elektrischer Anlagen hat die Reinigung eine besonders große Bedeutung. Staub- und Schmutzablagerungen können sehr oft Isolierungen überbrücken und so ordnungsmäßige Arbeiten der Apparate, Leitungen usw. unmöglich machen. Es müssen infolgedessen

alle Teile mit Hilfe einer Luftpumpe, eines Blasebalgs oder einer Saugluft- bzw. Druckluftanlage gesäubert werden. Bei der Luftpumpe oder dem Blasebalg ist es zweckmäßig, mindestens das Mundstück aus Folierstoff herzustellen, wenn man sie nicht ganz daraus fertigt, um das Herbeiführen von Kurzschlüssen zu vermeiden. Neben der Reinigung mit Hilfe eines Luftstromes kommt in vielen Fällen auch das Putzen der verschiedenen Teile mit Lappen oder Fußwolle in Frage. Der Reichsausschuß für Lieferbedingungen (RAL) beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit in Berlin hat Lieferbedingungen für Maschinen-Putztücher 390 A 2, für Putzlappen 390 C und solche für Fußwolle 390 E aufgestellt, die im Abschnitt III unter G abgedruckt sind.

Nach den Normal-Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes der deutschen Berufsgenossenschaften ist die Anhäufung von gebrauchtem Putzmaterial und selbstentzündlichen oder feuergefährlichen Abfällen in den Arbeitsräumen zu verbieten. Zu vorübergehender Aufbewahrung sind unverbrennliche Behälter mit gut schließendem Deckel aufzustellen.

Die Errichtungsvorschriften des VDE wie auch eine Reihe von anderen Vorschriften, Regeln, Normen und Leitfäden sehen vielfach die Anwendung von Abdeckungen¹, Schutzgittern u. dgl. vor. Im Betriebe werden leider erfahrungsgemäß solche Einrichtungen sehr oft vernachlässigt oder sie gehen ganz verloren und werden dann nicht wieder ersetzt. Es ist wichtig, darauf zu achten, daß diese Schutzeinrichtungen stets in ordnungsgemäßem Zustande erhalten bleiben und gegebenenfalls erneuert werden.

Nach I, § 37 der Normal-Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes der deutschen Berufsgenossenschaften sind Betriebseinrichtungen und Arbeitsgeräte nur zu dem Zweck zu benutzen, wofür sie bestimmt sind. Der Mißbrauch, die eigenmächtige Beseitigung und die absichtliche Beschädigung der Sicherheitsvorrichtungen und Schutzmittel — Brillen, Masken, Schirme u. a. m. — ist verboten. Die Schutzvorrichtungen und vorgeschriebenen Schutzmittel sind unter allen Umständen zweckentsprechend zu verwenden. Schutzvorrichtungen dürfen nur in unabweisbaren Fällen und nur für die Dauer dieses Ausnahmezustandes entfernt werden.

Bezüglich der Rechte und Pflichten der Berufsgenossenschaften sei hier noch auf das zu § 2a bereits Gesagte hingewiesen, und ferner seien nachstehend noch eine Anzahl Bestimmungen sowohl aus den Normal-Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes der deutschen Berufsgenossenschaften, wie auch aus den Allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften für die Betriebe der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik gegeben.

Mit der Wartung und Instandhaltung elektrischer Anlagen dürfen nur Personen betraut werden, die darin unterwiesen sind. Jeder Meister und Arbeiter hat die Pflicht, die Personen, die ihm zur Hilfe oder Unterweisung beigegeben sind, auf die mit ihrer Beschäftigung verbundenen

¹ Näheres siehe Dettmar: Wegweiser für die vorschriftsgemäße Ausführung von Starkstromanlagen S. 19—21.

Gefahren aufmerksam zu machen und darauf zu achten, daß sie die Verhaltensvorschriften befolgen.

Wenn der Unternehmer auf Grund des § 913 RVO die ihm durch die Unfallverhütungsvorschriften auferlegten Pflichten geeigneten Betriebsleitern, Aufsichtspersonen oder anderen Angestellten seines Betriebes überträgt, so ist dies durch eine von beiden Teilen zu unterzeichnende Erklärung, die dem technischen Aufsichtsbeamten auf Verlangen vorzulegen ist, schriftlich festzustellen.

Bei Einstellung des Betriebspersonals sollte der Betriebsleiter mit größter Sorgfalt vorgehen, da, wie sich aus ETZ 1921, S. 789 ergibt, die Gerichte sehr leicht dazu neigen, an die technischen und moralischen Qualifikationen der Betriebsmonteure viel höhere Ansprüche zu stellen, als man es im praktischen Betriebe sonst gewöhnt ist. Bei Unfällen und Schäden, die durch Unachtsamkeit von Unterorganen verschuldet worden sind, wird leicht den Betriebsleitern der Vorwurf ungenügender Sorgfalt bei Auswahl des betreffenden Betriebsmonteurs gemacht.

Die Betriebsbeamten, Werkführer, Meister und andere Aufsichtsbeamte sind für die ihnen unterstellten Betriebsabteilungen und Werkstätten verantwortlich und können für ihre Person ebenso wie die Betriebsunternehmer nach §§ 898 bis 907 der RVO in Verbindung mit den diesbezüglichen Vorschriften des Bürgerlichen Gesetzbuches (§§ 823 und 830 ff.) des Haftpflichtgesetzes und der Gewerbeordnung (§ 120a) gegenüber den Berufsgenossen und deren Hinterbliebenen, ferner gegenüber den Gemeinden, Armenverbänden, Krankenkassen, Knappschaftsvereinen, Knappschaftskassen, Ersatzkassen, Sterbe- und anderen Unterstützungskassen für den Ersatz aller Aufwendungen haftbar gemacht werden, wenn strafgerichtlich festgestellt worden ist, daß sie den Unfall vorsätzlich oder fahrlässig mit Außerachtlassung derjenigen Aufmerksamkeit, zu der sie vermöge ihres Berufes oder Gewerbes besonders verpflichtet sind, herbeigeführt haben.

Der Berufsgenossenschaft gegenüber haften aber die Betriebsbeamten, Werkführer, Meister und andere Aufsichtspersonen ebenso wie die Betriebsunternehmer in derartigen Fällen auch ohne strafgerichtliche Feststellung (§ 903 Abs. 4 der RVO).

Auch laufen die Betriebsunternehmer, Betriebsbeamten, Werkführer, Meister und andere Aufsichtspersonen bei Verletzung der Unfallverhütungsvorschriften und dadurch herbeigeführten Betriebsunfällen dritter, nicht versicherter Personen Gefahr, diesen nach Maßgabe des Bürgerlichen Gesetzbuches (§ 823), des Haftpflichtgesetzes und der Gewerbeordnung (§ 120a) im vollen Umfange Schadenersatzpflichtig zu werden sowie sich strafrechtlicher Verfolgung auszusetzen.

Der Genossenschaftsvorstand ist berechtigt, Arbeitern oder dritten Personen, die zur Abwendung von Unfällen geeignete Einrichtungen in Vorschlag bringen oder nachweisbar den Eintritt eines größeren die Genossenschaft belastenden Unfalles abgewendet oder zur Rettung Ver-

unglückter beigetragen haben, hierfür Belohnungen zu gewähren (§ 736 Abs. 1 der RVO). Der Antrag auf Gewährung von Belohnungen ist seitens des beteiligten Unternehmers oder des mitwirkenden Vertrauensmannes oder Sektionsvorstandes zu stellen und in gehöriger Form zu begründen.

Das Ab- und Anlegen sowie das Aufbewahren von Kleidungsstücken in unmittelbarer Nähe bewegter Maschinen und Triebwerke oder spannungsführender elektrischer Leitungen ist zu verbieten.

Beim Lagern und Stapeln von Roh- und Betriebsmaterialien, Halb- und Fertigerzeugnissen ist dafür zu sorgen, daß niemand durch Herabstürzen von Material oder Berühren bewegter Maschinenteile, Triebwerkteile, spannungsführender elektrischer Leitungen u. dgl. gefährdet wird. Ebenso sind überall da, wo Gegenstände auf Arbeits- und Verkehrsplätze herabfallen und dadurch Gefahr bringen können, geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen.

In der Nähe von ungeschützten spannungsführenden, blanken Leitungen oder Apparaten (bei Hochspannung auch von isolierten Leitungen oder Apparaten) dürfen Gerüste erst dann aufgebaut werden und Arbeiten dann vorgenommen werden, wenn die Leitungen oder Apparate spannungslos gemacht sind. Der Betrieb der elektrischen Leitungen kann nach der Aufstellung der Gerüste wieder beginnen, wenn Sicherheitsvorkehrungen getroffen sind, die eine zufällige Berührung eines spannungsführenden Teiles verhüten.

Bei Ausführung von Arbeiten, bei denen durch abspringende Splitter, durch Funken usw. Augenverletzungen entstehen können, hat der betreffende Arbeiter die vom Betriebsunternehmer bereitgehaltenen Augenschutzmittel für sich selbst in Anwendung zu bringen. Auch hat er durch passende Stellungnahme oder durch Aufstellung von Schutzschirmen u. dgl. darauf Bedacht zu nehmen, daß andere Personen vor Verletzungen durch die abspringenden Splitter geschützt werden.

Es empfiehlt sich, Fingerringe, Armbänder und Ketten während der Arbeit abzulegen.

Lüftungseinrichtungen eigenmächtig außer Betrieb zu setzen, ist verboten.

Aufstellungs-, Ausbesserungs- und Bedienungsarbeiten an spannungsführenden Teilen sind im allgemeinen erst nach allpoliger Ausschaltung vorzunehmen. Teile von Hochspannungsanlagen sind dabei außerdem unmittelbar an der Arbeitsstelle kurzzuschließen und zu erden.

Unter Spannung dürfen Glühlampen und Sicherungen nur in Niederspannungsstromkreisen ausgewechselt werden.

Fordern die Betriebsverhältnisse, daß Aufstellungs-, Ausbesserungs- oder Bedienungsarbeiten an spannungsführenden Teilen vorgenommen werden, so dürfen sie nur von unterwiesenen Personen ausgeführt werden. Dabei müssen ausreichende Vorsichtsmaßregeln beobachtet werden (je nach Erfordernis der örtlichen Betriebsverhältnisse: Anwendung eines isolie-

renden Arbeitsstandes, Benutzung von isolierten Werkzeugen, von Gummihandschuhen, Gummischuhen, Abdeckung der spannungsführenden Teile, Aufstellung von Trennwänden od. dgl.). Arbeiten unter Hochspannung dürfen nur elektrotechnisch ausgebildeten Personen übertragen werden. Der Betriebsleiter oder sein Beauftragter hat die erforderlichen Schutzmaßnahmen anzuordnen und die Arbeiter während der ganzen Arbeitszeit zu überwachen.

Auch für Montagebetriebe in bereits ausgeführten Anlagen sind die „Betriebsvorschriften“ zu erfüllen.

Alle Neuanlagen oder Ausbesserungen von elektrischen Starkstromanlagen sind nach den jeweiligen „Vorschriften für die Errichtung und Betrieb elektrischer Starkstromanlagen des VDE“ auszuführen. Es ist aber auch wichtig, daß im laufenden Betriebe alle für Ersatz oder Erweiterung notwendigen Teile den Verbandsbestimmungen gemäß beschafft werden. Ferner ist es wichtig, bei allen Bestellungen von Teilen tunlichst Rücksicht auf die bestehenden Normen zu nehmen.

Anlagen, die längere Zeit außer Betrieb gewesen sind, können feucht geworden sein. Beim Wiedereinschalten derselben ist deswegen Vorsicht geboten. Zweckmäßig wird man den Isolationszustand des abgeschaltet gewesenen Teiles zunächst feststellen und, wenn er schlecht ist, verbessern. Wenn möglich, ist es empfehlenswert, die Spannung nicht sofort in voller Höhe auf einen Anlagenteil, der längere Zeit abgeschaltet gewesen ist, zu geben, sondern sie erst langsam zu erhöhen.

Eiserne Teile können mit der Zeit durch Rost leiden. Ein etwa vorhandener Rostschutzanstrich muß von Zeit zu Zeit erneuert werden. Außer Farbansstrichen hat sich hierfür auch das Schoppsche Verzinkungsverfahren bewährt. Über die verschiedenen Rostschutzanstriche ist Näheres zu erfahren aus dem Aufsatz „Der Rostschutz“ von Dr. A. Baudrexel, Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke 1925, Nr. 394, S. 455.

Eine wichtige Rolle spielt bei der Unterhaltung elektrischer Anlagen der Schutz gegen Überspannungen, die den Betrieb erheblich gefährden können. Es ist für die Betriebsführung daher von Bedeutung, über die verschiedenen Ursachen solcher Überspannungen unterrichtet zu sein. Der VDE hat sie in den von ihm aufgestellten „Leitfäden für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen“ zusammengestellt und es mögen nachstehend die wichtigsten Angaben auszugsweise hier mitgeteilt werden. Der volle Wortlaut dieser Leitfäden ist ETZ 1925, S. 472, 942 und 1526 abgedruckt und enthält insbesondere auch noch ausführliche Angaben über Maßnahmen zur Verhütung von Überspannungsschäden in Hoch- und Niederspannungsanlagen, auf die jedoch hier nur hingewiesen werden möge. In den Arbeiten des VDE gilt als Überspannung jede Spannungserhebung, die den Bestand oder Betrieb einer elektrischen Anlage gefährdet. Überspannungen können eine Anlage durch ihren hohen Betrag oder durch ihr räumliches Spannunggefälle gefährden. Unter Höhe der Überspannung ist nicht die Diffe-

renz der Spannungserhebung gegen die Betriebsspannung, sondern der Höchstwert der Überspannung bzw. ihr Effektivwert zu verstehen. Die Ursachen gefährlicher Überspannungen sind zahlreich; im nachstehenden sind die wichtigsten herausgegriffen.

Jeder Schaltvorgang, sei es ein willkürlicher, wie das Einlegen eines Schalters, oder ein unbeabsichtigter, etwa ein Leitungsbruch oder ein Kurzschluß, beansprucht die Isolation der Anlage dadurch, daß plötzlich eine Spannung angelegt wird oder zusammenbricht.

Die plötzlich angelegte Spannung erzeugt eine mit Lichtgeschwindigkeit längs der Leitung wandernde Ladewelle, deren Spannung durch Reflexion am Ende der Leitung erhöht werden kann. Das Spannungsgefälle an der Front dieser Wandervelle ist steil, man nennt sie daher Sprungwelle. Die Sprungwelle beansprucht beim Auftreffen auf Maschinen und Transformatoren stark deren Isolation zwischen den Windungen.

Wird eine reflektierte Wandervelle an einer anderen Stelle der Leitung wieder reflektiert, so läuft sie so lange auf der Leitung zwischen den Reflexionspunkten hin und her, bis die in ihr aufgespeicherte Ladung in andere Reizeile abgesehen ist oder sich in Joulesche Wärme umgesetzt hat. Derartig hin- und herlaufende Wandervellen, die auch durch andere Schaltvorgänge erzeugt sein können, stellen einen Schwingungsvorgang (Wandervellenschwingung) dar, dessen Wellenlänge annähernd gleich der vierfachen Länge des durch die beiden Reflexionspunkte eingegrenzten Leitungstückes ist.

Wenn sich am Ende der betrachteten Leitung schwingungsfähige Gebilde befinden — z. B. ein über eine Schutzrosselspule, Auslösespule o. dgl. angeschlossenes Sammelschienensystem —, deren Eigenschwingungszahl annähernd mit der Grundfrequenz der Wandervellenschwingung übereinstimmt, so können Resonanzüberspannungen auftreten, die bei der geringen Dämpfung sehr hohe Werte erreichen.

Beim Einschalten einer Leitung dringt in diese eine Ladewelle mit rechteckiger Stirn ein. Durch Reflexion am Ende der Leitung kann sie zu einer Überspannung gegen Erde oder die benachbarten Leitungen werden. Als Sprungwelle gefährdet sie Maschinen und Transformatoren in dieser Leitung. Außerdem zieht in die bereits unter Spannung stehenden Leitungsteile eine Entladesprungwelle ein. Durch sie werden die bereits unter Spannung stehenden Maschinen oder Transformatoren gefährdet. In der Leitung, die den größeren Wellenwiderstand besitzt, ist die Schallwelle am höchsten. Wird an ein Kabelnetz eine Freileitung angeschaltet, so tritt in dieser eine Sprungwelle von annähernd der vollen Höhe der Betriebspannung auf; sie kann durch Reflexion am offenen Ende vorübergehend auf etwa den doppelten Betrag ansteigen. Eine etwa entfehende Wandervellenschwingung ist eine Rechteckschwingung.

Beim Abschalten leerlaufender Transformatoren und Asynchronmotoren treten beträchtliche Überspannungen auf. Die Erscheinung ist

durch die starke Kühlung des Unterbrechungslichtbogens im Ölhalter bedingt, die ein schnelleres Absinken des Stromes bewirkt; die anormal starke zeitliche Änderung des Stromes $\left(\frac{di}{dt}\right)$ kann beträchtliche Überspannungen erzeugen. Bei Transformatoren können sie zu einem Überschlag an den Durchführungsklemmen führen. Bei Asynchronmotoren, die wegen des großen Luftspaltes eine wesentlich größere magnetische Energie enthalten, treten überdies noch Lichtbogenschwingungen hinzu, da jede Wicklung ein schwingungsfähiges Gebilde darstellt. Die hohe Frequenz dieser Schwingungen bedingt eine Gefährdung der Windungsisolation.

Von jeher ist viel von Unterbrechungsüberspannungen gesprochen worden. Besonders schrieb man den Ölhaltern die unheilvolle Eigenschaft zu, den Strom nicht im Nullpunkt, sondern vorzeitig und plötzlich zu unterbrechen, so daß sich die freitwerdende magnetische Energie restlos in elektrische Energie zu Überspannungen von gewaltiger Höhe umsetzte. Diese Annahme schien auch häufig durch die Praxis bestätigt zu werden; tatsächlich kamen bei Kurzschlüssen Überschläge über beträchtliche Entfernungen nach Erde oder den anderen Netzleitern hin vor. In vielen Fällen traten die Überschläge an den Klemmen der Ölhalter auf und schienen so mit aller Deutlichkeit auf diese als die Störenfriede hinzuweisen. Eine genauere Beobachtung zeigt jedoch, daß die erwähnten Überschläge vielfach nicht auf die gewöhnliche Unterbrechung zurückzuführen sind. Bei starken Kurzschlußströmen können schlechte Kontakte zu „spritzen“ beginnen und so Überschläge hervorrufen; auch können ausgestoßene Rauchschwaden oder Metalldämpfe den Luftraum oder die Isolatorfläche so gut leitend machen, daß bereits bei der normalen Betriebsspannung Überschläge an den Isolatoren eingeleitet werden. Es handelt sich also hier nicht um Überspannungen, sondern um Folgen von Überstromerscheinungen.

Gefährliche Überspannungen können bei einem Aggregat aus Transformator und Generator auftreten, wenn bei vollbelastetem Generator auf der Hochspannungsseite des Transformators der Ölhalter fällt, so daß nun plötzlich der hocherregte Generator auf den leerlaufenden Transformator arbeitet. Infolge des sehr flachen Verlaufes der Magnetisierungscharakteristik neuzeitlicher Turbogeneratoren erhält der Transformator, der schon bei der normalen Betriebspannung mit verhältnismäßig hoher Sättigung arbeitet, eine äußerst hohe Sättigung. Der stark anwachsende und stark verzerrte Magnetisierungsstrom ändert die Form der Spannungskurve von Grund aus; sie bekommt zahlreiche Oberwellen bis zu sehr hohen Frequenzen, und die starken Spitzen beanspruchen die Isolation gegen Erde. Überdies können die hohen Frequenzen Eigenschwingungen der Wicklungsteile anstoßen, wodurch die Isolation zwischen den Windungen gefährdet wird.

Beim Abschalten leerlaufender Leitungen, insbesondere von Kabeln, treten Rückzündungsüberspannungen auf. Der Strom wird bei seinem

Durchgang durch Null unterbrochen, während die Spannung gerade ihren Höchstwert erreicht; auf dem abgeschalteten Leitungsende bleibt also eine Ladung dieser Höhe liegen. Die Maschinenspannung nimmt weiterhin den ihr aufgezwungenen sinusförmigen Verlauf, und eine Halbperiode später herrscht infolgedessen an den Schalterkontakten etwa die doppelte normale Scheitelspannung. Spätestens in diesem Zeitpunkt tritt eine Rückzündung des Unterbrechungslichtbogens ein; es spielt sich ein Einschaltvorgang ab, bei dem die Schaltspannung doppelt so groß als bei der normalen Einschaltung ist. Die von der Schaltstelle nach beiden Richtungen laufenden Sprungwellen besitzen also die doppelte Höhe wie bei dem normalen Schaltvorgang. Bei Schaltern mit schlechter Kontaktbeschaffenheit oder zu geringer Schaltgeschwindigkeit kann sich die Rückzündung bei einer Abschaltung vielmals wiederholen.

Bei einpoligem Schalten oder bei Leitungsbrüchen kann ein eigenartiger Schwingungskreis entstehen, in dem durch die Betriebsspannung eine Überspannung erzeugt wird. Der Kreis wird gebildet aus der Erdkapazität der vom Netz abgetrennten Leitung in Reihe mit der Erdkapazität des Netzes und der Induktivität des Transformators am Ende der Leitung. Ist dieser schwach oder gar nicht belastet, so ist seine Induktivität sehr groß und wegen der Eisen sättigung überdies stark abhängig von der Stromstärke. Diese muß sich so einstellen, daß die Spannung an der Induktivität entweder gleich der Summe der von dem Netz gelieferten Spannung und der Kapazitätsspannung oder bei sehr kleinen Kapazitäten, also kurzer Leitungslänge, gleich der Differenz der Kapazitätsspannung und der Spannung aus dem Netz ist; im letztgenannten Falle kippen bei der Induktivität Spannung und Strom um 180° um, und die Überspannung, die den gesamten betroffenen Netzteil samt den angeschlossenen Betriebsmitteln gefährdet, ist besonders groß. Ihre größte Höhe — etwa das Dreifache der verketteten Netzspannung — erreicht sie, wenn das am Netz hängende gebrochene Leitungsende auf die Erde fällt. Der Strom an der Erdschlußstelle wächst stark an, von dem Transformator gespeiste Glühlampen verbrennen, Motoren kehren infolge des Umkippens des Spannungsdreiecks ihre Drehrichtung um. In einer 10 kV-Anlage bei einer Nichteistung der Netztransformatoren von 10 bis 20 kVA kommt es bei Leitungslängen von 1 bis 4 km zu diesen Nippüberspannungen. Bei Spannungswandlern genügen wegen ihrer großen Leerlaufinduktivität bereits Verbindungsleitungen von einigen Metern Länge.

Bei ausgedehnten Netzen mit großer Erdkapazität kann bei einem Erdschluß der Fall eintreten, daß die Induktivität der erdgeschlossenen Phase mit der Erdkapazität des gesamten Netzes einen Schwingungskreis bildet, dessen Eigenfrequenz der Netzfrequenz nahe kommt. Die Resonanzspannungen können je nach dem Leitungsquerschnitt (25 bis 95 mm²) den 1,5- bis 3fachen Betrag der normalen verketteten Spannung und mehr erreichen. Sie sind gefährlich, da sie das ganze Netz in Mitleidenschaft ziehen und sehr starke Ströme erzeugen, die z. B. auch zu Schalterexplo-

sionen führen können. In dieser Hinsicht ist der Anschluß von Freileitungstrecken an größere Kabelnetze wegen der großen Kapazität der Kabel besonders gefährlich.

Generatoren ohne ausreichende Quersfelddämpfung bilden im einphasigen Kurzschluß in der offenen Phasenspannung starke Oberwellen der 3-, 5-, 7- usw. -fachen Ordnung der Grundwelle aus, die in einem Netz großer Kapazität zu Resonanzüberspannungen führen können.

Transformatoren mit Stern-Sternschaltung weisen selbst bei reiner Sinusform der verketteten Spannung in der Sternspannung und damit vor allen in der Spannung des Sternpunktes gegen Erde dritte Harmonische auf, die bei Transformatoren mit gutem magnetischen Rückschluß (z. B. Manteltransformatoren) für diese dritte Harmonische schädliche Beiträge annehmen können. Infolge der eigentümlichen Form der Magnetisierungskurve des Eisens enthält bei zeitlich sinusförmig verlaufendem Kraftlinienfluß der zugehörnde Magnetisierungsstrom zahlreiche Oberwellen ungerader Ordnung und besonders stark ausgeprägt die dritte Oberwelle. Da aber in einem Drehstromsystem alle durch 3 teilbaren Oberwellen in den drei Wicklungen gleiche Phasenlage besitzen, kann ein Strom 3-, 9-, 15- usw. -facher Frequenz ohne Nullpunktverbindung nicht fließen. Er fehlt also am Magnetisierungsstrom, und infolgedessen werden Oberwellen 3-, 9-, 15facher Frequenz in der Sternspannung des Transformators sowie zwischen Nullpunkt und Erde erzwungen. Wenn nun bei einem derartigen Transformator der Sternpunkt der Hochspannungsseite geerdet wird, so bildet die Induktivität jeder der drei Schenkel mit der Erdkapazität des zugehörnden Netzleiters des gesamten Netzes einen Schwingungskreis. Die drei Kreise liegen parallel an einer Spannung 3-, 9-, 15facher Frequenz, die gleich der Nullpunktspannung des Transformators ist. Unter Umständen können Kipperscheinungen auftreten, die besonders dadurch lästig sind, daß sie dem gesamten Netz die Überspannung aufdrücken und an den Spannungsmessern für die verkettete Spannung nicht wahrgenommen werden. Derartige Kipperscheinungen wurden z. B. in ausgedehnten Freileitungnetzen durch eine größere Zahl von Spannungswandlern mit geerdetem Sternpunkt hervorgebracht. Solche Fälle dürften wohl zu den Ausnahmen gehören, jedoch können im Sternpunkt geerdete Spannungswandler (Ableitung-Drosselspulen) kippen, wenn durch zufällige Schaltungen sämtliche von einer Station ausgehenden Leitungen abgetrennt werden, so daß der Transformator nur noch mit der kleinen Kapazität der Schaltanlage und der Leistungstransformatoren allein belastet ist.

Zusatz- und Drehtransformatoren in Stern-Sternschaltung werden bei Erdschlüssen, besonders wenn diese in zwei getrennt von den Sammelschienen ausgehenden Strängen an zwei verschiedenen Netzleitern gleichzeitig auftreten (Doppelerdschlüsse), von dem einphasig fließenden Fehlerstrom derart magnetisiert, daß sie zahlreiche Oberwellen ungerader Ordnung bis zu sehr hohen Frequenzen erregen. Dann können hohe ört-

liche Überspannungen entstehen; bei Erdung des Nullpunktes der Erregerwicklung kann sogar die gesamte Anlage durch hohe Überspannungen gefährdet werden.

Ein gefährlicher Überspannungserreger ist der Lichtbogenerdschluß. Wird ein an sich gesunder Isolator überschlagen, so wird die Spannung des betreffenden Leiters gegen Erde Null und über den Lichtbogen fließt der Erdschlußstrom des Netzes, der im wesentlichen voreilender Blindstrom ist. Ähnlich wie beim Abschalten eines leerlaufenden Kabels erlischt der Lichtbogen zunächst wieder in dem Zeitpunkt, in dem der Strom durch Null geht, und auf dem gesamten Leitungsnetz bleibt eine Ladung liegen, die diesen bei Einphasennezen eine Gleichspannung von der Höhe des normalen Scheitelwertes der Sternspannung erteilt. Da jedoch die ihr übergelagerte normale Sternspannung gegen Erde weiterhin ihren Sinusverlauf nimmt, herrscht eine Halbperiode später an der Erdschlußstelle eine Spannung von dem doppelten Scheitelwert der Sternspannung. Spätestens in diesem Zeitpunkt erfolgt die Rückzündung. Die dadurch angeregte Eigenschwingung des Netzes mit der doppelten Amplitude der normalen Sternspannung führt rechnerisch bei Vernachlässigung der Kapazität zwischen den Netzleitern und der Verlustdämpfung zu einer Vierfachung der Spannung an dem gesunden Leiter. Beim Erreichen dieses Höchstwertes ist der Strom gerade Null, und wiederum kann in diesem Zeitpunkt der Erdschlußlichtbogen erlöschen, wodurch das Netz nun eine Ladung mit der Amplitude der doppelten Sternspannung annimmt. Eine halbe Periode später stellt sich an dem kranken Leiter die dreifache Spannung gegen Erde ein, und es erfolgt wiederum eine Rückzündung, als deren Folge sich das gesamte Netz an dem gesunden Leiter auf das Sechsfache, an dem kranken Leiter auf das Vierfache des Scheitelwertes der Sternspannung hinaufarbeitet. Bei Berücksichtigung der Kapazität zwischen den Leitern und der Verluste ergibt die Rechnung für Drehstromnetze hoher Spannung Höchstwerte der Spannung an den gesunden Leitern von dem 4,5fachen, an dem kranken Leiter von dem 4fachen des Scheitelwertes der Sternspannung, entsprechend dem 2,6- bis 3fachen des Scheitelwertes der verteteten Betriebsspannung. Die schädlichste Wirkung übt der aussehende Erdschluß jedoch durch die Sprungwellen aus, die Halbperiode für Halbperiode durch die Rückzündung ausgelöst werden. Sie haben ebenfalls an ihrer Stirn eine Höhe von dem 2,6fachen des Scheitelwertes der verteteten Spannung und gefährden die Transformatorwicklungen durch ihr in jeder Halbperiode sich wiederholendes Aufprallen auf das äußerste. Der Erdschlußlichtbogen nimmt wegen der hohen Zündspannung beträchtliche Länge an, brennt infolgedessen lange Zeit und führt zwischen den Netzleitern, wenn die gestörte Leitung nicht rechtzeitig abgetrennt wird, in der Regel zu einem Kurzschluß. Die bei Gewittern beobachteten häufigen Abschaltungen von Leitungstrecken sind fast in allen Fällen auf Lichtbogenerdschlüsse zurückzuführen. Diese haben also nicht nur die Beanspruchung der Anlage durch Überspannungen,

sondern auch noch die Beanspruchung der Transformatoren, Schalter und Maschinen durch Kurzschlußströme im Gefolge. Mit Überspannungen infolge ausfahenden Erdschlusses ist zu rechnen, sobald der Erdschlußstrom einen Betrag von etwa 5 A erreicht; bei kleineren Stromstärken pflegt der Lichtbogen schnell zu erlöschen.

Die durch atmosphärische Einflüsse in Hochspannungsanlagen auftretenden Überspannungen sind der Vorausberechnung am wenigsten zugänglich. Die sanfteste und ungefährlichste Form der atmosphärischen Überspannung ist die sich auf Freileitungen nur langsam ausbildende statische Ladung, die bei ausgezeichnetem Isolationszustand der Anlage zwar Spannungen von gefährlicher Höhe erzeugen würde, aber durch Ableitungsapparate mit verhältnismäßig hohem Widerstand sicher und gefahrlos abgeführt werden kann.

Blitzschläge gefährden eine Anlage nicht nur durch direkten Einschlag, sondern bereits beim Niedergehen in der Nähe von Leitungen. Das starke elektrostatische Erdfeld bricht bei dem Blitzschlag plötzlich zusammen. Auf in der Nähe befindlichen Leitungen, die in erheblichem Abstand über dem Erdboden liegen, werden durch Influenz Ladungen frei; es tritt plötzlich eine hohe Spannung gegen Erde auf. Die auf der Leitung induzierte Ladung setzt sich nach beiden Seiten hin in Form von Wanderwellen in Bewegung, die je die halbe Höhe der Spannung der ursprünglichen Ladung besitzen. Dabei ist die Stirn dieser Wellen so wenig steil, daß sie keine Sprungwelle darstellt. Dagegen kann die Spannung an Reflexionspunkten so erhöht (verdoppelt) werden, daß schwächer isolierte Teile, z. B. Durchführungen, überschlagen werden.

Wird durch den Blitzschlag eine große Ladung frei, so kann die Spannung auf der Leitung so weit ansteigen, daß ein Isolator überschlagen wird. Von der Überschlagstelle ziehen dann zwei Sprungwellen mit steiler Front von der Höhe der Überschlagsspannung des Isolators nach beiden Seiten in die Leitung und gefährden die Betriebsmittel.

Da Leitungsende und Erdschlußstelle zwei Reflexionspunkte bilden, kann eine Wandernwellenschwingung entstehen, die eigenschwingungsfähige Gebilde anstößt, so daß hohe Resonanzspannungen entstehen.

Ob der Vorgang der Blizentladung selbst aperiodisch verläuft oder sich in Form einer Schwingung abspielt, ist hierbei unwesentlich¹. Die öfter beobachteten Isolatorüberschläge in Schalträumen lassen sich hiermit zwanglos erklären.

Bei der Unterhaltung und Bedienung weitverzweigter elektrischer Anlagen ist es erwünscht, unter Umständen sogar notwendig, sich des Fernsprechers zu bedienen. Man pflegt deswegen auch bei umfangreichen Leitungszweigen besondere Betriebsfernsprechanlagen einzubauen, um mit allen Teilen des Betriebes jederzeit schnell Verbindung bekommen zu können.

¹ Theoretische Untersuchungen von Emde ergaben unter plausiblen Annahmen eine Frequenz von 2000 bis 8000 Herz.

Es kommt zuweilen vor, daß Anlagen, die zunächst mit Gleichstrom betrieben worden sind, bei Vergrößerung auf Drehstrom umgeschaltet werden sollen. Es ist dann notwendig, vorsichtig zu sein, im Hinblick auf die Bestimmung des § 21h der Errichtungsvorschriften. Es könnte dann leicht eine Erwärmung von eisen umhüllten oder durch Eisenrohre geschützten Leitungen eintreten¹.

Es kommt sehr oft im Betriebe vor, daß mit der Zeit Änderungen an der Anlage als zweckmäßig empfunden werden. Auch bei nachträglichem Anschluß bzw. Ersatz von Motoren, Transformatoren, Apparaten usw. ist es daher wichtig, zu wissen, daß vom VDE „Normen für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen, Anlassern, Reglern und Transformatoren“ aufgestellt worden sind, die seit dem 1. Juli 1909 gelten und ETZ 1908, S. 874; 1909, S. 506 abgedruckt sind. Diese Normen sind in Abschnitt III unter C wiedergegeben.

Nach den Bestimmungen der VDE ist ganz allgemein verlangt, daß auf Maschinen, Transformatoren, Apparaten usw. Schilder angebracht werden, welche die Angaben enthalten, die für die Bewertung und Benutzung wichtig sind. Für eine ordnungsmäßige Betriebsführung sind diese Schilder unerlässlich. Es ist wichtig, sie in gutem Zustande zu erhalten, so daß die Angaben leserlich bleiben, denn sie sind notwendig, um die zulässige Belastung der Maschinen, Transformatoren, Apparate usw. in den richtigen Grenzen zu halten. Bei übermäßiger Belastung werden die meisten elektrischen Einrichtungen sich zu hoch erwärmen, wodurch sie Schaden leiden können. Es ist deswegen Sache einer ordnungsmäßigen Betriebsführung, die jeweils im Betriebe vorliegenden Belastungsverhältnisse mit der durch die Schilder ausgewiesenen zulässigen Belastung in Übereinstimmung zu halten. In besonderen Fällen kann sich naturgemäß auch hier unter Umständen einmal eine Abweichung notwendig machen, was durchaus nicht immer mit einer Schädigung verbunden sein muß. Man kann z. B. Maschinen, Transformatoren, Apparate usw. bei kurzzeitiger Benutzung unter Umständen höher belasten, als dem normalen Werte entspricht, wenn man dafür sorgt, daß die Erwärmung die zulässige Grenze nicht überschreitet. Es wird deswegen bei der Behandlung der einzelnen Anlageteile weiter unten die Unterlage für die Ermittlung der Erwärmung gegeben werden, um für solche Sonderfälle Anhaltspunkte für unschädliche Überlastungen zu geben.

Da die Maschinen, Transformatoren, Apparate usw. bei verschiedener Belastung verschiedene Erwärmungen annehmen werden, ist es notwendig, im Betriebe die Erwärmung der einzelnen Teile zu überwachen. Bei nicht spannungsführenden Teilen kann das unter Umständen durch Befühlen geschehen, anderenfalls kommen Quecksilber-Thermometer, Weingeist-Thermometer, Widerstands-Thermometer und Thermo-Elemente hierfür in Frage. Einzelheiten darüber sind auch aus dem Aufsatz

¹ Näheres darüber ist aus Deitmar, Wegweiser für vorchriftsgemäße Ausführung von Starkstromanlagen, S. 167 zu ersehen.

„Temperaturüberwachung in Kraftwerken“ von Dr.-Ing. Reinath ETZ 1921, S. 459, sowie aus einem Bericht in ETZ 1925, S. 352 zu ersehen. Vogel hat weiter vorgeschlagen, zur Temperaturbestimmung Schmelzperlen aus Legierungen mit bekannten Schmelzpunkten zu benutzen, worüber in „Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen“ 1920, S. 46 berichtet ist. Der Vorschlag von Vogel hatte in dieser Form nur wenig Anwendungsmöglichkeiten. Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt hat aber im Jahre 1923 den Vogelschen Vorschlag zum Ausgangspunkt weiterer Untersuchungen gemacht und eine Methode zur Feststellung der Überschreitung bestimmter Temperaturen in der Weise ausgebildet, daß in zusammengefalteten Streifen von Schreibmaschinen-Durchschlagpapier einige Körnchen von Chemikalien gelegt und zwischen die Wicklungen gebracht werden. Wird eine bestimmte Temperatur überschritten, so schmelzen diese Chemikalien und tränken das Papier. Als besonders geeignet werden folgende empfohlen:

	Schmelztemperatur
Meta-Phenylamin	105° (farblos)
Schwefel, rhombisch	112° (gelb)
Schellack	115° (orange)
Pyrogallol	133° (farblos)
Dinitroanilin	170° (gelb)

Bei den Stoffen, bei denen die Bemerkung „farblos“ gemacht ist, tritt eine schwarze Färbung des Papiers ein.

In einer weiteren Mitteilung¹ der PTR werden noch folgende Angaben gemacht:

	Schmelztemperatur
Vanillin mit Cojin	82° (rosa)
Aethylharnstoff mit Cojin und Metanilgelb	92° (orange)
Phenathren mit Chinolingelb	100° (gelb)
Antipyrin mit Chinolingelb und Methylenblau	113° (hellgrün)
β -Naphthol mit Martinsgelb und Methylenblau	122° (dunkelgrün)
Brenzschleimsäure mit Methylenblau	133° (blau)
Benzilsäure mit Methylenviolett	150° (violett)
Arabiose mit Cojin	160° (purpurrot)

Das vorstehend beschriebene Meßverfahren wird in manchen Fällen nicht nur bei Untersuchung von Maschinen, sondern auch in anderen Fällen von Bedeutung sein. Es empfiehlt sich besonders dann, wenn die zu messende Wicklung eine sehr geringe Masse besitzt, und wenn die Messungen an solchen Stellen vorgenommen werden sollen, die für Thermometer schlecht oder gar nicht zugänglich sind.

Ebenso hat G. Buchner im Bayerischen Industrie- und Gewerbeblatt 1925, S. 89 eine Zusammenstellung von Mitteln veröffentlicht, um den Eintritt bestimmter Temperaturen anzuzeigen. Es sind dies Farbveränderungen gewisser Stoffe, sog. Farbthermostope, ferner Trübungserscheinungen von Flüssigkeiten und Schmelzpunkte oder Siedepunkte von Stoffen, durch welche mechanische Vorrichtungen, z. B. elektrische

¹ ETZ 1926, S. 1131.

Lötewerke od. dgl., in Tätigkeit gebracht werden. Unter anderem sind leichtflüssige Legierungen aus Blei, Zinn, Wismut und Radium angegeben, deren Schmelzpunkt je nach den Mischungsverhältnissen zwischen $+65^{\circ}$ und $+198^{\circ}$ gewählt werden kann. Als Stoffe, deren Schmelzpunkte noch tiefer liegen, sind z. B. genannt: Menthol (44° C), Balthat (45 bis 54°) und Bienenwachs (66 bis 64°).

Schienen in Apparaten, Schaltanlagen usw. können, wenn sie unter Spannung stehen, in einfacher Weise dadurch auf Erwärmung kontrolliert werden, daß ein an einer Stange befestigtes Stück Wachs oder Paraffin daran gehalten wird. Nach ETZ 1915, S. 445 gibt die Zeit, die bis zum Schmelzen einer angehaltenen Stearinkerze vergeht, einen Anhalt über die Erwärmung von Kontaktstellen, Schienen usw. Die chemische Fabrik Franz Korn, Halle a. d. Saale-Trotha, stellt eine Heißlauf-Anmelbefarbe, genannt Efkalin, her, die bei normaler Temperatur hellrot ist und bei zunehmender Temperatur allmählich schwarz wird, so daß man danach Erwärmungen von Maschinen- oder Apparateilen leicht kontrollieren kann.

Bei der Betriebsüberwachung elektrischer Anlagen ist es oft notwendig, die Belastung oder die Höhe der Spannung in einzelnen Zweigen zu kennen. Wenn der zu untersuchende Zweig kein Meßinstrument enthält, so kann man sich oft durch Stöpsel-Ampere- und Voltmeter sehr leicht helfen. Ein anderes wertvolles Hilfsmittel, um Belastungen einzelner Leitungen bei Wechselstrom feststellen zu können, ist der Diebe-Anleger, der von der Firma Hartmann & Braun A.-G., Frankfurt a. M., hergestellt wird. Dieser ist ein handlicher Stromwandler mit isolierten Handhaben, dessen Kernhälften sich aufklappen lassen. Die zu messende Leitung wirkt als Primärwicklung, während die Sekundärwicklung an einen Strommesser angeschlossen ist. Dieser Apparat kann auch für Leitungen hoher Spannungen gebaut werden.

In manchen Betrieben verursachen die benutzten Maschinen, Transformator, Apparate usw. Geräusche, namentlich in Ein- und Mehrphasenanlagen. Sie treten namentlich oft auch erst im Laufe des Betriebes auf, da an einzelnen Stellen mit der Zeit Abnutzungen entstehen, gewisse Teile sich lockern usw. Im allgemeinen wird man bemüht sein müssen, solche Geräusche zu beseitigen, namentlich wenn sie Zeichen einer eingetretenen Abnutzung sind. Die Beseitigung wird dann schon im Interesse einer ordnungsgemäßen Betriebsführung liegen. Unter Umständen ist es aber auch wichtig, dafür zu sorgen, daß solche Geräusche nicht nach außen dringen und die Nachbarschaft belästigen¹.

Aus wirtschaftlichen Gründen ist es manchmal erwünscht, den Arbeitsverbrauch verschiedener Anlageteile einer Kontrolle zu unterziehen. Hierzu kommen Elektrizitätszähler in Frage, die entweder in fester oder in transportabler Form benutzt werden können.

¹ ETZ 1915, S. 544.

Da es wichtig ist, durch richtige Wartung die elektrischen Anlagen dauernd auf einer hohen Stufe zu erhalten, hat der VDE sich schon frühzeitig mit den Fragen beschäftigt, die mit der Fortbildung der Wärter elektrischer Anlagen zusammenhängt. Das Ergebnis dieser Arbeiten sind die vom 1. Juli 1910 ab gültigen „Leitfäche betr. die einheitliche Errichtung von Fortbildungskursen für Starkstrommonteure und Wärter elektrischer Anlagen“, die ETZ 1910, S. 492 abgedruckt sind. Dazu sind auch ausführliche Erläuterungen erschienen¹. Die Leitfäche selbst sind mit Rücksicht auf ihre große Bedeutung in Abschnitt III dieses Buches unter D wiedergegeben. Wichtig ist es, daß alle Beteiligten immer besorgt sind, solche Fortbildungskurse möglichst häufig abzuhalten, und daß die in Frage kommenden Wärter der Anlagen an diesen Kursen auch wirklich teilnehmen. Eine große Anzahl der in Deutschland bestehenden und zum VDE gehörigen elektrotechnischen Vereine halten jährlich oder im Abstand von mehreren Jahren solche Fortbildungskurse ab, was zur Erhöhung der Sicherheit der elektrischen Anlagen von großer Bedeutung ist.

Isolierung, Kleinspannung, Erdung, Nullung und Schutzschaltung.

Neben der Isolierung sind Kleinspannung, Erdung, Nullung und Schutzschaltung wichtige Schutzmaßnahmen, die in den §§ 3 und 18 der Errichtungsvorschriften des VDE eingehend behandelt sind. Danach sind in Niederspannungsanlagen dort, wo eine besondere Gefahr besteht, nicht zum Betriebsstromkreis, jedoch zur elektrischen Einrichtung gehörende metallene Bestandteile der elektrischen Einrichtungen, die den Betriebsstromkreisen am nächsten liegen oder mit ihnen in Berührung kommen können, zu erden. Ist ein geerdeter Nullleiter praktisch erreichbar, so muß dieser hierzu verwendet werden.

Besondere Gefahren liegen in solchen Räumen vor, in denen der Körperwiderstand durch Feuchtigkeit, Wärme, chemische Einflüsse und andere Ursachen wesentlich herabgesetzt ist, sowie wenn der Benutzer der Anlage mit Metallteilen in Berührung kommt, die infolge eines Fehlers Schluß mit einem Stromleiter bekommen können. Gefährlich wirkt eine großflächige Berührung, wie sie z. B. durch Umfassen herbeigeführt wird.

Unter Nullen versteht man das Verbinden der metallenen Konstruktionssteile einer elektrischen Anlage mit dem Nullleiter.

Es genügt nun nicht, daß Erdung und Nullung bei der Herstellung der Anlage gut ausgeführt sind, sondern sie müssen im Betriebe dauernd sorgfältig überwacht und in Ordnung gehalten werden. Deswegen ist auch in § 3 der Errichtungsvorschriften ausdrücklich bestimmt worden, daß Erdzuleitungen möglichst sichtbar und geschützt gegen mechanische und chemische Zerstörungen verlegt werden sollen und ihre Anschlußstellen der Nachprüfung zugänglich sein sollen. Es ist außerdem empfohlen, den Nullleiter in seinem ganzen Verlauf fabrikmäßig zu kennzeichnen.

¹ ETZ 1910, S. 490.

In den Leitfäden für Erdungen und Nullung in Niederspannungsanlagen des VDE ist noch hinzugefügt, daß es sich empfiehlt, um die Zuleitungen dem Auge nicht zu entziehen, diese nicht einzumauern. Gegen das Einmauern bestehen auch noch Bedenken wegen der beim Vorhandensein von Kalk im Mauerwerk hervorgerufenen chemischen Zersetzung. Besonders ist darauf zu achten, daß nicht durch Übertritt von Gleichströmen elektrolytische Zersetzung stattfinden können.

Besonders aufmerksam sind die Verbindungsstellen an Erdern sowie an zu erdenden Teilen zu überwachen, namentlich in solchen Anlagen, in denen erhebliche Erdschlußströme für die Ableitung in Frage kommen. Bei größeren Stromstärken wird selbst ein verhältnismäßig geringer Übergangswiderstand (Oxydbildung od. dgl.) den Wert einer Erdung stark beeinträchtigen. Eine bedeutende Steigerung der Berührungsspannung kann durch Erhitzung und dadurch bedingte weitere Verschlechterung der Verbindungsstellen eintreten. Aus diesem Grunde wird empfohlen, bei Erdungen für mehr als etwa 10 A die fertige Verbindung durch Anstrich oder andere Schutzmittel gegen Oxydation zu schützen.

Die Anschlußstellen sollen auch der Nachprüfung zugänglich sein. Sind sie nicht derartig erreichbar, daß sich nach Lösung der Verbindung mit Sicherheit feststellen läßt, ob die Berührungstellen einwandfrei sind, so kann die Prüfung durch Widerstandsmessungen erfolgen.

Behelfsmäßige Verbindungen mit den Erdungen sind nur mit größter Vorsicht anzuwenden. Die Verwendung von Ketten ist zu diesem Zweck unzulässig.

In Hochspannungsanlagen ist eine zeitweise Besichtigung von Verbindungsstellen innerhalb des Handbereiches zu empfehlen, wenn sie nicht verchweisßt, verblötet oder vernietet sind.

Erdung bzw. Nullung werden nach den „Leitfäden für Erdung und Nullung in Niederspannungsanlagen“ des VDE angewendet:

a) Um einen Teil des Betriebsstromkreises möglichst auf Erdpotential zu bringen.

Diese Erdungen werden Betriebserdungen genannt. Sie bilden durch die Erde einen Parallelstromkreis zu dem Nulleiter oder einem betriebsmäßig geerdeten Außenleiter und führen infolgedessen Ausgleichströme.

Grundsätzlich soll an jedem Transformator eine der Hochspannungserdung gleichwertige Niederspannungserdung angebracht werden. Hierbei ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß unter Umständen der Erdschlußstrom längere Zeit fließen kann. Diese Erdung soll mit der Hochspannungserdung der Transformatorstation nicht in Verbindung stehen, sondern mindestens 20 m von dieser entfernt verlegt werden. Wenn der Nulleiter eines Mehrphasennezes nur in Transformatorstation geerdet wird, dann wird er an dieser Stelle das Erdpotential haben, wenn am anderen Ende des Netzes durch eine Störung eine Verbindung zwischen einer Phase und ihm hergestellt wird, solange seine Erdung stromlos ist.

An der Störungsstelle wird dagegen der Nullleiter eine Spannung gegen Erde aufweisen gleich dem durch den Störungsstrom im Nullleiter auftretenden Spannungsabfall. Diese Spannung kann durch Anbringung einer weiteren Betriebserdung am Ende des Nullleiters herabgesetzt werden. Weisen diese beiden Betriebserdungen den gleichen Übergangswiderstand auf, so wird die höchste auftretende Berührungsspannung halbiert. Hierbei ist es ziemlich gleichgültig, welchen Übergangswiderstand jede der Erdungen hat, wenn diese nur einander gleich sind.

b) Um zu verhindern, daß metallene Teile der elektrischen Anlagen, die der Berührung zugänglich sind, bei Störungen (Körperfluß) eine gefährliche Spannung annehmen (siehe § 3d der Errichtungsvorschriften). Diese Erdungen werden Schutzerdungen genannt. Sie werden nur dann Strom zur Erde ableiten, wenn die Isolation des zu schützenden Anlageteiles gegen Erde oder gegen die spannungsführende Leitung vermindert oder aufgehoben ist.

c) Um zu verhindern, daß in Gebäuden metallene Konstruktionssteile, die nicht zur elektrischen Einrichtung gehören, gegen die Umgebung (Erde) Spannungen annehmen können, die für Tiere gefährlich werden können. Diese Erdungen werden Stallerdungen genannt. Sie werden in solchen Fällen angewendet, in denen ein besonderer Schutz für Tiere erwünscht ist.

Stallerdungen können sinngemäß nur an solchen metallenen Konstruktionsteilen Verwendung finden, die weder Teile der elektrischen Anlage sind, noch mit dieser in leitender Verbindung stehen, da sie in keinem Falle mit Betriebs- und Schutzerdungen, die ja für höhere Berührungsspannungen bemessen sind, leitende Verbindung haben dürfen.

d) Als Überspannungsschutz für die Ableitung von Überspannungen, die durch Gewitter in den Niederspannungsnetzen auftreten können. Die betreffenden Schutzapparate sind zu erden und, wenn Nullung sonst im Netz angewendet wird, auch zu nullen. Die Erdungen sind nach den Bedingungen für Betriebserdungen auszuführen.

Wie schon vorstehend ausgeführt, ist es von besonderer Bedeutung, daß die Erdungen dauernd auf das beste überwacht werden, damit sie auch als wirkliche Schutzmaßnahme erhalten bleiben. Der VDE gibt daher in seinen Leitfäden für Erdung und Nullung in Niederspannungsanlagen an, daß der Zustand der Erdungsanlagen sowohl vor Inbetriebsetzung als auch später im Betriebe in angemessenen Zeitabschnitten zu prüfen ist. Über die Messung von Erdungswiderständen sind weiter unten Angaben gemacht.

Vor Inbetriebsetzung der Anlage ist eine entsprechende Prüfung auf die beabsichtigte Wirkung der Schutzmaßnahmen vorzunehmen. Z. B. müßte eine zwischen den Außenleiter und die genullten Konstruktionssteile geschaltete Prüflampe (große Kohlenfadenlampe) hell brennen.

Überprüfungen der Erdungen nach Inbetriebnahme werden zweckmäßig mit der Überwachung der Anlagen verbunden.

Alle Schutzerdungen, Nullungen usw. sind für den Betrieb an sich nicht notwendig. Ein Motor wird z. B., auch ohne geerdet zu sein, laufen. Deshalb wird in den meisten Fällen viel zu wenig auf diese Schutzrichtungen geachtet, die erst in Tätigkeit treten, wenn die betreffende Anlage beschädigt ist.

Die metallisch leitende Verbindung mit einem betriebsmäßig geerdeten Nullleiter (Nullung) gibt größere Sicherheit als die Schutzerdung allein, wenn der Ohmsche Widerstand des Nullleiters so gering gehalten ist, daß der Erdschlußstrom die nächste (von der Erdschlußstelle aus gerechnet) nach der Stromquelle gelegene Sicherung zum Abschmelzen bzw. den Selbstschalter zum Abschalten bringt.

Der Querschnitt des Nullleiters muß so bemessen sein, daß er den Nennstrom der nächsten Außenleitericherung bzw. den Auslösestrom des Selbstschalters aushält.

Ist eine Unterbrechung des Nullleiters zu befürchten, so darf nicht genullt werden.

Man bezweckt durch die Nullung:

1. Die Abschaltung der gefährlichen Leitung durch den entstehenden einphasigen Kurzschluß. Man braucht keine teure Erdung anzubringen, sondern nur eine metallene Verbindung, die meistens kürzer als eine besondere Erdzuleitung sein wird.

2. Die Erdung des betreffenden Konstruktionsteiles. Die Nullleiter müssen ebenso sorgfältig wie die Hauptleitung verlegt werden, da die Unterbrechung des Nullleiters unter Umständen mit Gefahr verbunden ist.

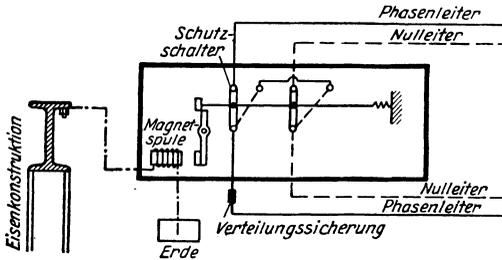
Im blank verlegten Nullleiter darf bei Durchgang eines Stromes, der mindestens gleich der Nennstromstärke der Sicherung ist, nicht mehr als 40 V Spannungsabfall auftreten. Nur in diesem Falle darf gemäß § 3a der Errichtungsvorschriften der Nullleiter blank verlegt und zur Nullung verwendet werden. Ergeben sich, um diesen Bedingungen zu genügen, zu große Nullleiterquerschnitte, so können in den Außenleitern an geeigneter Stelle entsprechend bemessene Sicherungen eingebaut werden, oder es ist ein isolierter Nullleiter mit einer gleichwertigen Isolation wie die des Außenleiters zu verwenden.

Selbstverständlich sollen diese Sicherungen richtig bemessen sein; sie dürfen keinesfalls verstärkt werden. Würde man diesen Fehler begehen, so würden bei einem Schluß zwischen Außenleiter und Nullleiter am Ende des Netzes sämtliche am Nullleiter angeschlossenen Konstruktionsteile eine unzulässig hohe Spannung gegen Erde — etwa entsprechend dem wirklich im Nullleiter auftretenden Spannungsabfall — annehmen. Diese Spannung tritt dann in allen gefunden Teilen der Anlage auf; sie ist also besonders gefährlich. Selbstschalter sind deshalb an solchen Stellen sehr zu empfehlen.

Aus Vorstehendem geht hervor, daß es notwendig ist, im Betriebe dauernd darauf zu achten, ob die Voraussetzungen für die Anwendung der Nullung als Schutzmaßnahme wirklich noch erfüllt sind. In vielen

Anlagen ändern sich die Betriebsverhältnisse und die Belastung erheblich, so daß eine solche dauernde Kontrolle wichtig ist. Das ist namentlich von Bedeutung, wenn Nachinstallationen ausgeführt werden, oder in anderer Weise erhebliche Erhöhung des Verbrauches eingetreten ist.

Die Nullung kann zu Gefahren führen durch Unterbrechung des Nullleiters, sowie durch Kurzschlüsse zwischen Außen- und Nullleiter, falls diese nicht so stark werden, daß die Sicherungen ansprechen. Es kann dann im Nullleiter ein gefährlicher Spannungsverlust auftreten, wodurch die mit dem Nullleiter in Verbindung stehenden Metallteile bedenkliche Berührungsspannung gegen Erde erhalten können. Diese Schwierigkeiten können



beseitigt werden durch Anwendung des vom Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk (Heinisch-Niedl) angegebenen Schutzsystems. Dieses ist durch nebenstehende Abbildung dargestellt, sowie ETZ 1914, S. 32 näher beschrieben.

Soweit Eisenteile vorhanden sind, werden diese über ein Relais geerdet, das

die Ausschaltung der ganzen Anlage bzw. eines Teiles derselben bewirkt, wenn die Spannung der Eisenteile gegen Erde ein gefährliches Maß angenommen hat. Das Relais wird im allgemeinen so eingerichtet, daß es bei einer Spannung von 20 bis höchstens 40 V anspricht. Diese Schutzschaltung ist deswegen von so großer Bedeutung, weil es viele Fälle gibt, in denen die Erdung sowohl wie die Nullung schwierig und nur mit großen Kosten durchführbar sind. Es gibt sogar Fälle, in denen diese Schutzmittel ganz versagen können. Hierzu kommt noch, daß sie dauernd gut überwacht werden müssen. Das ist natürlich auch bei der Schutzschaltung von Heinisch-Niedl notwendig. Zur einfachsten Durchführung der Überwachung ist nun diese, in vorstehender Abbildung nur im Prinzip dargestellte Schaltung neuerdings noch durch die Hinzufügung einer „Prüftaste“ wesentlich verbessert worden. Durch den Druck auf einen Knopf kann man genau den gleichen Zustand herbeiführen, der eintritt, wenn ein Körper schließt und damit eine unzulässige Berührungsspannung entsteht. Damit ist man jederzeit in der Lage festzustellen, ob die Schutzeinrichtung (Schalter und Hilfserde) noch wirksam ist. Es hat sich nun gezeigt, daß es sogar am einfachsten ist, das Ausschalten der betreffenden Anlageteile überhaupt stets durch Betätigung der Prüftaste zu bewirken, so daß ganz von selbst dauernd eine Kontrolle durchgeführt wird. Die Prüftaste der Heinisch-Niedl-Schaltung ist somit ein einfaches Mittel zur Erfüllung der Forderung des § 2a dieser Betriebsvorschriften, wonach die elektrischen Anlagen dauernd in ordnungsmäßigem Zustande zu er-

halten sind. Das gilt ganz besonders für die Erdung. Löst beim Drücken auf die Prüftaste der Schalter aus, dann ist dies ein Zeichen, daß sowohl der Schalter wie auch die Hilfserde in Ordnung sind.

Nach den Zeitsätzen für Erdung und Nullung in Niederspannungsanlagen des VDE gilt eine Berührungsspannung bis etwa 40 V für Menschen und eine solche bis etwa 20 V für Vieh als ungefährlich.

In manchen Anlagen ist der Nullleiter innerhalb des Handbereiches verlegt und zur Nullung benutzt, trotzdem zwischen Nullleiter und Erde höhere Spannungen als 40 V auftreten können. In solchen Anlagen wird es notwendig sein, entsprechende Maßnahmen zur Abwendung einer Gefährdung für Menschen und Vieh zu treffen. Das kann durch Verstärkung des Nullleiters, Ersatz der Schmelzsicherungen durch Selbstschalter, Anwendung abgestufter Schmelzsicherungen bzw. Selbstschalter im Außenleiter usw. geschehen.

Für Hochspannungsanlagen hat der VDE besondere „Zeitsätze für Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen“ aufgestellt, die seit dem 1. Januar 1924 gelten und ETZ 1923, S. 1063 und 1081 abgedruckt sind.

Ihr wesentlicher Inhalt sei nachstehend kurz wiedergegeben: Die Schutzerdung soll möglichst verhindern, daß Menschen oder andere Lebewesen bei Berührung leitender Gegenstände, die nicht zum Betriebsstromkreis gehören, aber in seinem Bereich liegen, beschädigt werden. Spannungen zwischen Metallteilen, d. h. also guten Leitern, können durch Kurzschlußverbindung verhindert werden. Aber auch zwischen Leitern und Halbleitern, feuchtem Erdreich, feuchtem Mauerwerk u. dgl. kann durch die Schutzerdung eine erhöhte Sicherheit erreicht werden.

Die Wahl der Schutzeinrichtungen ist vom Gefährdungsgrad und von dem Grade der verlangten Sicherheit abhängig. Der Gefährdungsgrad ist abhängig von:

1. Häufigkeit der Störungen.
2. Dauer der Störungen.
3. Größe des Erdschlußstromes.
4. Erdwiderstand.
5. Spannungsverteilung in der Umgebung der Störungsstelle.
6. Wahrscheinlichkeit, ob sich Menschen zur Zeit der Störung an der Störungsstelle befinden.

Der Sicherheitsgrad einer Erdung ist abhängig von:

1. Größe ihres Erdwiderstandes.
2. Art der Spannungsverteilung.
3. Sicherheit gegen Austrocknen.
4. Zustand und Zuverlässigkeit der Zuleitungen.
5. Zustand der Verbindungsstellen.

Der höchste Grad von Sicherheit muß erreicht werden, wenn der Bedienende Metallteile, die gefährliche Spannungen annehmen können, umfaßt.

In gedeckten Räumen ist das Auftreten gefährlicher Spannungen unwahrscheinlich, wenn der Fußboden aus Isolierstoff besteht. Ist er da-

gegen feucht oder leitend, so treten Gefahren auf. Im Freien liegen in größerem Umfange Gefahren vor, weil hier der Boden mehr oder weniger leitend ist. Dabei ist die Gefahr am größten, wenn nur die oberen Schichten feucht sind.

Bei der Wahl und Bemessung der Erdung muß die Größe des Erdlußstromes beachtet werden, um das Austrocknen zu vermeiden.

Die Erdlußstromstärke von Einzelerdschlüssen eines nicht geerdeten oder über hohe nicht induktive Widerstände geerdeten Drehstrom-Freileitungsnetzes ist abhängig von der Kapazität der nicht geerdeten Phasen gegen Erde und von der Spannung. Sie kann mit genügender Annäherung berechnet werden nach der Faustformel:

$$\text{Erdlußstrom} = \frac{kV \times km \text{ Leitungslänge}}{300}$$

Unter Leitungslänge ist die Länge der mehrphasigen Einzelleitung zu verstehen. Parallel geschaltete Leitungen, z. B. 2 Leitungen aus je 3 Drähten oder Seilen beliebiger Querschnitte, zählen doppelt. Bei der Berechnung ist Rücksicht auf Erweiterung und gegebenenfalls auch auf Zusammenschluß mit Nachbarleitungen zu nehmen.

Der Zustand der Erdung soll zur Aufrechterhaltung der Sicherheit sorgfältiger, als bisher üblich, überwacht werden.

Wenn auch die Schutzerdung in den weitaus meisten Fällen Gefahren und Unfälle verhüten wird, sofern sie den Leitungen gemäß ausgeführt ist, so können doch andere Maßnahmen sie gelegentlich wirksam unterstützen, zum Teil auch ersetzen. Als Beispiel seien erhöhte Isolation des Betriebsstromkreises, isolierender Fußbodenbelag (Linoleum) in Reichweite der Schalt- und Regelapparate usw. genannt.

Gefährliche Berührungsspannungen treten in der Regel nicht auf, wenn die Erdung so bemessen ist, daß das Produkt aus ihrem Widerstand und der durch sie abzuleitenden Stromstärke 125 V nicht überschreitet. In Fällen, in denen der Berührende in der Regel auf gut leitendem Boden steht und das Schuhwerk durchtränkt ist, empfiehlt es sich, nur geringere Werte für die Berührungsspannung zuzulassen. In Stallungen, chemischen Betrieben usw. sollte man höchstens 40 V annehmen.

In gedeckten Räumen sind alle betriebsmäßig keine Spannung führenden Metallteile, die in der Nähe von Spannung führenden Teilen liegen oder mit diesen z. B. durch Lichtbogenbildung in Verbindung kommen können, metallisch leitend untereinander und mit der Erdleitung zu verbinden. Dazu gehören:

- a) Die betriebsmäßig nicht unter Spannung stehenden Metallteile von Maschinen, Transformatoren, Meßwandlern, Apparaten.
- b) Sekundärstromkreise von Meßwandlern (je nach Schaltung).
- c) Gerüste von Schaltanlagen, Durchführungsfansche, Isolatorenträger, Kabelarmaturen.
- d) Betriebsmäßig mit den Händen anzufassende Metallteile wie: Handräder, Hebel, Kurbeln von Schaltern, Apparate, Schutzgitter, Schaltanlagen usw. (In ge-

mauerten und Holzstationen sollen Türgriffe, Türrahmen, eiserne Treppen, Leitern u. dgl. möglichst nicht mit geerdeten Teilen der Station leitend verbunden werden.)

Es wird empfohlen, Hochspannungsfreileitungen mit einer Vorrichtung zur Unterdrückung oder Einschränkung des Erdschlußstromes auszurüsten, sofern dieser etwa 5 A übersteigt.

In Anlagen ohne Lichtbogenlöschende Vorrichtungen genügt es, die Erdung an den Verbrauchsstellen für die nach der Erzeugerstelle in den unverzweigten Leitungstrecken liegende niedrigste Auslösestromstärke der Selbstschalter zu bemessen, wenn in jeder Phase ein Selbstschalter vorhanden ist.

Bei Auswechslung der Selbstschalter gegen solche höherer Stromstärke ist die Erdung dieser Stromstärke anzupassen.

Erdungswiderstand ist der Gesamtwiderstand des Erdreiches zwischen 2 Erdern, wobei als zweiter Erder die Erdoberfläche unterhalb der gefundenen Phasen zu denken ist, deren Widerstand für die Berechnung vernachlässigt werden kann, da er sich dem Wert Null stark nähert.

Der Widerstand eines Einzelerders kann direkt gemessen werden, wenn von einem Erder, der mit dem Erdreich in widerstandsloser Verbindung (großflächig) steht, gegen den zu untersuchenden Erder gemessen wird.

Der Zustand der Erdungsanlage ist sowohl vor der Inbetriebsetzung als auch zeitweise, d. h. einmal im Jahre, zu prüfen. Die Ergebnisse der Prüfung sind laufend aufzuzeichnen. Dieses gilt besonders bei Erdungen an Stellen erhöhter Gefahr für das Bedienungspersonal, wie an Mastschaltern auf Eisenmasten, eisernen Transformatorstationen und von außen bedienten Stationschaltern, wenn das Antriebsgestänge bzw. Handrad nicht isoliert ist.

Der Widerstand des Erdreiches zwischen zwei Erdern läßt sich wie ein Elektrolytwiderstand in bekannter Weise bestimmen. Das Spannungsgefälle an der Erdoberfläche, verursacht durch den Erdschlußstrom, ist in der Nähe der Erder am größten. Es nimmt mit wachsender Entfernung von den Erdern schnell ab und nähert sich bei genügendem Abstand der Erder in zunehmendem Grade dem Wert Null. Hier kann man den Wirkungsbereich beider Erder durch Einsetzen einer Sonde (stromloser oder bei der Messung stromlos gemachter Hilfserder) abgrenzen und durch Vergleich den Anteil jedes einzelnen Erders an den Gesamtwiderstand bestimmen (Wichert'sche Methode). Dieser so abgegrenzte Anteil des einzelnen Erders an dem Gesamtwiderstand des Erdstromkreises wird als Widerstand eines Einzelerders bezeichnet.

Der gemessene Widerstand einer Erdung ist bei bestimmter Oberfläche des Erders ausschließlich durch die Leitfähigkeit des Erdreiches bedingt. Der Erdungswiderstand ist praktisch rein Ohmscher Art. Das Telephon als Nullinstrument bei Brückenmessungen läßt sich nicht vollständig zum Schweigen bringen und das Tonminimum ist um so schärfer, je größer

der Meßstrom ist, mit dem die Widerstände bestimmt werden. Daher empfiehlt es sich, die Stromquellen kräftig genug zu wählen, um die Messung auch im freien Felde bei Störungen durch Wind und andere Geräusche bequem durchführen zu können, oder gegebenenfalls andere Nullinstrumente (Zeigerinstrumente) zu verwenden.

Die Bestimmung des Widerstandes zwischen zwei Erdern macht im allgemeinen keine Schwierigkeiten. Jede für Elektrolytwiderstände bekannte Meßart kann Verwendung finden; bei der Bestimmung von Erdschwiderständen einzelner Erder sind indessen besondere Umstände zu beachten.

Einfach gestalten sich die Meßarten, bei denen Sonden — also stromlose Hilfserder — verwendet werden. Man mißt dann den Widerstand des Erdbereiches vom Erder bis zu einer Fläche, die durch die Sonde und alle die Punkte geht, die gleiche Spannung mit ihr haben. Dieser so gemessene Anteil an dem Gesamtwiderstand (der theoretische Grenzwert) hängt von dem Orte der Sonde ab und wird bei zweckmäßiger Wahl etwa 80 bis 90% des Grenzwertes je nach Form und Ausdehnung des Erders ergeben. Gedrängte Anordnung des Erders (einzelne Platten, Röhre u. dgl.) bedingt geringsten Sondenabstand. Für zusammengesetzten, verzweigte Erderformen wird man die Lage der Sonde mehrmals wechseln, um festzustellen, von welcher Stelle ab der Widerstand nicht merklich zunimmt.

Im allgemeinen wird ein Sondenabstand von 10 m bei gedrängten Erdern, deren größte wagerechte Erstreckung etwa 2 m nicht überschreitet, genügen.

Bei gestreckten Erdern, z. B. Bändern, Eisenbahnschienen u. dgl., soll der Sondenabstand senkrecht zur größten Ausdehnung in mindestens 10 m Abstand gemessen werden.

Stromführende Hilfserder müssen das Doppelte des oben angegebenen Abstandes haben; ihr Widerstand soll von dem des Haupterders nicht allzu verschieden sein.

Bei stark verzweigter Erderform gibt die Aufnahme der Linien gleicher Spannung an der Erdoberfläche ein gutes Bild der Widerstandsverteilung; sie dürfte aber nur in den seltensten Fällen in Betracht kommen und erfordert entsprechende Gewandtheit in der Ausführung.

Die bekannteste Meßart, nach der die Widerstände zwischen je drei stromführenden Erdern, dem Haupterder und zwei Hilfserdern, gemessen werden, ist umständlich auszuführen. Sie ergibt nur dann brauchbare Werte, wenn die Hilfserder vom Haupterder nicht allzu verschieden sind. Die sogenannte Wichertsche Meßart verwendet nur einen Hilfserder (stromführend) und eine Sonde (bei der Messung stromlos), die nur geringe Abmessungen zu haben braucht.

Die Bestimmung des Widerstandes aus Spannung und Strom kann nur in Betracht kommen, wenn ausreichende Energiequellen zur Verfügung stehen. Für die Spannungsmessung müssen Instrumente mit

hohem Widerstand benutzt werden. Der Hilfserder, der vom Spannungsstrom durchflossen wird (am besten ein Rohr), ist so weit in den Boden einzutreiben, daß die angezeigte Spannung nicht mehr merklich ansteigt.

Das Ergebnis einer Widerstandsmessung an Einzelerdern ist von der Leitfähigkeit des Erdreiches in sehr hohem Maße abhängig, also zeitlich und örtlich außerordentlich verschieden. Die Leitfähigkeit wiederum unterliegt den Einflüssen der Witterung um so mehr, je näher die Erdschichten der Oberfläche liegen. Auf tiefer liegende Schichten, von etwa 1 m an, hat die Witterung kaum noch Einfluß. Infolgedessen ist die Stromverteilung an der Erdoberfläche stark von der Witterung abhängig; aus einem gemessenen Widerstand läßt sich nicht ohne weiteres auf die Spannungsverteilungen der Erdoberfläche schließen, die gerade für die Gefahren von ausschlaggebender Bedeutung sind. Außerdem verhält sich die Spannungsverteilung an der Erdoberfläche verschieden, je nachdem ein Einzelerdschluß oder ein Pfahenschluß durch das Erdreich vorliegt. Während bei dem letztgenannten die Spannungsverteilung zwischen den beiden Erdschlußstellen (Erbern) ungeändert bleibt, wenn auch die Leitfähigkeit des Erdbodens in weiten Grenzen schwankt, so ist beim Einzelerdschluß der kapazitive Spannungsabfall gegenüber dem Ohmschen im Erdreich im allgemeinen so groß, daß der Erdschlußstrom als praktisch unverändert angesehen werden kann. Ist also der Erber so verlegt, daß auch lange andauernde trockene Witterung den Widerstand und damit das Produkt aus Erdschlußstromstärke und gemessenem Widerstand nicht über 125 V ansteigen läßt, so wird die Spannung in der Umgebung des Erbers diese 125 V (höchstzulässige Berührungsspannung) nicht übersteigen können, wie auch der Zustand der Erdoberfläche sei.

In § 18⁵ der Errichtungsvorschriften ist für feuchte und durchtränkte Räume sowie in Kesseln und ähnlichen Räumen mit gut leitenden Bauteilen empfohlen, mit Wechselstrom betriebene Handleuchten zu verwenden, und durch Transformation die Spannungen unter 40 V herabzusetzen. Da vom VDE gemäß Beschluß der Jahresversammlung 1926 als normale Kleinspannungen 24 und 42 V festgesetzt worden sind, käme zunächst nach dieser Bestimmung also die Spannung von 24 V für solche Räume in Frage. Es ist aber beabsichtigt, die vorstehend genannte Grenze so zu ändern, daß auch 42 V die Bestimmung erfüllt.

Über den Bau derartiger Kleintransformatoren sind vom VDE „Regeln für die Konstruktion und Prüfung von Klein-Transformatoren mit Kleinspannungen REKT 1929“ aufgestellt worden, die vom 1. Januar 1929 ab gelten und ETZ 1928, S. 305 abgedruckt sind. Es ist anzunehmen, daß sich durch die Aufstellung dieser Regeln eine ausgedehntere Anwendung von Kleintransformatoren mit Kleinspannung ergibt, weil die Erdung von Verbrauchsgeräten an der Verwendungsstelle in vielen Betrieben mit Schwierigkeiten und Unbequemlichkeiten verbunden ist.

Die Errichtungsvorschriften werden von Zeit zu Zeit neu bearbeitet, und es ist auch jetzt wieder eine solche Umarbeitung im Gang. Hierbei soll der § 3 der Errichtungsvorschriften erheblichen Änderungen unterzogen werden. Mit Rücksicht auf die große Bedeutung dieses Paragraphen soll über die wichtigsten Änderungen, die schon vor Inkraftsetzung der neuen Fassung als Leitsätze¹ gelten, nachstehend noch berichtet werden, soweit der neue Wortlaut von dem alten abweicht. Bezüglich des Berührungsschutzes wird durch die neue Fassung klargestellt, daß Ausnahmen von § 3a gestattet sind bei Schweißanlagen, Glüh- und Schmelzöfen u. dgl. Weiter ist angegeben, daß die Schutzverkleidungen der Leitungen (Rohre, Kabelmäntel usw.) im Handbereich in die Maschinen und Geräte eingeführt werden müssen.

Bei der Neufassung der Errichtungsvorschriften werden folgende neue Bestimmungen bezüglich des Schutzes gegen zu hohe Berührungsspannung Aufnahme finden, die gemäß dem vorstehend Gesagten schon jetzt als Leitsätze gelten sollen.

Gefahr durch zu hohe Berührungsspannung besteht, wenn der Übergangswiderstand zum menschlichen Körper durch Feuchtigkeit, Wärme, chemische Einflüsse oder andere Ursachen wesentlich herabgesetzt ist.

Als zu hohe Berührungsspannung gilt im allgemeinen eine Spannung von mehr als 42 V.

In Fällen, in denen Gefahr durch zu hohe Berührungsspannung besteht, müssen Schutzmaßnahmen getroffen werden. Als solche kommen in Betracht: Isolierung, Kleinspannung, Erdung, Nullung und Schutzschaltung.

Eine Schutzmaßnahme erfüllt ihren Zweck nur, wenn sie die Überbrückung zu hoher Berührungsspannung durch einen Menschen verhindert (z. B. Isolierung), oder wenn zu hohe Berührungsspannung überhaupt unmöglich ist (z. B. Kleinspannung), oder wenn beim Auftreten zu hoher Berührungsspannung die Fehlerstelle selbsttätig von der Stromquelle abgetrennt wird (z. B. Erdung, Nullung, Schutzschaltung).

Isolierung. Der Schutz durch Isolierung kann dadurch erreicht werden, daß die der Berührung zugänglichen leitfähigen Teile durch isolierende Umkleidung (isolierende Umpressung von Schaltergriffen, Handrädern u. dgl.) der direkten Berührung entzogen werden, oder dadurch, daß der Stromübergang von den leitfähigen Teilen über den menschlichen Körper nach Erde durch isolierende Unterlagen (isolierenden Fußbodenbelag, isolierende Wände u. dgl.) verhindert wird.

Kleinspannungen sind Betriebsspannungen, die den für Berührungsspannungen angegebenen Wert nicht übersteigen. Leitungen und Zubehör von Kleinspannungsstromkreisen müssen der Verwendung bei 250 V entsprechen.

Über die Verwendung von Kleinspannung bei Spielzeugen siehe § 15 der Errichtungsvorschriften.

¹ ETZ 1928, S. 700.

Erdung. Die Erdung bietet, besonders bei höheren Stromstärken, nicht immer einen sicheren Schutz. Werden Erdungen verwendet, so ist ein möglichst niedriger Erdungswiderstand anzustreben.

In Bergwerken unter Tage sollen mehrere verschiedene Erdungen, z. B. in der Wasserseige, im Schachtfumpf, an den Lübbings und über Tage gleichzeitig angewendet und miteinander gut leitend verbunden werden. Außerdem sollen alle übrigen der zufälligen Berührung zugänglichen Metallteile, wie Rohrleitungen, Gleise usw., tunlichst oft an die Erdungsleitung angeschlossen werden.

Nullung. Die Leitungsquerschnitte müssen so bemessen sein, daß bei einem Kurzschluß zwischen einem Außenleiter und dem Nullleiter mindestens der 2,5fache Nennstrom der schwächsten vorgeschalteten Stromsicherung auftritt.

In Freileitungsnetzen soll der Nullleiter, außer der allgemeinen Erdung, in jedem Ausläufer möglichst nahe am Ende eine besonders gute Erdung erhalten.

Der Nullleiter soll in seinem ganzen Verlauf so sorgfältig verlegt werden, daß eine Unterbrechung nicht zu erwarten ist, da diese Gefahren hervorruft.

Die Nullung ortsveränderlicher, einphasiger Stromverbraucher soll durch eine besondere, an der Stromzuführung nicht beteiligte Leitung — Nullungsleitung — am festverlegten Nullleiter erfolgen. Die Nullungsleitung soll mindestens so stark wie der zugehörnde Außenleiter gewählt werden.

In einem Netz, in dem die Nullung angewendet wird, sind reine Erdungen ohne Verbindung mit dem Nullleiter unzulässig.

Der Nullleiter soll in Gebäuden in seinem ganzen Verlauf fabriktions- oder montagemäßig gekennzeichnet werden.

Schutzschaltung. Die Auslösevorrichtung des Schutzeschalters muß so eingestellt sein, daß beim Auftreten einer zu hohen Berührungsspannung die Fehlerstelle selbsttätig von der Stromquelle abgetrennt wird.

Isolationszustand. Das wichtigste Schutzmittel in elektrischen Anlagen ist die Isolierung. Sie kann sich aber mit der Zeit leicht verändern, und zwar entweder durch Verstaubung, Verschmutzung usw., oder durch Änderung der Eigenschaften des Isolierstoffes infolge von Alterung, Erwärmung, Bruch usw. Es ist also Sache einer geordneten Betriebsführung, die Isolationen dauernd unter Aufsicht zu halten. Nach § 5 der Errichtungsvorschriften muß jede fertiggestellte Starkstromanlage einen angemessenen Isolationszustand haben. Für Niederspannungsanlagen, mit Ausnahme von Freileitungen, Installationen im Freien, und von Teilen in feuchten und durchtränkten Räumen gilt er als angemessen, wenn der Stromverlust auf jeder Teilstrecke zwischen zwei Sicherungen oder hinter der letzten Sicherung bei der Betriebsspannung 1 mA nicht überschreitet. Der Isolationswert einer derartigen Leitungstrecke sowie jeder Verteilungstafel sollte hiernach wenigstens betragen: 1000 Ω multipliziert

mit der Betriebsspannung in Volt (z. B. 220 000 Ω für 220 V Betriebsspannung). Für Maschinen, Akkumulatoren und Transformatoren wird auf Grund dieser Vorschriften ein bestimmter Isolationswiderstand nicht gefordert.

Vorstehende Angabe ist für neue Anlagen gemacht und nur dafür gültig. In Anlagen, die schon längere Zeit im Betriebe sind, ist es im allgemeinen nicht möglich, diese Werte zu erhalten. Immerhin können aber die für den neuen Zustand vorgeschriebenen Zahlen einen gewissen Anhalt dafür geben, was im laufenden Betriebe zu erreichen versucht werden sollte.

Nach weiteren Bestimmungen des § 5 der Errichtungsvorschriften sollen die Isolationsprüfungen tunlichst mit der Betriebsspannung, mindestens aber mit 100 V ausgeführt werden.

