

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

3369

Vorschriften

für Errichtung und
Betrieb von

Starkstrom-Anlagen
und Bahnen

einschl. Bergwerksvorschriften

Zehnte Auflage

Normalien, Vorschriften und Leitsätze des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Herausgegeben von
Georg Dettmar,
Generalsekretär.

Sechste Auflage.

Mit Berücksichtigung der Beschlüsse bis zur Jahres-
versammlung 1911.

In Leinwand gebunden Preis M. 3,60.

Hieraus erschienen folgende Sonderausgaben:

**Vorschriften für die Errichtung elektrischer
Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln.**

**Vorschriften für den Betrieb
elektrischer Starkstromanlagen
nebst Ausführungsregeln.**

**Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen
im elektrischen Betriebe.**

Ausgabe Januar 1910.

In einem Bände. **Taschenausgabe** (kartoniert):
Preis 80 Pf.; 10 Expl. M. 7,50; 25 Expl. M. 17,—; 100 Expl. M. 60,—.

Dasselbe. Ausgabe für Bergwerke.

Ausgabe Januar 1911.

In einem Bände. **Taschenausgabe** (kartoniert):
Preis M. 1,—; 10 Expl. M. 9,50; 25 Expl. M. 22,—; 100 Expl. M. 75,—.

**Vorschriften für den Betrieb elektrischer
Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln
(Betriebsvorschriften).**

Ausgabe Januar 1910.

Vollständige **Plakatausgabe** auf festem Kartonpapier:
10 Expl. M. 3,—; 25 Expl. M. 6,—. (In Rolle.)

Weniger als 10 Exemplare werden nicht abgegeben.

Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen

Biblioteka Politechniki Krakowskiej

Taschenf
Plakatfo

Wen



100000297640

l. M. 5,—,
e M. 3,—;

eben.

des Buches.

Empfehlenswerte Maßnahmen bei Bränden.

Taschenformat (geheftet): 10 Expl. 25 Pf.; 100 Expl. M. 2,—.

Plakatformat auf Kartonpapier: 10 Expl. in Rolle M. 3,—;
25 Expl. M. 8,—.

Weniger als 10 Exemplare werden nicht abgegeben.

Vorschriften für den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln.

**Anleitung zur ersten Hilfeleistung
bei Unfällen im elektrischen Betriebe.**

Empfehlenswerte Maßnahmen bei Bränden.

Preis 30 Pf.; 10 Expl. M. 2,60; 25 Expl. M. 6,25; 100 Expl. M. 22,—.

Normalien für Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren.

**Normalien für die Bezeichnung von
Klemmen bei Maschinen, Anlassern,
Regulatoren und Transformatoren.**

**Normale Bedingungen für den Anschluß von
Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke.**

**Normalien für die Verwendung
von Elektrizität auf Schiffen.**

Ausgabe Januar 1910.

In einem Bande. **Taschenausgabe** (kartoniert):

Preis 80 Pf.; 10 Expl. M. 7,50; 25 Expl. M. 17,—; 100 Expl. M. 60,—

**Allgemeine Vorschriften für die Ausführung
elektrischer Starkstromanlagen bei Kreuzungen
und Näherungen von Bahnanlagen.**

**Allgemeine Vorschriften für die Ausführung
und den Betrieb neuer elektrischer Stark-
stromanlagen (ausschließlich der elektrischen
Bahnen) bei Kreuzungen und Näherungen von
Telegraphen- und Fernsprechleitungen.**

Festgesetzt auf der Jahresversammlung in Erfurt,
den 11.—14. Juni 1908.

In einem Bande. Preis 30 Pf.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Straßenbahnen und straßenbahnähnliche Kleinbahnen.

Festgesetzt nach den Beschlüssen der Jahresversammlung zu Stuttgart 1906.

Taschenformat (kartoniert):

Preis 50 Pf.; 10 Expl. M. 4,50; 25 Expl. M. 10,—; 100 Expl. M. 35,—.

Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial.

Festgesetzt auf der Jahresversammlung in Erfurt, den 11.—14. Juni 1908.

Preis 25 Pf.

Normalien für Leitungen.

Taschenausgabe.

Preis 40 Pf.; 10 Expl. M. 3,50; 50 Expl. M. 17,—; 100 Expl. M. 30,—.

Normalien für Freileitungen.

Taschenausgabe.

Preis 25 Pf.; 10 Expl. M. 2,—; 50 Expl. M. 9,—; 100 Expl. M. 16,—.

Statistik der Elektrizitätswerke in Deutschland

nach dem Stande vom 1. April 1911.

Herausgegeben von

Georg Dettmar,

Generalsekretär des Verbandes deutscher Elektrotechniker.

Kartoniert Preis M. 7,—.

Erläuterungen zu den Normalien

für Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren, den **Normalen Bedingungen** für den Anschluß von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke, und den **Normalien** für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen, Anlassern, Regulatoren und Transformatoren.

Herausgegeben von

Georg Dettmar,

Generalsekretär des Verbandes.

Dritte Auflage 1911.

In Leinwand gebunden Preis M. 2,40.

Gene. Buzg. 4. 38 des Markbaironats



Erläuterungen

zu den

Vorschriften

für die

Errichtung und den Betrieb elektrischer
Starkstromanlagen
einschliesslich Bergwerksvorschriften

und zu den

Sicherheitsvorschriften für elektrische Strassenbahnen
und strassenbahnähnliche Kleinbahnen.

Im Auftrage des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

herausgegeben von

Dr. C. L. Weber,

Kaiserl. Geh. Regierungsrat.

Zehnte, vermehrte und verbesserte Auflage.

Fünfter Abdruck.



Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1911.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

11 3369

Akc. Nr.

3473,49



Vorwort zur ersten Ausgabe.

Vom Vorstande des Verbandes Deutscher Elektrotechniker mit der Abfassung von Erläuterungen zu den von dem genannten Verbands aufgestellten Sicherheitsvorschriften beauftragt, habe ich denselben zunächst den Inhalt der Beratungen zugrunde gelegt, aus welchen die Vorschriften selbst hervorgegangen sind. Diese Beratungen sind in der Zeit von Anfang des Jahres 1894 bis gegen Ende des Jahres 1895 theils vom technischen Ausschusse des elektrotechnischen Vereins, theils von einer durch den Verband Deutscher Elektrotechniker eingesetzten Kommission in sehr umfassender und gründlicher Weise gepflogen worden. Die Kommission war aus Vertretern der Kaiserlichen Post- und Telegraphenverwaltung sowie der physikalisch-technischen Reichsanstalt und den Delegierten der bedeutendsten elektrotechnischen Vereine und städtischer Elektrizitätswerke zusammengesetzt. Die hervorragendsten Firmen waren durch Mitglieder der Kommission vertreten. Da es mir möglich gewesen war, an den Verhandlungen ausnahmslos teilzunehmen, so glaube ich das Wesen und den Zweck der Vorschriften im Sinne ihrer Urheber zum Ausdruck gebracht zu haben.

In bezug auf technische Einzelheiten habe ich mich auf die praktischen Erfahrungen und Beobachtungen gestützt, zu denen mir eine mehrjährige Tätigkeit als Direktor der elektrotechnischen Versuchsstation München reichliche Gelegenheit geboten hat. Eine Reihe von Anregungen und Ergänzungen habe ich der Besprechung mit befreundeten Fachgenossen zu verdanken; insbesondere haben mich die Herren G. Kapp, Dr. Passavant und Ph. Seubel in dankenswerter Weise unterstützt.

Berlin, April 1896.

Der Verfasser.

Aus dem Vorwort zur zweiten und dritten Ausgabe.

Da im Jahre 1898 die Abteilung I der Sicherheitsvorschriften einer Revision unterzogen wurde, so erschien auch eine neue Bearbeitung der „Erläuterungen“ notwendig. Gleichzeitig mußten die Erläuterungen auf den Anhang A der Abteilung I und auf die Abteilung II (für Hochspannungsanlagen) ausgedehnt werden.

Den Herren von Gaisberg, Görges, Heinke, Kapp, May, Passavant, Seubel und West, deren einsichtsvoller Mitarbeit eine große Zahl wichtiger Ergänzungen und Verbesserungen zu verdanken ist, sei hierfür der geziemende Dank ausgesprochen.

Berlin, Januar 1899.

Die dritte Ausgabe ist gegenüber der vorigen durch die Aufnahme der Abteilung II (für Anlagen mit mittleren Spannungen) vermehrt worden.

Dabei hat sich gezeigt, daß manche Fragen noch weiterer Aufklärung sowohl nach der theoretischen wie nach der experimentellen Seite hin bedürftig sind. Mehrfach hat dies Bedürfnis bereits zu neuen Untersuchungen Anlaß gegeben. Beispiele hierfür sind: die Festsetzungen zur schärferen Kennzeichnung der Schmelzsicherungen, die Untersuchungen über die Art der Einwirkung elektrischer Ströme auf den menschlichen Organismus, die Erörterungen über den Schutzwert der Erdung.

Berlin, Oktober 1899.

Dr. C. L. Weber.

Aus dem Vorwort zur vierten bis siebenten Ausgabe.

Durch die Beschlüsse der Sicherheitskommission vom September 1901 ist den Vorschriften für Niederspannungsanlagen eine wesentlich geänderte Fassung gegeben und gleichzeitig der neue Titel: „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen“ eingeführt worden.

Berlin, Januar 1902.

Die neue Fassung der Vorschriften ist im Jahre 1903 auch auf die bisherige zweite und dritte Abteilung ausgedehnt worden, und zwar in der Weise, daß die beiden letzten zu einer einzigen Abteilung — Hochspannung — verschmolzen wurden.

Damit liegt, nach fast zehnjähriger Arbeit, zum ersten Male eine einheitliche, alle Spannungsgebiete umfassende Vorschrift vor, welche nur noch in zwei Teile gegliedert ist und auch Anlagen für Sonderzwecke, wie für Theater und Bergwerke, mit einschließt.

Die neue Bearbeitung der Erläuterungen behandelt beide Abteilungen gemeinsam. Dadurch ist in der Anlage des Buches eine wesentliche Vereinfachung erzielt. Um die Übersichtlichkeit noch weiter zu verbessern, hat die Verlagsbuchhandlung eine andere Anordnung des Satzes getroffen. Auch das neu gewählte Format dürfte zur Erleichterung im Gebrauch des Buches beitragen.

Berlin, Oktober 1903.

Die Erläuterungen sind in der siebenten Ausgabe zum ersten Male auch auf die Sicherheitsvorschriften für elektrische Bahnanlagen ausgedehnt worden.

Gr.-Lichterfelde, Oktober 1904.

Dr. C. L. Weber.

Vorwort zur neunten Auflage.

Die in der Einleitung erörterte Neugestaltung der Vorschriften hat eine vollständige Umarbeitung des Werkes erforderlich gemacht.

Durch das Entgegenkommen der Vereinigung der Elektrizitätswerke war es möglich, einem vielfach geäußerten Wunsche entsprechend, auch die Erläuterungen zu den Sicherheitsvorschriften für den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen in das Buch aufzunehmen.

Neubearbeitet sind auch die Sicherheitsvorschriften für elektrische Straßenbahnen und straßenbahnähnliche Kleinbahnen, die im Jahre 1906 eine in sich vollständige unabhängige Fassung erhalten haben.

Um trotz dieser wesentlichen Vermehrung des Inhaltes den Umfang des Buches in den bisherigen Grenzen zu halten, war es nötig, die Erläuterungen zu dem zuletzt erwähnten Abschnitt so weit als angängig durch Hinweise auf die entsprechenden Bestimmungen des ersten Abschnitts zu beschränken. Aber auch sonst mußten vielfach Kürzungen Platz greifen. Sie rechtfertigen sich durch das nunmehr zwölfjährige Bestehen der Vorschriften. Viele Bestimmungen, die ursprünglich einer ausführlichen Begründung bedurften, sind in dieser Zeit zum unbestrittenen Gemeingut der Technik geworden.

Gr.-Lichterfelde, Januar 1908.

Vorwort zur zehnten Auflage.

Die „Erläuterungen“ sind nunmehr auch auf die im Jahre 1909 neu aufgestellten Sonderbestimmungen für elektrische Anlagen in Bergwerken unter Tage ausgedehnt worden. Der Abschnitt „Betriebsvorschriften“ hat entsprechend der neuen Fassung dieser Vorschriften eine Umarbeitung erfahren. Die Vorschriften für die Ausführung von Starkstromanlagen bei Kreuzungen und Näherungen von Bahnanlagen und die entsprechenden Vorschriften für die Kreuzungen usw. von Telegraphen- und Fernsprechleitungen haben bereits in einem zweiten Abdruck der neunten Auflage Platz gefunden.

Gr.-Lichterfelde, Dezember 1909.

Dr. C. L. Weber.



Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	1
Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln.	
§ 1. Geltungsbereich	9
A. Erklärungen.	
§ 2.	12
B. Allgemeine Schutzmaßnahmen.	
§ 3. Schutz gegen Berührung (Erdung)	17
§ 4. Übertritt von Hochspannung	23
§ 5. Isolationszustand	25
C. Maschinen, Transformatoren und Akkumulatoren.	
§ 6. Elektrische Maschinen	32
§ 7. Transformatoren	35
§ 8. Akkumulatoren	36
D. Schalt- und Verteilungsanlagen.	
§ 9.	39
E. Apparate.	
§ 10. Allgemeines	44
§ 11. Ausschalter und Umschalter	48
§ 12. Anlasser und Widerstände	54
§ 13. Steckvorrichtungen	56
§ 14. Sicherungen	58
§ 15. Meßgeräte	68
F. Lampen und Zubehör.	
§ 16. Fassungen und Glühlampen	69
§ 17. Bogenlampen	72
§ 18. Beleuchtungskörper, Schnurpendel und Handlampen	74
G. Beschaffenheit und Verlegung der Leitungen.	
§ 19. Beschaffenheit der Leitungen	78
§ 20. Bemessung der Leitungen	80
§ 21. Allgemeines über Leitungsverlegung	85
§ 22. Freileitungen	98
§ 23. Installationen im Freien	106
§ 24. Leitungen in Gebäuden	109
§ 25. Isolier- und Befestigungskörper	112
§ 26. Rohre	115
§ 27. Kabel	119

H. Behandlung verschiedener Räume.

§ 28. Elektrische Betriebsräume	121
§ 29. Abgeschlossene elektrische Betriebsräume	124
§ 30. Betriebsstätten	125
§ 31. Feuchte Räume	126
§ 32. Durchtränkte Betriebsstätten und Lager- räume	129
§ 33. Betriebsstätten und Lagerräume mit ät- zenden Dünsten	132
§ 34. Feuergefährliche Betriebsstätten und Lagerräume	133
§ 35. Explosionsgefährliche Betriebsstätten und Lagerräume	134
§ 36. Schaufenster Warenhäuser und ähnliche Räume, sofern darin leicht entzündliche Stoffe aufgestapelt sind	136

J. Provisorische Einrichtungen.

§ 37.	137
---------------	-----

K. Theater und diesen gleichzustellende Versammlungsräume.

§ 38. Allgemeine Bestimmungen	139
§ 39. Bestimmungen für das Bühnenhaus . .	141

L. Weitere Vorschriften für Bergwerke unter Tage.

§ 40. Verlegung in Schächten	148
§ 41. Schlagwettergefährliche Grubenräume . .	149
§ 42. Fahrdrähte und Zubehör elektrischer Gru- benbahnen	150
§ 43. Fahrzeuge elektrischer Grubenbahnen . .	151
§ 44. Abteufbetrieb	152
§ 45. Schießbetrieb (im Anschluß an Starkstrom- anlagen)	153
§ 46. Betriebe im Abbau	154

Inkrafttreten dieser Vorschriften 154

Anhang zu den Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen.

Schematische Darstellungen	156
--------------------------------------	-----

Vorschriften für den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln (Betriebsvorschriften).

§ 1. Erklärungen	162
§ 2. Zustand der Anlagen	163
§ 3. Warnungstafeln, Vorschriften und schema- tische Darstellungen	164
§ 4. Allgemeine Pflichten des Betriebspersonals	165
§ 5. Bedienung elektrischer Anlagen	167
§ 6. Maßnahme zur Herstellung und Sicherung des spannungsfreien Zustandes	167

§ 7. Maßnahmen bei Unterspannungsetzung der Anlage	168
§ 8. Arbeiten unter Spannung	169
§ 9. Zusatzbestimmungen für Akkumulatoren- räume	170
§ 10. Zusatzbestimmungen für explosionsgefähr- liche und durchtränkte Räume	171
§ 11. Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Kabeln	171
§ 12. Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Frei- leitungen	172
Inkrafttreten dieser Vorschriften	174

Sicherheitsvorschriften für elektrische Straßenbahnen und straßenbahnähnliche Kleinbahnen.

Erster Abschnitt: Bauvorschriften.

A. Allgemeines.

§ 1. Pläne.	176
§ 2. Erklärungen	178

B. Beschaffenheit und Verlegung des zu verwendenden Materials.

§ 3. Erdung	179
§ 4. Übertritt von höherer Spannung	180

Isolier- und Befestigungskörper.

§ 5. Isolierstoffe	180
§ 6. Holzleisten und Krampen.	180
§ 7. Isolierglocken, -rollen und -ringe.	181
§ 8. Befestigungsklemmen	181
§ 9. Fahrdrahtisolatoren	181
§ 10. Rohre	182

Leitungen.

§ 11. Beschaffenheit und Belastung der Leiter	182
§ 12. Isolierte Leitungen.	183
§ 13. Leitungen im allgemeinen.	184
§ 14. Kabel	186

Apparate.

§ 15. Vorschriften für alle Apparate.	187
§ 16. Sicherungen	190
§ 17. Ausschalter, Umschalter, Anlasser und drgl.	193
§ 18. Steckvorrichtungen und dgl.	193
§ 19. Schalt- und Verteilungstafeln	194
§ 20. Bogenlampen	195
§ 21. Beleuchtungskörper.	196

C. Kraftwerke und diesen gleichgestellte Betriebsräume.

§ 22. Aufstellung von Generatoren, Elektro- motoren und Umformern	197
§ 23. Akkumulatorenräume.	198
§ 24. Leitungen in Gebäuden.	198

§ 25. Wand- und Deckendurchführungen . . .	200
§ 26. Einführung von Freileitungen in Gebäude	201

D. Vorschriften für die Strecke.

§ 27. Freileitungen	201
§ 28. Luftweichen und Fahrdrahtkreuzungen .	207
§ 29. Turmwagen und Gerüstleitern	208
§ 30. Kabel	209
§ 31. Schienenrückleitung	209
§ 32. Unterirdische Fahrleitungen	209

E. Fahrzeuge.

§ 33. Erdung	209
§ 34. Elektromotoren und Umformer	210
§ 35. Akkumulatoren	210
§ 36. Leitungen	210
§ 37. Schalttafeln	213
§ 38. Fahrschalter	213
§ 39. Sicherungen	214
§ 40. Ausschalter	214
§ 41. Blitzschutzvorrichtungen	214
§ 42. Lampen	215

Zweiter Abschnitt: Betriebsvorschriften.

§ 43. Isolationsprüfung	215
§ 44. Regelmäßige Untersuchungen	215
§ 45. Arbeiten im Betriebe	216
§ 46. Löschmittel	217
§ 47. Inkrafttreten der Vorschriften	217

Anhänge.

Kupfernormalien	218
---------------------------	-----

Normalien für Leitungen.

A. Normalien für Gummiband- und Gummiaderleitungen

I. Gummibandleitungen	219
II. Gummiaderleitungen (Allgemeines)	221
a) Gummiaderleitungen	222
b) Spezialgummiaderleitungen	223
c) Panzerader	223
d) Rohr- und Falzdrähte	224

Belastungstabelle für Gummiband- und Gummiader- leitungen	224
--	-----

B. Normalien für Gummiaderschnüre	225
---	-----

C. Normalien für Fassungsadern	226
--	-----

D. Normalien für Pendelschnur	227
---	-----

E. Normalien für einfache Gleichstrombleikabel mit und ohne Prüfdraht bis 700 V.	227
---	-----

Belastungstabelle für im Erdboden verlegte Einleiter- kabel für Gleichstrom bis 700 V. mit und ohne Prüfdraht	228
---	-----

F. Normalien für konzentrische, bikonzentrische und verseilte Mehrleiterbleikabel mit und ohne Prüfdraht	230
Belastungstabellen für im Erdboden verlegte verseilte Zweileiter-, Dreileiter- und Vierleiterkabel für Spannungen bis 3000 V. und von mehr als 3000 bis 10000 V.	232
Belastungstabellen für im Erdboden verlegte kon- zentrische Zweileiter- und Dreileiterkabel für Span- nungen bis 3000 V.	233
G. Normalien für Gummibleikabel	234
H. Normalien für Bleikabel mit Aluminiumleiter . .	234
J. Leitsätze für bewegliche Kabel	234
Isolationswiderstand von Kabeln	235
Normalien für Freileitungen.	
I. Leitungen.	
a) Material	237
b) Festigkeitsrechnungen	238
II. Gestänge.	
a) Holzgestänge	238
b) Gestänge aus Flußeisen	239
c) Gestänge aus besonderen Materialien	240
d) Aufstellung der Gestänge	240
III. Besondere Bestimmungen zur Vermeidung von Schutznetzen	240
Allgemeine Vorschriften für die Ausführung elektrischer Starkstromanlagen bei Kreuz- ungen und Näherungen von Bahnanlagen	242
Allgemeine Vorschriften für die Ausführung und den Betrieb neuer elektrischer Stark- stromanlagen (ausschließlich der elektri- schen Bahnen) bei Kreuzungen und Nähe- rungen von Telegraphen- und Fernsprech- leitungen	247
Normalien für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial	252
Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe	258
Maßnahmen für das Entfernen der Verunglückten von den Leitungen	260
Sachregister	262

Einleitung.

Vorgeschichte der Vorschriften. Während es in einzelnen Staaten, so in Frankreich und England, schon bald nach Errichtung der ersten Elektrizitätswerke für nötig erachtet wurde, die Ausführung derartiger Anlagen auf dem Wege der Gesetzgebung zu regeln, hat sich die Starkstromtechnik in Deutschland unbeeinflusst von jeder Einwirkung oder Aufsicht des Staates frei entwickeln können. Hierin ist auch durch das „Gesetz über das Telegraphenwesen des Deutschen Reichs“ vom 6. April 1892 und durch „das Telegraphen-Wege-Gesetz“ vom 18. Dez. 1899 keine wesentliche Änderung eingetreten; denn diese Gesetze betreffen in der Hauptsache das ausschließliche Recht des Staates, Telegraphen- und Fernsprechanlagen zu errichten und das Recht, die öffentlichen Wege dazu zu benützen und auch da, wo sich aus ihrer Anwendung technische Maßnahmen ergeben, lassen sie den denkbar weitesten Spielraum für deren Auswahl und für die Art ihrer Durchführung.

Wenn die Vertreter der deutschen Elektrotechnik sich wiederholt bemüht haben, ein tieferes Eingreifen der Gesetzgebung auf dem in Rede stehenden Gebiete zu verhindern oder hinauszuschieben, um nicht im ersten Ausbau der jungen Technik durch starre Formen beengt zu sein, so haben sie gleichwohl niemals schrankenlose Willkür und unbegrenzte Regellosigkeit als ein erstrebenswertes Ziel erachtet. Sie waren sich vielmehr stets bewußt, daß eine Freiheit, welche als alleiniges Hilfsmittel gegen bedenkliche Auswüchse des übertriebenen Konkurrenzkampfes nur die Selbsthilfe des einzelnen übrig läßt, niemals zu gedeihlichen Zuständen führen könne.