Der Widerstand der Isolationen sinkt mit wachsender Meßspannung sehr stark, und zwar um so mehr, je feuchter die Anlage ist. Die gemessenen Werte hängen infolgedessen von der verwendeten Meßspannung ab. Im Isoliermaterial befinden sich oft ganz kleine Luftteilchen, die je nach der Höhe der Spannung zwischen den Leitern im elektrischen Felde durchschlagen werden.

Bei Isolationsprüfungen durch Gleichstrom gegen Erde soll, wenn tunlich, der negative Pol der Stromquelle an die zu prüfende Leitung gelegt werden. Bei Isolationsprüfungen mit Wechselstrom ist die Kapazität zu berücksichtigen.

Der negative Pol der Meßbatterie soll an der Leitung liegen, weil man sonst zu große Werte der Isolationen messen würde, was auf elektrolitische Vorgänge zurückzuführen ist. Durch letztere könnten unter Umständen kleine, sonst nicht feststellbare Fehler verdeckt werden.

Der Isolationszustand einer in Betrieb befindlichen Gleichstrom-Zweileiteranlage kann durch drei Spannungsmessungen bestimmt werden. Ist

P = Meßspannung,

P_1 = Spannung des + - Leiters gegen Erde,

P_2 = Spannung des - - Leiters gegen Erde,

R = Eigenwiderstand des Spannungsmessers,

so gilt für den Widerstand zwischen Erde und

$$\text{ganze Anlage } R_0 = R \left(\frac{P}{P_1 + P_2} - 1 \right) 10^{-6} M \Omega,$$

$$\text{den } + \text{- Leiter } R_1 = R \left(\frac{P - P_1}{P_2} - 1 \right) 10^{-6} M \Omega,$$

$$\text{den } - \text{- Leiter } R_2 = R \left(\frac{P - P_2}{P_1} - 1 \right) 10^{-6} M \Omega.$$

Die Gesamtisolation einer Dreileiteranlage mit geerdetem Nullleiter läßt sich während des Betriebes nicht bestimmen.

Näheres vgl. Kalender für Elektrotechniker, Ausgabe 1927/28, S. 141.

Bei Isolationsmessungen mit Wechselstrom sollte die Kapazität der Anlage möglichst klein sein. Besser wäre es überhaupt, Isolationsmessungen

nur mit Gleichstrom vorzunehmen. Es wäre ferner am besten, bei der Messung von Wechselstromanlagen diese vom Betriebe ganz abzuschalten, um die Gefahr für den Messenden zu verringern. Führt man die Messung an im Betriebe befindlichen Wechselstromanlagen mit Induktor=Gleichspannung aus, so gilt nach dem Kalender für Elektrotechniker 1927/28, S. 141 folgendes.

Während des Betriebes kann in Wechselstromanlagen nur die Gesamtisolation gegen Erde bestimmt werden. Bei Verwendung von Isolationsmeßgeräten mit Gleichstrom-Kurbelinduktor ist darauf zu achten, daß die Induktorspannung ebenso hoch ist wie die Wechselnetzspannung, auch weil die Wechselspannung durch den Isolationsmeßkreis einen Wechselstrom schickt, der zwar keinen Ausschlag am Drehspulinstrument erzeugt, aber doch dessen Stromwege erwärmt. Eine Isolationsmessung zweier Leiter gegeneinander oder eines Leiters gegen Erde ist während des Betriebes nicht möglich, auch darf kein Punkt der Anlage während der Isolationsmessung künstlich geerdet sein.

Wenn bei diesen Prüfungen nicht nur die Isolation zwischen den Leitungen und Erde, sondern auch die Isolation je zweier Leitungen gegeneinander geprüft wird, so sollen alle Glühlampen, Bogenlampen, Motoren oder andere Strom verbrauchende Apparate von ihren Leitungen abgetrennt, dagegen alle vorhandenen Beleuchtungskörper angeschlossen, alle Sicherungen eingesetzt und alle Schalter geschlossen sein. Reihenstromkreise sollen jedoch nur an einer einzigen Stelle geöffnet werden, die tunlichst nahe der Mitte zu wählen ist.

Beleuchtungskörper, Sicherungen und Schalter enthalten besonders oft schlecht isolierte Stellen¹. Über die Frage der mehr oder weniger weitgehenden Unterteilung einer Anlage bei der Messung des Isolationszustandes siehe auch ETZ 1920, S. 213.

Stellt man bei der Isolationsprüfung einen Fehler fest, so muß man die Anlage durch Herausnehmen von Sicherungen, Schaltern usw. in verschiedene Teile auflösen, um allmählich den Fehler zu finden². In Stromkreisen, in die Zähler eingebaut sind, kann man einen erheblichen Erd- oder Kurzschluß auch durch Beobachtung derselben feststellen. Sind alle Stromverbraucher abgeschaltet, so darf die Scheibe des Zählers sich nicht weiter drehen.

Für die Untersuchung von Anlagen auf Isolation sind besonders Taschen-Isolationsmesser empfehlenswert. Auch gibt es eine ganze Reihe verschiedener Leitungsprüfer, bei denen durch sichtbare oder hörbare Zeichen oder durch beides das Vorhandensein von Isolationsfehlern bequem festgestellt werden kann.

Um den Isolationszustand von Wechselstromanlagen dauernd zu überwachen, begnügt man sich vielfach bei hinreichend kleiner Kapazität der Anlage mit der Einschaltung mehrerer Weicheisen-Voltmeter als Erd-

¹ Näheres darüber siehe Erläuterungen von Weber S. 29.

² Weiteres darüber siehe auch ETZ 1920, S. 213 und 1926, S. 1388.

Schlußanzeiger, die bei Niederspannung direkt, bei Hochspannung unter Zwischenschaltung von Spannungwandlern zwischen die Leiter und Erde gelegt werden. Bei guter Isolation zeigen die Instrumente bei Einphasenstrom die halbe Netzspannung, bei Drehstrom die Phasenspannungen an. Bei Erdschluß einer Leitung zeigt der betreffende Spannungsmesser weniger, eventuell Null.

Die dauernde Erhaltung eines guten Isolationszustandes einer Anlage ist von höchster Bedeutung und wird nur möglich sein, wenn bei der Herstellung wirklich zuverlässige Isolierstoffe Verwendung finden. Aber die verschiedenen Anforderungen an Isolierstoffe ist Näheres aus dem Aufsatze von Dr. G. J. Meyer, Zur Technik der Isolierstoffe, ETZ 1927, S. 1590 zu ersehen. Um nach dieser Richtung Sicherheit zu haben, sind sowohl vom VDE, wie auch von der Technischen Vereinigung von Fabrikanten gummitreier Isolierstoffe, und zwar in gemeinschaftlicher Arbeit mit dem Staatlichen Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem, eine Reihe von Bestimmungen aufgestellt worden. Bei dem Installationsmaterial ist vom VDE festgesetzt, daß nichtkeramische, gummitreie Isolierpreßteile ein Ursprungszeichen tragen müssen, das den Hersteller erkennen läßt. Weiter müssen sie eine Klassenbezeichnung besitzen, gemäß der nachstehend erwähnten Klasseneinteilung der Isolierstoffe. Schließlich müssen sie mit einem als Warenzeichen eingetragenen Zeichen versehen sein, dessen Führung vom Staatlichen Materialprüfungsamt den Fabrikanten des Isolierstoffes nur unter der Bedingung gestattet wird, daß er sich der laufenden Überwachung durch das genannte Amt unterwirft.

Über die Klassifizierung der Isolierpreßmassen sind ausführliche Angaben ETZ 1923, S. 137 und 1924, S. 730 und 1925, S. 979 abgedruckt; es sind 10 Klassen festgelegt gemäß nachstehender Tabelle:

Klasse	Wärmebeständigkeit		Biegefestigkeit	
I.	mind.	150°	mind.	500 kg/cm ²
II.	"	150°	"	350 kg/cm ² , unter 500 kg/cm ²
III.	"	150°	"	200 kg/cm ² , " 350 kg/cm ²
IV.	"	150°	"	150 kg/cm ² , " 200 kg/cm ²
V.	"	150°	"	" 150 kg/cm ²
VI.	"	100°, unter 150°	"	350 kg/cm ²
VII.	"	65°, " 100°	"	250 kg/cm ² , " 350 kg/cm ²
VIII.	"	45°, " 65°	"	125 kg/cm ² , " 200 kg/cm ²
IX.	"	" 45°	"	125 kg/cm ² , " 200 kg/cm ²
X.				stärkere Isolierstoffe.

Zur Kennzeichnung der Fabrikate der Mitglieder der Technischen Vereinigung von Fabrikanten gummitreier Isolierstoffe wird das nachstehend wiedergegebene Zeichen verwendet:



Bezüglich der Bedeutung des Überwachungszeichens über die Isolierpreßmaterialien ist Näheres aus ETZ 1925, S. 1585 zu ersehen. Ferner ist ETZ 1926, S. 867 eine Liste der klassifizierten Isolierpreßmassen vom Staatlichen Materialprüfungsamt veröffentlicht.

Über nicht imprägnierte und imprägnierte faserige elektrische Isolierstoffe ist seitens der Kommission für Isolierstoffe des VDE ein Entwurf bezüglich deren Prüfung aufgestellt worden¹, der voraussichtlich in kurzer Zeit endgültig in Kraft treten wird. Er betrifft die mechanisch-technologische Prüfung nach folgenden Gesichtspunkten:

1. Bruchfestigkeit und Reißlänge.
2. Bruchdehnung.
3. Ungleichmäßigkeit des Materials in Beziehung auf 1. und 2.
4. Wärmefestigkeit.
5. Empfindlichkeit gegen Wasser.
6. Empfindlichkeit gegen Öl.
7. Prüfung auf Gehalt an Säuren und Alkalien.

Vorstehende Prüfungsbestimmungen beziehen sich auf folgende faserigen Isolierstoffe: Zellstoff, Papier, Baumwolle, Seide, Tussah-Seide und Kunstseide.

Der VDE hat weiter Zeitsätze für die Prüfung von Isolierbändern aufgestellt, die vom 1. Juli 1928 ab gelten².

Mehrleiteranlagen. Dem Nullleiter von Mehrleiteranlagen ist im Betriebe dauernd besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Er muß ab und zu auf seiner Länge verfolgt werden, um feststellen zu können, ob schädliche Einflüsse etwa zu seiner Beschädigung oder Zerstörung geführt haben können.

Bezüglich der Nullleiter von Gleichstromanlagen hat der VDE besondere „Zeitsätze betr. Anfreßungsgefährdung des blanken Nullleiters von Gleichstrom-Dreileiteranlagen“ aufgestellt, die seit dem 1. Oktober 1923 gelten und ETZ 1923, S. 345 und 953 abgedruckt sind. Der Inhalt dieser Zeitsätze soll weiter unten wiedergegeben werden, da er für den Betrieb von Anlagen von großer Bedeutung ist.

Der Mittelleiter ist elektrolytisch dadurch gefährdet, daß bei Isolationsfehlern an einem der Außenleiter Ströme durch die Erde übergehen. Das kann zu Anfreßungen führen, deren Stärke von der austretenden Strommenge abhängt. Während die Überwachung eines isolierten Nullleiters durchführbar ist, macht die eines blanken erhebliche Schwierigkeiten. Es können aber auch rein chemische Gefährdungen des blanken Nullleiters eintreten sowie elektrolytische Zerstörungen durch Fremdströme. Eine eingehende Darstellung der sehr entwickelten Verhältnisse findet man ETZ 1923, S. 329 und 770, wo das Ergebnis einer Rundfrage der Kommission für Erdstrom des VDE von Dr. C. Michalke veröffentlicht ist.

Nachstehend seien nun die Zeitsätze betreffend Anfreßungsgefährdung des VDE wiedergegeben:

Gefährdet ist der blank in die Erde gelegte Nullleiter durch unmittelbaren chemischen Angriff, durch Elementbildung, durch Eigen- und durch Fremdströme.

Angriffsfähige Boden sind insbesondere Schutt, Kohlenaschen,

¹ ETZ 1925, S. 204.

² ETZ 1928, S. 733.

durchfeuchter Boden in der Nähe undichter Aborte, Sulfate, Asphalte, frischer Zement, Moorboden. Angriffsfähig kann der Boden werden, wenn aus Abdecksteinen, die wasserlösliche Bestandteile enthalten, diese ausgelaugt werden. Gefährdete Stellen sind ferner Einführungen durch feuchte Mauern und bei vorhandenen Gleichstrombahnen mit Stromrückleitung durch die Schienen eine große Annäherung an die Gleise im Anfreßungsgebiete.

Am widerstandsfähigsten haben sich verzinnte Kupferleiter erwiesen. In angriffsfähigem Boden kann, wenn nicht Elektrolyse durch austretende Ströme stattfindet und der Boden nicht kalkhaltig oder moorig ist, Verbleien des Kupferleiters Vorteile bringen.

Reine Metalle sind legierten vorzuziehen. Schon geringe Beimengungen fremder Metalle von wenigen Prozenten haben sich als schädlich erwiesen.

Aluminiumdrähte, Zinkdrähte, Eisendrähte, auch verbleit, haben sich nicht so bewährt wie reine Kupferdrähte.

Dünne Drähte unterliegen der Anfreßungsgefahr durch die Elektrolyse austretender Ströme in stärkerem Maße als dicke Drähte. Der Gesamtquerschnitt soll daher möglichst nicht unter 16 mm² gewählt werden. Seile mit dünnen Einzelleitern sind mehr gefährdet als solche aus starken Drähten.

Zu vermeiden ist die gleichzeitige Verwendung verschiedenartiger Drähte, wie Eisen- und Kupferdrähte.

Sind verschiedenartige Drähte nicht zu umgehen, so sollen sie nicht in großer Nähe verlegt werden.

Ebenso wie Kabel sind die blanken Nullleiter vorteilhaft in reinen Sand zu betten. Durch allseitiges Abdecken wird das Eindringen gefährdender Streuströme vermindert.

An besonders gefährlichen Stellen ist Isolierung des Nullleiters zu empfehlen, falls nicht Kabel vorgezogen werden.

Isolierschichten auf dem Nullleiter müssen dauerhaft sein. Sie müssen das Eindringen von Feuchtigkeit verhindern, fest gegen chemische Angriffe der Bodenfeuchtigkeit und gegen zufällige mechanische Verletzungen sein. Handelt es sich um kurze Strecken, so genügt Einbetten des blanken Leiters in Asphaltteer, wenn durch einen Träger, wie Juteumhüllung, für dauerndeshaften gesorgt ist.

Lötstellen sind auf einer Strecke von mindestens 30 cm zu isolieren, wenn verschiedenartige Metalle verbunden sind.

Loose Berührung des Nullleiters mit den Außenleiterkabeln sowie bei Vorhandensein einer elektrischen Bahn auch loose Berührung mit Gas- und Wasserleitungen ist zu vermeiden.

Durch Verbindung des blanken Nullleiters mit den Bleimänteln der Außenleiterkabel kann ein gefährdender Stromausgleich zwischen Nullleiter und Kabelbewehrung durch den Erdboden als Elektrolyten (bei Kabelfehlern) vermieden werden, dafür wird die Gefährdung des Bleimantels verstärkt.

Die Belastung zwischen dem Nullleiter und den Außenleitern soll gut

ausgeglichen sein, um dauernd in gleicher Richtung fließende Ströme im Nulleiter zu vermeiden.

Zweileiterabzweige von dem Nulleiter und einem Außenleiter sollen dort, wo der Nulleiter aus dem Erdboden heraustritt, isoliert sein. Werden solche Zweileiterabzweige im Erdboden weitergeführt, so ist der blanke Nulleiter durch austretende Ströme gefährdet, wenn der Spannungsverlust in der blanken Leitung etwa mehr als 2 V beträgt.

Fremdströme, die bei ihrem Austritt aus dem Nulleiter diesen anfressen können, können von Fehlern der Außenleiter herrühren, wobei insbesondere Fehler des negativen Leiters oder von Streuströmen elektrischer Bahnen gefährdend wirken.

Falls der Nulleiter nicht mit den Bleimänteln der Außenleiter elektrisch leitend verbunden ist, ist von diesen ein Abstand von mindestens 10 cm zu halten.

Bei Verbindung des Nulleiters mit den Bleimänteln der Außenleiter sind die Bleimäntel an den Muffen und Kabelkasten fortlaufend leitend zu verbinden. Die Bleimäntel sind gegen etwa auftretende Kurzschlußströme zu sichern.

Der geringste Abstand des Nulleiters von stromführenden Gleisen soll 1 m sein. Bei Kreuzungen mit den Gleisen ist der Nulleiter zweckmäßig zu isolieren oder durch Isolierschichten, Abdeckungen zu trennen.

Erdrungen des Nulleiters sind zweckmäßig nur im Anfressungsgebiet, nicht im Einzugsgebiet vorzunehmen. Gegen Schäden durch Streuströme schützen solche Erdrungen nur, wenn durch sie die Spannungen zwischen Gleisen und Nulleiter wesentlich herabgedrückt werden.

Abfangen eingedrungener Fremdströme durch Zinkplatten oder besondere Sauggeneratoren ist in den meisten Fällen unwirtschaftlich.

Unmittelbares Verbinden des Nulleiters mit den Gleisen oder dem negativen Pol des Generators vermehrt die Stärke des Fremdstromes im Nulleiter, wodurch anderweitige Gefährdungen entstehen können. Das Eindringen von Fremdströmen in den Nulleiter wird verstärkt, wenn er an verschiedenen Stellen mit den Gleisen verbunden wird. Die Spannungsschwankungen in den Gleisen können so in unzulässiger Weise auf das Lichtnetz übertragen werden.

Zur Begegnung der dem Nulleiter drohenden Anfressungsgefährdung ist es notwendig, ihn regelmäßig zu überwachen. Um dies zu ermöglichen, ist in § 3⁵ der Errichtungsvorschriften empfohlen, daß man den Nulleiter in seinem ganzen Verlauf fabrikationsmäßig kennzeichnen soll. Für die Durchführung der Überwachung hat der VDE am Schluß seiner „Leitfäche“ folgende Maßnahmen zusammengestellt.

Starke Schäden äußern sich in Spannungsänderungen im Netz. Durch Messungen der Leitfähigkeit können unter Umständen beginnende Zerstörungen des Nulleiters entdeckt werden.

Bei Aufgrabungen ist der Nulleiter insbesondere an gefährdeten Stellen zu besichtigen.

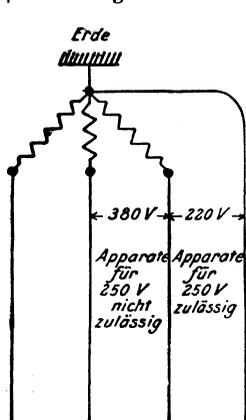
Zwischen Nullleiter einerseits und Kabelbewehrung oder stromführenden Gleisen andererseits sind die Spannungen zu messen unter Berücksichtigung der Richtung.

Bei Spannungen etwa über 1 V zwischen Gleis und Nullleiter sind Stromdichten zu messen.

Bei Kabelfehlern, insbesondere Fehlern des negativen Leiters, ist der benachbarte Nullleiter zu untersuchen.

Der von der Erzeugungsstelle ausgehende Nullleiterstrom ist zeitweise nach Betriebschluß zu messen, um zu erkennen, ob sich ein schädlicher Dauerstrom gleicher Richtung, etwa infolge Kabelfehlers, zeigt. Gleiche Messungen sind bei geerdetem Nullleiter in der Erdzuleitung zeitweise vorzunehmen.

Der VDE hat in seinen „Normen für umhüllte Leitungen in Starkstromanlagen“ ein besonderes Material für im Erdboden verlegte Null-



leiter geschaffen, das für solche Fälle geeignet ist, in denen Schutz gegen chemische Einwirkungen erforderlich ist. Diese Nullleiter für Erdverlegung werden in Querschnitten von 500 mm² hergestellt. Für den Leiter wird Kupfer verwendet, und es werden zwei Sorten geliefert, die einen mit der Bezeichnung NE, bei der der Leiter mit zäher Asphaltmasse überzogen und darüber mit mindestens vier Lagen gut vorgetränktem Papier und einer Lage asphaltierter Jute bewickelt ist. Bei der anderen Sorte, die die Bezeichnung NBE trägt, wird der Leiter zunächst mit einem Bleimantel versehen und bekommt dann eine Umhüllung wie bei der Bauart NE.

Bei den jetzt vielfach verwendeten Drehstromanlagen von 380 V Außenspannung mit geerdetem Nullleiter wird öfter der Fehler gemacht, daß bei Machinstallationen oder bei Ersatz schadhaft gewordener Apparate solche für 250 V Nennspannung an 380 V angeschlossen werden, in der Meinung, das sei deshalb zulässig, weil es sich infolge der Erdung des Nullleiters um eine Niederspannungsanlage handelt. Diese Anwendung der Apparate für 250 V ist falsch. Wenn auch die Spannung gegen Erde nur 220 V beträgt und die Apparate daher nicht den in den Errichtungs-vorschriften aufgestellten Forderungen für Hochspannungsanlagen zu entsprechen brauchen, so sind doch Apparate für 250 V bei Anschluß zwischen zwei Phasen nicht zulässig, weil die Betriebsspannung, welcher der Apparat ausgesetzt ist, in diesem Falle 380 V beträgt. Die Apparate für 250 V sind nur zwischen Außenleiter und geerdetem Nullleiter zulässig (vgl. vorstehende Abbildung). Die gleichen Ausführungen gelten auch für Dreileiteranlagen von 2×220 V bei Anschluß zwischen den Außenleitern.

Wie schon vorstehend ausgeführt, ist es im Interesse der Vermeidung

der Anfreßungsgefährdung des blanken Nullleiters wichtig, die Belastung der beiden Zweige eines Dreileiterystems möglichst gut auszugleichen. Dieser Ausgleich ist aber nicht nur aus diesem Grunde zweckmäßig, sondern auch zur Verminderung von Spannungsschwankungen. Der Nullleiter wird gewöhnlich mit geringerem Querschnitt ausgeführt, so daß bei erheblichen Ausgleichströmen in diesem starke Spannungsabfälle entstehen. Der geringere Querschnitt des Nullleiters ist aber gewählt unter der im allgemeinen berechtigten Annahme, daß die Unterschiede in der Belastung der beiden Dreileiterhälften nicht übermäßig groß werden. Es muß also im Betriebe auch dafür gesorgt werden, daß diese Voraussetzung erfüllt bleibt.

Für Fünfleiteranlagen, die in manchen industriellen Anlagen, in denen starke Veränderung der Drehzahl von Motoren erwünscht wird (Textilindustrie, Papierindustrie usw.), benutzt werden, gilt natürlich das vorstehend für Dreileiteranlagen Gesagte sinngemäß.

Installationen im Freien. Die in § 23 der Errichtungsvorschriften besonders behandelten Installationen im Freien sind den Witterungseinflüssen stark ausgesetzt. Deswegen wird auch besonders verlangt, daß Apparate tunlichst im Freien nicht untergebracht werden sollen. Läßt sich dies jedoch nicht vermeiden, so soll für besonders gute Isolierung, zuverlässigen Schutz gegen Berührung und gegen schädliche Witterungseinflüsse Sorge getragen werden. Solche Teile von Anlagen werden also dauernd einer besonders guten Aufsicht bedürfen. Was als „Installation im Freien“ gilt, ist den auf S. 10 wiedergegebenen Erklärungen zu entnehmen.

Wenn bei Fahrleitungen für Niederspannung der Abstand zum Erdboden nicht mindestens 2½ m und bei solchen für Hochspannung nicht mindestens 6 m beträgt, oder wenn die Fahrleitungen lose auf Stützpunkten ruhen, so müssen gemäß § 23⁴ besondere Vorsichtsmaßregeln angewendet werden.

Mit Rücksicht auf Erwärmung sind nach den vom VDE aufgestellten Leitfähigkeiten für die Errichtung von Fahrleitungen für Hebezeuge und Transportgeräte folgende Höchstbelastungen zulässig.

Profil	Querschnitt mm ²	Höchstzulässige Stromstärke in h bei	
		100% ED	40% ED
Kupferdraht	35	140	220
	50	180	280
	65	220	345
	80	250	390
	100	295	465
	120	340	530
	150	415	655
Kupferschiene	480	1200	1900

In den „Leitsätzen für die Anlage und Einrichtung von Leitungskanälen elektrischer Hafenkräne“, die von einem technischen Beirat der westdeutschen Binnenschiffahrts-Berufsgenossenschaft und der Lagerei-Berufsgenossenschaft aufgestellt sind, wird für bewegliche Stromführungen empfohlen, diese mit Holzrollen zu bewehren, die etwa 1 m voneinander entfernt sitzen. Damit wird eine erhebliche Schonung dieser beweglichen Leitung erreicht. Dieses Mittel wird nicht nur für bewegliche Leitungen bei Hafenkränen wertvoll sein, sondern zweckmäßig bei vielen anderen derartigen Leitungen benutzt werden können.

Akkumulatorenräume. Da in § 10 der Betriebsvorschriften besondere Bestimmungen über Akkumulatorenräume gemacht worden sind, ist auch alles, was sich auf die Reinigungs-, Wartungs- und Instandsetzungsarbeit von Akkumulatoren bezieht, bei § 10 behandelt, so daß auf das dort Gesagte verwiesen sei.

Maschinen. Nach § 6 der Errichtungsvorschriften des VDE sind elektrische Maschinen so aufzustellen, daß etwa im Betriebe der elektrischen Einrichtung auftretende Feuererscheinungen keine Entzündungen von brennbaren Stoffen in der Umgebung hervorrufen können. Daraus geht also hervor, daß im Betriebe immer dafür gesorgt werden muß, daß brennbare Stoffe nicht nachträglich in solche Nähe der Maschinen gebracht werden, daß sie entzündet werden können. In § 34 der Errichtungsvorschriften ist für feuergefährliche Betriebsstätten und Lagerräume nochmals ausdrücklich verlangt, daß die Umgebung der Maschinen von entzündlichen Stoffen freizuhalten ist. In den Leitsätzen für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft ist für Räume mit leicht entzündlichem Inhalt gleichfalls darauf hingewiesen, daß die Umgebung der Motoren nebst Zubehör von entzündlichen Stoffen freizuhalten ist.

In § 6 der Errichtungsvorschriften ist ferner vorgeschrieben, daß Maschinen für Hochspannung, wenn sie gut isoliert aufgestellt sind, von einem gut isolierten Bedienungsgange umgeben sein müssen.

Die Isolierung des letzteren muß natürlich dauernd überwacht und in Ordnung gehalten werden, da hier die Gefahr des Verschmutzens groß ist.

Nach den „Normal-Unfallverhütungsvorschriften“ des Verbandes der deutschen Berufsgenossenschaften müssen gemäß I, §§ 28 und 50 die mit der Wartung und Bedienung von Maschinen und Triebwerken beschäftigten Arbeiter anschließende Kleidung tragen; den in der Nähe bewegter Maschinen und Triebwerkteile beschäftigten Personen ist verboten, lose hängende Haare und Zöpfe, frei hängende Kleiderteile, Schleifen, Bänder, Halstuchzipfel u. dgl. zu tragen.

Nach den gleichen Normal-Unfallverhütungsvorschriften IV, § 12 darf der Maschinenwärter Unbefugten das Betreten des Maschinenraumes und den Aufenthalt dort nicht gestatten. Und nach § 13 hat, wenn Kraftmaschinen länger stillgestanden haben, der Wärter sich vor dem Wiederbeginn des Betriebes zu überzeugen, daß sie und die Schutzvorrichtungen

daran in ordnungsmäßigem Zustande sind; namentlich hat er für ausreichende Schmierung zu sorgen. Ferner ist nach § 14 jedesmal vor Anlassen und Abstellen der Kraftmaschinen das vorgeschriebene Zeichen zu geben. Wird von einem Arbeitsraum aus das Zeichen zum Stillstand der

Vordruck Nr.	
Motoren-Kontrolle.	
Motor Nr.	/PS /Fabrikanbau /Halle /Datum
Kontrolliert von:	Für die Richtigkeit:
	Ja Nein
Ist der Motor geölt? . . . . .	.....
Ist der Motor gereinigt? . . . . .	.....
Laufen die Schmierringe um und fördern sie Öl? . . . . .	.....
Sind Lagerschraubenbolzen fest, Riemenscheibenseite? . . . . .	.....
Sind Lagerschraubenbolzen fest, Kollektorseite? . . . . .	.....
Sitzt Riemenscheibe fest auf Welle? . . . . .	.....
Ist Riemenlauf einwandfrei? . . . . .	.....
Ist Feldwicklung nachzulackieren? . . . . .	.....
Ist Ankerwicklung nachzulackieren? . . . . .	.....
Luftspalt zwischen Anker und Polen? . . . . .	.....
Punkt Kollektor? . . . . .	.....
Sind Bürsten abgenutzt? . . . . .	.....
Stehen Bürsten parallel zu Lamellen? . . . . .	.....
Sind Bürsten richtig aufgesetzt? . . . . .	.....
Sind Bürstensedern in Ordnung? . . . . .	.....
Sind alle Spulentöpfe fest? . . . . .	.....
Ist Motor geerdet? . . . . .	.....
Haben Sicherungen richtige Stärke, welche? . . . . .	.....
Ist Hauptschalter in gutem Zustand? . . . . .	.....
Schaltet Anlasser bei Nullspannung ab? . . . . .	.....
Sind Anlasserkontakte verschmort? . . . . .	.....
Ist Anlaßwiderstand in gutem Zustand? . . . . .	.....
Schaltet Selbstanlasser bei Nullspannung ab? . . . . .	.....
Ist Selbstanlasser geerdet? . . . . .	.....
Ist Kontroller zu überholen? . . . . .	.....
Ist Kontroller geerdet? . . . . .	.....
Gesehen: .....	.....
Bemerkungen: .....	.....
.....
.....

Kraftmaschine gegeben, so ist sie sofort stillzusetzen und erst dann wieder anzulassen, wenn das Zeichen dafür gegeben ist. Das Anlassen darf nicht unmittelbar dem Signale folgen.

Nach den allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften für die Betriebe der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik ist gemäß § 36 jeder Arbeiter verpflichtet, in Fällen dringender Gefahr den

sofortigen Stillstand der Betriebsmaschine oder des betreffenden Wellenstranges zu veranlassen.

Bei der Instandhaltung von Motoren im laufenden Betriebe sind außerordentlich viele Einzelheiten zu beachten. Es ist deswegen zweckmäßig, um eine Gewähr dafür zu haben, daß nichts übersehen wird, ein Überwachungsformular für diese Arbeiten zu benutzen. Ein Beispiel für die Anfertigung eines solchen ist einer Veröffentlichung aus amerikanischen Betrieben zu entnehmen, über die ETZ 1925, S. 738 und der Elektrische Betrieb 1925, S. 202 ausführlich berichten. Der dort wiedergegebene Vordruck umfaßt alle die Punkte, die bei einer Überwachung des Motors berücksichtigt werden müssen. Wenn dann der Wärter noch auf seinem Formular seine Bemerkte macht und sie dem Betriebsbüro einreicht, dann ist dauernd eine zuverlässige Unterlage über den Zustand der Motoren vorhanden.

In Betrieben, in denen eine große Zahl von Motoren zu überwachen sind, ist es empfehlenswert, die vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung (AWF) entworfene Maschinenkarte für Elektromotoren zu benutzen, die vom Beuth-Verlag, Berlin S 14, Dresdenerstr. 97 bezogen werden kann. Weiter ist vom AWF eine Anleitung für den Gebrauch von Maschinenkarten mit der Bezeichnung AWF 300 erschienen, die zum Preise von 1 Mk. und von der gleichen Stelle erhältlich ist.

Diese AWF-Maschinenkarte für Elektromotoren (AWF 312) ist in den verschiedenen Industriezweigen mit gutem Erfolg eingeführt, wenigstens soweit es sich um Betriebe handelt, bei denen die Elektromotoren nicht allzu häufig überholt zu werden brauchen und infolgedessen ihren Standort selten wechseln. Grundsätzlich anders liegen in dieser Beziehung die Verhältnisse in der Hüttenindustrie. Hier sind die Elektromotoren und insbesondere auch deren Zubehörteile einem sehr starken Verschleiß unterworfen, so daß sie häufig ausgewechselt werden müssen. Die Erfahrung hat nun gezeigt, daß für dieses Sondergebiet der Vordruck der AWF-Elektromotorenkarte (AWF 312) oft nicht ausreicht, da eine getrennte Verwendung z. B. von Motor und Anlasser, wie sie nach Wiederinstandsetzung meist eintritt, auf der einen Karte nicht vermerkt werden kann. Aus diesem Grunde hat der Oberschlesische Elektrotechnische Verein Gleiwitz im Einvernehmen mit dem AWF eine Reihe von „Elektrobetriebskarten“ entwickelt. Vorgeesehen sind folgende Vordrucke

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1. Drehstrommotorenkarte, | 5. Schalterkarte, |
| 2. Gleichstrommotorenkarte, | 6. Transformatorenkarte, |
| 3. Gleichstrom-Läuferkarte, | 7. Gattungskarte, |
| 4. Anlasserkarte, | 8. Standortskarte. |

Bei dem Vordruck der Angaben für die einzelnen Motoren und deren Zubehörteile ist besonders der Umstand berücksichtigt, daß nicht nur die auf den Leistungsschildern allgemein gemachten Angaben für die ordnungsmäßige Verwaltung bzw. Instandhaltung gebraucht werden, sondern daß u. a. auch eine genaue Aufzeichnung der Wickeldaten vorgesehen

werden muß, weil die Ausbesserung häufig in eigenen Reparaturabteilungen der Werke oder sonst nahegelegenen Reparaturfirmen ausgeführt werden muß, mit Rücksicht auf die meist gebotene Eile der Ausbesserung zwecks baldiger Wiederinbetriebnahme. Das Eintragen dieser besonderen Angaben erfolgt bei dem erstmaligen Auseinandernehmen des betreffenden Motors und hat den Zweck, zu verhindern, daß — wie es nach mehrmaligen Reparaturen häufig festzustellen ist — eine Leistungsänderung des Motors infolge Einbauens von Wicklungen mit anderen Abmessungen eintritt; denn es ist tatsächlich oft unvermeidlich, daß statt der ursprünglichen Drahtstärke einmal behelfsmäßig eine andere eingelegt wird. Wird nun bei der nächsten Neuwicklung auf Grund von Angaben der Karte auf das ursprüngliche Maß zurückgegriffen, so liegt kein Anlaß zu Bedenken vor. Sind aber diese Angaben nicht vorhanden, so kann sich der Vorgang wiederholen und der Motor erhält allmählich unzulässig abweichende Querschnitte. Hierdurch können die elektrischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften des Motors erheblich geändert werden. Um dies zu vermeiden, ist das Eintragen der Wickeldaten in die *Elt-Betriebskarten* äußerst zweckmäßig.

Bei diesen neuen Vordrucken ist ferner eine „*Störungsübersicht*“ vorgesehen. Diese ermöglicht es dem Betriebsführer bei häufigen Wiederholungen von Störungen gleicher Art an einem Motor entsprechende genauere Untersuchungen über die Ursache anzustellen und für Abhilfe zu sorgen.

In der oben angegebenen Reihe der neuen *AWF-Elt-Betriebskarten* sind auch Vordrucke vorgesehen, um eine Übersicht der vorhandenen Motoren einer bestimmten Gattung, einer bestimmten Spannung, einer bestimmten Drehzahl und einer bestimmten Leistung zu erhalten. Schließlich ist noch eine Standortskarte geschaffen, die darüber Aufschluß gibt, welche Geräte jeweils an einer bestimmten Betriebsstelle eingebaut sind und welche Geräte an dieser Stelle früher schon eingebaut waren. Ein solcher Vermerk kann bei Störungen für die Wahl des Ersatzes von großem Vorteil sein.

Abbildungen der erwähnten *Elt-Betriebskarten* sowie eine eingehende Erläuterung werden in der *Elektrotechnischen Zeitschrift* veröffentlicht werden. Sie sind zu beziehen von der Geschäftsstelle des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung, Berlin NW 6, Luiseustraße 58.

Nach den *Normal-Unfallverhütungsvorschriften* des Verbandes der deutschen Berufsgenossenschaften ist es gemäß IV, § 8 verboten, Ausbesserungen sowie das Anziehen der Keile und Schrauben an Maschinen, ebenso das Reinigen und Putzen schnellgehender Maschinenteile während des Ganges vorzunehmen. Das Schmieren bewegter Maschinenteile ist nur gestattet, wenn dazu Einrichtungen benutzt werden, die es ohne Gefahr ermöglichen.

Es ist von besonderer Bedeutung, daß die im Betriebe befindlichen Maschinen ständig sauber gehalten werden, damit keine Überbrückung der

Isolationen eintreten kann. Besonders die Wicklungen sind von Staub reinzuhalten. Auf sie soll auch kein Öl kommen, weil dadurch die Isolation leiden kann. Das Reinigen der Maschinen kann entweder mit einer Luftpistole, einem Blasebalg oder einer Druckluftanlage ausgeführt werden. Die zur Reinigung verwendeten Einrichtungen sollen keine Metallmündstücke besitzen, weil dadurch leicht die Isolation verletzt werden könnte.

Im Merkblatt für die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft des VDE ist ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Motoren öfter gereinigt werden sollen, und daß von ihnen vor Inbetriebsetzung Stroh, Heu, Häcksel, Staub usw. entfernt werden sollen.

Nach den allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften für die Betriebe der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und der Elektrotechnik dürfen geschützte Motoren, solange sie laufen, nicht geöffnet werden.

Nemmen der Maschinen sowie andere Schraubenverbindungen sollen von Zeit zu Zeit daraufhin untersucht werden, ob sie sich gelockert haben, was sich durch Erwärmung zeigt.

Der Wartung der Lager ist besonders bei schnelllaufenden Maschinen die größte Aufmerksamkeit zuzuwenden. Für die Schmierung ist gutes säurefreies, nicht schäumendes Mineralöl zu verwenden. Hat bei dem Öl im Laufe des Betriebes seine Schmierfähigkeit nachgelassen, so muß es entweder durch neues ersetzt oder gereinigt werden. In letzterem Falle wird zweckmäßig etwas neues Öl hinzugesetzt. Über die Alterung von Dampfturbinenölen im Betriebe sind Dauerversuche von der Vereinigung der Elektrizitätswerke und der Gemeinschaftsstelle Schmiermittel des Vereins Deutscher Eisenhüttenwerke veranstaltet worden, über die im Verlage der Vereinigung der Elektrizitätswerke ein Sonderheft herausgegeben worden ist.

Über das Schmieren während des Ganges siehe auch die vorstehend schon behandelten Bestimmungen der Berufsgenossenschaften.

Tritt eine Lagererwärmung ein, die über das übliche Maß hinausgeht, so kann dies auf eine Verschlechterung des Öles zurückzuführen sein. Man versuche dann zunächst, durch Ersetzen der Ölfüllung durch eine neue und gegebenenfalls durch Reinigung des Lagers die Verhältnisse zu bessern. Unter Umständen ist das Lager mit Petroleum, Benzin oder Benzol gründlich zu säubern oder auf grobe Unreinheiten nachzusehen. Ein solches Schlechtwerden des Öles kann auch auf ungeeignete Güte desselben oder auf Verstaubung zurückzuführen sein. Übermäßige Erwärmung der Lager kann ferner durch nicht ordnungsmäßiges Funktionieren der Schmierung, wie z. B. Festfrieren des Schmierringes, verursacht sein. Als Grund für zu hohe Lagererwärmung oder gar Heißlaufen kann weiter zu starkes Anspannen des Riemens, Verbiegung der Welle, ungenügende Montage, Senkung des Fundaments, Bestrahlung von einem stark erwärmten Kommutator, einer Dampfturbine usw. in Frage kommen.

Bei mehrteiligen Wechsel- und Drehstrommaschinen kann es hin und wieder vorkommen, daß Lagerströme auftreten, was sich darin zeigt,

daß das Öl in kurzer Zeit schwarz wird. In solchen Fällen ist mindestens ein Lagerbock zu isolieren oder die schlecht gewordene Isolation desselben zu erneuern.

Die Verwendung einer richtigen Ölsorte ist von großem Einfluß auf das gute Arbeiten der Lager. Der Verein deutscher Eisenhüttenleute hat durch seine Gemeinschaftsstelle Schmiermittel, zusammen mit dem Deutschen Verbands für die Materialprüfung der Technik „Richtlinien für den Einkauf und die Prüfung von Schmiermitteln“ herausgegeben. Dieses sehr wertvolle Buch ist im Verlag Stahl Eisen m. b. H., Düsseldorf, erschienen. Es ist für jeden, der mit dem Einkauf, der Verwendung und der Prüfung von Ölen und Fetten zu tun hat, wichtig. Darin sind für alle Verwendungsmöglichkeiten 40 verschiedene Ölarten aufgeführt und bei jeder angegeben, welche Eigenschaften bei der betreffenden Benutzung von Bedeutung sind. Nachstehend sollen nur diejenigen Ölarten unter Angabe des für sie vorgesehenen Verwendungszweckes aufgeführt werden, die für elektrische Maschinenbetriebe Bedeutung haben. Es sind dies folgende:

- Nr. 3. Dampfturbinenöl für Turbinenlager und Regulierapparate.
- Nr. 6. Raß-(Satt-)Dampf-Zylinderöl für Zylinder, Stopfbüchsen mit Kolbenstangen, Ventilspindelführung und Schieber bei Dampftemperaturen unter 250° C, gemessen am Eintrittsstutzen der Maschine.
- Nr. 7. Heißdampfzylinderöl für Zylinder, Stopfbüchsen mit Kolbenstangen sowie Schieber bei Dampftemperaturen über 250° C, gemessen am Eintrittsstutzen der Maschine.
- Nr. 8. Dieselmotorenzylinderöl für Zylinder, Stopfbüchsen und Kolbenstangen.
- Nr. 11. Großgasmaschinenöl für Gaszylinder, Stopfbüchsen, Kolbenstangen, Eintrittsventile und Umlaufschmierung.
- Nr. 12. Spindelschmieröl für schnelllaufende, leicht belastete Maschinenteile, Präzisionsmaschinen, Textil-, Papier- und Druckereimaschinen und Preßluftwerkzeuge, Bohrhammer.
- Nr. 16. Elektromotoren- und Dynamoöl für Lager- und Umlaufschmierung (Umlauf- und Ringschmierung für Generatoren), Groß- und Kleinelektromotoren, schwer belastete Lager an Werkzeugmaschinen und großen Antrieben bei Umlaufzahlen über 200 i. d. Min.
- Nr. 17. Kugellageröl für Kugellager jeder Art, Präzisions-Rollenlager, Zahnradgetriebe.
- Nr. 18. Lager- und Umlaufschmieröl für normale Lager aller Art, Gleitbahnen an Dampfmaschinen und Großgasmaschinen usw.
- Nr. 22. Maschinenfette (Stauferfette) für alle Stellen, an denen Öl- und Umlaufschmierung nicht möglich ist.
- Nr. 23. Kugellagerfett für schwer zugängliche Kugellager (ohne Käfig) und Präzisions-Rollenlager, wo Ölverwendung unmöglich oder nur mit Verlusten durchzuführen ist.
- Nr. 36. Steinkohlenschmieröl für leicht belastete Lager allgemeiner Art bei Elektromotoren, Pumpen, Transmissionen, kleineren Antriebsmaschinen, Förderwagen jeder Art, Häpfe, Förderlokomotiven, Weichen, Walzenzapfen, Rollgängen usw.

In dem Buche sind ferner Prüfungsverfahren für die Schmiermittel angegeben, und zwar betreffen dieselben:

Spezifisches Gewicht,
 Flammpunkt,
 Stockpunkt,
 Fließ- und Tropfpunkt,

Erweichungspunkt nach Krämer-Sarnow (Pech, Asphalt, Fette),
 Viskosität,
 Emulgierbarkeit,
 Wassergehalt,
 Aschegehalt,
 Mechanische Verunreinigungen,
 Säurezahl,
 Verseifungszahl und Gehalt an fettem Öl,
 Verteilungszahl,
 Hartasphalt,
 Kreosotgehalt (saure Öle).

Ein einfacher Apparat zum Prüfen von Ölen besonders solcher für elektrische Maschinen ist von mir im Jahre 1900 entworfen worden und in vielen Betrieben in Verwendung. Er wird geliefert von der A.-G. Max Kohl, Chemnitz i. S.

Die Erwärmung der Lager kann nach verschiedenen Methoden gemessen werden; welche derselben anzuwenden ist, hängt von der Bauart der Maschine ab. Die Kommission für Maschinen und Transformatoren des VDE hat bezüglich der elektrischen Maschinen folgende Reihenfolge der verschiedenen Methoden als zweckmäßig aufgestellt. Soweit möglich, ist die Temperatur des ausfließenden Öles zu messen. Sofern dies nicht ausführbar ist, was z. B. bei Riemenscheibenlagern oder bei übergreifenden Wickelköpfen, bei Kugellagern, bei Lagern mit Ölzirkulation, mit Preßölschmierung oder bei Verwendung von konsistentem Fett vorkommen kann, so ist als nächstbeste Methode diejenige der Messung der Temperatur der oberen Schicht im Ölfaß anzusehen. Sofern die Lagerschale mit einem Bohrloch versehen ist, in welches ein Thermometer eingeführt werden kann, ist diese Methode sehr zweckmäßig. Ist jedoch eine solche Möglichkeit für die Einführung des Thermometers in die Nähe des wärmsten Teiles des Lagers nicht gegeben und versagen auch die anderen erwähnten Methoden, so würde im Notfalle noch übrigbleiben, die äußere Temperatur des wärmsten Teiles des ganzen Lagers festzustellen. Es sei übrigens noch besonders darauf hingewiesen, daß an Stelle des Thermometers auch ein Thermoelement zur Feststellung der Temperatur benutzt werden kann, so daß sich dann vielleicht eine Einführung an schwer zugänglichen Stellen ermöglichen läßt.

Die Wälzlager (Kugel- und Rollenlager) brauchen weniger Schmierung als Gleitlager. Bei diesen sind infolgedessen oft nur Schmierungsöffnungen vorgesehen, durch die in längeren Zwischenräumen Öl oder Fett einzubringen ist. Zuweilen werden sie aber auch mit Staufferbuchsen versehen, die in angemessenen Zeitabständen weiterzuschrauben sind. Nach längerem Betriebe ist das Fett, das sich in den Lagerköpfen angesammelt hat, zu entfernen.

Da die Behandlung der Wälzlager vielfach noch wenig bekannt ist, ist es zu begrüßen, daß der Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung ein Betriebsblatt unter der Nummer 16 mit dem Titel „Behandlung der Wälzlager“ herausgegeben hat. Dieses ist im Abschnitt III dieses Buches unter H abgedruckt.

Besondere Aufmerksamkeit bei der Wartung beanspruchen die Kommutatoren. Sie müssen zur Aufrechterhaltung eines einwandfreien Betriebes rein erhalten werden und dauernd rundlaufen. Man reibe den Kommutator im Betriebe häufiger mit einem reinen Leinenlappen ab. Ist der Kommutator schwarz geworden, so befeuchte man den Lappen mit Benzin oder Petroleum. Puzwolle sollte man für solche Reinigungszwecke nicht verwenden. Viele Kommutatoren bekommen nach kurzer Zeit ein poliertes Aussehen, so daß dann die Abnutzung auch eine sehr geringe ist. Tritt dagegen ein schwaches Angreifen des Kommutators ein, so muß er in gewissen Zeitabständen abgeschmirgelt werden. Das kann mit dem Schleifkloß ausgeführt werden; dieser besteht aus einem mit Griff versehenen Holzkloß, der eine dem Kommutator genau angepaßte Kreisbogenform erhält. Das Schmirgeln wird zweckmäßig mit Karborundpapier oder Glaspapier geschehen, und zwar möglichst bei abgehobenen Bürsten. Nach Beendigung der Arbeit muß der durch das Schmirgeln erzeugte Staub an allen Teilen der Maschine peinlichst beseitigt werden.

Bei den meisten Kommutator-Maschinen wird die Lamellenisolation ausgekratzt, und zwar auf etwa $\frac{1}{2}$ mm Tiefe. Diese Arbeit wird zweckmäßig vor dem Abschmirgeln vorgenommen.

Ist der Kommutator so unrund geworden, daß eine Behandlung mit dem Schleifkloß nicht mehr zu einem einwandfreien Betriebe führt, so muß er mit der Schmirgelscheibe abgeschliffen oder abgedreht werden. Bei dieser Arbeit sind besondere Vorsichtsmaßnahmen gegen das Eindringen schädlichen Kupferstaubes in die Ankerwicklung oder andere Teile der Maschine anzuwenden. Zweckmäßig ist es, durch eine Preßspanwand ein Verstauben der Maschinenteile möglichst zu verhindern. Ist ein Abdrehen des Kommutators notwendig, so soll die Umfangsgeschwindigkeit desselben dabei nicht zu groß sein. Das Abdrehen ist mit großer Vorsicht auszuführen, damit die Lamellenisolation nicht leidet. Nach dem Abdrehen müssen etwaige Überbrückungen der Lamellenisolation entfernt werden. Am Schluß muß der Kommutator mit Hilfe des Schleifkloßes gut geglättet werden.

In Betrieben mit Saug-, Generator- oder Hochofengas wird der Kommutator durch dieses oft stark angegriffen. Er muß dann öfter mit Petroleum gereinigt werden. Genügt dieses nicht, so ist es zweckmäßig, ihn mit verdünntem Salmiakgeist zu behandeln.

Auch bei Schleifringen ist dafür zu sorgen, daß die Lauffläche stets blank ist, und daß sie rund läuft. Ist letzteres nicht mehr der Fall, oder sind Rillen eingelaufen, so ist es notwendig, die Schleifringe abzdrehen und zu polieren. Letzteres geschieht mit dem Schleifkloß.

Besondere Aufmerksamkeit erfordern weiter die Bürsten an den Kommutatoren und Schleifringen. Sie nutzen sich allmählich ab und müssen also von Zeit zu Zeit erneuert werden. Außerdem ist darauf zu achten, daß der Druck, mit dem die Bürsten aufliegen, die vorgeschriebene Größe

hat und bei allen Bürsten möglichst gleichmäßig ist. Man muß also den Auflagedruck von Zeit zu Zeit kontrollieren, wozu unter Umständen eine Federwaage Verwendung finden kann. Bei einiger Übung wird im allgemeinen ein Einstellen des Druckes nach Gefühl möglich sein. Es ist auch zu kontrollieren, ob die Bürsten richtig in den Haltern sitzen und sich nicht klemmen.

Wenn die abgenutzten Bürsten durch neue ersetzt werden müssen, so ist besonders darauf zu achten, daß die richtige Sorte verwendet wird, daß die Bürsten genau in die Halter passen, der Auflagedruck richtig ist und etwa vorhandene Seilchen zur Ableitung des Stromes ordnungsmäßig funktionieren. Es ist ferner darauf zu achten, daß die Bürstenhalter richtig sitzen, so daß eine gleichmäßige Abnutzung des Kommutators bzw. des Schleifringes erreicht wird. Sind die Bürsten im Halter fest eingespannt, so muß dieser leicht beweglich sein; sind die Bürsten lose im Halter, so dürfen sie nicht zuviel Spiel haben, aber auch nicht klemmen. Nach dem ersten Aufsetzen sind die Bürsten mit Schmirgelleinen gut einzuschleifen. Das Leinen wird zwischen Schleiffläche und Bürsten so durchgezogen, daß die Kanten der Bürsten dabei nicht gebrochen werden. Bei Maschinen für eine bestimmte Drehrichtung ist es zweckmäßig, am Schluß des Einschleifens die Kohlen nur bei Bewegung des Schmirgelleinens in der richtigen Drehrichtung aufliegen zu lassen. Bei Maschinen mit sehr breiten Kohlenbürsten empfiehlt es sich, für eine gute Auflage der Bürsten dadurch zu sorgen, daß man die Maschine leer mit aufgelegten und eingeschliffenen Bürsten einige Zeit laufen läßt, bevor man sie belastet. Die richtige Verteilung der Bürsten auf der Schleiffläche ist von großer Bedeutung, weil diese von den positiven und negativen Bürsten verschieden stark angegriffen wird. Es müssen deswegen auf jeder Stelle der Schleiffläche gleich viel positive und negative Bürsten schleifen. Namentlich bei breiten Kommutatoren ist darauf zu achten, daß die Lauffläche sich gleichmäßig abnutzt, und daß Rillen- und Riefenbildung vermieden wird. Die verschiedenen Bürstenätze sollen deswegen seitwärts immer etwas versetzt werden. Man achte auch darauf, daß die Bürsten am Umfang der Kommutatoren richtig verteilt sind. Nach dem Einschleifen der Bürsten sind der Kommutator, die Bürstenhalter und die Wicklungen ordentlich zu reinigen.

Die verschiedenen Maschinen arbeiten durchaus nicht etwa mit den gleichen Kohlenbürsten. Nach dem Normenblatt DIN VDE 2900 unterscheidet man folgende Sorten:

- H Harte Kohlen,
- G Graphitkohlen,
- MG Metallhaltige Kohlen (Metallgehalt weniger als 50%),
- M Metallhaltige Kohlen (Metallgehalt mehr als 50%),

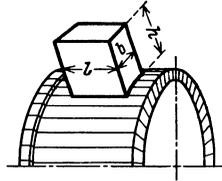
für die die beigedruckten Buchstaben zur Abkürzung festgesetzt sind und die bei Nachbestellungen verwendet werden sollen, z. B. Bezeichnung einer

Flachkohlenbürste von 10 mm Länge, 8 mm Breite und 25 mm Höhe, mit mehr als 50% Metallgehalt:

Kohle 10 × 8 × 25 VDE 2900 M.

Des Weiteren sind auch die Abmessungen der Kohlenbürsten genormt. Nach DIN VDE 2900 sind nachfolgende Abmessungen der Kohlen festgelegt.

l Abmessung der Kohle in Richtung der Achse = Länge,
b Abmessung der Kohle in Richtung des Umfanges = Breite,
h Abmessung der Kohle in Richtung des Durchmessers = Höhe.



				mm												mm							
Schleiffläche			<i>h</i>								Schleiffläche			<i>h</i>									
<i>l</i>	<i>b</i>	1 × <i>b</i> cm ²	16	20	25	32	40	50	64	80	1	<i>b</i>	1 × <i>b</i> cm ²	16	20	25	32	40	50	64	80		
5	5	0,25									12,5	16	2			25	32	40					
	5	0,32	16									20	2,5						40				
	6,4	0,41	16									25	3,12						40				
	8	0,51										32	4					32					
	10	0,64										40	5						40				
	12,5	0,8																					
6,4	16	1,02	16								16	5	0,8										
	5	0,4										6,4	1,02	16	25	32							
	6,4	0,51										8	1,28	16	25								
	8	0,64										10	1,6		25	32							
	10	0,8										12,5	2		25	32	40						
	12,5	1										16	2,56		25	32							
8	16	1,28				32					20	20	3,2										
	20	1,6	20	25						25		4											
	25	2	20							32		5,12			32								
	5	0,5	20	25						40		6,4			40	50							
	6,4	0,64	20																				
	8	0,8	20	25																			
10	10	1	20	25							20	5	1			32							
	12,5	1,25		25						8		1,6	20	32									
	16	1,6		25						10		2	20	32	50								
	20	2								12,5		2,5		32	40								
	25	2,5								16		3,2	16	32	50								
	5	0,62								20		4		32	50								
12,5	6,4	0,8				32				25	5												
	8	1				32	40			32	6,4			32									
	10	1,25				32	40			40	8				40	50							
	12,5	1,56								5	1,25												
										6,4	1,6												
										8	2			25	32	40		64					

mm				mm								mm				mm								
Schleiffläche			h								Schleiffläche			h										
l	b	l × b cm ²	16	20	25	32	40	50	64	80	l	b	l × b cm ²	16	20	25	32	40	50	64	80			
25	10	2,5			25	32	40		64		40	8	3,2					40						
	12,5	3,12			25		40		64			10	4						40	50	64			
	16	4					40		64			12,5	5						40		64			
	20	5					40	50	64			16	6,4						40	50	64			
	25	6,25					40		64			20	8						40	50	64			
	32	8										25	10							50	64			
	40	10										32	12,8									64		
	50	12,5					40	50				40	16											
32	5	1,6				32					50	5	2,5											
	6,4	2,04					40					6,4	3,2											
	8	2,56				32	40		64			8	4											
	10	3,2				32	40	50	64			10	5											
	12,5	4			25	32	40	50	64			12,5	6,25							50	64	80		
	16	5,12				32	40	50	64			16	8											
	20	6,4			25			50	64			20	10											
	25	8			25			50				25	12,5											
40	32	10,24									50	32	16											
	40	12,8						50				40	20											
	50	16						50				50	25											

In dem genannten Normenblatte sind weiterhin noch Angaben über Toleranzen und Spiel für Halter und Rollen gemacht. Außerdem ist die Ausführung der Seile einheitlich festgelegt durch das Normenblatt DIN VDE 2904, und zwar wie folgt:

Querschnitt mm ²	Einzeldrähte		Seil-	
	Zahl münd.	Durchmesser mm	durchmesser mm	gewicht kg für 1000 m
0,5	256	0,05	0,9	4,6
0,75	384	0,05	1,2	7
1	512	0,05	1,6	9
1,5	399	0,07	2	14
2,5	651	0,07	2,5	23
4	1036	0,07	3,6	38
6	1554	0,07	4,2	57
10	2604	0,07	5,5	95
16	4123	0,07	6,7	154

Über die Zahl, die Querschnitte und die zulässige Belastung der Seile sind in der ETZ 1927, S. 1241 ausführliche Angaben enthalten, von denen die wichtigsten hier wiedergegeben seien:

Bürstenquer- schnitt $l \times b^1$ cm ²	Seile für Kohlenarten					
	Graphitbürsten			Bronzebürsten		
	An- zahl	Querschnitt mm ²	Belastung in A	An- zahl	Querschnitt mm ²	Belastung in A
0,25	1	0,5	2,5	1	1	4,5
0,32	1	0,5	3,2	1	1	4,76
0,41	1	0,5	4	1	1	7,2
0,5	1	1	5	1	1,5	9
0,512	1	1	5,12	1	1,5	9,2
0,625	1	1	6,25	1	1,5	11,25
0,64	1	1	6,4	1	1,5	11,52
0,8	1	1	8	1	1,5	14,4
1	1	1,5	10	1	2,5	18
1,02	1	1,5	10,2	1	2,5	18,36
1,25	1	1,5	12,5	1	4	22,5
1,28	1	1,5	12,8	1	4	23
1,56	1	2,5	15,6	1	4	28
1,6	1	2,5	16	1	4	28,8
2	1	2,5	20	$\frac{2}{1}$	$\frac{2,5}{6}$	36
2,5	$\frac{1}{2}$	$\frac{4}{2,5}$	25	1	6	45
2,56	$\frac{1}{2}$	$\frac{4}{2,5}$	25,6	1	6	46
3,2	$\frac{1}{2}$	$\frac{4}{2,5}$	32	2	4	57,6
4	2	4	40	2	6	72
5	2	4	50	2	6	90
5,12	2	4	51,2	2	6	92,2
6,25	2	4	62	2	10	112
6,4	2	4	64	2	10	115
8	2	4	64	2	10	128
10	2	6	80	4	10	160
10,24	2	6	80	4	10	160
12,5	2	6	100	4	10	200
12,8	2	6	100	4	10	200
16	2	6	100	4	10	200
20	2	6	100	4	10	200
25	2	10	125	4	10	250

Bei der vorstehend angegebenen Zuordnung der Seile zu den Kohlen ist von folgender Belastung der Bürstenarten ausgegangen worden:

Bürstenquerschnitt in cm ²	Graphitbürsten Belastung in cm ²	Bronzebürsten Belastung in cm ²
bis 6,4	10	18
von 8 bis 12,8	8	16
16	6	12
von 20 bis 25	5	10

¹ Über die normalen Werte von l und b siehe Tafel auf S. 95.

Bei künstlich gelüfteten Maschinen ist meist eine Luftreinigungsanlage eingeschaltet, die einer dauernden Wartung bedarf. Die Filter sind öfter von angesammeltem Staub zu reinigen, damit genügend Luft durch diese hindurchströmen kann. Bei Maschinen mit Luftumlauf muß die Rückfühlanlage für die warme Luft dauernd unter Aufsicht gehalten werden. Erleichtert kann diese durch eine besondere Luftfühler-Überwachungseinrichtung werden, wie eine solche z. B. ETZ 1926, S. 1523 beschrieben ist. Bezüglich des Feuereschutzes an elektrischen Maschinen ist das Notwendige schon bei § 4³ gesagt worden. Diese Feuereschutzeinrichtungen sind dauernd gut unter Aufsicht zu halten.

Elektrische Maschinen, an denen betriebsmäßig Funken auftreten, dürfen nach den allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften für die Betriebe der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik nur in Räumen aufgestellt werden, in denen unter normalen Verhältnissen eine Explosion durch Entzündung von Gasen, Staub oder Fasern ausgeschlossen ist, sofern die Maschinen nicht für die besonderen Verhältnisse explosionsicher gebaut sind. In allen Fällen sind sie so aufzustellen, daß etwa im Betriebe der elektrischen Einrichtung auftretende Feuererscheinungen brennbare Stoffe nicht entzünden können. Nahe beieinander liegende blankte Klemmen verschiedener Polarität oder Phase müssen gegen zufällige Berührung abgedeckt werden.

Nach den Normal-Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes deutscher Berufsgenossenschaften IV, § 2 müssen Räume für Kraftmaschinen gut beleuchtet, wirksam entlüftet und, wenn die Maschinen darin einer dauernden Wartung bedürfen, in kalter Jahreszeit erwärmt sein.

Der Aufstellungsraum von Maschinen muß aber nicht nur mit Rücksicht auf die Bedienung derselben, sondern auch mit Rücksicht auf die Haltbarkeit der Isolierung gegen zu starken und häufigen Temperaturwechsel geschützt sein; die Temperatur solcher Räume soll im allgemeinen nicht unter 0° C sinken und nicht über 35° C steigen. Für letzteren Wert sind die Vorschriften für elektrische Maschinen des VDE aufgestellt, und dementsprechend werden alle Maschinen für diesen Höchstwert der Raumtemperatur bemessen. Wird der Wert von 35° C überschritten, so ergibt sich eine geringere Ausnutzungsfähigkeit der Maschinen, worüber später noch genauere Angaben gemacht werden. Bei zu starkem Temperaturwechsel tritt leicht ein Beschlagen von Wicklungen und Metallteilen mit Wasser ein, wodurch die Isolierung der Maschine leidet.

Der Aufstellungsort von Maschinen soll trocken sein, da etwaige Feuchtigkeit die Isolierung verschlechtert. Ist eine Maschine feucht geworden, was besonders dann eintreten kann, wenn sie längere Zeit außer Betrieb war, dann muß sie getrocknet werden. Das kann entweder dadurch geschehen, daß die Maschine von außen her erwärmt wird, z. B. in einem Trockenofen, oder daß Strom zur Trocknung durch die Maschinen hindurchgeschickt wird. Dadurch wird die Trocknung von innen heraus erreicht. Man kann auch den Strom zum Trocknen der Maschine durch

diese selbst erzeugen lassen, indem man sie kurz geschlossen laufen läßt und so erregt, daß die geeignete Stromstärke zustande kommt. Bei Hochspannungsmaschinen muß man hierbei aber darauf achten, daß auch in einer kurz geschlossenen Maschine schon beträchtliche Spannungen auftreten können. Es sind dann also besondere Vorsichtsmaßnahmen notwendig.

Bei bewegter Luft wird das Trocknen erleichtert, weswegen es zweckmäßig ist, dies bei rotierender Maschine zu machen. Bei zu starker Lüftung wird natürlich die Erwärmung nicht genügend sein. Bei der Trocknung darf die Erwärmung nicht zu weit getrieben werden. Zu diesem Zwecke muß man sich durch Temperaturmessungen unter Umständen von der Einhaltung der richtigen Erwärmung überzeugen. Über die Temperaturen, die die Isolierstoffe noch aushalten, gibt die weiter unten wiedergegebene Tabelle Aufschluß.

Die Isolierung einer neuen Maschine wird in der ersten Betriebszeit zunächst im allgemeinen etwas besser werden, da sie durch den Gebrauch gut austrocknet. Später wird aber der Isolationswert wieder fallen, ohne daß man daraus schließen kann, daß der Isolierstoff gelitten hätte. Der Grund ist darin zu suchen, daß sich allmählich Staub ansetzt, und so Brücken für Stromübergänge gebildet werden. Man hält es deswegen auch für bedenklich, Prüfungen von Maschinen mit gesteigerter Spannung, wie sie für neue Maschinen vom VDE vorgeschrieben sind, nach längerem Betriebe zu wiederholen. Man prüft daher die schon im Betriebe befindlichen Maschinen zweckmäßig nur mit der normalen Spannung, und zwar Wicklung gegen Körper. Dann hat jede einzelne Isolierung die volle Spannung auszuhalten, während sie im normalen Betriebe im allgemeinen nur der halben Spannung ausgesetzt ist, da ja gewöhnlich zwei Isolierungen hintereinander liegen. Auf diese Weise kann man schleichende Fehler leicht herausfinden, ohne die Isolierung einer gefährlichen Überanspruchung auszusetzen.

Eine zeitweilige Messung des Isolationswertes einer Maschine hat insofern eine Bedeutung, als derartige Zahlen einen ungefähren Anhalt über den Zustand derselben geben können, so daß das Entstehen größerer Fehler rechtzeitig erkannt werden kann.

Die Kommission für Maschinen und Transformatoren des VDE hat entschieden, daß die in § 48 der REM festgesetzten Spannungsproben nur für neue Maschinen gelten, daß also reparierte alte Maschinen ihnen nicht mehr zu entsprechen brauchen.

Nach Beschluß der Kommission für Maschinen und Transformatoren des VDE sollen die von ihr aufgestellten Prüfvorschriften auf alte Maschinen, die repariert worden sind, nicht angewendet werden.

Es kommt im Betriebe öfter vor, daß Apparate, Maschinen usw. ausgetauscht werden müssen oder Veränderungen bzw. Erweiterungen vorzunehmen sind. Es ist deswegen wichtig, daß das Betriebspersonal solche Arbeiten auszuführen in der Lage ist. Früher hatte jede Firma ein eigenes

System zur Bezeichnung der Klemmen von Maschinen und dazugehörigen Apparaten. Man war infolgedessen stets auf das mitgegebene Schema angewiesen; war dieses nicht zur Stelle, so konnte man aus den Bezeichnungen in der Regel nicht klug werden. Diese Schwierigkeiten sind durch die vom VDE geschaffenen „Normen für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen, Anlassern, Reglern und Transformatoren“ beseitigt, die seit dem 1. Juli 1909 gelten und ETZ 1908, S. 874; 1909, S. 506 abgedruckt sind. Erläuterungen dazu sind ETZ 1908, S. 469 von Dr.-Ing. Katalis veröffentlicht. Im Abschnitt III sind unter C diese Normen wiedergegeben worden.

Zuweilen sollen vorhandene Gleichstrommotoren als Generatoren oder umgekehrt Verwendung finden. In der Regel kann eine solche Vertauschung in der Benutzung ohne weiteres ausgeführt werden. Im allgemeinen ist die Leistung der als Dynamo gebauten Maschine als Motor so, daß die Stromaufnahme als Motor die gleiche sein kann wie die Stromabgabe als Dynamo. Die Umlaufszahl ist dann als Motor kleiner als diejenige, die sie als Dynamo haben sollte, und zwar wird die Abweichung ca. 15% betragen. Eine als Motor gebaute Maschine wird in der Regel auch als Dynamo verwendet werden können, wobei sie annähernd die gleiche Leistung abgeben kann, wie sie als Motor aufnehmen sollte. Sie muß mit einer um 15 bis 20% höheren Umlaufszahl als die, für die sie bestimmt war, betrieben werden, damit sie bei Vollaft noch die normale Spannung gibt.

In manchen Betrieben, wie z. B. in chemischen Fabriken, Bergwerken, Hüttenwerken usw., kommt es vor, daß die Schilder von Maschinen stark leiden, besonders durch Oxidation. Dadurch können die auf dem Schilde verzeichneten Angaben nur noch schwer oder unter Umständen gar nicht mehr ermittelt werden. Es ist nun wichtig, daß man immer über die Einzelheiten der Maschinen genau Bescheid weiß, und es empfiehlt sich daher, in solchen Fällen im Betriebsbüro Abschriften der Schildangaben, am besten in Form einer Karteothek, niederzulegen.

Wenn es sich im Betriebe als notwendig erweist, eine Maschine umwideln zu lassen, und diese Arbeit einem anderen als dem Hersteller derselben übertragen wird, so muß nach § 84 der Regeln für elektrische Maschinen des VDE die ändernde Firma neben dem Ursprungsschilde ein Schild anbringen, das den Namen der Firma, die neuen Angaben der Maschine nach § 80 u. ff. der Regeln für elektrische Maschinen und die Jahreszahl der Änderung enthält.

Bei asynchronen Drehstrommotoren, die sehr hoher Beanspruchung ausgesetzt sind, kommt nach einigen Betriebsjahren leicht ein Schleifen des Rotors am Stator vor. Es ist deswegen wichtig, solche Motoren daraufhin zeitweilig zu untersuchen und gegebenenfalls die Lagerfalten auszuwechseln, falls das Schleifen auf zu starke Abnutzung derselben zurückzuführen ist. Bei den genormten Drehstrommotoren nach DIN VDE 2650 und 2651 sind deswegen zwei Werte für den Luftspalt vorgeesehen,

und zwar der kleinere für normale Verwendungsgebiete, der größere für Schwerbetriebe. Im letzteren Falle ist natürlich der Leistungsfaktor schlechter. Man wird deswegen solche Motoren mit vergrößertem Luftabstand nur verwenden, wenn besondere betriebliche Verhältnisse vorliegen. Das ist außer bei einigen Antrieben für Arbeitsmaschinen besonders auch nötig bei Drehstrommotoren für unterirdische Wasserhaltung nach DIN VDE 2652 und bei Drehstrom-Kranmotoren nach DIN VDE 2660¹.

Die Drehstrommotoren für unterirdische Wasserhaltung sind gemäß dem eben schon erwähnten Normenblatt DIN VDE 2652 in ihren Hauptabmessungen auf Wunsch der Verbraucher in der Weise einheitlich festgelegt worden, daß bei Schäden an Motoren der für Bergwerke so außerordentlich wichtigen Wasserhaltungen die Motoren schnellstens und ohne besondere Umstände ausgewechselt werden können, da alle Firmen nach den gleichen Abmessungen liefern².

Nach den Normal-Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes der deutschen Berufsgenossenschaften IV, § 11 muß der Maschinenwärter die Beleuchtungseinrichtung des Maschinenraumes rechtzeitig benutzen.

Derjenige, der den Betrieb einer elektrischen Anlage leitet, wird über die Grenzen der Benutzbarkeit, d. h. zulässige Belastung, Erwärmung usw. der in der Anlage verwendeten Maschinen Bescheid wissen müssen. Aus diesem Grunde mögen nachstehend die hierfür wichtigsten Angaben der vom VDE aufgestellten „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen REM 1923“ wiedergegeben werden.

Die Maschinen sollen bei Nennleistung und Nennfrequenz Generatoren auch bei Nennzahl und Nennleistungsfaktor, eine Spannung entwickeln oder mit ihr betrieben werden können, die bis zu $\pm 5\%$ von der Nennspannung abweicht, ohne daß bei den Grenzwerten der Spannung die Erwärmungsgrenzen um mehr als 5°C überschritten werden.

Diese Bestimmung gilt nicht für Gleichstrom-*Bahngeneratoren*.

Maschinen für Nennspannungen, die in weiteren Grenzen als $\pm 5\%$ veränderlich sind, unterliegen nicht der vorstehenden Bestimmung.

Generatoren müssen so reichlich bemessen sein, daß sie bei den Nennwerten von Drehzahl, Leistungsfaktor und Erreger­spannung bei 25% Stromüberlastung im betriebswarmen Zustande die Nennspannung erzeugen können.

Als Erwärmung einer Wicklung gilt der höhere der beiden folgenden Werte.

1. Mittlere Erwärmung, errechnet aus der Widerstandszunahme.
2. Ortliche Erwärmung an der heißesten zugänglichen Stelle, gemessen mit dem Thermometer.

¹ Näheres darüber siehe Dettmar: Erläuterungen zu den Regeln für Maschinen, Transformatoren und Bahnmotoren. 6. Aufl., S. 267, 274 und 280. Berlin: Julius Springer. 1925.

² Näheres darüber siehe in dem oben erwähnten Erläuterungsbuche von Dettmar S. 270.

Wenn die Widerstandmessung untunlich ist, so wird die Thermometermessung allein angewendet.

Die Erwärmung t in $^{\circ}\text{C}$ von Kupferwicklungen wird nach folgenden Formeln aus der Widerstandzunahme berechnet, in denen

T_{kalt} die Temperatur der kalten Wicklung,

R_{kalt} den Widerstand der kalten Wicklung,

R_{warm} den Widerstand der warmen Wicklung

bedeutet:

1. bei Maschinen für Dauer- und aussetzenden Betrieb

$$t = \frac{R_{\text{warm}} - R_{\text{kalt}}}{R_{\text{kalt}}} (235 + T_{\text{kalt}}) - (T_{\text{Kühlmittel}} - T_{\text{kalt}}),$$

2. bei Maschinen für kurzzeitigen Betrieb

$$t = \frac{R_{\text{warm}} - R_{\text{kalt}}}{R_{\text{kalt}}} (235 + T_{\text{kalt}}),$$

wobei die Werte R_{kalt} und T_{kalt} für den Beginn der Prüfung gelten.

Es ist darauf zu achten, daß alle Teile der Wicklung bei der Messung von R_{kalt} die gleiche mit dem Thermometer zu messende Temperatur T_{kalt} besitzen.

Bei Maschinen für kurzzeitigen Betrieb ist die Betriebsdauer meistens so kurz und die Zeitkonstante der Maschine so groß, daß der Einfluß einer Änderung der Kühlmitteltemperatur auf die Erwärmung der Maschine während der Betriebszeit nur sehr gering ist. Ihre Berücksichtigung würde daher zu größeren Fehlern führen als ihre Nichtberücksichtigung.

Zur Temperaturmessung mittels Thermometer sollen Quecksilber- oder Alkoholthermometer verwendet werden. Zur Messung von Oberflächentemperaturen sind auch Widerstandsspulen und Thermoelemente zulässig, doch ist im Zweifelsfalle das Quecksilber- oder Alkoholthermometer maßgebend.

Es muß für gute Wärmeübertragung von der Meßstelle auf das Thermometer gesorgt werden. Bei Messung von Oberflächentemperaturen sind Meßstelle und Thermometer gemeinsam mit einem schlechten Wärmeleiter zu bedecken.

Die Messung der Widerstandzunahme ist möglichst während des Probelaufes, sonst aber unmittelbar nach dem Ausschalten vorzunehmen. Der Zufluß von Kühlluft bzw. Kühlwasser ist gleichzeitig mit dem Ausschalten abzustellen. Die Auslaufzeit ist, wenn nötig, künstlich abzukürzen.

Die Thermometermessung ist nach Möglichkeit während des Probelaufes, nötigenfalls mit Maximalthermometer, jedenfalls aber nach dem Abstellen vorzunehmen. Wenn auf dem Thermometer nach dem Abstellen höhere Temperaturen, als während des Probelaufes, abgelesen werden, so sind die höheren maßgebend.

Ist vom Augenblick des Ausschaltens bis zu den Messungen so viel Zeit verstrichen, daß eine merkliche Abkühlung anzunehmen ist, so sollen die

Temperaturen im Augenblick des Ausschaltens durch Extrapolation ermittelt werden.

Als Temperatur des Kühlmittels gilt:

1. Bei Maschinen mit Selbstkühlung oder Eigenlüftung, die die Kühlluft dem Maschinenraume entnehmen: der Durchschnittswert der während des letzten Viertels der Versuchszeit in gleichen Zeitabschnitten gemessenen Temperatur der Umgebungsluft.

Es sind zwei oder mehr Thermometer zu verwenden, die, in 1 bis 2 m Entfernung von der Maschine (ungefähr in Höhe der Maschinenmitte) angebracht, die mittlere Zulufttemperatur messen sollen. Die Thermometer dürfen weder Luftströmungen noch Wärmestrahlung ausgesetzt sein.

Bei großen Maschinen für verenkten Einbau ist es zulässig, die Temperatur in der Grube künstlich auf die Außentemperatur zu bringen.

2. Bei Maschinen mit Eigen- oder Fremdlüftung, denen die Kühlluft durch besondere Leitungen zufließt, und

3. Bei Maschinen mit Wasserkühlung der Durchschnittswert der während des letzten Viertels der Versuchszeit in gleichen Zeitabschnitten am Eintrittspunkte gemessenen Temperatur des Kühlmittels.

Findet bei solchen Maschinen auch eine nennenswerte Wärmeabgabe an die Umgebungsluft statt, so gilt als Temperatur des Kühlmittels ein Mittelwert nach der Mischungsregel:

$$T_m = \frac{T_K W_K + T_L W_L}{W_K + W_L}.$$

Hierin bedeutet:

T_L die Temperatur der Umgebungsluft,

T_K die Temperatur des anderen Kühlmittels,

W_L die Wärmeabgabe an die Umgebungsluft in kW,

W_K die Wärmeabgabe an das andere Kühlmittel in kW.

Hinsichtlich ihrer Wärmebeständigkeit werden folgende Klassen von Isolierstoffen unterschieden:

I. Faserstoff ungetränkt, d. i. ungebleichte Baumwolle, natürliche Seide, Papier.

II. Faserstoff getränkt (imprägniert), d. i. ungebleichte Baumwolle, natürliche Seide und Papier, die mit einem erstarrenden oder trocknenden Isoliermittel getränkt sind.

III. Faserstoff in Füllmasse, d. i. eine Isolierung, bei der alle Hohlräume zwischen den Leitern durch Isoliermasse derartig ausgefüllt sind, daß ein massiver Querschnitt ohne Luftzwischenräume entsteht.

IV. Lack zum wärmebeständigen Überzug für Lackdraht (sogen. Emaildraht).

V. Präparate aus Glimmer und Asbest, d. s. aus Glimmer und Asbestteilchen aufgebaute Präparate, deren Bindemittel und Faserstoffe Veränderungen unterliegen können, ohne die Isolierung mechanisch oder elektrisch zu beeinträchtigen.

Reihe Nr.	Isolierung	Maschinenteil	Grenztemperatur	Grenzermwärmung	Meßverfahren
1	Faserstoff ungetränkt Klasse I	In Nuten gebettete Wechselstrom-Ständerwicklungen	75° C	40° C	Widerstandszunahme, Kontrolle durch Thermometer.
2		Alle anderen Wicklungen mit Ausnahme von Reihe 9 und 10	85° C	50° C	
3	Faserstoff getränkt Klasse II	In Nuten gebettete Wechselstrom-Ständerwicklungen	85° C	50° C	
4		Alle anderen Wicklungen mit Ausnahme von Reihe 9 und 10	95° C	60° C	
5	Faserstoff in Füllmasse Klasse III	Alle Wicklungen mit Ausnahme von Reihe 9 und 10	95° C	60° C	
6	Lackisolierung (Lackdraht) Klasse IV	Alle Wicklungen mit Ausnahme von Reihe 9 u. 10	105° C	70° C	
7	Glimmer und Asbestpräparate Klasse V	Alle Wicklungen mit Ausnahme von Reihe 9 und 10	115° C	80° C	
8	Hohglimmer, Porzellan und feuerfeste Stoffe Klasse VI	Alle Wicklungen mit Ausnahme von Reihe 9 und 10	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile		
9	Isolierung Klasse I—VI	Einlagige blanke Feldwicklungen mit Papierzwischenlagen	100° C	65° C	
10		Dauernd kurzgeschlossene Wicklungen	5° mehr als Reihe 1 bis 7	5° mehr als Reihe 1 bis 7	
11	unisoliert	Dauernd kurzgeschlossene Wicklungen	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile		
12	—	Eisenkern ohne eingebettete Wicklungen	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile		
13	—	Eisenkern mit eingebetteten Wicklungen	Wie Reihe 1 bis 7	Wie Reihe 1 bis 7	
14	—	Kommutator und Schleifringe	95° C	60° C	
15	—	Lager	80° C	45° C	
16	—	Alle anderen Teile	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile		

Thermometer

VI. Rohglimmer, Porzellan und andere feuerfeste Stoffe.

Die höchstzulässigen Grenzwerte von Temperatur und Erwärmung sind nachstehend zusammengestellt.

Die Grenzwerte für die Erwärmung gelten unter der Voraussetzung, daß die Kühlmitteltemperatur 35° C nicht überschreitet.

Die Grenzwerte für die Temperatur gelten immer. Die Grenzwerte für die Erwärmung dürfen nur dann überschritten werden, wenn die Kühlmitteltemperatur stets so niedrig bleibt, daß die Grenztemperaturen nicht überschritten werden.

Maschinen für Dauerbetrieb müssen im betriebswarmen Zustande während 2 min. den 1,5fachen Nennstrom ohne Beschädigung oder bleibende Formänderung aushalten. Diese Motoren müssen bei Nennspannung, Wechselstrommotoren auch bei Nennfrequenz mindestens folgende Rippmomente entwickeln können:

1. Motoren für Dauer- und kurzzeitigen Betrieb:
Rippdrehmoment $\geq 1,6 \times$ Nennmoment,
2. Motoren für ausgesetzten Betrieb:
Rippdrehmoment $\geq 2 \times$ Nennmoment.

Rippmoment ist das höchste Drehmoment, das ein Motor im Lauf entwickeln kann.

In kaltem Zustande können elektrische Maschinen meistens erheblich höhere Überlastungen aushalten, vorausgesetzt, daß sie nur so lange dauern, daß keine gefährliche Erwärmung eintritt. Die Überlastungen können also um so höher sein, je kürzere Zeit sie dauern.

Die Messung von Temperaturen an Maschinen und Apparaten stößt bei einigen Bauarten bzw. Einbauweisen auf Schwierigkeiten. Eine direkte Messung mit Thermometer ist zuweilen nicht möglich. Die Messung mit Thermoelementen oder Widerständen bietet auch vielfach Schwierigkeiten; namentlich bei Hochspannung können sie erheblich werden. In solchen Fällen kann man sich durch annähernde Feststellung der Temperatur mit Hilfe von Meßperlen in Glasröhren oder in Papier eingeschlossene Chemikalien helfen, wie dies vorstehend bei § 4³ näher auseinandergesetzt ist¹.

Es kommt zuweilen vor, daß die Aufstellung von Maschinen sich derart als notwendig erweist, daß die natürliche Lüftung behindert ist. Das kann z. B. eintreten, wenn eine Maschine in einem sehr engen Raume Aufstellung findet oder nachträglich durch einen Schuttkasten gegen Staub usw. geschützt wird. In solchen Fällen würde die Maschine, wenn sie dauernd mit der Leistung betrieben wird, die für normale Belüftung vorgesehen war, zu warm werden. Nach § 19e der Regeln für elektrische Maschinen des VDE kann daher unter diesen Verhältnissen die Maschine dauernd nur eine geringere Leistung oder ihre Nennleistung nur kurzzeitig abgeben. Die Anwendung derartiger Schuttkästen ist überhaupt

¹ Weiter siehe auch EKB 1920, S. 46 und El. Be. 1925, S. 52.

nicht zu empfehlen, weil man nie die Sicherheit hat, daß die betreffende Maschine für die Verwendung eines solchen Schutzkastens gebaut ist. Es ist vielmehr empfehlenswert, Maschinen geeigneter Schutzart, von denen es gemäß § 19 der Regeln für elektrische Maschinen zehn verschiedene gibt, die allen Anwendungsmöglichkeiten gerecht werden, zu verwenden. Die Bayerische Versicherungskammer empfiehlt daher auch in ihrer Bekanntmachung vom 18. Oktober 1927, die in der Bayr. Staatszeitung vom 19. Oktober 1927 abgedruckt ist, Motoren offener Bauart nicht nachträglich durch Blechkapselung oder dergleichen in angeblich „feuerficher gekapselte“ Maschinen umzuändern. Sie verlangt vielmehr, daß die Motoren in Räumen mit leicht entzündlichem Inhalt in besondere feuerfichere Kammern eingebaut werden. Diese müssen ferner mindestens den 15fachen Inhalt des Raumes haben, der den Motor in den drei Raumrichtungen äußerlich umgrenzt. Ist z. B. ein Motor 0,5 m lang, 0,3 m breit und 0,37 m hoch, so muß die feuerfichere Kammer mindestens 0,83 cbm enthalten.

Es ist wichtig, im Betriebe darauf zu achten, daß die Räume, in denen Maschinen usw. aufgestellt sind, ausreichend belüftet werden, um eine zu starke Erwärmung derselben zu verhindern. Die vorstehend angegebenen Werte für die Grenzerwärmung von Maschinen beruhen auf einer Umgebungstemperatur von höchstens 35° C. Dieser Wert soll also im Betriebe nie überschritten werden¹.

In Betrieben mit einer größeren Zahl von Motoren und namentlich in solchen, in denen besonders schwierige Betriebsverhältnisse vorliegen, wie bei Hüttenwerken, Straßenbahnen, Grubenbahnen usw., wird es zweckmäßig sein, zur schnellen Nachprüfung von Ankerwicklungen, Magnetwicklungen usw. auf Isolationsfehler, Kurzschlüsse usw. Einrichtungen zur schnellen Auffindung von Fehlern vorrätig zu haben, wie solche von mehreren Firmen geliefert werden.

Transformatoren. In feuergefährlichen Betriebsstätten und Lageräumen muß gemäß § 34 der Errichtungsvorschriften die Umgebung von Transformatoren von entzündlichen Stoffen freigehalten werden.

Vor Beginn von Arbeiten an Ultratransformatoren ist es unbedingt notwendig, sich davon zu überzeugen, ob die Erdung noch in ordnungsmäßigem Zustande ist und einen wirklichen Schutz bietet. Das Herausnehmen von Ultratransformatoren aus dem Kessel muß mit besonderer Vorsicht ausgeführt werden. Empfehlenswert ist es, dies durch einen Spezialisten machen zu lassen.

Ebenso wie nach den Normal-Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes der deutschen Berufsgenossenschaften bei der Wartung von Maschinen und Triebwerken verlangt ist, daß die Arbeiter anschließende Kleidung tragen, ist dies auch bei Arbeiten an Transformatoren, namentlich solchen mit hoher Spannung, notwendig. In ähnlicher Weise, wie nach den gleichen Vorschriften der Maschinenwärter Unbefugten das Betreten

¹ Näheres darüber ist auch aus ETZ 1925, S. 21 zu ersehen.

des Maschinenraumes und den Aufenthalt dort nicht gestatten darf, wird es richtig sein, das gleiche auch auf Transformatorenräume anzuwenden.

An Transformatoren werden zum Zwecke der Spannungsreglung vielfach Anzapfungen vorgesehen, und es werden besondere Umschalter im Innern angebracht, die von außen betätigt werden können. Es sei noch darauf hingewiesen, daß nach dem Normenblatt DIN VDE 2600 über Einheitstransformatoren solche Umschaltungen nicht während des Betriebes vorgenommen werden dürfen. Es müssen vielmehr die Öl- und Trennschalter vorher auf der Oberspannungsseite geöffnet werden und, falls mehrere Transformatoren parallel arbeiten, auch die Schalter der Unterspannungsseite.

Die Belastungsverhältnisse der Transformatoren müssen im Betriebe von Zeit zu Zeit kontrolliert werden. Es empfiehlt sich, die Meßresultate in Kontrollkarten oder Bücher einzutragen. Ferner ist es zweckmäßig, Transformatoren zeitweilig auf das von ihnen verursachte Geräusch hin zu untersuchen. Infolge der Ammagnetisierung des Eisens brummen Transformatoren gleichmäßig, und zwar je nach Bauart mehr oder weniger. Der Ton ändert sich auch mit der Belastung. Der Bedienende wird mit der Zeit Erfahrung darin sammeln, ob das Geräusch außergewöhnlich ist oder nicht. Ursachen zur Änderung desselben können bestehen in der Lockerung von Teilen des Eisengestells, der Wicklungen usw. Auch Eisenschluß oder Wicklungsschlüsse können eine Verstärkung des Brummens herbeiführen. Unter Umständen würde es also notwendig sein, die Kerne der Transformatoren nachzuziehen, was zweckmäßig bei jeder Ölkontrolle gemacht wird. Haupttransformatoren sollten nach außergewöhnlichen Vorgängen, wie Kurzschlüsse usw., durch Abhören daraufhin untersucht werden, ob sie etwa gelitten haben.

In Betrieben, in denen eine große Zahl von Transformatoren zu überwachen ist, ist es empfehlenswert, die vom Oberschlesischen elektrotechnischen Verein im Einvernehmen mit dem Ausschuss für wirtschaftliche Fertigung aufgestellten Transformatorenkarten zu benutzen, die von der Geschäftsstelle des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung, Berlin NW 6, Luisenstr. 58, bezogen werden können. Über diese Karten ist Genaueres in dem Abschnitt über Maschinen auf S. 88 auseinandergesetzt, so daß darauf verwiesen sein möge.

In neuerer Zeit wird mit Erfolg zur Überwachung der Transformatoren der Buchholzschnitz benutzt. Der Grundgedanke desselben besteht darin, daß bei jedem nicht betriebsmäßigen Vorgang im Transformator, der zu einer Zerstörung des Apparates in mehr oder weniger großem Umfange Anlaß geben würde, sich an den der Störungsstelle benachbarten organischen Isoliermaterialien — Öl, Hartpapier, Baumwolle, Holz usw. — durch die lokale Erwärmung Gase bilden. Diese Gase sollen zur Feststellung entstehender Fehler und zur Abschaltung des Transformators vor Ausbildung größerer Zerstörungsteilen benutzt werden. Die aufsteigenden Gase sammeln sich normalerweise, soweit sie nicht im

Öl in Lösung gehen, unter dem Deckel des Transformators und fließen von dort aus durch das zum Ölkonservator führende Rohr.

Es ist zweckmäßig, Transformatoren mit Thermometern zur direkten Ableseung oder mit Fernmeldung auszurüsten, um ihre Erwärmung dauernd überwachen zu können. Es können dadurch ernsthafte Beschädigungen verhindert und Fehler rechtzeitig erkannt werden¹. Da die Erwärmung von Transformatoren, namentlich solcher großer Leistung, außerordentlich langsam zunimmt, ist es zweckmäßig, die zulässige Belastung derselben nach dem Thermometer zu bestimmen. Man kann dadurch eine wesentlich günstigere Ausnutzung der Transformatoren erreichen, indem sie z. B. kurzzeitig wesentlich überlastet werden können, wenn sie sich noch in kaltem Zustande befinden. Eine gleiche Überlastung würde aber nicht zulässig sein, wenn der Transformator durch vorhergehende Benutzung schon warm geworden ist. Es gibt eine Reihe von Einrichtungen zur Temperaturmeldung bei Ultratransformatoren, wie sie z. B. in der Zeitschrift „Der elektrische Betrieb“ 1924, S. 69 und S. 172 beschrieben sind.

Bei wassergekühlten Transformatoren ist es wichtig, den Wasserrundlauf ständig zu überwachen, weil beim Fehlen derselben die Erwärmung des Transformators zu groß werden könnte. Bei wichtigen Transformatoren wird auch hier eine selbsttätige Überwachungseinrichtung zweckmäßig sein.

Nach Verlauf von einigen Betriebsjahren sollte jeder Transformator aus dem Öl herausgenommen und gründlich nachgesehen werden. Besonders ist der anhaftende Schlamm zu entfernen, da dieser die Wärmeabführung hindert. Auch der Ölkasten muß vom Schlamm gereinigt werden. Bei wassergekühlten Transformatoren ist auch darauf zu achten, ob die Kühlschlangen verschlammmt sind oder sonst irgendwie Schaden gelitten haben. Ölschlamm wird zweckmäßig durch Petroleum, Petroläther, Benzol usw. beseitigt.

Für die gute Entlüftung² von Transformatorenräumen ist stets Sorge zu tragen, weil durch die im Transformator auftretenden Verluste leicht eine übermäßige Erwärmung des Raumes herbeigeführt werden kann. Die Temperatur solcher Räume soll nicht über 35° C steigen, da für letzteren Wert die Vorschriften für Transformatoren des VDE aufgestellt sind und er somit die Grundlage für die Bemessung bildet.

Wird der Wert von 35° C überschritten, so ergibt sich eine geringere Ausnutzungsfähigkeit, worüber später noch genauere Angaben gemacht werden.

Bei zu starkem Temperaturwechsel tritt leicht ein Beschlagen von Wicklungen und Metallteilen mit Wasser ein, wodurch die Isolierung leidet.

¹ Näheres darüber siehe ETZ 1917, S. 538; 1926, S. 677.

² ETZ 1925, S. 21.

Der Aufstellungsort von Transformatoren, die nicht in Öl stehen, soll trocken sein, da etwaige Feuchtigkeit die Isolierung verschlechtert. Ist ein Transformator feucht geworden, was besonders dann eintreten kann, wenn er längere Zeit außer Betrieb war, dann muß er getrocknet werden. Wie das zu geschehen hat, ist nachstehend noch näher besprochen.

Die Isolierung eines Trockentransformators wird in der ersten Betriebszeit zunächst im allgemeinen etwas besser werden, da er durch den Gebrauch gut austrocknet. Später wird aber der Isolationswert wieder fallen, ohne daß man daraus schließen kann, daß der Isolierstoff gelitten hätte. Der Grund ist darin zu suchen, daß sich allmählich Staub ansetzt, und so Brücken für Stromübergänge gebildet werden. Man hält es deswegen auch für bedenklich, Prüfungen solcher gebrauchter Transformatoren mit gesteigerter Spannung, wie sie für neue vom VDE vorgeschrieben sind, nach längerem Betriebe zu wiederholen. Man prüft daher schon im Betriebe befindliche Transformatoren zweckmäßig nur mit der normalen Spannung, und zwar Wicklung gegen Körper. Dann hat immer noch jede einzelne Isolierung die volle Spannung auszuhalten, während sie im normalen Betriebe im allgemeinen nur der halben Spannung ausgesetzt ist, da ja gewöhnlich zwei Isolierungen hintereinander liegen. Auf diese Weise kann man schleichende Fehler leicht herausfinden, ohne die Isolierung einer gefährlichen Überanspruchung auszusetzen.

Eine zeitweilige Messung des Isolationswertes eines Transformators hat insofern eine Bedeutung, als derartige Zahlen einen ungefähren Anhalt über den Zustand derselben geben können, so daß das Entstehen größter Fehler rechtzeitig erkannt werden kann.

Nach Beschluß der Kommission für Maschinen und Transformatoren des VDE sollen die von ihr aufgestellten Prüfvorschriften auf alte Transformatoren, die repariert worden sind, nicht angewendet werden.

Sind Trockentransformatoren längere Zeit abgeschaltet gewesen, so besteht wie bereits erwähnt die Gefahr, daß sie feucht geworden sind. Aber auch bei Öltransformatoren kann das Öl Feuchtigkeit aufgenommen haben. Die Transformatoren müssen also in diesem Falle getrocknet werden. Das kann bei kleinen Transformatoren dadurch geschehen, daß sie in einem Trockenofen oder mit Hilfe eines offenen Feuers erwärmt werden. Hierbei ist natürlich Vorsicht geboten, und es darf nur ein mäßiges Feuer mit Holz oder Holzkohle benutzt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Trocknung im Kurzschluß. Das kann man dadurch ausführen, daß die eine Wicklung kurz geschlossen und die andere an eine Spannung gelegt wird, die der Kurzschlußspannung des Transformators ungefähr entspricht. In Frage kommt dafür etwa 4 bis 6% der normalen Spannung. Als Stromstärke, mit der getrocknet wird, ist zweckmäßig das $1\frac{1}{4}$ - bis $1\frac{1}{2}$ -fache des Normalstromes zu wählen. Bei Hochspannung muß man hierbei aber darauf achten, daß auch in einer kurz geschlossenen Wicklung schon beträchtliche Spannungen auftreten können. Es sind dann also besondere Vorsichtsmaßnahmen notwendig. Bei der Trocknung darf

die Erwärmung nicht zu weit getrieben werden. Zu diesem Zwecke muß man sich durch Temperaturmessungen unter Umständen von der Einhaltung der richtigen Erwärmung überzeugen. Aber die Temperaturen, die die Isolierstoffe noch aushalten, gibt die weiter unten wiedergegebene Tabelle Aufschluß.

Bei Öltransformatoren kann das Erwärmen des Öls auch durch eingebrachte, zweckmäßig bemessene Heizwiderstände erfolgen. Die Temperatur der letzteren muß aber so niedrig sein, daß das Öl nicht Schaden leidet. Das Trocknen großer Transformatoren geschieht am besten mit besonderen Einrichtungen unter Vakuum.

Wenn die natürliche Lüftung eines Transformators durch Aufstellung in einem zu engen Raume oder durch einen nachträglich angebrachten Schutzkasten behindert wird, so kann der Transformator dauernd nur eine geringere Leistung oder seine Nennleistung nur kurzzeitig abgeben.

Öltransformatoren bzw. die Räume, in denen sie aufgestellt sind, müssen mit Rücksicht auf die leichte Brennbarkeit des Öles einen zuverlässig wirkenden Feuerchutz haben. Diesbezüglich sei auf das zu § 4³ Gesagte hingewiesen.

Sind Transformatoren längere Zeit ausgeschaltet gewesen, so muß der Wärter vor Wiedereinschaltung derselben sich überzeugen, ob die Transformatoren noch in betriebsfähigem Zustande sind und die vorhandenen Schutzeinrichtungen ordnungsmäßig arbeiten.

Es kommt im Betriebe öfter vor, daß Apparate, Transformatoren usw. ausgewechselt werden müssen oder Veränderungen bzw. Erweiterungen vorzunehmen sind; es ist deswegen wichtig, daß das Betriebspersonal solche Arbeiten auszuführen in der Lage ist. Früher hatte jede Firma ein eigenes System zur Bezeichnung der Klemmen von Transformatoren und dazugehörigen Apparaten. Man war infolgedessen stets auf das mitgegebene Schema angewiesen; war dieses nicht zur Stelle, so konnte man aus den Bezeichnungen in der Regel nicht klug werden. Diese Schwierigkeiten sind durch die vom VDE geschaffenen „Normen für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen, Anlässern, Reglern und Transformatoren“ beseitigt, die seit dem 1. Juli 1909 gelten und ETZ 1908, S. 874; 1909, S. 506 abgedruckt sind. Erläuterungen dazu sind ETZ 1908, S. 469 von Dr.-Ing. Natalis veröffentlicht. Im Abschnitt III sind unter C diese Normen wiedergegeben worden.

Bei Drehstromtransformatoren gibt es eine Reihe verschiedener Schaltungen, so daß nicht jeder beliebige Transformator zu einem anderen hinzugesetzt werden darf. Aus der großen Zahl der möglichen Schaltungen hat der VDE eine beschränkte Zahl genormt und diese in vier Schaltgruppen eingeteilt, die wie folgt bezeichnet werden (s. nachstehende Tabelle).

Die Schaltgruppe wird nach dem Verwendungszweck gewählt. Wenn keine besonderen Gründe vorliegen, wird gewöhnlich Stern-Sternschaltung vorgesehen. Diese Schaltung eignet sich jedoch nur für Betriebe, in denen der sekundäre Nullpunkt überhaupt nicht oder nur zu Erdungs-

		Vektorbild		Schaltbild	
		Ober- spannung	Unter- spannung	Ober- spannung	Unter- spannung
Schaltgruppe A	A ₁				
	A ₂				
	A ₃				
Schaltgruppe B	B ₁				
	B ₂				
	B ₃				
Schaltgruppe C	C ₁				
	C ₂				
	C ₃				
Schaltgruppe D	D ₁				
	D ₂				
	D ₃				

zwecken benutzt wird. Bei Kerntransformatoren ist außerdem noch eine Belastung des Nullpunktes von höchstens 10% des Nennstromes zulässig,

bei Manteltransformatoren dagegen nicht. Zur Speisung von Verteilungsnetzen mit viertem (neutralem) Leiter eignet sich diese Schaltung somit meistens nicht; es wird dann vorteilhaft bei kleinen Leistungen Stern-Zickzack- und bei größeren Leistungen Dreieck-Sternschaltung vorgezogen. Diese beiden Schaltungen sind in dieser Beziehung gleichwertig. Es sind meistens Fragen konstruktiver Natur, die den Hersteller veranlassen, entweder Stern-Zickzack oder Dreieck-Stern zu empfehlen. Dreieck-Stern- oder Stern-Dreieckschaltung wird bei großen Transformatoren außerdem oft gewählt, um das Austrreten eines magnetischen Flusses aus dem Kern und damit zusätzliche Verluste zu vermeiden.

Vorwiegend werden folgende Schaltgruppen angewendet:

- A_2 bei kleinen Verteilungstransformatoren mit sekundär wenig belastbarem Nullleiter,
- C_1 bei großen Verteilungstransformatoren mit sekundär voll belastbarem Nullleiter,
- C_2 bei Haupttransformatoren großer Kraftwerke und Unterstationen, die nicht zur Verteilung dienen,
- C_3 bei kleinen Verteilungstransformatoren mit sekundär voll belastbarem Nullleiter.

Transformatoren, die der gleichen Schaltgruppe angehören, laufen unter sich ohne weiteres bei Verbindung gleichnamiger Klemmen parallel, entsprechende Kurzschlußspannung und gleiches Leerlauf-Überetzungsverhältnis vorausgesetzt.

Von Transformatoren verschiedener Schaltgruppen können nur die Gruppen C und D parallel laufen, wenn die Verbindung ihrer Klemmen nach folgendem Schema erfolgt:

Sammelschienen	R	S	T	r	s	t
Anschluß der	Oberspannung			Unterspannung		
Schaltgruppe $C_1 C_2 C_3$	U	V	W	u	v	w
$D_1 D_2 D_3$ { oder oder	U	W	V	w	v	u
	W	V	U	v	u	w
	V	U	W	u	w	v

Es ist notwendig, vor der erstmaligen Parallelschaltung von Transformatoren durch Messung festzustellen, daß zwischen den zu verbindenden Klemmen keine Spannung auftritt.

Wenn es sich im Betriebe als notwendig erweist, einen Transformator umwickeln oder umschalten zu lassen, und diese Arbeit einem anderen als dem Hersteller desselben übertragen wird, so muß nach § 69 der Regeln für Transformatoren des VDE die ändernde Firma neben dem Ursprungsschild ein Schild anbringen, das den Namen der Firma, die neuen Angaben des Transformators nach § 63 ff. der RET und die Jahreszahl der Änderung enthält.

Parallelbetrieb von Transformatoren bedeutet, daß sie sowohl primär als sekundär parallel geschaltet sind.

Es wird empfohlen, vom Dauer-Parallelbetriebe von Transformatoren, deren Nennleistungsverhältnis größer als 3 : 1 ist, abzusehen.

Es ist zu unterscheiden zwischen Sammelschienen- und Netzparallellauf.

Bei Sammelschienen-Parallellauf müssen die Kurzschlußspannungen den nachstehend gegebenen Bedingungen genügen. Bei Netz-Parallellauf ist dieses im allgemeinen nicht notwendig, weil durch die zwischen den einzelnen Transformatoren liegenden längeren Netzstrecken ein Ausgleich geschaffen wird.

Bei Sammelschienen-Parallellauf ist darauf zu achten, daß die gute Verteilung der Last nicht durch verschieden lange Verbindungen zwischen Transformator und Speisepunkt oder durch Überstrom- und Überspannungsschutzgeräte nicht entsprechender Impedanz gestört wird.

Der einwandfreie Parallelbetrieb, d. h. die Verteilung der Belastungen entsprechend den Kennleistungen, gilt als erreicht, wenn die Kennkurzschlußspannungen nicht mehr als $\pm 10\%$ von ihrem Mittel abweichen, sofern nicht andere Bestimmungen vorliegen.

Außerdem ist erforderlich:

1. gleiche Kennspannung primär und sekundär,
2. gleiche Schaltgruppe,
3. Verbindung gleichnamiger Klemmen,
4. Gleiche Kenn-Kurzschlußspannungen, die nicht mehr als $\pm 10\%$ von ihrem Mittel abweichen (bei Einheitstransformatoren ist eine Abweichung von den für sie festgelegten Kenn-Kurzschlußspannungen um $+10$ und -20% zulässig),
5. Verhältnis der Leistungen.

Wenn verschieden große Transformatoren parallel arbeiten sollen, deren Kurzschlußspannungen voneinander abweichen, ist zu empfehlen, daß der kleinere Transformator die größere Kurzschlußspannung erhält.

Bei Transformatoren mit angezapften Wicklungen kann der einwandfreie Parallelbetrieb nicht immer auf allen Stufen verlangt werden, wenn die Spannungsabstufungen nicht genügend gleich gewählt werden können.

Dieser Fall kann eintreten, wenn die Spannungen klein sind und die Spannung je Windung bei beiden Transformatoren verschieden groß ist.

Über den Parallelbetrieb von Transformatoren mit ungleicher Kurzschlußspannung siehe auch ETZ 1927, S. 1457 und 1928, S. 485.

In Drehstromnetzen werden vielfach Drehtransformatoren zur Regelung benutzt. Es sei darauf aufmerksam gemacht, daß bei solchen mit einem Läuferkörper bei Verdrehung des Läufers auch die Phase des Spannungvektors verdreht wird. Hierauf ist bei Parallelschalten und Parallelbetrieb zu achten. In mehrfach verketteten Netzen oder in neuen Stationen, in denen mehrere Drehtransformatoren parallel laufen müssen, empfiehlt sich die Verwendung von Doppel-Drehtransformatoren, die nur die Größe, nicht aber die Phase der Spannung verändern.

Nach den vom VDE aufgestellten „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren RET 1923“ sind alle Transformatoren so gebaut, daß sie kurzschlußfest sind. Sie müssen nach § 57 dieser Regeln

einen plötzlichen Kurzschluß an den Sekundärklemmen bei Nennprimärspannung aushalten können, ohne daß ihre Betriebsfähigkeit beeinträchtigt wird.

In den eben erwähnten Regeln für Transformatoren des VDE werden folgende Betriebsarten unterschieden:

DB Dauerbetrieb, bei dem die Betriebszeit so lang ist, daß die dem Beharrungszustand entsprechende Endtemperatur erreicht wird.

DKB Dauerbetrieb mit kurzzeitiger Belastung, bei dem die durch Vereinbarung bestimmte Belastungszeit kürzer ist als die zum Erreichen der Beharrungstemperatur erforderliche Zeit.

Die Betriebspause, während welcher die sekundäre Wicklung abgeschaltet ist, ist lang genug, um die Abkühlung auf die Beharrungstemperatur bei Leerlauf zu ermöglichen.

DAB Dauerbetrieb mit aussetzender Belastung, bei dem Belastungszeiten von höchstens 5 min mit Leerlaufpausen abwechseln, deren Dauer nicht genügt, um die Abkühlung auf die Beharrungstemperatur bei Leerlauf zu ermöglichen.

KB kurzzeitiger Betrieb, bei dem die durch Vereinbarung bestimmte Betriebszeit kürzer ist als die zum Erreichen der Beharrungstemperatur erforderliche Zeit.

Die Betriebspause, während der der Transformator spannungslos ist, ist lang genug, um die Abkühlung auf die Temperatur des Kühlmittels zu ermöglichen.

AB aussetzender Betrieb, bei dem Einschaltzeiten von höchstens 5 min mit stromlosen Pausen abwechseln, während der der Transformator spannungslos ist und deren Dauer nicht genügt, um die Abkühlung auf die Temperatur des Kühlmittels zu ermöglichen.

LB landwirtschaftlicher Betrieb, bei dem etwa 500 h im Jahr eine tägliche Überlastung von 100% während 12 h zulässig ist.

Beim Dauerbetrieb DB muß die Nennleistung beliebig lange Zeit innegehalten werden können, ohne daß die Temperatur und Erwärmung die zulässigen Grenzen überschreiten.

Bei den Betriebsarten DKB und KB muß die Nennleistung die vereinbarte Zeit hindurch abgegeben werden können, ohne daß die Temperatur und Erwärmung die zulässigen Grenzen überschreiten.

Bei den Betriebsarten DAB und AB muß die Nennleistung mit der angegebenen relativen Belastungsdauer beliebig lange abgegeben werden können, ohne daß die Temperatur und Erwärmung die zulässigen Grenzen überschreiten. Relative Belastungsdauer ist das Verhältnis von Belastungsdauer zur Spieldauer. Spieldauer ist die Summe von Belastungsdauer und belastungsloser Pause.

Als normale Werte der relativen Belastungsdauer gelten: 15, 25, 40 und 50%.

Bei Sondertransformatoren für landwirtschaftlichen Betrieb LB (z. B. Sonderreihe der Einheitskstransformatoren) muß eine den Sonder-

bedingungen dieses Betriebes entsprechende 60%-Überlast über die Nennleistung dauernd abgegeben werden können, ohne daß die Temperatur und Erwärmung die zulässigen Grenzen überschreiten.

Die Erwärmung bei 100%-Überlast darf die zulässigen Grenzen um 10° C überschreiten.

Bei diesen Sondertransformatoren wird die Nennleistung nicht durch die Erwärmung, sondern durch den Spannungsabfall bestimmt.

Über diese eben erwähnten Einheitstransformatoren für landwirtschaftliche Zwecke besteht ein besonderes Normenblatt DIN VDE 2601. In den Erläuterungen hierzu sind, soweit der Betrieb in Frage kommt, einige Angaben gemacht, die nachstehend wiedergegeben werden mögen.

Anzapfungen sind in vielen Fällen aus betriebstechnischen Gründen erforderlich. Sie auf der Unterspannungsseite anzubringen, ist der größeren Wicklungsquerschnitte und des hohen Prozentsatzes wegen, den die Spannung einer Windung auf dieser Wicklungsseite ausmacht, unzweckmäßig. Durch die Anzapfungen + 4 vH und — 4 vH sind 3 Stufen geschaffen, die besonderen Verhältnissen, wie großer Abfall in den Unterspannungsleitungen zum Verbrauchsapparat oder höhere Spannung in der Nähe der Zentrale, genügend Rechnung tragen. In Sonderfällen wird sich empfehlen, einen kleinen Spartransformator auf der Unterspannungsseite zwischenzuschalten, von denen wenige für Netze mit vielen Transformator genügen, wobei der Vorteil der Auswechselbarkeit der Einheitstransformatoren erhalten bleibt.

Als ein berechtigtes Verlangen wird es angesehen, daß diese normalen Schaltstufen ohne Abheben des ganzen Deckels betätigt werden können, wobei es freigestellt bleibt, ob die Anzapfungen an besonderen Durchführungsisolatoren sitzen, oder ob sie durch Sonderumschalter im Innern von außen betätigt werden. Diese Stufen können nicht während des Betriebes bedient werden; die Öl- und Trennschalter müssen vorher auf der Oberspannungsseite geöffnet werden und, falls mehrere Transformatoren im Netz parallel arbeiten, auch die Schalter der Unterspannungsseite.

Da Ölstandsgläser vielfach beim Transport abbrechen, sollen sie an Einheitstransformatoren nicht angebracht werden, vielmehr sind Überlaufschrauben, Säbne oder Meßstäbe zu verwenden.

Am geeignetsten für die thermische Überwachung von Öltransformatoren sind Maximalthermometer. Daher müssen sich bei Einheitstransformatoren zur Bestimmung der Öltemperatur während des Betriebes Thermometer anbringen lassen. Die Einführungsöffnung muß an der Unterspannungsseite sein; man wird sie passend als Tasche (unten geschlossenes Rohr) ausbilden, die einige Zentimeter in das Öl hineinragt; in die Tasche wird etwas Öl hineingegossen. Damit Thermometer verschiedener Bauart eingeführt werden können, ist vorgeschrieben, daß die lichte Weite des Rohres nicht unter 12 mm betragen darf.

Aus technischen Gründen ist es nicht statthaft, daß Einheitstransformatoren ohne Öl stehen oder befördert werden. Die Wicklung und Isolation

nehmen ohne Öl Feuchtigkeit auf, die sich auch durch nachträgliche Trocknung nicht reiflos entfernen läßt. Außerdem wird am Herstellungsort das Öl meistens im Vakuum in kleinere und mittlere Transformatoren gefüllt, damit keine Lusträume im Innern der Wicklung zurückbleiben. Am Aufstellungsort sind Vakuumöfen im allgemeinen nicht vorhanden; daher sollen Einheitstransformatoren schon im Werke mit Öl gefüllt werden.

Derjenige, der den Betrieb einer elektrischen Anlage leitet, wird über die Grenzen der Benutzbarkeit, d. h. zulässige Belastung, Erwärmung usw. der in der Anlage verwendeten Transformatoren Bescheid wissen müssen. Aus diesem Grunde mögen nachstehend die hierfür wichtigsten Angaben der vom VDE aufgestellten „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren RET 1923“ wiedergegeben werden.

Für Normal-Transformatoren nach DIN VDE 2610 beträgt die zulässige Überlastbarkeit nach 10stündigem Betriebe mit halber Nennleistung 30% während einer Stunde oder 10% während drei Stunden.

Als Erwärmung der Wicklung bei Trockentransformatoren gilt der höhere der beiden folgenden Werte:

- I. Mittlere Erwärmung errechnet aus der Widerstandzunahme während des Probelaufes.
- II. Ortliche Erwärmung an der heißesten zugänglichen Stelle, mit dem Thermometer gemessen.

Bei Öltransformatoren wird die Erwärmung aus der Widerstandzunahme ermittelt.

In manchen Fällen, z. B. bei Transformatoren für sehr hohe Ströme, wird es nicht immer möglich sein, aus der Widerstandzunahme einwandfrei die Temperaturzunahme zu ermitteln, weil die Messungen der sehr kleinen Widerstände zu ungenau sind. Auch wird es nicht möglich sein, wenn dieser Transformator ein Öltransformator ist, die Erwärmung mit einem Thermometer zu ermitteln. Hier muß entweder auf die einwandfreie Bestimmung der Erwärmung der Wicklung verzichtet oder es muß vorher schon ein anderes Meßverfahren vereinbart werden. Es empfiehlt sich in solchen Fällen, sich auf die Messung der Öltemperatur zu beschränken.

Die Erwärmung des Eisenkernes ist an der heißesten zugänglichen Stelle mit dem Thermometer zu bestimmen.

Die Erwärmung des Oles ist in der obersten Olschicht des Kastens mit dem Thermometer zu bestimmen.

Zur Einführung eines Thermometers muß eine Einrichtung am Transformator vorhanden sein, deren Lochdurchmesser mindestens 12 mm beträgt.

Die Erwärmung t in $^{\circ}\text{C}$ von Kupferwicklungen wird aus der Widerstandzunahme nach folgenden Formeln berechnet, in denen

- R_{kalt} den Widerstand der kalten Wicklung,
 T_{kalt} die Temperatur der kalten Wicklung,
 R_{warm} den Widerstand der warmen Wicklung

bedeutet:

1. bei allen Transformatoren (ausgenommen DKB und KB):

$$t = \frac{R_{\text{warm}} - R_{\text{kalt}}}{R_{\text{kalt}}} (235 + T_{\text{kalt}}) - (T_{\text{Kühlmittel}} - T_{\text{kalt}}),$$

2. bei Transformatoren für kurzzeitigen Betrieb unter einer Stunde (DKB und KB):

$$t = \frac{R_{\text{warm}} - R_{\text{kalt}}}{R_{\text{kalt}}} (235 + T_{\text{kalt}}),$$

wobei die Werte R_{kalt} , T_{kalt} für den Beginn der Prüfung gelten.

Es ist darauf zu achten, daß alle Teile der Wicklungen bei Messung von R_{kalt} die gleiche mit dem Thermometer zu messende Temperatur T_{kalt} besitzen.

Zur Temperaturmessung mittels Thermometer sollen Quecksilber- oder Alkoholthermometer verwendet werden. Zur Messung von Öl- und Oberflächentemperaturen sind auch Widerstandspulen und Thermoelemente zulässig, doch ist im Zweifelsfalle das Quecksilber- oder Alkoholthermometer maßgebend.

Es muß für möglichst gute Wärmeübertragung von der Meßstelle auf das Thermometer gesorgt werden. Bei Messung von Oberflächentemperaturen sind Meßstelle und Thermometer gemeinsam mit einem schlechten Wärmeleiter zu bedecken.

Die Messungen der Widerstandzunahme sind möglichst unmittelbar nach dem Ausschalten vorzunehmen.

Die Thermometermessungen sind ebenfalls unmittelbar nach dem Ausschalten, aber wenn möglich auch während der Prüfung vorzunehmen. Wenn auf dem Thermometer nach dem Ausschalten höhere Temperaturen abgelesen werden als während der Prüfung, so sind diese höheren Werte maßgebend.

Ist bei Widerstandsmessungen vom Augenblick des Ausschaltens bis zu den Messungen so viel Zeit verstrichen, daß eine merkliche Abkühlung zu vermuten ist, so sollen die Meßergebnisse durch Extrapolation auf den Augenblick des Ausschaltens umgerechnet werden.

Als Temperatur des Kühlmittels gilt bei den

Transformatoren mit Selbstlüftung (TS, OS, OSA) der Durchschnittswert der während des letzten Viertels der Versuchszeit in gleichen Zeitabschnitten gemessenen Temperaturen der Umgebungsluft.

Es sind zwei oder mehr Thermometer zu verwenden, die in 1 bis 2 m Entfernung vom Transformator und ungefähr in Höhe der Transformatormitte angebracht sind. Die Thermometer dürfen weder Luftströmungen noch Wärmestrahlung ausgesetzt sein.

Transformatoren mit Fremdlüftung (TF, OF, OFU, OFA) der Durchschnittswert der während des letzten Viertels der Versuchszeit in gleichen Zeitabschnitten gemessenen Temperatur der zufließenden Kühlluft.

Transformatoren mit Wasserkühlung (TW, OWI, OWA) der Durchschnittswert der während des letzten Viertels der Versuchszeit in

gleichen Zeitabschnitten gemessenen Temperatur des zufließenden Kühlwassers. Findet bei solchen Transformatoren auch eine nennenswerte Wärmeabgabe an die Umgebungsluft statt, so gilt als Temperatur des Kühlmittels ein Mittelwert nach der Mischungsregel:

$$T_m = \frac{T_K W_K + T_L W_L}{W_K + W_L};$$

hierin bedeutet:

- T die Temperatur der Umgebungsluft,
- T_K die Temperatur des anderen Kühlmittels,
- W_L die Wärmeabgabe an die Umgebungsluft in kW,
- W_K die Wärmeabgabe an das andere Kühlmittel in kW.

Die an die Luft abgegebene Wärmemenge kann bestimmt werden, z. B. dadurch, daß man die an das Kühlwasser abgegebene Wärmemenge feststellt und von den Gesamtverlusten abzieht. Für den Fall, daß beim Versuch die Temperatur des zufließenden Wassers geringer als 25° C und die der Kühlluft geringer als 35° C war, ist dann durch Umrechnung festzustellen, ob die Erwärmung bei 25° C des zufließenden Wassers und 35° C Umgebungstemperatur den Regeln entspricht.

Große Transformatoren folgen den Temperaturschwankungen der Umgebungsluft nur langsam nach. Der dadurch bedingte etwaige Meßfehler ist durch geeignete Vorkehrungen auszugleichen, z. B. durch einen Vergleich mit einem ähnlichen, nicht angeschlossenen Transformator, der den gleichen Kühlungsverhältnissen ausgesetzt ist.

Die höchstzulässigen Grenzwerte von Temperatur und Erwärmung sind nachstehend zusammengestellt. Sie gelten unter der Voraussetzung, daß:

- I. bei Luftkühlung die Kühlmitteltemperatur 35° C nicht überschreitet,
- II. bei Wasserkühlung die Kühlmitteltemperatur 25° C nicht überschreitet.

Die Grenzwerte für die Temperaturen dürfen in keinem Fall überschritten werden. Die Grenzwerte für die Erwärmung dürfen nur dann überschritten werden, wenn die Kühlmitteltemperatur stets so niedrig ist, daß die Grenztemperaturen nicht erreicht werden und über die Erfüllung dieser Voraussetzung eine Vereinbarung getroffen wird.

Auf dem Schild muß in diesem Falle auch die vereinbarte Kühlmitteltemperatur angegeben werden.

Bei Öltransformatoren darf die Öltemperatur (95° C) nicht ohne weiteres als Maßstab für die etwa zulässige Überlastung angesehen werden. Es ist also nicht ohne weiteres zulässig, bei niedrigerer Kühlmitteltemperatur, als maximal vorgesehen, die Belastung zu steigern, bis die Öltemperatur erreicht ist. Die Beachtung dieser Regel ist notwendig, weil die Wicklungen gegenüber dem Öl Temperaturunterschiede aufweisen, die mit der Überlastung ungefähr quadratisch steigen. Bei der Wahl oder Anordnung des Aufstellungsortes ist auf die vom Transformator abgegebene Wärmemenge Rücksicht zu nehmen.

Spalte	I	II	III	IV	V
Reihe	Transformatorenteile		Grenztemperatur	Grenzerwärmung	Messverfahren
1	Wicklungen, isoliert durch Faserstoffe, z. B. Papiere, ungebleichte Baumwolle, natürliche Seide, Holz	Ungetränkt	85° C	50° C	Errechnet aus Widerstandzunahme
2		Ungetränkt, jedoch Spule getaucht	85° C	50° C	
3		Getränkt	95° C	60° C	
4		Imprägniert oder in Füllmasse	95° C	60° C	
5		In Öl	105° C	70° C	
6		Präparate aus Glimmer oder Asbest . .	115° C	80° C	
7	Rohglimmer, Porzellan oder andere feuerfeste Stoffe		5° mehr als Reihe 1—6		Thermometer
8	Einlagige blanke Wicklungen		5° mehr als Reihe 1—6		
9	Dauernd kurzgeschlossene Wicklungen		Wie andere Wicklungen bei Messung durch Widerstandzunahme		
10	Eisenkern	bei Trockentransformatoren	95° C	60° C	
11		bei Öltransformatoren . .	105° C	70° C	
12	Öl in der obersten Schicht		95° C	60° C	
13	Alle anderen Teile		Nur beschränkt durch benachbarte Isolierteile		

Die Grenzerwärmung, Spalte IV, gilt bei neuen Transformatoren sowohl für Luft- als auch für Wasserkühlung.

Die Grenztemperatur, Spalte III, gilt für luftgekühlte Transformatoren durchweg. Bei solchen mit Wasserkühlung (OWI OWA, TW) ist die Grenztemperatur des neuen Transformators um 10° C niedriger als in Spalte III; sie darf während des Betriebes infolge der unvermeidlichen Verunreinigungen der Kühler auf die vorgenannten Grenztemperaturen anwachsen.

Wenn das Anwachsen der Grenztemperaturen von wassergekühlten Transformatoren 5° C überschreitet, empfiehlt es sich bereits, den Kühler zu reinigen.

Die Messung von Temperaturen¹ an Transformatoren und Apparaten stößt unter Umständen z. B. bei unzugänglichem Einbau auf Schwierigkeiten.

¹ Über Temperaturmessungen an Transformatoren siehe auch ETZ 1925, S. 352.

rigkeiten. Eine direkte Messung mit Thermometer ist dann zuweilen nicht möglich. Die Messung mit Thermoelementen oder Widerständen bietet auch vielfach Schwierigkeiten; namentlich bei Hochspannung können sie erheblich werden. In solchen Fällen kann man sich durch annähernde Feststellung der Temperatur mit Hilfe von Messperlen, in Glasröhren oder in Papier eingeschlossene Chemikalien helfen, wie dies vorstehend bei § 4³ näher auseinandergesetzt ist¹.

In Betrieben mit einer größeren Zahl von Transformatoren wird es zweckmäßig sein, zur schnellen Nachprüfung von Wicklungen, auf Isolationsfehler, Kurzschlüsse usw. Einrichtungen zur schnellen Auffindung von Fehlern vorrätig zu haben.

Bei Ultratransformatoren muß im Betriebe darauf geachtet werden, daß sie auch genügende Ölfüllung besitzen. Das Öl selbst ist in bestimmten Zeiträumen auf Feuchtigkeitsgehalt, Schlamm- und Schmutzbildung usw. zu untersuchen. Näheres darüber ist im nächsten Abschnitt „Öl für Transformatoren, Schalter und andere Apparate“ enthalten. Bestimmte Zeiträume, innerhalb deren die Revisionen vorzunehmen sind, können nicht allgemein angegeben werden, da sie zu sehr von den jeweiligen Betriebsverhältnissen, den verwendeten Ölarten usw. abhängen.

Öl für Transformatoren, Schalter und andere Apparate. In Transformatoren, Schaltern usw. dient das Öl sowohl zur Isolation wie zur Wärmeabfuhr. Es wird in diesen Apparaten im allgemeinen nur Mineralöl verwendet. Parzöle eignen sich nicht, weil sie sehr rasch eindicken und verharzen. In Ölschaltern hat das Öl außerdem auch noch die Aufgabe, den Lichtbogen zu löschen. Die Öle müssen also eine hohe Isolierfestigkeit und Leichtflüchtigkeit besitzen. Schalteröl muß bei Verwendung im Freien auch kaltebeständig sein, während von Transformatoröl Wärmebeständigkeit verlangt wird. Wesentlich ist, daß die Öle alkali- und säurefrei sind.

Die Öle neigen dazu, Wasser aufzunehmen; deswegen muß ihnen vor Einfüllen in die Apparate die Feuchtigkeit entzogen werden. Bei allen Arbeiten mit Öl ist größte Sauberkeit zu beachten und dafür zu sorgen, daß keine Feuchtigkeit in das Öl hineinkommen kann.

Die verschiedenen Einwirkungen, denen das Öl im Betriebe ausgesetzt ist, vermindern seine Isolierfestigkeit.

Über die Anforderungen, die an Transformatoren- und Schalteröle gestellt werden können, sind vom VDE „Vorschriften für Transformatoren- und Schalteröle“ aufgestellt worden, die seit dem 1. Oktober 1927 gelten und ETZ 1927, S. 473, 859 und 1089 abgedruckt sind. Zu diesen Vorschriften, die nachstehend wiedergegeben sind, hat der VDE ferner Prüfvorschriften verfaßt, die gleichfalls im Anschluß an die ersteren hier folgen. Weiter befinden sich an der vorstehend angegebenen Stelle der ETZ noch einige Erklärungen, die für die Durchführung von Ölprüfungen wichtig sind.

¹ Weiter siehe auch EKB 1920, S. 46 und El. Be. 1925, S. 52.

§ 1.

Die Vorschriften treten am 1. Oktober 1927 in Kraft.

§ 2.

Die Vorschriften der §§ 3 bis 7 beziehen sich sowohl auf neues als auf im Apparat angeliefertes Öl. Die Vorschriften der §§ 8 bis 10 beziehen sich lediglich auf neues Öl, die Vorschrift des § 11 bezieht sich auf ein dem im Betriebe befindlichen Transformator oder Apparat entnommenes und auf ein gefochtes oder zum Einfüllen vorbereitetes Öl.

Unter neuem Öl (§§ 8, 9, 10) ist ein Öl zu verstehen, wie es in Kesselwagen oder Eisenfässern von der Raffinerie angeliefert wird. Die Anlieferung darf nicht in Holzfässern erfolgen.

§ 3.

Die Vorschriften beziehen sich nur auf Erdöle, die lediglich als Raffinate geliefert werden müssen.

§ 4.

Das spezifische Gewicht darf nicht mehr als 0,92 bei 20° C betragen.

Bei Transformatoren und Schaltern, deren Kessel von der Außenluft umspült werden und die keine besondere Heizvorrichtung haben, soll Öl verwendet werden, dessen spezifisches Gewicht nicht mehr als 0,895 bei 20° C beträgt.

§ 5.

Die Viskosität, bezogen auf Wasser von 20° C, darf bei einer Temperatur von 20° C nicht über 8° Engler sein.

§ 6.

Der Flammpunkt, nach Marcussön im offenen Tiegel bestimmt, darf nicht unter 145° C liegen (s. jedoch Ausnahmefall in § 7).

§ 7.

Der Stöckpunkt des Öles darf nicht höher als —15° C sein; bei Schaltern, deren Kessel von der Außenluft umspült werden und die keine besondere Heizvorrichtung haben, darf der Stöckpunkt des zu verwendenden Öles nicht höher als —40° C sein. Der Flammpunkt eines solchen Öles darf nicht unter 120° C liegen.

§ 8.

a) Das neue Öl muß bei 20° C vollkommen klar sein; es muß frei sein von Mineralsäure.

b) Der Gehalt an organischer Säure darf höchstens 0,05 berechnet als Säurezahl betragen.

c) Der Gehalt an Asche darf 0,01% nicht übersteigen.

§ 9.

Das neue Öl muß praktisch frei von mechanischen Beimengungen sein.

§ 10.

a) Die Verteerungszahl des neuen ungekochten Öles darf 0,1% nicht überschreiten.

b) Das neue ungekochte Öl soll nach 70stündiger Erhitzung auf 120° C unter Einleiten von Sauerstoff folgende Bedingungen erfüllen:

1. Es soll nach dem Erkalten vollkommen klar sein.
2. Es darf keinen benzinunlöslichen Schlamm enthalten.
3. Es dürfen beim Erhitzen mit der alkoholisch-wässrigen Natronlauge keine asphaltartigen Ausscheidungen entstehen.

§ 11.

Die elektrische Festigkeit des dem im Betrieb befindlichen Transformator oder Apparat entnommenen Öles soll, gemessen nach den Prüfvorschriften, im Mittel 80 kV/cm nicht unterschreiten. Ist die elektrische Festigkeit geringer, so muß das Öl gereinigt bzw. erneuert werden.

Die elektrische Festigkeit des gekochten oder zum Einfüllen vorbereiteten Öles soll 125 kV/cm nicht unterschreiten.

Ergibt das Erhitzen des Öles im Reagenzglas auf rd. 150° C das Vorhandensein von Wasser durch knackendes Geräusch, so erübrigt sich die Untersuchung der elektrischen Festigkeit; das Öl muß getrocknet werden.

Die Untersuchung, ob die Öle diesen Vorschriften entsprechen, hat nach den nachstehenden Prüfvorschriften zu erfolgen:

Prüfvorschriften.

Aus den Kesselwagen oder Eisenfässern sollen Proben nach den folgenden Vorschriften entnommen werden:

a) Für Kesselwagen:

Ein Glasrohr von 1½ bis 2 m Länge (etwa 15 mm l. W.), das auf der einen Seite rund abgeschmolzen ist, so daß man es gut mit dem Daumen verschließen kann, und auf der anderen Seite ein wenig stumpf ausgezogen ist, wird im geöffneten Zustande langsam durch den Dom des Wagens bis zum Boden des Kesselwagens eingeschoben, so daß beim Durchschieben aus allen Teilen des Wageninhaltes Teile in das Rohr eintreten. Wenn das Rohr den Boden berührt, wird es mit dem Daumen verschlossen und aus dem Wagen herausgehoben. Der Inhalt des Rohres und das etwa außen anhaftende Öl wird in ein sauberes Glasgefäß gebracht. In gleicher Weise wird die Probeentnahme so oft wiederholt, bis mindestens eine Probemenge von 2 l vorhanden ist. Es wird nochmals gut umgerührt und die so entnommene Probe in zwei Teile geteilt, von denen der eine für eine Kontrollprüfung für den Fall der bei der Werkuntersuchung gefundenen Abweichung zurückgestellt wird. Wird die Probe als einwandfrei erachtet, so kann eine Gegenprobe höchstens für die Sammlung von Vergleichsmaterialien bzw. Beanstandungen genau bezeichnet und einwandfrei verschlossen zurückgehalten werden. Eine Verpflichtung hierzu besteht aber bei erfolgter Abnahme nicht.

b) Für Eisensäffer:

Ein Glasrohr gleicher Ausführung, wie zu a) beschrieben, aber entsprechend kürzer, wird durch das geöffnete Spundloch eines jeden fünften Fasses eingeführt. Aus jedem dieser Fässer wird eine Probe entnommen oder doch jedenfalls so viel, daß aus der gesamten Sendung wieder eine Probemenge von rd. 2 l gebildet werden kann. Auch hier wird wieder gut durchgemischt und im übrigen wie oben verfahren.

Über die Probeentnahme aus dem im Betriebe befindlichen Transformator oder Apparat siehe die Erläuterungen zu § 11.

Über die Eigenschaften, die Transformatoren- und Schalteröle besitzen müssen, sowie über die Prüfmethode, die dabei in Anwendung zu kommen haben, hat sich eine außerordentlich umfangreiche Literatur entwickelt. Soweit sie heute noch von Bedeutung ist, ist sie unten angegeben¹.

Beim Einfüllen des Öles in das Gefäß ist große Vorsicht anzuwenden. Besonders muß darauf geachtet werden, daß das Gefäß gut gesäubert ist. Beim Trocknen des Öles ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß es keinen Schaden leidet. In Bergwerksanlagen unter Tage sollte man das Auskochen von Transformatorenöl wegen der Brandgefahr möglichst vermeiden. Kleine Transformatoren sollten grundsätzlich über Tage in Ordnung gebracht werden. Nur bei großen Transformatoren, die nicht im Ganzen in die Grube geschafft werden können, kann das Auskochen unter Tage mit der nötigen Vorsicht ausgeführt werden.

Das Auskochen des Öles soll möglichst kurz vor seiner Einfüllung geschehen. Verstreicht eine längere Zeit zwischen dem Trocknen und der Inbetriebsetzung, so kann das Öl wieder Feuchtigkeit aufgenommen haben, so daß dann unter Umständen erneutes Austrocknen notwendig wird.

Bei allen Transformatoren, die ein Ausdehnungsgefäß haben (Ölkonservator), wird das Öl sehr geschont, weil es nur geringe Berührung mit der Luft hat.

Wenn mehrere Öle, die an sich einwandfrei sein können, gemischt werden oder neues Öl auf altes gegossen wird, kann Schlamm- und Wasserbildung eintreten. Diese kann für die Isolierstoffe unter Umständen nachteilig werden.

Darüber, in welchen Zwischenräumen die Auswechslung eines Öles stattfinden soll, gehen die Angaben noch sehr stark auseinander, was wohl zum größten Teil auf die sehr verschiedenen Betriebsverhältnisse in den einzelnen Anlagen zurückzuführen ist. Es können daher hier nur ganz rohe Mittelwerte für die Termine solcher Erneuerungen bzw. Untersuchungen angegeben werden. Man kann sie etwa annehmen für Transformatoren zu 1—2 Jahre, für Schalter zu 3 bis 4 Jahre².

¹ ETZ 1924, S. 931, 1059 und 1415; 1925, S. 889 und 1264; 1926, S. 480, 701 und 1291; 1927, S. 1613; 1928, S. 138. El. Be. 1924, S. 237, 1925, S. 275. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1927, S. 1391. Elektrizitätswirtschaft 1927, Nr. 437, S. 305—330. Elektrotechnik und Maschinenbau 1927, S. 1009. Ferner sei auf die Druckschrift 77 des Deutschen Verbandes für die Materialprüfung der Technik „Studien über die Prüfung der Transformatorenöle“ aufmerksam gemacht.

² Näheres darüber siehe ETZ 1922, S. 1165; 1927, S. 506; El. Be. 1924, S. 172; Kalender für Elektrotechniker 1927/28, S. 408. Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke 1924, Nr. 372.

Für die Regenerierung unbrauchbar gewordener Transformatorenöle gibt es mehrere Methoden, die auf dem Prinzip des Filtrierens, des Zentrifugierens oder chemischer Reaktion beruhen. Über diese verschiedenen Reinigungsmethoden steht eine ziemlich umfangreiche Literatur zur Verfügung, wie unten aufgeführt¹.

Ferner hat die Vereinigung der Elektrizitätswerke eine kleine Schrift: „Die Transformatoren- und Schalteröle, die an sie zu stellenden Bedingungen und ihre Untersuchung“ im Jahre 1923 herausgegeben. Gerade in letzter Zeit ist auf diesem Gebiete sehr viel Neues geschaffen worden, so daß in bezug auf die systematische Überwachung und Auffrischung der Öle große Fortschritte erzielt worden sind.

Bezüglich der verschiedenen Methoden sei noch darauf hingewiesen, daß das Arbeiten mit der Ölschleuder sauberer und billiger als mit der Filterpresse ist. Die Ölschleuder hat aber den Nachteil, daß das Öl in innige Verührung mit der Luft kommt, und daß dadurch der Sauerstoff der Luft auf das Öl schädlich einwirkt. Dieser Überstand fällt jedoch weg, wenn die Ölschleuder unter Vakuum oder unter einem neutralen Gase arbeitet.

Auf Grund der mehrjährigen Erfahrungen, die in Elektrizitätswerksbetrieben gesammelt worden sind, hat die Vereinigung der Elektrizitätswerke 1924 schon „Richtlinien für die Reinigung und Wiederverwendung gebrauchter Transformatoren- und Schalteröle“ aufgestellt, die zunächst nur einen ersten Versuch darstellen und insolgedessen nur als Empfehlungen zu betrachten sind. Der Inhalt derselben ist nachstehend abgedruckt. Die Richtlinien sind von der „Vereinigung“ in Nr. 372 ihrer Mitteilungen veröffentlicht worden.

Die nachstehend gegebenen Richtlinien bilden den ersten Versuch, den Elektrizitätswerken für die Behandlung des Transformatoren- und Schalteröles im Betrieb geeignete Methoden zu empfehlen; weit davon entfernt, als feste Vorschriften zu gelten, sollen sie nur die Möglichkeit anbahnen, nach einheitlichen Gesichtspunkten Erfahrungen zu sammeln, die wiederum zur Verbesserung der Richtlinien führen, so daß letztere mit der Zeit die Grundlage für den Erlass fester Vorschriften bilden können.

A. Untersuchung der im Betriebe befindlichen Transformatoren- und Schalteröle.

1. Öle normal beanspruchter Transformatoren mit Ölschützern sollen etwa alle 5 Jahre, solche ohne Ölschützer alle 3 Jahre untersucht werden. Öle stark beanspruchter Transformatoren oder solche für Betriebsspannungen über 20 kV sollen möglichst jährlich untersucht werden.

¹ ETZ 1922, S. 692; 1924, S. 376; 1925, S. 1518; 1926, S. 945; 1927, S. 550. „Der elektrische Betrieb“ 1925, S. 2 und 215; 1926, S. 15. Sonderhefte der Vereinigung der Elektrizitätswerke vom Oktober 1924 und vom April 1926. „Die Elektrizitätswirtschaft“ 1926, Nr. 406 und 1927, Nr. 437. Festschrift der ETZ zur XXIX. Jahresversammlung des VDE 1923, S. 29. Sonderheft der ETZ zur Leipziger Frühjahrsmesse 1924, S. 16.

2. Wichtige Ölshalter bzw. solche für Betriebsspannungen über 20 kV und besonders solche mit Papiertraversen sollen möglichst jährlich, minder wichtige Schalter für geringere Spannungen und solche mit Porzellanisolierungen sollen etwa in fünfjährigen Zwischenräumen untersucht werden.

Die vorgeschlagenen Zeiträume sind beeinflusst durch die Tatsache, daß während der Kriegs- und Nachkriegszeit erheblich minderwertige Öle Verwendung gefunden haben.

a) An Ort und Stelle.

Der mit der Untersuchung Beauftragte nimmt folgende Feststellungen vor:

1. Der Ölstand des Apparates wird genau kontrolliert und notiert.
2. Wenn irgend möglich, wird die Höchsttemperatur, der das Öl ausgesetzt war, festgestellt (Kontroll-Maximalthermometer).
3. Nach Abschaltung des Apparates wird aus der unteren Ölablaßschraube nach Ablassen von ca. $\frac{1}{2}$ l Öl ein sauber getrocknetes Reagenzglas mit flachem Boden (15 mm l. Ø) mit Öl gefüllt, mit gut dichtendem Korken verschlossen und mit Stationsnamen, Fabrikat und Nummer des Apparates bezeichnet. Zweckmäßig ist ein Blechkästchen mit zwölf Reagenzgläsern für derartige Zwecke. Die Reagenzgläser sollen eine mattierte Fläche besitzen, auf die Notizen mit Bleistift gemacht werden können. Bei Transformatoren und Schaltern über 20 kV Betriebsspannung ist eine Probe von 2 l in trockener, peinlichst gesäubertem Pulverflasche mit Glasstopfen zur Vornahme der Durchschlagsprobe zu entnehmen.

4. Bei Ölhaltern ist nach Absenken des Kessels die Oberfläche der Isolierteile, besonders der wagerecht liegenden, mittels eines trockenen weißen Löschblattes (Schleicher & Schüll Nr. 118) mehrfach abzuwischen. Hierdurch sollen die Schlammablagerungen auf der Oberseite der Isolierteile registriert werden. Es empfiehlt sich, derartige Blätter, mit Datum und Schalternummer versehen, nach Trocknung bei etwa 100° C in einer Kartei aufzubewahren, um ein vergleichendes Bild der Schlammablagerung zu erhalten. Öle mit starkem Schlammabsatz erfordern eine häufigere Reinigung des Öles selbst und des Schalters.

b) Untersuchung der entnommenen Proben.

1. Jede Probe wird möglichst noch am Tage der Entnahme zwei Minuten lang kräftig durchgeschüttelt und ein Teil davon in ein gut trockenes Reagenzglas von 15 mm l. Ø gegossen. Diese Probe wird über einer Spirituslampe langsam auf ca. 120° C erhitzt und festgestellt, ob das sogenannte „Spräßen“ eintritt. Der Rauch, in dem diese Probe vorgekommen wird, muß vollkommen geräuchsfrei sein. Ergibt sich Wassergehalt, so muß das betr. Öl getrocknet werden.

2. Zur Feststellung der organischen Säure wird 1,1 ccm der nochmals gut durchgeschüttelten Probe auf Säure untersucht. Beträgt der Säure-

gehalt mehr als 0,8 mg KOH, so wird eine Ölprobe von ca. 2 l zur genauen Untersuchung an die Zentrale gesandt, die über die Auswechslung des betr. Transformators entscheidet. (Nachfüllen nicht vergessen!)

3. Die größeren Restproben werden an einem ruhigen Ort 24 Stunden der Ruhe überlassen. Nach dieser Zeit ist die Höhe der abgesetzten Schlammföcht im Reagenzglas im Verhältnis zur Ölhöhe festzustellen und in den Prüfbericht einzutragen, ebenso Farbe, Geruch und Grad der Durchsichtigkeit und Flüssigkeit.

4. Die Ölbefundberichte sind nach den Untersuchungen sofort auszufüllen und der Betriebsleitung zu übersenden.

B. Behandlung der zu reinigenden Transformatoren- und Schalteröle.

a) Untersuchung.

Bevor das Öl des in der Werkstatt eingetroffenen Apparates weiterbehandelt wird, sind die folgenden Feststellungen zu machen:

1. Art des Öles, d. h. ob Mineral-, Harz-, Teeröl bzw. ein Gemisch. Diese Untersuchung ist vor der Überführung des Öles in den Reinigungsbehälter deshalb notwendig, weil unter allen Umständen nur Mineralöl mit Mineralöl oder Harzöl mit Harzöl vermischt werden darf. Man würde im anderen Falle die gesamte Ölmenge verderben. Nur gebrauchte Öle gleicher Ursprungsart dürfen miteinander gemischt werden, die Reinigung andersartiger Öle muß für sich getrennt erfolgen. Wird Teeröl festgestellt, so ist dieses als völlig ungeeignet für Transformatoren und Schalter von der Weiterverwendung auszuschließen. Harzöle sind meistens an der hohen Viskosität bei 20° C meist über 25° Engler erkenntlich. Sollte eine Mischung von Harzöl mit Mineralöl vermutet werden, so empfiehlt sich die Einsendung einer Probe von mindestens 500 cm³ an ein Speziallaboratorium. Teeröle besitzen meistens ein spezifisches Gewicht von über 1. Alle Öle mit einem höheren spezifischen Gewicht als 0,95 sind als verdächtig anzusprechen.

2. Äußere Kennzeichen. Farbe, Geruch, Durchsichtigkeit und allgemeine Konsistenz sind festzustellen.

3. Grad der Alterung. Es ist möglichst genau zu ermitteln, an welchen Teilen des Apparates bzw. des Gefäßes Schlammablagerungen stattgefunden haben und welche Farbe, Konsistenz und Schichtstärke diese besitzen.

4. Gehalt an organischer Säure. Die Bestimmung ist möglichst zuerst auszuführen, da die weiteren Untersuchungen nicht erforderlich sind, wenn der Säuregrad zu hoch ist. Das Öl kann dann nicht mehr für Transformatoren und Schalter, sondern nur noch zu untergeordneten Schmierzwecken verwendet werden, da der Säuregehalt die Folierung angreift.

5. Viskosität. Da die Wärmetransportfähigkeit eines Oles von dessen Viskosität abhängig ist und sich diese im Laufe der Zeit ändern kann, ist deren Feststellung notwendig.

6. Flammpunkt. Die Feststellung ist zweckmäßig mit Rücksicht darauf, daß dieser eine Herabsetzung im Laufe der Zeit erfahren kann, und auch mit Rücksicht auf die im Krieg verwendeten minderwertigen Ole, deren Ausmerzung im Interesse des Betriebes liegt.

7. Wassergehalt. Die zur Reinigung hereinkommenden Apparate werden in den meisten Fällen wasserhaltiges Öl enthalten. Ist dieses der Fall, so kann zunächst von der

8. Prüfung auf Durchschlagsfestigkeit abgesehen werden, die jedoch nach der Reinigung des Oles vorzunehmen ist.

9. Beschaffenheit der Ölkessel. Bei Ölkesseln älterer Transformatorren mit einem Blei- oder Zinküberzug im Innern hat sich gezeigt, daß das Blei bzw. Zink Verbindungen mit dem Öl eingeht, die sich als gelblichbrauner Schlamm ablagern und den Wärmetransport stark hindern. Da in derartige Kessel eingefülltes gereinigtes oder neues Öl nach kurzer Zeit wieder dieselben Erscheinungen zeigt, müssen die Kessel innen mit einem gleichmäßig dichten Bakelitüberzug nach sorgfältiger Reinigung mit Benzol versehen werden, falls man es nicht vorzieht, die Kessel durch neue zu ersetzen. Öl aus verbleiten Transformatorrenkisten ist vergiftet und zu Isolierzwecken für Schalter und Transformatoren dauernd unwendbar, selbst wenn das Öl nach der Reinigung den Bedingungen unter A genügt.

b) Reinigung der Öle.

Die gründliche Reinigung der Öle kann auf folgenden Wegen vorgenommen werden:

1. Mit Ölschleuder (ohne freie Kupfer- oder Messingteile). Die beste Reinigung wird bei einer Temperatur von 40 bis 50° C des zulaufenden Oles erzielt. Die Zuführungsröhre sollen aus biegsamen, nahtlosen Metallrohren bestehen (nicht Kupfer oder Messing). Je nach der Unreinheit ist das Öl ein oder mehrere Male durchzuschleudern.

2. Durch Filtern. Das Öl wird durch eine Filterpresse gedrückt. Es sollen nur Hartfilter verwendet werden, um zu vermeiden, daß Zellulosefasern mit in das gereinigte Öl geraten. Das aus der Filterpresse austretende Öl ist ca. 3 min lang in den Behälter mit ungereinigtem Öl zurückzuleiten, um die mitgerissenen Papierfasern zurückzuhalten. In den meisten Fällen wird das Öl bei Verwendung einer geeigneten Filterpresse und guter Hartfilter eine praktisch genügende Entfeuchtung erfahren. Eine für den Gebrauch der Filterpresse ausreichende Filterpapiermenge ist nach Trocknung bei 90° C in gut gelüftetem Ofen in einem abgedeckten Gefäße mit gut getrocknetem Öl aufzubewahren.

3. Die Entfernung des Wassers kann auch nach folgenden Methoden erfolgen:

a) Durch Erwärmung des Öles auf 110°C . Hierzu ist ein doppelwandiger Kessel (evtl. Militär-Feldküche) zu benutzen, dessen Zwischenraum mit altem Öl gefüllt wird, um zu verhindern, daß das auszukochende Öl eine höhere Temperatur als vorgeschrieben an einzelnen Teilen des Gefäßes (Boden) erhält. Die Erwärmung ist so lange fortzusetzen, bis die Oberfläche des Öles ruhig bleibt und sich keine gelblich-weißen Blasen mehr bilden. Nach Beendigung des Kochprozesses ist der Kessel mit gut schließendem Deckel abzudecken, da heißes Öl besonders begierig aus der Luft Wasser an sich zieht. Das Kochen des Öles in einem gewöhnlichen Kessel ist zu verwerfen, da durch lokale Überhitzungen das Öl verdorben wird.

b) Durch Erwärmung des Öles auf 110°C mittels elektrischer Heizwiderstände. Diese Methode ist unbedingt zu verwerfen, wenn die Heizwiderstände direkt in das auszukochende Öl gelegt werden oder dieses durch elektrisch erwärmte Heizrohre fließt, da es unvermeidlich ist, daß das Öl hierbei stellenweise zu hohe Temperaturen erhält und verbrennt. Die elektrische Heizung kann mit Erfolg nur in Spezialapparaten angewandt werden, bei denen die zwangsläufige Bewegung des Öles gesichert ist. Um Strahlungsverluste zu vermeiden, ist das Sammelgefäß außen mit guten Wärmeschutzmitteln (Stroh, Holzwolle usw.) zu umgeben. Nach dem Kochen ist auch hier natürlich das Gefäß gut zuzudecken, bis Abkühlung erfolgt ist, andernfalls erhebliche Mengen Wasser aus der Luft aufgenommen werden. Das Kochen des Öles in Tankwagen ist unzulässig.

c) Durch Erwärmung des Öles auf 110°C im Vakuumofen bei einem Luftdruck von ca. 350 mm Quecksilbersäule. Diese Methode wird nur in gut eingerichteten Werkstätten möglich sein. Der Kochprozeß erfolgt so lange, bis an dem Schauglas des Kondensators der Vakuumpumpe kein Austritt von Wassertropfen aus dem Tropfrohr mehr erkennbar ist.

Der Vakuumofen ist außerdem die geeignetste Vorrichtung, die ein einwandfreies Austrocknen der Transformatoren selbst gestattet.

C. Maßnahmen vor Wiederverwendung der gereinigten Öle.

a) Untersuchung.

Nachdem das Öl gereinigt und entwässert ist, erfolgt zunächst eine Prüfung auf Durchschlagsfestigkeit. Genügt das Öl, so kann nochmals eine Prüfung auf organische Säure erfolgen. Empfehlenswert ist es, von Zeit zu Zeit ganze Analysen der gebrauchten Öle auszuführen, mindestens aber außer den unter C a) 1—9 genannten Eigenschaften auch die unter Punkt 1, 4 und evtl. 6 und 7 der bei A genannten festzustellen. Die Analysen sind mit den sonstigen Angaben in ein Analysebuch und die Analysennummer in der Transformatorenkartei einzutragen, um später Vergleichswerte zu besitzen und Erfahrungswerte zu sammeln. Auf

dem Transformator oder Schalter ist der Tag der Reinigung mit Farbe zu bezeichnen.

b) Reinigung der Transformatoren und Schalter.

Vor dem Einfüllen des Öles sind die Transformatoren und Schalter von den anhaftenden Ausscheidungsprodukten sorgfältig zu reinigen. Bei den Ölhaltern erfolgt die Reinigung durch feste nicht fasernde Tücher, keinesfalls durch Putzwohle. Die Transformatoren werden am zweckmäßigsten durch Abspritzen mit warmem Öl, das mit einer kleinen Handpumpe unter Druck gesetzt wird, gereinigt. Die Verwendung von Benzin, Benzol oder ähnlichen Mitteln ist unbedingt zu unterlassen. Jedes Kratzen auf den Wickelungen ist streng zu vermeiden, da dadurch die Isolation leicht beschädigt werden kann. Geringe feste anhaftende Niederschläge lasse man ruhig auf den Wickelungen liegen. Die Transformatorenkessel sind sorgfältig vom Schlamm zu befreien, mit Benzin oder Benzol sauber auszuwischen und sorgfältig zu trocknen, bevor Öl eingefüllt wird. Bei Ölhaltern sind etwa vorhandene Niederschläge auf den inneren Traversen und Isolatoren durch sorgfältiges Abwischen zu entfernen und die Isolatoren dann gut trocken zu reiben.

c) Das Wiedereinfüllen des Öles.

Das nach einer der im vorigen Abschnitt beschriebenen Methoden gereinigte und entwässerte Öl darf, bevor es in die Ölhalter eingefüllt wird, nicht wärmer als 40° C sein. Bis dahin ist es gut bedeckt aufzubewahren, damit das Öl keine Feuchtigkeit aus der Luft in sich aufnimmt. Das Fertigmachen der Transformatoren kann auf vier verschiedene Arten geschehen:

1. Das gereinigte und entwässerte Öl wird warm in den Transformator eingefüllt, dieser nochmals mit Hilfe der Kochvorrichtung auf 110° C erwärmt und auf dieser Temperatur unter ständiger und sorgfältiger Beobachtung des Thermometers gehalten, bis keine Blasen mehr aufsteigen. Das nochmalige Trocknen ist notwendig, um die Feuchtigkeit aus den Spulen des Transformators zu entfernen. Der Transformator-kessel ist außen zur Vermeidung von Wärmeverlusten mit einem schlechten Wärmeleiter gut abzudecken.

2. Das gereinigte und entfeuchtete Öl wird, ohne daß es vorher erwärmt wurde, in den Transformator gefüllt und dieser auf 110° C erwärmt. Das Austrocknen dauert entsprechend länger als nach Methode 1, man spart aber das vorherige Erwärmen des Öles. Je nach Beschaffenheit des Öles und Größe des Transformators dauert das Kochen ein bis drei Tage. Während des Kochens müssen die Deckel der Transformatoren geöffnet sein, damit die Dämpfe entweichen können. Nach Beendigung des Kochens ist der Transformator zu schließen, das Öl-schützergesäß nachzufüllen, aber bis zum Erkalten des Öles offen zu lassen.

3. Das gereinigte Öl wird in einen Behälter gepumpt, der drei bis vier Transformatorkerne aufzunehmen vermag, und hierin

werden Kerne und Öl zusammen auf 110°C erwärmt. Nach Beendigung des Kochens wird der Kern in den sorgfältig gereinigten Ölkessel gesetzt und dieser sofort mit dem warmen Öl gefüllt. Die Beheizung des Ölbehälters erfolgt zweckmäßig durch Dampf oder elektrisch, im letzteren Falle aber indirekt durch Heizöl. Diese Methode empfiehlt sich zur Schonung der oft nicht sehr stabilen Ölkessel und ermöglicht die Anlage einer festen Kocheinrichtung, auf die mehr Sorgfalt verwendet werden kann als auf die provisorisch hergerichteten Anlagen. Die Anlage ist auch dann verwendbar, wenn die Kerne in heißer Luft getrocknet werden müssen, wie das bei einigen Transformatorenfabrikaten erforderlich ist.

4. Das Entwässern des Öles und Transformators erfolgt im Vakuumofen bei 110°C unter 350 mm Vakuum. Die hierfür erforderlichen Einrichtungen können jedoch nur in einer gut eingerichteten Transformatorenwerkstatt, die das Jahr über voll beschäftigt ist, wirtschaftlich ausgenutzt werden. Für das Auskochen der Transformatoren, die im Gebiete kleinerer Überlandzentralen jährlich in Betracht kommen, ist diese Einrichtung zu teuer.

d) Allgemeines.

Der Versand der Öle darf nur in eisernen Fässern erfolgen, die genügend große, gut verschließbare Öffnungen haben sollten, um eine leichte Reinigung im Innern zu ermöglichen. Da die jetzt gebräuchlichen Ölfässer nicht eine derartig genügende Öffnung besitzen, ist besondere Sorgfalt auf einwandfreie Reinigung zu verwenden. Diese kann durch Ausblasen der Fässer mit Dampf und nachherige Trocknung durch eingeblasene heiße Luft oder, wo entsprechende Einrichtungen fehlen, durch Auspülen mit heißem Öl oder kaltem Benzol erfolgen. Das Austrocknen mit Hilfe einer Böttlampe ist unzulässig.

Behälter zur Aufnahme von unreinem Öl sollen konischen Boden mit Schlammablaßhahn erhalten. Der Ölentnahmestutzen soll am oberen Rande des konischen Bodens angebracht werden.

D. Bedingungen für die Verwendbarkeit gebrauchter Mineralöle.

Transformatoren- und Schalteröle sind zur Wiederverwendung noch geeignet, wenn sie den folgenden Bedingungen entsprechen:

1. Das spezifische Gewicht darf nicht über 0,95 bei $+20^{\circ}\text{C}$ betragen.

2. Der Flüssigkeitsgrad (Viskosität) bezogen auf Wasser von 20°C darf bei einer Temperatur von $+20^{\circ}\text{C}$ nicht über 11° Engler sein.

3. Der Flammpunkt, nach Martiusson im offenen Tiegel bestimmt, soll nicht unter $+145^{\circ}\text{C}$ liegen.

4. Der Stockpunkt des Transformatorenöles soll mindestens -5° , derjenige des Schalteröles mindestens -15°C betragen. Zeigt ein Transformatorenöl einen höheren Stockpunkt, so darf es nur in solchen

Räumen verwendet werden, in denen die Temperatur des gefundenen Stockpunktes unter keinen Umständen erreicht wird.

5. Der Gehalt an organischer Säure darf nicht über 1,2, berechnet als Säurezahl (mg KOH), sein.

6. Der Gehalt an Asche darf 0,2% nicht übersteigen.

7. Die Leerzahl — nicht Verteerungszahl — der gebrauchten Die soll 0,6 nicht übersteigen.

8. Das Öl soll, in ein Reagenzglas von 15 mm l. Ø gefüllt, mindestens durchscheinend sein und darf mechanische Beimengungen nicht enthalten.

9. Das Öl darf nach eintägigem Stehen in einem vollgefüllten Reagenzglas normaler Abmessungen keine Abscheidungsprodukte auf dessen Boden mehr absetzen.

10. Das Öl muß frei von Wasser sein.

11. Die Durchschlagfestigkeit des Oles darf, gemessen nach den Prüfvorschriften des VDE, 60 kV/cm nicht unterschreiten.

Die erforderlichen Untersuchungen sind nach den von dem VDE herausgegebenen Vorschriften auszuführen.

Es sei noch besonders darauf hingewiesen, daß die vorstehenden Richtlinien, die vor über drei Jahren aufgestellt wurden, heute nicht mehr in vollem Umfange zutreffen. Die Revision derselben seitens der Vereinigung der Elektrizitätswerke ist in Kürze beabsichtigt.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß die Isolieröle beim längeren Aufbewahren leicht Veränderungen unterworfen sind, worüber jedoch bis jetzt noch wenig zuverlässige Angaben vorliegen. Das Beobachtungsmaterial darüber ist zusammengestellt in der Elektrizitätswirtschaft 1927, Nr. 437, S. 328. Danach sind nicht nur Veränderungen bei Aufbewahrung am Licht ermittelt worden, sondern auch bei Aufbewahrung im Dunkeln. Größere Untersuchungen darüber sind zur Zeit noch im Gange.

Apparate. Soweit diese zur Stromunterbrechung dienen, müssen sie nach den Errichtungsvorschriften so gebaut sein, daß bei ordnungsmäßiger Bedienung kein Lichtbogen bestehen bleibt, was unter Umständen Gefahr bringt. Das ist in den Errichtungsvorschriften in § 11a für Schalter, § 12a für Anlasser und Widerstände, § 14a für Schmelzsicherungen und Selbstschalter vorgeschrieben. Für Räume, in denen Feuergefahr besteht, ist in §§ 34b und 36d besonders die Anbringung von Schutzkästen gefordert. Es ist nicht nur wesentlich, daß diesen Vorschriften bei der ersten Einrichtung der Anlagen entsprochen wird, sondern auch im Betriebe muß dauernd darauf geachtet werden, daß diese Einrichtungen, auch wenn sie durch Abnutzung gelitten haben, diese Forderungen noch erfüllen, oder sie müssen ausgetauscht werden.

In den allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften für die Betriebe der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik wird in § 153 die Forderung gestellt, daß in explosionsgefährlichen Räumen nur explosionsichere Apparate verwendet werden, wie das auch in § 35a

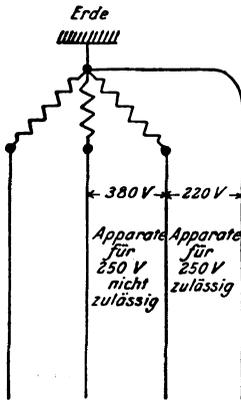
der Errichtungsvorschriften verlangt ist. Diese Bestimmung wird bei der Betriebsüberwachung immer im Auge zu behalten sein, weil die Sicherheit mit der Zeit nachlassen kann, z. B. durch Verstaubung.

Erfahrungsgemäß werden Schutzkappen und sonstige Abdeckungen von Apparaten im Betriebe oft verletzt, so daß sie nicht mehr als Schutz wirken. Oft kommt es sogar vor, daß sie ganz fehlen und nicht wieder ersetzt werden. Vielfach beobachtet man auch, daß die von Anfang an vorgesehenen Schutzkappen und Schutzabdeckungen auf die Dauer sich als nicht genügend fest erweisen. Darauf ist bei der laufenden Betriebsüberwachung immer achtzugeben. Bezüglich der Festigkeit von Schutzkappen sei auch auf ETZ 1926, S. 1281 verwiesen.

Eine weitere Fehlerquelle, die sich erst im Laufe des Betriebes herausbildet, sind vielfach die Einführungsstellen der Leitungen an den Apparaten usw. Namentlich wenn scharfe Kanten vor-

handen sind, ist es unbedingt notwendig, daß eine Schutzeinrichtung an der Leitungseinführung vorhanden ist.

Bei der Ergänzung schadhaft gewordener oder verbrauchter Apparate wird es wesentlich sein, auf den richtigen Anschluß des Ersatzes zu achten. Dabei können die vom VDE aufgestellten „Normen für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen, Anfassern, Reglern und Transformatoren“, die in Abschnitt III dieses Buches unter C abgedruckt sind, sehr wertvoll sein.



In den Drehstromanlagen von 380 V Außenspannung mit geerdetem Nulleiter wird öfters der Fehler gemacht, daß an 380 V Apparate für 250 V Nennspannung angeschlossen werden, in der Meinung, diese seien deshalb zulässig, weil

infolge der Erdung des Nulleiters es sich um eine Niederspannungsanlage handelt. Diese Anwendung der Apparate für 250 V ist falsch. Wenn auch die Spannung gegen Erde nur 220 V beträgt und die Apparate daher nicht den in den Errichtungsvorschriften aufgestellten Forderungen für Hochspannungsanlagen zu entsprechen brauchen, so sind doch Apparate für 250 V nicht zulässig, weil die Betriebsspannung, welcher der Apparat ausgesetzt ist, in diesem Fall 380 V beträgt. Die Apparate für 250 V sind nur zwischen Außenleiter und geerdetem Nulleiter zulässig. (Vgl. vorstehende Abbildung.) Die gleichen Ausführungen gelten auch für Dreileiteranlagen von 2×220 V bei Anschluß zwischen den Außenleitern.