Es sind daher schon frühzeitig, aus den Kreisen und Bedürfnissen der Industrie selbst hervorgehend, mehr oder weniger bestimmte Regeln für die Ausführung elektrischer Einrichtungen ausgebildet worden. Zuerst waren es die Elektrizitätswerke größerer Städte, welche im Interesse der Sicherheit des eigenen Betriebes und im

Bewußtsein ihrer Verantwortlichkeit den Installateuren die Verwendung bestimmter Materialien und Verlegungsarten vorschrieben. In demselben Maße, in welchem die elektrischen Anlagen an Ausdehnung und Bedeutung zugenommen haben, sind derartige Vorschriften auf Grund der allmählich gewonnenen Erfahrungen Schritt für Schritt erweitert und verbessert worden.

Allgemeiner gefaßte Sicherheitsvorschriften wurden im Jahre 1888 durch den elektrotechnischen Verein in Wien entworfen, und im Jahre 1892 ließ der Verband deutscher Privat-Feuer-Versicherungsgesellschaften Grundsätze zur Beurteilung der Feuersicherheit elektrischer Anlagen aufstellen, welche später im Sinne der vorliegenden Vorschriften revidiert wurden und zurzeit im Geschäftsbereiche dieses Verbandes Geltung haben.

Als daher im Beginn des Jahres 1894 zu gleicher Zeit von seiten des elektrotechnischen Vereins in Berlin und des Verbandes deutscher Elektrotechniker die Aufgabe, allgemein gültige Vorschriften auszuarbeiten, in Angriff genommen wurde, handelte es sich weniger darum, neue Gesichtspunkte zu finden, als vielmehr darum, die bereits bekannten und geübten Ausführungsregeln in einheitliche Formen zu bringen und die Grenzen zu vereinbaren, bis zu denen auch die Einzelheiten der Technik festgelegt werden können und dürfen.

Zweck der bisherigen Vorschriften. Diese Grenzlinie wird verschieden anzusetzen sein, je nach dem Zweck, dem die Vorschriften in erster Linie dienen sollen. — Wenn die Vorsichtsbedingungen der Versicherungsgesellschaften ihren Wortlaut so allgemein gehalten haben, daß nur die Anforderungen, nicht aber die technischen Mittel zur Erfüllung dieser Forderungen bestimmt werden, so war dies insofern gerechtfertigt, als es sich im Geschäftskreis der genannten Gesellschaften vielfach um die Prüfung älterer zu den verschiedensten Zeiten und mit den verschiedensten Mitteln ausgeführter Einrichtungen handelte, bei denen die verschiedenartigsten Materialien und Verlegungsarten benützt waren, die in einer kurzen Vorschrift unmöglich im einzelnen berücksichtigt werden konnten.

Die im Jahre 1895 vom Verbande deutscher Elektrotechniker aufgestellten und in der Folge bis zur Gegenwart weiter ausgebildeten Vorschriften sind in etwas anderem Sinne gedacht und müssen mit anderen Verhältnissen rechnen. Sie sollten in erster Linie die bei der Einrichtung von Neuanlagen gültigen Regeln in einheitlicher Weise zum Ausdruck bringen.

Demgemäß mußten sie in erhöhtem Grade auf die Einzelheiten der elektrischen Einrichtungen eingehen. Sie haben daher einen ähnlichen Umfang wie die schon vorher von den Elektrizitätswerken erlassenen Bestimmungen angenommen. — Diesen bis dahin verschiedenartigen Bestimmungen sollten sie als einheitliche, für ganz Deutschland gültige Grundlage dienen, damit, wenn nicht alle Unterschiede, so doch wenigstens Widersprüche in den Maßnahmen der verschiedenen Elektrizitätswerke vermieden würden. Dadurch wurde erreicht, daß ein Installateur in verschiedenen Städten die gleichen Verlegungsarten benutzen und daß der Fabrikant von Einrichtungsgegenständen für die gleichen Muster überall Verwendung finden konnte. Die Beurteilung von Kostenvoranschlägen für geplante Anlagen wurde wesentlich erleichtert, indem man die Güte der Materialien und die zulässigen Verlegungsarten wenigstens in den Hauptpunkten durch einheitliche Bestimmungen festlegte. Endlich wurde auch die Prüfung bestehender Einrichtungen ungemein vereinfacht und der Entstehung von Meinungsdivergenzen vorgebeugt, weil nicht nur allgemeine Grundsätze, sondern auch technische Regeln aus den Vorschriften begründet werden konnten. Es ist daher auch den Feuer-Versicherungsgesellschaften, unbeschadet des Fortbestehens ihrer allgemeiner gehaltenen Vorsichtsbedingungen, ihre Aufgabe durch die Detailvorschriften des V. D. E. erleichtert worden.

Auch den Behörden sollten die Vorschriften eine brauchbare Grundlage und Richtschnur für ihr Vorgehen bieten, sofern sie es für notwendig erachten würden, einzelne oder bestimmte Gattungen von elektrischen Anlagen aus besonderen Gründen zu prüfen oder zu überwachen.

Dabei war niemals beabsichtigt, diese Vorschriften mit rückwirkender Kraft in allen ihren Einzelheiten auf ältere, vor Feststellung der Vorschriften vorhandene Anlagen anzuwenden. Bei der Beurteilung solcher Einrichtungen sollten sie aber als Richtschnur dienen, wobei es dem Prüfenden überlassen blieb, diejenigen Teile, welche in schroffem Widerspruche mit den Vorschriften standen und zu unmittelbarer Gefahr Anlaß gaben, sofort beseitigen zu lassen, während andere bei passender Gelegenheit mit den Vorschriften in Einklang zu bringen waren. Bei Neuanlagen dagegen sollte die Einhaltung der Vorschriften in vollem Maße gefordert werden.

Bei Aufstellung der ersten Vorschriften des V. D. E. war man ganz besonders bestrebt, eine Schädigung der

Industrie durch zu eng gefaßte Forderungen zu vermeiden, indem man sich nur an diejenigen Maßnahmen anlehnte, welche sich bereits als nützlich und notwendig eingebürgert hatten und dort, wo es sich um neu hervorgetretene Bedürfnisse oder neue Hilfsmittel handelte, einen wohlbemessenen Spielraum gewährte. Gleichwohl konnte bereits damals mancher bedenkliche Auswuchs zurückgedrängt werden. In dieser Hinsicht darf es nicht unerwähnt bleiben, daß eine Zeitlang die ernsthafte Gefahr vorlag, es möchte das Zutrauen des Publikums zur Sicherheit elektrischer Anlagen gründlich untergraben werden durch die weitgehende Verwendung schlechter oder ungeeigneter Materialien, wie sie von ununterrichteten oder gewissenlosen Unternehmern manchmal beliebt wurde. Die damit verbundene Herabsetzung der Preise war gleichzeitig geeignet, den auf ihren guten Ruf bedachten und sorgfältig arbeitenden Firmen nicht zu unterschätzende Schädigungen zu bereiten.

Entstehungsgeschichte. Zuerst wurden so im November 1895 Sicherheitsvorschriften für Anlagen von niederer Spannung (bis zu 250 Volt) vereinbart. Bereits im folgenden Jahre trat man an die Aufstellung von Vorschriften für Hochspannungsanlagen (für 1000 Volt und mehr) heran, die im Jahre 1897 als vorläufige Regeln und 1898 endgültig zustande kamen, wobei auch den besonders schwierigen Verhältnissen einzelner Betriebe, welche zu wiederholten Unfällen Veranlassung gegeben hatten, durch Aufstellung eines Anhanges Rechnung getragen wurde. Vorschriften für Anlagen von mittlerer Spannung (zwischen 250 und 1000 Volt) wurden 1899 als vorläufige Regeln angenommen. Ferner wurden in den Jahren 1900/1901 Vorschriften für elektrische Bahnanlagen aufgestellt.

Inzwischen hatte sich eine Umarbeitung des ganzen Stoffes als wünschenswert herausgestellt, die in den Jahren 1901 bis 1903 in der Weise zur Durchführung gelangte, daß sich ein einheitliches Werk ergab, das alle Spannungsbereiche in nur noch zwei Abteilungen umfaßte. Auch die für einzelne eigenartige Anwendungsgebiete wie Theater und Bergwerke nötigen Sonderbestimmungen wurden eingegliedert.

Neben dem Ausbau der Vorschriften ging die Aufstellung von Normalien einher, von denen zuerst im Jahre 1898 die Kupfernormalien und im Jahre 1903 die besonders wichtigen Normalien für Leitungen entstanden.

Die Einführung der Vorschriften ist dadurch

wesentlich unterstützt worden, daß sie von zahlreichen Behörden sowie vom Verbands Deutscher Privat-Feuer-Versicherungsgesellschaften als maßgebend anerkannt wurden. ETZ 1896, S. 456; 1897, S. 391. Bereits im Jahre 1898 hat sie das Königl. preußische Ministerium für Handel und Gewerbe den zuständigen Behörden als technische Richtschnur mitgeteilt. In gleichem Sinne sind bald darauf die übrigen deutschen Regierungen vorgegangen. ETZ 1898, S. 711; 1899, S. 561; 1902, S. 732.

Die Wirkungen der Vorschriften waren schon nach Verlauf der ersten Jahre ihres Bestehens deutlich in der Richtung zu erkennen, daß sie der Versuchung, unzulängliche Installationsmittel auf den Markt zu bringen, ein nützliches Gegengewicht boten. In dem Maße, wie sich die Anerkennung und Benützung der Vorschriften weiter ausdehnte, hat sich auch eine unverkennbare Verbesserung des Zustandes elektrischer Anlagen immer mehr bemerkbar gemacht. Unbestreitbar tritt dies in den Aufstellungen der Feuer-Versicherungsgesellschaften und in den Unfallberichten der Gewerbeinspektionen und der Bergbehörden zutage. ETZ 1905, S. 1171; 1906, S. 205; 1907, S. 553 und Z. d. V. D. Ing. 1906, S. 2085. Der deutschen elektrotechnischen Industrie, die anfangs zum Teil nur zögernd der Aufstellung der Vorschriften zugestimmt hatte, sind aus ihrem Bestehen die bereits erwähnten Vorteile in reichem Maße erwachsen, insbesondere wurde der gute Ruf, den die Erzeugnisse und Anlagen der deutschen Elektrotechnik im Auslande genießen, durch die Vorschriften befestigt und verbürgt. Endlich ist es nicht zum wenigsten den Vorschriften zu verdanken, daß die Entwicklung der Elektrotechnik bis in die Gegenwart hinein von unmittelbar eingreifenden behördlichen Maßnahmen verschont geblieben ist.

Neugestaltung der Vorschriften. Seit dem Jahre 1904 haben indessen die größeren deutschen Bundesstaaten eine gesetzliche Regelung der Überwachung elektrischer Anlagen in die Wege geleitet, und es ist in Preußen trotz dringlicher Gegenvorstellungen der beteiligten Kreise das Gesetz vom 8. Juni 1905 betr. die Kosten der Prüfung überwachungsbedürftiger Anlagen zustande gekommen. ETZ 1905, S. 364 u. 687. Das Gesetz selbst regelt nur die Kostenpflicht, während es die Festsetzungen über Art und Umfang der Prüfungen den Ausführungsbestimmungen überweist. Die Vertreter der elektrotechnischen sowie derjenigen anderen Industrien, die

von elektrotechnischen Einrichtungen in großem Umfange Gebrauch machen, traten daher an die Regierungsorgane mit Vorstellungen heran, in dem Sinne, daß die Vorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker als technische Grundlage für die Ausführung der behördlichen Überwachung gewählt werden möchten, und daß die Überwachung selbst auf solche Anlagen beschränkt werde, bei denen entweder größere Ansammlungen von Menschen in Frage kommen, wie in Warenhäusern, Theatern und ähnlichen Gebäuden, oder bei denen eine besondere Feuers- oder Lebensgefahr durch die Art des Betriebes oder die Höhe der verwendeten Spannung begründet ist. ETZ 1905, S. 687; 1906, S. 597.

Die preußische wie die bayrische Regierung hat den Wünschen der Industrie nach beiden Richtungen hin Rechnung getragen. Die erstere hat sich bereit erklärt, die Vorschrift des V. D. E. zum Bestandteil einer etwa zu erlassenden Polizeiverordnung zu machen, sofern ihr eine hierzu geeignete Gestalt gegeben würde.

Dazu bedurfte es einer wesentlichen Abänderung der Vorschriften, ihrer Gestalt und ihrem Inhalt nach. Neben der an sich erwünschten und vielfach als Bedürfnis empfundenen Vereinfachung und Verkürzung ihres Wortlautes mußten aus ihnen alle diejenigen Forderungen entfernt werden, die zwar in Normalfällen durchführbar und empfehlenswert sind, deren Nichtbeachtung aber doch nicht in jedem Falle als strafbare Verfehlung angesehen werden kann. Viele Bestimmungen, die genau bezeichnete Anordnungen oder zahlenmäßig festgesetzte Abmessungen verlangten, mußten eine allgemeinere Fassung erhalten, die zwar die Bedingungen, denen die Anlagen genügen müssen, deutlich kennzeichnet, ohne jedoch die Maßnahmen und Hilfsmittel mit denen die erforderlichen Eigenschaften erzielt werden, im einzelnen festzulegen. ETZ 1907, S. 427.

Bei der Beratung dieser Abänderungen trat nun das Bedenken zutage, es könnten bei einer so allgemein gehaltenen Fassung die Vorschriften nicht mehr wie bisher als einheitliche Grundlage für die von den Elektrizitätswerken zu erlassenden Anschlußbedingungen dienen. Es erschien mißlich, eine Reihe von Zahlenbestimmungen und Einzelmaßnahmen völlig wegzuworfen, die im Laufe langer Jahre durch mühsame Erfahrungen und Vereinbarungen gewonnen waren und sich als zweckmäßig erwiesen hatten, wenn sie auch nur für Normalfälle paßten und in einzelnen besonders gelagerten Ausnahmefällen nicht anwendbar waren.

Um dieser Schwierigkeit zu begegnen, hat man neben den Vorschriften eine Reihe von Ausführungsregeln aufgestellt, welche den Weg angeben, auf dem in allen Durchschnittsfällen die in den Vorschriften aufgestellten Forderungen erfüllt werden können und der auch betreten werden soll, wenn nicht Gründe für ein Abweichen geltend zu machen sind. Um dies auch sprachlich zum Ausdruck zu bringen, ist in allen Vorschriften die Wendung „muß“, in allen Regeln die Wendung „soll“ gebraucht. Ein anderer Teil des Inhaltes der früheren Vorschriften, der sich auf die wünschenswerten Größenstufen einzelner Hilfsmittel, auf Art und Abmessungen von Leitungen und ihrer Isolierhüllen bezog und der weniger unmittelbar die Sicherheit der Anlagen als vielmehr vorzugsweise Vereinbarungen über Fabrikation bedingte, ist in die Normalien verwiesen worden. Damit wurde auch beabsichtigt, diese Vereinbarungen je nach den Erfahrungen, Fortschritten und Bedürfnissen der Praxis abändern zu können, ohne dazu jedesmal der ausdrücklichen Zustimmung der Behörden zu bedürfen.

Die Vorschriften selbst, deren neue Fassung unter dankenswerter Mitwirkung der Vertreter des preuß. Handelsministeriums und der Reichspostverwaltung festgesetzt und vom V. D. E. i. J. 1907 angenommen wurde, sind nicht mehr wie früher in einen Abschnitt über die Beschaffenheit des Materials und einen solchen über die Art seiner Verwendung gegliedert, sondern behandeln beide Gesichtspunkte im unmittelbaren Zusammenhang. Auch von der Aufstellung zweier gesonderter Vorschriften für Hochspannung und für Niederspannung ist abgesehen worden. Statt dessen hat man danach gestrebt, die Bestimmungen so zu gestalten, daß sie für alle Spannungsbereiche gelten und nur dort, wo für Hochspannungsanlagen Sonderforderungen nötig werden, sind diese an der gehörigen Stelle eingereiht und durch besonderen Druck hervorgehoben.

Wie früher, sind an die allgemein gültigen Vorschriften Sonderbestimmungen für gewisse eigenartige Anwendungsgebiete, wie feuchte Räume, feuergefährliche Betriebsräume, Theater, Warenhäuser angegliedert. Hierbei sind namentlich die elektrischen Betriebsräume ausführlicher als bisher behandelt worden. Sonderbestimmungen für Anlagen in Bergwerken unter Tage wurden im J. 1909 den einzelnen Vorschriften und Regeln angefügt. Dagegen sind die Vorschriften für elektrische Bahnen ganz ausgeschieden worden, weil von den be-

teiligten Aufsichtsbehörden und Industriekreisen der Wunsch geltend gemacht wurde, für dieses Gebiet in sich abgeschlossene und in sich vollständige Vorschriften zu besitzen, damit nicht durch allzu viele Hinweise und Ausnahmen von den allgemeinen Bestimmungen Anlaß zur Verwirrung gegeben werde. Man hat daher bereits im Juli 1906 die Sicherheitsvorschriften für elektrische Straßenbahnen und straßenbahnähnliche Kleinbahnen aufgestellt und in Kraft gesetzt.

Endlich hat man auch die Vorschriften für den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen, die bereits im Jahre 1903 aufgestellt waren, 1907 einer ersten und 1909 einer abermaligen Durchsicht unterzogen und sie nach Form und Inhalt mit der neuen Fassung der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen sowie mit den Bedürfnissen der stromverbrauchenden Industrien in Übereinstimmung gebracht.

Die auf Grund umfangreicher Beratungen unter Beiziehung der weitesten Kreise, unter Mitwirkung der Behörden und der erfahrensten Fachmänner aus zahlreichen Sondergebieten*) zustande gebrachte neue Gestalt der Vorschriften kann als der Ausdruck dessen gelten, was die berufenen Vertreter der deutschen Elektrotechnik an Vorschriften zur sachgemäßen und sicheren Ausführung elektrischer Starkstromanlagen für hinreichend und notwendig erachten. Die Anerkennung durch die Behörden ist auch für die neue Fassung ausdrücklich zugesichert worden, wie auch die Vertreter mehrerer Regierungen sich bereit erklärt haben, die Weiterbildung der Vorschriften dem Verbands deutscher Elektrotechniker anzuvertrauen. ETZ 1907, S. 745.

*) Die an der Ausarbeitung der Vorschriften beteiligten Organe des V. D. E. waren im J. 1909 wie folgt zusammengesetzt:

Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften: Weber (Vorsitzender), Budde, Corsepilus, Dettmar, Erhard, Fleischmann, Görges, von Groddeck, Gunderloch, Hoechtl, Jäger, Jordan, Klement, Kubierschky, Kuhlmann, Leichtenschlag, Litzrodt, Montanus, Otto, Passavant, Perls, Pohl, Raschig, Reichel, Schröder, Schrottke, Schulthes, Seidel, Singer, Stotz, Ulbricht, Voigt, Wilkens, Wittfeld, Zapf, Ziegler, Meyer, Bender, Wentzke, Jllig, von Gaisberg, Brandes, Schellenberg, Blochmann, Overmann, Lange, Barnikol, Tellmann, Heinke, Anders, Vogel, Waskowsky, Taaks; Cremer, Krohn, Paulsmeier, Scholtes, Stahl, Welter, Klingenberg, Lux.

Bergwerkskomitee: Albrecht, Baum, Dettmar, Erhard, von Groddeck, Goetze, Kloetzer, Philippi, Pohl, Rittershaus, Schwantke, Siemens, Soeder, Vogel, Weber, Wille, Winckhaus; ferner als Vertreter der Oberbergämter: Braubach (Straßburg i. Els.), Buntzel (Breslau), Ehring (Grund), Fischer (Klaustal), Hirsch (Freiberg i. Sa.), Kaltheuner (Dortmund), Koerfer (Bonn), Meinel (München), Planer (München).

Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln.

(Gültig für Anlagen und Erweiterungen derselben, deren Ausführung nach dem 1. Januar 1908 beginnt.)

⚡ | Die auf Bergwerke unter Tage bezüglichen Zusätze gelten |
vom 1. Januar 1910 an. |

§ 1.

Geltungsbereich.

Die hierunter stehenden Bestimmungen gelten für elektrische Starkstromanlagen¹⁾, oder Teile von solchen²⁾,

§ 1. 1) Auf Schwachstromanlagen, z. B. Telegraphen-, Telephon- und verwandte Signaleinrichtungen, finden die Vorschriften keine Anwendung. Der wiederholt unternommene Versuch, den Begriff „Starkstromanlage“ durch eine einfache und ausreichende Umschreibung zu definieren, ist bisher nicht geglückt. Dem Sprachgebrauch der Technik liegt die Vorstellung zugrunde, daß der Regel nach eine gewisse Stromstärke, zugleich aber auch eine gewisse Energiemenge in Wirkung tritt oder treten kann, wo von einer Starkstromanlage die Rede ist. Daher gelten als Schwachstromanlagen alle diejenigen, in denen weder das eine noch das andere möglich, sowie auch die, bei denen zwar die eine aber nicht die andere Bedingung erfüllt ist. So z. B. die in Wohn- und Geschäftsräumen üblichen Läutesignalwerke, bei denen wegen des innern Widerstandes der als Stromquelle üblichen Primärelemente starke Ströme nicht auftreten können. Ebenso eine Einrichtung, die etwa ein einziges galvanisches Element mäßiger Größe als Stromquelle benützt, bei der daher wohl starke Ströme aber nur für kurze Zeit auftreten können. Dabei ist es nicht unterscheidend, ob gefährliche Wirkungen ganz ausgeschlossen sind; denn ein Element der letzteren Art wird unter Umständen eine Zündung hervorrufen können, ebenso wie auch mit einem Induktionsapparat, wie er von den Ärzten gebraucht wird, Gesundheitsstörungen erzeugbar sind, der aber trotzdem nicht als Starkstromapparat angesprochen wird. Die Spannung allein ist ebenfalls nicht maßgebend, wie schon das letzte Beispiel oder das einer mit etwa 100 Primärelementen betriebenen Telegraphenleitung lehrt. Es wird vielmehr auch bei niederen Spannungen, z. B. bei einer elektrochemischen Anlage von 10 Volt und 100 Ampere mit Recht von Starkstrom gesprochen. Ebenso wird die Technik eine Dynamomaschine von 100 Volt und 10 Ampere als Starkstromanlage bezeichnen, auch wenn sie als Stromquelle für ein Telegraphennetz dient. Hier würde die Stromerzeugeranlage dem Starkstromgebiet, das Leitungsnetz und die Apparatenanlage dem Schwachstrom zuzurechnen sein.

mit Ausnahme von im Erdboden verlegten Leitungsnetzen³⁾, elektrischen Bahnen*), Fahrzeugen*), elektrochemischen Betriebsapparaten⁴⁾, sowie Anlagen in Probierräumen und Laboratorien⁵⁾.

Das Geltungsbereich der Vorschriften kann auf Grund ihres Wortlautes und sollte auch nach der Absicht ihrer Urheber nur in Übereinstimmung mit dem, was der Sprachgebrauch unter Starkstrom versteht, abgegrenzt werden. Damit ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß eine Behörde zur Vermeidung der Unbestimmtheit, die diesem Sprachgebrauch anhaftet, die Anwendung der Vorschriften an bestimmtere Grenzen bindet, sei es daß eine bestimmte Stromstärke oder Spannung oder ein bestimmtes Maß an momentan oder dauernd verfügbarer Leistung dabei zugrunde gelegt wird.