Für die Reinigung von Apparaten verwendet man zweckmäßig Putztücher oder Putzlappen und nicht Putzwolle, weil letztere lose Fasern hat. Über Putztücher und Putzlappen sind vom Reichsausschuß für Lieferbedingungen (RAL) normale Lieferbedingungen aufgestellt worden, die in Abschnitt III dieses Buches unter G. abgedruckt sind. Metallene Kon-

takteile sollen in angemessenen Zeitabschnitten gesäubert, von Schmelzperlen befreit und leicht (hauchartig) mit reiner Vaseline geschmiert werden. Haben sich durch besondere Vorgänge Brandflecke oder Schmorstellen gebildet, so sind sie durch Schmirgelleinen vorsichtig zu entfernen. Die Feile ist hier zweckmäßig nicht zu verwenden. Bei den Arbeiten entstandener Schmirgel- oder Kupferstaub muß vorsichtig entfernt werden. Es ist ferner darauf zu achten, daß die Kontakte möglichst mit der ganzen Fläche aufliegen und der Auflageindruck richtig ist.

Wenn bei Apparaten die Neueinstellung z. B. des Auslösestroms, der Auslösezeit usw. notwendig wird, so soll dies in der Regel nicht in eingeschaltetem Zustande erfolgen. Da bei Apparaten, namentlich bei solchen für hohe Spannung, heute in großem Umfange Öl verwendet wird, sind geeignete Maßnahmen betr. Feuerschutz zu beachten. Näheres darüber ist aus dem zu § 4³ Gesagten zu entnehmen.

Soweit Temperaturmessungen nicht mit dem Thermometer ausführbar sind, können für Betriebszwecke oft andere Mittel, wie Schmelzperlen, Lackanstrich usw., verwendet werden. Näheres darüber ist unter dem zu § 4³ Gesagten zu ersehen.

Die normale Abstufung¹ von Stromstärken bei Apparaten ist vom VDE wie folgt festgelegt: 2, 4, 6, 10, 15, 25, 60, 100, 200, 350, 600, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000 A.

Bei Schaltern soll die Einschaltbewegung bei Wechsel- und Gleichstrom schnell erfolgen. Bei Gleichstrom soll auch das Ausschalten schnell vorgenommen werden; bei Wechselstromleistungsschaltern, ausgenommen Selbstschaltern, ist dagegen das Ausschalten mit mäßiger Geschwindigkeit zu empfehlen.

Die Einschaltbewegung soll schnell erfolgen, da bei zögerndem Einschalten unter Belastung ein Verschmoren der Kontaktstücke oder Einschaltfeuer eintreten kann. Schnelles Ausschalten bei Gleichstrom vermindert die Größe und Dauer des Ausschaltfeuers. Gleichstromschaltgeräte werden daher meistens mit Momentenschaltung versehen, falls nicht induktive Stromkreise vorliegen. Ausschalten mit mäßiger Geschwindigkeit ist bei Wechselstrom dagegen vorteilhafter, weil hierdurch die Möglichkeit gegeben ist, daß der Ausschaltlichtbogen beim Durchgang des Stromes durch Null verlischt.

Nach den Normal-Unfallberührungsvorschriften des Verbandes der deutschen Berufsgenossenschaften müssen nach V, § 5 Schalthebel, die infolge ihrer ungünstigen Stellung leicht unbeabsichtigt eingeschaltet werden können, dagegen geschützt sein.

Bei der Betriebsüberwachung sollte stets darauf geachtet werden, daß Schaltergriffe nicht zum Aufhängen irgendwelcher Gegenstände, Kleidungsstücke usw., benutzt werden. Das Merkblatt für die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft macht hierauf unter Nr. 5 für solche Anlagen noch besonders aufmerksam.

¹ ETZ 1910, S. 323 und 354; 1927, S. 555, 860 und 1089.

Damit derjenige, der den Betrieb überwacht, über die Wirkungsweise der elektromagnetischen Auslösung und der elektrisch betätigten Einschaltvorrichtung bei Schaltgeräten unterrichtet ist, seien hier die Bestimmungen des VDE in §§ 48 und 49 der Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Schaltgeräten bis 500 V Wechselspannung und 3000 V Gleichspannung RES 1928 wiedergegeben.

Elektromagnetische Auslösung muß wie folgt wirken:

1. Überstromauslösung: Geräte mit Überstromauslösung müssen bei unverzügter Auslösung vom 1- bis 2fachen, bei verzögerter Auslösung vom 1,2- bis 2fachen Wert des Auslöfernennstromes einstellbar sein.

Verzögerte Überstromauslösungen müssen, ohne auszulösen, auf die Anfangsstellung zurückgehen, wenn innerhalb $\frac{2}{3}$ der Auslösezeit der Strom auf den Wert des Nennstromes zurückgeht.

Der Auslösestrom darf vom Einstellstrom nicht mehr als $\pm 7,5\%$ abweichen.

2. Unterstromauslösung: Geräte mit Unterstromauslösung müssen bei höchstens 10% des Auslöfernennstromes auslösen; beim Einschalten müssen sie nach Belastung mit dem Auslöfernennstrom 15% dieses Stromes noch halten, Befestigung an erschütterungsfreier Unterlage vorausgesetzt.

3. Rückstromauslösung: Geräte mit Rückstromauslösung müssen im allgemeinen die Auslösung eines Rückstromes von 10% des Auslöfernennstromes ermöglichen. Nach vorheriger Belastung mit Auslöfernennstrom und bei Nennspannung müssen sie noch halten, wenn kein Strom fließt, Befestigung an erschütterungsfreier Unterlage vorausgesetzt.

4. Spannungsrückgangsauslösung: Geräte mit Spannungsrückgangsauslösung müssen im Einschaltzustand verbleiben und einschaltbar sein, wenn die Spannung 70% der Auslöfernennspannung beträgt; sinkt die Spannung unter 35% der Auslöfernennspannung, so muß die Auslösung erfolgen.

5. Arbeitsstromauslösung: Geräte mit Arbeitsstromauslösung (Nebenschluß- oder Fremdschlußwicklungen) müssen bei 0,5- bis 1,1facher Auslöfernennspannung bzw. Betätigungsspannung richtig auslösen.

Elektrisch betätigte Einschaltvorrichtungen müssen noch bei einer Betätigungsspannung wirken, die von der normalen um $\pm 10\%$ abweicht.

Elektrisch betätigte Ausschaltvorrichtungen müssen noch bei einer Betätigungsspannung wirken, die von der normalen um $+ 10\%$ oder $- 25\%$ abweicht.

In Betrieben, in denen eine große Zahl von Schaltern zu überwachen ist, ist es empfehlenswert, die vom Oberschleifischen Elektrotechnischen Verein im Einvernehmen mit dem Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung aufgestellten Schalterkarten zu benutzen, die von der Geschäftsstelle des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung, Berlin NW 6, Luisenstr. 58, be-

zogen werden können. Über diese Karten ist Genaueres in dem Abschnitt über Maschinen auf S. 88 auseinandergesetzt, so daß darauf verwiesen sein möge.

Das für die Isolierung und Funkenlöschung bei Apparaten verwendete Öl muß den Vorschriften des VDE über Transformatoren- und Schalteröle entsprechen. Näheres darüber ist vorstehend ausgeführt.

Um die zulässige Belastbarkeit der Schalter beurteilen zu können, seien nachstehend die in § 12 der Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial, in §§ 62 bis 65 der Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Schaltgeräten bis 500 V Wechselspannung und 3000 V Gleichspannung RES 1928 und in den §§ 78 bis 80 der Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Wechselstrom-Hochspannungsgeräten für Schaltanlagen REH 1928 enthaltenen Angaben hier wiedergegeben.

Die Kontakteile des Dofenschalters dürfen nach einstündiger Belastung mit dem 1,25fachen des Nennstromes, jedoch mit nicht weniger als 6 A bei geschlossenem Gehäuse und bei einer Raumtemperatur von ungefähr 20° C keine solche Temperatur annehmen, daß ein an irgendeiner Stelle vor dem Versuch angebrücktes Kügelchen reinen Bienenwachs von etwa 3 mm Durchmesser nach Beendigung des Versuches geschmolzen ist. Die Prüfung kann mit Gleich- oder Wechselstrom vorgenommen werden.

Die Erwärmung der Teile von Schaltgeräten mit Ausnahme der Nebenschluß- und Fremdschlußwicklungen wird bei Dauerbelastung mit dem Nennstrom ermittelt.

Die Erwärmung der Nebenschlußwicklung wird bei Dauerbelastung mit einer Prüfspannung gleich 1,1 Auslöfernennspannung ermittelt. Für diese Prüfung kann Fremdschluß anstatt Nebenschlußschaltung verwendet werden.

Die Dauerprüfung kann in warmem oder in kaltem Zustande beginnen und wird so lange fortgesetzt, bis die Erwärmung nicht mehr merklich zunimmt (Endertwärmung).

Als Erwärmung einer Wicklung gilt der höhere der beiden folgenden Werte:

1. Mittlere Erwärmung, berechnet aus der Widerstandszunahme,
2. örtliche Erwärmung an der heißesten zugänglichen Stelle, gemessen mit dem Thermometer.

Wenn die Widerstandsmessung unzutunlich ist, so wird die Thermometermessung allein angewendet, im allgemeinen gilt das oben vorgeschriebene Meßverfahren.

Die Erwärmung von Kupferwicklungen wird aus der Widerstandszunahme nach folgender Formel ermittelt:

$$\text{Erwärmung} = \frac{(235 + t_k) r}{100} - (t_L - t_k),$$

wobei bedeutet:

- t_k = Temperatur der Wicklung in kaltem Zustande,
 t_L = Lufttemperatur,
 r = prozentuale Widerstandzunahme.

Als höchstzulässige Temperatur und Erwärmung in °C gelten die Grenzwerte.

	Bestandteil oder Werkstoff	Grenz- tempe- ratur	Grenz- erwär- mung	
Strom- führende Metall- teile	Schaltstücke	70	35	
	Kontaktstücke von Sicherungen	120	35	
Isolier- stoffe	Lackierte Pappe, Hartlackpappe, Fiber, Pressspan	80	45	
	Mikantit	65	30	
	Asbestpappe (Mischware)	80	45	
	Kunstschiefer, Kunstmarmor, Hartpapier	105	70	
	Schiefer, Marmor, Granit, Ebenit und andere natürliche Gesteine	110	75	
	Steatit, Porzellan, Glas und ähnliche tera- mische Isolierstoffe	120	85	
	Asbest, Rohglimmer, Asbestzement, Schiefer- asbest	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Teile		
	Gepresste Isolierstoffe mit Ausnahme von lackierter Pappe	Pressstücke für gewöhnliche Zwecke Pressstücke mit besonders hoher Wärmebeständigkeit z. B. für Sicherungstöcke	80	45
	Blank	120	85	
	100	65		
Wick- lungen	Isoliert mit ungetränkter Baumwolle, Seide, Jute, Sterlingseilen	85	50	
	Isoliert mit getränkter Baumwolle, Seide, Jute, Sterlingseilen oder getränktem Papier	95	60	
	Lackdraht	95	55	

Bei den vorstehenden Erwärmungen müssen die Geräte der betriebsmäßigen Beanspruchung gewachsen sein.

Werden an der Berührungsstelle Stoffe von verschiedener Wärmebeständigkeit verwendet, so ist die für den weniger wärmebeständigen Stoff zulässige Grenztemperatur maßgebend.

Die Erwärmung von Kupferwicklungen der Wechselstrom-Hochspannungsgeräte wird ebenfalls aus der Widerstandzunahme nach vorstehend angegebener Formel ermittelt.

Die höchstzulässigen Grenzwerte von Temperatur und Erwärmung sind nachstehend zusammengestellt: (Siehe Tabelle nächste Seite.)

Zu Reihe 1 bis 3: Das Öl von Schaltern, die längere Zeit in Betrieb sind, darf sich um 10° C mehr erwärmen, vorausgesetzt, daß sich die Schaltstücke in ordnungsmäßigem Zustande befinden.

	I Geräteteil	II Grenz- tempe- ratur	III Grenz- erwär- mung	IV Meß- verfahren
		° C	° C	
1	Öl bei neuen Ölaltern, gemessen in der oberen Ölschicht, wenn keine Wicklungen oder Sicherungen unter Öl vorhanden sind, bis einschließlich 2000 A Nennstrom	65	30	Thermo- meter
2	über 2000 A Nennstrom	75	40	"
3	Öl bei neuen Ölaltern, gemessen in der oberen Ölschicht, wenn Wicklungen oder Sicherungen unter Öl vorhanden sind, bis einschließlich 2000 A	75	40	"
4	Dauernd eingeschaltete Hauptschlussswicklungen bei Nennstrom. Drahtumhüllungen aus Faserstoff (Asbest ausgenommen), Papier, Baumwolle, Seide dürfen in Luft ungetränkt nicht verwendet werden	85	50	"
5	Dauernd eingeschaltete Nebenschlussswicklungen bei Nennspannung, Drahtumhüllungen aus Faserstoff (Asbest ausgenommen), Papier, Baumwolle, Seide dürfen in Luft ungetränkt nicht verwendet werden	85	50	Wider- stand- zunahme nach R.E.M. (§ 41)
6	Zeitweise eingeschaltete Hauptschlussswicklungen nach 10 maliger unmittelbar aufeinanderfolgender Be- tätigung bei normaler Betätigungsspannung	85	50	Thermo- meter
7	Zeitweise eingeschaltete Nebenschlussswicklungen nach 10 maliger unmittelbar aufeinanderfolgender Be- tätigung bei normaler Betätigungsspannung	85	50	Wider- stand- zunahme nach R.E.M. (§ 41)

Ist die Raumtemperatur höher als 35° C, so daß die Temperatur im Öl zu hoch wird, so müssen insbesondere bei höheren Nennstromstärken größere Schalter, als der betriebsmäßig auftretenden Nennstromstärke entspricht, verwendet werden.

Zur thermometrischen Temperaturmessung sollen Quecksilber- oder Alkoholthermometer verwendet werden. Widerstandspulen oder Thermoelemente sind ebenfalls zulässig, doch ist im Zweifelsfalle das Quecksilber- oder Alkoholthermometer maßgebend.

Es muß für möglichst gute Wärmeübertragung (insbesondere bei Schaltern über 2000 A, Widerständen) von der Meßstelle auf das Thermometer gesorgt werden. Bei Messung von Oberflächentemperaturen sind Meßstelle und Thermometer gemeinsam mit einem schlechten Wärmeleiter zu bedecken.

Geräte mit größerer Wärmeentwicklung (Schalter über 2000 A, Widerstände) müssen so eingebaut sein, daß durch angemessene Lüftung des Raumes eine genügende Abfuhr der Wärme gewährleistet wird.

In elektrischen Anlagen werden Schaltgeräte unter Umständen monatelang in der Einschaltstellung belassen und dauernd mit ihrem vollen Nennstrom belastet. Die hierbei an den Kontaktstellen auftretende Drydation bewirkt eine Zunahme des Übergangswiderstandes und damit eine

zusätzliche Erwärmung, die z. B. bei Kontaktbürsten die Ursache für ihr Erlahmen bilden kann. Dieses würde nicht eintreten, wenn das Schaltgerät häufiger ein- und ausgeschaltet würde, wodurch schon eine gewisse Reinigung der Kontaktstellen selbsttätig geschieht und gleichzeitig eine Gelegenheit zum Säubern und Schmieren der Schaltstücke vorhanden wäre. Aus diesen Gründen ist daher zu empfehlen, bei einem derartigen pausenlosen Dauerbetrieb der Geräte bezüglich ihrer Nennstromstärke möglichst reichlich zu wählen.

Leichtes Einfetten der Hauptkontaktflächen mit Waseline verhindert den Zutritt der Luft und damit die Oxydation der Kontaktflächen. Die Einfettung der Kontaktflächen mit Waseline vergrößert den Übergangswiderstand entgegen einer vielfach verbreiteten irrtümlichen Ansicht nicht oder nur sehr unbedeutend. Die Häufigkeit der Reinigung und Fettung richtet sich nach den Betriebsverhältnissen. In Anlagen, in denen das Schaltgerät den Einwirkungen von Staub, Schmutz, Feuchtigkeit oder chemischen Dämpfen oder Gasen ausgesetzt ist, sollte die Reinigung und Fettung ziemlich häufig, unter Umständen alle 1 bis 2 Monate erfolgen.

Eine wichtige Rolle spielen in den Betrieben die Hochspannungsgeräte, so daß die mit der Wartung der Anlagen betrauten Personen die wichtigsten diesbezüglichen Grundlagen, außer den schon im Vorstehenden erwähnten, kennen sollten. Die „Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Wechselstrom-Hochspannungsgeräten für Schaltanlagen REH 1928“ sollen am 1. Juli 1929 in Kraft treten, wodurch die alten Leitfäden für die Konstruktion und Prüfung von Wechselstrom-Hochspannungsanlagen von einschließlich 1500 V Nennspannung aufwärts, die seit 1914 in Kraft waren, ersetzt werden. Die REH 1928 gelten für Dischalter, Trennschalter, Stützisolatoren, Durchführungen, Überspannungsschutzgeräte, Schmelzsicherungen, Freiluftgeräte und Ausläuferchalter von 1 kV aufwärts.

Ausläuferchalter sind für den Einbau an solchen Stellen bestimmt, in denen keine höhere Dauerkurzschluß-Stromstärke entstehen kann als nachstehende Tafel angibt,

Reihe	kV	Höchster Auslöser-nennstrom in A	Höchste Dauerkurzschlußstromstärke in A	Höchste Nennleistung in kVA
10	6	25	400	250
10	10	25	300	400
20	15	15	250	400
20	20	10	200	350
30	30	6	200	300

und an denen der Stoßkurzschlußstrom den Dauerkurzschlußstrom nicht erheblich übersteigt. Die Schaltstücke von Ausläuferchaltern sind für mindestens 60 A Nennstrom bemessen.

Nach dem Aufstellungsort werden Hochspannungsgeräte unterschieden für:

- a) Innenräume, das sind geschlossene Räume in Gebäuden, und zwar:
1. Trockene Innenräume, das sind solche, in denen keine merkliche Niederschlagsbildung auftritt (Betriebsklasse I).
 2. Feuchte oder staubige Innenräume (Betriebsklasse II).
- b) Aufstellung im Freien.

Zur Verkehrsbezeichnung der Hochspannungsgeräte wird in erster Linie die Reihe, sodann die Stromstärke verwendet.

Jeder Ölswitcher muß ein Schild mit der Angabe der Reihe, der Nennstromstärke in A, der Nennspannung in kV, der Nennauschaltleistung in kVA, der Nennfrequenz in Herz, des Hersteller- oder Ursprungszeichens und der Fabrikationsnummer tragen.

Bei Ölswitchern muß das Öl öfters abgelassen werden. Damit das im Betriebe leicht geschehen kann, ist vorgeschrieben, daß die Einrichtungen zum Ablassen des Oles haben müssen, wenn das Gewicht des Ölbehälters einschließlich Öl größer ist als 30 kg. Bei Ölkesseln mit mehr als 500 kg Fassungsvermögen muß die Ablassereinrichtung eine vollkommene Entleerung der Kessel ermöglichen. Die Ölswitcher sind ferner mit einer Einrichtung zu versehen, die das Vorhandensein des ordnungsmäßigen Ölstandes erkennen läßt; außerdem muß die Schalterstellung und Einschaltrichtung, erstere auch von der Rückseite aus, erkennbar sein. Bei Ölswitchern für mehr als 1000 A sind in die Zuleitungen elastische Glieder eingebaut, welche eine mechanische Beanspruchung der Bolzen oder Schienen der Ölswitcher durch die Zuleitungen verhindern.

Die Primärauslösungen sind zwischen dem 1,4- bis 2fachen Nennstrom einstellbar; für den Einstellstrom und die Einstellzeit ist eine Anzeigevorrichtung vorhanden. Der Auslösefehler beträgt nicht mehr als $\pm 7,5\%$. Die einstellbaren Auslösezeiten bei unabhängigen und die einstellbaren Grenzzeiten bei begrenzt abhängigen Auslösungen halten bei Auslösezeiten bis zu 8 s diese mit einem Spiel von $\pm 0,5$ s, bei Auslösezeiten von mehr als 8 s mit einem Spiel von ± 1 s ein. Primärauslöser mit Verzögerung der Auslösung gehen ohne auszulösen in die Anfangsstellung zurück, wenn innerhalb zweier Drittel der Auslösezeit der Strom auf den Wert des Nennstromes zurückgeht.

Bei Sekundärrelais ist für den Einstellstrom und die Einstellzeit eine Anzeigevorrichtung vorhanden. Der Auslösefehler beträgt nicht mehr als 5% des Einstellstromes; die einstellbaren Auslösezeiten bei unabhängigen und die einstellbaren Grenzzeiten bei begrenzt abhängigen Auslösungen werden mit einem Spiel von $\pm 0,4$ s eingehalten. Sekundärrelais mit Verzögerung der Auslösung gehen ohne auszulösen in die Anfangsstellung zurück, wenn innerhalb zweier Drittel der Auslösezeit der Strom auf 75% des Einstellstromes zurückgeht.

Elektrisch betätigte Einschaltvorrichtungen wirken noch bei einer Betätigungsspannung, die von ihrem Nennwert um $+10$ oder -15% abweicht.

Auslöser für Fernbetätigung wirken noch bei einer Betätigungs-
spannung, die von der Auslösenennspannung um + 10 und — 25%
abweicht.

Auslöser mit Spannungsrückgangs-Auslösung verbleiben im Ein-
schaltzustand, wenn die Spannung auf 60% der Auslöser-Nennspannung
zurückgeht. Sinkt die Spannung unter 35%, so erfolgt die Auslösung.

Für Reihenölschalter (abgesehen Ausläuferschalter) gelten bei Dreh-
strom 50 Herz die nachfolgenden Nennauschaltleistungen:

Reihe 1	20 MVA
Reihe 3	40 MVA
Reihe 6—30	60 MVA

und zwar bei der nachstehenden Folge von Schaltvorgängen:

Ausschalten des Kurzschlusses,

3 Minuten Pause,

Einschalten auf Kurzschluß und Ausschalten des Kurzschlusses.

Nach dieser Beanspruchung sind die Schäden im allgemeinen nur so groß,
daß sie vom Betriebspersonal in kurzer Zeit ausgebessert werden können.

Bei der Wartung der Ölschalter ist stets darauf zu achten, daß sie vor-
schriftsmäßig bis zur Marke mit Öl gefüllt sind. Das Öl muß vor dem
Einfüllen gereinigt und getrocknet sein (vgl. das vorstehend über Trans-
formatoren- und Schalteröle Gesagte). Das Öl muß in angemessenen
Zeitabständen auf Schlammabildung untersucht und gegebenenfalls ge-
reinigt werden, besonders ist bei häufigen Ausschaltungen größerer Lei-
stungen darauf zu achten. Nach einem größeren Kurzschluß sollte das Öl
immer untersucht und gegebenenfalls ausgetauscht werden.

Ölschalter mit Handeinschaltung sind stets schnell bis in die Endstellung
einzuschalten. Bei Schaltern mit Handeinschaltung und selbsttätiger Aus-
lösung ist ein Verweilen in einer Zwischenstellung unzulässig, weil die
freie Auslösung unter Umständen erst in der Endstellung wirkt. Beson-
ders wichtig ist es, darauf zu achten, daß langsames Einschalten oder Fest-
halten vor der Endstellung bei Schuttschaltern mit Vorschaltschalterwiderstand
nicht vorkommt, weil der Widerstand dadurch zulange eingeschaltet blei-
ben könnte.

Metallene Schaltstücke in Luft, an denen unter Leistung ein- oder
ausgeschaltet wird, sind in angemessenen Zeitabständen zu säubern und
von Schmelzperlen zu befreien. Besonders nach einem Kurzschluß ist
es notwendig, die Kontakte nachzuprüfen.

Sind an Hochspannungsgeräten Signalvorrichtungen vorhanden, so
sind diese auch stets darauf zu prüfen, ob sie in Ordnung sind.

Viele Störungen an Ölschaltern sind auf allmählich sich ausbildende
Kriechwege, die infolge Schlammablagerung entstehen, zurückzuführen.
Die Apparate sind deswegen daraufhin zeitweilig zu untersuchen¹.

Wichtig ist auch, darauf zu achten, daß bei Ölschaltern alle Pole genau
gleichzeitig schalten. Das kann in einfacher Weise dadurch festgestellt

¹ Näheres darüber siehe auch ETZ 1926, S. 183.

werden, daß provisorische Glühlampen, und zwar in jeder Phase eine, angebracht werden, die an einer entsprechenden Hilfsspannung liegen. Wird die Schaltbewegung dann ganz langsam ausgeführt, so müssen, wenn der Apparat in Ordnung ist, alle Lampen gleichzeitig aufleuchten bzw. erlöschen. Selbstverständlich muß der zu untersuchende Apparat vorher vollkommen von der Anlage abgeschaltet sein.

Nach § 11 der Errichtungsvorschriften müssen Hochspannungs-Ölschalter in Schaltanlagen, deren Sammelschienen mehr als 10000 kW abgeben, so eingebaut sein, daß zwischen ihnen und der Stelle, von der aus sie bedient werden, eine Schutzwand besteht. Diese soll die Bedienenden gegen Flammen und brennendes Öl schützen.

Ölschalterzellen und Oлаuffanggruben sind vielfach aus Beton hergestellt. Dieses Material kann durch Öl leicht Schaden leiden. Es ist deswegen wichtig, solche Betonkonstruktionen durch geeigneten Anstrich vor Zerstörung zu schützen.

Die Relais sind ständig daraufhin zu untersuchen, ob sie noch in Ordnung sind, ob sie sich klemmen oder sich eventuell Rost angeeignet hat. In letzterem Falle muß durch Einfetten der betreffenden Teile eine weitere Rostbildung verhindert werden. Relais mit Ruhekontakten können bei Kurzschluß leiden oder zusammenbrennen. Die Relaiseinstellung muß von Zeit zu Zeit kontrolliert werden¹. Insbesondere ist auch auf die Genauigkeit der Zeiteinstellung zu achten, weil sonst leicht Fehlauslösungen eintreten können. Das einwandfreie Arbeiten von Relais wird oft durch mechanische Mängel beeinträchtigt. Es müssen deswegen besonders die Relais sauber gehalten werden, damit eine Verschmutzung ausgeschlossen ist. Am zweckmäßigsten ist es, Relais so gegen Staub zu schützen, daß sie möglichst wenig leiden.

Um das richtige Arbeiten der Relais zu kontrollieren, empfiehlt es sich, Schalter usw. soweit möglich nicht von Hand zu betätigen, sondern mittels der zugehörigen Relais.

Hörnerableiter müssen durch genügend oft vorgenommene Reinigung vor Verstaubung geschützt werden. Schmelzperlen sind zu befestigen, namentlich an der Überschlagsstelle. Nach vorgenommenen Arbeiten an den Hörnerableitern müssen die Schlagweiten wieder nachgeprüft werden. Nach den Leitätzen für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannung sind die Funkenstrecken so einzustellen, daß sie bei dem 1,5- bis 2fachen der verketteten Spannung ansprechen. Hörnerableiter sind vor Zugluft zu schützen. Um feststellen zu können, ob die Hörnerableiter arbeiten, und wie oft, empfiehlt sich die Anbringung kleiner Fähnchen aus Papier an den Hörnern, die durch den aufsteigenden Lichtbogen verfohlt werden. Zuweilen werden auch besondere Zählwerke angebracht, um feststellen zu können, wie oft die Überspannungseinrichtung gearbeitet hat, um dadurch ein Bild über die Beanspruchung

¹ Näheres darüber siehe ETZ 1922, S. 1165; 1927, S. 847. „Der elektrische Betrieb“ 1925, S. 309; Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke 1925, Nr. 390, S. 353.

der Anlage durch Spannungserhöhungen zu erhalten. Ein andauerndes Arbeiten einer Überspannungsschutzvorrichtung weist auf Unregelmäßigkeiten im Netz und dadurch hervorgerufene Überspannungen hin, deren Ursache alsdann sofort zu ermitteln und zu beseitigen ist. Außer den Hörnerableitern müssen auch die zu ihnen gehörigen Widerstände regelmäßig kontrolliert werden. Das Ergebnis dieser Kontrolle ist zweckmäßig im Betriebsbuch zu vermerken.

Widerstände der verschiedensten Art sind in feuergefährlichen Betriebsstätten und Lagerräumen von entzündlichen Stoffen freizuhalten; in explosionsgefährlichen Betriebsstätten und Lagerräumen dürfen Widerstände nur insoweit verwendet werden, als für die besonderen Verhältnisse explosionsichere Bauarten bestehen. Über die Erwärmung von Widerständen und Stufenschaltern sind in den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten REA 1928“, die ETZ 1927, S. 624 und 663 abgedruckt sind, Angaben enthalten, und zwar unter der Voraussetzung, daß die Lufttemperatur nicht höher als 35° C ist. Es darf danach der Unterschied zwischen der Temperatur des Geräteteils und der des umgebenden Kühlmittels (Luft oder Öl) nicht mehr betragen, als nachstehend angegeben ist.

1. Widerstände mit Luftkühlung. Die Erwärmung soll, an der Austrittsstelle der Luft gemessen, nicht höher als 175° C sein, und keine Stelle des Gehäuses soll eine höhere Übertemperatur als 125° C zeigen.

2. Widerstände mit Ölkühlung. Das Öl soll an der wärmsten Stelle zwischen den Widerstandselementen nicht mehr als 80° C Erwärmung zeigen.

3. Widerstände mit Sandkühlung. Der Sand soll zwischen den Widerstandselementen keine höhere Erwärmung als 150° C haben.

4. Wasserwiderstände mit Zusatz von Soda u. dgl. Die Erwärmung des Elektrolyten soll 60° C nicht überschreiten.

5. Stufenschalter. Der Erwärmung der Kontaktstücke von Stufenschaltern in Luft soll an keiner Stelle 40° C bei geblättern Bürsten und 60° C bei massiven feststehenden oder beweglichen Kontaktstücken überschreiten; solche unter Öl dürfen die für das Öl zulässige Erwärmung erreichen.

6. Magnetwicklungen.

Die Erwärmung der Magnetwicklungen richtet sich nach der Wärmebeständigkeit der Isolierstoffe; es gilt folgende Tabelle:

Werkstoff	Grenztemperatur ° C	Grenz- erwärmung ° C
Faservstoff	ungetränkt	85
	getränkt od. in Füllm.	50
Lackdraht	95	60
Blanker Draht	100	65

Für Magnetwicklungen unter **DI** gilt die Erwärmungsvorschrift unter 2. 7. Für Hilfsmotoren und -transformatoren gelten die Bestimmungen der **REM** bzw. **RET**.

Die zugelassenen Erwärmungen werden durch Thermometer oder Thermoelemente gemessen.

Da die Erwärmung der einzelnen Widerstandsstufen schwer zu messen ist, soll bei luftgekühlten Widerständen die Temperatur der abstreichenden Luft an ihrer Austrittsstelle gemessen werden. Hierbei muß unter Umständen das Thermometer in die Öffnungen der Abdeckung eingeführt werden.

Bei Anlassern mit **DI**- oder Sandkühlung soll die Messung an der wärmsten Stelle zwischen den Widerstandselementen erfolgen, die bei **DI** meistens in etwa $\frac{2}{3}$ der Höhe des Kühlmittels auftritt, während die Temperatur an der Oberfläche und besonders am Gefäßboden stets erheblich niedriger, am Draht selbst dagegen höher ist. Bei Anlassern mit Sandkühlung ist zu berücksichtigen, daß die Wärmeaufnahme-fähigkeit des Sandes viel geringer als die des Öles ist.

Bei Metallwiderständen ist darauf zu achten, daß die Verbindungsstellen der Widerstandselemente untereinander und mit den Verbindungsleitungen der auftretenden Temperatur widerstehen (Verschraubungen, schwer schmelzende Lötungen, Schweißungen, Anbringung der Verbindungsstellen an den kühlfsten Stellen des Widerstandskörpers).

Da die zulässige Erwärmung der Stufenschalter geringer als die der Widerstände ist, so ist durch genügenden Abstand dieser Schalter von dem Widerstandskörper oder durch andere Maßnahmen dafür zu sorgen, daß die Wärmeübertragung vom Widerstand zum Stufenschalter eingeschränkt wird. Dieses gilt besonders für Feldregler und Regelanlasser.

Die Anlasser und Steuergeräte arbeiten nach diesen Bestimmungen des VDE noch einwandfrei, wenn die Betätigungsspannung vom Nennwert um $\pm 10\%$ abweicht. Bezüglich selbsttätiger Auslöschungseinrichtungen ist festgelegt, daß Spannungsrückgangsauslösung zur Auslösung des Gerätes führt, wenn die Spannung auf 35% des Nennwertes zurückgeht. Bei 70% des Nennwertes erfolgt keine Auslösung.

Nachden vom VDE aufgestellten „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Steuergeräten, Widerstandsgeräten und Bremslüftern für ausfesehenden Betrieb RAB 1927“ ist bezüglich der Erwärmung folgendes festgelegt.

Die abstreichende Luft darf an der Austrittsstelle aus dem Gehäuse an der wärmsten Stelle 200°C Übertemperatur nicht überschreiten, falls die Raumtemperatur $\leq 35^{\circ}\text{C}$ ist. Für Aufstellung in heißeren Räumen sind die Widerstandsgeräte entsprechend reichlicher zu bemessen. Bei Widerstandsgeräten, die mit dem Steuergerät zusammengebaut werden (z. B. Kleinststeuerwalzen), darf die Übertemperatur 175°C nicht überschreiten. Keine Stelle des Gehäuses soll eine höhere Übertemperatur als 125°C zeigen.

Anlasser und ähnliche Steuerapparate müssen häufig gereinigt und die Kontakte von entstandenen Brandperlen befreit werden. Namentlich

ist darauf zu achten, daß die Zwischenräume zwischen den Kontakten gut gereinigt und eventuell mit einem Blasebalg ausgeblasen werden. Bei Steuerhaltern (Kontroller) mit Kontaktfingern ist festzustellen, ob diese richtig anliegen, gegebenenfalls sind die Kontaktfinger nachzustellen.

Flüssigkeitsanlasser sollten nur in frostfreien Räumen verwendet werden. Der Widerstand der Flüssigkeit hängt von der aufgelösten Menge Soda ab. Es muß also die Konzentration der Sodälösung von Zeit zu Zeit kontrolliert werden. Verdunstetes Wasser ist durch Nachfüllen zu ersetzen. Die Metallkontakte sind, wie vorstehend schon erwähnt, dauernd sauber zu halten, von Schmelzperlen zu befreien und schwach einzufetten.

In Betrieben, in denen eine große Zahl von Anlassern zu überwachen ist, ist es empfehlenswert, die vom Oberschlesischen Elektrotechnischen Verein im Einvernehmen mit dem Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung aufgestellten Anlasserkarten zu benutzen, die von der Geschäftsstelle des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung, Berlin NW 6, Luisenstr. 58, bezogen werden können. Über diese Karten ist Genaueres in dem Abschnitt über Maschinen auf Seite 88 auseinandergesetzt, so daß darauf verwiesen sein möge.

Am 1. Juli 1930 treten auch die neuen vom VDE aufgestellten „Leitfäden für Motorschutzschalter mit thermisch verzögerter Überstromauslösung“ in Kraft¹.

Nach § 14 der Errichtungsvorschriften des VDE müssen Schmelzsicherungen für Stromstärken von 6 bis 60 A einschließlich in Anlagen mit Betriebsspannungen bis 500 V so beschaffen sein, daß die fahrlässige oder irrtümliche Verwendung von Einsätzen für zu hohe Stromstärken durch ihre Bauart ausgeschlossen ist (eine Ausnahme hiervon wird nur in Betriebsräumen gemacht). Für die gleichen Stromstärken dürfen ferner nur Sicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz verwendet werden.

Nach den Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial des VDE sollen die Sicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz für 500 V und für 6 bis 25 A, bei Edison-Gewinde 27, soweit die Unverwechselbarkeit durch Höhenunterschiede erreicht wird, nach dem Normenblatt DIN VDE 9350 hergestellt sein. Die Höhe der Kontaktschrauben haben für die fünf Normalstromstärken die nachstehend angegebenen Klein- und Größtmaße:

6 A	3,9 bzw.	4,1 mm
10 "	5,9 "	6,1 "
15 "	7,9 "	8,1 "
20 "	9,9 "	10,1 "
25 "	11,9 "	12,1 "

Bei Edison-Gewinde 33 und Stromstärke für 6 bis 60 A sollen sie bei der Unverwechselbarkeit durch Höhenunterschiede nach dem Normenblatt DIN VDE 9351 hergestellt sein. Die entsprechenden Klein- und Größtmaße der Kontaktschrauben sind hierbei folgende:

¹ ETZ 1928, S. 664.

6 A	3,9	bzw.	4,1	mm
10 "	5,9	"	6,1	"
15 "	7,9	"	8,1	"
20 "	9,9	"	10,1	"
25 "	11,9	"	12,1	"
35 "	13,9	"	14,1	"
60 "	15,9	"	16,1	"

Die D.-Sicherungsschraubenstöpfe für 6 bis 25 A und 500 V müssen nach dem Normenblatt DIN VDE 9360 hergestellt sein. Der innere Durchmesser der Paßschraube, in die der untere Teil der Patrone hineingreift, muß nachstehend angegebene Maße haben und der Unterbrechungsmelder erhält die gleichfalls angegebene Farbe.

6 A	6,5 + 0,75	mm	grün
10 "	8,5 + 0,75	"	rot
15 "	10,5 + 0,75	"	grau
20 "	12,5 + 0,8	"	blau
25 "	14,5 + 0,8	"	gelb

Die allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften für die Betriebe der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik verlangen gemäß § 156, daß Schmelzsicherungen mit einem entsprechenden Schutz zu versehen sind, wenn beim Abschmelzen jemand durch den Lichtbogen oder durch abspritzende Metallteile gefährdet werden könnte.

Für denjenigen, der den Betrieb überwacht, ist es wichtig, die Abschmelzstromstärken der Sicherungen zu kennen. Diese sind für Sicherungen mit geschlossenem Schmelzansatz vom VDE in den Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial wie folgt festgelegt.

Nennstrom A	Kleinster Prüfstrom	Größter Prüfstrom
6 bis 10	1,5 × Nennstrom	2,10 × Nennstrom
15 " 25	1,4 × Nennstrom	1,75 × Nennstrom
35 " 200	1,3 × Nennstrom	1,60 × Nennstrom

Den kleinsten Prüfstrom müssen die Sicherungen bis 60 A mindestens 1 h, die bis 200 A mindestens 2 h aushalten; mit dem größten Prüfstrom belastet, müssen sie innerhalb der gleichen Zeiten abschmelzen.

Für offene Schmelzsicherungen sind Angaben darüber in den „Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Schaltgeräten bis 500 V Wechselspannung und 3000 V Gleichspannung RES 1928“ enthalten. Danach müssen die Schmelzsicherungen in einer Stunde durchschmelzen beim 1,8fachen Nennstrom; sie dürfen in einer Stunde nicht durchschmelzen beim 1,6fachen Nennstrom.

Bei geschlossenen Schmelzeinsätzen für Stromstärken über 60 A verursachen die Kontakte insofern sehr leicht Schwierigkeiten, als infolge von Oxidationsercheinungen beträchtliche Erwärmungen entstehen können. Durch ordnungsmäßige Wartung sowie durch Anziehen der Sicherungen muß dafür gesorgt werden, daß der Kontakt dauernd gut ist.

Nach § 14 der Errichtungsvorschriften sind geflickte Sicherungsstöpsel verboten. Zu dieser Vorschrift ist der VDE nach sehr eingehenden Beratungen und Überlegungen gekommen, weil außerordentlich viele Schwierigkeiten im Betriebe durch solche geflickte Sicherungsstöpsel entstanden sind. Bei der hohen Bedeutung, die die Schmelzsicherungen in elektrischen Anlagen besitzen, hielt es der Verband für notwendig, zur Aufklärung der beteiligten Kreise eingehende Versuche über den Wert reparierter Sicherungen anzustellen. Dabei ergab sich, daß ein warnender Hinweis allein nicht genügt, denn der Unterschied zwischen unsachgemäßen und sachgemäßen Reparaturen ist nicht immer einfach auf den ersten Blick festzustellen. Deshalb ist der grundsätzliche Ausschluß geflickter Stöpsel der einzig gangbare Weg gewesen.

Vom technischen Standpunkte aus betrachtet, sind geflickte Stöpsel nicht nur wertlos, sondern bedeuten geradezu eine Gefahrenquelle für die Anlage. Deswegen hat der Verband auch im Jahre 1924¹ folgendes veröffentlicht:

„Die Prüfstelle des Verbandes deutscher Elektrotechniker ist nach zahlreichen Versuchen mit reparierten Sicherungsstöpseln (geflickten Stöpseln) und eingehenden Beratungen über die Möglichkeiten einer sachgemäßen Reparatur zu der Überzeugung gelangt, daß eine solche Wiederherstellung unter Wertverwertung der alten Porzellan- und Metallteile keine Preisvorteile bieten kann. Die wiedergewonnenen Materialwerte sind nicht größer als die zur Wiedergewinnung aufzuwendenden Arbeitslöhne, und da der Wiederaufbau keine weitere Ersparnis gestattet, wird das Fabrikat nicht billiger, aber unansehnlicher als eine neue Patrone. Die Reparatur von Patronen kann somit nur unter Vernachlässigung des unbedingt notwendigen Aufbaues Vorteile bringen, dies aber zum Nachteil der Verbraucher, weil solche Sicherungsstöpsel nicht als Sicherung, sondern als Gefahrenquelle anzusehen sind.

Wir erblicken hiernach in der Reparatur von Sicherungspatronen (Stöpsel-flickereien) ein die Elektrotechnik und ihre Anhänger schädigendes Vorgehen und haben uns in deren Interesse entschlossen, Anpreisungen dieser Art künftig in unserer Zeitschrift keinen Raum mehr zu geben.“

Man ersieht aus Vorstehendem, daß auch vom wirtschaftlichen Standpunkte aus solche geflickten Sicherungsstöpsel nicht als zweckmäßig bezeichnet werden können. Eine wirklich sachgemäße Reparatur würde soviel kosten wie ein neuer Stöpsel, und unsachgemäße Reparaturen sind schädlich. Ein durchgebrannter Stöpsel muß also unbedingt gegen einen neuen einwandfreien ausgewechselt werden, was ja namentlich bei dem zweiteiligen D.-Stöpsel schon insofern vorteilhaft geschehen kann, weil bei diesem nur die Patrone ersetzt zu werden braucht, während der Kopf weiter verwendet wird.

Bei dem Ersatz von Schmelzsicherungen ist es wesentlich, darauf zu achten, daß nur gutes Fabrikat verwendet wird. Daß nicht alle am Markt befindlichen geschlossenen Schmelzeinsätze gleichwertig sind, geht aus nachstehender Veröffentlichung von Oberbaurat Paulus, des Vorstandes des Elektrischen Prüfamtes, München (Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke 1921 Nr. 298) hervor.

¹ ETZ S. 436, El. Be. S. 92.

„Von 100 zur Prüfung eingelieferten Schmelzeinsätzen verschiedener Firmen konnten nur 30 als gut, dagegen mußten 70 als gänzlich unzureichend erkannt werden. Auch jetzt entsprechen nur die schon von früher her als bewährt bekannten Bauarten der ersten Hersteller in der wieder gangbaren Friedensaussführung den Vorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker in ausreichendem Maße. Die meisten jetzigen Ausführungen hielten nicht einmal bei Prüfungen mit geringerer als der angegebenen Spannung stand. Aus allem ergibt sich die recht wenig erfreuliche Tatsache, daß sich viele Stöpsel selbst unter den gemilderten Prüfungen als unzureichend erwiesen, und daß demnach selbst Stöpsel von 6 Ampere schon als unbedingt feuergefährlich zu erachten sind.“

Es sei noch darauf hingewiesen, daß zu stark bemessene Patronen die angeschlossenen Leitungen und Apparate gefährden. Zu schwach bemessene führen einen unnötig großen Verbrauch an Patronen herbei und bewirken eine Unsicherheit in der Betriebsführung.

Gewarnt sei ferner vor der Überbrückung von Sicherungen, die zur Schädigung der Anlage und Feuergefahr führen kann. Das Merkblatt für die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft schreibt deswegen besonders vor, daß niemals eine Sicherung durch Draht oder Metallteile überbrückt werden darf. Dieses bedeutet eine hohe Gefahr für die Anlage und ist strafbar. Bei mehrmaligem Durchbrennen der Sicherungen eines Stromkreises muß dieser durch Fachleute nachgeprüft werden. Dieser für landwirtschaftliche Anlagen besonders gegebene Hinweis ist natürlich für alle anderen Anlagen ebenso von Bedeutung, wie auch die weitere Vorschrift des genannten Merkblattes, daß nur die vorgeschriebenen Sicherungen verwendet werden dürfen und für diese stets einige Ersatzstücke von der richtigen Sorte vorrätig gehalten werden sollen. Welches die richtige Sicherung ist, muß unter Umständen von dem Fachmann erfragt werden.

Über geflickte, überbrückte usw. Sicherungen ist Näheres aus ETZ 1908, S. 829; 1909, S. 709; 1913, S. 416; 1923, S. 356; 1926, S. 396 zu ersehen.

Mit Rücksicht auf die Bedeutung der Verwendung sachgemäßer Sicherungen und die Folgen unsachgemäßer sind verschiedentlich Polizeivorschriften erlassen worden¹. Eine von der Regierung in Frankfurt a. D. am 19. Juli 1926 erlassene Polizeiverordnung enthält im wesentlichen folgendes: Es ist verboten zum Schutze der elektrischen Licht- und Kraftstromleitungen Sicherungen oder Selbstschalter zu verwenden oder verwenden zu lassen, die nicht den Vorschriften des VDE entsprechen; und es ist ferner verboten, Schmelzeinsätze von Sicherungen durch behelfsmäßige Mittel, wie Drähte, Nägel, Schraubenzieher, Stanniol u. dgl., zu ersetzen.

Der Unfug des Überbrückens bzw. Flickens von Sicherungen kann auch durch Verwendung von Installations-Selbstschaltern bekämpft werden. Das gilt namentlich für solche Anlagen, in denen Überlastung und Kurzschlüsse häufig vorkommen. Diese kleinen Selbstschalter werden in zweier-

¹ Näheres ist aus ETZ 1925, S. 1203 und 1451 zu ersehen.

lei Formen hergestellt, und zwar als Stöpsel selbstschalter, die sich ohne weiteres in vorhandene Schmelzsicherungssockel einschrauben lassen, und als Sockel selbstschalter mit eigener Grundplatte. Über die vom VDE für Installations-Selbstschalter gemachten Angaben ist Näheres zu ersehen aus ETZ 1924, S. 814; 1925, S. 790 und 1709; 1926, S. 1114, 1211 und 1245; 1927, S. 376, 519 und 895; Elektrizitätswirtschaft 1927, S. 536. Das Prüfzeichen wird für diesen Installations-Selbstschalter zunächst noch nicht erteilt. Laut Beschluß der Kommission für Installationsmaterial¹ ist aber die Begutachtungsprüfung durch das Elektrische Prüfamt III München auf Grund der vom VDE aufgestellten Leitfäße als gleichwertig zu erachten.

Stecker dürfen nach § 10i der Errichtungsvorschriften bei ortsveränderlichen Stromverbrauchern bis 250 V und bis zu einer Nennaufnahme von 2000 W bei höchstens 20 A zum In- und Außerbetriebsetzen dienen. In allen anderen Fällen müssen besondere Schalter vorgesehen werden. Bei Bügeleisen soll jedoch nach den Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen VEHz 1925 des VDE die Gerätesteckdose überhaupt nicht zum Ein- und Ausschalten benutzt werden, mit Rücksicht darauf, daß die Kontakte schon vom Bügeleisen aus stark erwärmt werden.

Es sei noch besonders darauf hingewiesen, daß Gerätestecker ein Ganzes bilden sollen. Zwei Einzelstecker oder drei Einzelstecker sind nicht zulässig. Die Steckerstifte an Geräten sollen ferner stets einen Schutzfragen haben. Schließlich sollte im Betriebe immer darauf geachtet werden, daß das Herausziehen von Steckern nicht durch Ziehen an der Leitungsschnur bewirkt wird.

Die zulässige Belastung von Steckvorrichtungen wird nach den Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bei neuen Apparaten wie folgt geprüft.

Die Kontaktteile der Steckvorrichtungen dürfen bei eingefetztem Stecker und bei einer Raumtemperatur von ungefähr 20° C nach einstündiger Belastung mit dem 1,25fachen Nennstrom keine solche Temperatur annehmen, daß ein an irgendeiner Stelle vor dem Versuch angebrücktes Kügelchen reinen Bienenwaxes von etwa 3 mm Durchmesser nach Beendigung des Versuches geschmolzen ist. Die Prüfung kann mit Gleich- oder Wechselstrom vorgenommen werden.

Nach § 16c der Errichtungsvorschriften müssen die unter Spannung gegen Erde stehenden Teile der Lampen der zufälligen Berührung entzogen sein. Dieser Schutz muß auch während des Einschraubens der Lampen wirksam sein.

Die Tatsache, daß durch Berührung des Gewindefockels der Glühlampen Personen mehr oder weniger stark gefährdet werden können, veranlaßte bekanntlich den VDE, die Vorschriften für die Konstruktion von Berührungsschutzmitteln an den Glühlampenschraubfassungen, Armaturen und Handleuchtern usw. durch wesentlich strengere zu ersetzen.

¹ ETZ 1924, S. 1389.

Es müssen genannte Schutzmittel so beschaffen sein, daß sie zufällige Berührung des Lampensockels verhindern, d. h., es muß die Gewindehülse des Lampensockels sowohl während der Bedienung der Lampe (beim Ein- und Ausschrauben) als auch in eingeschraubtem Zustande sicher gegen zufälliges Berühren geschützt sein.

Diesen Vorschriften, die am 1. Januar 1926 in Kraft getreten sind, widersprechen die früheren Fassungen, Armaturen und Handleuchter usw. mit sogenannten Fassungsringen oder dem Ersatz für diese vollständig.

Um Klarheit bezüglich der viel umstrittenen Frage des Berührungsschutzes zu schaffen, sind vom VDE „Vorläufige Leitsätze für die Prüfung des Berührungsschutzes bei nackten Fassungen, Armaturen und Handleuchtern“ aufgestellt worden, die vom 1. Juli 1926 ab gelten. Die wichtigsten Bestimmungen derselben sind nachstehend wiedergegeben:

Vorrichtungen zur Erreichung des Berührungsschutzes müssen so beschaffen sein, daß spannungsführende Teile der zufälligen Berührung entzogen sind, beim Ein- und Ausschrauben bzw. Einsetzen und Herausnehmen der Lampe (z. B. auch beim schrägen Einsetzen) und sich auf alle im Handel befindlichen Lampenformen mit genormten Sockeln erstrecken.

Schutz gegen zufällige Berührung muß auch bei eingesezierter Lampe vorhanden sein.

Die eigentlichen Berührungsschutzvorrichtungen dürfen nur mittels Werkzeug entfernt werden können. Nackte Metallfassungen brauchen dieser Forderung nicht zu genügen, wenn die Berührungsschutzvorrichtungen so angeordnet sind, daß bei ihrer Entfernung die Fassung in ihre Bestandteile (Stein, Einfaß, Mantel und Schutzring) zerfällt.

Die Berührung des Gewindekorbes mit dem Metallmantel und sonstigen Metallteilen soll durch Mittel verhindert sein, die nicht ohne Werkzeug abnehmbar sind.

Die Verschiebbarkeit des Schutzorganes, die den Berührungsschutz etwa unwirksam machen könnte, soll durch Mittel verhindert sein, die in allen Lagen wirksam sind.

Teile der Schutzvorrichtung, die mit dem Glas der Lampe in Berührung kommen oder kommen können, sollen so beschaffen sein, daß sie bei ordnungsgemäßigem Einsetzen das Glas der Lampe nicht beschädigen können.

Die Kommission für Installationsmaterial hat auf Grund der in der Unterkommission für Fassungen stattgehabten Beratungen folgendes bekanntgegeben¹:

Der in § 16c der Errichtungsvorschriften und § 38a der „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial“ geforderte Berührungsschutz an Fassungen ist für die Zeit bis zum 31. Dezember 1928 auch dann als gegeben anzusehen, wenn Fassungen, Armaturen und Beleuchtungskörper der bisherigen Art mit einem Berührungsschutzmittel versehen werden, das den Leitätzen für den Berührungsschutz² entspricht,

¹ ETZ 1926, S. 1272.

² ETZ 1926, S. 539.

und als solches von der Prüfstelle des VDE begutachtet ist. In der ETZ wird durch die Prüfstelle des VDE laufend bekanntgegeben, welche zulässigen Berührungsschutzmittel den Leitfäden des VDE entsprechen. Diese Berührungsschutzmittel sind bei Nachweis einer derartigen Äußerung der Prüfstelle, sofern sie ein Ursprungszeichen haben, ebenso bis zum oben festgesetzten Zeitpunkte zulässig wie andere Apparate, die durch Erteilung des Prüfzeichens als die Bestimmungen des VDE erfüllend gekennzeichnet sind.

Durch vorstehenden Beschluß soll versucht werden, den Wünschen der Beleuchtungskörperindustrie, des Handels und der Installateure bezüglich Verwertung der Lager entgegenzukommen, da sich gezeigt hat, daß die von der letzten Jahresversammlung angenommene Hinausschiebung des Termins für die Verwendung berührungssicherer Fassungen an auf Lager befindlichen fertigen Beleuchtungskörpern nicht ausreichend war. Die Vorräte sind so groß, daß ein Zeitraum von über zwei Jahren notwendig sein dürfte, währenddessen es gestattet sein muß, den Berührungsschutz nicht nur durch berührungssichere Fassungen, sondern auch durch zusätzliche Schutzvorrichtungen zu Fassungen bisheriger Bauart zu erreichen. Ob durch diese nachträglich anzubringenden Vorrichtungen die Leitfäden für den Berührungsschutz erfüllt werden, soll durch die vorgesehene Begutachtung durch die Prüfstelle des VDE festgestellt werden. Da es sich aber um kein allein verwendbares Erzeugnis handelt, sondern nur um einen lösbaren Teil eines solchen, ist es nach den Grundsätzen der Prüfstelle nicht möglich, hierfür die Berechtigung zur Führung des Prüfzeichens zu erteilen. Der Nachweis einer von der Prüfstelle ohne Beanstandung durchgeführten Prüfung wird dadurch erbracht, daß die Hersteller seitens der Prüfstelle in der ETZ jeweils bekanntgegeben werden¹.

Infolge der neuen Bestimmungen über den Berührungsschutz ist eine große Anzahl von Fassungen auf den Markt gebracht worden, die diesen Bestimmungen entsprechen.

Da über die praktische Durchführung des nach § 16c, der Errichtungsvorschriften, für Glühlampenfassungen geforderten Berührungsschutzes sich vielfach Unklarheiten gezeigt haben, seien nachstehend die Fassungsarten, für die dieser Berührungsschutz gefordert wird, und die Mittel, mit denen dieser Berührungsschutz zu erreichen ist, zusammengestellt².

1. Nackte Fassungen.

(Nackte Fassungen bestehen z. B. aus Boden, Mantel, Einfaß, Berührungsschutzmittel).

Nackte Fassungen müssen den Berührungsschutz unter allen Umständen aufweisen. Die den Berührungsschutz herbeiführenden Einrichtungen müssen für alle den Prüflehren entsprechenden Lampensorten mit genormtem Sockel verwendbar sein.

¹ Dies ist gesehen ETZ 1927, S. 27, 481 u. 1432.

² ETZ 1927, S. 155.

2. Fassungen mit Kaschierungen.

In Kaschierungen, Glaschalen und Schirmen müssen Fassungen mit Berührungsschutz verwendet werden. Bis zum 31. Dezember 1928 können jedoch zur Aufarbeitung der Lager Fassungen bisheriger Bauart, die das VDE-Zeichen tragen, in Kaschierungen verwendet werden, sofern durch die Form der Kaschierungen der Berührungsschutz gewährleistet ist. Fassungen müssen den Verbandsvorschriften entsprechen. (Wird durch VDE-Zeichen gewährleistet.) Schirme und Reflektoren, die ohne Werkzeug entfernt werden können, sowie Glaschalen, gelten nicht als Kaschierungen und demzufolge nicht als Berührungsschutzmittel.

3. Armaturen und Handleuchter.

Bei Armatur-, Hand- und Maschinenleuchtern muß der Berührungsschutz für alle genormten Lampensockel vorhanden sein, auch wenn einzelne Lampentypen nicht zum Brennen gebracht werden können.

4. Fassungen mit zusätzlichen Berührungsmitteln.

Um Fassungen alter Ausführung aus Lagerbeständen, die bereits in Beleuchtungskörper eingebaut sind, nachträglich in Fassungen mit Berührungsschutz zu verwandeln, sind bis zum 31. Dezember 1928 zusätzliche Berührungsschutzmittel behelfsmäßig zugelassen, sofern das Berührungsschutzmittel nur mit Werkzeugen entfernt werden kann. Die Schutzmittel werden auf Erfüllung der Forderung nach Berührungsschutz durch die Prüfstelle des VDE begutachtet¹. Die Prüfstelle wird jeweils in der ETZ benanntgeben, welche Arten von Schutzmitteln für die Herbeiführung des Berührungsschutzes ausreichend sind.

5. Fassungen für Bühnen- und Christbaumbeleuchtungen.

Soweit keine Spezialfassungen verwendet werden, gelten die vorstehenden Erläuterungen. Bei Spezialfassungen genügt ein Berührungsschutz bei brennfertig eingesetzter Lampe.

6. Fassungen für Reklamebeleuchtungen und Illuminationszwecke.

Bei Fassungen für Reklame- und Illuminationszwecke wird außerhalb des Handbereiches Berührungsschutz nicht gefordert, da die Bedienung in der Regel durch geschultes Personal erfolgt. In Transparenten, Schaufenstern und Schaukästen muß der Berührungsschutz im Sinne der vorstehenden Erläuterungen vorhanden sein.

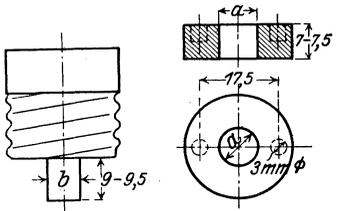
7. Fassungen für Soffittenlampen.

Die Fertigung derartiger Fassungen ist noch nicht soweit entwickelt, daß bereits Ausführungen mit dem VDE-Zeichen versehen werden können. Daher ist die Frage des Berührungsschutzes für diese Fassungen zunächst zurückgestellt.

¹ ETZ 1926, S. 1272.

Für die Abgabe von Beleuchtung nach dem Pauschalssystem sind vom VDE eine besondere Pauschalfassung und dazu gehörige Lampenfüße festgelegt worden, über die Näheres aus DIN VDE 9630 und aus nachstehenden Abbildungen und der Zahlentafel zu ersehen ist.

Bei Fassungen und Lampensockeln (mit Edisongewinde E 27) für das Pauschalssystem sollen die Unverwechselbarkeitsorgane die in den nachstehenden Abbildungen und der Tafel gegebene Abmessungen haben.



Unwechselbarkeitsmaße (mm).			
Nr.	a Loch- durchmesser	b Zapfen- durchmesser	Watt
4	4—4,5	3—3,5	10
6	6—6,5	5—5,5	15
8	8—8,5	7—7,5	25
10	10—10,5	9—9,5	40
12	12—12,5	11—11,5	60
14	14—14,5	13—13,5	75/100
0	Schukring ohne Loch		—

Lampenfuß für Pauschalfassung.

Unverwechselbarkeitsring zum Einsetzen in Fassungen mit Edisongewinde 27.

Der VDE hat sich gezwungen gesehen, über Stehlampen (Stehleuchter), die in Wohnräumen und trockenen Wirtschaftsräumen benutzt werden, besondere Vorschriften aufzustellen, über die der Messausschuß ETZ 1924, S. 1315 berichtet hat. Mit Rücksicht auf die Bedeutung dieser Vorschriften seien nachstehend einige wichtige Angaben aus diesen „Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Stehlampen (Stehleuchter)“, die seit dem 1. Juli 1926 gelten und ETZ 1925, S. 1323 und 1526 abgedruckt sind, sowie den dazugehörigen Erläuterungen wiedergegeben.

Die elektrische Ausrüstung der Stehlampe umfaßt folgende Bestandteile:

- | | |
|---------------------|---------------|
| 1. Fassung. | 4. Schalter. |
| 2. Fassungsnippel. | 5. Zuleitung. |
| 3. Anschlußklemmen. | 6. Stecker. |

Fassungen müssen den Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial entsprechen und das VDE-Prüfzeichen tragen.

Als Zuleitungsschnüre dürfen nur Zimmerschnüre (NSA) oder leichte Gummischlauchleitungen (NLHG) verwendet werden. Zum Einziehen in den Lampenkörper können Fassungsadern (NFA) benutzt werden. Die Verwendung der Fassungsadern als Zuleitungen ist verboten. Alle bei Stehlampen verwendeten Schnüre müssen den Vorschriften des VDE für isolierte Leitungen entsprechen, und einen von der Prüfstelle des VDE zugewiesenen Kennfaden enthalten.

Die Einführung der Schnur muß durch eine isolierte Buchse erfolgen, die im Lampenkörper durch Gegenmutter, Sprengring od. dgl. ge-

sichert befestigt ist. Die Anschlußstellen der Zuleitungsschnur innerhalb des Lampenkörpers müssen von Zug entlastet sein.

Stöcker an der Zuleitungsschnur müssen den „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial“ entsprechen und das VDE-Prüfzeichen haben. Die Anschlußschnur muß an den Anschlußstellen von Zug entlastet, sowie ihre Umhüllung sicher gefaßt und gegen Verdrehung gesichert sein.

Es ist gestattet, die Zuleitungsschnur durch den Lampenträger bis an die Fassung zu führen, so daß dann eine einheitliche Leitungsart von der Fassung bis an den Wandstecker verwendet wird. Hierfür dürfen dann aber nicht Fassungsadern, sondern nur die vorgeschriebenen Zuleitungsschnüre verwendet werden.

Faßt bei allen Stehlampen sind bisher mißbräuchlich und entgegen den Vorschriften Fassungsadern auch als Zuleitungsschnüre benutzt worden. Die Fassungsader ist aber ihrer ganzen Bauart nach für die rauhe Beanspruchung, der die Zuleitungsschnüre unterworfen werden, ungeeignet. Besonders zu empfehlen ist als Zuleitungsschnur die außerordentlich haltbare NLHG-Leitung (handelsübliche Bezeichnung der mit Glanzgarn beflochtenen NLH-Leitungen), die auch ästhetisch einen bedeutend gefälligeren Eindruck macht als die dünne Fassungsader. Die Befestigung der isolierenden Buchse, durch die die Schnur hindurchgeht, am Lampenkörper, ist eine wichtige Vorschrift. Bei Lampen alter Ausführung, bei der die Buchse lediglich in eine Bohrung des Lampenkörpers hineingesteckt ist, verliert sie nach kurzer Zeit ihren Halt und streift sich auf die Schnur über. Diese ist dann an der meistens scharfkantigen Bohrung sehr leicht Verletzungen ausgesetzt, wodurch ein großer Prozentsatz der Kurzschlüsse bei Stehlampen entsteht. Damit die mechanischen Beanspruchungen abgenommen werden, soll die Zuleitungsschnur am Lampenkörper so befestigt werden, daß einerseits ein Herausziehen aus der Verbindungsklemme unmöglich ist, sodann aber auch die Schnur selbst gegen Verdrehungen gesichert ist.

Erfahrungsgemäß kommen an Stehlampen, infolge ihrer starken Verwendung und infolge des häufigen Ortswechsels, sehr leicht Beschädigungen vor. Der VDE hat infolgedessen in seinen Winken, die er für die Benutzung elektrischer Hausgeräte herausgegeben hat, besonders darauf hingewiesen, daß Stehlampen, die zeitweise versagen, umgehend in Reparatur zu geben sind.

Für Handleuchter, Maschinenleuchter und ortsveränderliche Werkstattleuchter gelten die vorstehend behandelten Bestimmungen über Stehleuchter nicht. Für diese ist der § 18 der Errichtungsvorschriften maßgebend, über den nachstehend die wichtigsten Angaben gemacht werden.

Über Beleuchtungskörper sind vom VDE besondere „Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Beleuchtungskörpern für Spannungen bis 250 V“ aufgestellt worden, die vom 1. Juli 1930 ab gelten und ETZ 1928, S. 191 abgedruckt sind.

Die Handlampen (Handleuchter) leiden im Betriebe dadurch sehr stark, daß sie oft ziemlich rauh behandelt werden, herunterfallen oder sonst hohen Beanspruchungen ausgesetzt sind. Es besteht infolgedessen bei ihnen immer die Gefahr, daß Fehler vorhanden sind und dadurch Unfälle entstehen können. Aus diesem Grunde sind in § 18 der Errichtungsvorschriften ganz besonders hohe Anforderungen an solche Handleuchter gestellt worden, und es ist notwendig, daß bei ihrer Bedeutung im Betriebe darauf geachtet wird, daß sie dauernd in ordnungsmäßigem Zustande bleiben, der durch die nachfolgenden, den Errichtungsvorschriften des VDE entnommenen Bestimmungen gekennzeichnet ist.

Körper und Griff der Handlampen (Handleuchter) müssen aus feuer-, wärme- und feuchtigkeitsicherem Isolierstoff von großer Schlag- und Bruchfestigkeit bestehen. Die spannungsführenden Teile müssen auch während des Einsetzens der Lampe, mithin auch ohne Schutzglas, durch ausreichend mechanisch widerstandsfähige und sicher befestigte Verkleidungen gegen zufällige Berührung geschützt sein.

Sie müssen Einrichtungen besitzen, mit deren Hilfe die Anschlußstellen der Leitung von Zug entlastet und deren Umhüllungen gegen Abstreifen gesichert werden können. Die Einführungsöffnung muß die Verwendung von Werkstattnähten und Gummischlauchleitungen gestatten und mit Einrichtungen zum Schutz der Leitungen gegen Verletzung versehen sein.

Metallene Griffauskleidungen sind verboten.

Jeder Handleuchter muß mit Schutzkorb oder -glas versehen sein. Schutzkorb, Schirm, Aufhängevorrichtung aus Metall oder dergleichen müssen auf dem Isolierkörper befestigt sein. Schalter an Handleuchtern sind nur für Niederspannungsanlagen zulässig; sie müssen den Vorschriften für Dofenschalter entsprechen und so in den Körper oder Griff eingebaut werden, daß sie bei Gebrauch des Leuchters nicht unmittelbar mechanisch beschädigt werden können. Alle Metallteile des Schalters müssen auch bei Bruch der Handhabungsteile der zufälligen Berührung entzogen bleiben.

Handleuchter für feuchte und durchtränkte Räume sowie solche zur Beleuchtung in Kesseln müssen mit einem sicher befestigten Überglas und Schutzkorb versehen sein und dürfen keine Schalter besitzen. An der Eintrittsstelle müssen die Leitungen durch besondere Mittel gegen das Eindringen von Feuchtigkeit und gegen Verletzung geschützt sein.

Maschinenleuchter ohne Griffe. Zur ortsveränderlichen Aufhängung an Maschinen und sonstigen Arbeitsgeräten und zum gelegentlichen Ableuchten von Hand müssen Körper, Schirm, Schutzkorb und Schalter den Bestimmungen für Handleuchter entsprechen. Die gleichen Bestimmungen gelten in bezug auf Berührungsschutz spannungsführender Teile, Bemessung der Einführungsbohrung und hinsichtlich der Einrichtungen für Zugentlastung der Leitungsanschlüsse sowie des Schutzes der Leitungen an der Einführungsstelle.

Ortsveränderliche Werkstattleuchter. Spannungsführende Teile der Fassung und der Lampe, und zwar die Teile der letztgenannten,

auch während diese eingesetzt sind, müssen durch sicher befestigte, besonders widerstandsfähige Schutzkörper gegen zufällige Berührung geschützt sein.

Zur Entlastung der Kontaktstellen und zum Schutz der Leitungsumhüllung gegen Abstreifen und Beschädigung an der Einführungsstelle sind geeignete Vorrichtungen vorzusehen. Die Einführungsöffnung muß in dauerhafter Weise mit Isolierstoff ausgekleidet sein. Die spannungsführenden Teile der Fassung müssen gegen die übrigen Metallteile besonders sicher isoliert sein. Das Gehäuse der Fassung muß aus Isolierstoff bestehen.

Fassungen an Wertischleuchtern, die zum gelegentlichen Ableuchten aus dem Halter entfernt werden, müssen den Bedingungen für Maschinenleuchter entsprechen.

Faßausleuchter brauchen diesen Anforderungen nicht zu genügen, wenn sie geerdet oder mit Spannungen unter 50 V betrieben werden.

In feuchten und durchtränkten Räumen, sowie in Kesseln und ähnlichen Räumen mit gutleitenden Bauteilen empfiehlt es sich, die Spannung für Handleuchter bei Wechselstrom durch besondere Volltransformatoren auf eine Spannung unter 40 V herabzusetzen.

Die Errichtungsvorschriften werden von Zeit zu Zeit neu bearbeitet, und es ist auch jetzt wieder eine solche Umarbeitung im Gange. Hierbei wird auch der § 18 eine Änderung erfahren. Da die in Aussicht¹ genommenen Änderungen schon jetzt als Leitsätze gelten sollen, seien sie nachstehend wiedergegeben.

Für Handleuchter in Kesseln und ähnlichen engen Räumen mit gut leitenden Bauteilen muß bei Wechselstrom die Betriebsspannung für Handleuchter durch besondere Transformatoren mit getrennten Wicklungen bis auf mindestens 42 V herabgesetzt werden. Diese Herabsetzung der Spannung für Handleuchter empfiehlt sich auch, wenn der Übergangswiderstand zum menschlichen Körper durch Feuchtigkeit, Wärme, chemische Einflüsse oder andere Ursachen wesentlich herabgesetzt ist.

Bei der großen Zahl von Meßgeräten, die im Betriebe verwendet werden, ist es wichtig, daß das Personal über die bei der Bedienung wichtigen Eigenschaften des Gerätes unterrichtet ist. Es sollen infolgedessen nachstehend einige Auszüge aus den „Regeln für Meßgeräte“ des VDE, die ETZ 1922, S. 290 und 858 abgedruckt und seit dem 1. Juli 1923 in Geltung sind, gegeben werden.

Meßgeräte erhalten ein Klassenzeichen, und zwar wie folgt:

Klassenzeichen	E	Feinmeßgeräte 1. Kl.
"	F	Feinmeßgeräte 2. Kl.
"	G	Betriebsmeßgeräte 1. Kl.
"	H	Betriebsmeßgeräte 2. Kl.

Beruhigungszeit ist die Zeit in s, die der vorher auf Null stehende Zeiger braucht, um bis auf etwa 1 % der gesamten Skalenlänge

¹ ETZ 1928, S. 700.

Ähnliche Bestimmungen wie für Meßgeräte sind vom VDE auch für Meßwandler gegeben worden durch die „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Meßwandlern“¹; auch sie erhalten ein Klassenzeichen.

Hierfür werden mit dem Vorfach „Klasse“ folgende Buchstaben verwendet:

für Stromwandler E, F, S, Ü;
für Spannungswandler E, F, H.

Als normale Sekundärleistungen für Stromwandler gelten:

Klasse E. 5, 15, 30, 60, 120 VA.
„ F. 5, 15, 30, 45, 60, 90, 120 VA.

Als normale Nennstromstärken für Stromwandler gelten:

5, 10, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 800, 1000 A.

Für die zulässigen Übertemperaturen und ihre Ermittlung gilt das bei Transformatoren gemäß RET 1923 Gesagte. Die Temperatur der Wicklungen ist in der Regel aus der Widerstandszunahme festzustellen. Nur bei dicken Kupferschienen kann mit Rücksicht auf deren geringen Widerstand die Messung mit dem Thermometer angewendet werden. Die Erwärmungsvorschriften sollen bei Dauerbelastung mit der 1,2fachen Nennstromstärke eingehalten werden, wobei betriebsmäßig vorgesehene Umhüllungen und Abdeckungen nicht entfernt werden dürfen.

Ist ein Stromwandler an Hochspannung angeschlossen, so ist jede Berührung zu vermeiden. Ferner ist zu beachten, daß die Sekundärseite von Stromwandlern unter Strom nie offen bleiben darf, weil sonst in der Sekundärwicklung eine hohe Spannung erzeugt wird.

Um bei Meßwandlern die Richtigkeit der Klemmenbezeichnung prüfen zu können, kann man sich zweckmäßig des von Möllinger angegebenen Verfahrens bedienen, das ETZ 1927, S. 1420 beschrieben ist.

Der VDE hat besondere „Vorschriften für elektrische Handgeräte mit Kleinstmotoren VE-HgM 1927“ aufgestellt, aus denen für die Betriebsführung in Anlagen nachstehende Bestimmungen von Interesse sind.

Heißluftduschen dürfen bei normaler Belastung und ordnungsmäßiger Benutzung an den äußeren Teilen, deren Berührung betriebsmäßig in Frage kommen kann, keine höhere Übertemperatur als 35° C, an den Handgriffen 20° C annehmen.

Die den Heizkörper umgebende Hülle darf sich nicht so stark erwärmen, daß sich brennbare Stoffe an ihr entzünden können.

Tischfächer müssen einen Betrieb von 2 h aushalten, ohne daß die Erwärmung des Motors die in § 39 der REM festgesetzten Grenzwerte überschreitet. Die äußere Erwärmung des Motors darf hierbei nicht mehr als 25° C Übertemperatur betragen.

Die Übertemperatur der mit dem Antriebsmotor von Haushaltsmaschinen elektrisch oder mechanisch verbundenen Regler darf an keiner Stelle des Gehäuses höher als 60° C sein.

¹ ETZ 1921, S. 209 u. 836; 1927, S. 706.

Nach den Normal-Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes der Berufsgenossenschaften V, § 5 müssen Schalthebel, die infolge ihrer ungünstigen Stellung leicht unbeabsichtigt eingeschaltet werden können, dagegen geschützt werden.

Schaltanlagen müssen naturgemäß sauber gehalten und vor Staub und Feuchtigkeit geschützt werden. Von besonderer Bedeutung ist das bei höheren Spannungen. Wenn der in Schaltanlagen häufig verwendete Marmor Ölflecken erhalten hat, so ist es leicht möglich, diesen mit Hilfe eines Breies aus Seifenerde und Benzin (eventuell auch Wasser) zu entfernen. Der Brei wird auf den Fleck aufgetragen und so lange darauf gelassen, bis er getrocknet ist.

Von besonderer Bedeutung ist es, durch zuverlässige Überwachung Fehlschaltungen möglichst zu verhindern, was besonders durch übersichtliche Anordnung der Schaltanlage, Schaltverriegelung, Signaleinrichtungen usw. unterstützt werden kann. Längere Leitungen dürfen zur Verhütung von Rippüberspannungen nicht einpolig durch Trennschalter oder Sicherungen abgetrennt werden. Das Schalten mit einpoligen Trennschaltern ist nur bei kleinen Transformatoren und Spannungswandlern bis etwa 20 kV zulässig, wenn diese Schalter in unmittelbarer Nähe der Transformatoren oder Spannungswandler angeordnet sind.

Ganz allgemein sollte das Schalten auf der Hochspannungsseite soweit wie irgend möglich eingeschränkt werden.

Schaltstangen und Schaltzangen, die ganz aus Isolierstoff bestehen, brauchen nicht geerdet zu werden, wenn sie ausreichende und dauerhafte Isolation besitzen. Wird aber eine Erdung angebracht, z. B. in Anlagen mit höheren Spannungen, so ist dafür Sorge zu tragen, daß die Erdungsleiste nicht mit spannungsführenden Teilen in Berührung kommt. Sie ist deshalb möglichst kurz zu halten.

Die Isolatoren der Schaltstangen und Isolierschemel sind vor der Benutzung stets daraufhin zu untersuchen, ob sie noch in Ordnung sind; sie müssen von Staub und Feuchtigkeit gereinigt werden.

Auf Isolatoren setzt sich leicht Staub oder Feuchtigkeit an, besonders solange sie nicht unter Spannung stehen. Ist eine Anlage oder ein Teil derselben längere Zeit abgeschaltet und Temperaturänderungen oder Feuchtigkeit ausgesetzt gewesen, so ist besonders Vorsicht geboten. Man sollte dann die Isolatoren reinigen und, wenn möglich, die Spannung langsam erhöhen.

Zur Kontrolle von Stromkreisen, in denen keine Meßinstrumente liegen, kann zweckmäßig der Diebe-Anleger verwendet werden, über den bereits auf S. 65 das Nähere ausgeführt ist.

Zum Anzeigen etwaiger Erwärmung von Kontakten, Sammelschienen, Apparateteilen usw. können Meßperlen, Bienenwachsflügelchen, chemische Präparate, die in Papier eingewickelt sind, oder Anstrichfarben verwendet werden, worüber Näheres bereits bei § 4^s ausgeführt ist. Auch auf das bezüglich des Feuerschutzes bei demselben Paragraphen Gesagte sei hier

noch besonders hingewiesen, weil in Schaltanlagen, namentlich solchen für Hochspannung, beträchtliche Ölmenngen Verwendung finden, die Feuergefährlich herbeiführen können.

Einen bemerkenswerten Beitrag zur Verhütung von Unfällen in Hochspannungsschaltanlagen siehe auch ETZ 1927, S. 1819.

Freileitungen. Da in § 13 dieser Betriebsvorschriften besondere Bestimmungen für Arbeiten an Freileitungen gegeben sind, mögen auch die für die betr. Wartung und Instandsetzung notwendigen Arbeiten an dieser Stelle mit behandelt werden, so daß auf das zu § 13 Gesagte verwiesen wird.

Isolierte Leitungen. Da die isolierten Leitungen leicht mechanischen Beschädigungen ausgesetzt sein können, verlangen die Errichtungsvorschriften, daß sie tunlichst geschützt werden müssen. Näheres siehe in den §§ 3, 21, 24, 31, 34, 35, 36, 39, 41, 45 und 46.

Die Errichtungsvorschriften verlangen in § 5 von jeder neuen Starkstromanlage, daß sie einen angemessenen Isolationszustand haben muß, und die Betriebsvorschriften fordern in § 2, daß die elektrischen Anlagen, den Errichtungsvorschriften entsprechend, in ordnungsmäßigem Zustande zu erhalten sind. Dementsprechend bestimmen die allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften für die Betriebe der Berufsgenossenschaft für Feinmechanik und Elektrotechnik in § 151, daß die elektrischen Anlagen dauernd in gutem Isolationszustande zu erhalten sind.

Nach den Normal-Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes der deutschen Berufsgenossenschaften V, § 9 ist verlangt, daß besondere Vorichtsmaßregeln dagegen zu treffen sind, daß in feuchten oder solchen Räumen, in denen Säuren, Gase oder Dämpfe auftreten, die die Isolationsstoffe angreifen, die isolierenden Leitungshüllen nicht zerstört werden.

Besonders gefährdet sind die beweglichen Leitungen, weil sie oft sehr hohen Beanspruchungen ausgesetzt sind. In dem vom VDE herausgegebenen Flugblatt für Hausgeräte ist deswegen auch besonders darauf hingewiesen, daß nur kräftige, am besten runde Zuleitungsschnüre Verwendung finden. Gummischlauchleitungen sind besonders empfohlen (weil sie weniger Knick bilden). Zerfranste, verknottete oder verwurzelte Zuleitungen oder Leitungen mit blanken Stellen müssen umgehend durch neue ersetzt werden. Besonders ist auch auf die Einführungsstellen der Leitungen zu achten. An diesen sollten immer Schutzvorrichtungen vorhanden sein, so daß scharfe Kanten die Leitungen nicht beschädigen können. Bewegliche Leitungen sollten auch nie auf Heizkörper oder Öfen gebracht werden, weil dadurch die Isolierhülle Schaden leidet. In dem Merkblatt für die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft ist auch besonders darauf hingewiesen, daß die beweglichen Anschlußkabel vor jeder Benutzung daraufhin geprüft werden sollten, ob die Schutzhülle (und der Stecker) noch in Ordnung ist. Sie sollten im landwirtschaftlichen Betriebe über kleine Holzgabeln od. dgl. geführt werden, und nicht

mit Stroh od. dgl. bedeckt sein. Wichtig ist ferner, daß sie vor Überfahren und Betreten geschützt werden, was man leicht dadurch erreichen kann, daß die beweglichen Leitungen mit Holzrollen bewehrt werden, die etwa in 1 m Abstand anzubringen sind.

Leitungen und deren Träger sollten weiterhin nicht zum Aufhängen von Kleidungsstücken oder Geräten, wie Peitschen, Ketten, Stricken usw., benutzt werden.

Für isolierte Leitungen in elektrischen Anlagen sollten grundsätzlich nur Erzeugnisse verwendet werden, die den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“ des VDE entsprechen, die vom 1. Januar 1928 ab gültig sind. Sie sind ETZ 1927¹ veröffentlicht. Die wesentlichen Bestimmungen daraus seien nachstehend wiedergegeben.

Für die Leitungen, die den Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen entsprechen, wird durch die Prüfstelle des VDE auf Grund eines besonderen Verfahrens ein Kennfaden zugewiesen, durch den ersichtlich gemacht werden soll, von welchem Werk die Leitungen hergestellt sind (Firmenkennfaden). Außerdem verleiht die Prüfstelle den Werken, denen ein Firmenkennfaden zugewiesen worden ist, das Recht, den schwarz-roten Kennfaden² des VDE in den vorschriftsmäßigen Leitungen zu verwenden sowie die Bezeichnung „Codex“ neben den nachfolgenden Typenbezeichnungen anzuwenden, z. B. „Codex NGA“ usw. Beide Kennfaden müssen unmittelbar unter der inneren Beflechtung, bei Gummischlauchleitungen unter dem gemeinsamen Gummimantel eingelegt sein³.

Die VLG=Leitungsdrahtgesellschaft m. b. H., Berlin hat, um derartige Leitungen auch äußerlich zu kennzeichnen, seit einiger Zeit an allen Originalringen ein besonderes Anhänge-Etikett befestigt, dessen Ausführung gesetzlich geschützt ist. Hierdurch hat der Käufer ohne weiteres die Gewähr, daß er eine in jeder Beziehung den Vorschriften entsprechende Leitung erhält.

Die Einzeladern in Mehrfachleitungen müssen voneinander unterscheidbar sein. Die Kennzeichnung soll erfolgen durch Färbung der Baumwollbespinnung über der Kupferseele oder durch Färbung des gummierten Bandes über der Gummihülle oder durch verschiedene Färbung der Gummihülle selbst.

Die zur Kennzeichnung verwendeten Farben sollen sein:

- 2 Adern: hellgrau-schwarz.
- 3 Adern: hellgrau-schwarz-rot.
- 4 Adern: hellgrau-schwarz-rot-blau.

Wird eine der Adern als Erdleiter oder Nullleiter benutzt, so ist die hellgraue Ader dafür zu verwenden.

¹ S. 434, 476, 856 und 1089; 1928, S. 267.

² Der schwarz-rote Kennfaden, sowie das Wort „Codex“ sind dem VDE durch Warenzeichen (Werkbankzeichen) geschützt. Für die Kennfaden ist 40/2 Baumwollgarn zu verwenden; die Farbstreifen (schwarz-rot) sind je 5 mm lang.

³ Kennfäden, deren Farben durch die Tränkung nicht mehr deutlich zu unterscheiden sind, können durch Abwaschen mit Benzol kennbar gemacht werden.

Die Gummihülle der Leitungen muß nach Fertigstellung folgender Zusammenfegung entsprechen:

Mindestens 33,3% Kautschuk, der nicht mehr als 6% Harz enthalten darf,

höchstens 66,7% Zusatzstoff, einschließlich Schwefel. Von organischen Füllstoffen ist nur ein Gehalt an festem Paraffin bis zu einer Höchstmenge von 5% gestattet. Das spezifische Gewicht der Gummihülle muß mindestens 1,5 sein.

Die Gummihülle der fertigen Leitung muß eine Festigkeit von mindestens 50 kg je cm² und eine Bruchdehnung von mindestens 250% der Anfangslänge bei einer Meßlänge von 2 cm haben.

Einzelheiten über die Gummimischung, ihre Eigenschaften usw. sind den Erläuterungen von Dr. H. Apt, Isolierte Leitungen und Kabel¹, zu entnehmen.

Über die Untersuchung der Gummimischung auf ihre richtige Zusammenfegung sind eingehende Festfegungen getroffen worden, über die gleichfalls in den Erläuterungen von Dr. H. Apt auf S. 47—59 genaue Angaben gemacht sind. Die Untersuchung erstreckt sich auf:

1. Bestimmung des spezifischen Gewichts.
2. Bestimmung der in Azeton löslichen Anteile. Hierin werden bestimmt:
 - a) Paraffinohlenwasserstoffe und der darin enthaltene Schwefel,
 - b) der gesamte im Azetonauszug enthaltene Schwefel.
3. Bestimmung der in Chloroform löslichen Anteile.
4. Bestimmung der Füllstoffe.
5. Bestimmung der in n/2-alkoholischer Kalilauge löslichen Anteile.

Zu einer Untersuchung sind mindestens 30 g Kautschukmaterial erforderlich, das den fertigen Drähten zu entnehmen ist. Das Abziehen der Umflöppelung und des gummierten Bandes der Drähte soll nacheinander erfolgen und hat mit besonderer Vorsicht zu geschehen, damit die Imprägniermasse nicht mit dem Abergummi in Berührung kommt.

Über die fünf vorstehend aufgeführten Untersuchungen sind vom VDE eingehende Ausführungsbestimmungen nebst Erläuterungen dazu aufgestellt worden.

Es ist auch die Möglichkeit gegeben, Überprüfungen gummiisolierter Leitungen, die mit den Verbands- und Firmenfirmenfarben versehen sind, vornehmen zu lassen. Diesbezüglich wende man sich an die Prüfstelle des VDE Berlin.

Ein Antrag auf Überprüfung ist schriftlich bei der Prüfstelle einzureichen, wobei anzugeben ist:

1. Genaue Adresse des Antragstellers.
2. Ob der Antragsteller Mitglied eines der an der Gründung der Prüfstelle beteiligten Verbände ist oder nicht.
3. Genaue Adresse für die Rücksendung der geprüften Leitungen.

¹ 3. Auflage, S. 52—58. — Berlin: Julius Springer 1928.

Nach schriftlicher Bestätigung des Antrages durch die Prüfstelle zahlt der Antragsteller die Gebühr ein und sendet eine von der Prüfstelle anzugebende Probenlänge an die in der Bestätigung des Antrages angegebene Adresse. Nach erfolgter Prüfung verständigt die Prüfstelle den Antragsteller schriftlich vom Prüfergebnis und sendet einen Teil der geprüften Ware an den Antragsteller zurück.

Um den verschiedenlichsten Bedürfnissen Rechnung zu tragen, hat der VDE in seinen Vorschriften für isolierte Leitungen eine größere Zahl der normal hergestellten Bauarten und deren Verwendungsbereich festgelegt. Ferner hat er für jede Bauart eine Normalbezeichnung eingeführt, um die Bestellung solcher Leitungen zu vereinfachen. Nachstehend ist eine Aufstellung der normalen isolierten Leitungen gegeben, unter weiterer Hinzufügung der bei den einzelnen Bauarten festgelegten Querschnitte.

1. Leitungen für feste Verlegung.

a) Gummiaderleitungen NGA. Normale Querschnitte 1,5 bis 1000 mm². Verwendungsbereich: bis 750 V.

b) Sondergummiaderleitungen NSGA. Normale Querschnitte 1,5 bis 300 mm². Verwendungsbereich: bis 25 000 V.

c) Rohrdrähte NRA. Normale Querschnitte 1,5 bis 6 mm². Verwendungsbereich: Niederspannungsanlagen.

d) Bleimantelleitungen NBU bzw. NBEU. Normale Querschnitte 1,5 bis 6 mm². Verwendungsbereich: Niederspannungsanlagen über Fuß.

e) Panzeradern NPA. Normale Querschnitte 1,5 bis 300 mm². Verwendungsbereich: bis 1000 V.

2. Leitungen für Beleuchtungskörper.

a) Fassungsadern NFA. Normaler Querschnitt 0,75 mm². Verwendungsbereich: Niederspannungsanlagen.

b) Pendelschnüre NPL. Normaler Querschnitt 0,75 mm². Verwendungsbereich: Niederspannungsanlagen.

3. Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Stromverbraucher.

a) Gummiaderschnüre (Zimmerschnüre) NSA. Normale Querschnitte 0,75 bis 6 mm². Verwendungsbereich: für geringe mechanische Beanspruchung in trockenen Wohnräumen in Niederspannungsanlagen.

b) Leichte Anschlußleitungen NHH. Normale Querschnitte 1 bis 6 mm². Verwendungsbereich: für geringe mechanische Beanspruchungen in Werkstätten in Niederspannungsanlagen (Handlampen, kleine Geräte usw.).

c) Werkstattnüre NWK. Normale Querschnitte 1 bis 35 mm². Verwendungsbereich: für mittlere mechanische Beanspruchung in Werkstätten und Wirtschaftsräumen in Niederspannungsanlagen.

d) Gummischlauchleitungen.

1) Leichte Ausführung NLH bzw. NLHG. Normaler Querschnitt 0,75 mm². Verwendungsbereich: Anschluß von Tischlampen und leichten Zimmergeräten in Niederspannungsanlagen.

2) Mittlere Ausführung NMH. Normale Querschnitte 0,75 bis 2,5 mm². Verwendungsbereich: Anschluß von Küchengeräten und kleinen Werkstattgeräten in Niederspannungsanlagen.

3) Starke Ausführung NSH. Normale Querschnitte 1,5 bis 70 mm². Verwendungsbereich: besonders hohe mechanische Anforderungen für Spannungen bis 750 V (Werkzeuge, Motoren usw.).

e) Sonderdrähte NSGK bzw. NSGCK. Normale Querschnitte 1 bis 35 mm². Verwendungsbereich: rauhe Betriebe in Gewerbe, Industrie und Landwirtschaft in Niederspannungsanlagen.

f) Hochspannungsdrähte NHSGK bzw. NHSGCK. Normale Querschnitte 1 bis 16 mm². Verwendungsbereich: bis 1000 V.

g) Biegsame Theaterleitungen NTK bzw. NTSK. Normale Querschnitte 2,5 bis 35 mm². Verwendungsbereich: Anschluß beweglicher Bühnenbeleuchtungskörper in Niederspannungsanlagen.

h) Leitungströßen NT. Normale Querschnitte 2,5 bis 150 mm². Verwendungsbereich: für besonders hohe mechanische Anforderungen bei beliebigen Betriebsspannungen.

Über die normale Belastung dieser gummiisolierten Leitungen hat der VDE nachstehende Tafel aufgestellt:

Querschnitt mm ²	Höchste dauernd zulässige Stromstärke ¹ für jeden Leiter in A	Querschnitt mm ²	Höchste dauernd zulässige Stromstärke ¹ für jeden Leiter in A
0,5	7,5	70	200
0,75	9	95	240
1	11	120	280
1,5	14	150	325
2,5	20	185	380
4	25	240	450
6	31	300	525
10	43	400	640
16	75	500	760
25	100	625	880
35	125	800	1050
50	160	1000	1250

Bei ausserordentlichem Betriebe ist die zeitweilige Erhöhung der Belastung über die obigen Werte zulässig, sofern dadurch keine größere Erwärmung als bei der der Belastungstafel entsprechenden Dauerbelastung entsteht.

Diese Tafel beruht auf einer Temperatur der Umgebung von 20° C. Näheres über die Belastbarkeit der Leitungen ist aus ETZ 1927, S. 65 zu ersehen.

Wie schon vorstehend erwähnt, sind die beweglichen Leitungen häufig Beschädigungen ausgesetzt. Soweit diese bei Gummischlauchleitungen nur den äußeren Gummimantel betreffen, lassen sie sich in verhältnismäßig

¹ Bei Auswahl der Sicherung ist § 20 der Errichtungsvorschriften zu beachten.

einfacher Weise durch Umwickeln mit schnell vulkanisierbarem Gummiband und Vulkanisieren in einer Compoundmasse von ca. 180° C leicht wieder herstellen¹.

Zur Bestimmung des Fehlerortes in einer isolierten Leitung dienen hauptsächlich die Spannungsabfallmethode und die Schleifenmethode. Näheres über diese ist aus dem Kalender für Elektrotechniker 1927/28, S. 441 bis 446 zu ersehen.

Zum direkten Auffuchen von Isolationsfehlern in Leitungsanlagen dient auch der Diebe-Anleger oder das Induktionsdreieck in Verbindung mit einem Telephon oder Meßinstrument. Näheres darüber ist auch aus dem Kalender für Elektrotechniker 1927/28, S. 446 und 447 zu ersehen.

Bei Verlegung isolierter Leitungen in Rohren in zeitweilig feuchten landwirtschaftlichen Räumen müssen nach den Leitungen für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft die Rohre einen Schutzanstrich erhalten. Ein solcher muß naturgemäß in gewissen Zwischenräumen erneuert werden, da ja seine Schutzwirkung mit der Zeit nachläßt.

Nach dem Merkblatt für die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft sollen Einführungsstellen von Leitungen in Gebäude von entzündlichen Stoffen freigehalten werden und der ständigen Beobachtung zugänglich bleiben.

Bei Installationen im Bühnenhause von Theatern schreibt § 39 der Errichtungsvorschriften vor, daß für vorübergehend gebrauchte Szenerieinstallationen von der Erfüllung der allgemeinen Vorschriften für die Verlegung von Leitungen ausnahmsweise abgesehen werden kann, wenn isolierte Leitungen verwendet werden, die Verlegungsart jegliche Verletzung der Isolierung ausschließt und diese Installationen während des Gebrauches unter besonderer Aufsicht stehen.

Für ortsveränderliche Leitungen in Bergwerken unter Tage fordert der § 46 der Errichtungsvorschriften, daß auf einen ausreichenden Schutz besonders zu achten ist.

Während des Krieges und eine kurze Zeit nachher mußten infolge des herrschenden Materialmangels vielfach Ersatzleitungen aus Zink und Eisen benutzt werden. Über den Zeitpunkt, bis zu dem diese Ersatzleitungen wieder zu beseitigen sind, besteht keine bestimmte Vorschrift. Es gilt dafür nur das in § 2a der Betriebsvorschriften Erwähnte betr. Beseitigung erheblicher Mängel, wenn sie das Leben und die Gesundheit von Personen gefährden. Ob dies zutrifft, ist im Einzelfalle zu entscheiden².

Kabel. Da in § 12 dieser Betriebsvorschriften besondere Bestimmungen betr. Kabel gemacht worden sind, mögen auch alle die Wartung und Instandsetzung betreffenden Angaben darüber an dieser Stelle gegeben werden, worauf hier hingewiesen werden soll.

¹ Upt, Dr. R.: Isolierte Leitungen und Kabel. 3. Aufl., S. 113.

² ETZ 1925, S. 1513.

Zähler. Über diese bestehen die vom VDE aufgestellten „Regeln für Elektrizitätszähler REZ 1927“, die seit dem 1. Januar 1927 gelten und ETZ 1926, S. 566 und 862 abgedruckt sind. Danach gelten als normale Nennstromstärken die folgenden

A			
1,5	15	150	1500
—	20	200	2000
3	30	300	3000
5	50	500	5000
—	75	750	7500
10	100	1000	10000

Bezüglich der Überlastungsfähigkeit der Zähler ist folgendes vom VDE festgesetzt:

	Nennstromstärke des Zählers A	Überlastung während	
		2 min	2 h
Wechsel- und Drehstromzähler Gleichstrom-Ah-Zähler	1,5 und 3	um 200%	um 100%
Gleichstrom-Wh-Zähler		um 100%	um 50%
Alle Zähler	5 bis 30	um 100%	um 50%
	50 bis 10000	um 50%	um 25%

Durch ein Reichsgesetz vom 1. Juni 1898 sind Grundlagen für die Einführung amtlicher Beglaubigungen von Elektrizitätszählern festgelegt worden. Danach ist der Gebrauch unrichtiger Meßgeräte verboten. Der Bundesrat hat nach Anhörung der physikalisch-technischen Reichsanstalt die äußersten Grenzen der zu duldbenden Abweichungen festzusetzen und ist ermächtigt worden, Vorschriften darüber zu erlassen, inwieweit die genannten Meßgeräte amtlich beglaubigt oder einer wiederkehrenden amtlichen Überwachung unterworfen sein sollen. Von der Befugnis, einen gesetzlichen Eichzwang einzuführen, hat der Bundesrat keinen Gebrauch gemacht, so daß die Abnehmer elektrischer Arbeit sich im allgemeinen darauf verlassen müssen, daß der Lieferer für die Richtigkeit der Zähler sorgt.

Auf Grund des vorgenannten Gesetzes sind von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt nachstehende Bestimmungen über die Beglaubigungsfehlergrenzen mit Wirkung vom 1. Januar 1921 ab erlassen worden, zu denen ETZ 1920, S. 638 Erläuterungen erschienen sind.

I. Beglaubigungsfehlergrenzen für Gleichstromzähler. Ein Zähler wird beglaubigt, wenn sein System von der Reichsanstalt zur Beglaubigung zugelassen worden ist, und wenn er bei einer Raumtemperatur von 15 bis 20° C den folgenden Bedingungen genügt:

a) Die Abweichung der Verbrauchsanzeige von dem wirklichen Verbrauch darf bei Belastungen zwischen der Nennlast und ihrem 20. Teil

nirgends mehr betragen als

$$\pm F = 3 + 0,3 \frac{P_N}{P} \text{ Prozente}$$

des jeweiligen wirklichen Verbrauches.

Hierin ist

P_N die Nennlast des Zählers,
 P die jeweilige Last.

b) Wird die Nennstromstärke um x Prozent überschritten, so darf der zulässige Fehler $\frac{x}{10}$ Prozent mehr betragen, als sich für ihn nach der unter a) angeführten Formel ergibt. Diese Bestimmung gilt nur für Stromstärken bis zum 1,25fachen Betrage der Nennstromstärke.

c) Die kleinste Belastung, bei der der Zähler noch anlaufen muß, darf 1%, bei einem Gleichstromwattstundenzähler 2% seiner Nennlast nicht überschreiten.

d) Während einer Zeit, in der kein Verbrauch stattfindet, darf der Vorlauf oder Rücklauf eines Zählers nicht mehr betragen, als $\frac{1}{500}$ seines Nennverbrauches entspricht. Diese Bestimmung ist gültig bis zu Spannungen, die die Nennspannung um $\frac{1}{10}$ ihres Wertes übersteigen.

II. Beglaubigungsfehlergrenzen für Wechselstromzähler. Ein Zähler wird beglaubigt, wenn sein System von der Reichsanstalt zur Beglaubigung zugelassen worden ist, und wenn er bei einer Raumtemperatur von 15 bis 20° C den folgenden Bedingungen genügt:

a) Die Abweichung der Verbrauchsanzeige von dem wirklichen Verbrauche darf bei Belastungen zwischen der Nennlast und ihrem 20. Teil nirgends mehr betragen als

$$\pm F = 3 + 0,2 \frac{P_N}{P} + \left(1 + 0,2 \frac{J_N}{J}\right) \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

Prozente des jeweiligen wirklichen Verbrauches.

Hierin ist

P_N die Nennlast des Zählers,
 P die jeweilige Last,
 J_N die Nennstromstärke des Zählers,
 J die jeweilige Stromstärke,

$\operatorname{tg} \varphi$ die trigonometrische Tangente des Winkels, dessen Kosinus gleich dem Leistungsfaktor ist; $\operatorname{tg} \varphi$ ist unabhängig vom Sinne der Phasenverschiebung stets positiv einzusetzen.

Bei Mehrphasen- und Mehrleiterzählern ist als jeweilige Stromstärke der arithmetische Mittelwert der in den einzelnen Leitern mit Ausnahme des Nullleiters fließenden Stromstärken einzusetzen.

Bei einphasigem Wechselstrom ist der Leistungsfaktor das Verhältnis der Wirkleistung zur Scheinleistung, bei Mehrphasen- und Mehrleitersystemen wird an Stelle des Leistungsfaktors das Verhältnis der gesamten

Wirkleistung zu der arithmetischen Summe der Scheinleistungen in den einzelnen Phasen oder Leitern der Berechnung von $\text{tg } \varphi$ zugrunde gelegt.

Für Belastungen mit einem kleineren Leistungsfaktor als 0,2 gelten diese Bestimmungen nicht.

b) c) d) Für die zulässigen Fehler bei Überschreiten der Nennstromstärke sowie für den Anlauf, Vorlauf und Rücklauf gelten die gleichen Bedingungen wie unter Ziffer I b, c, d. Die Bedingungen für den Anlauf gelten für induktionsfreie Last.

III. Bestimmungen über die Beglaubigung von Zählern in Verbindung mit Meßwandlern.

1. Ein Aggregat aus Zählern und Meßwandlern als Ganzes gilt für beglaubigt, wenn die Meßwandler für sich beglaubigt und die Zähler als Meßwandlerzähler (s. IV) beglaubigt sind und bei dem Anschluß der Apparate folgende Bedingungen erfüllt werden:

- a) Es dürfen keinerlei Apparate außer Zählern angeschlossen werden.
- b) An einen Stromwandler darf für je 7,5 VA Belastbarkeit ein Zähler angeschlossen werden. Der Gesamtwiderstand der sekundären Verbindungsleitungen darf nicht mehr als $0,15 \Omega$ betragen.
- c) An jede Phase eines Spannungswandlers darf für je 10 VA Belastbarkeit ein Zähler angeschlossen werden; der Widerstand der Zuleitung von einer Klemme des Spannungswandlers bis zum Zähler darf nicht mehr als $0,3 \Omega$ betragen.

2. Für Zähler, die mit den dazugehörenden Meßwandlern zusammen geprüft werden, gelten die gleichen Bestimmungen wie unter II; die Beglaubigung hat wiederum zur Voraussetzung, daß das System der Meßwandler und der Zähler oder die Vereinigung beider von der Reichsanstalt zur Beglaubigung zugelassen ist.

IV. Beglaubigungsfehlergrenzen für Meßwandlerzähler.

Zähler, die für sich geprüft, in Verbindung mit beglaubigten Meßwandlern ein beglaubigtes Meßaggregat darstellen sollen (s. III, 1), werden beglaubigt, wenn ihr System von der Reichsanstalt zur Beglaubigung zugelassen worden ist, und wenn sie bei einer Raumtemperatur von 15 bis 20°C folgenden Bedingungen genügen:

Die Abweichung der Verbrauchsanzeige von dem wirklichen Verbrauch darf bei Belastungen zwischen der Nennlast und ihrem 20. Teil nirgends mehr betragen als

$$\pm F_{MZ} = 2 + 0,2 \frac{P_N}{P} + \frac{1}{2} \left(1 + 0,2 \frac{J_N}{J} \right) \cdot \text{tg } \varphi$$

Prozente des jeweiligen wirklichen Verbrauches.

Im übrigen gelten die gleichen Bestimmungen wie unter II.

Über die Beglaubigung von Meßwandlern hat die Physikalisch-Technische Reichsanstalt besondere Bestimmungen erlassen, die ETZ 1915, S. 358 und 1922, S. 944 abgedruckt sind.

Durch § 13 der Prüfordnung für elektrische Meßgeräte von Dezember 1901 sind ferner die sogenannten Verkehrsfehlergrenzen für Elektrizitätszähler festgesetzt worden. Sie sind gegenüber den Beglaubigungsfehlergrenzen beträchtlich erweitert. Überschreitungen der Verkehrsfehlergrenzen sind gesetzlich strafbar und es sollte möglichst dafür Sorge getragen werden, daß die Beglaubigungsfehlergrenzen innegehalten werden. Als Verkehrsfehlergrenzen sind zulässig:

bei Gleichstrom	bei Wechselstrom
1. Leerlauf bis zu $\pm 0,005 P_N$	$\pm 0,005 P_N$
2. Abweichung der Angaben vom Sollwert:	
bei $P = 0,04 P_N$	
50% von P	$(50 + 2 \operatorname{tg} \varphi)\%$ von P
bei $P = 0,1 - 1,0 P_N$	
$(6 + 0,6 \frac{P_N}{P})\%$ von P	$(6 + 0,6 \frac{P_N}{P} + 2 \operatorname{tg} \varphi)\%$ von P .

Die Bestimmungen unter 2. gelten für Lichtstromzähler nur für $P \geq 30$ Watt.

Während einer Zeit, in welcher kein Verbrauch stattfindet, darf der Leerlauf (Vor- oder Rücklauf) des Zählers nicht mehr als $0,5\%$ seines Höchstverbrauches (Nennlast P_N) betragen.

Außer der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt Charlottenburg sind zur Beglaubigung von Elektrizitätszählern noch folgende Prüfämter zugelassen.

Elektrisches Prüfamt 1,	Ilmenau i. Th., Elektrisches Staatsprüfamt,
" "	2, Hamburg, Jungiusstr.,
" "	3, München Zweibrüdenstr. 33a,
" "	4, Nürnberg, Bayer. Landesgewerbeanstalt,
" "	5, Kaiserslautern, Pfälz. Gewerbemuseum.
" "	6, Frankfurt a. M., Neue Mainzerstr. 19,
" "	7, Bremen, Große Sandestr. 15/III,
" "	8, Danzig, Ostpreuß. Revisionsverein.

Ausführliche Angaben bezüglich der gesetzlichen Bestimmungen über Zähler sind im Deutschen Kalender für Elektrotechniker 1927/28, S. 200 bis 209 enthalten. Ebenso finden sich dort auch ausführliche Angaben über die Nachprüfung, Instandhaltung und Aufstellung der Zähler. Bezüglich der Unterhaltung und Ausbesserung dieser Apparate sei der genannten Stelle folgendes entnommen:

Die einer rascheren Abnutzung unterworfenen Teile wie Kugelszapfen, Unterlager, Kollektor und Bürsten sind meist leicht austauschbar, um zur billigen Instandhaltung der Zähler an Ort und Stelle ersetzt werden zu können, wie dies nach 2- bis 3jährigem Betriebe erforderlich wird. Die

ausbesserungsbedürftigen Teile werden in Werkstätten instandgesetzt. Dort werden Lagersteine und Kugelpapfen unter einem Mikroskop von 50- bis 100facher Vergrößerung untersucht, fehlerhafte Lagersteine erneuert und die Zapfen auf einem Drehstuhl mit Diamantine und Polierrot nachpoliert. In das Lager muß nach dem Zusammensetzen ein Tropfen feinstes, säurefreies Uhrenöl gegeben werden. Staub ist von den Arbeitsplätzen, Werkzeugen und Zählerteilen sorgfältig zu entfernen. Der Kommutator und die Bürsten werden mit einem ungesteiften, auf Hartholzstäben abgezogenen Leinenband nachpoliert, oder bei stärkeren Brandflecken mit feinstem Schmirgelpapier Nr. 00000 behandelt, das vor Gebrauch an einem Silberstück abgezogen wird. Staub- und Schmutzflecken sind mit einem sauberen Haarpinsel zu entfernen.

Die Zählwerke sind zeitweilig gründlich zu reinigen. Bei Pendelzählern genügt es in der Regel, etwa alle 3 Jahre Räder und Platinen in Benzin zu waschen.

Bei Quecksilbermotorzählern wird meistens eine sorgfältige Reinigung des Quecksilbers nach einigen Jahren nötig.

Bei elektrochemischen Zählern ist im Falle eines Fehlers an oder innerhalb der Glaszelle Einsendung an den Hersteller nicht zu umgehen.

Die Vereinigung der Zählertechniker deutscher Elektrizitätswerke E. W. Dresden hat folgende Richtlinien für die Überwachung der Zähler beim Elektrizitätswerk aufgestellt, die auch für andere Anlagen, soweit Zähler darin verwendet werden, sinngemäß Bedeutung haben.

Richtlinien für die Überwachung der Zähler bei Elektrizitätswerken.

1. Alle Zähler sollen vor ihrer Inbetriebsetzung oder wenigstens im ersten Monat nach derselben geprüft werden. Die Prüfung kann im Eichraum erfolgen, wenn die Anbringung der Zähler bei den Abnehmern durch sachverständiges Personal erfolgt. Wird dies aber durch nicht sachverständiges Personal bewirkt, muß die Prüfung am Aufstellungsorte selbst erfolgen, damit etwa vorhandene Schalt-, Montage- oder sonstige Fehler sowie Transportschäden entdeckt werden. Hierbei ist auch zu untersuchen, ob der angebrachte Zähler sich nach Meßbereich, Schaltung und Gattung für die Anlage überhaupt eignet.

Unter „sachverständig“ wird solches Personal verstanden, welches mit Schaltung und Behandlung der Zähler genau vertraut ist (Zählermonteure), also nicht das mit Installationen beschäftigte Montagepersonal.

Unter Prüfung im Sinne dieser Richtlinien wird die mit Hilfe von Zeigermessgeräten oder Eichzählern vorgenommene Untersuchung der Zähler auf richtige Anzeige verstanden, ohne daß die Zähler geöffnet werden.

Dagegen wird unter Eichung die nur bei geöffnetem Zähler vorgenommene Regelung des Ganges verstanden, welche zum Ziele hat, den Zähler richtig zeigend zu machen.

2. Nachprüfungen sollen spätestens vorgenommen werden, wenn

bei Induktionszählern	6 Jahre,
bei Gleichstromzählern mit Kollektor	3 Jahre,
bei Gleichstromzählern ohne Kollektor	4 Jahre,
bei Elektrolitzählern	6 Jahre

seit der Inbetriebsetzung oder der letzten Prüfung verlossen sind. Diese „Prüfperioden“ stellen das höchste Zeitmaß dar, während dessen die Zähler sich selbst überlassen werden dürfen. Zähler für große Leistungen oder stark beanspruchte Zähler sollen entsprechend ihrer Wichtigkeit öfter geprüft werden.

3. Die Eichung ist streng nach den gesetzlichen Bestimmungen bzw. nach den auf Grund derselben erlassenen Ausführungsbestimmungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt vorzunehmen. Die Zähler müssen also „richtig“ sein. Richtig im Sinne des Gesetzes über die elektrischen Maßeinheiten ist ein Zähler nur dann, wenn er die Beglaubigungsfehlergrenzen innehält. Jede andere Eichung mit höheren Fehlern, insbesondere die Eichung nach Verkehrsfehlergrenzen, ist verboten und strafbar!

4. Werden bei der Prüfung von Zählern am Verwendungsort oder bei zur Prüfung außer Betrieb gesetzten Zählern Fehler gefunden, welche die Beglaubigungsfehlergrenzen überschreiten, so muß der betr. Zähler nachgeeicht werden. Die Nichtbeseitigung des Fehlers ist strafbar, auch wenn er noch innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen liegt.

Die Verkehrsfehlergrenzen haben nur den Zweck, den für die Eichung Verantwortlichen vor Strafe zu schützen, wenn ein ursprünglich richtig gehender Zähler im Laufe der Zeit falsch geht, wie es z. B. durch Nachlassen der Bremsmagnete vorkommen kann.

Eine Bestrafung des Verantwortlichen kann also eintreten, wenn der Zähler zwar ursprünglich richtig ging, aber im Laufe der Zeit immer größere Fehler annehmen, welche schließlich die Verkehrsfehlergrenzen überschreiten. Trotzdem also der Zähler nicht absichtlich falsch geeicht wurde, kann ein schuldhaftes Verhalten des Verantwortlichen darin erblickt werden, daß er den Zähler nicht rechtzeitig nachgeprüft hat.

5. Es wird empfohlen, alle Eichungen nach den Vorschriften auszuführen, welche die Physikalisch-Technische Reichsanstalt für die elektrischen Prüfämter erlassen hat bzw. erläßt. Dies ist um deswillen erforderlich, weil dann im ganzen Reich nach einheitlichen Regeln gearbeitet und bei Prüfungen, welche von verschiedenen Stellen vorgenommen werden, mehr gleiche Resultate erzielt werden, als wenn nach verschiedenen Regeln geprüft wird.

6. Es wird empfohlen, alle Zähler, welche nicht zur amtlichen Beglaubigung zugelassen sind, nach und nach aus dem Verkehr zu entfernen. Wenn auch den Eltwerken nicht zugemutet werden soll, diese Zähler auf einmal durch neue zu ersetzen, so werden sich doch im Laufe der Zeit

ohne fühlbare Kosten neue Zähler beschaffen lassen, deren Anschaffungskosten überdies durch größere Meßgenauigkeit und geringere Verluste durch Stromdiebstahl in wenigen Jahren hereingebracht werden.

In Anlagen, in denen viele Zähler verwendet werden, empfiehlt es sich, besondere Eichstationen dafür aufzustellen, während in Anlagen mit wenigen vorhandenen Zählern die Kontrolle zweckmäßig einem der vorgenannten elektrischen Prüfsämter übertragen wird. Über die Organisation des Zählerwesens, wie es bei großen Elektrizitätswerken üblich ist, ist Näheres aus ETZ 1922, S. 1521 zu ersehen. Für Werke, bei denen das Zählerwesen keine so große Rolle spielt, kann sinngemäß das dafür Nützliche den dort gemachten Angaben auch entnommen werden.

Eingriffe in Zähler sind, wie schon aus Vorstehendem hervorgeht, natürlich strafbar, solche sind auch meist erkennbar, weil die Apparate nach der Eichung stets verschlossen und plombiert werden. Auch falsche Eichungen sind strafbar, wie das z. B. aus ETZ 1920, S. 119 zu ersehen ist. Insbesondere ist es notwendig, den Stromdiebstahl zu verhindern, weswegen Hausanschlußsicherungen und die Verbindungsleitungen zwischen dieser und dem Zähler unter besonderer Aufsicht des liefernden Werkes stehen müssen. Deswegen werden die Hausanschlußsicherungen meist vom Werke geliefert und plombiert. Diese Sicherungen müssen den Beamten der Werke stets bequem zugänglich sein. Über die Möglichkeit von Stromdiebstahl siehe Näheres ETZ 1921, S. 1227.

Über das Verfahren zur Ermittlung des Stromdiebstahles ist Näheres aus ETZ 1927, S. 1148 zu ersehen und über die Verschleierung der Angaben von Elektrizitätszählern und deren Abhilfe sind wertvolle Angaben aus dem Buche¹ von Professor Dr.-Ing. A. Geldermann mit dem gleichen Titel zu entnehmen. Es ist aber nicht nur strafbar, Strom zu stehlen, sondern es steht ebenso unter Strafe, Kraftstrom als Lichtstrom zu verwenden. In einem Falle, in dem dieses geschah, hat das Landgericht Bielefeld ein Vergehen gegen § 1 des Gesetzes betr. Bestrafung der Entziehung elektrischer Arbeit vom 9. April 1900, das in Abschnitt III dieses Buches unter E abgedruckt ist, erblickt und eine Geldstrafe angeordnet. Dieses Urteil ist vom Reichsgericht bestätigt worden².

Beleuchtung. Nach § 16 der Errichtungsvorschriften sollen Glühlampen in der Nähe von entzündlichen Stoffen mit Vorrichtungen versehen sein, die die Berührung der Lampen mit solchen Stoffen verhindern. Diese Bestimmung ist bei der Wartung der Anlagen stets im Auge zu behalten.

Ferner ist im gleichen Paragraphen der Errichtungsvorschriften vorgeschrieben, daß die unter Spannung gegen Erde stehenden Teile der Lampen der zufälligen Berührung entzogen sein müssen. Dieser Schutz muß auch während des Einschraubens der Lampen wirksam sein. Der VDE hat sich gezwungen gesehen, diese Forderung aufzustellen, weil bei

¹ Berlin: Julius Springer. 1928.

² Bl. Be. 1927, S. 133; ETZ 1928, S. 556.

der Bedienung der elektrischen Anlagen während des Ein- und Ausschraubens, bei der Reinigung derselben usw. mehrfach Unfälle vorgekommen sind. Ausführliches darüber ist vorstehend bei der Behandlung der Fassungen schon gesagt worden, so daß darauf verwiesen sein möge. Da aber in alten Anlagen noch eine große Zahl von Fassungen vorhanden ist, die diesen Bestimmungen nicht genügen, wird es empfehlenswert sein, den Berührungsschutz der Fassungen tunlichst noch nachträglich hinzuzufügen, worüber die gleichfalls an vorstehend erwähnter Stelle abgedruckten Leitsätze die notwendigen Angaben machen.

Über die an die Beleuchtung zu stellenden Anforderungen betreffend Betrieb und Erhaltung der Beleuchtungseinrichtungen hat die „Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft“ ausführliche Leitsätze, die von ihrer Kommission für praktische Beleuchtungsfragen bearbeitet worden sind, herausgegeben. Aus diesen mögen nachstehend die für den Betrieb und die Unterhaltung von Anlagen wichtigsten Bestimmungen wiedergegeben werden. Zum Verständnis derselben seien jedoch vorher noch aus den vom VDE aufgestellten „Regeln für die Bewertung, von Licht, Lampen und Beleuchtung“, die seit dem 1. Januar 1926 gelten und ETZ 1925, S. 471 und 1526 abgedruckt sind, die Angaben über die photometrischen Grundgrößen und Einheiten gemacht.

Zwischen den verschiedenen photometrischen Grundgrößen und Einheiten bestehen folgende Beziehungen:

Größe		Einheit	
Name	Zeichen	Name	Zeichen
1. Lichtmenge	Q	Lumenstunde	Lmh
2. Lichtstrom	$\Phi = \frac{Q}{T}$	Lumen	Lm
3. Lichtstärke	$J = \frac{\Phi}{\omega}$	Seferkerze	HK
4. Beleuchtungsstärke	$E = \frac{\Phi}{F} = \frac{J}{r^2} \cos i$	Lug	Lx
5. Leuchtdichte (Flächenhelle)	$e = \frac{J_s}{f \cos \varepsilon}$	Seferkerze für den Quadratzentimeter	HK/cm ²

Hierin bedeuten:

T die Zeit in Stunden,

ω den Raumwinkel = dem Verhältnis eines Stückes der Kugeloberfläche zum Quadrat ihres Halbmessers,

F eine Fläche in m²,

f eine Fläche in cm²,

r eine Länge (Entfernung) in m,

i den Einfallswinkel (Inzidenzwinkel),

ε den Ausfrahlungswinkel (Emissionwinkel).

Nach den Leitfäden der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft dürfen die Beleuchtungseinrichtungen (Lampen, Glofen, Reflektoren usw.) durch Staubanhäufung oder durch Ausbrennen der Lampen keine solche Einbuße erleiden, daß die Beleuchtungsstärke unter die normalerweise zu fordernden Werte herabsinkt.

Lampen, die für die Beleuchtung im Freien dienen, müssen regelmäßig gewartet und gereinigt werden.

Die Blendung der Augen durch direktes und reflektiertes Licht ist zu vermeiden. Die zur Beleuchtung von Arbeitsplätzen dienenden Einzelampeln müssen abgeschirmt werden, wenn ihre Leuchtkraft größer als $0,75 \text{ HK/cm}^2$ ist. Zur allgemeinen Raumbeleuchtung dürfen auch Lichtquellen von höherer Leuchtdichte benutzt werden. Die Leuchtdichte darf aber 5 HK/cm^2 nicht übersteigen, wenn die Lichtquellen so angebracht sind, daß der Winkel des Sehstrahles gegen die wagerechte Ebene weniger als 30° beträgt; anderenfalls sind auch diese Lichtquellen abzuschirmen oder in lichtstreuende Hüllen einzuschließen.

Die Blendung bewirkt Beeinträchtigung des Erkennungsvermögens, Unsicherheit und Unbehagen; wenn sie stark und dauernd auftritt, sogar Schädigung des Auges. Blendung bedeutet ferner eine Vergeudung von Licht und eine Vergeudung von Arbeitskraft. Sie gibt außerdem erfahrungsgemäß oft Anlaß zu Unglücksfällen. Mittel gegen die Blendung sind:

- a) Abschirmung der Lichtquelle durch Reflektoren,
- b) Ablenkung der Lichtquelle durch lichtstreuende Hüllen, Glofen, Schalen, Vorhänge usw.,
- c) Anordnung der Lampen oberhalb des normalen Gesichtsfeldes, d. h. in Winkeln von mehr als 30° über einer durch das Auge gelegten Wagerechten (wie vorstehend schon erwähnt).

Der Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung hat ein Betriebsblatt mit der Nr. 22 und der Bezeichnung „Künstliche Fabrikbeleuchtung“ herausgegeben, in dem alle für eine solche Anlage wichtigen Punkte eingehend behandelt sind. Dieses Betriebsblatt ist in Abschnitt III dieses Buches unter H abgedruckt.

Wichtig ist es auch, darauf zu achten, daß die Lampen nicht zu sehr verstauben. Sie müssen in angemessenen Terminen gereinigt werden. Beim Reinigen dürfen die Glühlampen nicht zu stark erschüttert werden, damit der Faden nicht bricht.

Die von einer Lampe abgegebene Lichtmenge nimmt mit der Zeit etwas ab. Es ist deswegen aus wirtschaftlichen Gründen zu empfehlen, die Lampen nicht übermäßig lange zu benutzen und sie durch neue zu ersetzen, bevor ihr spezifischer Verbrauch zu stark gestiegen ist.

Bogenlampen sind für gewöhnliche Beleuchtungszwecke in den letzten Jahren immer mehr durch die Glühlampen verdrängt worden. Das ist darauf zurückzuführen, daß bei der Glühlampe die Bedienung und die Reparaturen sowie die Anschaffungskosten sehr gering sind bei einer relativ hohen Lichtausbeute.

Für manche Zwecke werden zuweilen Moore-Lichtanlagen benutzt. Über diese hat der VDE im Jahre 1913 „Leitfäden für die Herstellung und den Anschluß von Moore-Lichtanlagen“ veröffentlicht, die ETZ 1913, S. 307 abgedruckt sind und nachstehend wiedergegeben sein mögen, weil deren Inhalt für die Betriebsführung und die Überwachung solcher Anlagen teilweise von Bedeutung ist.

1. Wegen der hohen Spannungen, welche bei Moorelichtanlagen in Frage kommen, sind sowohl bei der Herstellung wie bei der Inbetriebsetzung und Inbetriebhaltung solcher Anlagen genau die Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen zu befolgen, insbesondere die §§ 3b und 3c, 4, 6, 7, 18a und b, sowie die Vorschriften für den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen. Transformatoren und Apparate müssen, insbesondere in bezug auf Prüfspannung, den jeweils geltenden Normalien für Maschinen und Apparate entsprechen.
2. Die unter Hochspannung stehenden Apparate und Metallteile sind allseitig zu verschließen, so daß eine Berührung derselben auch bei der Inbetriebsetzung einer Anlage ausgeschlossen ist. Es sind deshalb die Vertikalwände des Apparateschutzkastens aus vollem, nicht perforiertem Material herzustellen, die Horizontalwände dagegen aus durchlochtem Platten, welche doppelt anzuordnen sind, u. zw. derart, daß die Öffnungen gegeneinander versetzt liegen.
3. Das Öffnen plombierter Teile ist durch entsprechende Aufschrift zu untersagen.
4. Die unter Niederspannung stehenden Teile (wie z. B. Regulierpule mit Regulierventilen) sind derartig anzuordnen, daß sie von hochspannungsführenden Teilen von Apparaten durch Scheidewände aus Isolierstoff getrennt sind, und ihre Berührung vollkommen gefahrlos ist.
5. Die unter Hochspannung stehende Luftpumpe ist in einem hölzernen Kasten zu montieren, in welchem die Pumpe während der Arbeiten eingeschlossen bleibt. Die Pumpe muß in diesem Kasten so isoliert aufgestellt werden, daß eine Berührung des Kastens, auch wenn die Pumpe unter Spannung steht, ohne jede Gefahr erfolgen kann.
6. Die Erdungsleitungen sind offen und sehr sorgfältig zu verlegen.
7. Die Monteure sind vor Beginn auf die Gefahren bei der Inbetriebsetzung einer Anlage aufmerksam zu machen und genügend zu informieren.

d) Die Schlüssel zu den abgeschlossenen elektrischen Betriebsräumen sind von den dazu Berufenen unter sicherer Verwahrung zu halten.

e) Abgeschlossene elektrische Betriebsräume, die den Anforderungen des § 29 der Errichtungsvorschriften nicht entsprechen, dürfen nur betreten werden, nachdem alle Teile spannungslos gemacht sind.

2. Es ist besonders darauf zu achten, daß der spannungsfreie Zustand nicht immer durch Herausnahme von Schaltern und dergleichen allein gewährleistet ist, da noch Verbindungen durch Meßschaltungen, Ring- und Doppelleitungen usw. bestehen können, oder eine Rücktransformierung, Induktion, Kapazität usw. vorhanden sein kann.

Als abgeschlossene elektrische Betriebsräume werden nach den Errichtungsvorschriften des VDE solche Räume bezeichnet, die nur zeitweise durch unterwiesenes Personal betreten, im übrigen aber unter Verschuß gehalten werden, der nur durch beauftragte Personen geöffnet werden darf. Nach § 29 der Errichtungsvorschriften gelten in solchen Räumen die Bestimmungen für elektrische Betriebsräume mit der Maßgabe, daß bei

Hochspannung ein Schutz der unter Spannung stehenden Teile nur gegen zufällige Berührung durchgeführt werden muß. Der Verschluß der Räume soll so eingerichtet sein, daß der Zutritt nur den berufenen Personen möglich ist.

Die Schlüssel dürfen an andere Angestellte nicht ohne weiteres ausgeliefert werden; sie dürfen auch nicht im Schloß stecken gelassen oder neben der Tür aufgehängt werden. Nach Erläuterungen von Weber ist es aber zulässig, einen zweiten Schlüssel plombiert oder hinter einer Glasscheibe so sichtbar anzubringen, daß er im Notfall auch ohne Mithilfe des Wärters erreichbar ist.

Bei geschlossenen Netzen, namentlich in Verbindung mit Transformatoren, ist besondere Vorsicht bezüglich Herbeiführung des spannungsfreien Zustandes notwendig, wie sich das z. B. auch aus ETZ 1915, S. 445 ergibt. Es ist also besondere Vorsicht bezüglich wirklich erreichter Spannungsfreiheit geboten. Durch leichtsinniges Handeln sind in solchen Fällen schon vielfach Unfälle vorgekommen, so daß diesbezüglich besondere Warnungen notwendig sind.

§ 6.

Maßnahmen zur Herstellung und Sicherung des spannungsfreien Zustandes.

a) Ist die Abschaltung des Teiles der Anlage, an dem gearbeitet werden soll, und der in unmittelbarer Nähe der Arbeitsstelle befindlichen Teile nicht unbedingt sichergestellt, so muß zwischen Schalt und Arbeitsstelle eine Kurzschließung und Erdung, an der Arbeitsstelle außerdem eine Kurzschließung und behelfsmäßige Verbindung mit der Erde zur Ableitung von Induktionsströmen vorgenommen werden.

Bei Hochspannung muß zwischen Arbeits- und Trennstelle Erdung und Kurzschließung vorgenommen werden, nachdem sich der Arbeitende überzeugt hat, daß dieses ohne Gefahr geschehen kann.

Für die Dauer der Arbeit ist an der Schaltstelle ein Schild oder dergleichen anzubringen mit dem Hinweise, daß an dem zugehörnden Teil der elektrischen Anlage gearbeitet wird.

1. Auch bei Niederspannung empfiehlt es sich, bei Schaltern, Trennstücken und dergleichen, die einen Arbeitspunkt spannungsfrei machen sollen, für die Dauer der Arbeit ein Schild oder dergleichen anzubringen mit dem Hinweise, daß an dem zugehörnden Teil der elektrischen Anlage gearbeitet wird.

2. Zur Erdung und Kurzschließung sollen Leitungen unter 10 mm² nicht verwendet werden.

3. Erdungen und Kurzschließungen sollen auch bei Niederspannung erst vorgenommen werden, wenn es ohne Gefahr geschehen kann.

Die sichere Erreichung des spannungsfreien Zustandes ist zur Verhütung von Unfällen von höchster Bedeutung. Aus diesem Grunde sind in den Errichtungsvorschriften auch an einigen Stellen besondere Ein-

richtungen, mit denen der spannungsfreie Zustand erreicht werden kann, vorgeschrieben. In den in § 30 behandelten Betriebsstätten ist besonders verlangt, daß bei Hochspannung ausgedehnte Verteilungsleitungen während des Betriebes für Notfälle ganz oder streckenweise müssen spannungslos gemacht werden können.

Für feuchte, durchtränkte und ähnliche Räume ist in § 31 vorgeschrieben, daß Stromverbraucher so eingerichtet werden müssen, daß sie zum Zwecke der Bedienung spannungslos gemacht werden können.

An Hochspannungsschaltern muß gemäß § 11 die Schaltstellung erkennbar sein und vor gefapfelten Hochspannungsschaltern, die nicht ausschließlich als Trennschalter dienen, müssen bei Spannungen über 1500 V erkennbare Trennstellen vorgesehen sein.

Die Baugewerks-Berufsgenossenschaft schreibt in § 30 ihrer Unfallverhütungsvorschriften folgendes vor.

„Der Unternehmer oder sein Stellvertreter hat dafür zu sorgen, daß die Leitungen von Lieferanten des elektrischen Stromes stromlos gemacht oder gegen Berührung in zweckmäßiger Weise gesichert sind.“

Besondere Vorsicht ist in landwirtschaftlichen Anlagen notwendig; deswegen ist in dem Merkblatt für die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft unter Nr. 10 ausdrücklich hervorgehoben, daß Arbeiten an und auf Gebäuden nur nach Abschaltung aller in der Nähe der Arbeitsstellen befindlichen Leitungen ausgeführt werden sollen. Die Sicherungen der betreffenden Stromkreise sollen entfernt und unter Verschuß gehalten werden, damit kein Unberufener sie während der Arbeit einsetzen kann. Nach der Betriebsanweisung für die Bedienung elektrischer Starkstromanlagen für Hochspannung in der Landwirtschaft ist bestimmt, daß die Bedienung betriebsmäßig Hochspannung führender Teile, wie Masttransformatoren, Anschluß von beweglichen Transformatoren oder Anschluß von Hochspannungsmotoren, nur von besonders ausgebildeten Personen vorgenommen werden darf, die sich im Besitz eines schriftlich vom Elektrizitätswerk anerkannten Ausweises befinden.

In Bergwerken unter Tage ist gemäß § 21 der Errichtungsvorschriften festgelegt, daß an Schaltstellen die ankommenden Leitungen abtrennbar sein müssen bei Spannungen über 500 V durch Leistungsschalter. Die zu den Stromverbrauchern führenden Abzweigungen von Hauptleitungen müssen unter Spannung abtrennbar sein. Bei elektrischen Streckenförderungen unter Tage müssen Speiseleitungen, die Betriebsspannungen gegen Erde führen, von der Stromquelle und an den Speisepunkten von den Fahrleitungen abschaltbar sein.

Über die Ausführung von Kurzschlußeinrichtungen an Fernleitungen siehe ETZ 1914, S. 859 und Elektrizitätswirtschaft 1927, S. 571; über die Aufhebung von Kurzschließungen sind in § 7² Angaben gemacht.

4. Zum Nachweise, daß die Arbeitsstelle spannungsfrei ist, können dienen: Spannungsprüfungen, Kennzeichnung der beiderseitigen Leitungsenden, Einsicht in schematische Übersichts- oder Leitungsnetzpläne mit

oder ohne Angabe der erforderlichen Reihenfolge der Schaltungen, die entweder an den Schaltstellen vorhanden sein oder dem Schaltenden mitgegeben werden können, wenn er nicht durch mündliche Anweisung oder in anderer Weise über die Anlage genau unterrichtet ist.

Die Sicherheit der Herbeiführung des spannungsfreien Zustandes wird besonders durch das Vorhandensein eines übersichtlichen und zuverlässigen Schaltplanes unterstützt. Weiter sind von großer Bedeutung alle Einrichtungen, die zum Nachweis etwa vorhandener Spannungen dienen. Der VDE hat besondere „Leitfäße für Spannungsfucher bis 750 V“ aufgestellt, die am 1. April 1927 in Kraft getreten und ETZ 1927, S. 155 und 409 abgedruckt sind. Die wichtigsten Bestimmungen daraus sind folgende:

Spannungsfucher mit optischer Anzeige (Glühlampen) sind nicht als Handleuchter im Sinne der Vorschriften für Handleuchter anzusehen.

Normale Nennspannungen für Spannungsfucher sind: 250, 500, 750 V
Die Nennspannung ist auf dem Spannungsfucher anzugeben.

Spannungsfucher für 500 V Nennspannung sollen einen Prüfbereich von 200 bis 500 V, Spannungsfucher für 750 V einen solchen von 500 bis 750 V aufweisen.

Die Spannungsfucher sollen den betriebsmäßigen und mechanischen Anforderungen standhalten und den Errichtungsvorschriften entsprechen.

Schaltvorrichtungen sollen den „Vorschriften für Handgeräte-Einbauschalter“ füinggemäß entsprechen.

Das Gehäuse der Spannungsfucher soll, soweit es aus Isolierstoff besteht, den an Handleuchter zu stellenden Anforderungen entsprechen (siehe „Leitfäße für Untersuchung der Isolierkörper von Installationsmaterialien“). Bei Spannungsfuchern mit Glühlampen soll das Gehäuse Schutz gegen Splitterwirkung gewähren.

Die spannungsführenden Teile sollen auf feuerficheren Körpern angebracht sein.

Abdeckungen aus Isolierstoff, die im Gebrauch mit einem Lichtbogen in Berührung kommen können, sollen feuerficher sein.

Alle Teile, auch die Schutzabdeckungen, sollen so befestigt sein, daß Lockerungen und Lageveränderungen im Gebrauch nicht eintreten können.

Der Berührung zugängliche Gehäuse und Griffe sollen, wenn sie nicht geerdet sind, aus nichtleitendem Baustoff bestehen oder mit einer haltbaren Isolierschicht ausgekleidet oder umkleidet sein.

Metallteile, für die eine Erdung in Frage kommen kann, sind mit einem Erdungsanschluß zu versehen.

Die unter Spannung gegen Erde stehenden Teile sollen gemäß § 3a der Errichtungsvorschriften gegen zufällige Berührung geschützt sein, z. B. durch Kragen oder Manschetten an den Tastern.

Die vorn überstehende Länge der metallenen Prüfstifte soll 20 mm nicht überschreiten.

Die Zuleitungen sollen mit dem Gehäuse fest verbunden und beiderseits von Zug entlastet sein. Als Zuleitungen sind nur Hochspannungsschnüre (NHSGK) der „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“ zulässig.

Alle Spannungsucher sollen am Hauptteil ein Ursprungszeichen tragen.

Es sind mehrere Bauarten von Spannungsuchern, namentlich auch solche für Spannungen über 750 V bekannt, die teils als transportable, teils als fest angebrachte Anzeigeapparate arbeiten¹.

b) Die Vereinbarung eines Zeitpunktes, zu dem eine Anlage spannungsfrei gemacht werden soll, genügt nicht, es sei denn, daß es sich um regelmäßige Betriebspausen handelt.

Als Betriebspausen sind nach ETZ 1925, S. 1516 nicht Pausen in dem mit elektrischer Energie arbeitenden Betriebe anzusehen, sondern ausschließlich Pausen in der Stromlieferung. Bei den heutigen Elektrizitätswerken kommen solche Pausen in der Stromlieferung kaum noch vor.

Unfälle, die durch Vereinbarung eines Zeitpunktes der Spannungslosigkeit herbeigeführt worden sind, kommen leider so oft vor, daß auf die richtige Handhabung dieser Bestimmung besonders hingewiesen und ausdrücklich vor leichtsinniger Handhabung derselben gewarnt werden soll.

§ 7.

Maßnahmen bei Unterspannungsetzung der Anlage.

a) Waren zur Vornahme von Arbeiten Betriebsmittel spannungsfrei, so darf die Einschaltung erst dann erfolgen, wenn das Personal von der beabsichtigten Einschaltung verständigt worden ist.

b) Vor der Einschaltung sind alle Schaltungen und Verbindungen ordnungsgemäß herzustellen und keine Verbindungen zu belassen, durch die ein Übertreten der Spannung in außer Betrieb befindliche Teile herbeigeführt werden kann.

c) Die Vereinbarung von Zeitpunkten, zwischen denen die Anlage spannungsfrei sein oder bleiben soll, genügt nicht, es sei denn, daß es sich um regelmäßige Betriebspausen handelt.

1. Die Verständigung mit der Arbeitsstelle durch Fernsprecher ist zulässig, jedoch nur mit Rückmeldung durch den mit der Leitung der Arbeiten Beauftragten.

2. Bei Aufhebung von Kurzschließungen soll die Erdverbindung zuletzt beseitigt werden.

In der vom VDE aufgestellten Betriebsanweisung für die Bedienung elektrischer Starkstromanlagen für Hochspannung in der Landwirtschaft ist besonders hervorgehoben, daß die Bedienung betriebmäßig Hochspannung führender Teile, wie Masttransformatoren, Anschluß von beweglichen Transformatoren oder Anschluß von Hochspannungsmotoren,

¹ Näheres darüber siehe Kalender für Elektrotechniker 1927/28, S. 330; ETZ 1908, S. 990 und 1921, S. 230 und El. Be. 1923, S. 155.

nur von besonders ausgebildeten Personen vorgenommen werden darf, die sich im Besitz eines schriftlich vom Elektrizitätswerk anerkannten Ausweises befinden. Ferner sind für die Inbetriebsetzung eines fahrbaren Transformators folgende Angaben gemacht:

1. Stelle den Transformatorwagen nach dem Anfahren so auf, daß die einzuhängenden Anschlußleitungen zum Mastschalter möglichst straff sind und keinesfalls auf dem Wagendach aufliegen.

2. Bringe die Erdungen sehr gut an. Setze Wert auf guten Zustand der Klemmverbindungen.

3. Hänge bei offenem Mastschalter die Anschlußleitungen mittels Schaltstange ein.

4. Schließe das Kabel zum Motowagen im Transformatorwagen an.

5. Führe das Kabel über kleine Holzgabeln. Lasse es nicht auf der Erde liegen.

6. Friedige den Transformatorwagen ein und hänge die Warnungsschilder an.

7. Stelle den Isolierschemel neben den Schaltermast und schließe vom Schemel aus den Mastschalter mittels Schaltstange oder Winde. Einschalten ohne Benutzung des Schemels ist unter allen Umständen verboten.

8. Lasse nach der Schließung durch eine Winde die Kurbel in der Winde stecken.

Daß gerade die fahrbaren Transformatoren eine besondere Gefahrenquelle darstellen, geht aus dem von H. Schuch im Reichsarbeitsblatt Band V, 1925, S. 561 erstatteten Bericht, der auszugsweise ETZ 1926, S. 314 wiedergegeben ist, hervor.

In landwirtschaftlichen Anlagen kommt es oft vor, daß sie ganz oder teilweise mehrere Monate hindurch nicht gebraucht werden. Während dieser Ruhepausen können aber leicht Beschädigungen vorgekommen sein, besonders werden die Motoren und Anlasser in dieser Zeit der Nichtbenutzung verstauben und es sollte eigentlich selbstverständlich sein, daß eine solche Anlage vor Wiedereinschaltung erst auf ihre Ordnungsmäßigkeit hin geprüft wird. Leider wird aber darauf viel zu wenig geachtet, was zur Folge hat, daß bei der Wiedereinschaltung Störungen, z. T. unangenehmer Natur, eintreten können. Näheres darüber siehe ETZ 1927, S. 1911.

Bezüglich der unter c) erwähnten Betriebspausen sei auf das vorstehend zu § 6b Gesagte verwiesen.

Anlagen oder Teile derselben, die längere Zeit außer Betrieb waren, können unter Umständen in dieser Zeit feucht geworden sein; bei Wiedereinschalten solcher Teile ist deswegen größte Vorsicht geboten. Bei hoher Spannung empfiehlt es sich, diese unter Umständen langsam auf den normalen Wert zu erhöhen. Auch die Unterspannungsetzung von Anlagen oder Teilen derselben hat vielfach zu Unfällen geführt, was zum Teil auch auf leichtsinnige Handhabung der vorstehenden Bestimmungen

zurückzuführen war. Des weiteren sei auf die Bestimmung des § 6³ bezüglich der Ausführung von Erdungen und Kurzschließungen nochmals hingewiesen.

§ 8.

Arbeiten unter Spannung.

a) Arbeiten unter Spannung sind nur durch besonders damit beauftragte und mit der Gefahr vertraute Personen auszuführen. Zweckentsprechende Schutzmittel sind bereitzustellen und zu benutzen; sie sind vor Gebrauch nachzusehen (siehe § 2c und 2¹).

b) Arbeiten unter Spannung sind nur gestattet, wenn es aus Betriebsrücksichten nicht zulässig ist, die Teile der Anlage, an denen selbst oder in deren unmittelbarer Nähe gearbeitet werden soll, spannungsfrei zu machen, oder wenn die geforderte Erdung und Kurzschließung an der Arbeitsstelle nicht vorgenommen werden kann.

c) Arbeiten müssen unter den für Arbeiten unter Spannung vorgeschriebenen Vorsichtsmaßnahmen auch dann ausgeführt werden, wenn zwar ein Abschalten, Erden und Kurzschließen erfolgt ist, aber noch Unsicherheit darüber besteht, ob die Teile, an denen gearbeitet werden soll, wirklich mit den abgeschalteten oder geerdeten und kurzgeschlossenen Teilen übereinstimmen.

d) *Bei Hochspannung dürfen Arbeiten unter Spannung nur in Notfällen und nur in Gegenwart einer geeigneten und unterwiesenen Person, sowie unter Beachtung geeigneter Vorsichtsmaßnahmen ausgeführt werden (Ausnahmen siehe §§ 10a, 11a und 14c),*

Für die Außerbetriebsetzung eines fahrbaren Transformators in der Landwirtschaft sind nach der vom VDE aufgestellten Betriebsanweisung für die Bedienung elektrischer Starkstromanlagen für Hochspannungen in der Landwirtschaft folgende Bestimmungen maßgebend.

1. Setze den Motor außer Betrieb.
2. Öffne den Hauptschalter unter Benutzung des Isolierschemels mittels der Winde oder der Schaltstange.
3. Hänge die Schaltstange aus dem Hauptschalterhebel aus, bzw. nimm die Kurbel aus der Winde heraus.
4. Hänge die Hochspannungs-Anschlußleitung vom Hauptschalter nur mittels Schaltstange ab. Dann erst nimm den weiteren Abbau vor.
5. Rolle das Rabel auf und überzeuge dich, daß Türen und Steckdosen am Transformator- und Motorwagen gut verschlossen sind.

Mit Rücksicht auf die Gefahr, die mit der Handhabung solcher fahrbarer Transformatoren verbunden ist, sei auf das vorstehend zu § 7 Gesagte hingewiesen.

Zu der Vorschrift unter d) sei noch besonders hervorgehoben, daß Bedienstungs-, Wartungs- und Reinigungsarbeiten, die, wie das Einsetzen von gefahrlos hantierbaren Sicherungen, das Ölen von Maschinen usw., zum regelmäßigen Betriebe gehören und durch richtige Ausführung ge-

fahrlos gemacht sind, nicht unter diese Bestimmung fallen. Bezüglich der Schmelzsicherungen, die nicht spannungslos gemacht werden können, ist in § 14 der Errichtungsvorschriften deshalb auch verlangt, daß sie so gebaut oder angeordnet sein sollen, daß sie auch unter Spannung gegebenenfalls mit geeigneten Hilfsmitteln von unterwiesenem Personal ungefährlich müssen ausgewechselt werden können.

Das Ausführen von Arbeiten unter Spannung schließt eine große Gefahr in sich, und es ist deswegen notwendig, auf die große Verantwortung, die dadurch entsteht, hinzuweisen. Insbesondere sind durch leichtsinnige Handhabung der diesbezüglichen Vorschriften vielfach Unfälle vorgekommen, deren Vermeidung unbedingt angestrebt werden muß.

Die Betriebsanweisung für die Bedienung elektrischer Starkstromanlagen für Hochspannung in der Landwirtschaft weist auch besonders noch darauf hin, daß die Bedienung betriebsmäßig hochspannungsführender Teile, wie Masttransformatoren, Anschluß von beweglichen Transformatoren oder Anschluß von Hochspannungsmotoren, nur von besonders ausgebildeten Personen vorgenommen werden darf, die sich im Besitz eines schriftlich vom Elektrizitätswerk anerkannten Ausweises befinden.

Die Normal-Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes der deutschen Berufsgenossenschaften verlangen in § 26, daß gefährliche Arbeiten nur solchen Personen übertragen werden dürfen, denen die damit verbundene Gefahr bekannt ist. Die Arbeiter sind auf die mit ihrer Beschäftigung verbundenen Gefahren hinzuweisen. Ferner wird in Abschnitt V der gleichen Vorschrift unter § 13 bestimmt, daß Aufstellungs-, Ausbesserungs- und Bedienungsarbeiten an spannungsführenden Teilen im allgemeinen erst nach allpoliger Ausschaltung vorzunehmen sind. Teile von Hochspannungsanlagen sind dabei außerdem unmittelbar an der Arbeitsstelle kurz zu schließen und zu erden. Fordern die Betriebsverhältnisse, daß Aufstellungs-, Ausbesserungs- oder Bedienungsarbeiten an spannungsführenden Teilen vorgenommen werden, so dürfen sie nur von unterwiesenem Personal ausgeführt werden. Dabei müssen ausreichende Vorsichtsmaßregeln beobachtet werden (je nach Erfordernis der örtlichen Betriebsverhältnisse: Anwendung eines isolierenden Arbeitsstandes, Benutzung von isolierten Werkzeugen, von Gummihandschuhen, Gummischuhen, Abdeckung der spannungsführenden Teile, Aufstellung von Trennwänden od. dgl.). Arbeiten unter Hochspannung dürfen nur elektrotechnisch ausgebildeten Personen übertragen werden. Der Betriebsleiter oder sein Beauftragter hat die erforderlichen Schutzmaßregeln anzuordnen und die Arbeiter während der ganzen Arbeitszeit zu überwachen. Gemäß § 17 der gleichen Vorschriften dürfen Arbeiter unter Hochspannung niemals durch einen einzelnen Arbeiter ausgeführt werden, sondern nur unter Aufsicht des Betriebsleiters oder seines Beauftragten.

Die Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik hat in den VDI-Nachrichten Nr. 1, 1927 und El. Be. 1927, S. 10 besonders darauf

hingewiesen, daß auch die Gebrauchsspannungen lebensgefährlich wirken können. Die große Zahl der tödlichen Unfälle an Niederspannungsanlagen beweist leider, daß die Annahme, Niederspannung sei ungefährlich, irrtümlich ist. Der Umstand, daß beim Spannungsprüfen von Niederspannungsanlagen mit den Fingern durch das Berühren spannungsführender Teile in der Regel keine Gesundheitschädigungen eintreten, hat zu dieser irrigen Annahme geführt. Die Lebensgefahr in diesen Fällen tritt aber auf, sobald gleichzeitig ein mehr oder weniger gut mit der Erde in Zusammenhang stehender Metallteil berührt wird, z. B. die Zentralheizung, eine Gas- oder Wasserleitung, eine Werkzeugmaschine usw. Prüft jemand z. B. im Freien oder auf leitendem Boden stehend, mit den Fingern, so geht nicht nur ein Strom vom einen Finger zum anderen, sondern auch noch durch den Körper zur Erde. Nur so ist die Mehrzahl der Unfälle an Niederspannungsanlagen zu erklären.

Tritt ein solcher Unfall unter Spannung ein, so wird das Gericht durch Zeugenvernehmung feststellen, ob tatsächlich ein Zwang zum Arbeiten unter Spannung vorlag oder ob nicht die Schlußarbeit, das Anklemmen der Leitung an das Ortsnetz usw. am Sonntag oder in einer Mittagspause hätte gemacht werden können. Es wird für den leitenden Beamten sehr schwer sein, gegen diese in diesen Fällen auftretenden Zeugen die Notwendigkeit des Arbeitens unter Spannung zu beweisen, und er wird sich in der Regel außer der Bestrafung noch einer Schadenersatzklage aussetzen, die ihn unter Umständen zur Erstattung aller Kosten für die ärztliche Behandlung, den Krankenhausaufenthalt und der Rente für den Verunglückten oder dessen Hinterbliebenen zwingt.

§ 9.

Arbeiten in der Nähe von Hochspannung führenden Teilen.

a) Bei allen Arbeiten in der Nähe von Hochspannung führenden Teilen hat der Arbeitende darauf zu achten, daß er keinen Körperteil oder Gegenstand mit der Hochspannung in Berührung bringt. Da bei Arbeiten in Reichnähe von Hochspannung führenden Teilen die Aufmerksamkeit des Arbeitenden von der gefährlichen Stelle abgelenkt wird, so ist die Gefahrenzone durch Schranken abzusperren oder es sind die gefährlichen Teile durch Isolierstoffe der zufälligen Berührung zu entziehen.

Bei allen Arbeiten in der Nähe von Hochspannung ist für einen festen Standpunkt Sorge zu tragen.

Ebenso wie das Arbeiten unter Spannung vielfach zu Unfällen geführt hat, ist auch das Arbeiten in der Nähe von hochspannungsführenden Teilen, namentlich, wenn die Spannung erhebliche Werte annimmt, mit besonderer Gefahr und Verantwortung verknüpft. Insbesondere sei auch hier wieder auf die vielfach vorgekommene leichtsinnige Unterschätzung dieser Gefahren hingewiesen.

Die Baugewerks-Verufsgenossenschaft hat in ihren Unfallverhütungsvorschriften folgende Bestimmung:

„In der Nähe von ungeschützten, spannungsführenden blanken Leitungen oder Apparaten bei Hochspannung auch von isolierten Leitungen oder Apparaten dürfen Arbeiten nur dann vorgenommen werden, wenn die Leitungen oder Apparate entfernt oder stromlos gemacht sind. Die Leitungen dürfen erst dann wieder unter Spannung gesetzt werden, wenn Vorkehrungen getroffen sind, die die Berührung eines spannungsführenden Teiles verhüten.“

Die Betriebsanweisung für die Bedienung elektrischer Starkstromanlagen für Hochspannung in der Landwirtschaft bestimmt deswegen auch, daß die Bedienung betriebsmäßig hochspannungsführender Teile, wie Maßtransformatoren, Anschluß von beweglichen Transformatoren oder Anschluß von Hochspannungstransformatoren, nur von besonders ausgebildeten Personen vorgenommen werden darf, die sich im Besitz eines schriftlich vom Elektrizitätswerk anerkannten Ausweises befinden. Bezüglich des Vorstehenden sei auch hier auf das bei § 7 Gesagte noch verwiesen.

Über die Bedienung von Moore-Lichtanlagen sind vom VDE im Jahre 1913 Leitfäden für die Herstellung und den Anschluß von Moore-Lichtanlagen aufgestellt worden, die ETZ 1913, S. 307 veröffentlicht sind. Diese Leitfäden geben auch für die Bedienung solcher Anlagen einige Hinweise, so daß auf deren Inhalt, der auf Seite 175 wiedergegeben ist, hingewiesen werden möge.

§ 10.

Zusatzbestimmungen für Akkumulatorenräume.

a) *An Akkumulatoren sind entgegen § 8 d Arbeiten unter Spannung bei Beobachtung der geeigneten Vorsichtsmaßnahmen gestattet. Eine Aufsichtsperson ist nur bei Spannungen über 750 V erforderlich.*

b) Akkumulatorenräume müssen während der Ladung gelüftet werden.

c) Offene Flammen und glühende Körper dürfen während der Überladung nicht benutzt werden.

1. Die Gebäudeteile und Betriebsmittel einschließlich der Leitungen, sowie die isolierenden Bedienungsgänge sollen vor schädlicher Einwirkung der Säure nach Möglichkeit geschützt werden.

2. Die Akkumulatorenwärter sollen zur Reinlichkeit angehalten und auf die Gefahren, die Säure und Bleisalze mit sich bringen können, aufmerksam gemacht werden. Für ausreichende Wascheinrichtungen und Waschmittel soll Sorge getragen werden.

3. Essen, Trinken und Rauchen ist in Akkumulatorenräumen zu vermeiden.

Nach § 8 der Errichtungsvorschriften müssen bei Hochspannung die Akkumulatorenbatterien mit einem isolierenden Bedienungsgänge umgeben sein; dieser muß naturgemäß dauernd in ordnungsmäßigem Zustande erhalten werden, da gerade durch die Einwirkung der Säuren usw. die Isolierung leicht Schaden leiden kann.

Nach § 32 der Errichtungsvorschriften gelten Akkumulatorenräume als abgeschlossene elektrische Betriebsräume. Über die Bedeutung der letzteren hinsichtlich der Bedienung siehe Näheres bei § 1² und bei § 5.

Nach den Erläuterungen von Weber ist bei der Bedienung von Akkumulatoren darauf zu achten, daß keine Explosion infolge Entzündung des Knallgases eintritt, daß die Konstruktions- und Gebäudeteile gegen die zerstörende Einwirkung der Säuren tunlichst geschützt werden, und daß das Personal vor gesundheitschädlichen Einflüssen der Bleisalze und der Säuren bewahrt wird. Die Explosionsgefahr ist erfahrungsgemäß gering, da die gefährlichen Gase nur während des letzten Teiles der Ladung gebildet werden und durch die vorgeschriebene Lüftung leicht entfernt werden können. Dem Einfluß der Säuren unterliegt besonders der Fußboden, der zweckmäßig aus säurefesten Fliesen hergestellt wird. Wände, Decken sowie Konstruktionsteile werden am besten durch säurebeständigen Anstrich geschützt, der von Zeit zu Zeit zu erneuern ist.

Wegen der gesundheitschädlichen Einwirkung des Bleies ist größte Vorsicht geboten und diesbezüglich sind die von den Lieferfirmen aufgestellten Vorsichtsmaßnahmen strengstens zu beachten. Nach § 44 der Allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften für die Betriebe der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik dürfen kleinere Mengen von Säuren, scharfen Laugen, giftigen Flüssigkeiten nur in Steinkrügen oder in solchen Glasflaschen mit entsprechender Aufschrift aufbewahrt werden, die ihrer Form nach mit Bier- oder Weinflaschen nicht verwechselt werden können.

Die Bedienung von Akkumulatorenbatterien ist im allgemeinen einfach. Von den liefernden Firmen werden ausführliche Bedienungsvorschriften in Plakatform und als Broschüren gegeben, so daß alles Wesentliche aus diesen hervorgeht. Es sollen daher nachstehend nur die grundsätzlichen Punkte behandelt werden.

Der Batterieraum muß sehr sauber gehalten werden. Insbesondere ist etwa verschüttete Säure sofort zu entfernen. Zum Auffaugen von Säure, die auf den Fußboden geraten ist, verwendet man zweckmäßig Sägemehl, das alsbald wieder zu entfernen ist.

Zur guten Erhaltung der Holzkästen, Gestelle, Laufbühnen ist es nötig, sie öfter mit doppelt gekochtem Leinöl zu streichen oder abzureiben, damit das Holz dem Angriff der Säure und dem Säurenebel besser widerstehen kann, was insbesondere für warme Räume unbedingt zu beachten ist. Bei Mangel an Leinöl darf Maschinenöl genommen werden.

Sind bei Holzkästen die Abtropftanten durch Unvorsichtigkeit an die Kastenwand angedrückt worden, so kann die Säure nicht mehr abtropfen, sondern wird am Kasten herunterlaufen. Bei längerer Dauer dieses Zustandes würde unbedingt eine Schädigung des Holzkastens die Folge sein, weshalb stets darauf zu achten ist, daß die Abtropftanten abgebogen sind; auch empfiehlt es sich, sie öfter mit einem öligen oder fettigen Lappen abzureiben.

Zellen- und Gestellisolatoren sind von Zeit zu Zeit, soweit es möglich ist, trocken abzureiben.

Leitungen aus Kupfer oder anderen Metallen in Batterieräumen, gleichgültig ob mit Anstrich versehen oder blank, schützt man gegen den Einfluß der Säure am wirksamsten dadurch, daß man sie von Anfang an mit dickem Öl oder Vaseline abreibt. Diese Schutzmaßnahme ist später von Zeit zu Zeit zu wiederholen, jedenfalls so rechtzeitig, daß lästige Oxydbildungen an den Leitungen nicht erst eintreten. Auch bei gestrichenen Leitungen ist es empfehlenswert, das unterste Stück, etwa 10 cm hoch über dem Polschuh, blank zu lassen und mit Öl einzureiben.

Das gleiche bezüglich des Anstriches und Ölüberzuges gilt für Eisenträger, Isolatorstützen und sonstige Metallteile im Raume.

Bei Arbeiten an den Leitungen, Trägern usw. müssen die Zellen gut abgedeckt sein, damit nichts hineinfällt.

Die Säuretemperatur darf in Zellen, die zur Plattentrennung mit Holzplättchen ausgerüstet sind, nicht über 40° C steigen. Es darf deshalb nach Beginn der Gasentwicklung nicht mit zu hohem Strom geladen werden. Auch übermäßig lange Ladungen sind zu vermeiden.

Wenn sich die Polschrauben warm anfühlen, sind sie nachzuziehen. Fremdkörper irgendwelcher Art dürfen nicht in die Zellen gelangen. Werkzeuge dürfen nicht auf diese gelegt werden.

Die zum Nachfüllen verwendete Säure soll ein Gemisch von besonders reiner Schwefelsäure mit destilliertem Wasser sein. Die Säure soll in den Elementen über die Oberkante der Platten reichen, aber nicht zu nahe an den Rand des Gefäßes kommen, weil sonst die Säure leicht überkriecht oder durch die Gasentwicklung zum Überlaufen gebracht werden könnte. Die Holzbrettchen sollten stets ganz mit Säure bedeckt sein. Beim Nachfüllen ist darauf zu achten, daß keine Flüssigkeit verschüttet wird. Ist dies jedoch vorgekommen, so müssen die benetzten Stellen gründlich getrocknet werden. Zum Nachfüllen dürfen nur Gefäße aus Glas benutzt werden, weil solche aus anderen Stoffen eine Verunreinigung der Säure herbeiführen können.

Schwefelsäure und Wasser, die zum Nachfüllen benutzt werden, dürfen keine Bestandteile enthalten, die den Platten schädlich sind. Beim Bezug von Säure stelle man daher die Bedingung, daß sie zum Füllen von Akkumulatoren geeignet ist. Man verwende ferner nur destilliertes Wasser; gekochtes Wasser, Regen-, Brunnen-, Fluß- und Leitungswasser, ferner Kondenswasser aus Maschinen, Heizungen usw. sind ungeeignet. Das destillierte Wasser muß mittels eines einwandfrei konstruierten Destillierapparates hergestellt sein.

Zum Aufbewahren des destillierten Wassers und der Füllsäure dienen reine Glasballons oder mit Bleiblech ausgekleidete Holzkästen, die sorgfältig zu verschließen oder zuzudecken sind, da Staub und eindringende Dünste selbst ursprünglich reine Flüssigkeiten verderben können. Besonders schädlich ist Chlor, das sowohl im destillierten Wasser als auch in

der Säure vorkommt, und Metalle, welche sich mitunter in der Säure befinden. Diese Verunreinigungen lassen sich aber sehr leicht nachweisen. Die liefernden Firmen geben deshalb meist einen Reagenzkasten mit, der gestattet, die Nachfüllflüssigkeiten auf ihre Brauchbarkeit zu untersuchen.

Vor der Prüfung der Nachfüllflüssigkeiten sind die Reagenzgläser mit der zu prüfenden Flüssigkeit ein paarmal gut auszuspülen. Man vermeide eine Berührung der Hand mit der zu prüfenden Nachfüllflüssigkeit und mit den Reagenzien (Zuhalten des Reagenzglases mit dem Daumen beim Schütteln, Anfassen der chemisch reinen Zinkstückchen), weil schon durch die geringen Spuren, die dabei übertragen werden, das Resultat beeinträchtigt wird.

Mit den Fortschritten der Ladung steigt das spezifische Gewicht der Säure bis zu einem Höchstwert an, der auch bei Weiterführung der Ladung nicht mehr zunimmt. Zur Messung des spezifischen Gewichts bediene man sich eines Heber säuremessers (Aräometer).

Bei richtiger Ladung sehen die positiven Platten dunkelbraun, die negativen hellgrau aus. Wird die Batterie längere Zeit zu knapp geladen, so sulfatieren die Platten, d. h. ihre wirksame Masse wird allmählich unwirksam. Die positiven Platten bekommen ein helleres Aussehen und fühlen sich hart an; die Masse der negativen Platten verliert nach und nach ihren guten Zusammenhang.

Aber auch häufige zu lange Ladung ist schädlich; sie verringert infolge der Stromverluste den Wirkungsgrad, greift die positiven Platten sehr an, deren Lebensdauer dadurch wesentlich verkürzt wird, und führt zur Bleischwammbildung auf den negativen Platten.

Die Gasentwicklung muß in allen Zellen zu gleicher Zeit und gleichmäßig beginnen, ausgenommen in den weniger beanspruchten Schaltzellen, in denen sie schon früher eintritt. Je kleiner die Ladestromstärke, desto schwächer ist die Gasentwicklung, auch wenn die Ladung noch so lange fortgesetzt wird, was bei Beurteilung des richtigen Ladeendes zu beachten ist.

Im Verlauf der Entladung sinkt das spezifische Gewicht der Säure, und zwar entsprechend der entnommenen Strommenge. Hieran ist auch erkennbar, wie weit die Entladung der Batterien fortgeschritten ist. Bei Entladung mit geringem Strom sinkt die Spannung langsamer als bei starkem. In diesem Falle ist die Säuredichte der Maßstab, der die Grenze der Entladung angibt.

Zellen, welche sehr selten oder nie zur Entladung kommen, desgleichen Batterien, welche in der Regel zwischen 2 Ladungen nur mit einem geringen Teil ihrer Kapazität beansprucht werden, gehen in der Kapazität zurück; das aktive Material wird z. B. hart und unwirksam, so daß die Platten nicht in der Lage sind, sofort die volle Leistung abzugeben.

Bleibt eine Zelle in der Gasentwicklung zurück, derart, daß sie noch gar nicht oder nur wenig gasf, wenn die übrigen Zellen bereits lebhaft Gas-

entwicklung zeigen, so ist dies ein sicheres Zeichen dafür, daß etwas nicht in Ordnung ist. Gleichzeitig zeigt die betreffende Zelle auch niedrigere Spannung und Säuredichte. Letztere darf nun nicht durch Nachfüllen von Säure künstlich wieder erhöht werden. Nur durch Nachladen kann nach Beseitigung der Störungursache, die in der Regel in „Kurzschluß“ besteht, der ordnungsmäßige Zustand wiederhergestellt werden.

Geringere Gasentwicklung zum Schluß der Ladung und niedrigeres spezifisches Gewicht der Säure in einer Zelle zeigt an, daß eine stromleitende Brücke (Kurzschluß) infolge Oxid-, Schwammansammlungen oder durch in die Zellen gelangte Fremdkörper zwischen den positiven (braunen) und negativen (grauen) Platten hervorgerufen wurde. Die Ursache des Kurzschlusses ist sofort mittels eines dünnen Holzstreifens vorsichtig zu entfernen, wozu die Platten aus dem Zellenkasten zu heben sind. Befinden sich Holzbrettchen als Plattentrennung in den Zellen, so ist zu beachten, daß schadhafte Holzbrettchen durch neue, einwandfreie ersetzt werden müssen. Die negativen Platten dürfen nicht trocken und warm werden, weil anderenfalls nach der Instandsetzung der Zelle eine längere Ladung erforderlich sein würde.