2) Wenn Schwachstromanlagen, z. B. Lätewerke oder Uhren von einer Starkstromanlage gespeist werden, so ist zu beachten, daß Fehlerquellen in den ersteren auf letztere zurückwirken, wie auch gefährliche Spannungen, die in den letzteren auftreten, auf erstere übertragen werden können, wenn hiergegen nicht besondere zuverlässige Vorkehrungen getroffen sind. ETZ 1902, S. 940 N. 13; 1903, S. 294 N. 30; 1904, S. 1114 N. 114.

3) Ausgeschlossen vom Geltungsbereich der Vorschriften sind nur im Erdboden verlegte Leitungsnetze, nicht aber einzelne Leitungsstrecken. Dergleichen Netze (Kabelnetze) können im Vergleich mit außerhalb des Erdbodens befindlichen Anlagen nur in geringem Maße zu Brand- oder Lebensgefahr Anlaß geben. Die Bauart und Einrichtung der Kabelnetze ist zudem noch vielfacher Entwicklung und Abänderung fähig, so daß es nicht wünschenswert ist, sie durch Vorschriften einzuzengen. Dabei ist zu beachten, daß Kabelnetze in der Regel im eigenen Interesse der Besitzer einer sorgsam und sachgemäßen Aufsicht unterliegen. — „Im Erdboden verlegt“ ist nicht gleichbedeutend mit „unterirdisch“. Was in einem begehren Kanal, einem Keller u. dergl. verlegt ist, fällt unter die Vorschriften.

4) In einer früheren Fassung der Vorschriften waren elektrochemische Anlagen ganz ausgeschlossen. Die jetzige Fassung beschränkt diese Ausnahme auf elektrochemische Betriebsapparate. Die Erfahrung hat nämlich gezeigt, daß es sehr wohl möglich ist, auch in elektrochemischen Fabriken den Vorschriften zu genügen, soweit die Erzeugung des Stromes und die zur Beleuchtung und Kraftübertragung bestimmten Einrichtungen in Frage kommen. Nur diejenigen Teile, welche unmittelbar den Zwecken der Elektrochemie dienen, unterliegen in der Tat vielfach besonderen Bedingungen, welche von der Eigenart des jeweils verfolgten Zweckes abhängen. Sie sollen daher von der Einhaltung dieser Vorschriften entbunden sein. Bei ihrem Aufbau und Ausbau muß es dem Fachmanne überlassen bleiben, die Anforderungen des Betriebes mit den Grundsätzen der Sicherheit in Einklang zu bringen. Auch hier ist die Voraussetzung maßgebend gewesen, daß die Handhabung dieser Betriebsapparate ausschließlich von geschultem Personal geübt wird. Beispiele hierher gehöriger Apparate sind die Einrichtungen zur Galvanoplastik und Galvanostegie, zur elektrolytischen Darstellung und Reinigung von Metallen, zur Erzeugung von Chlor und Alkali, von Kalziumkarbid, Ozon, Stickstoffverbindungen usw.

Nicht nur in elektrochemischen Betrieben, sondern auch in solchen chemischen Fabriken, die die Elektrizität nur als

Für die mit *) gekennzeichneten Anlagen gelten besondere Vorschriften⁶⁾.

Hilfskraft benützen, ist der zerstörende Einfluß zu beachten, den die verarbeiteten oder erzeugten Stoffe auf die Teile der elektrischen Anlage ausüben können. Z. B. wird Gummi von Ölen und Fetten, Metall von Fettsäuren, Marmor von Chlor angegriffen. Die Hilfsmittel, mit denen die Sicherheitsvorschriften erfüllt werden, müssen daher der Natur dieser Stoffe und der Art ihres Auftretens angepaßt werden. Einzelheiten hierüber sind jedoch nicht in die Vorschriften aufgenommen.

5) Die Zwecke, die in Probierräumen und Laboratorien verfolgt werden, sind oft ohne bewußtes Abweichen von den Vorschriften nicht erreichbar. Welche mit der Natur der Arbeiten verträglichen Hilfsmittel im Einzelfalle zum Schutz gegen die Betriebsgefahren anzuwenden sind, bleibt der Sachkenntnis desjenigen überlassen, der die Arbeiten leitet oder ausführt.

Für die einzelnen Gattungen von elektrischen Einrichtungen, die von den vorliegenden Vorschriften ausgenommen sind, bestehen entweder besondere Vorschriften oder es ist die Aufstellung von solchen nicht für nötig oder nicht für durchführbar erachtet worden. Dies bedeutet jedoch nicht, daß bei solchen Einrichtungen jede beliebige Anordnung als sachgemäß anzuerkennen ist. Soweit die Gewerbeordnung Anwendung findet, gilt auch für diese Teile der § 120a der G.-O.: „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 soweit geschützt sind, wie es die Natur des Betriebes gestattet. — Ebenso sind diejenigen Vorrichtungen herzustellen, welche zum Schutze der Arbeiter gegen gefährliche Berührungen mit Maschinen oder Maschinenteilen oder gegen andere in der Natur der Betriebe liegende Gefahren, namentlich auch gegen die Gefahren, welche aus Fabrikbränden erwachsen können, erforderlich sind. — Endlich sind diejenigen Vorschriften über die Ordnung des Betriebes und das Verhalten der Arbeiter zu erlassen, welche zur Sicherung eines gefahrlosen Betriebes erforderlich sind.“

6) Die Vorschriften für elektrische Bahnen waren bisher den allgemeinen Vorschriften in einem besonderen Paragraphen angegliedert, der nur das enthielt, was an Sonderbestimmungen nötig war. Als die in Preußen mit der Aufsicht über Straßen- und Kleinbahnen betraute Behörde im Benehmen mit dem Verein deutscher Straßenbahn- und Kleinbahn-Verwaltungen neue Bau- und Betriebsvorschriften aufstellte und dabei zugestand, daß der auf die elektrischen Einrichtungen bezügliche Teil von dem genannten Verein gemeinsam mit dem Verbands D. EL. festgestellt werde, mußte dieser Teil eine in sich abgeschlossene Form erhalten: „Sicherheitsvorschriften für elektr. Straßenbahnen und straßenbahnähnliche Kleinbahnen.“*) Dort ist auch die elektrische Einrichtung der zugehörigen Fahrzeuge behandelt; nur die elektrischen Grubenbahnen und ihre Fahrzeuge sind in die §§ 42, 43 dieser Vorschriften aufgenommen. Ausgenommen von vorliegenden Vorschriften sind aber auch die Einrichtungen anderer Fahrzeuge, wie Automobile und Schiffe, weil sie eigenartigen Bedingungen unterliegen.

*) Siehe den dritten Abschnitt dieses Buches.

Die zwischen ✕ || stehenden Zusätze gelten nur für elektrische Starkstromanlagen in Bergwerken unter Tage. Als Abkürzung hierfür wird zum Teil gebraucht: in B u. T. ⁷⁾)

1. Im Gegensatz zu den mit Buchstaben bezeichneten Absätzen, welche grundsätzliche Vorschriften darstellen, enthalten die mit Ziffern versehenen Absätze Ausführungsregeln. Letztere geben an, wie die Vorschriften mit den üblichen Mitteln zur Ausführung gebracht werden, sofern nicht besondere Gründe eine Abweichung rechtfertigen.⁸⁾

A. Erklärungen.

§ 2.

a) Niederspannungsanlagen¹⁾ sind solche Starkstromanlagen, bei welchen die effektive Gebrauchs-

7) Sonderbestimmungen für B. u. T. waren bereits i. J. 1902 den Vorschriften angegliedert worden. Ihre jetzige Fassung und Anordnung ist im J. 1909 auf Grund umfangreicher Vorarbeiten unter Mitwirkung der deutschen Bergbehörden zu Stande gekommen. Vgl. die Fußnote S. 8.

8) Vgl. Einleitung S. 7. Die frühere Fassung der Vorschriften enthielt die ausdrückliche Bestimmung, daß sie keine rückwirkende Kraft haben sollten. Soweit die jetzige Fassung einer behördlichen Überwachung der Anlagen zur Grundlage dient, wird bei älteren Anlagen § 120 d der G.-O. Abs. 3 sinngemäße Anwendung finden, welcher sagt: „Den bei Erlaß dieses Gesetzes bereits bestehenden Anlagen gegenüber können, so lange nicht eine Erweiterung oder ein Umbau eintritt, nur Anforderungen gestellt werden, welche zur Beseitigung erheblicher, das Leben, die Gesundheit der Arbeiter gefährdender Mißstände erforderlich oder ohne unverhältnismäßige Aufwendungen ausführbar erscheinen.“ Vgl. auch Betriebs-Vorschr. § 2 a).

§ 2. 1) Früher waren die Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen in drei Abteilungen gegliedert, die zu verschiedenen Zeiten aufgestellt und gesondert behandelt worden waren. Die erste umfaßte Anlagen mit Spannungen bis zu 250 Volt zwischen irgend zwei Leitern oder zwischen einem Leiter und Erde (Niederspannung); die zweite (für Mittelspannung) behandelte das Gebiet zwischen 250 und 1000 Volt; während die Hochspannungsvorschriften für alle Anlagen galten, bei denen Spannungen von 1000 Volt oder mehr vorkamen.

Im Jahre 1903 trat eine Vereinfachung dahin ein, daß nur noch zwei Abteilungen: für Niederspannung und für Hochspannung gebildet wurden. Diese Unterscheidung ist auch in der vorliegenden Fassung beibehalten. Doch ist nicht für jedes der beiden Spannungsgebiete eine in sich vollständige Vorschrift aufgestellt, sondern diejenigen Bestimmungen, welche für beide Spannungsbereiche gemeinsam gelten, sind nur einmal (in gewöhnlichem Druck) angeführt, während durch besonderen Druck hervorgehoben nur diejenigen Forderungen angegeben sind, die bei Anlagen mit Hochspannung verschärfend zu den allgemein gültigen Bestimmungen hinzutreten.

Nach der festgesetzten Unterscheidung ist das Gebiet der Niederspannung gegenüber der ursprünglichen Umgrenzung dahin

Spannung²⁾ zwischen irgend einer Leitung und Erde 250 Volt nicht überschreiten kann; bei Akkumulatoren ist die Entladespannung maßgebend.

erweitert, daß es auch Anlagen umfaßt, welche Spannungen bis zu 500 Volt zwischen irgend zwei Leitungen aufweisen, wenn nur dafür gesorgt ist, daß die Spannung gegen Erde an keiner Stelle 250 Volt überschreiten kann. Hierfür war hauptsächlich die Absicht bestimmend, daß Dreileiteranlagen mit Spannungen bis zu 2×250 Volt, wenigstens insoweit sie mit geerdeten Mittelleiter arbeiten, durch ein und dieselbe Vorschrift in allen ihren Teilen beherrscht werden sollten, und man ging von der Überlegung aus, daß für die Lebensgefahr in erster Linie die bei Erdschlüssen in Wirkung tretende Spannung maßgebend sei, da das Einschalten des menschlichen Körpers zwischen eine Leitung und Erde weit häufiger zu fürchten sei als zwischen zwei Außenleitern. Sollte eine Dreileiteranlage mit einem Außenleiter an Erde gelegt sein und an den beiden anderen die Spannungen 200 und 400 Volt gegen Erde aufweisen, so unterliegt sie den Vorschriften für Hochspannung. ETZ 1902, S. 941, N. 22. Ebenso Drehstromanlagen mit z. B. 500 Volt Spannung zwischen zwei Zuleitungen, auch dann, wenn der neutrale Punkt an Erde liegt, weil die Spannung in jedem Leiter auf 300 Volt gegen den neutralen ansteigt.

Unter Umständen ist es zulässig, einen Teil einer Anlage nach den Vorschriften für Niederspannung auszuführen, obwohl in andern Teilen Hochspannung vorkommt. Bedingung dafür ist, daß dieser Teil eine gewisse Selbständigkeit aufweist, wie sie z. B. bei Wechselstromanlagen mit Transformatoren dem sekundären Netz gegenüber dem Primärteil zukommt, wenn der Übertritt von Hochspannung verhindert ist, wie dies § 4 (vgl. diesen) vorschreibt.

Besteht ein unmittelbarer leitender Zusammenhang zwischen Teilen, die verschiedenen Spannungsbereichen angehören, so dürfen die Vorschriften der Niederspannung nur insoweit Platz greifen, als die Teile mit Niederspannung von den Teilen mit Hochspannung räumlich getrennt sind. Ein Beispiel hierfür wäre etwa ein Fünfleiternetz mit 4×200 Volt und geerdetem Mittelleiter. Hier dürfen die beiden mittleren Zweige, die unmittelbar am geerdeten Nulleiter liegen, nach Niederspannung behandelt werden, sofern sie allein in den betreffenden Raum, das Haus usw. eingeführt sind; diejenigen Zweige dagegen, die an den Außenleitern liegen, sowie die Teile der Anlage, in welchen alle fünf Leiter nebeneinander vorkommen, unterliegen den Bestimmungen für Hochspannung. Wie weit im einzelnen Falle die zu fordernde räumliche Trennung gewahrt ist, bleibt der fachmännischen Erwägung überlassen. Es kann z. B. in sehr großen Fabrikhallen, Bahnhofshallen und dergl. eine genügende Trennung als vorhanden anerkannt werden, wenn die der Niederspannung angehörigen Teile auf der einen Längs- oder Querseite, die der Hochspannung auf der andern Seite liegen und die Ausläufer beider Teile nicht ineinander greifen. ETZ 1902, S. 1133, N. 23.

Ein weiterer, vielleicht häufiger vorkommender Fall, in dem die Unterscheidung nach der besonderen Sachlage getroffen werden muß, würde der sein, daß an eine Niederspannungsanlage eine Zusatzmaschine angeschlossen und so, etwa zum Betriebe von Motoren, ein Hochspannungskreis geschaffen wird. Vgl. auch ETZ 1909, S. 497, N. 207.

2) Maßgebend ist die Gebrauchsspannung, d. h.

Alle übrigen Starkstromanlagen gelten als Hochspannungsanlagen.

b) **Feuersichere Gegenstände.** Als feuersicher gilt ein Gegenstand, der nicht entzündet werden kann oder der nach Entzündung nicht von selbst weiter brennt.

c) **Freileitungen.** Als Freileitungen gelten alle oberirdischen Leitungen außerhalb von Gebäuden, die weder eine metallische Schutzhülle noch eine Schutzverkleidung haben.³⁾ Als Freileitungen sind nicht anzusehen Installationen im Freien⁴⁾ an Gebäuden, in Höfen, Gärten und dergleichen, bei denen die Entfernung der Stützpunkte weniger als 10 m beträgt.

d) **Elektrische Betriebsräume.** Als elektrische Betriebsräume gelten Räume, die wesentlich zum Betriebe elektrischer Maschinen oder Apparate dienen und in der Regel nur unterwiesenem Personal zugänglich sind.⁵⁾

die an den Stromverbrauchern herrschende. Wenn also z. B. ein Netz für 2×220 Volt eingerichtet ist, hierbei aber etwa infolge großer Entfernung der Zentrale der Spannungsabfall in den Speiseleitungen den Betrag von 60 Volt überschreiten sollte, so daß die Stromerzeuger etwa mit 510 Volt arbeiten müßten, so soll diese Anlage noch nach den Vorschriften für Niederspannung behandelt werden.

Ebenso soll die für die Ladung von Akkumulatoren etwa notwendige Überspannung nicht die Einreihung der Anlage unter die schärferen Vorschriften für Hochspannung zur Folge haben, wenn bei der Entladung die Gebrauchsspannung 500 Volt nicht überschreitet.

3) Als Schutzverkleidung im Sinne des § 2c gelten nicht die Schutznetze, Schutzleisten, Schutzdrähte, die die Freileitungen an der Berührung mit andern Leitungen oder am Herabfallen hindern sollen.

Die in den Vorschriften vorkommenden Ausdrücke für schützende Hilfsmittel sind in folgendem Sinne zu verstehen:
Schutzhülle: ein eng an der Leitung anliegender Überzug, der hauptsächlich die darunter liegende Isolierhülle des Leiters vor Zerstörung bewahrt. Z. B. Bleimantel, Blechmantel des Rohdrahtes, Hülle der Panzerader.

Schutzverkleidung: eine in sich selbständige Vorkehrung, die mechanische Einwirkungen stärkeren Grades hintanhaltend kann; z. B. Isolier- oder Metallrohr, Kabeleisen, Verschalung aus Holz oder Blech.

Schutzüberzug: meist nur gegen chemische Angriffe in Gestalt eines Anstriches oder dergl. verwendet.

Berührungsschutz: hauptsächlich als Schutzdraht, Schutzleiste, Schutznetz auftretend.

4) Über Installationen im Freien vgl. § 23; zu ihnen gehören u. a. auch die auf Dächern und an Wänden angebrachten Reklamebeleuchtungen.

5) Die elektrischen Betriebsräume (vgl. § 28) können Teile eines andern Raumes, z. B. einer Fabrikhalle sein, wenn der Zutritt zu ihnen durch Schranken, Gitter oder dergl. der Vorschrift gemäß beschränkt ist; unter diesen Bedingungen z. B. der ganze betretbare Raum eines elektrischen Laufkranes oder sein Führerstand. Auch Akkumulatorenräume gelten als elektrische Betriebsräume. Um einen Raum als „elektrischen Betriebsraum“ bezeichnen und in ihm von den hierfür zugestan-

e) Abgeschlossene elektrische Betriebsräume. Als abgeschlossene elektrische Betriebsräume werden solche Räume bezeichnet, welche nur zeitweise durch unterwiesenes Personal betreten, im übrigen aber unter Verschuß gehalten werden, der nur durch beauftragte Personen geöffnet werden darf.⁶⁾

f) Betriebsstätten. Als Betriebsstätten werden diejenigen Räume bezeichnet, welche im Gegensatz zu elektrischen Betriebsräumen anderen als elektrischen Betriebsarbeiten dienen und nicht unterwiesenem Personal regelmäßig zugänglich sind.⁷⁾

g) Durchtränkte Betriebsstätten und Lagerräume. Als durchtränkte Betriebsstätten und Lagerräume gelten in gewerblichen Betrieben diejenigen Räume, in denen erfahrungsgemäß durch die chemische Beschaffenheit vorhandener Niederschläge oder Verunreinigungen die dauernde Erhaltung normaler Isolation erschwert und der Widerstand des Körpers der darin beschäftigten Personen gegen Erde erheblich vermindert wird.⁸⁾

denen Erleichterungen Gebrauch machen zu dürfen, ist es nicht notwendig, daß er ausschließlich elektrische Maschinen enthält. Es kann z. B. auch der von der elektrischen Maschine angetriebene Ventilator, eine Pumpe oder dergl. dort stehen. ETZ 1904, S. 362, N. 5. Auch können in dem Raum neben elektrischen Erzeugermaschinen noch deren Antriebsmaschinen sowie andere Treibmaschinen stehen; neben elektrischen Motoren kann er andere Motoren enthalten. Dagegen muß streng gefordert werden, daß ein derartiger Raum in der Regel nur instruiertem Personal zugänglich ist, und daß er den Charakter eines reinen Kraftwerkes hat, in welches nicht etwa Rohstoffe offen hineingeschafft und Fertigprodukte offen herausgeschafft werden. Auf welcher Art ein solcher Raum von seiner Umgebung getrennt sein muß, hängt von der Art der Umgebung ab. Wo betriebsmäßig Staub oder Fasern auftreten (in gewissen Teilen von Mühlen, Spinnereien, Schreinereien ohne wirksame Staubentfernung), wird man dichte Wände fordern, während unter andern Umständen Schranken genügen können.

6) Beispiele: Die Transformatorenkammern von Elektrizitätswerken; der Raum hinter einer Schalttafel, wenn er unter Verschuß gehalten wird. Der Verschuß muß vorhanden sein und kann nicht etwa durch ein Eintrittsverbot ersetzt werden.

7) Betriebsstätten sind demnach in erster Linie alle die Räume, welche gewöhnlich als Werkstätten bezeichnet werden. Ihre besondere Bedeutung für die Beschaffenheit und Behandlung der elektrischen Anlagen liegt hauptsächlich in dem Umstande, daß in ihnen vielfache Hantierungen schwerer oder sperriger Gegenstände vorkommen, so daß die Gefahr der Beschädigung für Leitungen, Apparate und Stromverbraucher größer ist als in Wohnräumen; während andererseits nicht vorausgesetzt werden kann, daß die elektrische Einrichtung mit derselben Sachkenntnis und Aufmerksamkeit behandelt werde, wie in elektrischen Betriebsräumen. In letzteren sind die elektrischen Einrichtungen Hauptsache, in Betriebsstätten sind sie nur Hilfsmittel.

8) Zu durchtränkten Betriebsstätten (vgl. § 32) werden z. B. nicht gerechnet: Baderäume und Waschküchen für häus-

h) **Feuergefährliche Betriebsstätten und Lagerräume.** Als feuergefährliche Betriebsstätten und Lagerräume gelten Räume, in welchen leicht entzündliche Gegenstände hergestellt, verarbeitet oder angehäuft werden, sowie solche, in welchen sich betriebsmäßig entzündliche Gemische von Gasen, Dämpfen, Staub oder Fasern bilden können.⁹⁾

i) **Explosionsgefährliche Betriebsstätten und Lagerräume.** Als explosionsgefährlich gelten Räume, in denen explosive Stoffe hergestellt, verarbeitet oder aufgespeichert werden.

✂ k) **Schlagwettergefährliche Grubenräume.** Als schlagwettergefährliche Grubenräume gelten diejenigen, die als solche von der zuständigen Bergbehörde bezeichnet werden; alle anderen gelten als nicht schlagwettergefährlich.¹⁰⁾

lichen Bedarf; dagegen kann eine gewerblich betriebene Waschanstalt in einzelnen Räumen zu dieser Gattung gehören.

9) Der Entwurf der preußischen Polizeiverordnung betreffend Einrichtung, Betrieb und Überwachung elektrischer Starkstromanlagen unterwirft der Überwachung u. a. gewerbliche und landwirtschaftliche Betriebe, in welchen die Gefahr der Entzündung von Staub (Brikettfabriken, Korkmühlen etc.), leicht brennbaren Gasen (Gasfabriken etc.), leicht brennbaren Flüssigkeiten (Benzinwäschereien, Ätherfabriken etc.), leicht brennbaren Gegenständen (Flachsschwingereien, Waffefabriken, Spinnereien für pflanzliche Spinnstoffe, Zelluloid- und Zelluloidwarenfabriken etc.), explosionsgefährlichen Stoffen (Sprengstofffabriken, Fabriken, die Pikrinsäure, Nitrokörper oder dergl. herstellen etc.) vorliegt.

An Stelle der hier aufgeführten wenigen Beispiele enthält der Entwurf der Polizeiverordnung ein Verzeichnis der einzelnen erwähnten Gattungen überwachungspflichtiger Betriebsräume. Aus ihm ergibt sich, daß im Einzelfalle die Betriebsräume aus der Klasse der gefährdeten ausscheiden können, wenn geeignete Vorkehrungen dies rechtfertigen. So z. B. Abfüllstationen für entzündliche Flüssigkeiten, soweit die Arbeit mit flammstickernden Gasen unter Ausschluß von Luft vorgenommen wird, Holzbearbeitungsfabriken, soweit durch mechanische Absaugung für Beseitigung der brennbaren Abfälle und des Staubes an der Entstehungsstelle gesorgt ist. Sinngemäß werden z. B. auch in chemischen Fabriken Räume, in denen etwa Benzin, Schwefelkohlenstoff, Anilin u. dergl. benützt wird, dann nicht mehr als besonders gefährdet zu betrachten sein, wenn die benützten Behälter, Apparate, Leitungen etc. so eingerichtet sind und gebraucht werden, daß sich betriebsmäßig entzündliche Gemische nicht bilden können.