Mit fortschreitender Abnutzung der Platten nimmt der Bodensatz in den Zellenkästen zu. Der Bodensatz darf nicht die Unterseite der Platte berühren, um eine Beschädigung derselben zu vermeiden. Es ist deshalb eine zeitweilige Nachprüfung der Höhe des Bodensatzes notwendig.

Wird ein Zellenkasten undicht, so muß derselbe durch einen neuen ausgetauscht werden.

Elektromobilbatterien sind während der Ladung aus dem Fahrzeuge herauszunehmen, oder so frei zu legen, daß sie gut beobachtet werden können. Nach einer gewissen Betriebszeit, die im wesentlichen von der kilometrischen Beanspruchung der Batterie, der Höhe des Entladestromes usw. abhängig ist, muß eine Erneuerung der aufgebrauchten Plattenfüße erfolgen. Da die negativen Platten die doppelte bis dreifache Lebensdauer der Positiven besitzen, so müssen letztere zuerst ausgetauscht werden. Es darf dies nicht zu spät geschehen, da sonst die Negativen Schaden erleiden. Kommt eine Batterie für einige Zeit außer Betrieb, so darf sie nur im geladenen Zustande in einem trockenen, frostfreien Raume stehen bleiben.

Bei Zellenwechseln von Akkumulatoren sollen die Kontaktbürsten schnell geschaltet werden; sie dürfen nie zwischen zwei Kontakten stehen bleiben.

§ 11.

Zusatzbestimmungen für Arbeiten in explosionsgefährlichen, durchtränkten und ähnlichen Räumen.

a) In explosionsgefährlichen, durchtränkten und ähnlichen Räumen sind Arbeiten unter Spannung (siehe § 8) verboten.

In durchtränkten und ähnlichen Räumen liegen hinsichtlich des Berührungsschutzes besondere Verhältnisse vor, so daß diesbezüglich auf

§ 3d der Errichtungsvorschriften besonders hinzuweisen ist. In solchen Räumen wird der Körperwiderstand meistens wesentlich herabgesetzt, so daß eine besondere Gefahr vorliegt, wenn die Berührung mit Metallteilen, namentlich großflächige Berührung möglich ist. Näheres darüber ist aus Dettmar, Wegweiser für die vorschriftsgemäße Ausführung von Starkstromanlagen S. 23, zu ersehen.

Nach § 31 der Errichtungsvorschriften ist ferner in feuchten, durchtränkten und ähnlichen Räumen bei offen verlegten Leitungen der Schutz gegen Berührung besonders zu beachten. Da in solchen Räumen die verwendeten Baustoffe erfahrungsgemäß stark leiden, ist hierauf bei der Wartung und Instandhaltung von Anlagen dauernd zu achten. Nach dem gleichen Paragraphen der Errichtungsvorschriften sollen in solchen Räumen Schutzrohre gegen mechanische und chemische Angriffe hinreichend widerstandsfähig sein. Auch hierauf wird bei den dauernden Unterhaltungsarbeiten zu achten sein; eventuell angewendete Schußanstriche müssen in angemessenen Zwischenräumen wiederholt werden.

Nach § 35 der Errichtungsvorschriften müssen die in explosionsgefährlichen Betriebsstätten und Lagerräumen verwendeten Maschinen, Transformatoren, Apparate usw. explosionsichere Bauart aufweisen. Die Explosionsicherheit solcher Ausführungen kann mit der Zeit durch Verstaubung oder durch sonstigen Angriff der Luft- oder sonst vorhandener Gase leiden. Diese explosionsicheren Bauarten müssen also durch richtige Unterhaltung und Wartung in gutem Zustande erhalten werden, so daß sie auf die Dauer zuverlässig wirken.

Nach den Normal-Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes der deutschen Berufsgenossenschaften V, § 9 sind besondere Vorsichtsmaßregeln dadurch zu treffen, daß die isolierenden Leitungshüllen nicht zerstört werden.

Nach den Allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften für die Betriebe der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik ist gemäß § 44 das Ansammeln feuergefährlicher und explosibler Stoffe innerhalb der Arbeitsräume in größeren Mengen, als dies die Natur des Betriebes bedingt, verboten.

Die Explosionsgefahr in staubgefüllten Räumen wird vielfach unterschätzt. Daß in solchen Räumen Explosionen vorkommen können, ist z. B. aus dem Bericht in der Zeitschrift des Bayerischen Revisionsvereins 1924, Nr. 13 und El. Be. 1925, S. 6 zu ersehen.

In explosionsgefährlichen Räumen können aber auch Gefahren durch Reibungselektrizität, die sich an Riemen sowie an anderen beweglichen Teilen bildet, entstehen. Derartige Explosionen durch Funkenbildung an Treibriemen usw. sind namentlich in Gasanstalten mehrfach festgestellt¹. Bei Ledertreibern lassen sich diese Gefahren dadurch be-

¹ Näheres darüber siehe „Das Gas- und Wasserfach“ 1924, S. 18, 156, 411, 616 und 679; 1925, S. 266 und 890; El. Be. 1926, S. 14; E. u. M. 1925, S. 1001; 1926, S. 89.

seitigen, daß man die Riemen frei von Harz, Kolophonium oder ähnlichen Mitteln hält und sie wöchentlich einmal mit Fischtran oder Robbenfett bestreicht. Hierzu kann auch Glycerin, das zur Hälfte mit Wasser vermischt ist, verwendet werden. Ein anderes Hilfsmittel ist eine besondere Belegung der Riemenscheibe mit Korkplatten. Näheres darüber siehe El. Be. 1926, S. 15. Ein weiteres Schutzmittel gegen die Funkenbildung an Treibriemen besteht in dem Zusatz von Grafit bei der Zurichtung des Riemens. Dadurch wird die Riemenoberfläche leitend gemacht, so daß sich statische Ladungen nicht ansammeln können¹.

Außer bei festen Körpern sind derartige statische Aufladungen auch bei Flüssigkeiten beobachtet worden, z. B. beim Durchfluß von Benzol durch Kupfer- oder Eisenleitungen. Erdung der Rohre beseitigt hier aber sehr leicht die Gefahr.

In Unterkunftsräumen für Kraftwagen mit Verbrennungsmaschinen war die Verwendung von Handgeräten wie Bohrmaschinen u. dgl. nach den Leitfäden für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen in Unterkunftsräumen für Kraftwagen mit Verbrennungsmaschinen des VDE verboten. Bei ortsveränderlichen Heizgeräten wie Kühler- und Motorbeheizung in solchen Räumen sollten die erwärmten Teile vom Fußboden einen Abstand von mindestens 10 cm haben. Keine Stelle dieser Heizgeräte durfte eine höhere Oberflächentemperatur als 100° C aufweisen und die Heizleiter sollten gasdicht eingeschlossen sein. Heizlampen waren in solchen Räumen unzulässig. Diese Bestimmungen sind jedoch gemäß Bekanntmachung ETZ 1928, S. 702, mit Geltung vom 3. V. 1928 ab vom Vorstande des VDE aufgehoben worden. Die Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften des VDE steht auf dem Standpunkte, daß Unterkunftsräume für Kraftwagen mit Verbrennungsmaschinen nicht als explosionsgefährliche, sondern als feuergefährliche Räume zu betrachten sind. Nach den Bestimmungen der Bayerischen Versicherungskammer sind jedoch Einstellräume für Kraftwagen als explosionsgefährliche Betriebs- und Lagerräume zu erachten, ebenso Mahlmühlleinrichtungen für Getreide aller Art, Räume zur Herstellung von Aluminiumbronze in Pulverform u. dgl.

§ 12.

Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Kabeln.

a) Arbeiten an Hochspannungskabeln, bei denen spannungsführende Teile freigelegt oder berührt werden können, dürfen im allgemeinen nur im spannungsfreien Zustande vorgenommen werden. Solange der spannungsfreie Zustand nicht einwandfrei festgestellt und gesichert ist, sind die Schutzmaßregeln zu treffen, unter denen diese Arbeiten gefahrlos ausgeführt werden können.

1. Bei Arbeiten an Kabeln und Garniturteilen, insbesondere beim Schneiden von Kabeln und Öffnen von Kabelmuffen, sollen sich die Arbei-

¹ Näheres darüber siehe ETZ 1920, S. 1013.

tenden über die Lage der einzelnen Kabel zunächst vergewissern und alsdann geeignete Schutzvorrichtungen anwenden.

Hochspannungskabel sollen vor Beginn der Arbeiten entladen werden.

Bei Arbeiten an Kabeln ist die Gefahr, daß eine Verwechslung vor-
kommt, sehr groß und deswegen ist besondere Vorsicht beim Beginn sol-
cher Arbeiten geboten. Bei älteren Kabeln kann durch die früher übliche
Kennzeichnung der Kabel unter Umständen eine Erkennungsmöglichkeit
gegeben sein. Danach mußten die Bleikabel zwischen Bleimantel und
Bewehrung einen längslaufenden verzinkten Eisendraht von mindestens
0,5 mm Durchmesser besitzen. Außerdem mußte durch besondere Kenn-
zeichnung kenntlich gemacht werden, von welchem Werke die Kabel her-
gestellt sind. Nach Dr. Apt, *Isolierte Leitungen und Kabel*, 2. Aufl.,
S. 113 waren die Firmenkennzeichnungen für Bleikabel früher wie folgt
üblich:

1. Auf dem Bleimantel.

AEG: Stempelung des Bleimantels mit Firmenzeichen, Längen-
nummer, Datum in gleichmäßigen Abständen.

Hadethal: Stempelung des Bleimantels mit Firmenzeichen, Längen-
nummer, Datum in gleichmäßigen Abständen.

Rheinische Draht- und Kabelwerke: Spitz zulaufende Erhöhung auf
dem Bleimantel.

2. Papierband in der Kabelseele.

Bergmann: Mit Firmaaufdruck unter der 2. Isolation.

Deutsche KBW: 2. Papierlage unter dem Bleimantel blau gefärbt.

Kabelw. Duisburg: 1. Papierlage über verseilten Adern blau ge-
färbt.

3. Papierband über der Kabelseele.

Cassirer: Längslaufend 10 m breites rotes Papierband.

Deutsche Kabelindustrie: Längslaufend mit DKJ perforiertes Papier-
band.

Felten & Guillaume: Volle rote Papierlage.

Weißer: Längslaufendes grünes Papierband.

Norddeutsche Kabelwerke: Längslaufendes Papierband mit Firma-
aufdruck.

Riffelmacher & Engelhardt: Volle blaue Papierlage.

Siemens-Schudert-Werke: Spiralige Papierlage mit Firmenzeichen
und Datum.

Südkabel: Längslaufendes Papierband mit Firma perforiert.

Kabelwerk Vogel: Spiraliges schwarzes Papierband.

4. Kennfäden unter dem Bleimantel.

L. & S.: Blau-weiß.

Neumeier: Grün-rot-blau.

Rheydt: Schwarz-weiß-rot.

Tefade: Längslaufernder Hanfgarnfaden 8/2-fach.

Nach den neuen „Vorschriften für Bleifabel in Starkstromanlagen VSK 1928 des VDE“, die vom 1. Januar 1928 ab gelten, müssen Papierbleifabel unter Blei einen Kennstreifen mit Firmenangabe des Herstellers und dem Vermerk VSK 1928 enthalten.

Ob ein Kabel spannungsführend oder spannungsfrei ist, kann mit einem besonderen Apparat, der ETZ 1921, S. 230 beschrieben ist, festgestellt werden. Die Benutzung eines solchen wird also eine Erhöhung der Sicherheit bei Arbeiten an Kabeln bedeuten.

Wenn nicht jeder Zweifel darüber ausgeschlossen ist, daß das Kabel, an dem gearbeitet werden soll, stromlos ist, so muß mit der Vorsicht gearbeitet werden, die ein eventuelles Vorhandensein von Spannung bedingt. Es muß in das Kabel dann ein sicher geerdeter Dorn eingetrieben werden, oder das Schneiden der Kabel muß mit einer sicher geerdeten Säge oder Schere ausgeführt werden¹.

Bezüglich des Erdens und Kurzschließens bei solchen Arbeiten sei auch auf das zu §§ 6 und 7 Gesagte hingewiesen. Bei der großen Gefahr, die bei solchen Arbeiten immer vorhanden ist, muß besondere Vorsicht angewendet werden.

Kabel können leicht durch Erdströme elektrischer Bahnen, durch Fremdstrome von Nachbarabeln, durch Eigenströme bei Kabelfehlern sowie durch Elementbildung infolge ungünstiger Bodenbeschaffenheit gefährdet werden².

Besondere Aufmerksamkeit ist bei der Instandhaltung der Muffen und Endverschlüsse deswegen anzuraten, weil diese erst an Ort und Stelle fertig gemacht werden können und infolgedessen die Güte der Ausführung wesentlich von der Tüchtigkeit und der Sorgfalt des betreffenden Kabelmonteurs abhängt. Ganz besonders wichtig ist das bei Muffen und Endverschlüssen für höhere Spannungen und bei Abzweigmuffen. Aber die Vergußmassen, die bei Kabelzubehöerteilen verwendet werden, sind vom VDE besondere „Vorschriften für die Bewertung und Prüfung von Vergußmassen für Kabelzubehöerteile“ aufgestellt worden, die ETZ 1927, S. 25, 857 und 1089 abgedruckt und seit dem 1. Juli 1927 in Geltung sind. Die wichtigsten Bestimmungen dieser Vorschriften sind nachstehend wiedergegeben:

Unter Vergußmassen für Kabelzubehöerteile sind hochisolierende, homogene und gleichmäßig schmelzbare Massen zu verstehen, die dazu dienen sollen, Verbindungsmuffen, Endverschlüsse und sonstige Zubehöerteile von Kabeln auszugießen oder Kabelenden abzubrühen.

Es werden je nach dem Verwendungszweck folgende Arten von Massen unterschieden:

A. Vergußmassen für Zubehöerteile von Starkstromkabeln zur Verwendung unter Erde,

¹ Näheres darüber siehe Erläuterungen von Weber, 15. Aufl., S. 184. Verfn.: Julius Springer, 1927.

² Näheres darüber ist aus ETZ 1921, S. 1451 (Mischaffe) zu ersehen.

B. Vergußmassen für Zubehörteile von Starkstromkabeln zur Verwendung in Innenräumen,

C. Vergußmassen für Zubehörteile von Fernmeldekabeln.

D. Abbrühmassen.

Die Massen dürfen keine Steinkohlen-, Generator- und Braunkohlen-Teerpeche enthalten.

Die Massen dürfen keine Glycerin- und Zellpeche und wasserlöslichen Salze enthalten.

Die Massen dürfen keine wasserlöslichen Säuren oder Basen enthalten.

Der Abdampfverlust der Massen darf nicht größer als 1,5% sein.

Die Massen müssen im erstarrten Zustande blasenfrei und von homogener Struktur sein.

Der Tropfpunkt nach Ubbelohde muß mindestens betragen bei Masse:

- A. 65° C
- B. 90° C
- C. 50° C
- D. 35° C

Die Haftfestigkeit der Massen muß so groß sein, daß sie der Bleistreifenprobe bei folgenden Versuchstemperaturen genügt:

- A. 0° C
- B. 20° C
- C. 20° C
- D. 0° C

Der Flüssigkeitsgrad, bezogen auf Wasser von 20° C und gemessen im Engler'schen Apparat mit 5 mm Ausflußöffnung, darf bei nachstehend angegebenen Ausflußtemperaturen folgende Werte nicht überschreiten:

Temperatur	Flüssigkeitsgrad
A. 150° C	12
B. 190° C	18
C. 135° C	4
D. 120° C	1,5

Die Versuchstemperatur der Engler'schen Probe entspricht der zweckmäßigen Verarbeitungstemperatur der Masse:

Die Massen C und D müssen so beschaffen sein, daß nach dem Ausschmelzen oder Abbrühen die Farbe des Folierpapieres noch erkennbar ist.

Es ist davon abgesehen worden, den vorstehenden Prüfungsvorschriften noch eine solche anzufügen, die zur Beurteilung der elektrischen Qualität dient, da es sich gezeigt hat, daß die erforderliche Durchschlagsfestigkeit und das Foliervermögen der Massen durch die im vorstehenden niedergelegten physikalischen und insbesondere auch die chemischen Prüfverfahren in solchem Maße sichergestellt ist, daß eine Untersuchung in dieser Hinsicht sich erübrigt.

Die Massen sind in Blechgefäßen zu liefern, auf denen Ursprungszeichen, VDE-Zeichen (soweit dieses erteilt ist) sowie die Bearbeitungs-

temperatur und das Volumengewicht (bis zur 2. Dezimale) deutlich klar angegeben sind.

Die Massen können mit den verschiedensten physikalischen Eigenschaften hergestellt werden, je nach den Betriebstemperaturen oder sonstigen Einflüssen, welchen sie ausgesetzt sind.

Da namentlich die Betriebstemperatur für die zweckmäßige Auswahl der Vergußmasse von Bedeutung ist und diese in direkter Beziehung zu der Verarbeitungstemperatur steht, so stellt diese ein die Masse kennzeichnendes Kriterium dar und soll deshalb auf jeder Packung deutlich lesbar angegeben sein. Zur Beurteilung der Ausgießbarkeit ist ferner die Angabe des Volumengewichtes erforderlich.

Weiterhin sind in diesen Vorschriften noch ausführliche Prüfbestimmungen enthalten, in denen Angaben über die Probenahme und Probevorbereitung, über die Untersuchung der Vergußmassen auf Steinkohlen-Generator- und Braunkohlenteerpeche, über die Untersuchung auf Glyzerin- und Zellpeche und auf wasserlösliche Salze, über die Untersuchung auf wasserlösliche Säuren oder Basen, über die Bestimmung des Abdampfverlustes, über die Untersuchung auf blasenfreie und homogene Struktur, über die Bestimmung des Tropfpunktes, über die Untersuchung auf Haftfestigkeit, über die Bestimmung des Flüssigkeitsgrades und über die Bestimmung des Volumengewichtes gemacht werden.

Über das Ausgießen der Muffen für liegende Anordnung ist in dem Normenblatt betr. Montageanweisung für Kabelmuffen bis zu 10000 V DIN VDE 7689 folgendes angegeben:

„Beim Ausgießen soll die Muffe wagerecht liegen. Die Masse darf nicht kochen, sondern nur bis zu der für sie vorgesehenen Vergußtemperatur vorsichtig erwärmt werden. Anbrennen ist unter allen Umständen zu vermeiden. Kleine Blasen auf der Oberfläche der Masse zeigen an, daß die Vergußtemperatur erreicht ist. Der Masetopf ist danach vom Feuer zu nehmen. Nach etwa 10 Minuten verschwinden die Blasen und die Masse ist vergußfertig. Gegebenenfalls kann die Temperatur der Masse mit einem Thermometer geprüft werden. Falls die Masse beim Erwärmen schäumt — ein Zeichen vorhandener Feuchtigkeit —, so ist sie unter ständigem Umrühren so lange warm zu halten, bis der Schaum vergeht. Angebrannte oder aus alten Garnituren entnommene Masse darf nicht verwendet werden. Die Muffe ist vor dem Vergießen, namentlich bei kalter Witterung, gut anzuwärmen. Hiernach ist die Verbindungsstelle im Muffenunterteil (ohne Oberenteil) derart mit Masse zu begießen, daß sämtliche Teile der Adern und des Bleimantels gut bedeckt sind. Die Enden der Erdzuleitung sind durch die Entlüftung-, Erdungsschrauben des Oberteils hindurchzuführen, das Oberenteil ist aufzuschrauben und anzuwärmen. Die Masse wird bis zu den Öffnungen der Entlüftungsschraube nachgegossen. Je nach Größe der Muffe ist in Zwischenpausen so viel Masse nachzugießen, daß die Kabelader dauernd mit Masse bedeckt bleibt. Hiernach ist die Erdzuleitung in der Erdungsschraube durch eine

Kupferbeilage festzukeilen und zu verlöten. Die durchgeführten Enden der Erdzuleitung sind außerhalb der Muffe zu verbinden und gegebenenfalls an einer Erdplatte od. dgl. zu befestigen. Die Masse zum Nachfüllen darf keine zu hohe Temperatur haben. Es genügt, sie so warm zu machen, daß sie sich gerade gießen läßt. Vor dem jeweiligen Nachgießen ist die Eingußöffnung anzuwärmen. Während des Nachgießens ist der Deckel mit einem Luftzwischenraum aufzulegen und mit einem Lappen zu überdecken, so daß weder Staub noch Feuchtigkeit in die Muffe eindringen können. Der Deckel darf während des Erhaltens der Masse auf keinen Fall fest verschlossen sein. Vor dem Erkalten der Muffe sind sämtliche Befestigungsschrauben nochmals nachzuziehen, da durch die Erhitzung des Gehäuses das Material in allen Dichtstellen erweicht. Durch das Nachziehen der Schrauben wird dann eine gute Dichtung erzielt. Die Schrauben sind zum Schutz gegen Rost mit Füllmasse leicht zu übergießen. Bei stehender Anordnung der Muffe gelten entsprechend dem Verwendungszweck besondere Vorschriften.“

Über Kabelgarniturteile hat der VDE eine große Anzahl von Normenblättern aufgestellt, über die nachstehendes Verzeichnis Aufschluß gibt.

DIN VDE	Aufschrift	Veröffentlicht ETZ	Letzte Ausgabe
7600	Verbindungs-muffen für Einleiterkabel 6 bis 1000 mm ² Leiterquerschnitt, Spannungen bis 750 V	—	VII. 25.
7601 Bl. 1, 2	Verbindungs-muffen für Mehrleiterkabel 6 bis 400 mm ² Leiterquerschnitt, Spannungen bis 10000 V	—	VII. 25.
7602	Wleiverbindungs-muffen für Einleiterkabel bis 1000 mm ² Leiterquerschnitt, Spannungen bis 750 V	—	VII. 25.
7603	Schutzverbindungs-muffen zu Wleiverbindungs-muffen für Einleiterkabel bis 1000 mm ² Leiterquerschnitt, Spannungen bis 750 V	—	VII. 25.
7604	Wleiverbindungs-muffen für Mehrleiterkabel bis 400 mm ² Leiterquerschnitt, Spannungen bis 10000 V	—	VII. 25. X. 25.
Bl. 1 Bl. 2		—	VII. 25. X. 25.
7605	Schutzverbindungs-muffen zu Wleiverbindungs-muffen für Mehrleiterkabel bis 400 mm ² Leiterquerschnitt, Spannungen bis 10000 V	—	VII. 25.
7620	Abzweig-muffen für ungeschnittene Einleiterkabel bis 1000 mm ² Leiterquerschnitt, Spannungen bis 750 V	—	VII. 25.
7621	Abzweig-muffen für Mehrleiterkabel bis 400 mm ² Leiterquerschnitt, Spannungen bis 10000 V	—	VII. 25. X. 25.
Bl. 1 Bl. 2		—	VII. 25. X. 25.

VDE DIN	Aufschrift	Veröffentlicht ETZ	Letzte Ausgabe
7630	Sausanschlußmuffen für Mehrleiterkabel bis 120 mm ² Leiterquerschnitt, Spannungen bis 750 V	—	VII. 25.
7635	Dichtungsnuten und Falze für Kabelmuffen	—	VII. 25.
7640 Bl. 1, 2	Stege für Verbindungsmuffen, Spannungen bis 10 000 V	—	VII. 25.
7641 Bl. 1, 2	Stege für Abzweigmuffen, Spannungen bis 10 000 V	—	VII. 25.
7650	Schraubhülsen für Kabelleiter 6 bis 1000 mm ² Kupfer-Rundleiterquerschnitt	—	VII. 25.
7651	Abzweig-Schraubhülsen für Kabelleiter 6 bis 1000 mm ² Kupfer-Rundleiterquerschnitt	—	VII. 25.
7652	Kappen-Schraubhülsen für Kabelleiter 6 bis 400 mm ² Kupfer-Rundleiterquerschnitt	—	X. 25.
7653	Befestigungsring und Dichtscheibe für Kappen-Schraubhülsen für Durchführungen nach DIN VDE 8080	—	X. 25.
7655	Löthülsen für Prüfdrähte und Kabelleiter 1 bis 4 mm ² Kupfer-Leiterquerschnitt	—	VII. 25.
7660	Isolierhülsen für Prüfdrähte und Kabelleiter 1 bis 4 mm ² Kupfer-Rundleiterquerschnitt	—	VII. 25.
7670	Deckel-Abzweigklemmen für Einleiterkabel 16 bis 1000 mm ² Kupfer-Rundleiterquerschnitt	—	VII. 25.
7671	Lappen-Abzweigklemmen für Kabelleiter 6 bis 120 mm ² Kupfer-Rundleiterquerschnitt	—	VII. 25.
7675	Entlüftungs-Erdungsschrauben für Kabelmuffen und Endverschlüsse	—	VII. 25.
7676	Gewindestift mit Regelansatz für Regel-Endverschlüsse nach DIN VDE 7692	—	X. 25.
7680	Kabelschuhe für Kabelleiter 10 bis 50 mm ² Kupfer-Rundleiterquerschnitt	—	VII. 25.
7689	Montageanweisungen für Kabelmuffen bis 10 000 V	—	X. 25.
7690	Flach-Endverschlüsse für Innenräume und blanke Anschlußleitung für Dreileiterkabel 6 bis 400 mm ² Leiterquerschnitt, Spannungen bis 10 000 V	—	X. 25.
7691	Fassungen mit Dichtscheiben für Flach-Endverschlüsse nach DIN VDE 7690	—	X. 25.
7692 Bl. 1, 2	Regel-Endverschlüsse für Ein- und Mehrleiterkabel in Innenräumen, Spannungen bis 10 000 V	—	X. 25.
7693	Deckel für Regel-Endverschlüsse nach DIN VDE 7692	—	X. 25.

VDE DIN	Aufschrift	Veröffentlicht ETZ	Letzte Ausgabe
7694 Bl. 1, 2	Zylinder-Endverschlüsse für Ein- und Mehrleiterkabel in Innenräumen, Spannungen bis 750 V	—	X. 25.
7695	Dedeln für Zylinder-Endverschlüsse nach DIN VDE 7694	—	X. 25.
7696	Befestigungsschellen für Zylinder-Endverschlüsse nach DIN VDE 7694	—	X. 25.
7699	Montageanweisungen für Kabel-Endverschlüsse bis 10000 V	—	X. 25.

Über die zulässige Belastung von Kabeln geben nachstehende Angaben eingehenden Aufschluß, und zwar sowohl für solche mit Kupfer- wie mit Aluminiumleitern.

Belastung für Gummibleitkabel.

Querschnitt in mm ²	Höchste dauernd zulässige Stromstärke ¹ für jeden Leiter in A	Querschnitt in mm ²	Höchste dauernd zulässige Stromstärke ¹ für jeden Leiter in A
0,75	9	70	200
1	11	95	240
1,5	14	120	280
2,5	20	150	325
4	25	185	380
6	31	240	450
10	43	300	525
16	57	400	640
15	75	500	760
35	100	625	880
50	125	800	1050
	150	1000	1250

Bei ausserordentlichem Betrieb gilt § 20 der Errichtungsvorschriften.

Belastung für Papierbleitkabel.

Den Belastungszahlen ist eine Leiterüberbrenntemperatur von 25° C bei der Verlegung eines Kabels in der üblichen Verlegungstiefe von 70 cm in Erde zugrunde gelegt.

Gegen mehrere Kabel in demselben Graben nebeneinander, so sind die Werte der nachstehenden Belastungstafel nach der folgenden Tafel zu vermindern, die für den üblichen lichten Abstand der Kabel in Ziegelsteinstärke errechnet ist.

Gefondert verlegte Mittelleiter bleiben hierbei unberücksichtigt.

¹ Bei Auswahl der Sicherung ist § 20 der Errichtungsvorschriften zu beachten.

Querschnitt mm ²	Höchste dauernd zulässige Stromstärken in A bei Verlegung im Erdboden									
	Einleiter- tabel bis	Verfeilte Zwei- leitertabel bis	Verfeilte Dreileitertabel bis							Verfeilte Vierleiter- tabel bis
	1 kV	1 kV	1 kV	3 kV	6 kV	10 kV	15 kV	20 kV	30 kV	1 kV
1,5	31	25	22	—	—	—	—	—	—	20
2,5	41	34	30	29	—	—	—	—	—	26
4	55	44	38	37	—	—	—	—	—	35
6	70	55	49	47	—	—	—	—	—	45
10	95	75	67	65	62	60	—	—	—	60
16	130	100	90	85	82	80	—	—	—	80
25	170	130	113	110	107	105	100	98	—	105
35	210	155	138	135	132	125	120	118	—	125
50	260	195	170	165	162	155	145	140	135	155
70	320	235	206	200	196	190	180	175	165	190
95	385	280	246	240	235	225	215	210	200	225
120	450	320	285	275	270	260	250	245	230	255
150	510	365	325	315	308	300	285	280	260	295
185	575	410	370	360	350	340	325	315	295	335
240	670	475	430	420	410	400	385	370	—	390
300	760	535	485	475	465	455	440	—	—	435
400	910	640	580	570	—	—	—	—	—	—
500	1035	—	—	—	—	—	—	—	—	—
625	1190	—	—	—	—	—	—	—	—	—
800	1380	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1000	1585	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Bei Verlegung von Kabeln in Luft ist es empfehlenswert, die Kabel nur mit 75% der in vorstehender Tafel angegebenen Werte zu belasten. Bei Verlegung in Kanälen oder in Röhren ist eine weitere 10prozentige Verminderung am Platze. Bei Anhäufung mehrerer Kabel in Kanälen oder Rohrblöcken sind außerdem die Verminderungen nach der folgenden Tafel vorzunehmen.

Anzahl	2	4	6	8
Prozent	90%	80%	75%	70%

Bei aussehendem Betrieb gilt § 20 der Errichtungsvorschriften. Sind mehrere Kabel in demselben Graben in mehreren Lagen übereinander verlegt, so müssen die zulässigen Belastungsstromstärken von Fall zu Fall festgestellt werden.

Systeme von erdverlegten Einleiter-Wechselstrombleikabeln können etwa 20 bis 30% höher als die verfeilten Kabel gleicher verfeilterer Spannung belastet werden. Der Zuschlag von 20% gilt hierbei für Kabel mit Querschnitten zwischen 150 und 300 mm², der von 30% für die

kleineren Querschnitte. Die Angaben haben zur Voraussetzung, daß die Kabel unbewehrt in einem Abstand von etwa Ziegelsteinstärke voneinander verlegt sind und berücksichtigen die Bleimantelverluste bei widerstandlosem Kurzschließen des Mantels an beiden Kabelenden.

Mehrphasenkabel, die aus Einleiter-Wechselstrombleikabeln verseit sind, können etwa 10% höher als verseitete Mehrleiterkabel gleicher verseiteter Spannung belastet werden.

Für Kabel mit Aluminiumleitern beträgt die Belastbarkeit nur 75% der in den vorstehenden Tafeln angegebenen Stromstärken in A.

Dr. Apt warnt in seinem Erläuterungsbuch „Isolierte Leitungen und Kabel“, 2. Aufl., vor übermäßiger Belastung der Kabel. Er schreibt darüber wie folgt: „Wird ein verlegtes Kabel zu stark erwärmt, so kann es vorkommen, daß die Imprägniermasse des Papiers in die untere Hälfte des Kabels abfließt und in dem nach oben gelegenen Teil des Papiers eine Verarmung an Imprägniermasse erfolgt. Ganz besonders leicht kann diese Erscheinung auftreten, wenn das Kabel auf abfallendem Terrain verlegt ist. Dadurch kann aber in längerer Zeit eine Gefährdung der Durchschlagsicherheit eintreten. Es ist daher ganz besonders bei Kabeln für sehr hohe Spannungen davon abzuraten, die Belastung so hoch zu treiben, daß die Temperatursteigerung von 25° C überschritten wird.“

Zur Bestimmung des Fehlerortes in einer Leitung dienen vornehmlich die Spannungsabfallmethode und die Schleifenmethode¹. Zum direkten Auffuchen von Isolationsfehlern kann auch der Anleger von Diebe oder das Induktionsdreieck in Verbindung mit einem Telephon oder einem Meßinstrument dienen. Man schickt einen Wechselstrom oder pulsierenden Gleichstrom so in die fehlerhafte Leitung, daß er nur auf diesem Wege zur Fehlerstelle fließen kann und dann diese durchfließen muß. Geschlossene Netzmaschen sind aufzulösen. Es lassen sich so bereits Fehlerströme von 0,01 A abhören. Bei Gleichstromanlagen kann man den Fehlerstrom über den Betriebsstrom lagern.

Eine weitere Methode zur Auffindung von Isolationsfehlern an armierten Kabeln ist die von Wurmbach, die ETZ 1919, S. 212 beschrieben ist.

Unterbrechungen in Kabeln werden in einem geschlossenen Netz oft erst sehr spät wahrgenommen².

Über ein Verfahren zur Auffindung unterirdisch oder verdeckt verlegter metallischer Leitungen ist Näheres ETZ 1920, S. 435 angegeben.

§ 13.

Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Freileitungen.

a) Arbeiten an Freileitungen einschließlich Bedienung von Sicherungen und Trennstücken sollen möglichst, *besonders bei Hochspannung*, nur in spannungsfreiem Zustande geschehen unter Berücksichtigung der in §§ 6

¹ Näheres darüber siehe Kalender für Elektrotechniker 1927/28, S. 441—446.

² Näheres siehe ETZ 1915, S. 445.

und 7 und, wenn unter Spannung gearbeitet werden muß, unter Berücksichtigung der in §§ 8 und 9 gegebenen Bestimmungen.

b) *Arbeiten an den Hochspannung führenden Leitungen selbst sind verboten. Bei Arbeiten an spannungsfreien Hochspannungsleitungen sind, die Leitungen an der Arbeitsstelle kurzzuschließen und nach Möglichkeit zu erden.*

c) Arbeiten an Niederspannungs- und Fernmeldeleitungen in gefährlicher Nähe von Hochspannungsleitungen sind nur gestattet, wenn die Hochspannungsleitungen geerdet und kurzgeschlossen oder sonstige ausreichende Schutzmaßregeln getroffen sind.

Hierbei ist nicht nur auf die Gefahr einer Berührung der Leitungen, sondern auch auf die durch Induktion in der Niederspannungs- oder Fernmeldeleitung möglichen Spannungen Rücksicht zu nehmen (siehe auch § 22i der Errichtungsvorschriften).

1. Die Bedienung von Sicherungen und Trennstücken in nicht spannungsfreien Freileitungen soll, wenn erforderlich, durch isolierende Werkzeuge oder Schaltstangen erfolgen.

2. Arbeiten auf Masten, Dächern usw. sollen nur durch schwindelfreie Personen, die mit festsitzendem Schuhwerk und mit Sicherheitsgürtel ausgerüstet sind, vorgenommen werden.

Bei der Benutzung von Schaltstangen, Isolierschemeln usw. zur Bedienung von Sicherungen und Trennstücken in nicht spannungsfreiem Zustande ist vor Ingebrauchnahme dieser Hilfsmittel darauf zu achten, ob sie in Ordnung und sauber sind; gegebenenfalls sind sie von Staub und Feuchtigkeit zu reinigen.

Bezüglich des Erdens und Kurzschließens sei auf das zu den §§ 6 und 7 Gesagte verwiesen.

Während das Arbeiten an Leitungen, wenn sie Hochspannung führen, verboten ist, ist dies an den übrigen Teilen der Strecken, wie Gestängen, Verankerungen, Schaltern, Trennstücken usw., zwar nicht verboten, aber es sollte möglichst nur in spannungsfreiem Zustande geschehen. Für das Arbeiten an Niederspannungs- und Fernmeldeleitungen, die in gefährlicher Nähe von Hochspannungsleitungen verlaufen, ist deswegen besondere Vorsicht geboten, weil durch Reizen von Drähten eine Berührung mit der Hochspannung leicht eintreten kann. Nach § 22i der Errichtungsvorschriften ist es ja zulässig, Fernmeldefreileitungen an einem Freileitungsgestänge für Hochspannung zu führen, wenn sie so eingerichtet sind, daß gefährliche Spannungen in ihnen nicht auftreten können, oder wenn sie wie Hochspannungsleitungen behandelt werden. Aus diesem Grunde ist bei diesen Fernmeldeleitungen besondere Vorsicht geboten.

Die Baugewerks-Verufsgenossenschaft erläßt in § 30 ihrer Unfallverhütungsvorschriften folgende Bestimmung:

„Solche Strecken von Freileitungen, die unter Umständen der Gefahr einer Berührung ausgesetzt sind, müssen abschaltbar gemacht werden.“

Bezüglich der Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an Freileitungen seien nachstehend noch die notwendigen Angaben gemacht. Frei-

leitungen sollten mindestens einmal jährlich genau besichtigt werden; außerdem empfiehlt es sich, mindestens vierteljährlich eine Begehung derselben vorzunehmen. Eine solche erscheint weiter zweckmäßig nach jedem Sturm bzw. besonderem Unwetter. Es ist wichtig, im Leitungsnetz entstehende Fehler möglichst frühzeitig zu entdecken und zu beseitigen und nicht zu warten, bis schwere Betriebsstörungen eingetreten sind¹.

Bei der regelmäßigen Begehung der Strecken ist auch darauf zu achten, ob die Isolatoren sich in gutem Zustande befinden und ob Äste an den Leitungen hängen. Die Isolatoren sind von Zeit zu Zeit daraufhin zu untersuchen, ob sich etwa Risse gebildet haben. Bäume in der Nähe von Freileitungen müssen zeitweilig ausgeästet werden. Das ist auch schon in § 16 der „Leitfächer für Maßnahmen an Fernmelde- und an Drehstrom-Anlagen im Hinblick auf gegenseitige Näherungen“ des VDE, die ETZ 1925, S. 818, 1126 und 1526 veröffentlicht sind, vorgeschrieben. Dort ist ausdrücklich bestimmt, daß die Leitungen so weit von Baumzweigen, Blättern und mit Erde in Verbindung stehenden Körpern entfernt sein sollen, daß Berührungen zwischen diesen und den Leitungen vermieden werden und Bäume, Äste und Zweige möglichst nicht in die Drähte fallen. Beim Ausästen der Bäume ist die Berührung der Freileitungen zu vermeiden. In dem Merkblatt für Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft ist auch besonders darauf hingewiesen, daß die Berührung von Drahtzäunen und metallenen Gittern mit Masten und anderen Trägern bei Hochspannungsleitungen zu vermeiden ist.

Durch Vögel können oft Störungen von Starkstromleitungen herbeigeführt werden. Nach Abschnitt E III der vom VDE aufgestellten „Vorschriften für Starkstromfreileitungen“ werden alle Leitungsanlagen schon mit Rücksicht auf Vogelschutz konstruiert. Alle Befestigungsteile, Querträger, Stützen usw. werden möglichst derartig ausgebildet, daß Vögeln eine Sitzgelegenheit dadurch nicht gegeben wird. Auch wird der wägerechte Abstand zwischen einer Hochspannung führenden Starkstromleitung und geerdeten Eisenteilen mindestens 300 mm gemacht. Durch Anbringung von Sitzgelegenheiten für Vögel in größeren Entfernungen von den Leitungsdrähten (z. B. durch Sitzstangen an den Mastspitzen in Richtung der Leitungen), können sowohl Schäden für die Vogelwelt wie auch Betriebsstörungen der Anlage verhütet bzw. vermindert werden.

Bezüglich empfehlenswerter Ausführungen mit Rücksicht auf den Vogelschutz sei auf die Veröffentlichung „Elektrizität und Vogelschutz“ hingewiesen, die kostenlos bei der Geschäftsstelle des Bundes für Vogelschutz in Stuttgart, Jägerstraße, sowie auch bei der Geschäftsstelle des VDE in Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, erhältlich ist².

Bei Leitungsstrecken, die wiederholt vom Blitz getroffen sind, empfiehlt sich nach den vom VDE aufgestellten Leitfächern für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannung die Aufstellung besonderer Fangstangen,

¹ Näheres darüber siehe ETZ 1921, S. 1484 und El. Be. 1925, S. 214.

² Weiteres siehe auch ETZ 1918, S. 655 und El. Be. 1925, S. 201.

das sind Holzmasten mit kräftiger geerdeter Eisenspitze, die in geringem seitlichen Abstände a von der Freileitung aufgestellt sind und diese an ihrem Aufstellungsorte in der Höhe um einen Betrag h überragen.

Seitlicher Abstand in m a	Überragende Höhe in m h
5	8
7	10
10	15

Nach den Leitfäden für Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen des VDE müssen gemäß Abschnitt V gewisse Teile von Leitungsanlagen geerdet werden, worüber Näheres aus Dettmar, Wegweiser für die vorschriftsgemäße Herstellung von Starkstromanlagen S. 191 u. 192 zu ersehen ist. Die ordnungsgemäße Unterhaltung dieser Erdungen ist deswegen von besonderer Bedeutung, weil sie starkem Angriff durch Wind und Wetter ausgesetzt sind und infolgedessen leicht Schaden leiden können, so daß dann der gewollte Schutz nicht mehr vorhanden ist. Bezüglich der Bedienung von Streckenschaltern enthalten die gleichen Leitfäden besondere Anweisungen, die nachstehend wiedergegeben werden mögen.

Das Personal muß sich wegen der bei Streckenschaltern besonders hohen Gefahr vor der Bedienung stets davon überzeugen, ob noch die volle Isolation vorhanden ist, d. h. die Isolatoren äußerlich unbeschädigt sind. Bestehen Bedenken hiergegen, so muß dafür gesorgt werden, daß Vorkehrungen zum Schutze des Bedienungspersonales getroffen werden. Als solche können Isolierschemel u. dgl. benutzt werden oder es ist dafür zu sorgen, daß sich der Bedienende auf eine metallene Unterlage, z. B. Metallgewebe, stellt, die mit dem Gestänge leitend verbunden ist. Wird Metallgewebe verwendet, so muß der Bedienende unbedingt, ehe er das Gestänge oder die Anschlußteile berührt, mit beiden Füßen auf dem Metallgewebe stehen und die Verbindung zwischen Metallgewebe und Erdung hergestellt haben. Während die Verbindung hergestellt wird, darf der Bedienende den Mast bzw. das Gestänge nicht berühren, d. h. sich nicht zwischen das Gestänge und die Zuleitung zum Metallgewebe schalten.

Über die Untersuchung von Isolatoren auf Fehler sind Hinweise enthalten ETZ 1917, S. 470; 1919, S. 317; 1920, S. 357 und 1924, S. 959. Als sehr vorteilhaft hat sich die Führung einer graphischen Statistik über Isolatorenchäden erwiesen, wie aus El. Be. 1923, S. 78 zu ersehen ist.

Mehrfach ist die Vermutung ausgesprochen worden, daß Porzellanisolatoren durch Alterungserscheinungen leiden können. Auf Grund eingehender Untersuchungen hat Dr.-Ing. K. Dräger, ETZ 1926, S. 1097 gezeigt, daß ein Altern bei dem üblichen deutschen Hartporzellan nicht nachzuweisen ist.

Für die Untersuchung von Isolatoren sind verschiedene Meßstangen entworfen worden, über die ETZ 1922, S. 268; 1927, S. 283 und S. 1005

berichtet ist. Auch durch Lichtströmmelder können bei Eisenmasten schadhafte Isolatoren herausgefunden werden¹.

Die richtige Spannung von Freileitungen kann man nach ETZ 1908, S. 1218 leicht dadurch kontrollieren, daß man dieselben in Schwingung versetzt. Letzteres kann bei kleinen Spannweiten von Hand geschehen, bei großen Spannweiten und bei schweren Leitungen durch eine besondere Schnur. Zwischen der Schwingungszahl in der Minute n_1 und dem Durchhang f der Leitung (in cm) besteht die Beziehung $f = \frac{447300}{n_1^2}$ und zwar unabhängig vom Material der Leitung.

Beim Auswechseln von Masten sind die notwendigen Vorsichtsmaßregeln, die für solche Arbeiten wichtig sind, zu beachten. Die Unfallverhütungsvorschriften für Montagebetriebe der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik schreiben darüber in den §§ 16 und 17 folgendes vor:

Beim Aufrichten oder Umlegen von Masten müssen zur Unterstützung Gabelstützen, Leitern oder andere geeignete Mittel verwendet werden. Die Stützen usw. sind gegen Abgleiten zu sichern. Das Fußende der Masten ist gehörig festzulegen, so daß ein Emporschnellen ausgeschlossen ist. Es ist verboten, zum Zwecke des Festlegens auf den Mast zu treten. Werden die Drähte von einem Mast abgebunden, so ist dieser allseitig zu stützen, auch wenn Fäulnis nicht nachweisbar ist. Das Ausgraben auszuwechselnder Masten hat erst nach dem Lösen sämtlicher Leitungsbindungen zu erfolgen. Werden Drähte an Winkelpunkten abgebunden, so sind sie vorher abzufangen (Flaschenzug usw.). Die Leiter ist in diesem Falle an der dem Drahtzug abgekehrten Seite anzulegen. Umzulegende Masten sind nicht vollständig aus der Erde herauszuheben, sondern von einer Seite schräg anzugraben und unter Anwendung einer am Kopfende befestigten Leine nach und nach umzulegen. Bei Erdarbeiten ist für sichere Absteifung des stehenbleibenden Erdreichs und auch für sichere Abgrenzung der Gruben zu sorgen.

Für das Besteigen von Masten bzw. anderer erhöhter Standpunkte, an denen Schutzgeländer nicht angebracht werden können, schreiben die Allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften für die Betriebe der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik folgendes vor: Das Besteigen von Masten, an denen Hochspannung führende Leitungen unter Spannung sind, ist verboten. Auch sind die Masten vor dem Besteigen auf ihre Haltbarkeit zu untersuchen.

Zur Sicherung der Personen, die auf Dächern oder erhöhten Standpunkten, wo Schutzgeländer nicht angebracht werden können, zu arbeiten haben, müssen Sicherheitsgürtel und Seile zur Verfügung gestellt und die Arbeitgeber zu deren Benutzung angehalten werden. Zu derartigen Arbeiten dürfen Personen, welche nach eigener Angabe nicht schwindelfrei sind, nicht verwendet werden.

¹ Näheres darüber siehe ETZ 1918, S. 297; 1921, S. 552; und EKB 1921, S. 190.

Von einigen Regierungsstellen war verlangt worden, daß an Holzmasten ein Kletterchutz angebracht wird, welcher aus einem Stachelbraht bestand, der um den Mast in mehreren Windungen herumgeschlungen wurde. Dieser Schutz hat sich nicht bewährt, weil er das Besteigen der Masten durch Monteure erschwerte und zu Verletzungen derselben führte. Die Kommission für Errichtungsvorschriften des VDE hat einen solchen Kletterchutz nicht für erforderlich gehalten und ihn als unzumutbar abgelehnt. Dieser Ansicht haben sich auch die verschiedenen Behörden angeschlossen und Verfügung erlassen, durch die die Forderung des Kletterchutzes aufgehoben wurde¹.

Eisenmasten müssen durch Anstrich gegen Rostbildung geschützt werden. Die Dauerhaftigkeit dieses Anstriches ist von der Art des Materials abhängig; in entsprechenden Zeiträumen muß der Anstrich erneuert werden. An Stelle desselben kann auch eine galvanische Verzinkung oder eine Verzinkung nach dem Schopp'schen Spritzverfahren angewandt werden. Besonders ist auf die Übergangsstellen an Beton bzw. die Austrittsstellen der Masten aus der Erdoberfläche zu achten, da dies die am meisten gefährdeten Stellen sind. Gegebenenfalls müssen die Masten etwas freigegeben werden, um den Anstrich ordentlich erneuern zu können.

Holzgestänge haben nur eine begrenzte Lebensdauer, die von der Beschaffenheit des Holzes, den Bodenverhältnissen, den klimatischen Verhältnissen und der Imprägnierung abhängt. Nach den Vorschriften des VDE für Starkstromfreileitungen sind als fäulnisgefährdet vor allem hölzerne Bauteile anzusehen, die ganz oder teilweise eingegraben sind oder mit der Erdoberfläche in Berührung kommen. Unter Umständen können aber auch solche hölzernen Bauteile fäulnisgefährdet sein, die mit Pflanzenwuchs in Berührung kommen oder von Spritzwasser (wegen der von diesem mitgeführten Keime) erreicht werden, besonders wenn bei diesen hölzernen Bauteilen das Austrocknen durch mangelnden Luftzutritt erschwert ist. Das gleiche gilt für solche hölzernen Bauteile, die dieser Gefährdung selbst nicht ausgesetzt sind, aber gefährdete hölzerne Bauteile unmittelbar berühren. Bereits eingebaute Holzmaße, die nachträglich mit besonderen Füßen ausgerüstet werden, gelten als fäulnisgefährdet.

Bei der Instandsetzung ist darauf zu achten, daß die bereits angegriffenen Holzteile entfernt werden. Es empfiehlt sich, auch noch einen Teil des anscheinend gesunden Holzes wegzuschneiden, um alle möglicherweise eingedrungenen Fäulniskeime zu beseitigen.

Die Beschaffenheit des Holzes ist in angemessenen Zwischenräumen durch Beklopfen der Stangen mit einem Hammer zu untersuchen. Geben die Stangen einen hellen Ton, so ist das Holz gesund. Ist der Ton jedoch dumpf, so muß eine nähere Untersuchung des Holzes vorgenommen

¹ Näheres siehe Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke 1922, S. 502 und El. Be. 1923, S. 112.

werden. Dieses kann durch Einstoßen eines geeigneten Stichels oder Messers geschehen. Aus dem Widerstand, den das Holz diesem Eingriff entgegensetzt, kann man einen Schluß auf seinen Zustand ziehen. Ist das Holz äußerlich gesund und das Beklopfen ergibt doch einen dumpfen Ton, so läßt dies auf Kernfäule schließen; dann muß die Stange mit einem dünnen Bohrer angebohrt werden, wobei das Bohrmehl Aufschluß über den inneren Zustand des Mastes gibt. Stellt sich letzterer auf Grund des Befundes des Bohrmehls als gesund heraus, so muß das Loch wieder verschlossen werden.

Von der Vereinigung der Elektrizitätswerke sind für die Lieferung von Masten-Karbolineum technische Bedingungen aufgestellt worden, die in den Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke 1925, S. 1089 abgedruckt sind. Danach wären nachstehende Mindestforderungen an ein zum Streichen von Masten geeignetes Karbolineum zu stellen:

1. Als „Masten-Karbolineum“ darf nur ein hochsiedendes Steinkohlenteeröl verwendet werden.
2. Bei der Destillation dürfen bis 250° C höchstens 10% überdestillieren.
3. Der Flammpunkt, im offenen Tiegel gemessen, muß mindestens 100° C betragen.
4. Das spezifische Gewicht des Karbolineums bei 20° C muß mindestens 1,08 betragen.
5. Der Gehalt an sauren, in Natronlauge von 1,15 spez. Gewicht löslichen, phenolartigen Bestandteilen darf höchstens 10% betragen.
6. Das Karbolineum muß bei 30° C saftfrei sein.
7. Beim Vermengen mit gleichem Raumteil kristallisierenden Benzol dürfen sich höchstens Spuren ungelöster Substanz abscheiden. Werden 2 Tropfen des Karbolineums im Anlieferungszustand auf mehrfach zusammengefaltetes Filterpapier gegossen, so müssen sie von diesem völlig aufgelogen werden und dürfen höchstens Spuren von kohlenstoffartigen Rückständen hinterlassen.

In „Ausführungsbestimmungen“ hat die Vereinigung der Elektrizitätswerke die Durchführung solcher Untersuchungen eingehend festgelegt. Diese sind an der vorstehend angegebenen Stelle abgedruckt.

Über die Zerstörung von Holzmasten durch Käferlarven hat der VDE ein Merkblatt aufgestellt, aus dem nachstehend der für den Betrieb und die Unterhaltung wichtigste Inhalt wiedergegeben ist. In vollem Wortlaut ist dieses Merkblatt ETZ 1927, S. 517, 708 und 1089 wiedergegeben und seit dem 1. Juli 1927 in Geltung. Es enthält insbesondere noch genaue Angaben über Vorkommen, Aussehen, Lebensweise usw. der Käfer und der Larven. Die im Leitungsbau beschäftigten Personen sollen über die Entstehung des Wurmfraßes und über die daraus für den Leitungsbau folgenden Nachteile aufgeklärt und angewiesen werden, besonders beim Auswechseln wurmfraßbeschädigter Masten die zur Verhütung von Unfällen erforderlichen Vorichtsmaßregeln zu treffen.

Befallen werden Masten aus Nadelhölzern, und zwar gleichmäßig Kieferne, Fichtene und Tannene.

Von zubereiteten Masten werden am meisten solche mit Luftrissen, die über die imprägnierte Zone in die Tiefe gehen, heimgesucht.

Von zubereiteten Masten zeigen die mit Teeröl getränkten Kiefernen Masten am wenigsten Wurmfraß. Sie halten sich, weil sie bis zum Kern

getränkt sind, in käserverseuchten Linien am besten. Da die Tränkung im geschlossenen Kessel unter Luftleere, Anwendung heißen Teeröles und Luftdruck geschieht, müssen die etwa im Rohholz vorhandenen Eier und Larven des Käfers während der Tränkung absterben.

Wurmfraß zeigt sich in Leitungsmasten überall in Deutschland, und zwar innerhalb geschlossener Orte häufiger als auf freier Strecke. Die Verseuchung der Masten geht in Dörfern und Städten mit vorwiegend Holzbauten von käserbefallenen Häusern, sonst von befallenen Holzäunen, Holzlagern, Leitungsmasten usw. aus.

Bisherige Maßnahmen zur Bekämpfung des Wurmfraßes. Mittel.

a) Anstrich der nicht mit Teeröl getränkten Masten mit Karbolineum, Barol, Teer usw. innerhalb der gefährdeten Zone bis etwa 2 m über dem Erdboden.

b) Bedecken der nicht mit Teeröl getränkten Masten innerhalb der gefährdeten Zone bis 2 m über der Erde mit einer asphaltartigen Kruste, dem sogenannten „Stodschuß“.

c) Zur Abtötung der in Masten fressenden Larven Einspritzen heißer, besonders teerölhaltiger Stoffe in die Fluglöcher und, soweit zugänglich, auch in die Bohrgänge; Verstopfen der Fluglöcher und Mastrisse mit Zement usw.

d) Auswechseln von Masten mit Wurmfraß.

Ergebnis.

Keine sichtbaren Erfolge. Es zeigten sich dennoch Fluglöcher.

Trotz des Stodschusses ist in einzelnen Fällen Wurmfraß beobachtet worden, auch haben sich Fluglöcher gezeigt.

Das Verfahren hat keine nennenswerten Erfolge gezeigt. Es ist zu umständlich und kostspielig und für große Netze nicht wirtschaftlich.

Weitere Maßnahmen zur Bekämpfung des Wurmfraßes in Masten.

a) Bei der Abnahme im Walde, in der Tränkungsanstalt vor der Tränkung soll eine gründliche Prüfung der zu Leitungsmasten bestimmten Rohhölzer auf Wurmfraß erfolgen; hierbei sollen alle Masten, die Fluglöcher oder Bohrgänge holzzerstörender Insekten zeigen, zurückgewiesen werden.

b) Von Holzlieferern und Besitzern von Tränkungswerken wird mit Nachdruck verlangt, wurmfraßiges Holz von den Lager- und Brackplätzen zu entfernen und solches wie auch faule Hölzer weder zu Unterlagen noch zu Streckstangen usw. beim Stapeln von Starkstrommasten, Telegraphenstangen u. dgl. zu verwenden.

c) In den Tränkungswerken usw. soll für gründliche Tränkung und sachgemäße Stapelung usw. der rohen und fertigen Maste gesorgt werden.

d) In den Lagern sollen sämtliche von Käfern befallenen „wurmfraßigen“ Maste und Unterlagen sowie andere Hölzer, die Wurmfraß zeigen, sofort entfernt werden; sie dürfen auch nicht im Umkreis von 1 km gelagert werden. Aus den Strecken gewonnene Wurmfraßmaste oder Teile von solchen dürfen unter keinen Umständen — auch nicht vorübergehend — den Lagern zugeführt werden.

e) Im Leitungsbau sollen zunächst aus den käferverseuchten Strecken solche mit Wurmfraß behafteten Maste entfernt werden, die die Standhaftigkeit der Strecke gefährden. Empfohlen wird, als Ersatz teerölgetränkte kieferne Maste zu verwenden, oder, wenn es genügt, nur den schadhafte unteren Mast zu beseitigen, Mastfüße einzubauen.

Abschnitte von Wurmfraßmasten dürfen keinesfalls zu Streben oder als Hilzhölzer in den Strecken verwendet werden.

f) Die Entfernung der Wurmfraßmaste hat nur dann den gewünschten Erfolg, wenn alle Unternehmungen, die sich mit Leitungsbau befassen (Starkstromunternehmungen, Post, Bahn, Besitzer von Privatanlagen), bereit sind, ihre Strecken zu reinigen, weil sonst die Gefahr besteht, daß die nicht verseuchten Strecken von den wurmfraßbefallenen Stangen und Masten anderer Anlagen aus immer wieder verseucht werden.

g) Die von Bockkäferlarven beschädigten Teile eines Mastes sollen durch Feuer vernichtet, das übrige Holz zu Brenn zwecken verkauft werden. Da in ihm auch noch Larven vorhanden sein können, darf es nicht wieder als Nutzholz verwendet werden. Kaufbedingung ist, daß es binnen 3 Tagen kurzstückig zu zerlegen und brennholzmäßig aufzuspalten ist.

h) Da die Käferlarven die äußeren Holzschichten der Maste schonen, läßt sich durch Anbohren der Maste mit einem Stahlbohrn vielfach nicht sicher feststellen, ob Käferfraß vorliegt. Bei Untersuchung der Maste in käferverseuchten Strecken bietet bei einiger Übung das Beklopfen der einzelnen Maste ein geeignetes Prüfungsmittel, um die Zerstörung im Innern festzustellen.

Wird das Ohr an den Mast gelegt und dieser in etwa $\frac{3}{4}$ m Höhe vom Erdboden ab mit einem Zweipfundhammer angeschlagen, so ergibt sich ein klarer Ton, sofern der Mast gesund ist, dagegen ein dumpfer, wenn er im Innern Larven- oder Pilzangriffen ausgesetzt ist. Außerdem stäubt bei anhaltendem Klopfen Wurmmehl aus den Fluglöchern oder den Mastritzen heraus. Mit Vorteil kann man zu dieser Prüfung auch einen Zuwachsbohrer verwenden, mit dem man Bohrerkerne aus dem Mast herausnimmt.

Holzmaсте, die nur an der Austrittsstelle aus der Erde schlecht geworden sind, können durch Benutzung von Mastfüßen wieder brauchbar gemacht werden¹.

¹ Näheres darüber siehe unter anderem auch ETZ 1921, S. 828 und El. Be. 1924, S. 87.

Freileitungen, die Eisenbahnen kreuzen, müssen an der Kreuzungsstelle nach den vom Reichsverkehrsministerium, auf Grund gemeinsamer Beratungen mit dem VDE erlassenen „Bahnkreuzungsvorschriften für fremde Starkstromanlagen BKV 1921“, die ETZ 1922, S. 62 veröffentlicht sind, gebaut werden. In diesen Vorschriften sind auch in § 5 bestimmte Angaben über die Unterhaltung der Kreuzungen festgelegt. Danach muß zu allen Änderungs- sowie Unterhaltungsarbeiten, die die Sicherheit des Eisenbahnbetriebes gefährden können, vor Inangriffnahme die Genehmigung eingeholt und vor Beginn der Arbeiten Anzeige erstattet werden. Arbeiten, die die Sicherheit des Eisenbahnbetriebes gefährden können, dürfen nur unter Aufsicht eines Beauftragten der Reichseisenbahn ausgeführt werden. Die hierdurch entstehenden Kosten hat der Unternehmer der Starkstromanlage zu tragen; er hat den Weisungen der mit der Aufsicht Beauftragten Folge zu leisten. Arbeiten im Bereich der Bahngleise, Zufuhrstraßen und Vorplätze können nach dem Ermessen der Reichsbahn von dieser selbst auf Kosten des Unternehmers der Starkstromanlage bewirkt werden. Der Reichsbahn steht das Recht zu, alle oberirdischen genehmigungspflichtigen Starkstromanlagen alle drei Jahre auf ihren ordnungsmäßigen Zustand zu prüfen. Der Unternehmer der Starkstromanlage hat auf Anfordern diese Prüfung vorzubereiten und sich daran zu beteiligen. Das Ergebnis dieser Prüfungen ist in besondere Prüfbücher einzutragen, die auf Anfordern der Reichsbahn jederzeit vorzulegen sind. Ergibt eine solche Prüfung den begründeten Verdacht, daß sich die Anlage in einem nicht ordnungsmäßigen, den Bahnbetrieb gefährdenden Zustande befindet, so ist sie auf Anfordern der Reichsbahn zu Prüfungszwecken alsbald außer Spannung zu setzen. Werden die Anlagen nach Ansicht der Reichsbahn nicht ordnungsgemäß unterhalten, so kann sie die erforderlichen Arbeiten auf Kosten des Beliehenen ausführen lassen.

Soweit Hochspannungsleitungen Postleitungen kreuzen, muß dies nach den „Vorschriften für die bruchsiclere Führung von Hochspannungsleitungen über Postleitungen“ geschehen, die vom Reichs-Postministerium auf Grund gemeinsamer Beratungen mit dem VDE erlassen und ab 1. Juli 1924 gültig sind; sie sind ETZ 1924, S. 938; 1926, S. 744 und 1928, S. 489 abgedruckt. In diesen Vorschriften ist über die Unterhaltung solcher Postkreuzungen folgendes bestimmt:

Die bruchsicleren Überführungen sind dauernd in gutem Zustande zu erhalten. Eisen- und Stahlseile müssen ausgewechselt werden, sobald aus einem Kostanlaß auf Zerstörung des Zinküberzuges geschlossen werden kann. Holzmaße sollen mindestens zweimal im Jahre in bezug auf die Beschaffenheit des Holzes, den senkrechten Stand in der Linie, den Zustand der Querträger usw. untersucht werden. Mängel, die hierbei zutage treten, müssen sofort beseitigt werden. Der Anstrich der Eisenteile ist rechtzeitig zu erneuern.

Über Leitungen, die Reichswasserstraßen kreuzen, sind vom DVE gleichfalls Vorschriften aufgestellt worden unter der Bezeichnung „Vor-

Schriften¹ für die Kreuzung von Wasserstraßen durch fremde Starkstromanlagen WKV 1927". In § 5 dieser Vorschriften sind Angaben über die Unterhaltung der Kreuzungen wie folgt festgelegt:

1. Bei Unterhaltungsarbeiten, die die Vorflut oder die Schifffahrt beeinträchtigen oder gefährden können, hat der Unternehmer zuvor die Genehmigung der Reichswasserstraßenverwaltung einzuholen und dieser vor Beginn der Arbeiten rechtzeitig Anzeige zu erstatten.

2. Alle oberirdischen Starkstromanlagen sollen mindestens alle drei Jahre auf ihren ordnungsmäßigen Zustand geprüft werden. Der Zeitpunkt der Prüfung ist der Verwaltung so rechtzeitig bekanntzugeben, daß sie einen Beamten hierzu abordnen kann.

3. Das Ergebnis dieser wiederkehrenden Prüfungen hat der Unternehmer in das Prüfungsbuch einzutragen, das er für seine Leitungsanlage führt, und von dem bei der Prüfung anwesenden Beamten der Reichswasserstraßenverwaltung bestätigen zu lassen. Der Reichswasserstraßenverwaltung ist Einsicht in die Prüfungsbücher zu gestatten.

4. Werden die Anlagen nach Ansicht der Reichswasserstraßenverwaltung nicht ordnungsmäßig unterhalten, so wird diese die Genehmigung widerrufen oder die erforderlichen Arbeiten auf Kosten des Unternehmers nach Ablauf einer gestellten angemessenen Frist ausführen lassen. Dem Unternehmer muß vor erfolgreichem Widerruf eine angemessene Frist zur Ausführung der Arbeiten gesetzt werden.

5. Mängel sind unverzüglich abzustellen. Ist dieses nicht möglich, so ist umgehend der Reichswasserstraßenverwaltung Mitteilung zu machen.

Da ein großer Teil der Bevölkerung mit elektrischen Freileitungen oft in Berührung kommen kann, hat der VDE „Merksblätter für Verhaltensmaßregeln gegenüber elektrischen Freileitungen“, die seit dem 1. Oktober 1925 gültig sind und ETZ 1925, S. 63, 394 und 1526 abgedruckt sind, aufgestellt. Der Inhalt derselben ist nachstehend wiedergegeben, unter Hinzufügung der vom VDE zu den Verhaltensmaßregeln für Kinder aufgestellten Erläuterungen.

Die Berührung aller elektrischen Leitungen ist grundsätzlich zu vermeiden.

Nicht nur die Berührung solcher Leitungen, deren Maste durch rote Blitzpfeile oder Warnungsschilder gekennzeichnet sind, ist lebensgefährlich; auch nicht gekennzeichnete Leitungen können unter Umständen, die der Nichtfachmann nicht beurteilen kann, Gefahren bringen.

Bei allen Arbeiten in der Nähe von elektrischen Leitungen, z. B. beim Fällen und Ausästen von Bäumen, beim Aufstellen von Gerüsten für Bauten und Brunnenbohrungen, bei allen Instandsetzungsarbeiten an Gebäuden, beim Fensterputzen, beim Be- und Entladen von Erntewagen, beim Errichten von Getreidemieten, beim Aufrichten von Leitern zum Obstpflücken und zum Feuerlöschen sowie beim Bau von Luftleitern

¹ ETZ 1928, S. 515. Diese Vorschriften können bezogen werden durch Carl Heymann's Verlag, Berlin W 8, Mauerstr. 44.

(Antennen) für Funkanlagen u. dgl., ist die Berührung der Leitungen, der Isolatoren und der an Holzmasten angebrachten Eisenteile, auch der Ankerdrähte, zu vermeiden. Besonders ist beim Fällen von Bäumen darauf zu achten, daß diese nicht gegen die Leitungen oder Masten stürzen. Besteht eine derartige Berührungsgefahr, so ist die nächste Betriebsstelle der Überlandzentrale (des Elektrizitätswerkes) vor Beginn der Arbeiten so rechtzeitig zu verständigen, daß diese entweder die Leitung abschalten oder sonst geeignete Schutzmaßnahmen treffen kann.

Bei Bränden ist die nächste Betriebsstelle sofort zu benachrichtigen. Hochspannungsleitungen sollen nicht angespritzt werden.

Transformatorhäuschen dürfen durch Unbefugte nicht betreten, Leitern an diese Häuschen nicht angelegt werden.

In der Nähe elektrischer Leitungen Drachen steigen zu lassen, ist lebensgefährlich, ebenso das Erklimmen von Leitungsmasten.

Gerissene, von den Masten herabhängende oder am Erdboden liegende Leitungen zu berühren oder sich ihnen zu nähern, ist gefährlich. Vorübergehende sind in derartigen Fällen zu warnen. Die nächste Betriebsstelle der Überlandzentrale (des Elektrizitätswerkes) ist auf schnellstem Wege, womöglich telephonisch oder telegraphisch, zu benachrichtigen. Die gleiche Benachrichtigung ist notwendig bei etwa an den Leitungen oder den Isolatoren beobachteten Licht- und Feuererscheinungen.

Einen Berunglückten, der unmittelbar oder mittelbar mit der Leitung noch in Berührung steht, anzufassen, ist lebensgefährlich; nur durch sachgemäßes Eingreifen kann ihm geholfen werden.

Bei der Hilfeleistung ist zu beachten:

Die Leitung ist, wenn irgend möglich, sofort spannungsfrei zu machen; ist dieses geschehen, so kann der Berunglückte ohne weiteres von ihr getrennt werden. Für den Fall, daß die Leitung nicht sofort spannungsfrei gemacht werden kann, wird dem Nichtfachmann abgeraten, die Trennung trotzdem zu versuchen, da die Gefahr, daß noch weitere Personen dabei zu Schaden kommen, größer als die Aussicht auf Erfolg ist. Man warte vielmehr die Ankunft des Betriebspersonals ab und helfe diesem.

Bei Bewußtlosen ist so schnell wie möglich künstliche Atmung anzuwenden und bis zu vier Stunden fortzusetzen, wenn nicht inzwischen der Arzt aus sicheren Anzeichen den Tod festgestellt hat.

Um die künstliche Atmung einzuleiten, legt man den Berunglückten auf den Rücken¹, öffnet alle beengenden Kleidungsstücke und schiebt ein Polster (z. B. einen zusammengerollten Rock) unter die Schultern, faßt mit einem Taschentuch die Zunge des Betäubten, zieht sie kräftig heraus, um die Luftwege freizumachen, und bindet die Zunge mit dem Tuche an dem Kinn fest. Man kniet hinter dem Berunglückten nieder, das Gesicht dem Berunglückten zugewendet, faßt sodann dessen Arme am

¹ Vgl. die Abbildungen in „Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe“, die S. 34 abgedruckt ist.

Ellenbogen, zieht sie über den Kopf, führt sie zurück und drückt sie an den Brustkasten. Die Bewegungen müssen langsam vorgenommen werden, etwa 15 mal in der Minute.

Auf alle Fälle ist schleunigst ein Arzt zu holen und die nächste Betriebsstelle zu benachrichtigen.

Besondere Verhaltensmaßregeln für Kinder.

1. Du sollst weder an Leitungsmasten hinaufklettern noch an ihnen herumspielen!

2. Du sollst nicht auf Bäume, Gerüste od. dgl. klettern, an denen Freileitungen vorbeiführen!

3. Du sollst nicht auf Transformatorenhäuschen und ihre Umzäunungen klettern!

4. Du sollst nicht in der Nähe von Freileitungen Drachen steigen lassen!

5. Du sollst nie einen von einem Leitungsmast herabhängenden oder am Erdboden liegenden Draht berühren oder auch nur in dessen Nähe gehen!

6. Du sollst die Verankerungen von Leitungsmasten nicht berühren, auch nicht an ihnen rütteln oder schaukeln!

7. Du sollst nicht mit Steinen oder anderen Gegenständen nach den Porzellanisolatoren oder nach den Leitungsdrähten werfen!

8. Du sollst Transformatorenhäuser und Schalträume nicht betreten, auch wenn sie offen stehen und unbewacht sind!

9. Du sollst einen an elektrischen Leitungen Verunglückten nicht anfassen, aber du sollst sofort Erwachsene zu Hilfe holen!

Erläuterungen.

Nicht nur die Berührung der durch rote Blitzpfeile und durch Warnungsschilder der Maste gekennzeichneten Leitungen ist lebensgefährlich, sondern auch nicht gekennzeichnete Leitungen können unter Umständen, die der Nichtfachmann nicht beurteilen kann, Gefahren bringen.

Zu 2. Nicht nur durch die unmittelbare Berührung der Leitungen, sondern auch durch die Berührung von Ästen und Zweigen in der Nähe von Hochspannung führenden Leitungen können Menschen zu Schaden kommen. Besondere Vorsicht ist daher auch beim Abarbeiten der Obstbäume geboten, wenn sie sich in der Nähe von Freileitungen befinden.

Zu 3. An den Transformatorenhäusern führen häufig die Leitungen herunter, die beim Erklettern der Häuschen oder Zäune erreichbar sind. Diese Leitungen sind zwar vielfach isoliert, doch bietet auch die Isolierung keinen zuverlässigen Schutz, schon deshalb, weil sie im Freien leicht verwittert und dann von der Spannung durchschlagen wird.

Zu 4. Die Drachenschnüre können, besonders wenn sie etwas feucht sind, im Falle einer Berührung mit einer Leitung den Strom gut leiten und so eine Verletzung oder den Tod des die Drachenschnur haltenden Kindes herbeiführen.

Zu 5. Auch von einem die Erde berührenden Draht können starke Ströme in das Erdbreich übertreten und die in die Nähe der Berührungsstelle tretenden Personen in höchstem Maße gefährden.

Zu 6 und 7. Dieses könnte das Reißen und Herabfallen der Drähte und damit eine Gefährdung der Vorüberkommenden zur Folge haben. Außerdem kann das Reißen auch nur eines einzigen Drahtes die öffentliche Stromversorgung eines großen Bezirkes und somit die Stilllegung vieler landwirtschaftlicher und gewerblicher Betriebe nach sich ziehen.

Zu 8. Die Transformatoren- und Schaltstationen sollen stets verschlossen gehalten werden, so daß sie Unbefugten unzugänglich sind. Jedoch kann durch Fahrlässigkeit, infolge Abbrechens eines Schlüssels oder aus einem ähnlichen Grunde die Tür eines Transformatorenhäuschens einmal unverschlossen bleiben. In einem solchen Falle würde sich, da ein großer Teil der Einrichtung in einer Transformatorenstation unter Hochspannung steht, ein den Raum betretender Nichtfachmann in unmittelbare Lebensgefahr begeben.

Da es vielfach vorgekommen ist, daß elektrische Leitungen mit Rücksicht auf ihren hohen Metallwert gestohlen worden sind, hat die Vereinigung der Elektrizitätswerke sich darum bemüht, daß derartige Diebstahle an Leitungsanlagen besonders schwer bestraft werden. Diesen Anregungen folgend, sind in das Gesetz über den Verkehr mit unedlen Metallen, in Geltung vom 15. Juli 1923 ab, nachfolgende neue Paragraphen aufgenommen worden.

- § 18. Wer einen Diebstahl an einem Gegenstand aus unedlem Metall begeht, der zum öffentlichen Nutzen dient oder öffentlich aufgestellt ist, oder der einen Teil eines Gebäudes bildet oder in einem Gebäude zu dessen Ausstattung angebracht ist, wird wegen schweren Diebstahls (§ 243 des Strafgesetzbuches) bestraft. Das Gleiche gilt für den Diebstahl von Maschinenbestandteilen und sonstigen Betriebsmitteln aus unedlem Metall, deren Wegnahme die gesicherte Fortführung des Betriebes erheblich gefährdet.
- § 19. Wer beim Betrieb eines Gewerbes der in § 1 bezeichneten Art einen Gegenstand aus unedlen Metalle, von dem er aus Fahrlässigkeit nicht erkannt hat, daß er mittels einer strafbaren Handlung erlangt ist, verheimlicht, ankauft, zum Pfande nimmt oder sonst an sich bringt oder zu seinem Absatz bei anderen mitwirkt, wird mit Gefängnis bis zu einem Jahre und mit Geldstrafe oder mit einer dieser Strafen bestraft.

Über die zulässige Belastung von Freileitungen bestehen in den Errichtungsvorschriften in § 20 Bestimmungen, jedoch nur für Querschnitte bis 50 mm² einschließlich. Danach ist die zulässige Belastung in Ampere folgende: (Siehe Tabelle nächste Seite.)

Nach § 22⁴ können aber auch die vorstehenden Querschnitte mit größeren Stromstärken belastet werden, wenn dadurch ihre Festigkeit nicht merklich leidet. Für Querschnitte über 50 mm² besteht nur die Bestimmung, daß die Leitungen durch den stärksten normal vorkommenden Betriebsstrom keine für den Betrieb oder die Umgebung gefährlichen Temperaturen annehmen sollen.

Querschnitt in mm ²	Dauerbetrieb		Ausgehender Betrieb
	Höchste dauernd zulässige Stromstärke in A	Nennstromstärke für entsprechende Abschmelzsicherung in A	Höchstzulässige Wollast- stromstärke in A
6	31	25	31
10	43	35	60
16	75	60	105
25	100	80	140
35	125	100	175
50	160	125	225

Bei elektrischen Leitungsnetzen werden meist Betriebsfernsprechanlagen eingerichtet¹. Die Ausführung solcher für Elektrizitätsuntersuchungen zur öffentlichen Versorgung mit Licht und Kraft ist durch das am 14. Januar 1928 erlassene „Gesetz über Fernmeldeanlagen“, das im Reichsgesetzblatt vom 20. Januar 1928 bekanntgegeben worden ist, erleichtert worden. Ebenso können nach diesem Gesetze Fernmeldeanlagen zwischen mehreren einem Besitzer gehörigen oder zu einem Betriebe vereinigten Grundstücken, deren keines von dem anderen über 25 km in der Luftlinie entfernt ist, hergestellt werden.

Besonderer Aufsicht bedürfen die Einführungen der Freileitungen in die Unterstationen und Transformatorhäuschen, sowie die Einführung der Niederspannungsfreileitungen in die Häuser. Werden letztere als Dachständer einföhungen hergestellt, so ist besonders für gute Abdichtung zu sorgen. In dem Dachständerrohr auftretendes Kondens- oder Spritzwasser darf nicht an die Hausanschlußsicherungen gelangen, und der Zugang zu letzteren muß stets freigehalten werden.

Die Transformatorhäuschen müssen fortgesetzt gut überwacht werden. Insbesondere ist auch dafür zu sorgen, daß diese Häuschen dauernd gut abgeschlossen sind².

Mehrfach ist bei größeren Freileitungsnetzen beobachtet worden, daß die angeschlossenen Drehstrommotoren plötzlich rückwärts laufen. Diese Erscheinung ist auf das sogenannte „Rippen“ zurückzuführen; reißt nämlich eine Leitung derart, daß das heruntergebrochene Ende nach der Seite des Kraftwerkes hin an Erde liegt, während das von der Erde isoliert bleibende Ende auf der Reßseite sich befindet, so wird die Spannung an der offenen Phase höher als die doppelte Spannung zwischen Leitung und Leitung. Das Spannungsdreieck ist dadurch vollkommen verändert, so daß die Motoren die umgekehrte Drehrichtung annehmen können³. Die Leitungsbesitzer für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen des VDE schreiben daher vor, daß zur Verhütung von Rippüberspannungen

¹ Näheres darüber siehe ETZ 1926, S. 1337.

² Näheres darüber siehe El. Be. 1925, S. 131.

³ Näheres darüber siehe ETZ 1915, S. 353 und 1916, S. 259.

längere Leitungen nicht einpolig durch Trennschalter oder Sicherungen abgetrennt werden dürfen. Aus dem gleichen Grunde ist auch auf das Vermeiden von Leitungsbrüchen infolge Abbrandes Bedacht zu nehmen, und bei Mehrkesselölschaltern ist besonders darauf zu achten, daß sie zuverlässig in allen Polen zugleich schalten. Das Schalten mit einpoligen Trennschaltern ist nur bei kleinen Transformatoren und Spannungswandlern bis etwa 20 kV zulässig.

§ 14.

Zusatzbestimmungen für Arbeiten in Prüffeldern und Laboratorien.

a) Ständige Prüffelder und fliegende Prüfstände sind abzugrenzen, ihr Betreten durch Unbefugte ist zu verbieten.

b) *Mit Hochspannungsarbeiten in solchen Räumen dürfen nur Personen betraut werden, die ausreichendes Verständnis für die bei den vorzunehmenden Arbeiten auftretenden Gefahren besitzen und sich ihrer Verantwortung bewußt sind.*

c) *Die Bestimmungen des § 8 d finden auf Arbeiten in Prüffeldern und Laboratorien keine Anwendung.*

Nach § 152 der Allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften für die Betriebe der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik darf der Zutritt zu Prüffeldern oder Probierräumen nur besonders beauftragten Personen gestattet werden. Zur Kennzeichnung und Abgrenzung der Prüffelder müssen Warnungstafeln und Wände, Gitter oder Geländer vorhanden sein. Versuche zur Feststellung der höchst zulässigen Beanspruchungen, bei denen eine Zerstörung von Maschinen oder Maschinenteilen beabsichtigt ist oder eintreten kann, dürfen nur in besonderen, mit entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen ausgestatteten Probierräumen vorgenommen werden, oder es muß durch andere Vorkehrungen die Gefährdung von Personen, welche bei diesen Versuchen nicht beteiligt sind, ausgeschlossen sein.

Provisorische Einrichtungen werden in Frage kommen für Beleuchtungsanlagen bei Schaustellungen, Ausstellungen, Bauplätzen usw. Auch für Maschinenanlagen können solche Provisorien oft Verwendung finden.

Prüffelder und Laboratorien mit elektrischen Einrichtungen werden besonders häufig in elektrotechnischen Fabriken vorkommen. Sie sind aber auch zu finden in Fabriken für elektrotechnisches Porzellan, Isolierpressstoffe, Die, Hartpapier, Mikanit usw.

Bezüglich der Warnungstafeln, die anzuwenden sind, sei auf das zu § 3 Gesagte verwiesen.

In Prüffeldern und Laboratorien für hohe Spannungen wird meist der Zugang erschwert und die Tür durch Verriegelung gesichert. Letztere steht in Verbindung mit Signallampen, so daß das richtige Funktionieren der Verriegelung durch diese Lampen angezeigt wird. Oft wird auch die

Einrichtung so getroffen, daß Hochspannung nur vorhanden sein kann, wenn die den Zutritt absperrende Verriegelung ordnungsmäßig arbeitet.

§ 15.

Inkrafttreten der Betriebsvorschriften.

Diese Vorschriften gelten vom 1. Juli 1924 ab.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker behält sich vor, sie den Fortschritten und Bedürfnissen der Technik entsprechend abzuändern.

Wie schon in § 2a angegeben, haben vor der zur Zeit gültigen Fassung der Betriebsvorschriften andere bestanden. Der erste Wortlaut wurde im Jahre 1902 aufgestellt und am 1. März 1903 in Geltung gesetzt. Die zweite Fassung ist im wesentlichen nur redaktionell geändert; sie trat am 1. Januar 1908 und die dritte Fassung am 1. Januar 1910 in Kraft. Im Jahre 1914 wurden die Errichtungs- und Betriebsvorschriften zu einer gemeinsamen Fassung verarbeitet, die am 1. Juli 1915 in Kraft trat, während die zweite gemeinsame Fassung vom 1. Juli 1924 ab Geltung hat.