Ein Raum, der mit einer Gasleitung ausgestattet ist, wird dadurch noch nicht zu einem explosionsgefährlichen; wenn hier auch die Bildung explosibler Gemische durch Austritt des Gases nicht völlig ausgeschlossen ist, so kann sie doch nur durch grobe Fahrlässigkeit oder unsachgemäße Beschaffenheit der Gasleitung eintreten, kann also nicht „betriebsmäßig“ vorkommen.

10) Eine allgemein gültige Kennzeichnung der schlagwettergefährlichen Grubenräume läßt sich nicht aufstellen, weil die Gefährlichkeit von mehreren verschiedenen Faktoren abhängt. Die Entscheidung kann daher nur für den Einzelfall

B. Allgemeine Schutzmaßnahmen.¹⁾

§ 3.

Schutz gegen Berührung.²⁾

a) Die unter Spannung gegen Erde³⁾ stehenden nicht mit Isolierstoff bedeckten Teile⁴⁾ müssen im Handbereich⁵⁾ gegen zufällige Berührung⁶⁾ geschützt sein. (Ausnahme siehe § 28a.)

erfolgen und steht der Bergbehörde zu. Als schlagwetternichtgefährliche Grubenräume gelten auf Bergwerken oder Teilen von Bergwerken, in denen der Gebrauch des offenen Lichts nicht allgemein gestattet ist, der Regel nach die im einziehenden Wetterstrom gelegenen Schächte, Füllörter, Maschinenräume, Querschläge und Grundstrecken, soweit keine abweichende Entscheidung der zuständigen Bergbehörde ergeht.

Sonstige Räume, insbesondere im ausziehenden Wetterstrom belegene, sind als schlagwetternichtgefährlich nur anzusehen, wenn sie ausdrücklich von der zuständigen Bergbehörde als solche bezeichnet sind.

Im Einzelfall kann unter besonderen Verhältnissen ein Raum schlagwettergefährlich sein, trotzdem er im einziehenden, oder nicht gefährlich sein, trotzdem er im ausziehenden Wetterstrom liegt.

B. 1) Im Abschnitt B sind unter §§ 3, 4 u. 5 einige grundsätzliche Maßnahmen an die Spitze der Vorschriften gestellt, sowohl um ihre Bedeutung zu betonen, als auch um in den späteren Abschnitten der vielfachen Wiederholung entoben zu sein. Solchen Wiederholungen ist man jedoch an einzelnen Stellen, wo sie sich besonders aufdrängten, absichtlich nicht aus dem Wege gegangen.

§ 3. 2) Der Schutz gegen Berührung wird im § 3 nur hinsichtlich der Gefahren, die beim Übertritt der Elektrizität auf den menschlichen Körper erwachsen, d. h. es wird nur der Schutz der Personen, nicht aber der Schutz der Leitungen und Apparate gegen schädliche mechanische und chemische Einwirkungen behandelt.

3) Die nicht unter Spannung gegen Erde stehenden, also geerdeten Teile, z. B. geerdete Leitungen, bedürfen unter Umständen ebenfalls eines Schutzes, zwar nicht um Menschen vor der Berührung mit den Leitungen, aber um die Leitungen gegen Beschädigung zu schützen. Vgl. § 21.

4) Für blanke Teile gilt Abs.a) sowohl in Niederspannung als in Hochspannung. Im letzteren Bereich mit der Maßgabe, daß zu den Bestimmungen unter a) noch die weitergehenden Forderungen b) und c) hinzutreten.

5) Der Umfang des Handbereichs hängt von der Örtlichkeit ab. Sind Stufen, Auftritte, Galerien, Maschinen- oder Betriebsteile vorhanden, die dem Zutritt offen stehen, so ist der Handbereich von diesen aus zu bemessen. Auch die normalerweise gehandhabten Gegenstände, Werkzeuge u. dgl. sind sinngemäß zu berücksichtigen.

6) Eine zufällige Berührung ist diejenige, die bei der bestimmungsmäßigen Benutzung des Raumes und der in ihm vorhandenen Einrichtungen ungewollt eintritt. Gegen mutwillige oder sonst absichtliche Berührung ist ein Schutz oft nicht durchführbar oder bei der Vielgestaltigkeit der mit Niederspannung arbeitenden elektrischen Hilfsmittel mit deren Zweck nicht vereinbar. Man denke z. B. an einen elektrischen Zigarrenanzünder,

✂ | Ausgenommen hiervon sind Fahrleitungen von |
 | Bahnen in Bergwerken unter Tage (siehe § 42). |

b) *Bei Hochspannung müssen sowohl die blanken als auch die mit Isolierstoff bedeckten unter Spannung gegen Erde stehenden Teile durch ihre Lage, Anordnung oder besondere Schutzvorkehrungen der Berührung entzogen sein. (Ausnahmen siehe § 8d, 28b und 29a). 7).*

der mit der Zigarre an seinen wirksamen Teilen berührbar sein muß. Sinn und Zweck der Vorschrift ist an diesem Beispiel leicht klar zu machen. Man wird durch eine Manschette einen Zylinder mit seitlicher enger Öffnung oder dgl. die zufällige Berührung ausschließen. Bei Widerständen und Heizapparaten sind Gitter dienlich, auch wenn sie das absichtliche Durchgreifen der Finger zulassen. Kommutatoren und Bürsten von Motoren sind entweder dem Handbereich zu entziehen, indem man letztere nur mittels besonders herbeigerückter Leitern oder nach Öffnen von Türen u. dgl. zugänglich macht, oder es sind diese Teile hinter vorstehenden Teilen der Maschine wie hinter den Magneten, Lagerböcken, Lagerschildern, in passend angebrachten Vertiefungen oder Nischen anzuordnen, oder es ist die ganze Maschine mit einer Schranke zu umgeben. Steckkontakte müssen so gebaut und angebracht sein, daß die flach aufliegende Hand nicht auf blanke Teile treffen kann. Lampenfassungen, Schalter u. dgl. sind an ihren elektrisch geladenen blanken Teilen mit metallischen oder isolierenden Hülsen, Kappen, stulpenartig übergreifenden Ringen oder ähnlichen Vorkehrungen auszurüsten. Vgl. die Wiederholung im § 16 a) und c). Gegen zufällige Berührung schützen auch Schranken, Abweisleisten, besonders wenn sie mit Warnungszeichen versehen sind.

7) Bei Hochspannung treten zu der Bestimmung unter a) noch die verschärften Maßnahmen b) und c) hinzu. Auch mit Isolierstoff bedeckte Teile, wie isolierte Leitungen, Wicklungen von Maschinen, z. B. die Wicklungsköpfe, sind gegen Berührung zu schützen. Eine besondere Beachtung erfordern die Teile der Maschinen usw., in denen die Hochspannung nur zeitweise auftritt. ETZ 1909, S. 497, N. 207.

Der Schutz muß bei Hochspannung nicht nur zufällige Berührung hindern. Wenn die Teile der Berührung entzogen sind, so ist es doch nicht immer möglich und notwendig, daß jede absichtlich angestrebte Berührung unmöglich gemacht ist; denn gegen gewaltsame oder mit besonderen Hilfsmitteln herbeigeführte Berührungen hilft keine verfügbare Maßnahme. Die Vorschrift verlangt vielmehr, daß die Teile nicht ohne weiteres, nicht ohne Überwindung irgend eines Hindernisses oder nicht ohne Anwendung besonderer Hilfsmittel erreichbar oder zugänglich sind. Werden die Teile zu diesem Behufe in besonderer Höhe angeordnet, so ist es nötig, daß in ihrer Nähe nicht andere im Betrieb zu bedienende Gegenstände, wie Transmissionen, Ventilationsklappen oder dergl. vorhanden sind; auch die Anordnung z. B. hinter Lagerschildern und ähnlichen Konstruktionsteilen kann die Vorschrift erfüllen; doch muß hier sinngemäß ein höherer Grad der Unzugänglichkeit verlangt werden als im Abs. a), wo nur die zufällige Berührung ausgeschlossen sein muß. Besondere Schutzvorkehrungen sind z. B. Abdeckung mit isolierenden oder metallischen Bauteilen (Marmorwand der Schalttafel, Maschinengehäuse), Verkleidung z. B. durch Rohre oder Kabelarmaturen, Kappen, Gitter.

c) *Alle der zufälligen Berührung ausgesetzten, zur elektrischen Anlage direkt gehörigen metallischen Konstruktionsteile, die sich in der Nähe von Hochspannung führenden Teilen befinden, müssen geerdet werden, soweit nicht in den Vorschriften Ausnahmen zugelassen sind, oder Isolierung ausdrücklich vorgeschrieben ist.*⁸⁾

1. Als Erdung gilt eine gutleitende Verbindung mit der Erde. Sie soll so ausgeführt werden, daß in der Bodenoberfläche ein den örtlichen Verhältnissen entsprechendes tunlichst ungefährliches allmählich verlaufendes Potentialgefälle erzielt wird.⁹⁾

8) Nicht nur die zur Stromleitung bestimmten, sondern auch die rein konstruktiven Metallteile können den Menschen, der sie berührt, gefährden, wenn sie durch unbeabsichtigte Verbindung mit den stromführenden Teilen oder durch überschlagende Funken, überkriechende Ströme oder endlich durch Induktion geladen werden. Dieser Gefahr, die viele Unfälle veranlaßt hat, ist besonders schwer zu begegnen, weil sie unvermutet auftritt. Unter den hierzu dienlichen Mitteln ist eines der wirksamsten die Erdung, wenn sie auch nicht das einzige und nicht in allen Fällen das angebrachte Mittel darstellt.

Die Erdung wirkt dadurch, daß dem Strom oder der Ladung, die auf den Konstruktionsteil übergegangen sind, ein gut leitender Weg zur Erde dargeboten wird; es wird mithin auch dann, wenn eine Person mit den geladenen Konstruktionsteilen in Berührung gekommen ist, nur ein kleiner Stromanteil seinen Weg durch den menschlichen Körper zur Erde nehmen, während der weit überwiegende Stromanteil den rein metallischen Weg vorzieht. Es wird also ein Nebenschluß zu dem gefährdeten menschlichen Körper geschaffen. Ein anderes Mittel besteht darin, daß man in den Stromweg, der durch den menschlichen Körper nach der Erde hin möglich ist, einen Widerstand in Gestalt einer isolierenden Unterlage (oder Zwischenlage) einschaltet. Auch hierdurch wird die den Organismus durchfließende Stromstärke herabgesetzt. Beide Hilfsmittel können auch zugleich verwendet werden.

Als zur elektrischen Anlage direkt gehörig sind z. B. die Gestelle der Maschinen, die Gerüste der Schalttafeln, die Gehäuse von Schaltsäulen, Transformatoren oder Meßgeräten, die Armierung von Kabeln, metallische Schutzrohre und Umkleidungen von Leitungen usw. anzusehen. Für andere Konstruktionsteile ist die Erdung nicht vorgeschrieben, weil es schwer ist, die Grenze, innerhalb deren ein Erden dieser Teile unbedingt geboten ist, einwandfrei festzusetzen. Doch empfiehlt es sich sehr, auch die zum Gebäude oder zu den nicht elektrischen Einrichtungen gehörigen Metallteile, soweit anzunehmen ist, daß sie Spannungen annehmen können, ebenfalls zu erden, damit nicht zwischen ihnen und den zur elektrischen Anlage gehörigen Teilen gefährliche Spannungen auftreten.

9) Eine für alle Fälle zutreffende einfache Regel für die Ausführung der Erdung kann nicht aufgestellt werden. Keineswegs kann jede leitende Verbindung mit der Erde als zuverlässiges Sicherungsmittel gelten, selbst wenn ihr elektrischer Widerstand kleine Beträge aufweist. Es müssen die im Einzelfall vorliegenden Verhältnisse sorgsam berücksichtigt werden. In vielen Fällen ist eine wirksame Erdung nur mit Schwierigkeiten oder unter großem Aufwand herzustellen, manchmal ist sie unausführbar.

2. Als Elektroden dienen Platten, vorhandene Rohrnetze, Drahtverzweigungen, Gitterwerke, Eisenkonstruktionen, Schienen usw.¹⁰⁾



Es empfiehlt sich, in B. u. T. mehrere verschiedenartige Erdungen gleichzeitig anzuwenden, von denen nach Möglichkeit eine in der Wasserseige oder im Sumpf angeordnet werden soll.

Um nämlich die beim Übertritt der Hochspannung im geerdeten Teil auftretenden Stromstärken, die ungewöhnliche Beträge erreichen können, so abzuführen, daß gefährliche Spannungen vermieden werden, bedarf es unter Umständen erheblicher Querschnitte. Es ist danach zu streben, daß die Spannung zwischen den Punkten, zwischen welche eine Person eingeschaltet sein kann, also z. B. zwischen dem mit der Hand berührten und dem vom Fuß betretenen Punkt, tunlichst herabgemindert wird. Daher werden alle zu erdenden Teile unter sich gut leitend verbunden und es wird auch der Fußboden, soweit er vollständig oder unvollständig leitend ist, mit dieser Erdleitung in leitende Verbindung gebracht. So können ausgedehnte Maschinenfundamente oder Maschinengehäuse, Eisengalerien, Eisentreppen und ähnliche Standorte durch Verbindung mit den der Berührung mit der Hand ausgesetzten Teilen als Erde wirksam gemacht werden. Es kommt dann weniger darauf an, daß diese Teile selbst durch sehr geringe Widerstände mit der Erde in Verbindung stehen, sofern nur die in Betracht kommenden Personen niemals zwischen die gut und die schlecht geerdeten Oberflächen eingeschaltet sein können. Vgl. § 6 b) unter 4).

Ist die in Wirkung tretende Spannung sehr hoch und ein kurzer Stromweg großen Querschnitts nach der Erde nicht erreichbar, wenn sich z. B. der dem Stromübergang ausgesetzte Konstruktionsteil, etwa als Kabelarmatur, im oberen Geschoß eines Gebäudes oder wenn er sich, etwa als Mast, in schlecht leitendem Erdreich befindet, so können in dem ihn umgebenden Fußboden beim Stromübergang erhebliche Potentialgefälle auftreten, die selbst dem, der den Konstruktionsteil nicht unmittelbar berührt, gefährlich werden. Es muß dann für eine so große Ausbreitung der Stromflächen gesorgt werden, daß das Potentialgefälle in der Richtung von dem fraglichen Teil nach außen hin durch Verminderung der Stromdichte herabgedrückt wird. Um einen Mast wird man z. B. ein konzentrisches System von metallischen, durch Radien verbundenen Leitern (Metallscheiben, Drahtseilen) in den Fußboden oder das Erdreich einlegen und kann so die Gefahr beseitigen. Vgl. Uppenborn, ETZ 1901, S. 380, Wilkens, ETZ 1902, S. 1129.

10) Wo man dauernd feuchte Schichten des Erdreiches nicht erreichen kann, ist statt der Erdplatten ein ausgebreitetes Netz von Draht oder Gitterwerk zu verwenden. Unter Umständen kann auch Einbettung solcher Elektroden in fest gestampften Koks nützlich sein. (Zahlenwerte verschiedener Erdwiderstände siehe Vesper, ETZ 1897, S. 758—761.) Vorhandene Rohrleitungen sind häufig an den Stoßstellen mit nichtleitenden Stoffen gedichtet. Es empfiehlt sich daher, diese Stoßstellen leitend zu überbrücken, wo es möglich ist; meistens sind sie aber nicht zugänglich, daher sollen solche Rohrleitungen nur zur Vergrößerung der Oberfläche und des Querschnittes beigezogen werden, können aber eine besondere Erdleitung nicht ersetzen.

Zu beachten ist auch der Umstand, daß dort, wo der metallische Zusammenhang von Rohrleitungen unterbrochen ist, elektrolytische Zerstörungen auftreten können.

3. Der Querschnitt von Erdleitungen soll mit Rücksicht auf die zu erwartenden Erdschlußstromstärken bemessen werden, die im allgemeinen der Auslösestromstärke der im Bereich des zu erdenden Teils liegenden Stromsicherung entsprechen.¹¹⁾

Die Größe des Übergangswiderstandes an den einzelnen Erdplatten ist in hohem Maße abhängig von der Beschaffenheit und Feuchtigkeit des Erdbodens; (ETZ 1904, S. 1115 N. 119) er wechselt u. a. mit der Witterung. Häufig wird dieser Übergangswiderstand zu klein geschätzt. In größeren Elektrizitätswerken beträgt er z. B. an jeder Erdungsstelle des geerdeten Mittelleiters etwa 5—10 Ohm. Vgl. auch das Beispiel unter ¹¹⁾. Oft empfiehlt es sich, die einzelnen Erdungsstellen, z. B. von Masten, unter sich durch eine Drahtleitung zu verbinden (vgl. § 22 g). Wird diese bis zur Stromerzeugerstelle zurückgeführt, so wirkt sie im Falle der Gefahr nicht nur als Erdleitung, sondern gleichzeitig zur Herbeiführung eines vollständigen Kurzschlusses.

11) Wo die zur Stromführung bestimmten Teile von den der Berührung ausgesetzten Konstruktions- oder Schutzteilen durch hinreichend große Luftschichten oder zuverlässige Isolatoren getrennt sind, so daß nur rein statisch induzierte oder über die Oberflächen der Isolatoren hinweggesickerte Elektrizitätsmengen in Frage kommen, genügt ein geringer Querschnitt der Erdungsleitung.

Wenn dagegen ein unmittelbarer oder ein durch Funken oder Lichtbogen vermittelter Stromübergang auf die berührbaren Metallteile möglich ist, so muß der Querschnitt der Erdungsleitungen der auftretenden Stromstärke angepaßt sein.

Da erfahrungsgemäß über die hier maßgebenden Verhältnisse vielfach falsche Vorstellungen herrschen, so mögen einige der Wirklichkeit entsprechende Beispiele zur Erläuterung ausführlicher betrachtet werden*).

In einer Dreileiteranlage mit geerdetem Mittelleiter für 500 Kilowatt Leistung und 2 mal 250 Volt Spannung habe der Mittelleiter bei 15 mm Durchmesser und 1 Kilometer Länge einen Übergangswiderstand zur Erde von 0,15 Ohm. (Jeder Außenleiter sei, entsprechend einem Spannungsverlust von 10 %, zu 0,025 Ohm und der $\frac{1}{4}$ so starke Mittelleiter zu 0,1 Ohm Widerstand vorausgesetzt.) Entsteht an einem Außenleiter ein guter Erdschluß von etwa 0,05 Ohm Widerstand, dann kommt zwischen ihm und dem Mittelleiter ein Strom von $250/0,2 = 1250$ Ampere zustande. Die für 1000 Ampere normal bestimmte Sicherung wird hierbei nicht ohne weiteres durchschmelzen. Die Spannung am Außenleiter wird jetzt aber $1250 \times 0,05 = \overline{+} 62,5$ Volt, die am Mittelleiter $\pm 187,5$ Volt betragen. Man sieht also, daß der Mittelleiter trotz der Erdung eine Spannung von 187,5 Volt gegen Erde annehmen kann, die noch als lebensgefährlich erachtet werden muß. Dieselbe Spannung werden die einzelnen mit dem Mittelleiter verbundenen Abzweigungen aufweisen. Nun bleibt aber noch zu berücksichtigen, daß die hierbei vorausgesetzte Erdung des Mittelleiters, welcher als blanker Draht im feuchten Boden liegend gedacht ist, mit der Zeit zur elektrolytischen Zerstörung des Leiters führen wird. Um diese zu vermeiden, wird man ihn irgendwie schützen und die Erdung an einzelnen Stellen vornehmen müssen. Daß hierbei der vorausge-

*) Nach einer von Herrn Geh. Baurat Prof. Dr. Ulbricht der Sicherheitskommission des V. D. E. vorgelegten Ausarbeitung. Vgl. auch Uppenborn, ETZ 1901, S. 370. Wilkens, ETZ 1902, S. 1129.

Als geringste Querschnitte gelten 16 qmm in elektrischen Betriebsräumen¹²⁾ und 4 qmm in sonstigen In-

letzte niedrige Erdungswiderstand nicht ohne Schwierigkeiten zu erreichen ist, dürfte ohne weiteres klar sein. Erdet man aber den Mittelleiter weniger gut, z. B. mit nur 10 Erden zu je 25 Ohm, so ist der gesamte Erdungswiderstand = 2 Ohm und es braucht außen nur ein Erdschluß von 1 Ohm einzutreten, um den Mittelleiter auf 170 Volt Spannung gegen Erde zu bringen. Die hierbei auftretende Stromstärke von 80 Ampere wird in der Erzeugerstation nicht immer bemerkt werden oder Verdacht erregen.

Betrachtet man ferner eine Zweileiteranlage für 500 Kilowatt und 1000 Volt, bei der die beiden blanken Luftleitungen mit geerdetem Schutznetz versehen sind, so wird der Erdungswiderstand des letzteren bei unendlicher Länge = $\sqrt{5}$ Ohm sein, *) wenn die Erdung durch das eiserne Leitungsgestänge erfolgt, deren jedes einen Übergangswiderstand von 33 Ohm hat und die in 30 m Abstand aufgestellt sind, wobei für den Leitungswiderstand des Schutznetzes der von zwei parallelen eisernen Tragdrähten von je 4 mm Durchmesser zu 1/200 Ohm für den Meter vorausgesetzt ist. Am einen Ende der Strecke, in 2 km Entfernung von dem in der Mitte gelegenen Werke, soll ein Isolator der Leitung I einen Riß haben, der bei sonst gut isolierten Leitungen nur zu einem schwachen Stromabfluß Anlaß gibt. Findet am Ende des andern Leitungsstranges eine Berührung zwischen Schutznetz und der Leitung II statt, so wird unter Lichtbogenbildung an dem gesprungenen Isolator ein Erdschluß vom Widerstand 4,5 Ohm eintreten. Dabei kann die Wechselstrommaschine etwa 1080 Volt Spannung und 450 Amp. Strom geben. An den Leitungsenden besteht alsdann zwischen Schutznetz und Erde eine Potentialdifferenz von 540 Volt. Der nächste eiserne Ständer wird etwa 16 Amp. zur Erde führen und ein Mensch, der den Ständer berührt und zu dem Übergangswiderstand von 33 Ohm einen Nebenschluß von 1000 Ohm bildet, wird noch 0,54 Amp. Strom aufzunehmen haben. Auch hier wird die Sicherung nicht schmelzen, und man erkennt leicht, eine wie große Gefahr die durch die Erdung des Schutznetzes angestrebte Sicherung noch bestehen läßt.

Würde man bei dem zweiten Beispiele die Anlage dadurch verbessern, daß man die Gestänge durch einen etwa 8 mm starken Kupferdraht verbindet und so den Leitungswiderstand des Schutznetzes erheblich vermindert, so würden immerhin noch beträchtliche Spannungsdifferenzen zwischen Gestänge und Erde bestehen bleiben. Allerdings wird dann die entwickelte Stromstärke die Sicherungen durchschmelzen, aber bevor dies erfolgt, kann immerhin eine Lebensgefährdung eintreten. Der hierbei durch das Abschmelzen der Sicherung bewirkte Schutz ist aber nicht sowohl auf die Erdung, als vielmehr auf den zwischen beiden Leitungen durch das Schutznetz herbeigeführten Kurzschluß in Anrechnung zu bringen.

Aus diesen Beispielen läßt sich erkennen, daß die richtige Bemessung des Querschnittes der Erdleitung von ausschlaggebender Bedeutung ist; daß ferner da, wo große Strommengen zur Verfügung stehen und bei der Wirksamkeit der Erdung in Betracht kommen, die Erdung an sich zur Erzielung einer ungefährlichen Spannungsdifferenz zwischen geerdetem Leiter und Erde nur ein unvollkommenes Sicherungsmittel ist, und daß hier

*) nämlich = $\sqrt{30 \cdot 33 \cdot 1/200}$ gemäß dem bekannten Wert für fortlaufende kombinierte Leitungs- und Ableitungswiderstände.

stationen, im übrigen kann bei Leitungskupfer auf je 10 Ampere Erdschlußstromstärke 1 qmm Querschnitt gerechnet werden.

4. Die Erdungsleitungen sollen so bemessen und angeordnet sein, daß sie gegen mechanische und chemische Beschädigungen geschützt sind.^{13) 14)}

✕ 5. Schutzverkleidungen aus Pappe und ähnlichem wenig widerstandsfähigem Material sollen in B. u. T. nicht angewendet werden. Ausnahme siehe § 28². Holz ist unter Umständen zulässig. Bei Hochspannung sollen die unter b) erwähnten Schutzverkleidungen so angebracht sein, daß sie nur mit Hilfe von Werkzeugen entfernt werden können.¹⁵⁾

§ 4.

Übertritt von Hochspannung.

Um den Übertritt von Hochspannung in Stromkreise für Niederspannung,¹⁾ sowie das Entstehen von Hoch-

die Anwendung des Kurzschlusses und der selbsttätigen Stromausschaltung, verbunden mit der Sicherung durch Isoliereinrichtungen, bedeutend im Vordergrund stehen muß. In der Tat hegt man gegenwärtig zu dem Hilfsmittel der Erdung nicht mehr dasselbe Maß von Vertrauen, das ihm früher entgegengebracht wurde.

12) In elektrischen Betriebsräumen ist ein größerer Querschnitt die Regel, weil dort meist Stromquellen von erheblicher Leistung wirksam sind und weil dort größere Querschnitte nicht stören. Die Minimalzahlen gelten auch für Erdleitungen aus Eisen, da sie in erster Linie die mechanische Festigkeit verbürgen sollen.

13) Dem Schutz der Erdungsleitungen gegen Zerstörung ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen, da von ihrer Unversehrtheit Leben und Gesundheit abhängen können. Man wird daher Stellen, wo mechanische Zerstörungen oder ätzende Wirkungen zu fürchten sind, vermeiden oder durch die Wahl des Metalles, durch geeignete Stärke, durch Schutzanstrich solchen Wirkungen begegnen. Es empfiehlt sich, die Erdungsleitungen nicht unmittelbar in Mauerwerk oder unter Fußböden zu verlegen, weil dort chemische Zerstörungen unbemerkt auftreten können. Überhaupt ist es gut, wenn die Erdungsleitungen bis zum Anschluß an die Elektroden der Kontrolle zugänglich sind. Schmelzsicherungen, Schalter oder andere Unterbrechungsstellen, die durch Zufall offen bleiben können, sollen in Erdleitungen nicht vorhanden sein (§ 11 f, § 14 g); doch kann der zu erdende Gegenstand unter Umständen mittels Schalter oder anderer lösbaren Verbindung an die Erdleitung angeschlossen sein. Vgl. ETZ 1904, S. 361 N. 75 c.

14) Der Mittelleiter von Dreileiternetzen wird gewöhnlich geerdet, um Gesamtspannungen bis 250 Volt unter den Vorschriften für Niederspannung ausnutzen zu können. Auch bei kleineren Gesamtspannungen empfiehlt es sich, den Mittelleiter und nicht etwa einen Außenleiter an Erde zu legen, es sei denn, daß hierfür besondere Gründe sprechen (etwa Betrieb einer Industriebahn mit der Gesamtspannung).

15) Als Werkzeuge gelten auch Schlüssel, Schraubenschlüssel, abnehmbare Klinken und dgl.

§ 4. 1) Der Übertritt der hohen Spannung kann

spannung in letzteren²⁾ zu verhindern oder ungefährlich zu machen, sind geeignete Maßnahmen zu treffen.

1. Als geeignete Maßnahme gilt das Anbringen von erdenden oder kurzschließenden oder abtrennenden Sicherungen, oder gleichwertigen Mitteln, oder das Erden geeigneter Punkte.³⁾

innerhalb eines Transformators oder Umformers vorkommen, wenn die Isolierung durchschlagen oder sonst schadhaft wird. Auch außerhalb der Windungen, z. B. an der Einführungsstelle der Leitungen in das Transformatorgehäuse, oder an gemeinsamen Trägern für beide Leitungen sind Übergänge der Hochspannung nach der Niederspannungsleitung vorgekommen, wenn beide Leitungen zu nahe aneinander angeordnet, oder unbeabsichtigterweise einander genähert worden waren, oder indem irgend ein dritter leitender Körper den Übergang vermittelte. Zu berücksichtigen sind namentlich auch die mit Niederspannung gespeisten Erregerkreise von Maschinen für Hochspannung.

2) Das **Entstehen** hoher Spannung in Niederspannungsstromkreisen kann z. B. beim Ausschalten von Magnetwickelungen stattfinden, wenn der hierbei wirksame Extrastrom nicht durch geeignete Anordnung der Verbindungen oder richtige Bauart des Schalters ungefährlich gemacht wird. Bei Synchronmotoren ist unter Umständen die Erregerwicklung von solcher Abmessung, daß in ihr sehr hohe Spannungen von seiten der Ankerwicklung induziert werden, wenn der Anker an Niederspannung angeschlossen wird, der Motor aber stillsteht oder eben im Anlauf begriffen ist. Ähnliches kann bei Meßtransformatoren eintreten, die zur Herabminderung der Stromstärke bestimmt sind, wenn der sekundäre Stromkreis geöffnet ist. Durch Resonanzwirkungen können Funken, die beim Schalten oder an fehlerhaften Stellen zustande kommen, sehr hohe Spannungen erzeugen. ETZ 1902, S. 552.

Diese Verhältnisse sind bei der Konstruktion von Niederspannungsmaschinen und Hilfsvorrichtungen zu beachten. Wenn die Bauart nicht derart gewählt werden kann, daß das Entstehen hoher Spannungen auch bei nicht normalen Betriebsverhältnissen ausgeschlossen ist, so sind auch hier Spannungssicherungen anzuordnen.

3) In vielen Fällen wird ein Stromübergang aus dem Hochspannungs- in das Niederspannungsnetz die in beiden Netzen vorhandenen Schmelzsicherungen auslösen, so daß die gefährdeten Teile von der Stromquelle abgetrennt werden. Doch tritt dies nicht immer ein. Kann man je einen Punkt des Hochspannungs- und des Niederspannungs-Netzes dauernd an Erde legen, so wird beim Übertritt der Hochspannung in den Niederspannungskreis sofort ein Kurzschluß des ersteren gebildet, der die Sicherungen wirksam werden läßt. In vielen Fällen genügt das Erden eines Punktes im Kreise der Niederspannung allein, um den Übertritt ungefährlich zu machen. Doch führen diese Maßnahmen nicht stets und nicht ohne weiteres zum Ziel. Das Abschmelzen der Sicherung kann sich soweit verzögern, daß inzwischen schon ein Unfall eingetreten ist; es können die auftretenden Potentialgefälle an der Stelle, wo eine Person die Niederspannungsleitung berührt, trotz der Erdung gefährliche Beträge annehmen je nach dem Ort, wo die Erdung angebracht ist und dem Widerstand, den sie aufweist. Endlich läßt sich das dauernde Erden oft nicht durchführen wegen der eintretenden Störungen in benachbarten Fernspreitleitungen.

§ 5.

Isolationszustand.

Jede Starkstromanlage muß einen angemessenen Isolationszustand haben.¹⁾

1. Isolationsmessungen sollen tunlichst mit der Betriebsspannung, mindestens aber mit 100 Volt ausgeführt werden.²⁾

Aus letzterem Grunde hat man Spannungssicherungen gebaut, die das Erden erst beim Übertritt der Hochspannung bewirken. Sie sind in bequem verwendbare Formen (Kontaktstöpsel) gebracht. Immerhin bietet es manche Schwierigkeiten, sie stets auf die nötige Empfindlichkeit einzustellen, und es erfordert sorgsame Überlegung, um sie an der richtigen Stelle anzuordnen. Vgl. ETZ 1901, S. 310, 569; 1902, S. 552; 1905, S. 292, 314, 337, 357; 1906, S. 434, 486, 897; 1909, S. 782.

Ein Bedürfnis nach irgend einer Überspannungssicherung liegt erfahrungsgemäß bei jeder Anlage für Hochspannung vor. In solchen für Niederspannung ist ihre Anordnung in Erwägung zu ziehen, wenn Blitzschutzvorrichtungen, die ihre Funktion teilweise übernehmen können, nicht vorhanden sind. Ausführliche Erörterungen über Überspannungen siehe ETZ 1908, S. 797 ff.

§ 5. 1) Der Isolationszustand einer Anlage ist keineswegs ein unmittelbares Maß für ihre Feuersicherheit; wohl aber kann man aus der Kenntnis der Isolationsgröße unter sachgemäßer Berücksichtigung aller obwaltenden Verhältnisse auf indirektem Wege ein Urteil über den mehr oder weniger ordnungsgemäßen Zustand der Leitungen und damit zugleich über die Sicherheit der Anlage gewinnen. Es ist nämlich von vornherein klar, daß es nicht möglich ist, die beiden Pole der Leitungen voneinander und gegen die Erde völlig zu isolieren; vielmehr wird auch bei Anwendung der vollkommensten Mittel stets ein gewisser Stromübergang über die isolierenden Befestigungsteile hinweg und durch die Isolierhüllen hindurch stattfinden. Die gesamte übergehende Strommenge hängt nicht nur von der Beschaffenheit der Isolier- und Befestigungsstücke ab, sondern sie wird auch bei gleich guter Beschaffenheit um so erheblicher sein, je größer die Anzahl derjenigen Stellen ist, an welchen ein Stromübergang überhaupt stattfinden kann. Sehr ausgedehnte Leitungsnetze zeigen daher, absolut gemessen, einen großen Stromverlust, ohne deswegen notwendigerweise feuergefährlich oder mangelhaft zu sein. Es muß also der Isolationszustand im Verhältnis zum Umfange der Anlage, oder besser im Verhältnis zu der Zahl der Befestigungs-, Anschluß- und Verbrauchsstellen beurteilt werden. Um dieses Verhältnis in seiner Bedeutung für die sachgemäße Beschaffenheit der Anlage richtig zu würdigen, sind aber auch die örtlichen Verhältnisse (Feuchtigkeit, Witterung) und die Art der Anlage (Spannung) zu berücksichtigen.

2) Wenn irgend möglich, soll mit der Betriebsspannung gemessen werden; denn schwache und fehlerhafte Stellen der Isolierschichten, die von der Betriebsspannung durchschlagen werden und so unmittelbaren Kurzschluß herbeiführen können, sind oft bei geringeren Spannungen vollkommen isolierend, so daß sie bei Messung mit der niederen Spannung überhaupt nicht entdeckt werden können. Unter dem Gesichtspunkt, daß im Betriebe auch vorübergehende Spannungserhöhungen auftreten und andererseits durch Wirkungen der Wärme, Feuchtigkeit und

2. Bei Isolationsmessungen durch Gleichstrom gegen Erde soll, wenn tunlich, der negative Pol der Stromquelle an die zu messende Leitung gelegt werden. Bei Isolationsmessungen mit Wechselstrom ist die Kapazität zu berücksichtigen.³⁾

3. Wenn bei diesen Messungen nicht nur die Isolation zwischen den Leitungen und Erde, sondern auch die Isolation je zweier Leitungen verschiedenen Potentials gegeneinander gemessen wird, so sollen alle Glühlampen, Bogenlampen, Motoren oder andere Stromverbrauchende Apparate von ihren Leitungen abgetrennt, dagegen alle vorhandenen Beleuchtungskörper angeschlossen, alle Sicherungen eingesetzt und alle Schalter geschlossen sein.⁴⁾ Reihenstromkreise sollen jedoch nur an einer

anderer Einflüsse die Güte der Isolierstoffe herabgesetzt werden kann, würde sich die Anwendung einer angemessenen Überspannung empfehlen. Doch darf damit nicht zu weit gegangen werden, um nicht die Isoliermittel durch die Meßspannung zu gefährden. Bei sehr hohen Betriebsspannungen vermeidet man aus dem letzteren Grunde jede Überspannung. Meistens wird in diesem Falle überhaupt keine Messung ausgeführt, sondern mit einer mäßigen Spannung auf etwaige grobe Fehler geprüft und im übrigen eine Betriebsprobe vorgenommen.

3) Die Messung ist womöglich so auszuführen, daß die zu messende Leitung den positiven Strom aus der Erde empfängt, also Kathode ist, weil an den fehlerhaften Stellen elektrolytische Wirkungen eintreten können. Würde die Leitung Anode sein, so liegt die Möglichkeit vor, daß sich durch die Stromwirkung schlecht leitende Salze bilden, welche den Übergangswiderstand erhöhen und den Fehler vermindern. Der negative Strom dagegen zerstört derartige Zersetzungsprodukte und deckt den Fehler auf. Um diese Wirkungen voll zur Geltung zu bringen, sowie um den Ladungserscheinungen Rechnung zu tragen, ist eine bestimmte Dauer des Prüfungsstromes nötig. Sie war früher auf e i n e Minute festgesetzt, wird aber nach neueren Erfahrungen meist auf z w e i Minuten ausgedehnt. Zeigt der Erdschlußstrom nach dieser Zeit noch erhebliche Schwankungen in seiner Stärke, so ist schon hieraus, abgesehen von dem Betrage des entweichenden Stromes, auf das Vorhandensein eines Fehlers zu schließen.

Anlagen, welche mit Wechselstrom betrieben werden, können mit Gleichstrom geprüft werden. Die unmittelbare Messung mit Wechselstrom begegnet der Schwierigkeit, daß die Wechselstrommeßgeräte meist zu unempfindlich sind und außerdem die Kapazitätsströme leicht zu Irrungen Anlaß geben. Zur Messung der Isolation kann man sich einer tragbaren Hilfsmaschine oder einer Batterie von kleinen Elementen oder Akkumulatoren bedienen, welche leicht sehr gut von Erde isoliert werden können; man kann auch die Betriebsstromquelle benutzen. Über die hierbei anzuwendenden Verfahren siehe Uppenborn-Dettmars Kalender 1908, S. 94. Grawinkel und Streckers Hilfsbuch, 6. Aufl., 1900, S. 183. Ferner: Elektrotechnische Zeitschrift 1896, S. 660; 1898, S. 683 und S. 700; 1899, S. 179; 1902, S. 1080; 1904, S. 420. Bei Wechselstrom: ETZ 1897, S. 748; 1899, S. 410; 1907, S. 484. Bei Akkumulatoren: ETZ 1899, S. 360.

4) Um auch Fehler in den Lampenfassungen zu finden, empfiehlt es sich, die Glühlampen durch Ausschrauben aus den Fassungen, nicht aber durch Abschalten mittels des Hahns der Fas-

einzigsten Stelle geöffnet werden, die tunlichst nahe der Mitte zu wählen ist.⁵⁾ Dabei sollen die Isolationswiderstände den Bedingungen des Absatzes 4 genügen.

4. Der Isolationszustand einer Niederspannungsanlage⁶⁾ mit Ausnahme der Teile unter 5 gilt als angemessen, wenn der Stromverlust auf jeder Teilstrecke zwischen zwei Sicherungen oder hinter der letzten Sicherung bei der Betriebsspannung ein Milliampere nicht überschreitet. Der Isolationswert einer derartigen Leitungsstrecke sowie jeder Verteilungstafel sollte hiernach wenigstens betragen: 1000 Ohm multipliziert mit der Voltzahl der Betriebsspannung (z. B. 220 000 Ohm für 220 Volt Betriebsspannung).⁷⁾ Die Isolationsmessung

sung abzutrennen. Beleuchtungskörper, Sicherungen und Schalter enthalten besonders oft schlecht isolierte Stellen; namentlich ist bei Messung des Stromüberganges zwischen den beiden Polen des Netzes auf die oft nicht unerhebliche Leitfähigkeit der Unterlagplatten (aus Schiefer u. dgl.) von Anlaßwiderständen und ähnlichen Vorrichtungen Rücksicht zu nehmen. Bei manchen Stromverbrauchern sind derartige unbeabsichtigte Stromübergänge zwischen den Polen unvermeidbar und im Betriebe unschädlich (z. B. bei elektrischen Öfen, galvanischen Bädern). Die unter § 5₁ aufgestellten zahlenmäßigen Forderungen sollen sich nur auf das Netz und die zu ihm gehörigen Teile, nicht aber auf die Stromverbraucher selbst beziehen. Daher können die letzteren bei der Messung abgetrennt sein. Natürlich empfiehlt es sich, im Interesse des Betriebes durch eine besondere Messung auch etwaige Fehler in den Stromverbrauchern festzustellen, was entweder im Anschluß an die Prüfung des Netzes oder durch besondere Untersuchung geschehen kann. Vgl. § 5₁) letzten Satz.

5) Es ist die elektrisch gemessene Mitte gemeint. Liegt jedoch ein Pol an Erde, so ist die Verbindung mit diesem Pol zu öffnen.

6) Gemäß dem oben unter 2) Gesagten wird bei Hochspannung meistens von einer eigentlichen „Messung“ des Isolationszustandes Abstand genommen, daher bezieht sich die Regel 4 nur auf Anlagen mit Niederspannung.

7) Wie unter 1) erwähnt, würde es rationell sein, den Isolationswiderstand im Verhältnis zur Zahl der Befestigungs-, Anschluß- und Verbrauchsstellen zu beurteilen. In diesem Sinne wurde in der früheren Fassung der Vorschriften ein von der Zahl der angeschlossenen Glühlampen abhängiger Isolationswiderstand gefordert. Da man aber dabei für jede Bogenlampe und jeden Elektromotor die willkürliche Zahl von 10 Glühlampen einsetzen mußte, so gab auch dies Verfahren unter Umständen ein falsches Bild. Außerdem hatte die alte Formel den Nachteil, daß sie dieselbe Isolationsgröße verlangte, gleichgültig, mit welcher Spannung die Anlage betrieben war. So lange man es mit der früher weit überwiegenden einheitlichen Spannung von etwa 100 Volt zu tun hatte, gab dies auch brauchbare Ergebnisse.

Bei der jetzt häufigeren Verwendung höherer Spannungen muß dagegen gefordert werden, daß ihnen auch ein besserer Isolationszustand entspricht; denn eine höhere Spannung vermehrt nicht nur die Durchschlagsgefahr und die Lebensgefahr, sondern es ist auch die über einen bestimmten Isolationswiderstand abfließende Stromstärke proportional mit der Spannung größer. Diese entweichende Stromstärke ist aber in mehrfacher Hinsicht für die Bedenklichkeit des Fehlers maßgebend. Einmal bedeutet

von Maschinen, Akkumulatoren, Transformatoren wird auf Grund dieser Vorschriften nicht gefordert.⁸⁾

sie einen unmittelbaren Wertverlust und zum andern ist die schädliche Wirkung des entweichenden Stromes oft eine elektrolytische, die den metallischen Leiter mittels der ihn umgebenden Feuchtigkeit nach Maßgabe der Stromstärke zerstört; die gebildeten Metallsalze erhöhen die Leitfähigkeit der Feuchtigkeit und vergrößern so den Fehler, bis schließlich völliger Kurzschluß oder Entzündung eintritt. Daher ist die geforderte Isolationsgröße jetzt durch das zulässige Maß des Stromverlustes ausgedrückt, wodurch ohne weiteres die wünschenswerte Abhängigkeit von der Betriebsspannung erhalten ist.

Tatsächlich werden ja auch in den gebräuchlichen Isolationsmessern zunächst Stromstärken gemessen, wenn auch die Zifferblätter den Widerstand in Ohm angeben. Benutzt man Instrumente der letzteren Art, so ist die abgelesene Zahl mit Hilfe der bekannten Betriebsspannung leicht auf die gesuchte Größe in Milliampere umzurechnen.

Ist die Meßspannung von der Betriebsspannung verschieden, so errechnet man den bei der Betriebsspannung stattfindenden Stromverlust aus dem gemessenen nach dem Ohmschen Gesetz, indem man einen von der Spannung unabhängigen Isolationswiderstand voraussetzt. Tatsächlich wird diese Unabhängigkeit, namentlich bei großer Verschiedenheit zwischen Meß- und Betriebsspannung nicht vorhanden sein. Indessen muß dieser Fehler in den Kauf genommen werden. Bei Wechselstrombetrieb wird in der Regel mit Gleichstrom gemessen, weil die Wechselstrommeßgeräte meist zu unempfindlich sind und außerdem der unmittelbar an ihnen beobachtete Strom sich aus dem wirklichen Stromverlust und den Ladungsströmen zusammensetzt. Auch hier wird meistens die Meßspannung eine andere sein als die Betriebsspannung, so daß die erwähnte Umrechnung nötig ist.

Kommen verschiedene Betriebsspannungen in Betracht, so ist mit derjenigen zu rechnen, die für den gesuchten Stromverlust maßgebend ist. So wird z. B. bei einem Dreileiternetz mit geerdetem Mittelleiter der Stromverlust zwischen einem der Außenleiter und Erde aus der Betriebsspannung des einen Zweiges abzuleiten sein, dagegen wird für die Ermittlung der Isolation beider Pole gegeneinander in solchen Teilen, die mit der Summe beider Teilspannungen betrieben werden, auch diese Summenspannung der Rechnung oder der unmittelbaren Messung zugrunde gelegt.

Um aus dem gemessenen Isolationswiderstand oder aus dem ermittelten Stromverlust ein Urteil über die Beschaffenheit der Anlage zu gewinnen, muß man beachten, daß das Maß der Gefahr sehr verschieden ist, je nachdem der Stromverlust sich auf eine größere Strecke gleichmäßig verteilt oder sich auf eine oder einige Stellen konzentriert. Hat z. B. eine Anlage von 10 000 Lampen einen Isolationswiderstand von 100 Ohm zwischen beiden Polen, so daß bei 100 Volt Betriebsspannung im ganzen ein Stromverlust von 1 Ampere stattfindet, so wäre dies unbedenklich, wenn sich der Verlust etwa auf alle 10 000 Lampenfassungen gleichmäßig verteilen würde, da er alsdann für jede 0,1 Milliampere beträgt. Würde aber der Stromverlust von 1 Ampere in einer einzigen Lampenfassung stattfinden, so würde diese in gefährlicher Weise erhitzt werden und unmittelbare Feuersgefahr vorhanden sein.

Daher ist die Messung nicht nur an der Gesamtanlage auszuführen, sondern auch an ihren einzelnen Teilen. Die in den

5. Freileitungen,⁹⁾ sowie diejenigen Teile von Anlagen, welche in feuchten Räumen, z. B. in Brauereien, Färbereien, Gerbereien usw. oder im Freien installiert sind, brauchen der Regel des Absatzes 4 nicht zu genügen. Wo eine größere Anlage feuchte Teile enthält, sollen diese bei der Isolationsprüfung abgeschaltet sein und die trockenen Teile sollen der Regel unter 4 genügen.