III. Verschiedenes.

A. Schematische Darstellungen.

a) Für jede Starkstrom-Anlage muß bei Fertigstellung eine schematische Darstellung angefertigt werden; sie kann aus mehreren Teilen bestehen.

b) Die Darstellungen müssen enthalten:

I. Stromarten und Spannungen,

II. Anzahl, Art und Stromstärke der Stromerzeuger, Transformatoren und Akkumulatoren,

III. Art der Abschaltung und Sicherung der einzelnen Teile der Anlage,

IV. Angabe der Leitungsquerschnitte,

V. die notwendigen Angaben über Stromverbraucher.

1. Für die schematischen Darstellungen und etwa anzufertigende Pläne sollen die in den Normenblättern DIN VDE 710—717 festgelegten Schaltzeichen und Schaltbilder verwendet werden. Die Schaltzeichen sind die kürzere Darstellung, die in Schaltplänen zur Verwendung gelangen müssen. Für eingehendere Darstellungen dienen die Schaltbilder, wenn eine größere Übersichtlichkeit der Pläne erforderlich ist. Das Muster eines Schaltplanes zeigt das Normblatt DIN VDE 719.

2. In den schematischen Darstellungen sollen die Angaben über Stromverbraucher so weit eingetragen werden, als sie zur sicherheitstechnischen Beurteilung der einzelnen Teile der Anlage erforderlich sind. Im allgemeinen wird es genügen, wenn die schematischen Darstellungen bis zu den letzten Verteilungssicherungen durchgeführt und die Querschnitte der einzelnen Abzweigleitungen sowie die Zahl und die Art der an diese angeschlossenen Stromverbraucher angegeben werden; bei Glühlicht-Stromkreisen genügt im allgemeinen die angenäherte Angabe der Lampenzahl.

3. Mehrpolige Leitungen und Apparate können im allgemeinen einpolig gezeichnet werden; in diesem Falle ist die Pol- oder Leiterzahl durch eine entsprechende Zahl von senkrecht zum Hauptleitungszug angeordneten Querstrichen kenntlich zu machen.

4. Wenn in den schematischen Darstellungen oder Plänen auf die Eigenart einzelner Räume hingewiesen werden soll, genügt die Eintragung der Nummer des für die Räume maßgebenden Paragraphen der Errichtungsvorschriften, z. B. „§ 35“ bedeutet „Explosionsgefährlicher Raum“.

Eine Zusammenstellung der Normblätter für Bildzeichen, Kennfarben, Schaltzeichen und Schaltbilder ist durch den Beuth-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 8, als **DIN-Taschenbuch 2** herausgegeben und sowohl durch den genannten Verlag, wie auch durch die Geschäftsstelle des VDE und den Verlag von Julius Springer zu beziehen.

Auszug

enthaltend die wichtigsten Schaltzeichen und Schaltbilder
aus DIN VDE 710—717 und den Schaltplan nach DIN VDE 719.

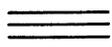
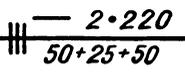
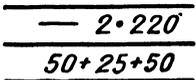
I. Stromsysteme und Schaltarten.

DIN VDE 710.

Nummer VDE | IEC		Schaltzeichen	Schaltbild	Bennennung
201	1			Gleichstrom
205	4a			Dreiphasen-Wechselstrom mit Frequenz
219	15			Nullpunkt-Klemme allgemein

II. Verteilungs- und Leitungspläne.

DIN VDE 711.

Nummer VDE | IEC		Schaltzeichen	Schaltbild	Benennung
313	(201b)			Leitung aus 3 Leitern allgemein oder Freileitung bzw. unterirdisch Bemerkung: Falls erwünscht, ist anzugeben: die Stromart und die Spannung in Volt über dem Leitungstrich, Zahl und Querschnitte der Leiter in mm ² und die Länge der Leitung in km unter dem Leitungstrich, wie die nachfolgenden Beispiele zeigen
318	—			Leitung für 2 × 220 V Gleichstrom, bestehend aus 3 Leitern zu 50 + 25 + 50 mm ²
323	120			Freileitung an Holzmasten
324	122			Freileitung an Eisenmasten
325	125			Freileitung an eisernen Gittermasten
326	123			Freileitung an Eisenbetonmasten

Nummer VDE | IEC		Schaltzeichen	Benennung
327	125		Freileitung auf Stützpunkt mit Zuganker
328	126		Freileitung auf Stützpunkt mit Strebe

III. Apparate, Maschinen und Meßgeräte.

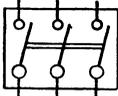
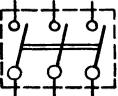
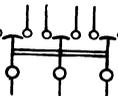
Allgemeines
DIN VDE 712.

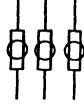
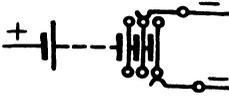
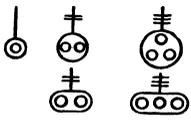
Nummer VDE | IEC		Schaltzeichen	Schaltbild	Benennung
402	—			Querstriche zur Kennzeichnung von 1poligen, 2poligen oder 3poligen Schaltgeräten
406	—		wie Schaltzeichen	Besondere Zeichen für Selbstauslösung: <i>a</i> durch Hilfstrom, <i>b</i> durch Nullspannung
407	—		wie Schaltzeichen	Besondere Zeichen für Auslösung: <i>a</i> durch Überstrom, <i>b</i> durch Nullstrom
408	—		wie Schaltzeichen	Besondere Zeichen für Auslösung durch Überstrom—Rückstrom
409	—		wie Schaltzeichen	Besonderes Zeichen für Fernschalter: Ein- und Ausschalten durch Hilfstrom

IV. Verbindungs-, Unterbrechungs- und Sicherheitsapparate.

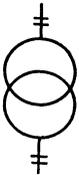
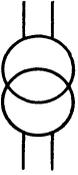
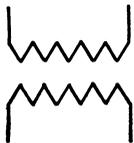
DIN VDE 713.

Nummer VDE | IEC		Schaltzeichen	Schaltbild	Benennung	
502	—		wie Schaltzeichen	Anlasser <i>a</i> für Reihenschlußmotoren, <i>b</i> für Nebenschlußmotoren	Schaltrichtung rechts oder links, hier von rechts nach links wiedergegeben
505	—		wie Schaltzeichen	Anlasser für Drehstrommotoren	

Nummer VDE | IEC		Schalt- zeichen	Schaltbild	Benennung	
507	—		wie Schalt- zeichen	Stern-dreieckschalter	
509	—		wie Schalt- zeichen	Nebenschluß- regler, Erregerregler, mit Kurzschluß- kontakt	Schaltrichtung rechts oder links, hier von rechts nach links wiedergegeben
516	(308)			Ölschalter	
517	—			Schalter in Gußeisen gekapselt	
519	(312)			Umschalter für 2 Wege, mit Unter- brechung	
521	315			Umschalter für 2 Wege ohne Unter- brechung	
524	322			Trennschalter mit Drehpunkt, ein- fache Unterbrechung	
527	(328a)			Sicherung, allgemein	
528	—			Streifensicherung	

Nummer		Schaltzeichen	Schaltbild	Benennung
VDE	IEC			
530	(331)			Schraubversicherung
535	(333a)			Funkenstrecke als Über- spannungsschutz
539	—		wie Schalt- zeichen	Durchschlagsicherung
542	(205)		wie Schalt- zeichen	Erdung
543	206		wie Schalt- zeichen	Erdung über Kapazität
546	(604)		wie Schalt- zeichen	Akkumulatorenbatterie, allgemein
550	(606)		wie Schalt- zeichen	Doppelzellenschalter
553	(724) (725) (725a)		wie Schalt- zeichen	Steckvorrichtung

V. Transformatoren.
DIN VDE 714.

Nummer		Schaltzeichen		Schaltbild	Benennung
VDE	IEC	einpolig	mehrpoleig		
601	401				Transformatoren mit getrennten Wicklungen

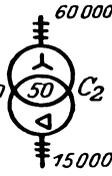
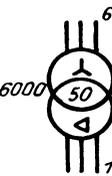
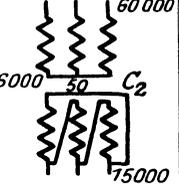
Bemerkung: In den nachfolgenden Schaltzeichen und Schaltbildern bedeuten die eingeschriebenen Zahlen:

links = Leistung in kVA,

in der Mitte = Frequenz (kann fortbleiben, wenn in dem betreffenden Schaltplan die Frequenz der Anlage besonders angegeben ist),

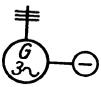
rechts oben und unten = Spannungen in V.

Die Schaltart wird durch die in die entsprechenden Kreise einzusetzenden allgemeinen Schaltzeichen in der nach den RET festgelegten Lage angegeben. Die Schaltgruppe nach RET wird rechts neben der Mitte des Schaltzeichens oder Schaltbildes eingetragen.

619	402				Drehstrom-Transformator Schaltgruppe C_2 6000 kVA 50 Hz 60000/15000 V
620	404				Drehtransformator

VI. Maschinen und Umformer.

DIN VDE 715.

Nummer		Schaltzeichen		Benennung
VDE	IEC	einpolig	mehrpoleig	
701	501			Generator, allgemein
706	502			Nebenschluß- Gleichstrom- Generator bzw. -Motor
		Der Motor wird gekenn- zeichnet durch <i>M</i>		
716	(513)			Synchron-Generator, 3phasig
718	(514)			Synchron-Generator, 3phasig, in Stern geschaltet
722	(516a)			Asynchron-Motor, 3phasig, mit Schleifringläufer
725	518			Synchron-Generator mit an- gebauter Erregermaschine
727	(519)			Drehstrom - Gleichstrom - Ein- anker-Umformer, 3phasig
730	(601a)			Gleichrichter, 3phasig

VII. Meßgeräte.

DIN VDE 716.

1. Anzeigende Meßgeräte.

Nummer		Schaltzeichen		Schaltbild	Benennung	Nummer		Schaltzeichen		Benennung
VDE	IEC	einpolig	mehrpoleig			VDE	IEC	einpolig	mehrpoleig	
802	(702)				Spannungsmesser	808	—			d) Drehstrom ungleich belastet
804	(704)				Strommesser	810	(706)			Leistungsfaktormesser
805	(705)				Wirkleistungsmesser a) allgemein	813	(707)			Frequenzmesser
807	—				c) Drehstrom gleich belastet	814	(708)			Stromrichtungszeiger
						815	(709)			Isolationsmesser

2. Schreibende Meßgeräte, Zähler, Meßwandler und Relais.

817	711				Schreibendes Meßgerät, allgemein	833	—			Relais, allgemein
819	713				Zähler, allgemein	834	—			Schließendes Stromrelais
825	718				Wattstundenzähler für Vierleiter-Drehstrom	835	—			Öffnendes Leistungsrelais für Drehstrom ungleich belastet mit Nullleiter
826	719				Nebenwiderstand zu Strommessern	836	—			Umschaltendes Frequenzrelais
827	(403)				Stromwandler	837	—			Überstromzeitrelais, abhängig
831	—				Spannungswandler	838	—			Überstromzeitrelais, begrenzt abhängig
832	—				Leistungsmesser für Drehstrom ungleich belastet mit Strom- und Spannungswandler	839	—			Überstromzeitrelais, unabhängig

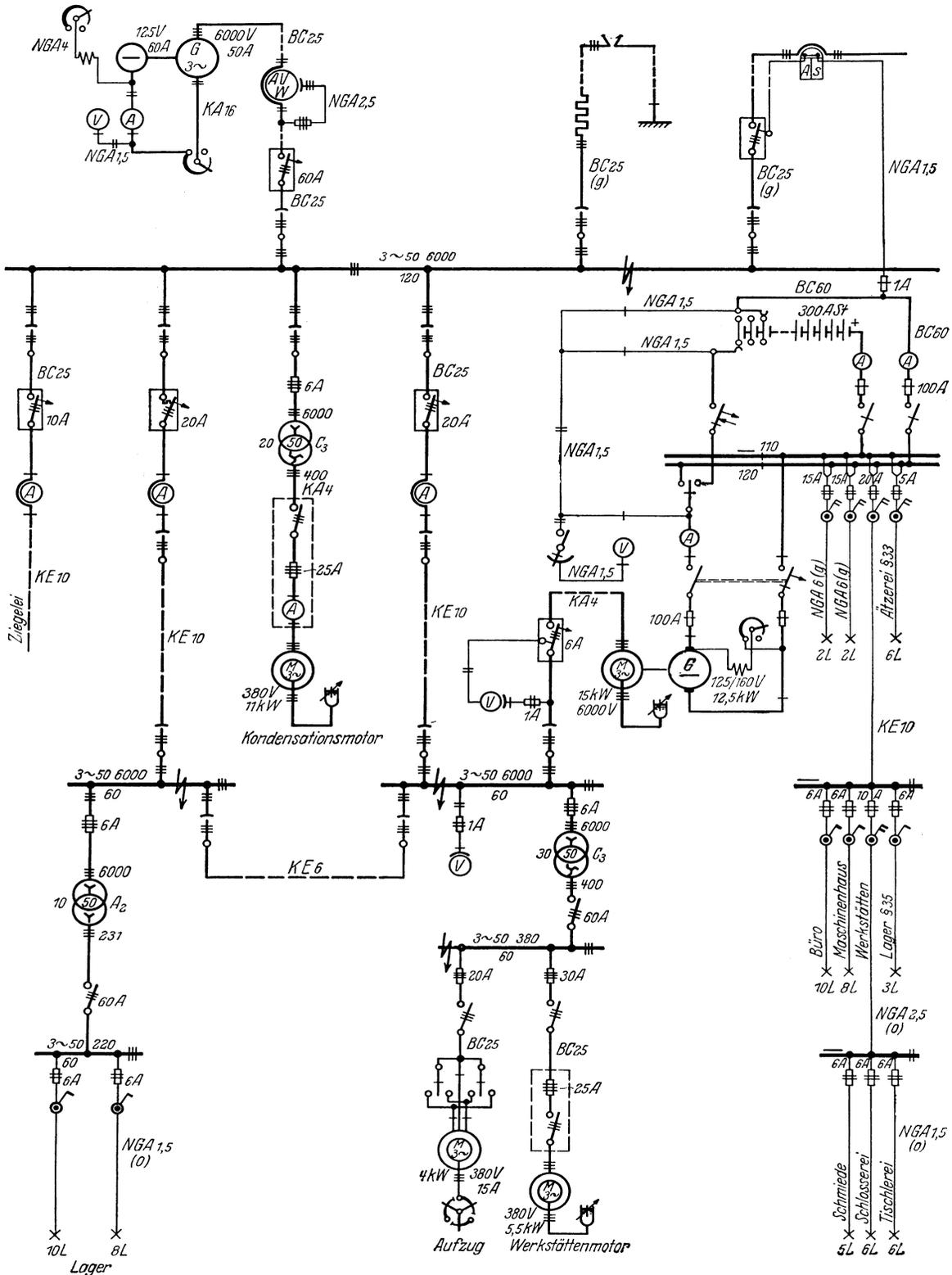
Haben mehrere Instrumente (Zeigerinstrumente, Zähler, Relais) gemeinsame Strom- und Spannungswandler, so wird dieses im einpoligen Schaltplan bei der betreffenden Apparaturgruppe vermerkt, z. B. bedeutet ein Kreis, der die Buchstaben A, V und W enthält und mit den einpoligen Schaltzeichen für einen Strom- und einen Spannungswandler versehen ist, eine Meßeinrichtung, bei der ein Strom-, ein Spannungs- und ein Leistungsmesser an einen gemeinsamen Strom- und an einen gemeinsamen Spannungswandler angeschlossen sind.

VIII. Innen-Installationen.

DIN VDE 717.

Nummer VDE | IEC		Schaltzeichen	Benennung
901	—		Lampe beliebiger Art, allgemein
902	—		Bewegliche Lampe
903	—		Lampenträger mit Lampenzahl
905	—		Ausschalter (Kleinschalter), 1 polig
906	—		Ausschalter (Kleinschalter), 2 polig
907	—		Umschalter (Kleinumschalter) mit zwei Stellungen, 1 polig
908	—		Umschalter (Kleinumschalter) mit zwei Stellungen, 2 polig
909	—		Steckdose
910	—	(g) (r) (o) (k) (b) (bc)	Leitungsverlegung auf Isolierringen in Bleimantelleitung auf Rollen in Rohrdraht oder in Rohren kabelähnlichen Lei- tungen in Kabeln
911	—		Von oben kommende oder nach oben führende Leitung mit Energieführung nach oben
			mit Energieführung von oben
912	—		Von unten kommende oder nach unten führende Leitung mit Energieführung nach unten
			mit Energieführung von unten

IX. Beispiel der Anwendung in einem Schaltplan
nach DIN VDE 719



Die Linienstärken sind nach DIN 15 zu wählen. Wenn es die Übersichtlichkeit der Schaltpläne erfordert, können die Schaltzeichen und Schaltbilder um 90° nach rechts oder links oder um 180° gegen die in den Normblättern DIN VDE 710 bis 717 dargestellte Lage gedreht werden, sofern die Lage als solche für die Darstellung von Bedeutung ist.

Dettmar, Ausfunftsbuch.

B. Die Prüfstelle des VDE und ihr Arbeitsgebiet.

Im Jahre 1920 hat der VDE auf Grund von mehr als 10jährigen Vorbereitungen in Zusammenarbeit mit nachstehenden Verbänden:

Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie,
Vereinigung der Elektrizitätswerke,
Verband Deutscher Elektroinstallationsfirmen,
Elektro-Großhändler-Vereinigung Deutschlands,

eine Prüfstelle errichtet, über deren Entwicklung ETZ 1920, S. 949 (Dettmar) eingehend berichtet ist. Dort sind auch genaue Angaben über den Zweck und die Art der Prüfung, sowie über den Geschäftsgang, der dabei einzuhalten ist, gemacht.

Die Prüfstelle hat die Aufgabe, festzustellen, ob Fabrikate der Starkstromtechnik den vom VDE zum Teil unter Mitwirkung von Behörden aufgestellten Vorschriften, Regeln, Normen und Leitsätzen entsprechen und somit als Erzeugnisse angesehen werden können, die Sicherheit gegen Unfälle bieten. Falls die der Prüfstelle unterbreiteten Apparate die an sie zustellenden Bedingungen erfüllen, wird den Herstellern das Recht verliehen, die den geprüften Typen entsprechenden Erzeugnisse durch ein besonderes, dem Verband gesetzlich geschütztes Zeichen zu kennzeichnen. Dieses Prüfzeichen bestand anfangs entsprechend der nebenstehenden Abbildung aus einem gleichseitigen Dreieck mit abgerundeten Ecken, das die Buchstaben VDE umschließt.



Da es sich als notwendig erwies, auch im Auslande ein Prüfzeichen geschützt zu erhalten, mußte im Jahre 1927 ein neues Zeichen in den ausländischen Staaten angemeldet werden. Dieses besteht aus einem gleichschenkligen Dreieck, welches, wie beim bisherigen Zeichen, die Buchstaben VDE umschließt, und einem an der Grundseite angesetzten Rechteck, wie dies beistehende Abbildung zeigt. Das alte Zeichen¹ gilt längstens bis 30. Juni 1930, während Erzeugnisse, die mit dem alten Zeichen versehen sind, noch bis zum 30. Juni 1932 in den Handel gebracht und verwendet werden dürfen.



Die Genehmigung zur Benutzung des Prüfzeichens berechtigt den Hersteller und Verkäufer der betreffenden Ware, in Preislisten und anderen Drucksachen durch Abdruck des Prüfzeichens auf die bestandene Prüfung hinzuweisen.

Anträge auf Prüfungen durch die „Prüfstelle“ können für die zur Prüfung zugelassenen Apparategruppen bei der „Prüfstelle“ eingereicht werden. Da aber die Ausführung der Prüfungen sowie die Erlaubnis zur Benutzung des Prüfzeichens von der Erfüllung bestimmter Bedingungen abhängig gemacht wird, so empfiehlt es sich, zur Vermeidung von Irrtümern vor

¹ ETZ 1927, S. 1123; 1928, S. 76.

Stellung eines Antrages die „Prüfungsbedingungen“ von der „Prüfstelle“ einzufordern. Jede weitere Auskunft erteilt die Prüfstelle.

Es wird hierbei darauf hingewiesen, daß nicht jeder einzelne Apparat gleicher Ausführung geprüft wird. Es handelt sich vielmehr bei der Prüfung durch die „Prüfstelle“ des VDE um eine Systemprüfung, so daß, wenn die eingereichten Modelle die Prüfung bestanden haben, dies für alle Apparate gilt, welche den zur Prüfung vorgelegten gleichartig sind.

Bemerkt sei noch, daß über die sonstige Qualität der Waren das VDE-Zeichen keine Anhaltspunkte gibt. Es ist sehr wohl möglich, daß gleichartige Erzeugnisse verschiedener Hersteller, die in bezug auf Feuer- und Lebensgefahr und Sicherheit im Betriebe allen Anforderungen des VDE entsprechen und auch das VDE-Zeichen tragen, in bezug auf den Wirkungsgrad, auf ihre bequeme Handhabung, Gewicht und Preis usw. sehr verschieden sein können. Beim Einkauf von Waren und bei Bestellungen sind diese Punkte daher unbedingt nach wie vor nicht außer acht zu lassen.

Alle Waren, die mit dem VDE-Zeichen versehen sind, müssen den Hersteller durch Angabe des Ursprungszeichens und durch einen Marken-Namen erkennen lassen. Waren, die das VDE-Zeichen führen und diese Angaben nicht tragen, sind unbedingt zurückzuweisen, und es empfiehlt sich, vorkommendenfalls der Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker eine entsprechende Mitteilung zugehen zu lassen.

Bei dem VDE besteht ein besonderer Ausschuß, der sich nur mit den Maßnahmen befaßt, die zu einer weiteren Durchführung der VDE-Vorschriften führen sollen.

Diejenigen Apparategruppen, welche zur Prüfung durch die „Prüfstelle“ zugelassen sind, werden jeweils in der „ETZ“ bekanntgegeben.

Das Arbeitsgebiet der Prüfstelle des VDE erstreckte sich Ende 1926 auf folgende Erzeugnisse:

- Sicherungsschmelzstöpsel,
- Sicherungselemente,
- Dosenschalter,
- Steckvorrichtungen,
- Glühlampenfassungen und -armaturen,
- Handleuchter,
- Abzweigdosen,
- Isolierrohre mit gefalztem Mantel aus Messingblech oder verbleitem Eisenblech sowie auch Stahlpanzerrohre,
- Koch- und Heizgeräte, sowie Geräte-Steckvorrichtungen dazu,
- Handgeräte mit Kleinmotoren,
- Geräte-Einbauschalter,
- Christbaumbeleuchtungen,
- Feueranzünder,
- Fanggeräte,
- Spielzeug,
- Klingeltransformatoren,

Verbindungsgeräte, die die Verwendung von Starkstromleitungen bis 440 V Nennspannung als Antenne oder Erde ermöglichen,
 Netzanschlußgeräte, die zur Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom aus Starkstromnetzen bis 440 V Nennspannung dienen,
 Galvanische Elemente.

Die Prüfstelle befindet sich in Berlin SW 48, Tempelhofer Ufer 12. Ihre Tätigkeit ist eine außerordentlich ausgedehnte, wie aus dem vorstehenden Verzeichnis der zur Zeit prüffähigen Apparategruppen hervorgeht. Es besteht die Absicht, das Arbeitsgebiet der Prüfstelle ständig zu erweitern und auf das gesamte Gebiet der Starkstromapparate auszudehnen. Über die Prüfstelle des VDE ist weiter noch Näheres aus ETZ 1923, S. 262 (Ely) und 1925, S. 617 (Paulus) zu ersehen.

C. Normen für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen, Anlassern, Reglern und Transformatoren.

Gültig ab 1. Juli 1909.

A. Allgemeines.

Es wird empfohlen, auf den Maschinen, den dazu gehörenden Apparaten und Transformatoren der im allgemeinen üblichen Bauart (Gleichstrommaschinen mit Nebenschluß-, Reihenschluß- und Verbundwicklung mit oder ohne Wendepole bzw. Kompensationswicklung, Ein- und Mehrphasenmaschinen, Umformer, Doppelgeneratoren, Transformatoren, Anlasser, Regler usw.) einheitliche Bezeichnungen an den Klemmen anzubringen. Bei Sonderausführungen (z. B. Zweikommutatormaschinen, Kommutatormaschinen für Wechselstrom, Sonderanlasser usw.) werden für die notwendigen Ergänzungen vorläufig keine einheitlichen Bezeichnungen festgelegt.

Die normale Klemmenbezeichnung soll das Schaltungsschema nicht ersetzen.

Eine Klemme kann bzw. muß unter Umständen mehrere Buchstaben erhalten.

B. Maschinen und dazu gehörende Apparate.

Der Drehsinn (Rechtslauf: im Uhrzeigersinn, Linkslauf: entgegen dem Uhrzeigersinn) ist bei Maschinen stets von der Riemenscheiben- bzw. Kupplungsseite aus gesehen zu verstehen.

I. Gleichstrom.

Die einheitliche Bezeichnung der Klemmen von Gleichstrommaschinen, Anlassern und Reglern soll sein:

Anker	mit <i>A—B</i>
Nebenschlußwicklung	„ <i>C—D</i>
Reihenschlußwicklung	„ <i>E—F</i>
Wendepolwicklung bzw. Kompensationswicklung	„ <i>G—H</i>

Fremderregte Magnetwicklung	mit $J-K$
Leitung, unabhängig von Polarität	„ L
Netz, Zweileiter	„ $N-P$
„ Dreileiter	„ $N-0-P$
„ Nulleiter	„ 0
Anlasser	„ $L, M, R,$

wobei

L mit N oder P verbunden werden kann,
 M mit C oder D (u. U. über einen Regler),
 R mit A oder B, E, F, G, H je nach Schaltung.

Bei Umkehranlassern sind die Klemmen, deren Vertauschung zur Änderung des Motordrehsinns erwünscht ist, doppelt zu bezeichnen, wobei die für einen der beiden Drehsinne gültige Gruppe in Klammern zu setzen ist, z. B. bei Stromumkehrung im Anker A (B) und B (A).

Es empfiehlt sich, nach Montage die nicht benutzten Bezeichnungen ungültig zu machen.

Bei Magnet-Reglern sind die Klemmen, die mit dem Widerstand verbunden sind mit $s-t$
zu bezeichnen, wobei s mit dem Schleifkontakt unmittelbar in Verbindung steht und mit

C oder D bei Selbsterregung,
 J „ K „ Fremderregung

zu verbinden ist.

Wenn eine mit dem Ausschaltkontakt verbundene Klemme vorhanden ist, wird sie mit q bezeichnet.

Wiederholen sich Bezeichnungen an der gleichen Maschine, so sind diese durch Richtzahlen zu unterscheiden, z. B. bei

Doppelkommutatormaschinen mit A_1-B_1, A_2-B_2

bei Maschinen mit Wendepol- und Kompensationswicklung

für die erstgenannte mit $G_1-H_1,$
„ „ letzterwähnte „ $G_2-H_2.$

II. Wechselstrom (ausschl. Kommutatormaschinen) (Einphasen- und Mehrphasenstrom).

Die einheitliche Bezeichnung von Wechselstrommaschinen, Anlassern und Reglern soll sein:

Anker bzw. Primäranker mit U, V, W
bei verketteter Schaltung.

(bei Einphasenstrom $U-V$)

Anker bzw. Primäranker „ U, V, W, X, Y, Z
bei offener Schaltung, wobei $U-X, V-Y, W-Z$
je zu einer Phase gehören.

Bei Zweiphasenstrom ist die Bezeichnung $U-X, Y-V$
 (bei Verkettung erhält der Verkettungspunkt die
 Bezeichnung X, Y).

Bei Einphasenmotoren mit Hilfsphase wird
 die Hauptwicklung mit $U-V$
 die Hilfswicklung „ $W-Z$

bezeichnet.

Nullpunkt und bei Einphasenstrom der Nulleiter . . „ O
 Sekundäranker (dreiphasig) „ u, v, w
 Sekundäranker (zweiphasig) „ $u-x, y-v$
 Magnetwicklung (Gleichstrom) „ $J-K$
 Leitung, unabhängig von Polarität bzw. Phase . . „ L
 Netz, Drehstrom mit drei Leitungen „ R, S, T
 Netz, Drehstrom mit vier Leitungen (Nulleitung) . „ O, R, S, T
 Netz, Einphasenstrom, Zweileiter „ $R-T$
 Netz, Einphasenstrom, Dreileiter „ $R-O-T$
 Netz, Zweiphasenstrom „ $Q-S, R-T$

Bei Reglern für Generatoren sind die Klemmen, die
 mit dem Widerstand verbunden sind „ $s-t$
 zu bezeichnen, wobei s mit dem Schleifkontakt
 in unmittelbarer Verbindung steht und mit J oder
 K zu verbinden ist. Wenn eine mit dem Ausschalt-
 kontakt verbundene Klemme vorhanden ist, wird
 sie „ q

bezeichnet.

Bei Anlassern werden die Klemmen bezeichnet:

am Sekundäranlasser

bei dreiphasiger Ausführung „ u, v, w
 bei zweiphasiger Ausführung „ $u-x, y-v$

an Primäranlassern für Drehstrom „ $X, Y, Z,$
 wenn sie im Nullpunkt angeschlossen werden;

an Primäranlassern „ $U_1-U_2, V_1-V_2,$
 wenn sie zwischen Netz und Motor angeschlossen
 W_1-W_2

werden.

Bei Umkehranlassern werden die Netzanschlüsse mit R, S, T , die An-
 schlüsse an den Primärankern mit $U (W), V, W (U)$ bezeichnet.

Es empfiehlt sich, nach Montage die nicht benutzten Bezeichnungen
 ungültig zu machen.

Es wird empfohlen, daß bei Drehstromgeneratoren die Reihenfolge der
 Buchstaben U, V, W bei Rechtslauf und beim Netz die Buchstaben R, S, T
 die zeitliche Reihenfolge der Phasen angibt.

C. Transformatoren.

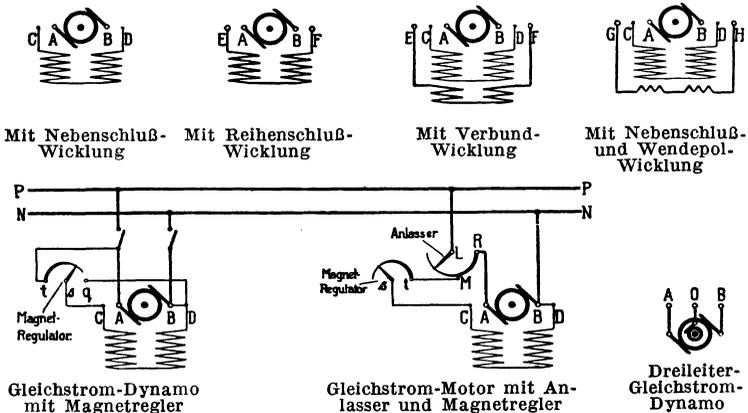
Die einheitliche Bezeichnung der Klemmen von Transformatoren soll sein:

Drehstromwicklung höherer Spannung (Oberspannungswicklung)	mit U, V, W
bei verketteter Schaltung,	
Drehstromwicklung niederer Spannung (Unterspannungswicklung)	,, u, v, w
bei verketteter Schaltung,	
Drehstromwicklung höherer Spannung (Oberspannungswicklung)	,, U, V, W, X, Y, Z
bei offener Schaltung,	
Drehstromwicklung niederer Spannung (Unterspannungswicklung)	,, u, v, w, x, y, z
bei offener Schaltung,	
Einphasenstrom, Wicklung höherer Spannung (Oberspannungswicklung)	,, $U—V$
Einphasenstrom, Wicklung niederer Spannung (Unterspannungswicklung)	,, $u—v$
Nullpunkt und bei Einphasenstrom, Mittelleiter . .	
für Oberspannung	,, O
für Unterspannung	,, o
Stromwandler,	
Netzseite	,, $L_1—L_2$
Apparatseite	,, $l_1—l_2$

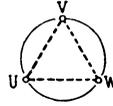
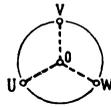
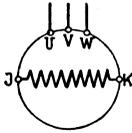
Die alphabetische Reihenfolge der Buchstaben, die an den Klemmen der Primär- und Sekundärwicklung angebracht sind, muß den gleichen Drehsinn ergeben.

Beispiele für die Bezeichnung der Klemmen nach vorstehenden Normen:

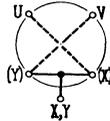
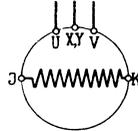
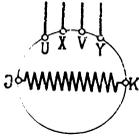
Gleichstrom-Generatoren und -Motoren.



Wechselstrom-Generatoren und Synchron-Motoren.



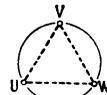
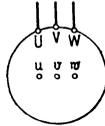
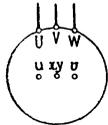
Drehstrom-Generator und Synchron-Motor.



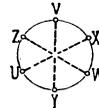
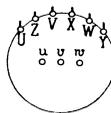
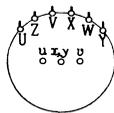
unverkettet
Zweiphasen-Wechselstrom-Generator und Synchron-Motor.

verkettet

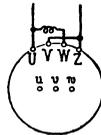
Asynchrone Wechselstrom-Motoren.



zweiphasigem mit
Anker dreiphasigem Stern-
Schaltung Dreieck-
Schaltung
Drehstrom-Motor, Stator verkettet.

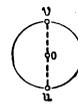
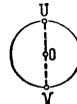
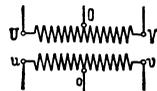
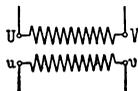


zweiphasigem mit
Anker dreiphasigem
Drehstrom-Motor, Stator unverkettet.



Einphasen-Motor mit Hilfsphase.

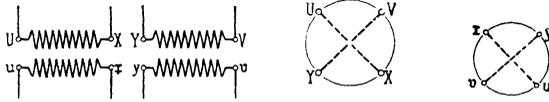
Spannung-Transformatoren.



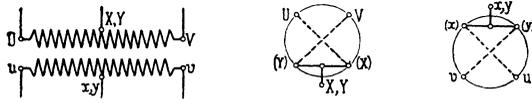
Ohne

Mit

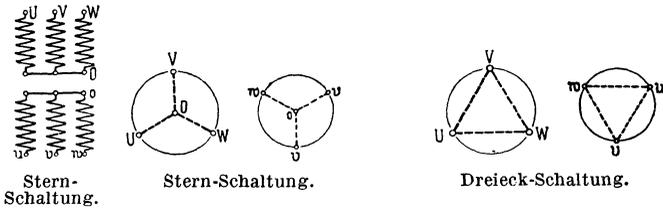
Nulleiter.
Für einphasigen Wechselstrom.



Für zweiphasigen unverketteten Wechselstrom.



Für zweiphasigen verketteten Wechselstrom.

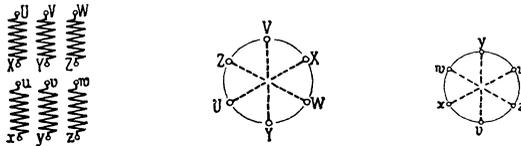


Stern-Schaltung.

Stern-Schaltung.

Dreieck-Schaltung.

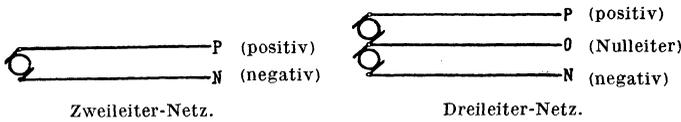
Für Drehstrom, Transformator in verketteter Schaltung.



Für Drehstrom, Transformator in offener Schaltung.

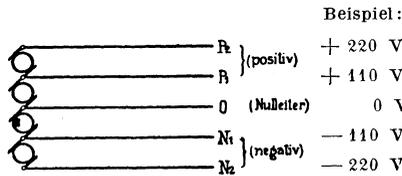
Netz-Bezeichnungen.

Gleichstrom.



Zweileiter-Netz.

Dreileiter-Netz.

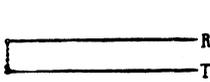


Beispiel:

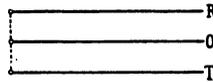
R_1	} (positiv)	+ 220 V
R_2		+ 110 V
0	(Nulleiter)	0 V
N_1	} (negativ)	- 110 V
N_2		- 220 V

Fünfleiter-Netz.

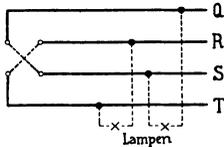
Wechselstrom.



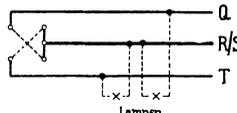
Zweileiter-Netz.



Dreileiter-Netz.

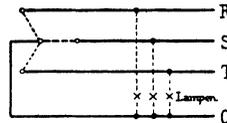
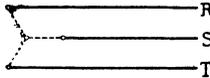


Unverkettet.



Verkettet.

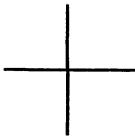
Zweiphasig.



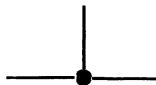
Mit besonderem Nulleiter.

Dreiphasig.

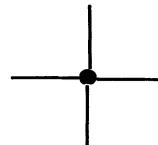
Kreuzende Leitungen.



Ohne Verbindung.



Mit Verbindung.



D. Leitsätze betreffend die einheitliche Errichtung von Fortbildungskursen für Starkstrommonteure und Wärter elektrischer Anlagen¹.

Gültig ab 1. Juli 1910².

Leitsatz 1.

Ziel der Fortbildungskurse ist es, den mit der Einrichtung und Wartung elektrischer Starkstromanlagen betrauten Monteuren, Maschinisten und Wätern ein besseres Verständnis für die Maßnahmen zu geben, die zur Sicherheit der mit genannten Anlagen in Berührung kommenden Personen und für eine ordnungsmäßige Betriebsführung erforderlich sind.

¹ Erläuterungen siehe ETZ 1910, S. 490.

² Angenommen durch die Jahresversammlung 1910 des VDE. Veröffentlicht: ETZ 1910, S. 492.

Leitsatz 2.

Weiterhin ist anzustreben, dem natürlichen Interesse für die in Betracht kommenden Vorgänge durch Aufklärung darüber Rechnung zu tragen und hierdurch die Berufsfreudigkeit zu erhöhen.

Leitsatz 3.

Zur Teilnahme an den Fortbildungskursen sollen nur Monteure und Wärter zugelassen werden, die bereits praktisch in dieser Eigenschaft längere Zeit hindurch tätig waren.

Leitsatz 4.

Nur solche Gegenstände sollen in den Kursen behandelt werden, die die Ausführung der praktischen Arbeiten fördern. Theoretische Auseinandersetzungen sind grundsätzlich zu beschränken.

Leitsatz 5.

Das Programm der Kurse soll vor allen Dingen auf den Stoff der „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen“ sowie der „Anleitung zur ersten Hilfsleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe“ und der „Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe“ Rücksicht nehmen. Weiteres richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen.

Leitsatz 6.

Anzustreben ist, daß als Vortragende Herren gewählt werden, die in der Praxis stehen oder in enger Berührung mit dieser sind.

Leitsatz 7.

Bei allen Kursen sollten möglichst akademische Vorträge vermieden werden. Der Stoff sollte vielmehr in Besprechungen, Vorführungen und Übungen (gegebenenfalls Exkursionen) behandelt werden.

Leitsatz 8.

Es empfiehlt sich, den Einfluß der Vorträge dadurch nachhaltiger zu gestalten, daß man den Hörern kurze Auszüge aus diesen gibt. Außerdem hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, den Hörern geeignete Bücher nachzuweisen oder, wenn möglich, zu ermäßigten Preisen bzw. kostenlos zur Verfügung zu stellen.

Leitsatz 9.

Grundsätzlich sollen keine Zeugnisse, sondern lediglich Teilnahmebescheinigungen ausgestellt werden, aus denen hervorgeht, welche Gebiete in dem Kursus behandelt worden sind.

Leitsatz 10.

Die Fortbildungskurse müssen so eingeteilt werden, daß eine Unterbrechung des Erwerbes seitens der Hörer nicht notwendig ist.

Leitsatz 11.

Seitens der Arbeitgeber ist eine Förderung der Kurse erwünscht.

Leitsatz 12.

Die zum Verbandsgehörenden elektrotechnischen Vereine sollen dafür besorgt sein, daß in ihrem Bezirke Kurse abgehalten werden, die den vom VDE aufgestellten Leitsätzen entsprechen.

Leitsatz 13.

Die Kurse sollen möglichst zu ständigen Einrichtungen ausgestaltet werden.

Schlußbemerkung.

Abstand wird davon genommen, einen Einheitsplan für die Kurse vorzuschreiben, einesteils weil die Frage des Stoffes noch zu sehr im Flusse ist, andererseits weil Auswahl und Behandlung nach den örtlichen Verhältnissen verschieden sein müssen. Um jedoch Vereinen, die solche Kurse erstmalig einzurichten beabsichtigen, einen Anhalt zu geben, wird auf den Aufsatz von Dettmar: „ETZ“ 1909, S. 678 verwiesen, der eine Zusammenstellung der Programme bestehender Kurse enthält. Ferner wird im folgenden auf Grund bereits gesammelter Erfahrungen eine Übersicht des in Betracht kommenden Stoffes gegeben:

- I. Das Wesen des Magnetismus und der Elektrizität.
 1. Magnetismus.
 2. Elektrizität.
 3. Wechselwirkung zwischen Magnetismus und Elektrizität.
- II. Wichtigste Stromerzeuger der Starkstromtechnik.
 1. Gleichstrommaschinen.
 2. Wechselstrommaschinen.
 3. Transformatoren, Umformer.
 4. Batterien.
- III. Verwendung des elektrischen Stromes.
 1. Beleuchtung:
 - a) Glühlicht.
 - b) Bogenlicht.
 - c) Sonstige Lampen.
 2. Kraft:
 - a) Gleichstrom.
 - b) Wechselstrom.
 - c) Drehstrom.
 3. Heizung und sonstige Zwecke (Galvanoplastik).
- IV. Verteilung der elektrischen Energie.
 1. Verschiedene Leitungssysteme für Gleich- und Wechselstrom.
 2. Verschiedene Leitungssysteme für Mehrphasenstrom.
 3. Berechnung einfachster Leitungsanlagen (Stromdichte und Spannungsabfall).
 4. Hochspannung-Übertragungsanlagen.

V. Meßkunde.

1. Hauptsächliche Meß- und Prüfapparate (Spannung-, Strom- und Leistungsmesser, Elektrizitätszähler und Isolationsmesser).
2. Wichtige Meßarbeiten des Monteurs (Isolationsmessungen nach den Errichtungsvorschriften des VDE und sonstige Messungen).

VI. Spezielle Installationslehre, unter besonderer Berücksichtigung der Errichtungsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen des VDE:

1. Aufstellung von Generatoren, Motoren, Transformatoren und Batterien.
2. Werkstoff- und Apparatenkunde.
3. Aufstellung von Schalttafeln und Apparaten.
4. Herstellung unterirdischer Leitungsanlagen.
5. Herstellung oberirdischer Freileitungsanlagen.
6. Herstellung oberirdischer Innenleitungsanlagen.
7. Anbringung von Lampen und sonstigen Stromverbrauchern.
8. Leitungspläne und Werkstoffabrechnung.

VII. Spezielle Betriebslehre, unter besonderer Berücksichtigung der Betriebsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen des VDE:

1. Inbetriebsetzung und Wartung elektrischer Maschinen und Transformatoren.
2. Schaltungsarbeiten an elektrischen Maschinen und Transformatoren.
3. Behandlung der Akkumulatorenbatterien im Betriebe.
4. Allgemeiner Betriebsdienst bei Starkstromanlagen.

VIII. Allgemeine Sicherheitsmaßnahmen.

1. Bekämpfung von Bränden.
2. Wiederbelebungsversuche.
3. Besprechung von Unfällen.

E. Gesetz, betr. die Bestrafung der Entziehung elektrischer Arbeit.

Vom 9. April 1900.

§ 1. Wer einer elektrischen Anlage oder Einrichtung fremde elektrische Arbeit mittels eines Leiters entzieht, der zur ordnungsmäßigen Entnahme von Arbeit aus der Anlage oder Einrichtung nicht bestimmt ist, wird, wenn er die Handlung in der Absicht begeht, die elektrische Arbeit sich rechtswidrig zuzueignen, mit Gefängnis und mit Geldstrafe bis zu 1500 M. oder mit einer dieser Strafen bestraft.

Neben der Gefängnisstrafe kann auf Verlust der bürgerlichen Ehrenrechte erkannt werden.

Der Versuch ist strafbar.

§ 2. Wird die im § 1 bezeichnete Handlung in der Absicht begangen, einem anderen rechtswidrig Schaden zuzufügen, so ist auf Geldstrafe bis zu 1000 M. oder auf Gefängnis bis zu 2 Jahren zu erkennen.

Die Verfolgung tritt nur auf Antrag ein.

F. Betriebsvorschriften für Aufzüge des Deutschen Aufzugs-Ausschusses.

Der Deutsche Aufzugs-Ausschuß ist von den Regierungen der verschiedenen Länder zur Förderung des deutschen Aufzugswesens mit dem Sitz in Berlin errichtet worden. Er hat die Aufgabe, die technischen Grundsätze für den Bau von Aufzügen, gemäß § 4 der Verordnungen der Länder über die Einrichtung und den Betrieb von Aufzügen (Aufzugsverordnung), aufzustellen und nach den Bedürfnissen der Praxis und den Ergebnissen der Wissenschaft fortzubilden. Als Anlage zu der vom Deutschen Aufzugs-Ausschuß aufgestellten Polizeiverordnung über die Einrichtung und den Betrieb von Aufzügen ist nachstehende Betriebsvorschrift für Aufzüge als für die Bedienung derselben gültig aufgestellt worden:

I. Geltungsbereich.

Die Betriebsvorschriften gelten für alle Aufzüge, auf welche die Verordnung über die Einrichtung und den Betrieb von Aufzügen Anwendung findet, mit Ausnahme von Personenaufzügen in Privathäusern, die nur von einer Familie bewohnt werden.

II. Vorschriften für den Aufzugsbesitzer.

1. Der Aufzugsbesitzer darf nur solche Personen mit der Bedienung des Aufzuges betrauen, die nach § 10 Abschnitt II der Verordnung zugelassen sind. In Fabriken, Hotels, Warenhäusern und ähnlichen Großbetrieben sind die Führer und Hilfsführer der Aufzüge durch ein Abzeichen kenntlich zu machen.

2. Der Aufzugsbesitzer muß dafür Sorge tragen, daß:

- a) der Aufzug in betriebssicherem Zustande erhalten wird;
- b) die in der Verordnung und den technischen Grundsätzen vorgeschriebenen Aufzugsschilder vorhanden sind;
- c) ein Abdruck dieser Betriebsvorschriften sowie des Abschnitts IV daraus an den in der Verordnung bezeichneten Stellen aushängt;
- d) die Triebwerksräume, die Fahrschachtzugänge und bei Personenaufzügen die Fahrkörbe ausreichend beleuchtet sind;
- e) die regelmäßigen Prüfungen des Aufzuges veranlaßt und etwaige Beanstandungen sofort behoben werden;
- f) der Aufzug außer Betrieb gesetzt wird, sobald er sich nicht in gefahrlosem Zustande befindet.

III. Vorschriften für die mit der Bedienung der Aufzüge betrauten Personen.

1. Die mit der Bedienung der Aufzüge betrauten Personen müssen täglich vor Inbetriebnahme des Aufzuges feststellen, daß:

a) der Aufzug nicht in Bewegung gesetzt werden kann, wenn die Fahr- schachttür in einem Stockwerk geöffnet oder nicht ordnungsmäßig ge- schlossen ist;

b) der Aufzug in den Endstellungen des Fahrkorbes selbsttätig still- gesetzt wird;

c) die Bremsvorrichtung der Aufzugswinde ordnungsmäßig wirkt;

d) die Notrufvorrichtung in Personenaufzügen in Ordnung ist.

2. Die mit der Bedienung der Aufzüge betrauten Personen müssen den Aufzug und insbesondere die Führungsschienen, die Seile oder sonstigen Tragmittel und ihre Befestigungen, die Fang- und Bremsvorrichtungen, die Schalteinrichtungen und die Türverschlüsse in regelmäßigen Zwischenräumen nachsehen und reinigen und dafür sorgen, daß alle beweglichen Teile, Lager und Führungen nach Bedarf geschmiert werden.

3. Die Führer dürfen die Schlüssel für Aufzugstüren, für Steuerungs- und Sicherheitseinrichtungen und für sonstige unter Verschuß zu haltende Einrichtungen nicht an unbefugte Personen abgeben und sind dafür ver- antwortlich, daß der Fahrschacht nicht zur Lagerung von Gegenständen irgendwelcher Art benutzt wird.

4. Die Führer müssen hervortretende Mängel sofort dem Aufzugsbesitzer melden und verhindern, daß ein nicht in gefahrlosem Zustande befindlicher Aufzug benutzt werden kann. Das Verbot der Benutzung muß an jeder Zugangsstelle für jedermann erkenntlich gemacht sein; gefährdete Zugangs- stellen sind außerdem sicher abzusperrern.

5. Die den Aufzug bedienenden Führer müssen während der Fahrt im Bereiche der Steuerung bleiben.

IV. Vorschriften für die Benutzung.

1. Fahrkorb gleichmäßig belasten. Lasten nötigenfalls gegen Verschie- bung sichern.

2. Fahrschachttür und etwa vorhandene Fahrkorbtür ordnungsmäßig schließen; erst dann Steuerung betätigen.

3. Beim Hängenbleiben des Fahrkorbes oder beim Ausbleiben der An- triebskraft Steuerung in Haltstellung bringen.

4. In Personenaufzügen beim Hängenbleiben des Fahrkorbes oder im Falle der Gefahr Notrufvorrichtung betätigen.

5. Fahrkorbtür und Fahrschachttür nicht öffnen, bevor Fahrkorb in Ruhe.

6. Es ist verboten:

a) Aufzüge ohne Befugnis zu bedienen;

b) Aufzüge über die festgesetzte Höchstlast zu belasten;

c) Personen in Aufzügen zu befördern, bei denen das Mitfahren von Personen verboten ist;

d) die Schalteinrichtungen und Sicherheitsvorrichtungen vorschriftswidrig zu benutzen oder sie zu beschädigen.

V. Vorschriften für die Instandhaltung und die Instandsetzung.

1. Das Schmieren der Führungsschienen hat, wenn keine selbsttätigen Schmiervorrichtungen vorhanden sind, durch die Klappen in den seitlichen Fahrkorbwandungen zu erfolgen. Das Betreten der Fahrkorbdecke zur Vorahme von Reinigungs- oder Schmierarbeiten während der Fahrt ist unzulässig.

2. Arbeiten im Fahrschacht dürfen nur vorgenommen werden, wenn durch geeignete Maßnahmen dafür gesorgt ist, daß der Aufzug gegen den Willen der die Instandsetzungsarbeiten ausführenden Person nicht in Bewegung gesetzt werden kann.

3. Die Fahrkorbdecke darf bei Instandsetzungsarbeiten nur durch die mittels der vorgeschriebenen Kurzschließvorrichtung öffnbare Fahrschachttür oder durch die dafür vorgesehene Öffnung in der Fahrkorbdecke und nur dann betreten werden, wenn der Fahrkorb stillgesetzt ist.

VI. Bestrafungen.

Die Nichtbefolgung der vorstehenden Betriebsvorschriften kann nach § 17 der Verordnung mit Geldstrafe bis zum Betrage von 150 RM. oder im Unvermögensfalle mit entsprechender Haft bestraft werden, soweit nicht nach den Strafgesetzen eine höhere Strafe verwirkt ist.

Die Führer der Aufzüge haben das Recht und die Pflicht, Personen, welche sie bei ihren Obliegenheiten hindern oder stören, festzustellen und zwecks Bestrafung anzuzeigen.

G. Reichsausschuß für Lieferbedingungen beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit, Berlin NW 6, Schiffbauerdamm 19.

Der Reichsausschuß für Lieferbedingungen ist auf Grund freier Vereinbarungen von Industrie, Handwerk, Groß- und Kleinhandel, Verbraucherschafft, Behörden und Wissenschaft ins Leben gerufen worden, denen sich die Landwirtschaft und das Lebensmittelgewerbe angeschlossen haben. Er hat sich die Aufgabe gestellt, einheitliche Lieferbedingungen und Prüfverfahren für Rohstoffe, Halbfabrikate und Fertigwaren zu schaffen. Er bezweckt damit die Festlegung von Gütevorschrift und Qualitätsklassen, Vereinheitlichung handelsüblicher Gebräuche bezüglich Handelsmengen, Bemusterung, Verpackung und Lagerung nach Verwendungszwecken. Damit sollen Mindestgrenzen für den stofflichen Inhalt, die äußere Beschaffenheit usw. aufgestellt werden, auf die sich dann weitere Qualitätsklassen aufbauen können.

Für den Verbraucher ergeben sich daraus folgende Vorteile und Auswirkungen:

Waren stets gleichen Gehalts und Aussehens sowie bestimmter Ausgiebigkeit;

Wegfall des Sortierens;

Verringerung der Verluste durch Abfall;

Verringerung der Arbeit bei Gebrauch und Zubereitung;

Enttäuschung und Gefühl der Übervorteilung schwinden;

Beseitigung häufiger Verschwendung an Material } = Geld;

Beseitigung häufiger Verschwendung an Zeit }

dadurch Anpassung an die beschränkte Kaufkraft der deutschen Abnehmerschaft;

daraus folgend eine allmähliche, stetig zunehmende Marktbelebung;

Erzielung angemessener Preise, Mindestqualitäten und darüber liegende können durch Überangebot geringwertiger, minderwertiger oder unsortierter Waren nicht gedrückt werden;

dadurch Erhaltung der Kaufkraft für weiteren Ausbau der Erzeugungs- und Handelsmethoden, die zur weiteren Wirtschaftsbelebung führt;

Wiederaufrichtung des Vertrauens zwischen Erzeuger und Händler, Händler und Verbraucher;

Stärkung gesunder Erzeugungs- und Handelsverhältnisse, Möglichkeiten zu Frachtersparnissen, Frachtvergünstigungen, Prämien- und Zollsenkungen;

Förderung der Ernährung aus eigener Scholle, da Qualitätsbestimmungen wegweisend für die rechte Wahl der Produktionsmittel sein werden;

Bekämpfung ausländischer Standardwaren, die unsere Märkte bedrohen, und die wir durch deutschen Geist, Arbeit und Bodenschätze mindestens ebensovoll herstellen können;

Absatzförderung auf dem internationalen Warenmarkt.

Durch die Schaffung einfacher und einheitlicher Prüfverfahren wird die Begutachtung der Waren erleichtert, der Grad der Sicherheit erhöht und Streitigkeiten vermindert.

Der Reichsausschuß für Lieferbedingungen hat eine große Zahl von Arbeiten bereits abgeschlossen und als Druckschriften im Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S, Dresdener Str. 97, erscheinen lassen. Als für den elektrischen Betrieb wichtig seien einige nachstehend abgedruckt:

1. Lieferbedingungen für Maschinenputztücher¹ 390 A 2.

2. revidierte Ausgabe März 1928 (hierdurch wird die unter Nr. 390 A erfolgte Ausgabe Juni 1925 ungültig).

Die „Lieferbedingungen für Maschinenputztücher“ wurden erstmalig auf einer am 3. März 1925 abgehaltenen Sitzung vereinbart und unter „Ausgabe Juni 1925“ veröffentlicht. Sie sind nunmehr auf Grund der am 22. November 1927 unter dem Vorsitz von Professor G. Herzog abgehaltenen Sitzung revidiert. Um bei Bestellungen, Angeboten und Lieferungen eine

¹ Nachdruck nur mit Genehmigung des RAL. Vertrieb: Beuth-Verlag, Berlin S 14.

Verwechslung mit der alten Fassung zu vermeiden, ist die Eintragungsnummer durch Anhängung der Zahl 2 (d. h. zweite Ausgabe) geändert worden.

Die neuen Bedingungen sind von folgenden Körperschaften angenommen worden:

Erzeuger:

C. Otto Engert, Textilwerke G. m. b. H., Kirschau,
 Gebr. Friese A.-G., Kirschau,
 Ernst Grahl, Baumwoll- und Juteweberei, Wilthen,
 Liebscher & Stolle, Rucksack- und Gamaschenfabrik, Wilthen,
 Mechanische Weberei Altstadt G. m. b. H., Altstadt i. Sa.,
 Gebr. Müller G. m. b. H., Löbau,
 Riedel & Ginzler, Bernstadt,
 Max Schwarzbach, Spinnerei und Weberei, Altmittweida i. Sa.
 Oskar Paul Sperling, Wilthen,
 Textilwerke Großpostwitz, Jannasch & Co., Großpostwitz,
 C. G. Thomas, Aktiengesellschaft, Wilthen,
 Vereinigte Putztuchwerke, Cöpenick,
 Vereinigte Spinnereien und Webereien August Pelz & C. W. Paul
 G. m. b. H., Kirschau,

Verband der Maschinenputztuch-Webereien und Wäschereien mit folgenden angeschlossenen Firmen:

Paul Berger & Co., Mulda i. Sa.,
 Karl Geißler, Mechanische Weberei, Saalfeld a. d. S.,
 C. F. Kuhn, Leubsdorf i. Sa.,
 Maschinenputztücher G. m. b. H., Benrath a. Rh.,
 Phönix, Vereinigte Dampfwaschanstalten, Elberfeld,
 Reimes & Co., Dortmund,
 Schönfeld & Co., Chemnitz,
 Adolf Strecker G. m. b. H., Metzingen i. Württ.,
 Emil Vogel, Dampfwaschanstalt, Dresden-Blasewitz,
 Verband der Putzlappenhersteller.

Handel:

Deutscher Drogistenverband,
 Händlerverband für Gummi-, Asbest- und technische Bedarfsartikel,
 Reichsverband des Deutschen Groß- und Überseehandels,
 Reichsverband des Deutschen Seifenhandels und verwandter Betriebe,
 Verband deutscher Waren- und Kaufhäuser,
 Zentralverband deutscher Konsumvereine.

Verbraucher:

Arbeitsgemeinschaft der Eisen verarbeitenden Industrie (Avi),
 Beton- und Tiefbau-Wirtschaftsverband¹,

¹ Gehört der Avi an.

Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft,
 Deutscher Braunkohlen-Industrie-Verein,
 Deutscher Eisenbau-Verband¹,
 Deutscher Feldbahnverband¹,
 Deutscher Städtetag,
 Eisen- und Stahlwaren-Industriebund¹,
 Gesamtvereinigung der Weiß- und Schwarzblech verarbeitenden Industrie¹,
 Handelsschiffs-Normen-Ausschuß (HNA),
 Reichsbund der deutschen Metallwaren-Industrie¹,
 Reichsverband der Automobil-Industrie¹,
 Reichsverband des deutschen Handwerks,
 Reichsverband landwirtschaftlicher Hausfrauenvereine,
 Reichswehrministerium, Heer,
 Reichswehrministerium, Marine,
 Telegraphentechnisches Reichsamt,
 Verband deutscher Elektrotechniker,
 Verein der märkischen Kleineisen-Industrie¹,
 Verein deutscher Fahrrad-Industrieller¹,
 Verein deutscher Maschinenbauanstalten¹,
 Verein für die bergbaulichen Interessen, Essen,
 Verein zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie Deutschlands,
 Vereinigung der deutschen Dampfkessel- und Apparateindustrie¹,
 Vereinigung der Walzdraht-Verbraucher¹,
 Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie¹.

Ferner:

Bad. Chem.-Techn. Prüfungs- und Versuchsanstalt Karlsruhe,
 Bayerischer Industrie- und Handelskammertag,
 Bayerische Landesgewerbeanstalt, Nürnberg,
 Chem.-Techn. Reichsanstalt,
 Forschungsinstitut für rationelle Betriebsführung im Handwerk, Karlsruhe,
 Handelskammer Reutlingen,
 Handelskammer Zittau,
 Industrie- und Handelskammer Berlin,
 Industrie- und Handelskammer Duisburg,
 Industrie- und Handelskammer Düsseldorf,
 Industrie- und Handelskammer Halberstadt,
 Industrie- und Handelskammer Hannover,
 Industrie- und Handelskammer Köln,
 Industrie- und Handelskammer Königsberg,
 Industrie- und Handelskammer München,

¹ Gehört der Avi an.

Industrie- und Handelskammer Passau,
 Mechan. techn. Laboratorium a. d. Technischen Hochschule München,
 Physikalisch-Technische Reichsanstalt,
 Reichsfinanzministerium,
 Sächsische Regierung,
 Staatliches Materialprüfungsamt, Berlin,
 Staatliche Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule zu
 Darmstadt,
 Versuchs- und Materialprüfungsamt an der Technischen Hochschule
 Dresden.

Lieferbedingungen für Maschinenputztücher.

A. Sorten.

1. Putztücher aus Baumwollabfällen und Kunstbaumwolle (zerfaserte Baumwollgewebe oder Garne),
 2. Putztücher aus Bouretteseide¹.

Maschinenputztücher sind Gewebe von bestimmten Abmessungen, die an den Rändern ohne Webkanten oder Dreherleiste gesäumt sind. Der Saum ist, falls nicht anders vereinbart, entweder umstochen oder umgelegt².

B. Abmessungen (Fertigmaße).

Bei Bestellung ist die Größe anzugeben. Handelsüblich sind:

40 × 40 cm

45 × 45 cm.

Die Abmessungen sind Fertigmaße, Größenschwankungen in jeder Richtung von $\pm 3\%$ sind zulässig.

C. Kennzeichnung.

Maschinenputztücher sind, wenn nicht anders vereinbart, mit Namen oder Zeichen des Besitzers zu liefern³.

Die Färbung des Kennzeichens muß wasch- und sodaecht sein.

D. Handelsübliche Verpackung.

In Ballen, bestehend aus Einzelbündeln zu 50 oder 100 Stück. Umhüllung der Ballen mit Jutegewebe.

E. Eigenschaften.

1. Beschaffenheit des Gewebes.

Das Gewebe muß fest und doch weich und porös sein, um die Ölaufnahmefähigkeit zu erhöhen. Aus diesem Grunde wird dickes, locker gedrehtes

¹ Diese Tücher dürfen bei der Reinigung nicht mit Alkalien (Soda usw.) behandelt werden.

² Der umgelegte Saum ist normalerweise haltbarer als der umstochene. Weil Maschinenputztücher mehrfach gewaschen und wieder verwandt werden, ist auf die Festigkeit des Saumes unbedingt zu achten. Der umgelegte Saum ist daher auch vorzuziehen.

³ Aufgedrucktes Kennzeichen (Stempelung) ist zu vermeiden, weil waschechte Stempelfarbe vielfach das Gewebe zerfrißt.

Garn dazu verwendet¹. Die Tücher dürfen bei Benutzung keine Fasern zurücklassen.

2. Feuchtigkeitsgehalt.

Die Ware darf nicht mehr Feuchtigkeit enthalten, als sie aus der Luft anzieht.

F. Bemusterung.

Für den Fall einer Bemusterung ist folgendes zu vereinbaren.

Der Käufer erhält zwei gleiche Muster. Das eine ist in Anwesenheit des Verkäufers und des Käufers bzw. deren bevollmächtigten Vertretern mit dem Siegel des Verkäufers zu versehen und für etwaige Streitfälle aufzubewahren. Das zweite Muster dient als Vergleichsmuster bei der Lieferung².

G. Abnahmeprüfung.

Bei der Abnahme sind Stückzahl und Beschaffenheit der Ware an Hand von Stichproben zu prüfen. Kleine Abweichungen in Reinheit, Farbe, Festigkeit und Aufsaugfähigkeit für Maschinenöl, ferner Größenschwankungen bis zu $\pm 3\%$ (vgl. B) und Gewichtsschwankungen (bei gleichem Feuchtigkeitsgehalt) bis zu $\pm 5\%$ geben kein Recht zu Beanstandungen. Die Gewebegewichte sind bei gleichem Feuchtigkeitsgehalt und unter Beziehung auf die Flächeneinheit zu vergleichen. Saumumschläge sind hierbei zu berücksichtigen. Vor der Prüfung sind die zu vergleichenden Tücher 24 Stunden lang im Prüfraum aufzubewahren.

Zum Zwecke einer genauen Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes sind Proben in luftdichter Verpackung an ein Prüfungsinstitut einzusenden.

H. Allgemeine Bemerkungen.

1. Reinigung.

Gute Putztücher lassen sich bei normalem Gebrauch häufiger reinigen, ohne ihre durchschnittliche Gebrauchsfähigkeit, vor allen Dingen auch ihre Saugwirkung zu verlieren. Die Wiederverwendbarkeit gewaschener Tücher hängt auch davon ab, ob sie stark verschmutzt, in Berührung mit ätzenden Chemikalien gekommen oder mit fremden Bestandteilen, z. B. Feilspänen, durchsetzt sind.

2. Lagerung und Versand gebrauchter Tücher.

Da ölhaltige Tücher der Gefahr der Selbstentzündung ausgesetzt sind, sind bei der Lagerung die behördlichen Vorschriften sowie die der Feuerversicherungen zu beachten. Gebrauchte ölige Tücher sind in eiserne Kästen mit selbstschließenden Deckeln zu legen. Für den Bahnversand sind die Vorschriften der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft maßgebend.

¹ Ein zu dicht gewebtes Tuch erscheint zwar haltbarer, ist aber weniger saugfähig.

² Die Siegelung der Muster kommt in der Hauptsache bei größeren Abschlüssen, insbesondere mit Behörden, in Betracht.

2. Lieferbedingungen für Putzlappen RAL 390 C.

An der Aufstellung des Blattes „Lieferbedingungen für Putzlappen“ haben bisher die nachfolgenden Körperschaften usw. mitgearbeitet:

AEG,
 Berliner Straßenbahn-Betriebs G. m. b. H.,
 Chemisch-Technische Reichsanstalt,
 Deutscher Kunstspinnstoff-Ausschuß,
 Deutsche Reichsbahngesellschaft,
 Deutscher Städtetag,
 Eisenwerk Wülfel,
 Gießerei-Normenausschuß (Gina),
 I. G. Farbenindustrie,
 Industrie- und Handelskammer zu Berlin,
 Inspektion für Waffen und Gerät,
 Ludw. Loewe & Co. A.-G.,
 Mechanische Weberei Altstadt G. m. b. H.,
 Raboma, Maschinenfabrik,
 Reichsgesundheitsamt,
 Reichswehrministerium, Heereswaffenamt,
 Reichswehrministerium, Marineleitung,
 Siemens-Schuckert Werke G. m. b. H.,
 Staatliches Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem,
 Telegraphentechnisches Reichsamt,
 Verband der Putzlappen- und Polierscheibenhersteller,
 Verein deutscher Maschinenbauanstalten,
 Verein deutscher Schiffswerften,
 Verein deutscher Straßenbahnen, Kleinbahnen und Privateisenbahnen,
 Verein zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie Deutschlands,
 Vereinigte Putztuchwerke Cöpenick,
 Vereinigung der Elektrizitätswerke,
 Wirtschaftliche Vereinigung deutscher Gaswerke,
 Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie,
 Zentralverband des deutschen Rohproduktengewerbes.

Allen interessierten Kreisen wird empfohlen, diese Liefernorm im Geschäftsverkehr zugrunde zu legen.

A. Begriffsbestimmung.

Putzlappen sind größere Lumpenstücke aus bestimmten Gewebearten, die vom Lumpenhandel und von den Putzlappenherstellern bearbeitet werden. Man unterscheidet weiße Putzlappen und bunte Putzlappen (Mischung von Lumpen verschiedener Farbe).

B. Sorten.

1. Baumwollene u. halbleinene Putzlappen in weiß¹.
2. Baumwollene u. halbleinene Putzlappen in bunt.
3. Leinene Putzlappen in weiß¹.
4. Leinene Putzlappen in bunt.
5. Trikotputzlappen.
6. Halbwoollene Putzlappen.

Die Sorte ist bei Bestellung anzugeben.

C. Abmessungen.

Das Mindestmaß der Putzlappen soll, wenn nicht anders vereinbart, 20 × 30 cm betragen. Andere Mindestgrößen sind bei Bestellung anzugeben.

D. Handelsübliche Verpackung.

Putzlappen werden nach Gewicht gehandelt. Kleinere Mengen werden im allgemeinen in Stopfballen geliefert, größere, insbesondere ganze Wagenladungen, in Preßballen (100 bis 250 kg) mit Jutegewebe umhüllt. Die brutto für netto zu rechnende Verpackung darf 5% nicht übersteigen.

E. Eigenschaften.

1. Beschaffenheit und Reinheit des Gewebes.

Putzlappen müssen aus festem, weichem Gewebe, im wesentlichen ohne Löcher, bestehen und durch Auskochen in Soda- und Seifenlösung gereinigt sein². Sie müssen frei sein von störenden Bestandteilen, wie Knöpfen, Haken, Ösen usw.; auch sollen sie keine losen Bänder oder Litzen enthalten.

2. Farbechtheit.

Für bunte Putzlappen kann keine Farbechtheit gewährleistet werden. Praktisch jedoch wird Farbstoff von ihnen kaum abgegeben.

3. Feuchtigkeitsgehalt.

Die nach dem Waschen getrockneten Putzlappen sollen nicht mehr Feuchtigkeit enthalten, als sie aus der Luft anziehen. Im allgemeinen soll der Feuchtigkeitsgehalt 8% nicht überschreiten.

F. Bemusterung.

Falls eine Bemusterung vereinbart wird, sollte sie in folgender Weise erfolgen:

Der Käufer erhält zwei gleiche Muster von je 1 Kilo. Das eine wird in Anwesenheit des Verkäufers und des Käufers bzw. deren bevollmächtigten Vertreter mit dem Siegel des Verkäufers versehen und für etwaige Streitfälle aufgehoben. Das zweite Muster dient als Vergleichsmuster bei der Lieferung.

¹ Ist Farbechtheit erforderlich, so müssen weiße Putzlappen verwendet werden.

² Gewaschene Putzlappen haben eine wesentlich größere Saugfähigkeit als ungewaschene, da schmutzige und klebrige Bestandteile aus den Lumpen entfernt und die Fasern des Gewebes aufgelockert sind. Die Reinigung ist auch aus gesundheitlichen Rücksichten zu fordern, weil Putzlappen z. T. Altmaterial darstellen, das in unmittelbarem menschlichen Gebrauch gewesen sein kann.

G. Abnahmeprüfung.

Bei Abnahme sind Stichproben aus mehreren Ballen der Lieferung zu nehmen und zunächst nach dem Muster auf die vereinbarten Bedingungen zu prüfen.

Wird zur Ermittlung des in Rechnung zu stellenden Gewichtes der Feuchtigkeitsgehalt geprüft, so sind insgesamt 20 kg aus verschiedenen Ballen zu nehmen, nach Wägung in einem gleichmäßig auf Zimmertemperatur erwärmten Raum zum Trocknen auszubreiten und so lange zu trocknen, bis das Gewicht annähernd konstant bleibt. Ist das Endgewicht niedriger als das Anfangsgewicht, so ist das Anlieferungsgewicht entsprechend zu kürzen.

Für eine genaue Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes sind Proben in luftdichter Verpackung an ein Prüfungsinstitut zu senden.

H. Allgemeine Bemerkungen.

1. Lagerung und Versand.

Die Ware ist zweckmäßig in den angelieferten Ballen zu lagern. Es sind möglichst nicht mehr Ballen zu öffnen, als zur Prüfung und Ausgabe nötig ist. Da ölhaltiges Material die Gefahr der Selbstentzündung erhöht, sind bei der Lagerung gebrauchter Putzlappen die Vorschriften der Feuerversicherungen zu beachten. Gebrauchte Putzlappen sind zweckmäßig in eisernen Kästen mit selbstschließenden Deckeln zu lagern. Für den Bahnversand gebrauchter Putzlappen sind die Vorschriften der Reichsbahn maßgebend.

2. Reinigung.

Gebrauchte Putzlappen lassen sich entölen, waschen und wieder verwenden. Die Wiederverwendbarkeit gewaschener Putzlappen hängt auch davon ab, ob sie stark verschmutzt, mit ätzenden Chemikalien in Berührung gekommen oder mit fremden Bestandteilen, z. B. Feilspänen, durchsetzt sind.

3. Lieferbedingungen für Putzwolle RAL 390 E.

Die nachfolgenden „Lieferbedingungen für Putzwolle“ wurden auf einer am 8. April 1927 in Berlin unter dem Vorsitz von Professor Gotthard Herzog abgehaltenen Sitzung vereinbart und sind von folgenden Körperschaften angenommen worden.

Erzeuger:

Deutscher Kunstspinnstoff-Ausschuß,
Fachgruppe Textilindustrie des Reichsverbandes der Deutschen Industrie,
Verband Deutscher Putzwollfabrikanten mit folgenden angeschlossenen

Firmen:

Berliner Putzwollwerke Hermann Jaffé, Berlin,
Bernhard Greifenhagen, Löbau i. Sa.,
Peter Hüren Nachf., M.-Gladbach,
H. Kalthoff, Walkmühle bei Kettwig, Ruhr,

Carl Karthaus, M.-Gladbach,
 Ernst Kühnel, Söhne Copitz,
 Otto Lieb, Augsburg,
 Maschinenputztücher-Ges. m. b. H., Benrath a. Rh.,
 Wwe. B. Messing A.-G., Bocholt i. W.,
 Rudolf Neumann, Meissen.
 Reis & Co. A.-G., Friedrichsfeld bei Heidelberg,
 N. Rimpel & Co., Kitzingen,
 Sapt A.-G. für Textilprodukte, M.-Gladbach,
 F. B. Silbermann, Augsburg,
 Evan Simonis jun., Crimmitschau,
 Curt Schenk, Werdau i. Sa.,
 C. G. Schön, Leipzig-Stahmeln,
 Heinrich Schwarzenberger, Heilbronn a. Neckar,
 Reinhard Uhlig, Werdau i. Sa.,
 W. Wolf & Söhne, Stuttgart-Untertürkheim;

Außerhalb des Verbandes:

Chemische Fabrik Feuerbach G. m. b. H., Feuerbach bei Stuttgart,
 Wöllnerwerke G. m. b. H., Rheingönheim-Ludwigshafen a. Rh.

Handel:

Reichsverband des Deutschen Groß- und Überseehandels,
 mit dem angeschlossenen Fachverband:
 Händlerverband für Gummi-, Asbest- und technische Bedarfsartikel.

Verbraucher:

Arbeitsgemeinschaft der Eisen verarbeitenden Industrie (Avi),
 Beton- und Tiefbau-Wirtschaftsverband¹,
 Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft,
 Deutsche Wagenbauvereinigung¹,
 Deutscher Braunkohlen-Industrie-Verein,
 Deutscher Eisenbau-Verband¹,
 Deutscher Feldbahnverband¹,
 Deutscher Städtetag,
 Eisen- und Stahlwaren-Industriebund¹,
 Fachgruppe Textilindustrie des Reichsverbandes der Deutschen Industrie,
 Gesamtvereinigung der Weiß- und Schwarzblech verarbeitenden In-
 dustrien¹,
 Handelsschiffs-Normenausschuß,
 Reichsbund der deutschen Metallwaren-Industrie¹,
 Reichsverband der Automobil-Industrie¹,
 Reichswehrministerium, Heer,
 Reichswehrministerium, Marine,
 Verein der märkischen Kleineisen-Industrie¹,

¹ Die mit ¹ versehenen Verbände gehören der Avi an.

Verein Deutscher Fahrrad-Industrieller¹,
 Verein Deutscher Gießereifachleute,
 Verein Deutscher Maschinenbauanstalten¹,
 Verein Deutscher Straßenbahnen, Kleinbahnen und Privateisenbahnen¹,
 Verein zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie Deutschlands,
 Vereinigung der Deutschen Dampfkessel- und Apparate-Industrie¹,
 Vereinigung der Walzdraht-Verbraucher¹,
 Zentralverband der Deutschen elektrotechnischen Industrie¹.

Ferner:

Bayerische Landesgewerbeanstalt,
 Chemisch-Technische Reichsanstalt,
 Staatliches Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem.

Lieferbedingungen für Putzwolle.

A. Begriffsbestimmung.

Als Putzwolle wird ein Paket oder eine Rolle von verschiedenen Textilfäden bezeichnet, die durch die Streckmaschine in parallele Lage gebracht sind. Putzwolle besteht entweder aus reinen Baumwollabfallfäden, wie sie in der Spinnerei, Zwirnerei, Weberei usw. abfallen, oder aus solchen als Hauptmaterial und einer prozentual größeren oder geringeren Beimischung von Fäden aus der Halbwooll-, Leinen- und Jute-Industrie, von Klauberfäden und Lese-fäden, von hand- oder mechanisch gereinigtem Spinnerei- und Webereikehrlicht, endlich von Gardinen, Seilfäden, gerissenem Jute-gewebe².

Soll Putzwolle nicht zum Putzen benutzt werden, sondern um darauf knien zu können, so darf sie in der Hauptsache aus gelösten Jutelumpen, gelösten alten Scheuertüchern und anderen geringwertigen Lumpensorten, ferner aus Werg und ähnlichen Stoffen bestehen.

B. Sorten.

1. weiße Putzwolle.
2. bunte Putzwolle.

Sorte und Verwendungszweck sind erforderlichenfalls bei Bestellung anzugeben; ist insbesondere Farbechtheit erforderlich, so darf keine bunte Putzwolle verlangt werden.

C. Eigenschaften.

1. Güte.

Die Güte der gelieferten Putzwolle muß in allen Teilen der des Musters entsprechen, das dem Kaufabschluß zugrunde gelegt wurde. Zulässige Toleranzen bedürfen vorheriger Vereinbarungen (vgl. E).

¹ Die mit ¹ versehenen Verbände gehören der Avi an.

² Die Saugfähigkeit und Weichheit des Materials ist um so größer, je mehr es aus reinen Baumwollfäden besteht, und um so sauberer, trockener und ölfreier es ist.

2. Reinheit.

Putzwolle muß aus reinen oder gereinigten Textilfäden bestehen, muß frei von Sand, Metallteilchen (Nadeln) und anderen Verunreinigungen sein und darf Scherhaare, Schnitffäden, Hanf, Bindfäden, Papiergarne und unversponnene Stoffe praktisch nicht enthalten. Sollen die Fäden praktisch ölfrei sein, so ist dies besonders zu verlangen. Werden ungewaschene Ölfäden oder bereits gebrauchte, wieder gewaschene Putzwolle als Beimengung zu neuer verwendet, so hat dies der Verkäufer unaufgefordert anzugeben.

3. Feuchtigkeitsgehalt.

Der Feuchtigkeitsgehalt (Zuschlag zum absoluten Trockengewicht) darf bei ausschließlich baumwollener Putzwolle 8 $\frac{0}{0}$, im übrigen 12 $\frac{0}{0}$ nicht überschreiten.

D. Handelsübliche Verpackung.

Die Ware wird im allgemeinen in Ballen, die mit Jutegewebe umhüllt sind, im Gewicht von 100 bis 200 kg geliefert. Die einzelnen Docken (Bündel) haben ein Gewicht von 5 bis 10 kg. Die Brutto für Netto zu rechnende Verpackung darf 5 $\frac{0}{0}$ nicht übersteigen.

E. Verkaufsgrundlagen und Arbitrage.

Werden keine anderen Vereinbarungen getroffen, so gelten folgende Bedingungen:

Der Kauf erfolgt nach Muster. Es sind zwei Muster, möglichst zwei ganze Docken, zu nehmen. Begnügen sich die Parteien mit kleineren Mustern, so muß die Docke auseinandergelegt und in der Längsrichtung geteilt (nicht gerissen!) werden. Die Muster werden in Anwesenheit des Käufers und Verkäufers oder deren Bevollmächtigten versiegelt. Das eine bleibt für Streitfälle beim Käufer liegen, das andere dient als Vergleichsmuster für die Lieferung. Die Muster sind bis zur Prüfung an einem trockenen Ort aufzubewahren.

Bei Abweichungen in der Güte zwischen Kaufmuster und Lieferung ist bei Mengen von 1000 kg und darüber¹ jede Partei berechtigt, die Entscheidung der Bremer Baumwollbörse gemäß den „Bremer Bedingungen für die Arbitrage von Putzwolle“² anzurufen. Hierdurch wird der ordentliche Rechtsweg ausgeschlossen³. An Hand der für diesen Zweck dort niedergelegten „Wertstandardmuster für Putzwolle“, von denen sich ein identischer Satz beim Reichsausschuß für Lieferbedingungen in Berlin befindet, nimmt die Bremer Baumwollbörse den Vergleich zwischen Kaufmuster und Probe aus der Lieferung vor. Stellt sie eine Abweichung nach unten gegenüber dem Kaufmuster fest, so ist die Rechnung entsprechend

¹ Ab 1. 10. 1927.

² Zu beziehen durch die Bremer Baumwollbörse.

³ Bei Lieferungen an Behörden ist für etwa aus dem Vertrage entstehende Rechtsstreitigkeiten das Gericht zuständig, in dessen Bezirk der Auftraggeber seinen Sitz hat. Die Entscheidung der Bremer Baumwollbörse wird bei Lieferung an Behörden nur dann angerufen, wenn dies im Einzelfalle vertraglich besonders vereinbart ist.

zu kürzen. Es kann vertraglich ein Satz für die zulässige Höchstabweichung vereinbart werden, bei dessen Überschreiten die Lieferung zurückgewiesen werden darf¹.

F. Abnahmeprüfung.

Bei Abnahme sind aus mehreren Ballen der Lieferung Stichproben zu entnehmen und auf Übereinstimmung mit dem Muster bezüglich der unter C gekennzeichneten Eigenschaften zu prüfen.

Bei Abweichungen in der Güte vgl. E.