Vorschriften gewählte Fassung für den zulässigen Stromverlust leitet unmittelbar auf diese Art der Messung hin, weil bei größeren Anlagen der Gesamtverlust in der Regel größer sein wird, als nach der Vorschrift erlaubt ist. Man muß daher die Unterteilung so lange fortsetzen, bis für jeden einzelnen Teil die Vorschrift erfüllt erscheint; derjenige Zweig, welcher schließlich sich als ungenügend herausstellt, wird so als Sitz eines Fehlers erkannt, den man aufzusuchen und abzustellen hat. Natürlich ist es nicht zulässig, eine ungenügend isolierte Anlage dadurch mit den Forderungen in Übereinstimmung zu bringen, daß man die ungenügende Strecke durch eingefügte Sicherungen in Teile zerlegt, wenn diese Sicherungen nicht durch den Betrieb oder die für ihre Anordnung gültigen Vorschriften gefordert werden. Der Ausdruck „Teilstrecke zwischen zwei Sicherungen“ soll vielmehr den kleinsten selbständigen Betriebsstromkreis bezeichnen. ETZ 1904 S. 362 N. 86, S. 1116 N. 129.

8) Über Isolationsmessung an einzelnen Gattungen von Stromverbrauchern vgl. unter 4) am Schluß. Auch für Maschinen, Akkumulatoren und Transformatoren wird eine Messung nicht gefordert; grobe Fehler in diesen Teilen machen sich von selbst bemerkbar indem sie den Betrieb störend beeinflussen. Unvollkommenheiten der Isolation, die nicht erheblich genug sind, um diese Wirkung zu haben, werden durch Messung mit den verfügbaren Spannungen in der Regel nicht aufgedeckt werden können, während die Anwendung von Überspannungen geradezu Fehler herbeiführen kann. Im Interesse des Betriebes kann es wohl liegen, unter Umständen, z. B. wenn Feuchtigkeit in abnorm hohem Grade eingedrungen ist, sich ein Urteil über den Isolationszustand zu verschaffen, doch muß hierbei vorsichtig verfahren werden.

9) Der Isolationswiderstand von Freileitungen hängt, abgesehen von Baumzweigen und anderen Fremdkörpern, die mit den blanken Drähten in Berührung kommen können, hauptsächlich von dem unversehrten Zustand der Isolierglocken und besonders von der Reinheit ihrer Oberfläche ab. In rußiger Luft überziehen sich die Porzellanglocken nach und nach mit einer leitfähigen Schicht; die Rußschicht selbst hält wiederum Wasserhäutchen und Nebelbläschen leichter fest, als blankes Porzellan. Starker Regen bessert daher oft den Isolationszustand, indem er die schmutzige Schicht abwäscht. Andererseits kann sich bei Nebel ein sehr niedriger Isolationswiderstand einstellen, ohne daß Betrieb und Sicherheit der Anlage gefährdet werden, zumal da oft der Betriebsstrom selbst die Wasserniederschläge auf den Glocken zum Verschwinden bringt. Die Isolationsmessung wird daher im allgemeinen kein richtiges Maß für die Güte der Freileitung ergeben. Daß sich sehr hohe Isolationsgrößen erzielen lassen, ist z. B. aus ETZ 1902, S. 1039 zu ersehen. Die 55 km lange Leitung St. Maurice—Lausanne zeigte, mit 20 000 Volt gemessen, einen Stromübergang zwischen beiden Liniendrähten von 0,003 A oder den Isolationswiderstand 6,75 Megohm, später nach leichtem Regen 16,6 Megohm. Letzteres ist das 500fache des im § 3⁴ verlangten Betrages.



In B. u. T. gilt dies auch für die Räume, in denen Tropfwasser auftritt, und für durchtränkte Grubenräume; vorausgesetzt ist hierbei, daß sich die Installationen sonst in allen Punkten in bester Ordnung befinden.¹⁰⁾

10) Die unter 4) geforderten Isolationsgrößen sind so festgesetzt, daß sie auch unter ungünstigen Verhältnissen eingehalten werden können, wenn alle in den Vorschriften angeführten Maßnahmen beachtet, ausschließlich gute, den Verhältnissen angepaßte Materialien verwendet und die Arbeiten mit Sorgfalt ausgeführt werden. ETZ 1902, S. 939.-

Die Erreichung dieser Isolationsgrößen muß daher, vor allem bei Neuanlagen, unter allen Umständen angestrebt werden. Es ist indessen nicht undenkbar, daß ausnahmsweise ungünstige äußere Einflüsse oder die Wirkungen des besonders gearteten Betriebes, wie sie z. B. in manchen chemischen Fabriken, manchmal auch in Färbereien, Brauereien usw. auftreten, dies Ziel nicht erreichen oder nicht dauernd aufrecht erhalten lassen. Als dann kann von der Einhaltung der verlangten Isolationsgrößen Abstand genommen werden, wenn durch die Bauart der Räume und die Art der Verlegungsmaterialien und der Verlegung selbst dafür gesorgt ist, daß die vorhandenen Isolationsfehler zu Feuergefahr keinen Anlaß bieten können. (§ 31).

Solche Einrichtungen sind jedoch stets als Ausnahmen zu betrachten und dauernd mit besonderer Sorgfalt zu beaufsichtigen. Es empfiehlt sich namentlich, wie überhaupt, so besonders in diesem Falle, Isolationsmessungen der einzelnen Unterabteilungen vorzunehmen, um wenigstens gröbere Fehler aufdecken und abstellen zu können, und um sich davon zu überzeugen, inwieweit der Isolationsfehler über die ganze Anlage gleichmäßig verteilt ist. Solche Messungen sollten in regelmäßigen Zwischenräumen, etwa alle Monate, wiederholt werden. Auch ist es gut, wenn derartige Teile einer größeren Anlage zu allen Zeiten, wo dies tunlich erscheint, von dem übrigen Netze durch Öffnen der Ausschalter abgetrennt werden, damit einerseits unnötiger Stromverlust vermieden, andererseits die zersetzende Wirkung des Erdstroms eingeschränkt wird.

Bei Anlagen unter gebräuchlichen Verhältnissen ist eine dauernde Kontrolle des Isolationszustandes, wie sie z. B. durch Anordnung eines der bekannten Erdschlußzeiger am Hauptschaltbrett erreicht werden kann, zu empfehlen. Bei Hochspannung können hierzu statische Voltmeter dienen, die mit einem Pol an Erde, mit dem andern an die Leitung gelegt werden. Hat man je ein solches Instrument an jedem Pol, so wird bei einer Verminderung der Isolation in der dem einen Pol entsprechenden Leitung das zugehörige Instrument kleineren, das am andern oder an den andern Polen liegende Instrument größeren Ausschlag geben.

Die Isolationsgröße wird nie völlig gleichbleibend sein, sie hängt z. B. von der Witterung ab. Welche Bedeutung die jeweiligen Angaben solcher Instrumente für den Zustand der Anlage haben, läßt sich daher nur auf Grund längerer Beobachtungen beurteilen. Es ist daher gut, in regelmäßigen Zeiträumen zu beobachten und über die Resultate Buch zu führen, damit das Interesse des Wärters stets wachgehalten wird. Die Buchführung bietet ferner den Vorteil, bei eingetretenen Unglücksfällen feststellen zu können, in welchem Zustande sich die Anlage befunden hat.

6. Als Isolierstoffe für Hochspannung gelten fasrige oder poröse Stoffe, die mit geeigneter Isoliermasse getränkt sind, ferner feste Isolierstoffe, die nicht hygroskopisch sind.¹¹⁾

Material wie Holz und Fiber soll bei Hochspannung nur unter Öl und nur mit geeigneter Isoliermasse imprägniert als Isoliermaterial angewendet werden.¹²⁾ (Ausnahme siehe § 12¹). Die nichtpolierten Flächen von Steinplatten sind durch einen geeigneten Anstrich gegen Feuchtigkeit zu schützen.^{13) 14)}

Die Festsetzung der Zeiträume, in welchen der Isolationszustand zu notieren ist, sowie die Festsetzung anderer regelmäßiger Beobachtungen über den Zustand der Anlagen ist Sache der „Betriebsvorschriften“. Vgl. die „Vorschriften für den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen“, § 2 unter 4).

11) Die Anforderungen, welche an Isolierstoffe zu stellen sind, können nicht in allgemeiner Form festgelegt werden. Die Praxis benützt die verschiedensten Stoffe mit Erfolg, indem sie die Verwendungsweise den Eigenschaften des Materials anpaßt. So hat sich Papier trotzdem es hygroskopisch ist, in Telephonkabeln bewährt, da man die feuchte Luft mittels des Bleimantels fernhält. Für Niederspannung sind daher keine Vorschriften über Isolierstoffe aufgestellt. Was über solche für Hochspannung gesagt ist, soll nicht erschöpfend sein, sondern nur einzelne besonders beachtliche Punkte hervorheben. Für einzelne Installationsmittel, wie Drähte und Kabel enthalten die „Normalien“ Angaben über Art und Bemessung der Stoffe sowie über die Anforderungen, denen das Fabrikat genügen muß.

12) Imprägniertes Holz würde bei Luftzutritt sehr brennbar sein, unter Öl fällt dieses Bedenken weg. Es wird in der Regel mit Leinöl oder Paraffin imprägniert. Auch imprägniertes Holz ist in feuchter Luft kein zuverlässiger Isolator für hohe Spannung, da die Imprägniermasse, wie es scheint, durch die Luftfeuchtigkeit verdrängt wird. Sein Verhalten hängt sehr von der Holzsorte und der Behandlung ab. Nur ausnahmsweise darf es daher als Isolator für hohe Spannung dienen, wenn man nämlich die genannten Nachteile mit Rücksicht auf die günstigen Festigkeitseigenschaften des Holzes in den Kauf nimmt und sich gegen ihre schädlichen Folgen anderweitig schützt. Vorteilhaft dagegen dient Holz auch bei Hochspannung oft als zweite Isolationsstufe sowie als Schutzverkleidung, gemäß § 21². (Vgl. über Holzgriffe § 10³.)

Vulkanfiber ist nur in trockenem Zustand ein guter Isolator, nimmt aber aus der Luft begierig Wasser auf, ist daher für Niederspannung nur bedingt, für Hochspannung unter keinen Umständen als Isolierstoff brauchbar. ETZ 1905, S. 1078.

13) Schieferplatten werden in Paraffin gesotten oder mit gutem Lack angestrichen. Bei Schiefer und Marmor ist wegen der leitenden Adern und der Verschiedenartigkeit der einzelnen Sorten Vorsicht geboten; besonders in feuchten Räumen. Neben der Rückseite sind unter Umständen namentlich auch die Durchbohrungen von Marmor- und Schiefertafeln sorgfältig anzustreichen oder zu imprägnieren. Auch die einzelnen Glassorten sind in ihrem Verhalten sehr verschieden, sie sollen daher nicht ohne vorherige Probe benützt werden.

Als bester Isolierstoff gilt Glimmer, ETZ 1905, S. 79. Außerdem haben sich verschiedene Kunstprodukte, wie Porzellan, Mikanit, je nach Umständen auch Hartgummi und andere be-



In B. u. T. sollen Steinplatten (Marmor, Schiefer und dergleichen) nur nach besonderer Auswahl oder mit Imprägnierung oder Anstrich verwendet werden. Bei Hochspannung über 500 Volt sollen sie nur unter Öl Anwendung finden.

C. Maschinen, Transformatoren und Akkumulatoren.

§ 6.

Elektrische Maschinen.

a) Elektrische Maschinen sind so aufzustellen, daß etwaige im Betriebe der elektrischen Einrichtung auftretende Feuererscheinungen keine Entzündung von brennbaren Stoffen hervorrufen können.¹⁾

währt. Hartgummi wird durch Luft und Licht, sowie durch das bei Hochspannung oft auftretende Ozon in seiner Isolierkraft stark beeinträchtigt.

14) Die Wirksamkeit der Isolierkörper hängt ferner ab von ihrer Gestaltung und Bemessung. Die an der Oberfläche übergehenden Funken haben die Fähigkeit, weit größere Strecken zu durchsetzen, als wenn sie in der freien Luft überspringen müßten. Der Übergang wird wesentlich erleichtert durch die auf den Oberflächen etwa gebildeten feinen Wassertröpfchen, oder Wasserhäutchen oder Staubschichten. Man muß daher einerseits den Weg, den der Funke über solche Oberfläche nehmen müßte, möglichst lang machen, andererseits darnach trachten, daß durch die Wahl des Materials und durch seine Formgebung die Bildung von Wasserschichten oder Staubschichten möglichst erschwert wird. Isolierstoffe, welche die Wärme gut leiten und kleine Wärmekapazität haben, sind ungünstiger, weil sie bei raschen Temperaturerniedrigungen sich leicht mit einer Wasserhaut bedecken. Horizontale Flächen erleichtern die Ansammlung von Staub. Man versieht daher die Isolierkörper mit Wulsten, Kragen, Rillen oder dergl. nach dem Vorbild der bekannten Isolierglocken.

Ferner ist zu beachten, daß ein an sich aus gutem Stoff bestehender, richtig gestalteter und bemessener Isolierkörper durch unzumutbare Anordnung (auf den Kopf gestellte Isolierglocken) oder durch Befestigungsmittel, die ihn an ungeeigneter Stelle durchsetzen, in seiner Wirkung beeinträchtigt werden kann. ETZ 1902, S. 939.

§ 6. 1) Für feuergefährliche Betriebsstätten sind im § 34, für explosionsgefährliche Räume im § 35 besondere Vorschriften aufgestellt. Hier sei bemerkt, daß derartige Räume der Regel nach überhaupt nicht, sondern nur im Notfall zur Aufstellung von Stromerzeugern, Motoren und Umformern benutzt werden sollen. Im allgemeinen hat man bei Anlagen in Sägewerken, Getreidemühlen, Baumwollspinnereien und dgl. darnach zu trachten, daß für die erwähnten Maschinen und Zubehör ein abgetrennter Raum zur Verfügung gestellt oder geschaffen wird, der von den brennbaren Stoffen frei bleibt. Dies ist schon zur Reinhaltung der Maschinen erforderlich. Auch innerhalb solcher Räume und überhaupt sind besonders brennbare Stoffe, sei es, daß sie dem Gebäude zugehören (Holzwände), oder daß sie im Maschinenraum aufbewahrt und gehandhabt werden (Putzwolle),

b) Bei Hochspannung müssen elektrische Maschinen entweder²⁾ gut isoliert montiert und in diesem Falle mit einem gut isolierenden Bedienungsgange umgeben sein³⁾,

von den Teilen der Maschinen und Apparaten fernzuhalten, welche Funken erzeugen. Die Größe der nötigen Entfernung richtet sich nach Art, Größe und Spannung der Maschinen oder Transformatoren. ETZ 1904, S. 424 N. 102.

Die im regelrechten Betrieb auftretenden Feuererscheinungen, wie Funken am Kommutator, sind bei modernen Maschinen an sich unbedeutend. Bedenklicher sind schon die Funken und Lichtbogen an Ausschaltern und Sicherungen. Indessen hat man auch mit Störungen des regelrechten Betriebes zu rechnen. Die Kommutatorfunken werden bedenklich bei plötzlicher Überlastung oder unrichtiger Bürstenstellung. Maschinen und Transformatoren können infolge von Kurzschluß oder durch schadhafte Isolierung in Brand geraten. Hierbei kommen oft gewaltige Energiemengen in Betracht, weshalb besondere Vorsicht angezeigt ist.

Bei der Aufstellung von Maschinen usw. ist ferner zu beachten, daß außer den brennbaren Stoffen auch leitende Stoffe, wie Drehspäne, kleine Werkzeuge und dgl., fernzuhalten sind. Diese können durch Auffallen auf die Klemmen, Kommutatoren und andere blanke Teile zu Kurzschluß und Feuer Anlaß geben.

2) Maschinen und Motoren für hohe Spannung werden auf zwei verschiedene Arten aufgestellt. Entweder so, daß das Gestell und alle mit der Maschine zusammenhängenden Metallteile möglichst gut von Erde isoliert sind, oder so, daß man das Gestell und alle andern Teile, welche nicht betriebsmäßig Strom führen, mit der Erde leitend verbindet. Jedes von beiden Verfahren bietet besondere Vorteile, bringt aber auch gewisse Schwierigkeiten mit sich.

3) Das Verfahren, das Gestell zu isolieren, ist in Deutschland wenig gebräuchlich. Bei gewissen Systemen, die namentlich in der Schweiz ausgebildet und verwendet sind, ist es notwendig. Dort werden nämlich sehr hohe Gleichstromspannungen dadurch erzeugt, daß man mehrere Maschinen hintereinander schaltet. Man kann nun nicht jede einzelne Maschine so bauen, daß sie zwischen Wicklung und Gestell und namentlich am Kommutator die ganze in Betracht kommende Spannungsdifferenz aushält. Da aber ein erheblicher Teil dieser Spannungsdifferenz zwischen den stromführenden Teilen der Maschine und dem Erdboden wirksam ist, so muß man diese Differenz auf mehrere Isolierungen verteilen, um sie gewissermaßen stufenweise zu überwinden. Es werden daher die Wicklung zunächst vom Ankereisen, die Lager der Welle und die Elektromagnete vom Gestell, und schließlich das Gestell von Erde durch je eine starke isolierende Zwischenlage getrennt. (Eine Beschreibung isolierter Aufstellung siehe ETZ 1902, S. 1004 Sp. 3).

Dies Verfahren soll auch den Vorteil haben, daß die Maschine weniger als eine mit geerdetem Gestell der Gefahr ausgesetzt ist, durch in die Leitung eingedrungene atmosphärische Entladungen zerstört zu werden. Die Schwierigkeiten liegen hauptsächlich darin, daß der Aufbau umständlich und kostspielig wird. Es ist klar, daß bei diesem Verfahren die von der Erde isolierten Teile sogenannte statische Ladungen annehmen können, welche auch auf anderen nicht mit der Maschine zusammenhängenden Metallteilen auftreten. Eine Berührung dieser Teile durch Menschen, die selbst auf der Erde stehen, würde

*oder ihre Gestelle müssen geerdet und, soweit der Fußboden in ihrer Nähe leitend ist, mit diesem leitend verbunden sein.*⁴⁾

daher einen, unter Umständen erheblichen Stromübergang auf den menschlichen Körper zur Folge haben. Sie wird aber ungefährlich, wenn der menschliche Körper selbst von Erde isoliert ist; denn in diesem Falle wird er nur den seiner Kapazität entsprechenden Ladungsstrom aufnehmen. Man muß daher dafür sorgen, daß es unmöglich ist, gleichzeitig mit der Erde und einem in der Nähe der Maschine befindlichen Metallteil in Berührung zu kommen. Dies geschieht am einfachsten dadurch, daß der Fußboden rings um die Maschine selbst gut isoliert wird. Dieser Isoliergang muß so groß sein und so eingerichtet werden, daß man auch nicht durch Vermittelung einer zweiten Person gleichzeitig einen zu der Maschine gehörigen und einen mit der Erde verbundenen Gegenstand berühren kann.

Der Isoliergang wird meistens aus Holz gebaut; an den Aufgestellen wird er durch Unterlagen von Glas oder Porzellan vom Erdboden und von den Wänden getrennt. Das Holz muß stets trocken gehalten werden. Zweckmäßig gibt man ihm einen Anstrich von Leinölfirnis oder Ölfarbe. Es ist gut, wenn der Isoliergang etwas über den Fußboden erhaben oder durch ein Geländer von dem übrigen Raum getrennt ist, damit man beim Betreten unwillkürlich aufmerksam gemacht wird. Ist der Abstand zwischen den Metallteilen und den Umfassungswänden klein, so ist bei höheren Spannungen auch eine isolierende Wandbekleidung erforderlich.

Bis zu Spannungen von etwa 1000 Volt kann statt eines vollständigen Aufbaues aus Holz ein Belag des Fußbodens mit Kautschukplatten von entsprechender Größe und Dicke benützt werden.

Auch Linoleum ist dienlich, doch sind die einzelnen Sorten sehr verschieden hinsichtlich des Isoliervermögens und der Dauerhaftigkeit.

Bei Benützung von Platten aus Kautschuk und dgl. ist zu beachten, daß sie nicht durch eingedrungene Metallteile (Schuhnägel) verletzt werden.

Asphaltbelag des Fußbodens ergibt bei sorgfältiger Herstellung und Wartung ebenfalls eine brauchbare Isolierung, wird jedoch von Öl (Schmieröl) erweicht und dann leicht abgetreten. Werden ihm Steine beigemischt, so sind sie vorher gut zu waschen und scharf zu trocknen.

Außerdem aber ist zu beachten, daß zwischen den die Hochspannung selbst führenden Teilen, also z. B. den Bürsten und dem Gestell, noch sehr hohe Spannungsdifferenzen vorhanden sind. Der Aufbau der Maschine muß daher derartig sein, daß man auch bei Ausführung der notwendigen Hantierungen nicht gleichzeitig mit beiden in Berührung kommt. Es müssen also z. B. die Handgriffe der Bürstenhalter und ähnliche Dinge möglichst frei an der Außenseite der Maschine angebracht sein.

4) Der Aufbau der Maschinen mit geerdetem Gestell ist insofern einfacher, als die umständliche Isolierung der Fundamente wegfällt, die bei sehr schweren Maschinen manchmal überhaupt undurchführbar sein dürfte. Auf der andern Seite ist bei geerdetem Gestell die Gefahr, daß die Isolierung zwischen Wicklung und Gestell durchschlagen wird, viel größer, da im Falle eines Erdschlusses in einem Leiter die Spannung des andern Leiters gegen das Gestell gleich der vollen zwischen beiden

§ 7.

Transformatoren.

a) Bei Hochspannung müssen Transformatoren entweder in geerdete Metallgehäuse eingeschlossen oder in besonderen Schutzverschlügen untergebracht sein. Ausgenommen von dieser Vorschrift sind Transformatoren in abgeschlossenen Betriebsräumen (§ 29) und solche, welche nur mittels besonderer Hilfsmittel zugänglich sind.¹⁾

Leitern vorhandenen Spannung wird. Auch die Gefahr einer Beschädigung der Maschine durch Blitzschläge soll größer sein. Für die Bedienung ergibt sich der Vorteil, daß alle geerdeten Teile des Gestelles ohne Rücksicht auf statische oder übergesickerte Ladungen gefahrlos berührt werden können. Um die Gefahr auch für den Fall auszuschließen, daß die hohe Spannung direkt auf das Gestell überspringt, ist auch der Fußboden, soweit er in der Nähe der Maschine etwa aus Metall (eiserne Fundamentrahmen, eiserne Schaltbühnen) besteht oder aus halbleitenden Stoffen (Mauerwerk) hergestellt ist, gut leitend mit dem Gestell zu verbinden. Dadurch soll bewirkt werden, daß das Spannungsfälle, welches beim Stromübergang auf das Gestell und zum Erdboden auftritt, hinlänglich klein gemacht wird.

Es kann der Fall eintreten, daß die Erdleitung einen verhältnismäßig großen Widerstand hat; so z. B. wenn die Maschinen in einem oberen Stockwerk stehen und hinlänglich ausgedehnte geerdete Eisenmassen nicht zur Verfügung stehen; alsdann ist es wichtiger, den Fußboden in der Nähe der Maschine sehr gut mit dem Gestell zu verbinden, als beide Teile zusammen sehr gut an Erde zu legen. Es kommt nämlich stets auf dasjenige Spannungsfälle an, dem der Bedienende (etwa zwischen den Auflagepunkten seiner Hände und Füße) ausgesetzt sein kann. Vgl. § 3₁ unter 9).

Wenn das Gestell geerdet und alle zugänglichen Hochspannung führenden Teile, gemäß § 3 b), geschützt sind, ist es nicht notwendig, einen Isoliergang oder Isolierstand anzuwenden. Es ist jedoch nicht verboten, dies dennoch zu tun. In manchen Fällen, z. B. bei Hochspannungs-Gleichstrommaschinen, wo die Bürsten häufig verstellt oder aus anderen Gründen öfters in der Nähe der Maschine hantiert werden muß, kann es nützlich sein, außer den gebotenen auch noch diese Vorsichtsmaßregel anzuwenden. Man kann sich dann oft mit einer einfacheren Form des Isolierstandes, z. B. einer oder mehreren übereinander gelegten Gummimatten, begnügen. Auf keinen Fall aber darf die Benutzung eines Isolierganges bei geerdetem Gestell die Vernachlässigung der übrigen in § 3 geforderten Maßnahmen zur Folge haben, weil man sonst trotz des isolierten Standpunktes gleichzeitig mit einem geladenen Metallteil und dem Gestell in Berührung kommen kann.

§ 7. 1) Transformatoren ohne geerdete Metallgehäuse oder besondere Schutzverschlüge dürfen demnach nur in abgeschlossenen Betriebsräumen (§ 29) oder an unzugänglichen Örtlichkeiten (z. B. auf Leitungsmasten oder in besonderer Höhe an Wänden des Betriebsraumes) Aufstellung finden.

Im Elektrizitätswerk wird der abgeschlossene Betriebsraum die Regel sein.

Außerhalb der Betriebsräume stehen sie entweder in besonderen Schutzverschlügen (Transformatorhäuschen) oder, bei

b) *An Hochspannungs-Transformatoren mit Ausnahme von Meßtransformatoren (siehe § 15) müssen, wenn deren Gestell nicht betriebsmäßig geerdet ist, Vorrichtungen angebracht sein, welche gestatten, die Erdung des Gestelles gefahrlos vorzunehmen, oder die Transformatoren allseitig abzuschalten.*²⁾

§ 8.

Akkumulatoren.

a) Akkumulatorenräume gelten als abgeschlossene elektrische Betriebsräume.¹⁾

Kabelnetzen, unter dem Straßenniveau in Verteilungskästen innerhalb geerdeter Metallgehäuse; in den mit Strom versorgten Häusern werden sie vielfach entweder in ähnlichen Metallgehäusen oder in besonderen Verschlügen untergebracht. Bei Freileitungen werden sie häufig auf den Leitungsmasten befestigt und bedürfen im letzteren Fall der besonderen Metallgehäuse oder Schutzverschlüge nicht. Enge Schutzverschlüge oder Metallgehäuse müssen ventiliert werden, oder es muß auf andere Weise für Abkühlung gesorgt sein.

2) Die Erdung des Gestelles wird sich oft am besten mit Hilfe der Armatur der ein- und austretenden Kabel bewerkstelligen lassen. Die Vorrichtung kann in einem Schalter bestehen, der so angeordnet werden kann, daß beim Öffnen der Türe des Schutzgehäuses die Erdung selbsttätig erfolgt. Es genügen aber auch geeignete Klemmen, in die der geerdete Draht unter Beobachtung der nötigen Vorsicht eingeführt werden kann. Die Vorschrift gilt auch für Transformatoren in elektrischen Betriebsräumen. Sie soll ein gefahrloses Hantieren am Transformator ermöglichen.

Selbstverständlich wird in der Regel jede Hantierung am Transformator nur nach seiner Abschaltung von Primär- und Sekundärleitung vorgenommen. Doch sind Ausnahmen in dringenden Fällen denkbar. Die Betriebsvorschriften enthalten die dann gebotenen Vorsichtsmaßnahmen (siehe dort § 8). Zu ihnen gehört auch das Erden des Gestelles.

Nur dort, wo dies nicht möglich ist, z. B. auf hölzernen Leitungsmasten, genügt das allseitige Abschalten, muß aber dann ausnahmslos durch geeignete Vorrichtungen ermöglicht sein. Daß das Abschalten der Primärleitung allein den Transformator nicht spannungslos macht, wenn er sekundär mit anderen Transformatoren in Verbindung steht, wird oft nicht hinreichend beachtet.

§ 8. 1) Akkumulatoren-Räume nehmen eine Sonderstellung ein weil die Sammlerplatten, ihre Verbindungsstücke, die Anschlußleitungen und die Elektrolytflüssigkeit in den Zellen wegen der Wirkung der Säuren und wegen der notwendigen Beaufsichtigung und Bedienung nicht mit Isolierstoff bedeckt oder der Berührung entzogen werden können. (§ 3.) Andererseits kann man den vorhandenen Gefahren durch Einhaltung einfacher und leicht durchführbarer Verhaltensregeln vollständig begegnen. Daher ist es nötig, daß das mit der Bedienung betraute Personal sorgfältig unterwiesen und eingeübt ist, und daß Unberufene ferngehalten werden. Dies sind dieselben Bedingungen, wie sie für abgeschlossene elektrische Betriebsräume § 2c und § 29 gelten.

b) Die einzelnen Zellen sind gegen das Gestell und letzteres ist gegen Erde durch nicht hygroskopische Unterlagen zu isolieren.²⁾

c) Bei Hochspannung müssen die Batterien mit einem isolierenden Bedienungsgang umgeben sein.³⁾

2) Ziffermäß bestimmte Isolationswerte sind für Sammlerbatterien nicht verlangt, wie auch die Bestimmungen des § 5 sich nur auf das Leitungsnetz beziehen. Der Grund liegt darin, daß die Isolationsgröße während der Ladung oder bei raschen Temperaturschwankungen großen Veränderungen unterworfen ist, infolge der auf der Außenseite der Zellen und des Gestelles sich niederschlagenden Flüssigkeitströpfchen. Es muß aber im Interesse der Sicherheit darauf gesehen werden, daß bei normalem Zustand des Akkumulators eine gute Isolation vorhanden ist, und zwar können sehr wohl Werte erreicht werden, welche den in § 5¹ für die Leitungsanlage festgesetzten annähernd entsprechen. Damit dies erreicht werde, sind statt der Isolationswerte bestimmte Isolationsmittel verlangt. Diese gewährleisten auch, daß die oben erwähnten Erniedrigungen der Isolation wieder verschwinden, sobald normale Verhältnisse eingetreten sind. Aus Glas gefertigte Akkumulatorzellen besitzen vielfach angegossene Glasfüße. Diese gelten als isolierende nicht hygroskopische Unterlagen im Sinne des § 8. Es kommt hier nämlich hauptsächlich darauf an, daß die Übergangflächen, welche dem Strom einen Weg zur Erde bieten können, möglichst verkleinert sind, und daß der überggespritzten oder kondensierten Flüssigkeit die Möglichkeit gegeben ist, wieder zu verdunsten.

Bei Aufstellung größerer Batterien pflegt man die tragenden Gebäudeteile gegen Gefährdung durch ausgelaufene Säure zu schützen, indem man den Fußboden mit Asphaltbelag oder mehrfachem Teeranstrich versieht.

Verschüttete Säure wird durch Aufsaugen mittels Putzlappen oder Sägespänen, Nachwaschen mit Wasser und gutes Abtrocknen baldigst unschädlich gemacht. (Betriebsvorschriften § 9¹).

3) Die Ausführung des isolierenden Bedienungsganges richtet sich nach der Höhe der verwendeten Spannung, siehe auch § 6 unter 2) und § 9 unter 2). Bei Batterien, die mit einem Pol an Erde liegen, wie es bei Pufferbatterien für elektrische Bahnen die Regel ist, wird man sowohl die Isolierung der Zellen als die des Bedienungsganges für einzelne Gruppen von Zellen der gegen Erde bestehenden Spannung anpassen. Während für die ersten 800 Volt die unter b) angegebene Isolierung der Zellen gegen Gestell und des letzteren gegen Erde durch die gebräuchlichen Isolierkörper in sinngemäßer Übertragung auch für den Bedienungsgang ausreicht, sollen bei Spannungen zwischen etwa 800 und 1500 Volt sowohl für die Gestelle der Zellen als für Bedienungsgänge Doppelglockenhochspannungsisolatoren benutzt werden, die auf 10000 Volt geprüft sind.

Bei Spannungen von 1500 bis 10000 Volt sollen die Gestelle und Bedienungsgänge an jedem Stützpunkt durch zwei im Sinne der Isolation hintereinanderliegende, durch eine Zwischenlage von beliebiger Höhe voneinander getrennte Doppelglockenhochspannungsisolatoren, die auf je 20000 Volt geprüft sind, gegen Erde isoliert werden. Der eine dieser Isolatoren soll mindestens 0,5 m über dem Fußboden angebracht sein.

Bei der Ausführung des Bedienungsganges ist darauf zu

d) Die Batterien müssen so angeordnet sein, daß bei der Bedienung eine zufällige gleichzeitige Berührung von Punkten, zwischen denen eine Spannung von mehr als 250 Volt herrscht, nicht erfolgen kann.⁴⁾ *Im übrigen gilt bei Hochspannung der isolierende Bedienungsgang als ausreichender Schutz gegen zufällige Berührung unter Spannung stehender Teile.*⁵⁾

1. Bei Batterien, welche 1000 Volt oder mehr gegen Erde aufweisen, empfiehlt es sich, sie in abschaltbare Gruppen von nicht über 500 Volt zu teilen.⁶⁾

e) Zelluloid darf bei Akkumulatorenbatterien für mehr als 16 Volt Spannung außerhalb des Elektrolyten und als Material für Gefäße nicht verwendet werden⁷⁾.

achten, daß der Bedienende auch gegen zufällige Berührung mit Seitenwänden, Tragesäulen u. dgl. geschützt ist, daher sollen bei Spannungen über 800 Volt auch die Steinwände und Pfeiler namentlich aber metallische Teile derselben, wie Rohrleitungen, Trageschienen, Eisentreppen, Maschinenteile, Metallgefäße, soweit es möglich erscheint, daß diese Teile zugleich mit den Elementen über 800 Volt und deren Zubehör berührt werden könnten, mit einer an Hochspannungsisolatoren befestigten Lattenverschalung oder dgl. verkleidet sein, die sich auf eine Höhe von etwa 1,75 m über den Laufboden des Bedienungsganges erstreckt.

Dabei ist auch darauf zu achten, daß nicht etwa geöffnete Fensterflügel oder andere bewegliche Teile in den zu begehenden Raum hineinragen können und so Veranlassung zu einer Berührung mit diesen geerdeten Teilen geben. Man wird zu diesem Zwecke unter Umständen die Fensterflügel nach außen aufschlagend anordnen oder ihre Bewegung durch Anschläge begrenzen.

4) Daß eine Person nicht gleichzeitig zwei Punkte der Batterie berühren kann, zwischen denen höhere Spannung herrscht, ist meistens durch geeignete Aufstellung der Zellen zu bewirken. Ist dies nicht ohne weiteres möglich, so genügt in vielen Fällen eine kurze in den Bedienungsraum vorspringende Scheidewand, etwa eine Glastafel von verhältnismäßig kleinen Abmessungen, um die zufällige Berührung beider Punkte, z. B. der beiden Endpole oder zweier Zellen von verschiedenen Gruppen zu verhüten.

5) Daß ungeschützte unter Spannung stehende Teile im Bereiche des Bedienungspersonals bei Akkumulatoren nicht zu vermeiden sind, ist unter ¹⁾ dargelegt. Die Einfachheit der nötigen Hantierungen macht es aber dem Unterwiesenen leicht, alle Gefahren zu vermeiden.

6) Da Batterien nicht wie Maschinen oder Transformatoren durch Stillsetzen oder Abschalten vom Netz spannungslos gemacht werden können, so empfiehlt es sich, um Arbeiten, die über die regelmäßige Beaufsichtigung, wie Nachfüllen von Säure und das Besichtigen der Platten hinausgehen, gefahrlos vornehmen zu können, sie teilbar anzuordnen, so daß in jedem Teil nur eine mäßige Spannung auftreten kann, die durch Erden eines geeigneten Punktes weiter abgeschwächt werden kann. Zur Teilung können herausnehmbare Schmelzsicherungen oder Klemmbügel dienen.

7) Durch Zelluloid an Akkumulatoren sind mehrmals gefährliche Brände verursacht worden. Die Verwendung dieses

f) Zur Beleuchtung von Akkumulatorenräumen dürfen nur elektrische Lampen verwendet werden, die im luftleeren Raume brennen.⁸⁾

g) In Akkumulatorenräumen ist für geeignete Lüftung zu sorgen.^{9) 10)}

D. Schalt- und Verteilungsanlagen.

§ 9.

a) Schalt- und Verteilungstafeln müssen aus feuer sicherem Material bestehen. Holz ist als Umrahmung und als Schutzgeländer zulässig.¹⁾

Stoffes in erheblichem Maßstab ist daher verboten. Kleine Mengen sind zugelassen, um nicht die betreffende Industrie völlig lahmzulegen, zumal da Zelluloid in Gestalt kleiner Gebrauchsgegenstände (Feuerzeugbehälter usw.) allgemein gebräuchlich ist. Die Grenze von 16 Volt ist völlig willkürlich. Sie soll nur große und kleine Batterien unterscheiden.

8) Glühlampen, die wie die Nernstlampen nicht gegen die Umgebung abgeschlossen sind, würden keine Sicherheit gegen die Entzündung brennbarer Gase bieten.

Überglocken über den Glühlampen sind nicht vorgeschrieben. Die Hauptsache ist, daß die Metallteile der Fassungen gegen den zerstörenden Einfluß der Säure geschützt sind. Fassungen, die aus Isolierstoff hergestellt oder damit überzogen sind, haben auch den Vorteil, daß sie nicht Kurzschluß verursachen können, wenn sie zwischen Elektroden oder Zuleitungen geraten, zwischen denen Spannungen herrschen.

Während der Überladung, z. B. während der fortgesetzten Formierungsladungen dürfen offene Flammen und glühende Körper im allgemeinen nicht, sondern nur in unabweisbaren Fällen und dann nur seitens sachverständiger Arbeiter unter Anwendung entsprechender Vorsichtsmaßregeln im Akkumulatorenraum geduldet werden. Dies ist durch § 11a der Betriebsvorschriften festgelegt und dort näher ausgeführt.

9) Die Gefahr, daß das bei der Ladung entwickelte Gas zu einer Explosion Anlaß gebe, ist nicht so groß, wie sie häufig dargestellt wird. Indessen sind vereinzelte Fälle von Entzündung dieser Gase festgestellt. Größere Mengen entwickeln sich in der Regel nur bei den ersten Ladungen neu aufgestellter Batterien oder dann, wenn infolge eingetretener Störungen ein Nachformieren nötig wird. In diesen Fällen ist auf eine sehr gute Lüftung besonders zu achten. Für die gewöhnlichen, betriebsmäßigen Ladungen genügt es in der Regel, wenn während derselben eine Reihe von Fenstern geöffnet ist, oder wenn gegenüberliegende Fenster oder andere Abzugsöffnungen so bedient werden, daß Zug entsteht. Die Entwicklung von Schwefelsäurebläschen, welche die Atmungsorgane reizen, während der Ladung ist nicht zu vermeiden. Doch muß die Lüftung derart sein, daß in angemessener Zeit nach der Ladung ein längeres Verweilen im Batterieraum möglich ist.

10) Auf Batterien in Laboratorien finden die Vorschriften gemäß § 1 Abs. 1 keine Anwendung; doch wird man von den im § 8 angegebenen Hilfsmitteln und Maßnahmen auch dort sinngemäß Gebrauch machen; insbesondere sind die unter a), e) und g) benannten beachtenswert.

§ 9. 1) In Übereinstimmung mit der guten Praxis sind

b) Alle Schalttafeln und Schaltgerüste für Hochspannung bis 1000 Volt einschließlich müssen entweder mit einem isolierenden Bedienungsgang versehen, oder es müssen sämtliche unter Spannung gegen Erde stehenden Teile der Berührung unzugänglich angeordnet sein. In diesem Falle müssen die zugänglichen nicht unter Spannung

auch die Vorschriften im Laufe ihrer Entwicklung in der Ausschließung brennbarer Stoffe beim Aufbau von Schalttafeln immer schärfer geworden. Während die bis zum Jahre 1903 geltenden Vorschriften das Holz allgemein noch als Konstruktionsmaterial, nicht aber als isolierende Unterlage für die stromführenden Teile zuließen, wurde es seit dieser Zeit und bis zum Jahre 1908 nur noch für kleinere Verteilungstafeln gestattet. Nunmehr ist auch diese Ausnahme, soweit es sich um dauernde Einrichtungen handelt, aufgehoben und nur noch bei provisorischen Einrichtungen (§ 37 d) ist Holz als Konstruktions-, nicht aber als Isolierstoff erlaubt.

Daß andere leicht brennbare Stoffe, wie Linoleum, sich nicht zur Verkleidung von Schalttafeln eignen, ist wohl längst anerkannt, doch hat man trotz mehrfach vorgekommener Brände an Schalttafeln noch lange die Verwendung harten Holzes verteidigt.

Hiergegen ist zu bemerken, daß eine scharfe Grenze zwischen hartem und weichem, leicht entflammbarem Holze nicht existiert. Ferner daß eine Holztafel, auch wenn sie aus sachgemäß gewähltem Material besteht und in trockenem Zustande aufgestellt wird, durch ungünstige Verhältnisse an einzelnen Stellen unbemerkt Feuchtigkeit aufnehmen kann, so daß ihr Isolationsvermögen verschwindet. Es sei ferner daran erinnert, daß gerade an Schaltbrettern Erwärmungen nicht durch Überlastung der Leitungen, sondern durch mangelhaften Kontakt besonders häufig sind, welch letztere Erscheinung sich unter Umständen, z. B. infolge fortgesetzter Erschütterungen (in Maschinenräumen), allmählich und unbemerkt einstellt. Auch die durch den normalen Betrieb bedingte abwechselnde Erwärmung und Abkühlung der Schmelzsicherungen bewirkt eine allmähliche Lockerung der Kontaktschrauben. Hierzu kommt noch, daß die Holztafeln sich leicht werfen oder reißen, um so mehr, je größer sie sind. Dabei sind schon Porzellanbestandteile der Apparate zerstört, auch Zähler und andere Meßgeräte in Unordnung gebracht worden. Die großen Stromstärken, welche an Schaltbrettleitungen herrschen, machen es erklärlich, daß auch scheinbar geringfügige Fehler schwerwiegende Folgen nach sich ziehen.

Zu diesem Bedenken tritt bei Hochspannung noch das weitere Moment hinzu, daß bei Spannungen von mehreren Tausend Volt auch trockenes Holz sich wie ein Leiter verhält und direkt entflammt werden kann. Die Zulassung zur Umrahmung ist nur aus Rücksichten auf Schönheitsgründe geschehen und es ist dabei vorausgesetzt, daß die Umrahmung von den stromführenden Teilen weit entfernt bleibt.

Ebenso wie die Umrahmung und die besonders erwähnten Schutzgeländer können auch Schutzkästen, Türen an solchen, kurz alle Teile, die nicht zur Schalttafel selbst gehören und von den leitenden Teilen durch hinreichend große Luftschichten getrennt sind, aus Holz bestehen. Desgleichen ist Holz nicht in seiner Verwendung als Hilfsmittel zum Befestigen von in sich abgeschlossenen einzelnen Meßgeräten, wie Zählern (Zählerbrett) verboten.

stehenden Metallteile der Apparate und des Schalttafelgerüsts geerdet und, soweit der Fußboden in der Nähe des Gerüsts leitet, mit diesem leitend verbunden sein. An Schalttafeln und Schaltgerüsten für Spannungen über 1000 Volt müssen, auch wenn sie einen isolierenden Bedienungsgang haben, sämtliche unter Spannung gegen Erde stehenden Teile der Berührung entzogen sein. Wegen abgeschlossener Räume (z. B. hinter oder unter der Schalttafel) vergleiche § 29.²⁾

Der Aufbau der Schalt- und Verteilungstafeln geschieht daher im Gerüst aus Eisen, in den Flächen aus Marmor, leitungsfreiem Schiefer, Porzellan oder dgl. ETZ 1908, S. 652, N. 203, 204; 1909, S. 497, N. 208, 214a. Über die Auswahl und Behandlung der Steinplatten vgl. § 5, Seite 31 unter 13).

Was für Schalttafeln gesagt ist, gilt sinngemäß auch für Säulen, Schaltgerüste u. dgl.

2) Der Schutz der an Schalttafeln beschäftigten Personen gegen die Berührung der unter Spannung stehenden Teile regelt sich im allgemeinen nach § 3; so daß im Bereiche der Niederspannung der § 3 und, soweit es sich um elektrische Betriebsräume handelt, § 28 a) maßgebend ist.

Für Hochspannung tritt nach § 9 b) eine Abstufung ein, indem innerhalb des Bereiches von 250 bis 1000 Volt gegen Erde, wenn ein isolierender Bedienungsgang vorhanden ist, eine Erleichterung der im § 3 b) geforderten Maßnahmen und — für elektrische Betriebsräume (§ 28 b) bei Gleichstrom abermals eine Erleichterung zugelassen ist. Für alle anderen Fälle tritt § 3 b) in Kraft. Der § 9 b) könnte daher auch in folgende Worte gefaßt sein: „Wenn Schalttafeln und Schaltgerüste für Spannungen zwischen 250 und 1000 Volt mit einem isolierenden Bedienungsgang umgeben sind, so sind als Ausnahme von § 3 b) Anordnungen gestattet, bei denen die unter Spannung stehenden Teile der unmittelbaren Besichtigung und der Berührung zugänglich sind.“ Daß entsprechend § 3 a) die zufällige Berührung verhütet wird, bleibt als selbstverständlich gefordert, doch ist der Zufall meistens schon durch die Schranke, Stufe oder dgl. ausgeschlossen, die den Zutritt zum Bedienungsgang vermittelt; außerdem ist es selbstverständlich, daß die für die einzelnen Apparate, Schalter, Sicherungen usw. in den §§ 10—15 vorgesehenen Maßnahmen auch für Apparate an Schalttafeln gelten.

Zweck und Aufgabe des isolierenden Bedienungsganges, von dem schon im § 6 b) und § 8 c) die Rede war, ist bereits S. 34 kurz erwähnt. Er verhindert, daß ein erheblicher Strom durch den Bedienenden zur Erde fließt, wenn dieser mit einem elektrisch geladenen Teil in Berührung gekommen ist. Es wird nämlich in den durch den Körper nach Erde führenden Stromweg ein großer Widerstand (die Isolation des Bedienungsganges) eingeschaltet.