Zur Prüfung daraufhin, ob die Ware zu feucht geliefert ist, sind insgesamt 20 kg Putzwolle aus verschiedenen Ballen zu entnehmen und in einem gleichmäßig auf Zimmertemperatur (etwa 17 bis 20° C) erwärmten Raum zum Trocknen auszubreiten. Durch wiederholte Wägungen ist die Gewichtsbeständigkeit der Probemenge festzustellen. Ergibt das so ermittelte Endgewicht im Vergleich mit dem Anfangsgewicht von 20 kg einen Gewichtsunterschied, so ist das Gewicht der Lieferung entsprechend zu kürzen und dann als Liefergewicht der Abnahmebescheinigung zugrunde zu legen.

Zum Zwecke einer genauen Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes (vgl. C 3) sind Proben in luftdichter Verpackung an ein Prüfungsinstitut zur Prüfung einzusenden.

G. Allgemeine Bemerkungen.

1. Lagerung.

Das Material ist zweckmäßig in den Ballen, wie es geliefert wird, zu lagern. Es sind möglichst nicht mehr Ballen zu öffnen, als zur Prüfung und zur Ausgabe nötig ist. Da ölhaltiges Material der Gefahr der Selbstentzündung ausgesetzt ist, sind bei der Lagerung die Vorschriften der Feuerversicherung zu beachten. Gebrauchte Putzwolle wird zweckmäßig in eiserne Kästen mit selbstschließenden Deckeln gelegt. Für den Bahnversand sind die Vorschriften der Reichsbahn maßgebend.

2. Waschbarkeit.

Putzwolle läßt sich nach dem Gebrauch entölen, waschen und wieder verwenden. Die Wiederverwendbarkeit gewaschener Ware hängt auch davon ab, ob sie stark verschmutzt war, mit fremden Bestandteilen, z. B. Feilspänen, durchsetzt ist oder in Berührung mit ätzenden Chemikalien gekommen ist. Durch Waschen verliert die Putzwolle an Saugfähigkeit und verwirrt sich, deshalb muß sie neu aufgekämmt werden.

H. Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit.

Die nachstehend abgedruckten AWF-Betriebsblätter sind entnommen aus den Arbeitsergebnissen des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung (AWF) beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit, Berlin NW 6,

¹ Z. B. hat die Deutsche Reichsbahngesellschaft sich vorbehalten, bei einer Nettoabweichung von 10% und darüber die Lieferung zurückzuweisen.

Luisenstr. 58. Die vom AWF herausgegebenen Schriften haben den Zweck, allgemeine Richtlinien für einzelne Aufgaben der Betriebsführung zu geben. Sie sind auf dem Wege der Gemeinschaftsarbeit von maßgebenden Fachleuten aufgestellt. Vollständige Verzeichnisse der bisher erschienenen Schriften, Vordrucke u. dgl. sind kostenlos durch den Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S 14, Dresdenerstr. 97 zu erhalten. Von dieser Stelle sind auch Sonderdrucke der nachstehend veröffentlichten Betriebsblätter zum Preise von je M. 0,25 zu beziehen. Bei Abnahme einer größeren Anzahl von Schriften einer Sorte wird entsprechender Preisnachlaß gewährt.

1. Behandlung der Wälzlager.

Allgemeines.

1. Im nachstehenden sind nur die hauptsächlichsten Gesichtspunkte erwähnt. Man beachte etwa darüber hinausgehende Sondervorschriften der Hersteller bzw. frage dort in besonderen Fällen an.

Aufbewahrung.

2. Die Lager werden in Pappkästchen oder sonst zweckmäßig verpackt, eingefettet geliefert und sind erst bei der Verwendung aus der Verpackung zu nehmen.

3. Die Lager dürfen nicht an feuchten oder zu warmen Orten aufbewahrt werden.

4. Die Lager sollen vor dem Einbau nicht auf Werkbänken oder sonstwie offen herumliegen.

Reinigung.

5. Verschmutzte Lager sind sorgsam unter beständigem Drehen mit Benzin, Benzol oder gutem Petroleum auszuwaschen, sofort einzufetten und zu verpacken.

6. Läuft ein Lager auch nach dem Reinigen nicht einwandfrei, ist es gar durch Rost oder auf andere Weise schon beschädigt, so sollte es zur Untersuchung bzw. Instandsetzung dem Hersteller eingesandt werden.

7. Auch die Maschinenteile (Gehäuse), in welche die Lager eingebaut werden sollen, müssen unbedingt gründlich von Schmutz, Formsand und anhaftenden Spänen gereinigt werden.

Ein- bzw. Aufpassen der Lager.

8. Die Teile, die zum Ein- oder Aufpassen der Lager dienen, fertige man stets nach besonderen Lehren an.

9. Werden Lager als Lehren verwendet, so nehme man nach Möglichkeit stets die gleichen Lager. Werden derartige Lager dann eingebaut, so sind sie vorher gründlich zu reinigen.

10. In allen Passungsfragen verlange man von der Lieferfirma die betreffenden Abmaße.

11. Auf die Welle stets stramm aufpassen (fester Sitz):

a) die Innenringe der Querlager,

b) die sich drehenden Scheiben der Längslager und Wechsellager.

12. In die Gehäuse verschiebbar einpassen (gleitender Sitz, von Hand noch bequem verschiebbar):

- a) die Außenringe der Querlager,
- b) die Außenringe der Tonnenrollenlager,
- c) die stillstehenden weiten Scheiben der Längs- und Wechsellager.

13. In die Gehäuse stramm einpassen (fester Sitz):

- a) die Außenringe der Kugel-Schulterlager,
- b) die Außenringe der Rollenlager mit zylindrischen Rollen.

Aufziehen und Einbringen der Laufringe.

14. Die Ringe dürfen bei Auf- bzw. Einbringen nicht schief angesetzt werden.

15. Beim Aufziehen eines Innenringes darf nicht gegen den Außenring oder Käfig, ebenso beim Einbringen eines Außenringes nicht auf den Innenring oder Käfig geschlagen werden.

Befestigungsmittel.

16. Die Innenringe sind möglichst mit Muttern oder Rohrstücken seitlich fest gegen einen Wellenbund oder sonstigen Ansatz zu spannen, der so auszubilden ist, daß das Lager im Bedarfsfalle durch geeignete Vorrichtungen bequem von der Welle abgezogen werden kann.

17. Bei Verwendung von Befestigungsmuttern — besonders bei Spannhülsmuttern — sind zu beachten:

- a) Muttern fest anziehen und sichern;
- b) möglichst die Muttern so anbringen, daß sie entgegen der Wellendrehrichtung angezogen werden;
- c) im übrigen die etwaigen Vorschriften des Herstellers beachten.

18. Das Anbringen von Nuten, Löchern, Klemmflächen od. dgl. auf den Ringen oder Scheiben von Wälzlagern zur Sicherung der Lager gegen Drehung ist unnötig und mehr schädlich als nützlich.

Einbaufehler.

19. Verklemmungen bewirken zusätzliche Belastung und meist Überlastung und vorzeitige Zerstörung von Lagern. Sie machen sich außerdem durch Erwärmung oder harten Gang bemerkbar.

20. Verklemmungen in Längsrichtung der Welle sind in folgender Weise zu vermeiden:

- a) bei mehreren Querlagern darf nur eines im Gehäuse seitlich am Außenring festgelegt werden (Festlager), alle übrigen Lager müssen seitlich möglichst viel Spiel erhalten (Loslager);
- b) wird die Welle durch ein Längslager oder sonstwie in Längsrichtung festgelegt, so müssen alle auf der Welle sitzenden Querlager seitlich am Außenring Spiel erhalten.

21. Verklemmungen quer zur Wellenrichtung sind in folgender Weise zu vermeiden:

- a) Welle und Gehäuse müssen gut rund sein;

b) insbesondere darf bei zweiteiligen Gehäusen durch Anziehen der Befestigungsschrauben kein Unrundziehen der Gehäuse und der Außenringe bewirkt werden;

c) keine Schrauben auf den Außenring drücken lassen;

d) der Innenring darf nicht so stramm aufgezozen werden, daß die innere Luft des Lagers restlos verschwindet.

22. Genaue Gleichachsigkeit der Gehäusebohrungen ist bei Lager ohne Einstellmöglichkeit unerläßlich, aber auch bei allen anderen Lagern anzustreben.

23. Käfige und Wälzkörper dürfen in ihrem Umlauf nicht durch Teile behindert werden, die in das Lager hineinragen.

Nach dem Einbau.

24. Nach Anziehen aller Schrauben und Muttern müssen die Lager von Hand spielend leicht und reibungsfrei gehen.

25. Ein Probelauf darf nur mit gut geschmierten Lagern vorgenommen werden.

26. Nur nach einwandfreiem Probelauf ist ein Lager in Betrieb zu nehmen, andernfalls auszubauen und nachzusehen.

Schmierung.

27. Verwendbar sind nur gute Mineralöle, Vaseline und starre Fette. Die Schmiermittel müssen säurefrei sein, dürfen nicht harzig oder ranzig werden, solche pflanzlicher oder tierischer Herkunft sind zu vermeiden, ebenso darf Kunstvaseline nicht verwendet werden.

29. Zum Einbringen der Schmiermittel sind geeignete verschließbare Schmieröffnungen anzubringen.

Abdichtung.^f

29. Die Lagergehäuse müssen mit Abdichtungen versehen sein, um den Austritt des Schmiermittels und den Eintritt von Fremdkörpern sowie von Wasser und Feuchtigkeit zu verhindern.

30. In Sonderfällen befrage man betreffs geeigneter Abdichtung den Hersteller.

Instandhaltung.

31. Häufigeres Nachsehen der Lager empfiehlt sich, besonders bei angestrengtem Betrieb. Dabei ist jedoch jede Verunreinigung zu vermeiden.

32. Ist das im Lager befindliche Schmiermittel verschmutzt, so ist Auswaschen des Lagers, Ausfüllen mit frischen Schmiermitteln sowie Verbessern der Abdichtung angebracht.

33. Sind Anzeichen einer Störung vorhanden, so muß das Lager baldmöglichst ausgebaut und nachgesehen werden.

34. Im Zweifelsfalle oder bei Beschädigung ist das Lager unter Angabe der Störungserscheinungen (Erwärmung, Geräusch usw.) sowie der

Einbau- und Betriebsverhältnisse an den Hersteller in dem Zustand einzusenden, wie es eingebaut war, also ungereinigt bzw. nicht ausgewaschen.

35. Wälzlager können nur vom Hersteller sachgemäß instandgesetzt werden.¹

2. Künstliche Fabrikbeleuchtung.

A. Allgemeines.

1. Gute Beleuchtung ist die Voraussetzung für einen geordneten Betrieb; sie fördert die Leistung, erleichtert die Kontrolle, vermindert die Unfallgefahr.

Schlechte Beleuchtung vermindert die Leistung hinsichtlich Menge und Güte, erschwert die Kontrolle, beeinträchtigt Ordnung und Sauberkeit, schädigt unter Umständen die Gesundheit des Arbeiters und gibt Anlaß zu Unglücksfällen.

B. Gute Beleuchtung muß den vorgeschriebenen Rücksichten auf Gefahrlosigkeit, Gesundheit und Betriebssicherheit entsprechen.

2. Rücksicht auf Gefahrlosigkeit. Wo durch Ansammlung von leicht brennbarem Staub oder Mehl, von leicht verdampfenden, brennbaren Flüssigkeiten oder explosiblen Gasen Feuer- oder Explosionsgefahr entstehen kann, dürfen offene Flammen nicht zur Raumbeleuchtung benutzt werden, sofern sie nicht außerhalb der Räume in gut verschlossenen Laternen hinter nicht öffnenbaren Fenstern angeordnet sind. Für elektrische Lampen sind in diesem Falle Sicherheitsarmaturen anzuwenden (VDE-Vorschriften). Leicht brennbare Gegenstände dürfen nicht der Berührung oder der strahlenden Wärme der Lampen ausgesetzt sein.

3. Rücksicht auf Gesundheit. Störende Wärme oder Abgase, welche die Atmungsluft verschlechtern, sind durch entsprechende Lüftung der Räume unschädlich zu machen.

4. Rücksicht auf die Betriebssicherheit. Bei größeren Anlagen oder dort, wo eine größere Anzahl von Personen beschäftigt ist, muß eine zuverlässige Notbeleuchtung vorgesehen sein.

C. Gute Beleuchtung muß hinreichend stark sein.

5. Die mittlere Beleuchtungsstärke soll betragen für: Verkehrsbeleuchtung

auf Fahrwegen, Durchfahrten, Höfen, soweit sie dem	
Verkehr dienen	0,5— 2 Lux ¹
in Nebengängen, Nebenräumen, Lagerräumen,	5—15 „
an Ein- und Ausgängen, in Hauptgängen, auf Treppen,	
in Werkstätten	2— 5 „

¹ Ein Lux ist die Beleuchtungsstärke, die von einer HK (Hefnerkerze) in einem Abstände von einem Meter auf einer zum Lichtstrahl senkrechten Fläche erzeugt wird; gemessen wird sie mit einem der käuflichen Luxmeter.

Arbeitsbeleuchtung

für grobe Arbeit, z. B. Walzwerke, Schmiede, Grobmontage usw.	15— 30 Lux
für mittlere Arbeit, z. B. Schlosserei, Dreherei, Montage, Kernmacherei, Tischlerei, Klempnerei, Spinnsäle, Websäle für helles Garn usw.	40— 60 „
für feine Arbeit, z. B. Feinmechanik, Websäle für farbige und dunkle Garne, Büroarbeit usw.	60— 90 „
für feinste Arbeit, z. B. Uhrmacher- und Graveurarbeit, Setzerei, Näherei, Zeichnen usw.	90—250 „

Die angeführten Zahlen gelten für Kunstlicht. Für Tageslicht sind sie um das Drei- bis Fünffache zu erhöhen.

Die Beleuchtungsstärke wird auf der Horizontalebene einen Meter über dem Fußboden gemessen, bei der Arbeitsbeleuchtung gegebenenfalls auch auf der Arbeitsfläche selbst.

6. Die Verkehrsbeleuchtung ist stets Allgemeinbeleuchtung. Die Arbeitsbeleuchtung kann entweder Platz- oder Allgemeinbeleuchtung sein. Im ersteren Falle geschieht sie durch niedrig (im Handbereiche) angeordnete Werkplatzlampen, die nur einen beschränkten Arbeitsplatz beleuchten, im zweiten Falle durch hoch aufgehängte Lampen, die den Raum im Ganzen beleuchten. Ausschließliche Platzbeleuchtung ist zu vermeiden, da diese für den gleichzeitigen Verkehr in den beleuchteten Räumen unzureichend ist. Man muß dann immer noch eine schwache Allgemeinbeleuchtung (Verkehrsbeleuchtung) vorsehen. Die Allgemeinbeleuchtung dient gleichzeitig als Arbeits- und Verkehrsbeleuchtung. In vielen Fällen wird aber auch die Allgemeinbeleuchtung noch durch Platzbeleuchtung zu ergänzen sein.

7. Reine Platzbeleuchtung schafft eine große Ungleichmäßigkeit im Raume; sie ist zugleich wegen der großen Zahl von Einzellampen in der Anlage und im Betriebe teuer. Bei reiner Allgemeinbeleuchtung wird eine große Gleichmäßigkeit der Beleuchtung im Raume ermöglicht; da man mit verhältnismäßig wenigen starken Lampen auskommt, ist sie in Anlage und Betrieb meist erheblich billiger als Platzbeleuchtung.

8. Die Lampen, Fenster, Wände und Decken sind in regelmäßigen Abständen zu reinigen; man gewinnt dadurch bis zu 50% und mehr an Beleuchtung. Elektrische Lampen sind bei der vorgeschriebenen Spannung zu brennen. Zu niedrige Spannung verschlechtert die Lichtausbeute in stärkerem Maße, als an Erneuerungskosten gespart wird; zu hohe Spannung verkürzt die Lebensdauer der Lampen stärker, als an Lichtausbeute gewonnen wird. Gas- und Petroleumlampen sind richtig einzuregulieren, da sie nur dann wirtschaftlich arbeiten und ruhig brennen. Durch helle Decken und Wände wird jede Beleuchtung gehoben und verbessert.

9. In großen Anlagen macht sich die Messung und Kontrolle der Beleuchtungsstärke rasch bezahlt.

D. Gute Beleuchtung darf keine Blendung hervorrufen.

10. Blendung entsteht, wenn Lichtquellen von zu hoher Leuchtdichte (Flächenhelle) Licht unmittelbar in das Auge des Arbeitenden werfen, oder auch durch Spiegelung.

11. Blendung beeinträchtigt das Erkennungsvermögen, ruft Unsicherheiten und Unbehagen hervor; häufig ist sie die Ursache von Unglücksfällen; wenn sie sehr stark und dauernd ist, schädigt sie das Auge.

12. Blendung wird festgestellt, indem man einen Gegenstand auf der Arbeitsfläche fixiert; einmal schirmt man das Auge hierbei gegen die Lichtquelle ab, das zweitemal läßt man die Abschirmung weg. Sieht man bei abgeschirmter Lichtquelle deutlicher, so ist Blendung vorhanden.

13. Lichtquellen in der Nähe und in der Blickrichtung des Arbeitenden dürfen keine höhere Leuchtdichte als $0,75 \text{ HK/cm}^2$ (Leuchtdichte der Kerzen- oder Petroleumflamme) haben. Gasglühlicht oder elektrische Lampen, auch mattierte, die eine vielfach höhere Leuchtdichte aufweisen, dürfen deshalb offen nicht zur Arbeitsplatzbeleuchtung benutzt werden.

14. Bei Lampen, die so hoch hängen, daß zwischen der Blickrichtung nach der Lampe und der Wagerechten ein Winkel von mehr als 30° vorhanden ist, kann auch eine Leuchtdichte von mehr als 5 HK/cm^2 (Gasglühkörper) zugelassen werden.

15. Mittel gegen unmittelbare Blendung sind: Ablendung der Lichtquelle durch lichtundurchlässige Schirme (Reflektoren), aus denen die Lampen nicht herausragen dürfen, oder Einschluß der Lichtquellen in gut lichtstreuende Hüllen, Glocken, Schalen, Vorhänge usw., oder Hochhängen der Lampen oberhalb des normalen Gesichtsfeldes in einem Winkelraum von mehr als 30° über einer durch das Auge gelegten Wagerechten.

16. Blendung durch Spiegelung von blankem Metall, Glas, glattem Schreibpapier usw. wird am besten durch gegenseitige Veränderung der Lage von Lichtquelle, spiegelnder Fläche und Auge, in manchen Fällen auch durch Herabminderung der Leuchtdichte der Lichtquelle (Mattieren) nach der Arbeitsfläche hin verhindert.

**E. Gute Beleuchtung darf keine störenden Schlagschatten, keine lästigen Ungleichmäßigkeiten, keine Schwankungen der Lichtstärke aufweisen.
Der Lichteinfall muß von der richtigen Seite erfolgen.**

17. Die Schlagschatten wirken störend, wenn sie Unsicherheit in den Bewegungen zur Folge haben.

18. Punktförmige Lichtquellen erzeugen harte Schatten, großflächige Lichtquellen, halb indirekte oder ganz indirekte Beleuchtung erzeugen weiche Schatten.

19. Harte Schlagschatten dürfen nicht auf wichtige Verkehrs- oder Arbeitsflächen fallen, z. B. auf eine Stufe in Fußböden, auf eine Treppe oder auf wichtige Maschinenteile, Handgriffe usw.

20. Störende Schlagschatten sind durch richtige Anordnung und Wahl der Lampen zu vermeiden.

21. Örtliche Ungleichmäßigkeiten der Beleuchtung erschweren bei großen Unterschieden auf der Arbeitsfläche das Erkennungsvermögen, bei großen Unterschieden aneinander stoßender Räume die Sicherheit der Bewegungen. Sie sind daher durch richtige Wahl und Anordnung der Lampen zu vermeiden.

22. Zeitliche Ungleichmäßigkeiten der Beleuchtung wirken störend, wenn sie in raschem Wechsel auf das Auge treffen. Bei Gaslampen sind sie durch konstanten Gasdruck, bei elektrischen Lampen durch konstante Lampenspannung und in Wechselstromanlagen durch genügend hohe Wechselzahl zu vermeiden.

23. Erfolgt der Lichteinfall nicht von der richtigen Seite, so kann eine Beleuchtung trotz ausreichender Stärke, Gleichmäßigkeit usw. für den Arbeitenden unbrauchbar sein. Werkplatzlampen sollen deshalb beweglich angeordnet sein; Lampen für Allgemeinbeleuchtung werden zweckmäßig so angeordnet, daß bei künstlicher und natürlicher Beleuchtung der Lichteinfall die gleiche Richtung aufweist (zweckmäßig von vorn links), also an den Fensterwänden, und zwar vor die Fensterpfeiler und nicht vor die Fenster selbst.

24. Bei mehreren Reihen von Lampen im gleichen Raume sollen die einzelnen Lampen der verschiedenen Reihen gegeneinander versetzt sein.

3. Regeln für Fahrer von Elektrokarren.

I. Vor Betrieb.

1. Wagen gründlich schmieren; Fahrschalter-Kontakte säubern und leicht einfetten.
2. Gummi, elektrische Leitungen und Bremsbeläge von Fett freihalten.
3. Fahrt mit ausreichend geladener Batterie beginnen.
4. Kollektorkohlen auf gutes Anliegen und auf Abnutzung nachsehen.
5. Bremsen und Steuergestänge prüfen und nötigenfalls nachstellen bzw. anziehen.
6. Sämtliche Kabelverbindungen auf festen Kontakt prüfen.
7. Ersatzsicherungen mitnehmen.

II. Betrieb.

8. Schalthebel langsam, jedoch von Stufe zu Stufe ruckweise einschalten; schnell ausschalten.
9. Zwischen Vorwärts- und Rückwärtsfahrt haltmachen.
10. Bremse möglichst wenig benutzen, Fahrzeug auslaufen lassen, Notbremse nur im Falle der Gefahr benutzen.
11. Steuereinrichtung nur während der Fahrt benutzen.
12. Batterie nicht übermäßig entleeren.
13. Feste und gute Wege bevorzugen, um Fahrzeug und Batterie zu schonen.

14. Auf öffentlichen Straßen Steuerkarte und Zulassungsbescheinigung mitführen.

15. Fahrbahn beobachten; Gleise schräg kreuzen.

16. Elektrokarren nicht über die zulässige Tragfähigkeit belasten.

17. Transportgut vorsichtig aufsetzen, gleichmäßig verteilen und gegen Herabfallen sichern.

18. Vor Straßenkreuzungen, Kurven, vor Durchfahrten, beim Überholen von Menschen und Fahrzeugen und beim Anfahren deutliche Warnungssignale und Fahrtrichtungszeichen geben.

19. Rechts ausweichen, links überholen, rechte Seite der Fahrbahn benutzen.

20. Kurven mit verminderter Fahrt nehmen.

21. Vor Kreuzungen Fahrt verlangsamen, von rechts kommende Fahrzeuge haben Vorfahrtsrecht.

22. Mitnehmen Unbefugter ist verboten.

III. Nach Betrieb.

23. Elektrokarren und Fahrschalterkontakte reinigen, Mängel beseitigen, hierbei Batterie zugedeckt halten.

24. Fahrzeug beim Verlassen gegen unbefugte Benutzung sichern.

25. Wagen jede Woche einmal gründlich reinigen.

26. Jeden Schaden sofort der zuständigen Stelle melden.

27. Sondervorschriften der Hersteller beachten.

J. Merkblatt mit Leitsätzen für Errichtung und Betrieb elektrischer Bagger- und Bahnanlagen in Braunkohlentagebauen.

Ausgearbeitet auf Grund der Vorschriften des VDE für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen.

Im Einvernehmen mit den Oberbergämtern Halle und Breslau und der Braunschweigischen, Anhaltischen und Thüringischen Bergbehörde herausgegeben vom Deutschen Braunkohlen-Industrie-Verein E. V., Halle (Saale).

A. Gleise.

1. Gleise und eiserne Fahrleitungsträger sind zu erden. Dies geschieht zweckmäßig dadurch, daß:

a) das gesamte Gleissystem am Schwenkpunkt sorgfältigst geerdet wird. Die Erdleitungen sind mit mindestens 50 qmm Querschnitt herzustellen;

b) die Schienenstöße in sorgfältigster Weise verlascht und die Laschenschrauben dauernd fest angezogen gehalten werden. Bei Anlagen mit einem geerdeten Pol muß außerdem die gute Erdverbindung durch die Schienenverbinder oder andere zweckmäßige Verbindungen gewährleistet sein.

Die Schienenstöße sind so zu überbrücken, daß der Widerstand in der Überbrückung nicht größer als der Widerstand einer Schienenlänge ist;

c) die einzelnen Schienenstränge durch eine ausreichende Anzahl Querverbinder in etwa 200 m Entfernung miteinander verbunden werden;

d) die eisernen Leitungsmaste entweder mit den Schienen fest verschraubt oder mit durchgehendem Erdungsseil versehen werden. Das Er-

dungsseil soll entweder entlang den Schienen oder in mindestens 2 m Höhe gelegt werden.

Die Schienenroste der Löffelbagger sind entweder im Sinne dieser Vorschriften als Baggleise anzusehen oder es ist der Unterwagen unmittelbar zu erden.

2. Die bei Gleisbau, Gleisunterhaltung und auf den Kippen verwendeten Werkzeuge müssen, sofern sie länger als 1,7 m sind, aus Holz hergestellt sein. Kurzgehaltene eiserne Beschläge sind dabei zulässig.

B. Leitungen.

1. Die Mindesthöhe der Fahrleitungen und der Baggerschleifleitungen soll bei Baggerstrecken 2,7 m, auf freier Fahrstrecke 3,0 m über SO betragen. Ausnahmen von dieser Vorschrift sind nur zulässig insofern, als vorhandene Bagger Verwendung finden; hier wird erlaubt, die ihnen angepaßten Fahrdrathhöhen und seitlichen Abstände der Fahrdrähte auch an anderen Betriebsorten zu benutzen (siehe § 47 Ziffer 6 der Errichtungsvorschriften). Im Bereich öffentlicher Wege gelten die jeweils von der Wegepolizei erlassenen Vorschriften.

2. In Betrieben, in denen Dampflokomotiven zusammen mit elektrisch betriebenen Baggern verwendet werden, sind die Baggerschleifleitungen so weit außerhalb des Lokomotivprofils zu legen, daß bei neben diesen liegenden Leitungen der wagerechte Abstand zwischen dem Lokomotivprofil und der zunächst liegenden Schleifleitung wenigstens 1 m und bei oberhalb liegenden Leitungen der senkrechte Abstand wenigstens 0,5 m beträgt (siehe Ziffer 1 und § 47 Ziffer 6 der Errichtungsvorschriften).

3. Die Fahrleitung und die Baggerschleifleitung sind vor jeder Bagger- und Kippstrecke abschaltbar einzurichten. Es ist darauf zu achten, daß Fahrzeuge mit zwei Stromabnehmern die Trennstelle nicht überbrücken und somit die ausgeschaltete Fahrstrecke unter Spannung setzen können. Bei nebeneinander laufenden Leitungen muß die Trennstelle so angeordnet sein, daß eine ausgeschaltete Leitung durch den Stromabnehmer eines Fahrzeuges nicht unter Spannung gesetzt werden kann.

4. An Rangier- und den als Zugang für die Belegschaft bezeichneten Stellen sind Warnungstafeln anzubringen, die auf die mit Berührung des Fahrdrahtes verbundene Gefahr hinweisen und bei Dunkelheit zu beleuchten sind.

5. Fahrleitungen, die nicht auf Porzellan-Doppelglocken-Isolatoren oder gleichwertigen Isolatoren verlegt sind, müssen gegen Erde doppelt isoliert sein.

6. Aufhänge- und Abspanndrähte jeder Art, die im Handbereich liegen, müssen gegen spannungsführende Leitungen doppelt isoliert sein, z. B. durch Porzellan-Doppelglocken-Isolatoren.

7. Speiseleitungen, die Betriebsspannungen gegen Erde führen, müssen von der Stromquelle und an den Speisepunkten von den Fahrleitungen abschaltbar sein. Wenn durch Streckenunterbrecher dafür gesorgt ist, daß

mit der Speiseleitung gleichzeitig der zugehörige Teil der Fahrleitung spannungsfrei wird, ist die Abschaltbarkeit am Speisepunkt nicht erforderlich.

8. Die Bremsen auf den Abraumwagen sind durch geeignete Vorrichtungen so zu schützen, daß ein unbeabsichtigtes Berühren der Fahrleitungen nicht möglich ist.

C. Lokomotiven.

1. Die Fahrzeuge elektrischer Grubenbahnen sind als Maschinen anzusehen, deren innerer Aufbau im wesentlichen durch die Betriebssicherheit bedingt ist und im einzelnen nicht durch allgemeine Vorschriften geregelt werden kann. Die hier gegebenen Vorschriften betreffen nur jene Punkte, die hinsichtlich einer Feuers- oder Lebensgefahr von besonderer Wichtigkeit sind.

2. Bei Fahrschaltern und Stromabnehmern ist Holz als Isolierstoff zulässig. Mit Holz aufgebaute Fahrschalter sollen stets mit besonderen Funkenlöschern ausgestattet sein.

3. Zwischen den Stromabnehmern und den übrigen elektrischen Einrichtungen des Fahrzeuges ist entweder eine sichtbare Trennstelle derart anzuordnen, daß sie die Beleuchtung nicht unterbricht, oder es müssen die Stromabnehmer eine Vorrichtung haben, die sie im abgezogenen Zustande festhalten kann. Diese Anordnung soll es ermöglichen, die motorische Einrichtung der Fahrzeuge spannungsfrei zu machen, um ungehindert Störungen beseitigen zu können.

4. Jedes Fahrzeug muß eine Hauptschmelzsicherung oder einen selbsttätigen Ausschalter für die Elektromotoren haben.

5. Der Querschnitt aller Fahrstromleitungen ist nach der Nennstromstärke der vorgeschalteten Sicherung oder stärker zu bemessen. Die Strombelastung der Fahrstromleitungen ist nicht gleichmäßig. Die Stärke der Sicherungen richtet sich nach der Leistung der Motoren und nach den Betriebsverhältnissen. Für Fahrstromleitungen aus Leitungskupfer gilt folgende Tabelle des § 43 der Errichtungsvorschriften:

Querschnitt in mm ²	Nennstromstärke der Sicherung	Querschnitt in mm ²	Nennstromstärke der Sicherung
4	25	35	125
6	35	50	160
10	60	70	200
16	80	95	225
25	100	120	260

Der Querschnitt aller übrigen Leitungen ist nach § 20 der Errichtungsvorschriften zu bemessen (siehe Ziffer D 5).

6. Isolierte Leitungen in Fahrzeugen sollen so geführt werden, daß ihre Isolierung nicht durch die Wärme benachbarter Widerstände gefährdet werden kann. Nebeneinander laufende isolierte Fahrstromleitungen sollen entweder zu Mehrfachleitungen mit einer gemeinsamen Schutzhülle zusammengefaßt werden, daß ein Verschieben und Reiben der Einzelleitungen

vermieden wird, oder sie sind getrennt zu verlegen und dort, wo sie Wände durchsetzen, durch Isoliermittel so zu schützen, daß sie sich an diesen Stellen nicht durchscheuern können.

7. Bei Lokomotiven sind die Handhaben der Umschalter an den Fahr-
schaltern in der Weise abnehmbar anzubringen, daß das Abnehmen nur er-
folgen kann, wenn der Fahrstrom ausgeschaltet ist. Durch das Abnehmen der
Handhaben soll unbefugtes Ingangsetzen des Fahrzeuges verhindert werden.

8. Erdleitungen in Fahrzeugen dürfen keine Sicherungen enthalten und
dürfen nur im Fahrshalter abschaltbar sein.

9. Die unter Spannung stehenden Teile von Fassungen, Schaltern,
Sicherungen u. dgl. müssen mit einer Schutzverkleidung aus Isolierstoff
versehen sein. Pappe gilt nicht als Isolierstoff. Alle Schutzverklei-
dungen sollen so angebracht sein, daß sie nicht ohne weiteres entfernt
werden können.

10. Eine gelegentliche Beförderung von Einzelpersonen auf den Fahr-
zeugen der Gruben- und Abraumbahnen ist nur mit ausdrücklicher Zu-
stimmung der bergpolizeilichen verantwortlichen Aufsichtsperson des Werkes
gestattet.

1	2	3	4
Querschnitt in mm ²	Dauerbetrieb		Aussetzender Betrieb Höchstzulässige Vollaststromstärke in A
	Höchste dauernd zulässige Strom- stärke in A	Nennstromstärke für entsprechende Abschmelzsicherung in A	
1	11	6	11
1,5	14	10	14
2,5	20	15	20
4	25	20	25
6	31	25	31
10	43	35	60
16	75	60	105
25	100	80	140
35	125	100	175
50	160	125	225
70	200	160	280
95	240	200	335
120	280	225	400
150	325	260	460
185	380	300	530
240	450	350	630
300	525	430	730
400	640	500	900
500	760	600	—
625	880	700	—
800	1050	850	—
1000	1250	1000	—

Bei Eimerbaggern kommt die Bemessung der Leitung nach Spalte 3,
bei Löffelbaggern nach Spalte 4 in Frage.

D. Bagger.

1. Das Innere elektrisch betriebener Bagger, gleichgültig, ob es sich um Löffelbagger, Eimerkettenbagger oder Absetzgeräte handelt, gilt als elektrische Betriebsstätte nach § 2g der Errichtungsvorschriften.

2. Für die elektrische Einrichtung der Bagger gelten sinngemäß die Vorschriften C 2, 4, 5, 7, 8 und 10 über Lokomotiven.

3. Der Lichtabzweig ist getrennt anzulegen, so daß er bei Abschaltung der Motoren nicht unterbrochen zu werden braucht.

4. Soweit zwei Führerstände auf dem Bagger vorhanden sind, muß die Betätigung des Hauptmotors und der Fahrmotoren von beiden Ständen gleich gut erfolgen können. Wenn zwei Fahrkontrollen vorhanden sind, darf in diesem Falle nur eine abnehmbare Handkurbel in Benutzung sein.

5. Die Bemessung der auf dem Bagger verlegten isolierten Leitungen hat gemäß vorstehender Tabelle (§ 20 der Errichtungsvorschriften) zu erfolgen.

E. Allgemeines.

Für Reparaturen an elektrischen Einrichtungen sind außer den Betriebsvorschriften die jeweiligen Dienstanweisungen zu beachten.

K. Dienstanweisung zur Verhütung von Unfällen in elektrischen Bagger- und Bahnanlagen von Braunkohlentagebauen.

Herausgegeben vom Deutschen Braunkohlen-Industrie-Verein E. V.,
Halle (Saale).

A. Allgemeines.

1. Die Berührung elektrischer Einrichtungen, seien es Leitungen oder spannungführende Teile von Motoren, Sicherungen, Schaltapparaten, Fassungen usw., ist mit Gefahr für Leben und Gesundheit des Betreffenden verbunden. Jede unnötige Berührung ist verboten. Die betriebsmäßige Bedienung und Unterhaltung elektrischer Anlagen ist nur den damit beauftragten Personen (siehe Abschnitt D) gestattet.

2. Die Berührung spannungführender Teile von Elektromotoren, Schaltapparaten und Leitungen ist durch entsprechende Maßnahmen in der Regel unmöglich gemacht oder erschwert, sei es durch Isolierung oder Verlegung außer Handbereich oder durch Schutzverkleidungen an den Motoren, Apparaten, Kontrollern usw.

Diese Schutzvorrichtungen zu entfernen und in gefahrbringende Nähe spannungführender Teile sich zu begeben, ist im normalen Betrieb verboten.

Bei allen elektrischen Maschinen und Apparaten sind die Kollektoren, Schleifringe, Bürsten nebst ihren Befestigungsteilen, Wicklungen und Verbindungsleitungen spannungführende Teile. Aus Betriebsrücksichten sind diese Teile oft nur der zufälligen Berührung entzogen. Es wird daher auf die Gefährlichkeit ihrer Berührung besonders hingewiesen.

3. Bei der Bewegung sperriger Metallteile in der Nähe elektrischer Einrichtungen ist besonders Vorsicht geboten.

4. Leicht entzündliche Gegenstände dürfen nicht in gefährlicher Nähe elektrischer Maschinen und Apparate sowie offen verlegter Leitungen gelagert werden.

B. Leitungen und Gleise.

1. Vor dem Besteigen von Masten hat sich sowohl die Aufsichtsperson als auch der mit der Arbeit Beauftragte von der Standfestigkeit des Mastes zu überzeugen. Bei Holzmasten kommt es vielfach vor, daß äußerlich gut aussehende Maste im Innern völlig morsch sind. Zur Prüfung der Standfestigkeit genügt bloßes Anklopfen nicht immer, da z. B. bei Frostwetter der mulmige, Feuchtigkeit enthaltende Kern gefroren sein kann und der Mast den normalen Klang ergibt. Anhacken mit dem Beil oder Anbohren in Erdbodenhöhe sind zuverlässigere Maßnahmen. Nicht standfeste Maste dürfen nur bestiegen werden, wenn sie vorher sicher verankert worden sind.

2. Gerissene Leitungen können noch spannungsführend sein. Ihre Berührung ist lebensgefährlich und daher verboten. Der nächsten Aufsichtsperson ist hiervon unverzüglich Meldung zu erstatten, wie auch jede besondere Erscheinung (z. B. Feuererscheinung) zu melden ist.

3. Das Bedienen von Streckenschaltern ist nur den hierzu befugten Personen gestattet.

4. Werden merkliche Einwirkungen elektrischen Stromes beim Berühren von Gleisen festgestellt, ist sofort der nächsten Aufsichtsperson Meldung zu erstatten.

C. Lokomotiven und Bagger.

1. Bei Lokomotiven wird besonders darauf hingewiesen, daß bei Anliegen auch nur eines Stromabnehmers an der Fahrleitung auch die übrigen Stromabnehmer und die gesamte elektrische Einrichtung der Lokomotive unter Spannung stehen.

Es darf daher an elektrischen Teilen von Lokomotiven nur gearbeitet werden, wenn alle Stromabnehmer von der Oberleitung abgezogen und gesichert sind, die Lokomotive also spannungsfrei ist.

Diese Vorschrift bezieht sich auch auf Reinigungsarbeiten an dem oberen Teil der Lokomotive, bei der der Mann in die Nähe spannungsführender Teile kommt.

Bei Arbeiten an Teilen der elektrischen Anlagen auf Baggern sind diese Teile spannungslos zu machen.

2. Bagger- und Lokomotivführer haben dafür zu sorgen, daß Unbefugte an dem mechanischen und elektrischen Teil ihrer Maschine sich nichts zu schaffen machen.

3. Der Lokomotivführer darf sich von der Maschine nur entfernen, wenn er folgende Vorsichtsmaßnahmen getroffen hat:

1) den Kontroller ausgeschaltet und den Umschalter in die „Aus-“ oder „Null“-Stellung gebracht,

2) alle Stromabnehmer abgezogen und in dieser Lage gesichert,

3) die Handbremse fest angezogen hat.

4. Trennschalter, Stromabnehmer und ähnliche Einrichtungen dürfen nur mittels der hierfür vorgesehenen Hilfswerkzeuge (Schaltstangen usw.) bedient werden. Diese Hilfswerkzeuge sind unbedingt spannungssicher zu erhalten.

Die Verwendung von Gummihandschuhen ist bei Hochspannung verboten.

D. Arbeiten an elektrischen Anlagen.

1. Jede Arbeit an elektrischen Einrichtungen ist Unbefugten strengstens untersagt. Tritt eine Störung auf, oder wird das Fehlen oder die Unbrauchbarkeit einer Schutzvorrichtung bemerkt, so ist unter allen Umständen sofort dem zur Ausführung der Arbeit Befugten Meldung zu erstatten, der seinerseits die zur Behebung der Störung oder Ausführung der Arbeiten erforderlichen Maßnahmen zu treffen hat.

2. Müssen die Arbeiten unter Spannung ausgeführt werden, so haben sich die Befugten, die die Arbeiten ausführen, nach § 8 der Betriebsvorschriften des VDE zu richten.

3. Bei Hochspannung dürfen Arbeiten unter Spannung nur in Notfällen und nur in Gegenwart einer geeigneten und unterwiesenen Person sowie unter Beachtung geeigneter Vorsichtsmaßnahmen ausgeführt werden. Als Notfall in diesem Sinne gelten nur die Sicherung von Menschenleben und der Schutz der Betriebseinrichtungen vor schwerem Schaden.

4. Ist eine Berührung der Fahrleitungen oder der Baggerschleifleitungen erforderlich, z. B. beim Reißen von Fahrleitungen, bei Isolatorbruch oder beim Bruch von Stromabnehmern, so muß dafür gesorgt werden, daß die Leitung durch Abschaltung stromlos gemacht wird (Abschnitt A Ziffer 1).

Die Leitung ist bei jeder Arbeit zu erden und kurzzuschließen. Die Erdung darf erst entfernt werden, wenn die Arbeit fertig ist und die die Arbeit ausführenden Personen sich in Sicherheit gebracht haben. Bei der Ausführung der Erdung ist unbedingt darauf zu achten, daß die hierfür verwendeten Einrichtungen zuerst an die Erde und erst dann an die Leitung gelegt werden. Bei Aufhebung des Kurzschlusses ist umgekehrt zu verfahren, d. h. der Erder zuletzt zu lösen. Die Wiedereinschaltung der Leitung darf nur durch denjenigen, der die Ausschaltung vornehmen ließ, veranlaßt werden. Verständigung durch Winken ist möglichst zu vermeiden, da Gleisbaukolonnen sich auf dieselbe Weise zu verständigen pflegen und so Mißverständnisse hervorgerufen werden können.

5. Personen, die als Trinker und als unzuverlässig bekannt sind, dürfen mit Arbeiten an elektrischen Leitungen nicht betraut werden.

Sachverzeichnis.

- Abbrühmassen 193.
Abdeckplatten 28.
Abdeckungen 22, 24, 28, 53, 132.
Abgeschlossene Betriebsräume 175.
— elektrische Betriebsräume 10.
Abperrung 19.
Abzweigungen 177.
Akkumulatoren 6, 47, 78.
Akkumulatorensäure 186.
Akkumulatorenräume 10, 184.
Alterung von Öl 126.
Aluminiumbrønze 190.
Aluminiumstaub 12.
Änderungen der Verbandsvorschriften 2.
Anerkennung der Vorschriften 2.
Anreisegefährdung 81.
Anlagen, landwirtschaftl. 19, 34.
Anlasser 143, 227.
Anlasserarten 144.
Anleitung zur ersten Hilfe 34.
Anschlußtabel 52.
Anschlußleitungen 163.
Antennen 42.
Anzapfungen 115.
— von Transformatoren 107.
Apparate 29, 47, 72, 131, 218, 222.
Apparatebilder 63.
Apparate, schlagwettergeschützte 12.
Aräometer 187.
Arbeiten unter Spannung 181.
Arbeiterräte 19.
Arbeiterschutz 15.
Arbeitsbeleuchtung 256.
Arbeitsgemeinschaft 26.
Arbeitsstromauslösung 134.
Armaturen 151.
Armbänder 55.
Asbest 103.
Aschengehalt des Öles 121, 131.
Asynchronmotoren 6.
Atmosphärische Einflüsse 62.
Atemung, künstliche 35.
Aufsichtsbeamte 54.
— technische 17.
Aufzugsvorschriften 237.
Augenverletzungen 55.
Ausästen von Bäumen 51, 201, 209.
Ausbefferungen 56.
Ausführungsregeln 8.
Auslöchen des Öles 123.
AusläuferSchalter 138.
Auslösezeit von Schaltern 139.
AusSchuß für wirtschaftl. Fertigung 251.
Außenleiter 6.
Aussetzender Betrieb 12, 13, 114.
Ausseleistung 13.
Ausstellungen 214.
Baggeranlagen 259, 263.
Bahnanlagen 7, 259, 263.
Bahnkreuzungen 208.
Bahnvorschriften 3.
Batterieräume 184.
Bauphandwerker 30.
Bäume, Ausästen 209.
Baumwolle 81.
Bauplätze 214.
Bedienung 47.
Beglaubigungsfehlergrenzen 166.
Beharungstemperatur 12.
Belastung von Kabeln 197.
Beleuchtung 172, 255.
Beleuchtungskörper 79, 153.
Belohnungen 55.
Bergberämter 26.
Bergwerke 11, 25, 26, 100.
Bergwerksvorschriften 3.
Berufsgenossenschaft 16, 25.
Berührungsschutz 6, 23, 149.
Berührungsspannung 14.
Beseitigung von Mängeln 20.
Betriebe, landwirtschaftl. 11, 13.
Betriebsarten 12, 13, 114.
Betriebsbeamte 54.
Betriebsberdungen 67.
Betriebsfernprechanlagen 213.
Betriebsfernprecher 62.
Betriebsgefahren 16.
Betriebsleiter 18.
Betriebspersonal 54.

Betriebsräte 19.
 Betriebsräume 50.
 — abgeschlossene 175.
 — elektrische 10.
 Betriebsrisiko 46.
 Betriebsrisikofreiheit 255.
 Betriebsspannungen 7.
 Betriebsstätten 10, 25.
 — explosionsgefährliche 11.
 — feuergefährliche 11.
 Betriebsstörungen 25.
 Betriebsunternehmer 54.
 Betriebsvorschriften 33, 49.
 — für Aufzüge 237.
 Betriebswachen 42.
 Bewegliche Leitungen 160.
 Bezeichnung von Klemmen 63, 227.
 Bezirksmonteure 42.
 Blasebalg 53, 90.
 Blasen 37.
 Bleimantelleitungen 163.
 Blendung 174, 257.
 Blitzpfeil 30.
 Blitzschläge 62.
 Bogenlampen 174.
 Brandbinde 37.
 Brandgefahr 41.
 Brandschaden 46.
 Brandstelle 42, 44.
 Brandversicherung 20.
 Braunkohlentagebau 259, 263.
 Bronzebürsten 97.
 Brücken von Transformatoren 107.
 Buchholzschuß 107.
 Bühnenbeleuchtungen 151.
 Bürsten 93.
Carbolineum 205.
 Chemische Betriebe 72.
 — Fabriken 11, 39, 100.
 Chemischer Angriff 81.
 Christbaumbeleuchtung 151.
Dachbedeckung 30.
 Dachständerführungen 213.
 Dämpfe 11.
 Darstellung, schematische 32, 216.
 Dauerbetrieb 12, 13, 105, 114.
 Dauerkurzschlußstrom 138.
 Deutscher Aufzugs-Ausschuß 237.
 Diebstahl elektr. Arbeit 236.
 — von Leitungen 212.
 Diebstahl-Anleger 65.
 Differentialschutz 46.
 Doppel Drehtransformatoren 113.
 Doppelerdschlüsse 60.
 Drachenschnüre 210.

Drahtnetzschuß 12.
 Drahtsäure 201.
 Drehinn von Maschinen 227.
 Drehstromanlagen 7.
 Drehstrommotoren, Rippen 213.
 Drehtransformatoren 113.
 Dreieck-Sternschaltung 112.
 Dreileiteranlagen 81.
 Druckart 5, 6.
 Druckluftanlage 53, 90.
 Durchführungen 138.
 Durchführungsflamme 72.
 Durchdränkte Räume 11, 188.
Estlin 65.
 Eichstationen für Zähler 172.
 Eigenlüftung von Maschinen 103.
 Einführungsstellen 132.
 — von Leitungen 51.
 Einfüllen des Oles 129.
 Einheitstransformatoren 107, 115.
 Einschaltdauer 13.
 — relative 12.
 Einstellräume für Kraftwagen 190.
 Eisenbahnkreuzungen 208.
 Elektrische Arbeit, Diebstahl 236.
 — Betriebsräume 10.
 Elektrizitätswerke 32.
 Elektrizitätszähler 166.
 Elektrofarren 257.
 Elektromobilbatterien 188.
 Elektromotorenarten 88.
 Endverschlüsse 192.
 Entladungsspannung 6.
 Entwässern des Oles 130.
 Entziehung elektr. Arbeit 236.
 Entzündliche Gegenstände 11, 21.
 Erden 14.
 Erdfeld 62.
 Erdkapazität 59.
 Erdschlußstrom 61, 72, 73.
 Erdung 24, 28, 66, 76, 77, 176, 202.
 Erdungswiderstand 73.
 Erklärungen 9.
 Erläuterungen zu Verbandsvorschriften 3.
 Errichtungsvorschriften 1.
 Ersatzleitungen 165.
 Erste Hilfe 16, 32, 34.
 Erwärmung 63.
 — von Maschinen 101.
 — des Oles 128.
 — von Transformatoren 116.
 Explosible Stoffe 11.
 Explosionsgefährliche Betriebsstätten 11.
 — Lagerräume 11.
 — Räume 188.

- Fabrikbeleuchtung** 174, 255.
Fahrbare Löscher 45.
Fahrleitungen 10, 85.
Fangtangen 201.
Farbenbezeichnung 158.
Färbereien 11, 39.
Fasern 11.
Faserstoff 103.
Faßausleuchter 155.
Fassungen 150.
Fassungsadern 163.
Fehlergrenzen für Zähler 166.
Fernmelbeanlagen 4, 8.
 — Gesetz über 213.
Fernsprechanlagen für den Betrieb 213.
Fernsprecher 62.
Fernsprechleitungen 42.
Fertigung, wirtschaftl. 251.
Festigkeit des Dles 122, 131.
Feuchte Hände 38.
Feuchter Boden 39.
Feuchte Räume 11, 189.
Feuchtigkeitsicher 9.
Feuergefährliche Betriebsstätten 11.
 — Lagerräume 11.
Feuerlöschgeräte 44.
Feuerschaden 46.
Feuerschuß an Maschinen 98.
Feuersgefahr 25.
Feuersicher 9.
Feuerversicherung 20, 25.
Feuerwehr 42.
Filtern des Dles 127.
Filterpresse für Öl 124.
Fingerringe 55.
Flachkohlenbürste 95.
Flammpunkt des Dles 121, 127, 130.
Flüssigkeitsanlasser 144.
Fortbildung von Wärtern 66.
Fortbildungskurse 233.
Freileitungen 9, 199.
 — Belastung 212.
 — Merkblatt 209.
Freiluftgeräte 138.
Fremdblüftung 117.
 — von Maschinen 103.
Frequenzmesser 156.
Frischluffkühlung 46.
Führerstände 10.
Füllmaße 103.
Füllsäure 186.
Fünfleiteranlagen 85.
Funken 55.
Funken-Antriebsriemen 189.
Garagen 190.
Garniturteile von Kabeln 190, 195.
Gase 11.
Gasentwicklung von Akkumulatoren 187.
Gebrauchsspannung 7.
Gebrauchte Mineralöle 130.
Gefährdung 15.
Gefahren des Betriebes 16.
Gefahrenquellen 48.
Gefahr für Personen 33.
Gefahrstellen 19.
Geflüchte Sicherungen 52.
 — Sicherungsstöpsel 146.
Generatorgas 93.
Geräusche von Maschinen usw. 65.
Gerbereien 11.
Gerüste 55.
Gesetz betr. Entziehung elektr. Arbeit 236.
 — über Fernmelbeanlagen 213.
Gewerbeordnung 15.
Gewerbliche Betriebsstätten 25.
Gleise 259, 264.
Glimmer 103.
Glühlampen 55, 148.
Graphitkohlen 94.
Grenzerwärmung 106.
Grenztemperatur 118.
Grubenbahnen 10.
Grubenräume, schlagwettergefährliche 12.
Grundplatten 28.
Gummiaderleitungen 163.
Gummiaderschnüre 163.
Gummibleiabel 197.
Gummifreie Folierstoffe 9, 80.
Gummihandschuhe 28.
Gummihülle 27, 162.
Gummimatten 28.
Gummimischung 27, 162.
Gummischlauchleitungen 160, 163.
Gummischuhe 28.
Gaßenkräne 86.
Haftung für Unfälle 18.
Hähne von Transformatoren 115.
Handfeuerlöcher 44.
Handgeräte 157.
Handlampen 154.
Handleuchter 75, 151.
Handlöcher 45.
Handräder 72.
Hausanschlußleitungen 9.
Hebel 72.
Hebesäuremesser 187.
Hebezeuge 10.
Heimisch-Niebl-Schuß 70.
Heiße Räume 11.
Heißlaufanmeldefarbe 65.

- Heißlaufen von Lagern 90.
 Heißluftdüsen 157.
 Herzklimmern 39.
 Hilfe, erste 16.
 Hilfeleistung bei Unfällen 34.
 Hilfsarbeiter 49.
 Hilfsender 74.
 Hilfsmotoren 143.
 Hochofengas 93.
 Hochspannung 56.
 Hochspannungsanlagen 6, 42, 44.
 Hochspannungsbetriebe 34.
 Hochspannungserdung 67.
 Hochspannungsgeräte 138.
 Hochspannungsmotoren 179, 182.
 Hochspannungsschnüre 164.
 Hörnerableiter 141.
 Holzgestänge 204.
 Holzmaße 44.
 Holzplättchen von Akkumulatoren 186.
 Holzrollen 86.
 Hüthenwerte 100.

 Illuminationsfassungen 151.
 Industrielle Betriebsstätten 25.
 Influenz 62.
 Inkräfttreten der Betriebsvorschriften 215.
 Installationen 224.
 — im Freien 10, 85.
 Installationsbetriebe 32.
 Installationsmaterial 135.
 Installations selbstschalter 147.
 Instandsetzungsarbeiten 49.
 Isolationszustand 77.
 Isolatorenfehler 202.
 Isolatorenträger 72.
 Isolierbänder 81.
 Isolierpreßmaterialien 28.
 Isolierschemel 28, 159, 180, 200.
 Isolierstoffe 9, 80.
 Isolierte Leitungen 160.
 — Unterlagen 24.
 Isolierung 66, 76.
 Isolierwerkzeuge 24.

 Kabel 190.
 Kabelarmaturen 72.
 Kabelbelastung 197.
 Kabelzubehörteile 192.
 Käferlaufen 205.
 Käschierungen 151.
 Käseereien 11.
 Kennfäden 27, 161.
 Kennstreifen 27.
 Kennzeichnung von Kabeln 191.

 Ketten 55, 67.
 Kippdrehmoment 105.
 Rippen von Drehstrommotoren 213.
 Kippüberspannungen 59.
 Klassifizierung der Isolierpreßmassen 80.
 Kleidung von Wärtern 106.
 Kleinspannungen 7, 66, 75, 76.
 Kleintransformatoren 75.
 Klemmenbezeichnung 63, 100, 110, 227.
 Kletterchuß 204.
 Knallgasexplosion 185.
 Knochenbrüche 37.
 Kochen des Oles 128.
 Kohlenbürsten 94.
 Kohlen säure 43.
 Kohlenstaub 12.
 Kommutatoren 93.
 Kontaktbürsten 138.
 Körperverletzung 19.
 Körperwiderstand 11, 66.
 Kostengefäß 26.
 Kreislauführung 46.
 Kreuzende Leitungen 233.
 Kreuzung von Bahnen 208.
 — von Hochleitungen 208.
 — von Wasserstraßen 209.
 Kreuzungsstellen 31.
 Kugellager 92.
 Kühlmittel 12, 117.
 Künstliche Atmung 35.
 — Beleuchtung 255.
 — Isolierstoffe 9.
 Kunstseide 81.
 Kurbeln 72.
 Kurzschließung 176, 179.
 Kurzschlüsse 24, 25.
 Kurzschlußeinrichtungen 177.
 Kurzschlußklausel 46.
 Kurzzeitiger Betrieb 12, 13, 114.
 Kurzzeitige Belastung 13.

 Laboratorien 214.
 Lact 103.
 Ladewelle 57.
 Lager 90, 252.
 Lagerräume, explosionsgefährliche 11.
 — feuergefährliche 11.
 Lagerströme 90.
 Lampen 47, 148.
 Landwirtschaftl. Anlagen 19, 34, 50, 90.
 — Betriebe 11, 13, 114.
 — Betriebsstätten 25.
 Landwirtschaftsmerkblätter 14.
 Lebensgefahr 25.
 Leckstrommelder 203.
 Leistungsfaktormesser 156.

Leistungsmesser 156.
 Leitern 73.
 Leitfäße 8.
 — betr. Fortbildungskurse 233.
 Leitungen 260, 264.
 — aus Zink 21.
 — Diebstahl 212.
 — isolierte 160.
 — kreuzende 233.
 — umhüllte 84.
 Leitungskanäle 86.
 Leitungspläne 217.
 Leitungstrassen 164.
 Leuchtdichte 173.
 Lichteinheiten 173.
 Lichtbogenerdschluß 61.
 Lieferbedingungen 239.
 Lobelin 40.
 Lokomotiven 261, 264.
 Lötlöcheinrichtungen 45.
 Lötlötmittel 43.
 Luftreinigung 98.
 Luftspalt von Drehstrommotoren 100.
 Luftsprüze 53, 90.
 Lüftungseinrichtungen 55.

Mahlmühlen 190.
 Maler 30.
 Mängel, Beseitigung 20.
 Manteltransformatoren 112.
 Maschinen 29, 47, 72, 78, 86, 98, 218, 222, 227.
 Maschinenbrände 45.
 Maschinenarten 88.
 Maschinenleuchter 154.
 Maschinenpumptücher 240.
 Maschinenstaben 46.
 Maschinenschilder 63.
 Maschinen, Schlagwettergeschützte 12.
 Masten 53, 203.
 Masten-Karbolinum 205.
 Mastfüße 207.
 Mastschalter 180, 181.
 Masttransformator 177, 179, 182, 184.
 Material, verbandsgemäßes 5.
 Maximalthermometer 115.
 Mehlstaub 12.
 Mehrleiteranlagen 6, 81.
 Meister 54.
 Merkblatt betr. Freileitungen 209.
 Merkblätter für die Landwirtschaft 14.
 Meßgeräte 155, 218, 223.
 Meßperlen 120.
 Meßstäbe von Transformatoren 115.
 Meßstrangen 202.
 Meßwandler 72, 157.

Metallhaltige Kohlen 94.
 Meßgereien 11.
 Mineralöle 130.
 Montagebetriebe 32, 56.
 Monteure 233.
 Monteurfortbildung 66.
 Moore-Licht 175.
 Motorenarten 88.
 Motorenkontrolle 87.
 Motorschuschalter 144.
 Motorwagen 180.
 Muffen von Kabeln 190, 192, 194.

Nachfüllsäure 186.
 Nachladen von Akkumulatoren 188.
 Nachprüfungen 21.
 Netzbezeichnungen 232.
 Nichtkeramische Isolierstoffe 9.
 Niederspannungsanlagen 6.
 Niederspannungserdung 67.
 Niederspannungsunfälle 183.
 Normalspannungen 7.
 Normalstromstärken 133.
 Normen 8.
 Nothelfer 40.
 Nullleiter 6, 14, 81.
 Nullen 14.
 Nullung 66, 69, 76, 77.

Oberbergamt 26.
 Oberflächentemperaturen 102.
 Oberirdische Leitungen 9.
 Oberwellen 60.
 Obstbäume 211.
 Öl 90, 120.
 Ölauffanggruben 141.
 Ölbrände 44, 45.
 Ölgrenztemperatur 118.
 Ölfessel 127.
 Ölfenervator 123.
 Ölprüfapparat 92.
 Ölschalter 58, 138, 214.
 Ölschalterräume 43.
 Ölschalterzellen 141.
 Ölchlamm 108.
 Ölchleuder 124, 127.
 Ölstandsgläser 115.
 Öltransformatoren 106.
 Ortsschaltstellen 42.
 Oxydation von Kontakten 138.

Panzeradern 163.
 Papier 81.
 Papierbleitafel 197.
 Parallelbetrieb 112.
 Pauschalfassungen 151.

Bendelschnüre 163.
 Blattenstoß 12.
 Bläßbeleuchtung 256.
 Bostkreuzungen 208.
Probierräume 214.
Probierische Einrichtungen 214.
 Prüfkämter 169.
 Prüffelder 214.
 Prüfstelle des VDE 27, 162, 225.
 Prüftaste 70.
 Prüfung von Isolierstoffen 9.
 Prüfvorschriften für Öle 122.
 Pußlappen 245.
 Pußmaterial 53.
 Pußtücher 240.
 Pußwolle 247.

Querfelddämpfung 60.

Rangierstellen 31.
 Räume, durchstränkte 11.
 — feuchte 11.
 — heiße 11.
 Reflektoren 257.
 Regeln 8.
 Regenerierung von Öl 124.
 Regler 227.
 Reichnähe bei Hochspannung 183.
 Reichsausstoß für Lieferbedingungen 239.
 Reichsgewerbeordnung 15.
 Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit 239, 251.
 Reichsversicherungsordnung 16.
 Reinigung des Öles 127.
 Reinigungsarbeiten 49.
 Reflamebeleuchtungen 10, 151.
 Relais 46, 139, 141.
 Relative Einschaltbauer 12.
 Reparaturen 50.
 Reparierte Maschinen 99.
 Resonanzüberspannung 60.
 Revisionen 25, 28.
 Revisionsbücher 19.
 Riemenelektrizität 189.
 Rillen 53.
 Rohrdrähte 163.
 Rollenlager 92.
 Roßstoß 56, 204.
 Rückstromauslösung 134.
 Rückzündung 58, 61.

Sand 43.
 Sauggas 93.
 Saugluftanlage 53.
 Säure für Akkumulatoren 186.

Säuredichte von Akkumulatoren 187.
 Säuregehalt des Öles 121, 125, 131.
 Schaltanlagen 29, 72, 158.
 Schaltarten 217.
 Schaltbilder 216.
 Schalter 47, 79, 133.
 Schalterkarten 134.
 Schalteröl 120.
 Schaltgruppen 110, 112.
 Schaltpläne 33.
 Schaltstangen 159, 181, 200.
 Schaltstationen 212.
 Schaltstellen 32, 45.
 Schaltstellen in Bergwerken 177.
 Schaltstufen 115.
 Schaltvorgänge 57.
 Schaltzangen 159.
 Schaltzeichen 216.
 Schaumlöschverfahren 44.
 Schaufstellungen 214.
 Schematische Darstellung 32, 216.
 Schilder 63.
 Schirme 53.
 Schlag Schatten 257.
 Schlagwettergefährliche Grubenräume 12.
 Schlagwettergeschützte Maschinen 12.
 Schlamm von Öltransformatoren 108.
 Schlammablagerungen 125.
 Schlammabildung des Öles 123.
 Schleifloß 93.
 Schleifringe 93.
 Schleuder für Öl 124.
 Schmelzsicherungen 138, 144.
 Schmieröl 90.
 Schmorstellen 133.
 Schorfbildungen 37.
 Schornsteinfeger 30.
 Schranken 22.
 Schuß der Arbeiter 15.
 Schutzbrillen 24, 28.
 Schutzerdung 68, 72.
 Schutzgitter 22, 53, 72.
 Schutzisolierung 28.
 Schutzklappen 52, 132.
 Schutzkasten von Maschinen 105.
 Schutzkasten von Transformatoren 110.
 Schutzmittel 21, 28, 47.
 Schutzschaltung 66, 70, 76, 77.
 Schutzschirme 55.
 Schutzschränke 29.
 Schutzvorrichtungen 19, 21, 24.
 Schutzwände 22.
 Schwachstromanlagen 4, 8.
 Seide 81.
 Selbstkühlung von Maschinen 103.

Selbstlüftung 117.
 Selbstschalter 147.
 Sicherheitsgürtel 203.
 Sicherungen 47, 51, 52, 55, 69, 79.
 Signalvorrichtungen von Schaltern 140.
 Sigistangen 201.
 Soffittenlampen 151.
 Sonderbestimmungen des VDE 1.
 Sondergummiaderleitungen 163.
 Sonderkchnüre 164.
 Spannungsmesser 156.
 Spannungsrückgangsauslösung 134.
 Spannungswandler 157.
 Spannungsjucher 178.
 Spieldauer 13.
 Splitter 55.
 Spragen des Nies 125.
 Sprinklanlagen 45.
 Sprungwelle 57, 62.
 Stallerdungen 68.
 Stallfeuchtigkeit 20.
 Stallungen 72.
 Starkstromanlagen 8.
 Starkstrommonteure 233.
 Statische Ladung 62.
 Staub 11, 12.
 Stauberplosionen 189.
 Stecker 148.
 Stehlampen 151.
 Steinbettung 45.
 Stern-Dreieckschaltung 112.
 Steuergeräte 143.
 Stockpunkt des Nies 121, 130.
 Stockschuß 206.
 Stöpsellicerei 146.
 Störungsübersicht 89.
 Stoßkurzschlußstrom 138.
 Strahlrohr 44.
 Streckenförderungen 31.
 Streckenschalter 202.
 Stromdiebstahl 172.
 Strommesser 156.
 Stromsysteme 217.
 Stromwandler 157.
 Stufenschalter 142.
 Stützisolatoren 138.
 Szenerieinstallation 165.

 Zagebau 10, 259, 263.
 Technische Aufsichtsbeamte 17.
 Teerzahl 131.
 Teilschema 32.
 Telegraphenleitungen 42.
 Temperaturmelder 108.
 Temperaturüberwachung 64.
 Temperaturwechsel 108.

Tetrachlorkohlenstoff 43.
 Theater 25.
 Theaterleitungen 164.
 Thermelemente 102, 120.
 Thermometer 63.
 Thermometermessung 101.
 Tischfächer 157.
 Tränkung von Masten 206.
 Transformatoren 6, 13, 60, 72, 78, 106
 221, 227, 230.
 — bewegliche 179, 184.
 — fahrbare 180, 181.
 Transformatorenhäuser 33, 211, 213.
 Transformatorenarten 107.
 Transformatorenöl 120.
 Transformatorenräume 10, 43, 45, 107,
 108.
 Transformatorenschilder 63.
 Transformatorenstationen 32.
 Transformatorwagen 180.
 Transportgeräte 10.
 Treibriemen 139.
 Trennschalter 138, 214.
 Trennwände 24.
 Treppen 73.
 Trockenlöcher 43.
 Trocknung des Nies 128.
 — von Maschinen 98.
 — von Transformatoren 109.
 Türgriffe 73.
 Türrahmen 73.
 Tuschahende 81.

Überbrückung von Sicherungen 147.
 Überlaufschrauben 115.
 Überspannungen 56.
 Überspannungsschutz 68.
 Überspannungsschutzgeräte 138.
 Überstromauslösung 134.
 Überwachung 25, 28.
 — von Zählern 170.
 Überwachungsauslösung 26.
 Überwachungsformulare 88.
 Überwachungsvereine 25.
 Überwachungszeichen 80.
 Umformer 222.
 Umhüllte Leitungen 84.
 Umlaufleitung 46.
 Umwidlung von Transformatoren 112.
 Unfälle 48.
 — bei Niederspannung 183.
 — erste Hilfe 17.
 — Haftung 18.
 Unfallgefahr 255.
 Unfallschutz 24.
 Unfallverhütung 15, 17, 19.

- Unfallverhütungsbilder 19.
 Unfallverhütungspropaganda 23.
 Unfallverhütungsvorschriften 16.
 Unterbrechungsstüde 47.
 Unterkunftsräume für Kraftwagen 190.
 Unterlagen, isolierte 24.
 Unterspannungseisung 179, 180.
 Unterstationen 10, 213.
 Unterstromauslöisung 134.
 Ursprungszeichen 28.
- Verbandsgemäßes Material 5.**
 Verbandstennfaden 161.
 Verbandszeug 41.
 Verbindungsmuffen 192.
 Verbindungsstellen 67.
 Verbottafeln 19.
 Verbrennung 37.
 Vergußmassen 192.
 Verhütung von Unfällen 15, 17.
 Verkehrsbeleuchtung 255.
 Verkehrsfehlergrenzen 171.
 Verfohlungen 37.
 Verletzungen 37.
 Versammlungsräume 26.
 Versand der Öle 130.
 Verschlulß von Betriebsräumen 10.
 Versicherung gegen Feuer 20.
 Verteerungszahl des Öles 122.
 Verteilungsanlagen 29.
 Verteilungspläne 217.
 Verunglücke 35.
 Verwaltungsbehörden 16.
 Viskosität von Öl 121, 127, 130.
 Vogelförerungen 201.
 Vorschriften 8.
- Wälzlager 92, 252.**
 Wanderwelle 57, 62.
 Wärmesicher 9.
 Warnungsschilder 19.
- Warnungstafeln 29, 33.
 Wärter 233.
 Wärterfortbildung 66.
 Wartungsarbeiten 49.
 Wäschereien 11.
 Wassergehalt des Öles 127.
 Wasserhaltungsmotoren 101.
 Wasserfühlung 108, 117.
 Wasserfühlung von Maschinen 103.
 Wasserstraßenkreuzungen 209.
 Wasserwiderstände 142.
 Wegweiser 1.
 Werksführer 54.
 Werkstattdrehure 163.
 Werkzeugschleuchter 154.
 Werkzeuge 28.
 Widerstände 142.
 Widerstandsispulen 102.
 Widerstandszunahme 101, 117.
 Wiecherische Methode 73.
 Wiederbelebung 32, 40.
 Wiederverwendung von Öl 128.
 Wirtschaftl. Fertigung 251.
 Wisnuth-Brandbinde 37.
 Wurmfraß 206.
- Zähler 166.**
 Zählereichung 172.
 Zählermonteure 170.
 Zählerunterhaltung 169.
 Zeitvereinbarung 179.
 Zellenwechsel 188.
 Zellstoff 81.
 Zentralbehörden 16.
 Zickzackschaltung 112.
 Zimmerschüre 163.
 Zinlleitungen 21, 165.
 Zubehörteile von Rabeln 192.
 Zuderfabriken 11, 39.
 Zugangstellen 31.
 Zusatztafeln 21.

Wegweiser für die vorschriftsgemäße Ausführung von Starkstromanlagen

Im Einverständnis mit dem Verbands Deutscher Elektrotechniker
herausgegeben von

Prof. Dr.-Ing. e. h. G. Dettmar
Hannover

VI, 302 Seiten. 1927. RM 7.50; gebunden RM 8.75

Aus den Besprechungen:

Die Vorschriften, Normen und Leitsätze des VDE haben im Laufe der letzten Zeit einen derartigen Umfang angenommen, daß es für den Praktiker, sei er Ingenieur, Techniker, Installateur oder Monteur, schier unmöglich ist, sich auf Fragen aus seinem Arbeitsgebiet schnell stets die nötige Klarheit zu verschaffen, zumal die Verbandsvorschriften in aller kürzesten Zeiträumen immer wieder geändert werden. Außerdem sind die Vorschriften vielfach so allgemein gehalten, daß dem Praktiker eine Erklärung erwünscht ist. Beiden Zwecken, der Auffindung von Sonderbestimmungen für Einzelgebiete und der Auslegung der Vorschriften dient das Buch, das Dettmar als berufenster Fachmann hier geschaffen hat... Ein ausführliches Sachverzeichnis ist angefügt. Es wäre wünschenswert, wenn dieses Buch, das aus dem Bedürfnis der Praxis heraus entstanden ist, nun auch weitgehend in die Praxis getragen würde.

„Zeitschrift des Bayerischen Revisions-Vereins“.

Über den Ausgleich der Einzelbestimmungen bei Elektrizitätswerken (Verschiedenheitsfaktor) und über Elektrizitätstarife.

Von Prof. Dr.-Ing. e. h. **Georg Dettmar**, Hannover. (Sonderabdruck aus der „Elektrotechnischen Zeitschrift“, 47. Jahrgang 1926, Heft 2, 3, 4, 7 und 19.) Mit 35 Abbildungen. 70 Seiten. 1926. RM 1.80

Erläuterungen zu den Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial, den Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Schaltapparaten für Spannungen bis einschl. 750 V und den Normalen über die Abstufung von Stromstärken und über Anschlußbolzen.

Im Auftrage des Verbandes Deutscher Elektrotechniker herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. e. h. **Georg Dettmar**. Mit 46 Textabbildungen. 202 Seiten. 1915. Unveränderter Neudruck 1922. RM 3.75

Erläuterungen zu den Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen (N. E. M.) und von Transformatoren (N. E. T.), zu den Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Bahn-Motoren, Maschinen und Transformatoren (N. E. B.) sowie zu den Normalen Anschlußbedingungen und den Normalen Klemmen-Bezeichnungen.

Im Auftrage des Verbandes Deutscher Elektrotechniker herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. e. h. **Georg Dettmar**, Hannover. Siebente Auflage. Erscheint im Herbst 1928.

Vorschriftenbuch des Verbandes Deutscher Elektro-
techniker.

Herausgegeben durch das Generalsekretariat des VDE. Fünf-
zehnte Auflage. Nach dem Stande am 1. Januar 1928. IX, 819 Seiten. 1928.
Gebunden RM 14.—; für VDE-Mitglieder RM 11.—
Ausgabe mit Daumenregister gebunden RM 16.—; für VDE-Mitglieder RM 13.—

Erläuterungen zu den Vorschriften für die Errichtung
und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen

einschließlich Bergwerksvorschriften und zu den Bestimmungen für
Starkstromanlagen in der Landwirtschaft. Im Auftrage des Verbandes
Deutscher Elektrotechniker herausgegeben von Dr. C. L. Weber, Geh. Re-
gierungsrat. Fünfzehnte, vermehrte und verbesserte Auflage. IX, 329 Seiten.
1926. Zweiter, berichtigter Neudruck 1928. RM 6.—

Erläuterungen zu den Vorschriften für elektrische
Bahnen (Bahnvorschriften).

Gültig ab 1. Januar 1926. Im Auftrage
des Verbandes Deutscher Elektrotechniker herausgegeben von Direktor S. Uhlig,
Elberfeld. VI, 80 Seiten. 1927. RM 4.—; gebunden RM 5.—

Isolierte Leitungen und Kabel.

Erläuterungen zu den für isolierte
Leitungen und Kabel geltenden Vorschriften und Normen des Verbandes Deutscher
Elektrotechniker. Im Auftrage des Verbandes Deutscher Elektrotechniker heraus-
gegeben von Dr. Richard Apt. Dritte, neu bearbeitete Auflage. Mit 20 Text-
abbildungen. IX, 235 Seiten. 1928. RM 12.—; gebunden RM 13.—

Die Isolierstoffe der Elektrotechnik.

Vortragsreihe, veranstaltet
von dem Elektrotechnischen Verein E. V. und der Technischen Hochschule Berlin.
Herausgegeben im Auftrage des Elektrotechnischen Vereins E. V. von Prof. Dr.
S. Schering. Mit 197 Abbildungen im Text. IV, 392 Seiten. 1924.
Gebunden RM 16.—

Die Eigenschaften elektrotechnischer Isoliermaterialien
in graphischen Darstellungen.

Eine Sammlung von Versuchs-
ergebnissen aus Technik und Wissenschaft. Von Dr. U. Rehow, Abteilungsleiter
der AEG-Fabrik für elektrische Meßinstrumente, Berlin. Mit 330 Abbildungen.
VI, 250 Seiten. 1927. Gebunden RM 24.—

Die Materialprüfung der Isolierstoffe der Elektro-
technik.

Herausgegeben von Walter Demuth, Oberingenieur, Vorstand des
Mech.-Techn. Laboratoriums der Porzellanfabrik Hermsdorf i. Th., unter Mit-
arbeit der Oberingenieure Hermann Franz und Kurt Bergk. Zweite, ver-
mehrte und verbesserte Auflage. Mit 132 Abbildungen im Text. VIII, 254 Seiten.
1923. Gebunden RM 12.—

Gummifreie Isolierstoffe.

Technisches und Wirtschaftliches.
Unter Mitarbeit von Fachgenossen verfaßt von Dr.-Ing. Arthur Sommerfeld,
Freiburg i. Br. Herausgegeben vom Zentralverband der deutschen elektrotechnischen
Industrie E. V. Berlin. Mit zahlreichen Abbildungen. 103 Seiten. 1927.
RM 2,80; gebunden RM 3,60

Hilfsbuch für die Elektrotechnik. Unter Mitwirkung namhafter Fachgenossen bearbeitet und herausgegeben von Dr. **Karl Strecker**. Zehnte, umgearbeitete Auflage.

Starkstromausgabe. Mit 560 Abbildungen. XII, 739 Seiten. 1925.

Gebunden RM 20.—

Schwachstromausgabe (Fernmeldebtechnik). Mit 1057 Abbildungen. XXII, 1137 Seiten. 1928.

Gebunden RM 42.—

Schaltungsbuch für Gleich- und Wechselstromanlagen.

Dynamomaschinen, Motoren und Transformatoren, Lichtanlagen, Kraftwerke und Umformerstationen. Unter Berücksichtigung der neuen, vom VDE festgesetzten Schaltzeichen. Ein Lehr- und Hilfsbuch von Oberstudienrat Dipl.-Ing. **Emil Rosack**, Magdeburg. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 257 Abbildungen im Text und auf 2 Tafeln. X, 198 Seiten. 1926.

RM 8.40; gebunden RM 9.90

Elektrische Schaltvorgänge und verwandte Störungsercheinungen in Starkstromanlagen. Von Prof. Dr.-Ing. und Dr.-Ing. e. h. **Reinhold Rüdenberg**, Chefelektriker, Privatdozent, Berlin. Zweite, berichtigte Auflage. Mit 477 Abbildungen im Text und einer Tafel. VIII, 510 Seiten. 1926.

Gebunden RM 24.—

Kurzschlussströme beim Betrieb von Großkraftwerken.

Von Prof. Dr.-Ing. und Dr.-Ing. e. h. **Reinhold Rüdenberg**, Chefelektriker, Privatdozent, Berlin. Mit 60 Textabbildungen. IV, 75 Seiten. 1925. RM 4.80

Überströme in Hochspannungsanlagen. Von **J. Biermanns**,

Chefelektriker der AEG-Fabriken für Transformatoren und Hochspannungsmaterial. Mit 322 Textabbildungen. VIII, 452 Seiten. 1926. Gebunden RM 30.—

Hochspannungstechnik. Von Dr.-Ing. **Arnold Roth**. Mit 437 Abbildungen im Text und auf 3 Tafeln sowie 75 Tabellen. VIII, 534 Seiten. 1927. Gebunden RM 31.50

Die elektrische Kraftübertragung. Von Oberingenieur Dipl.-Ing.

Herbert Rysler. In 3 Bänden.

Erster Band: **Die Motoren, Umformer und Transformatoren.** Ihre Arbeitsweise, Schaltung, Anwendung und Ausführung. Zweite, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 305 Textfiguren und 6 Tafeln. XV, 417 Seiten. 1920. Unveränderter Neudruck 1923. Gebunden RM 15.—

Zweiter Band: **Die Niederspannungs- und Hochspannungs-Leitungsanlagen.** Ihre Projektierung, Berechnung, elektrische und mechanische Ausführung und Untersuchung. Zweite, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 319 Textfiguren und 44 Tabellen. VIII, 405 Seiten. 1921. Unveränderter Neudruck 1923. Gebunden RM 15.—

Dritter Band: **Die maschinellen und elektrischen Einrichtungen des Kraftwerkes und die wirtschaftlichen Gesichtspunkte für die Projektierung.** Zweite, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 665 Textfiguren, 2 Tafeln und 87 Tabellen. XII, 930 Seiten. 1923. Gebunden RM 28.—

Der III. Band ist nur bei Kauf des vollständigen Werkes erhältlich.

Bau großer Elektrizitätswerke. Von Prof. Dr.-Ing. h. o. Dr. phil. **G. Klingenberg**, Geh. Baurat. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 770 Textabbildungen und 13 Tafeln. VIII, 608 Seiten. 1924. Berichtigter Neudruck 1926. Gebunden RM 45.—

Deutschlands Großkraftversorgung. Von Dr. **Gerhard Dehne**. Zweite, neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 70 Textabbildungen. VI, 142 Seiten. 1928. RM 11.50; gebunden RM 12.50

Die elektrischen Einrichtungen für den Eigenbedarf großer Kraftwerke. Von Oberingenieur **Friedrich Eise**. Mit 89 Textabbildungen. VI, 160 Seiten. 1927. Gebunden RM 12.—

Die Transformatoren. Von Prof. Dr. techn. **Milan Vidmar**, Ljubljana. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 320 Abbildungen im Text und auf einer Tafel. XVIII, 752 Seiten. 1925. Gebunden RM 36.—

Der Transformator im Betrieb. Von Prof. Dr. techn. **Milan Vidmar**, Ljubljana. Mit 126 Abbildungen im Text. VIII, 310 Seiten. 1927. Gebunden RM 19.—

Wirkungsweise elektrischer Maschinen. Von Prof. Dr. techn. **Milan Vidmar**, Ljubljana. Mit 202 Textabbildungen. 232 Seiten. 1928. RM 12.—; gebunden RM 13.50

Elektrotechnische Zeitschrift

ETZ

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Schriftleitung: **E. C. Behme**, Dr. **J. Meißner**, Dipl.-Ing. **W. Kraška**
Erscheint wöchentlich. Preis vierteljährlich RM 10.— (zuzüglich Porto)

Einzelheft RM 1.—

Die „ETZ“ ist die anerkannt führende deutsche elektrotechnische Zeitschrift, die auch im Ausland weit verbreitet ist. Seit 1880 ist sie Organ des Elektrotechnischen Vereins und seit 1894 auch des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Sie bringt Originalarbeiten aus der Feder hervorragender Wissenschaftler und Praktiker des In- und Auslandes über alle wichtigen Fragen des gesamten Fachgebietes. Eine wichtige Ergänzung hierzu bietet die Rundschau, die kurze Originalberichte über Neuerungen auf dem Gebiete der Elektrotechnik bringt, und die — nach Fachgebieten geordnet — in illustrierten Aufsätzen über Veröffentlichungen anderer Zeitschriften berichtet. Hinzukommen Besprechungen über wichtige Neuerscheinungen auch auf anderen Gebieten der Ingenieurwissenschaften und Berichte über die Arbeit des Normenausschusses und der großen elektrotechnischen Vereine.