Bei Anwendung eines isolierenden Bedienungsganges ist naturgemäß vollständige und dauernde Isolation anzustreben, wozu je nach den örtlichen Verhältnissen (Feuchtigkeit, Höhe der Spannung) mehr oder weniger umständliche Hilfsmittel dienen. Sie darf nicht dadurch illusorisch gemacht werden, daß der auf dem Isolierstand Befindliche mit einem Teil seines Körpers (Hand, Fuß usw.) mit Erde oder mit unisolierten Metallteilen, die mit Erde in Verbindung stehen, in Berührung kommen kann. Es würde z. B. bedenklich sein, wenn ein Arbeiter beim Straucheln oder Zurücktreten oder durch andere willkürliche

c) Bei Schalttafeln und Schaltgerüsten, die betriebsmäßig auf der Rückseite zugänglich sind, müssen die Gänge hinreichend breit und hoch sein; in den Gängen dürfen Gegenstände, welche die freie Bewegung stören, nicht vorhanden sein.³⁾

1. Die Entfernung zwischen ungeschützten, Spannung gegen Erde führenden Teilen der Schalttafel und der gegenüberliegenden Wand wird als hinreichend erachtet, wenn sie bei Niederspannung etwa 1 m, bei Hochspannung etwa 1,5 m, beträgt. Sind beiderseitig ungeschützte,

oder unwillkürliche Bewegungen gegen eine Mauer geraten könnte, besonders wenn diese vielleicht in der Höhe des Kopfes oder auch im Handbereich eiserne Teile (Gasrohre, Turbinenteile) trägt. Der isolierte Bedienungsgang bietet den Vorzug, daß auch die einseitige Berührung eines unmittelbar stromführenden Teiles unter günstigen Umständen schadlos verlaufen kann; denn nicht nur die Stromstärke, die der Betriebsspannung gegen Erde entspricht, wird durch das eingeschaltete Isoliermittel herabgemindert, sondern es wird auch die auf den Menschen wirkende Spannung kleiner sein als die Betriebsspannung gegen Erde, weil die einzelnen Isolierstrecken nach Art von Kondensatoren wirken, auf welche sich die ganze Spannung verteilt. Bei Berührung mit einem Pol wird also die Person auf dem Isolierstand einer kleineren Spannungsdifferenz ausgesetzt, als eine auf Erde stehende. Doch ist zu beachten, daß ein Mensch beim Betreten eines Isolierstandes, der eine Ladung angenommen hat, einen Schlag erleiden kann, wenn er mit einem Fuß noch auf der Erde steht oder ein nicht isoliertes Gelände oder dgl. berührt. Um dies zu vermeiden, müssen bei sehr hohen Spannungen Übergangsstufen vorgesehen sein.

In vielen Fällen ist das Prinzip des Isolierstandes nicht durchführbar; z. B. wenn große Feuchtigkeit herrscht, die eine dauernde Aufrechterhaltung der Isolation unmöglich macht.

Wird bei Spannungen bis zu 1000 Volt kein isolierender Bedienungsgang angeordnet, oder übersteigt die Spannung die erwähnte Grenze, so treten die Bestimmungen des § 3 b) und c) in Kraft. Vgl. S. 18, 19 unter 7) und 8).

Das Prinzip der Erdung des Bedienungsganges, der Schutzgehäuse und dgl. bringt es mit sich, daß die volle Betriebsspannung gegen Erde zwischen den arbeitenden Teilen, z. B. den Spulen der Meßgeräte und den Gehäusen, wirksam ist. Bei Gewittern oder durch andere Ursachen bedingten Überspannungen wird die Gefahr des Überschlagens auf die Gehäuse durch die Erdung noch erhöht. Hierbei wird durch die geerdeten Metallteile Kurzschluß entstehen können.

Die isolierende Trennschicht zwischen den arbeitenden Teilen der Apparate und ihren Gehäusen ist daher besonders sorgfältig auszuführen.

3) Es ist darnach zu streben, daß alle Schalttafeln für größere Anlagen auf der Rückseite zugänglich gemacht werden. Die Zugänglichkeit und damit die Einhaltung der in § 91) erwähnten Abstände muß unbedingt gefordert werden, wenn die Rückseite Sicherungen trägt oder wenn dort lösbare Verbindungen oder Schalter angebracht sind, die während des Betriebes gehandhabt werden müssen.

Der zugängliche Raum auf der Rückseite kann abgeschlossen und so zum abgeschlossenen elektrischen Betriebsraum gestaltet werden (§ 2c), in welchem die Bedingungen des § 29 Platz greifen.

Spannung gegen Erde führende Teile in erreichbarer Höhe angebracht, so sollen diese von einander in der Horizontalen etwa 2 m entfernt sein.⁴⁾

✂ In B. u. T. darf bei solchen Schaltanlagen, die auf der Rückseite nur Kabelendverschlüsse, Sammelschienen und Leitungsverbindungen enthalten, also nicht betriebsmäßig, sondern nur zur Kontrolle begangen werden, der Abstand kleiner bis zu ca. 0,6 m sein, doch sollen die spannungführenden Teile der zufälligen Berührung entzogen sein.⁵⁾

d) Schaltanlagen, welche nicht von der Rückseite zugänglich sind, müssen so eingerichtet sein, daß die Anschlüsse der Leitungen nachgesehen werden können,⁶⁾

2. An Verteilungstafeln, welche nicht von der Rückseite aus zugänglich sind, sollen die Leitungen nach Befestigung der Tafel angeschlossen und die Anschlüsse jederzeit von vorn kontrolliert und gelöst werden können.⁷⁾

4) Die größere Entfernung ist in diesem Falle nötig, weil es vorkommen kann, daß der Bedienungsmann beim Arbeiten auf der einen Seite einen elektrischen Schlag erleidet und dann die stromführenden Teile berührt, denen er den Rücken zukehrt. Um dies noch besser zu verhüten, wird u. a. der Raum durch ein Geländer geteilt, das man jedoch in der Regel nicht in der Mitte, sondern nahe der einen Seite anbringen wird, um die Bewegungsfreiheit nicht zu sehr einzuschränken.

5) Wenn auf der Rückseite von Schalttafeln öfters Handierungen nötig sind, tut man gut, dort eine Glühlampe zu installieren, weil tragbare Lampen, besonders Grubenlampen, durch ihre Metallteile Berührung mit spannungführenden Teilen oder Kurzschluß veranlassen können.

6) Zwischen den betriebsmäßig auf der Rückseite zugänglichen Schalttafeln des § 9c) und den nicht zugänglichen nach § 9d) gibt es allerlei Zwischenstufen: Schalttafeln, die aus ihrer Betriebsstelle ausgefahren und dadurch an ihrer Rückseite zugänglich werden, solche die türartig in Gelenken drehbar oder aufklappbar sind. Werden derartige Anordnungen nicht gewählt, so tritt § 9d) in Geltung. Er verbietet, daß die Schalttafeln zuerst an die Zuleitungen des Netzes angeschlossen und nun die Tafel an der Wand so befestigt wird, daß diese Anschlußstellen nicht mehr nachgesehen werden können.

Dagegen verbietet § 9d) keineswegs die Verwendung von Tafeln, welche die Schienen oder einzelne Strecken der Schienen auf ihrer Rückseite tragen, auch können die leitenden Teile der Schaltung unter sich auf der Rückseite verbunden sein, wenn diese Verbindungen nicht während des Betriebes bedient werden müssen. Es müssen nur die Klemmen für die zuführenden und die abführenden Leitungen frei zugänglich sein und die ganze Anordnung der Bedingung entsprechen, daß die Tafel selbst leicht abgenommen und dann auch auf der Rückseite besichtigt werden kann. ETZ 1903, S. 434 N. 47. Dies gilt auch für Motorschalttafeln. ETZ 1909, S. 497, N. 209.

7) Nicht zu empfehlen sind Anordnungen, bei denen die Klemmen, mit welchen die Tafel an die zu- und abführenden Leitungen angeschlossen ist, nur durch enge Bohrungen in der Tafel mittels Schraubschlüssel lösbar sind, weil in diesem Falle zwar das Lösen und Befestigen von der Vorderseite her möglich, die Besichtigung und Kontrolle der Anschlußstelle auf

3. Verteilungstafeln außerhalb von Betriebsräumen, die nicht von der Rückseite zugänglich sind, sollen so eingerichtet sein, daß Fremdkörper nicht an spannungsführende Teile der Rückseite gelangen können.⁸⁾

e) Die Sicherungen und, wo erforderlich, auch die Schalter an Schaltanlagen sind mit Bezeichnungen zu versehen, aus denen hervorgeht, zu welchen Räumen oder Gruppen von Stromverbrauchern sie gehören.⁹⁾

4. Bei Schaltanlagen, die von der Rückseite betriebsmäßig zugänglich sind, empfiehlt es sich, die Polarität oder Phase von Leitungsschienen u. dergl. kenntlich zu machen.¹⁰⁾

E. Apparate.

§ 10.

Allgemeines.

a) Die äußeren stromführenden Teile der Apparate müssen in der Regel auf feuersicheren Unterlagen montiert oder feuersicher eingebaut sein.¹⁾

ordnungsmäßige Beschaffenheit aber ausgeschlossen ist. ETZ 1909, S. 497, N. 213. Eine Anschlußklemme, die diese Nachteile vermeidet, siehe z. B. ETZ 1907, S. 820, auch 1909, S. 291 (Stotz).

8) Erfahrungsgemäß werden die Oberkanten von Tafeln häufig als Aufbewahrungsorte für Schraubenzieher, Schlüssel und ähnliche Handgeräte mißbraucht, welche beim Herabfallen zwischen die blanken Leitungsteile Kurzschluß verursachen.

9) Es sind nur kurze Bezeichnungen, etwa durch Nummern oder einzelne Buchstaben, nötig, die zweckmäßig durch ein neben der Tafel angebrachtes Verzeichnis erläutert werden. Einzelne Firmen liefern Sicherungen, Schalter u. dgl., die mit Glastäfelchen versehen sind, unter welche die Aufschriften eingeschoben werden können. Weitere Bezeichnungen an Schaltern und Sicherungen selbst sind in §§ 11 b), 11 e), 14 c) gefordert.

10) Vielfach wird der negative Pol durch rote Farbe (entsprechend den Angaben des gebräuchlichen Polreagenzpapieres) kenntlich gemacht. Außerdem empfiehlt es sich, die Zeichen $+$, 0, $-$ anzuschreiben. ETZ, 1905 S. 279 N. 151.

Der Anstrich braucht nicht notwendig die Leitungen in ihrer ganzen Ausdehnung zu bedecken; es genügt, wenn die Polarität deutlich und ohne langes Suchen erkennbar ist.

Wo Hochspannungs- und Niederspannungsleitungen benachbart sind, müssen auch diese Unterschiede kenntlich gemacht werden. Die Schalttafeln für Hoch- und Niederspannung sind am besten völlig getrennt anzuordnen; wird eine gemeinsame Schalttafel benützt, so ist durch getrennte Anordnung der Apparate und deutliche Bezeichnung die Hochspannung kenntlich zu machen.

Selbstverständlich soll bei allen Bezeichnungen ein und dieselbe Bezeichnungsweise in der ganzen Anlage übereinstimmend durchgeführt sein.

§ 10. 1) Wie an den Schalttafeln (§ 9), so ist auch bei den einzelnen Apparaten, insbesondere bei solchen, die zur Stromunterbrechung dienen (Schalter, Sicherungen), danach zu streben, daß alles ferngehalten werde, was brennbar ist. Diese Forderung ist indessen nicht allgemein durchführbar, da z. B.

1. Wegen der Unterlagen für stromführende Teile von Steuerschaltern, Steckvorrichtungen und in Betriebsräumen siehe §§ 12¹, 13¹ und 33^{1, 2})

die beweglichen Spulen von Zählern zu schwer werden, wenn die Spulenkörper aus feuersicheren Stoffen hergestellt sind; andere Teile, wie die Träger von Kommutatoren für Motorzähler, können bei Anfertigung aus Porzellan nicht genügend genau bearbeitet werden; in einigen Fällen ist ferner zu bedenken, daß das Quantum brennbaren Stoffes, welches auf die Unterlagen trifft, unbedeutend bleibt gegenüber der noch brennbareren isolierenden Baumwoll- oder Gummihülle des Drahtes selbst oder der Ölfüllung von Ölschaltern oder Transformatoren. Man hat daher die Forderung der unverbrennlichen Unterlagen auf die „äußeren“ Teile beschränkt, welche der mechanischen Beschädigung, dem Kurzschluß durch Berührung mit leitenden Werkstücken oder Werkzeugen, dem Erhitzen durch Lockern der Verbindungen in besonderem Maße ausgesetzt sind, daher auch leichter zu Brandgefahr Anlaß geben.

Neben der Feuersicherheit muß für die Unterlagen der stromführenden Teile auch genügende Isolierfähigkeit gefordert werden, die den obwaltenden Verhältnissen angepaßt sein muß (vgl. § 5² unter 11), Seite 31) und unter Umständen von der Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit, außerdem aber auch von der Oberflächengestaltung abhängt. Bei den meisten gegenwärtig in Gebrauch befindlichen Apparaten, wie Ausschaltern, Sicherungen u. dgl., ist das früher viel benutzte Holz durch Porzellan oder Schiefer oder ähnliche Stoffe ersetzt, welche der Feuchtigkeit widerstehen und gleichzeitig unverbrennlich und schlechte Wärmeleiter sind. Auch unter diesen Stoffen bestehen noch Abstufungen hinsichtlich ihrer Güte. Es ist daher nötig, daß sie unter denjenigen Verhältnissen eine gute Isolation gewährleisten, unter denen sie zur Verwendung gelangen. Eine Unterlage aus bestimmtem Stoff kann noch zulässig sein, wenn der Apparat, in dem sie angewendet ist, in einem trockenen Raume angebracht ist, während sie beanstandet werden muß, wenn sie an einem für feuchte Räume bestimmten Apparat vorkommt.

Holz wird daher in der Mehrzahl der Fälle als unmittelbare Unterlage der stromleitenden Teile unzulässig sein (ETZ 1905, S. 702, N. 168); vielmehr ist da, wo etwa vorübergehend benutzte Schaltbretter oder Kästen aus Holz diese Teile aufnehmen sollen, eine Zwischenlage aus feuerfesten, von der Feuchtigkeit nicht beeinflussten Stoffen einzufügen. Insbesondere ist weiches Holz streng zu vermeiden. Indessen sei bemerkt, daß für einzelne Sonderzwecke die günstigen Eigenschaften, die hartes Holz in bezug auf Festigkeit, Leichtigkeit und bequeme Bearbeitung bietet, von den feuerbeständigen Stoffen, wie Porzellan usw., noch nicht erreicht werden. Wenn derartige Sonderzwecke vorliegen, so kann gut ausgewähltes besonders präpariertes und dadurch gegen Formänderungen in der Feuchtigkeit geschütztes Holz verwendet werden, wenn durch besondere Vorsichtsmaßregeln, wie etwa magnetische Funkenlöschung und Einbau in feuersichere Hüllen (Eisenkästen) seine Entzündung erschwert und die Weiterverbreitung eines etwa doch stattfindenden Ankohlens unmöglich gemacht ist.

2) Der soeben erwähnte Fall liegt vor bei den in Form von „Kontrollern“ ähnlich den Bahnkontrollern ausgeführten Schaltwalzen für Motore, wie sie an Kränen, Fördermaschinen usw.

b) Die Apparate sind derart zu bemessen, daß sie durch den stärksten normal vorkommenden Betriebsstrom keine für den Betrieb oder die Umgebung gefährliche Temperatur annehmen können.³⁾

c) die Apparate müssen derart gebaut oder angebracht sein, daß einer Verletzung von Personen durch Splitter, Funken, geschmolzenes Material oder Stromübergänge bei ordnungsmäßigem Gebrauch tunlichst vorgebeugt wird.⁴⁾

besonders bei Reversiermotoren verwendet werden, sofern diese Apparate nicht unmittelbar mit Widerständen zusammengebaut sind. Bei diesen ist für die Schaltwalzen selbst imprägniertes Holz als Bau- und Isoliermaterial zulässig. (§ 12_L.) Die Anwendung imprägnierten Holzes als Bau- und Isoliermaterial ist ferner in allen denjenigen Fällen gemäß § 5^d erlaubt, in denen es durch eine Ölfüllung von der Berührung mit Luft betriebsicher abgeschlossen ist. Die Imprägnierung des Holzes ist in allen diesen Fällen, wo keine Funken auftreten, eine isolierende. Erlaubt ist auch die Benutzung von Holz neben einem guten Isolierstoff (wie Porzellan), um die Beanspruchung, die der letztere durch die hohe Spannung erfährt, herabzumindern, oder um die Durchschlagstrecke zu vergrößern, die Kapazität des Kondensators zu verkleinern, den die beiden voneinander zu isolierenden Metallkörper bilden. Hiervon wird beim Aufbau von Hochspannungsapparaten Gebrauch gemacht.

3) Es ist sehr schwierig, allgemein anzugeben, welche Übertemperaturen (Erwärmung über die Umgebungstemperatur) als zulässig und welche als bedenklich zu bezeichnen sind. Viele Vorrichtungen müssen ihrem Zweck und Wesen nach hohe Temperaturen in einzelnen wirksamen Teilen aufweisen, wie z. B. Heizapparate, Widerstände, Schmelzsicherungen, Hitzdrahtmeßgeräte. Abgesehen von Heiz- und Kochvorrichtungen wird man eine Erwärmung als unbedenklich bezeichnen können, wenn die äußere Umbüllung der Vorrichtung beliebig lange mit der Hand berührt werden kann. Man wird sich jedoch nicht immer mit diesem Kennzeichen begnügen dürfen, sondern es muß sachverständig geprüft werden, wann, wo und wie weit eine beobachtete Erwärmung eine betriebsmäßige und unbedenkliche ist, oder aber, ob sie unrichtige Abmessungen oder ordnungswidrigen Zustand des Apparates anzeigt. Zu beachten ist, daß Schraubverbindungen häufig durch die Erschütterungen des Betriebes locker und infolge des so erhöhten Widerstandes warm werden, ebenso wird sich häufig unreine Oberfläche der Kontaktstellen durch Erwärmung verraten. Derartige Fehler pflegen sich im Lauf des Betriebes zu vergrößern und können bedenkliche Folgen haben.

Bei Wechselstromapparaten können schädliche Erwärmungen durch Wirbelströme eintreten, wenn die Anordnung und die Ausmaße nicht mit Rücksicht auf sie gewählt sind.

Für Dosenschalter ist im § 11 der Normalien für Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial ein Verfahren zur Ermittlung unzulässiger Erwärmung angegeben.

4) Betreffs der Bauart vergleiche auch § 10_L S. 47 unter 6) Beim Anbringen der Apparate ist darauf zu achten, daß die Griffe der im Betriebe regelmäßig zu bedienenden Apparate erreicht und gehandhabt werden können, ohne daß man mit geladenen Teilen in Berührung kommt. Sicherungen, selbst-

d) Apparate müssen so gebaut und angebracht sein, daß für die anzuschließenden Drähte (auch an den Einführungsstellen) ein genügender Isolationszustand gegen benachbarte Gebäudeteile, Leitungen und dergleichen vorhanden ist.⁵⁾

2. Es ist darauf zu achten, daß bereits durch den Bau der Apparate die unter Spannung gegen Erde stehenden Teile der zufälligen Berührung tunlichst entzogen werden.⁶⁾

tätige Ausschalter und sonstige Vorrichtungen, an denen Funken, Lichtbogen oder explosionsartige Erscheinungen möglich sind, sollen nicht so angeordnet werden, daß sie etwa die Augen des Wärters gefährden, wenn dieser die Meßgeräte oder den Zustand anderer wichtiger Teile beobachtet. Splitter, Funken und dgl. treten vorzugsweise bei Schmelzsicherungen auf. Je höher die Spannung, desto leichter bleibt beim Abschmelzen ein Lichtbogen bestehen, desto größer sind auch die hierbei innerhalb der Sicherung frei werdenden Energiemengen. Sie können die Gehäuse der Sicherung zertrümmern und deren Teile umherschleudern. Demnach sind hier unter Umständen besondere Schutzgitter, Schutzgläser oder dgl. vorzusehen. Allgemeine Regeln lassen sich nicht geben, weil der Aufbau der Sicherungen zurzeit noch sehr verschieden ist. Doch hat sich gezeigt, daß Sicherungen, deren Schmelzteile in enge, starke, aber nicht völlig abgeschlossene Röhren so eingebaut sind, daß der beim Abschmelzen entstehende Luftstrom den Lichtbogen auslöscht, sehr sicher funktionieren. Solche Röhren bestehen besser aus Papier oder starkem Porzellan, als aus Glas. Bei Benützung von Hüllen oder Abschlußwänden aus Glas oder andern spröden Stoffen ist besonders darauf zu achten, daß deren umherschleuderte Splitter niemanden verletzen können.

5) Häufig begegnet man dem Fehler, daß zwar die Leitungen dort, wo sie frei verlaufen, sorgfältig von der Wand abgehalten sind, ebenso wie die Apparate auf den nötigen isolierenden Unterlagen sitzen, daß aber die Bauart der Apparate es nötig macht, die Leitungen an der Einführungsstelle dicht an die Wand heran oder sogar mit ihr in Berührung zu bringen. Da die Leitungen dort meist mehr oder weniger von ihrer Isolierhülle entblößt sind, so entsteht auf diese Weise Gelegenheit zur Ausbildung eines Erdschlusses. Ein solcher kann sich auch ausbilden, wenn die Apparate Stoffe enthalten, die, wie weiches Holz, Feuchtigkeit anziehen. Diese Gefahr muß durch die Bauart der Apparate oder durch Zwischenfügen von Isolierrohr oder dergl. ausgeschlossen werden. ETZ, 1904 S. 363 N. 89, N. 93.

Besonders zu beachten ist auch der Umstand, daß das Erden der Metallkörper, Gehäuse und Verkleidungen meistens die Spannung zwischen ihnen und den stromzuführenden Teilen und damit die Neigung zum Überspringen von Funken oder Lichtbogen erhöht.

6) Die gute Praxis hat den Schutz gegen zufällige Berührung in steigendem Maße berücksichtigt. Die Schaltergriffe sollen hinlängliche Abmessungen aufweisen und mit Schutzhülse versehen sein. Auch Sicherungen werden, wo es mit ihren sonstigen Bestimmungen verträglich ist, in Isolierstücke eingebaut, Steckkontakte mit vorstehenden Isolierhülse, Fassungen mit Kragen versehen. Doch kann nur die ordnungsmäßige Handhabung dabei berücksichtigt werden, da viele Teile ihrer

3. Für Griffe und Kupplungsstangen ist Holz zulässig, bei Hochspannung für Griffe jedoch nur, wenn das Holz mit Isoliermasse imprägniert ist und der Holzgriff auf einem geerdeten oder isolierten Teile aufsitzt.⁷⁾ Bei Spannungen über 1000 Volt sollen Griffe jeder Art so eingerichtet sein, daß sich zwischen der bedienenden Person und den spannungsführenden Teilen eine isolierende Strecke und eine geerdete Stelle befindet.⁸⁾

§ 11.

Ausschalter und Umschalter.

a) Alle Schalter, welche zur Stromunterbrechung dienen, müssen so gebaut sein, daß beim ordnungsmäßigen Öffnen unter normalem Betriebsstrom kein Lichtbogen bestehen bleibt. (Ausnahme siehe § 28 d.)¹⁾

Zweckbestimmung nach oder behufs der notwendigen Besichtigung unbedeckt bleiben müssen, wie z. B. die funkenlöschenden Hilfskontakte oder Hörner von Schaltern und Sicherungen.

7) Holzgriffe können unter günstigen Umständen bei nicht zu hohen Spannungen ausreichende Isolation und Durchschlagsfestigkeit aufweisen. Je nach der Holzart und den herrschenden Feuchtigkeits- und Erwärmungsverhältnissen oder der Behandlungsweise besteht die Gefahr, daß sich Risse bilden, die sich mit Metallstaub füllen, so daß hierdurch oder durch eindringende Feuchtigkeit Strömübergänge stattfinden, die dem Bedienenden gefährlich werden. Gegen Feuchtigkeit kann Tränkung mit Paraffin oder Anstrich mit Ölfarbe Schutz bieten. Gewöhnliche Politur verbessert an sich das Isoliervermögen nicht merklich (ETZ 1906, S. 471, S. 870). Es empfiehlt sich, Holzgriffe mit besser isolierenden Stoffen auszufüttern oder zu überziehen. Vgl. ETZ 1909, S. 497, N. 215.

8) Auch das Einfügen isolierender Zwischenstücke ist für sich allein nicht völlig sicher, weil über diese hinweg gefährliche Ladungen durch Feuchtigkeitsschichten u. dgl. an die Handgriffe gelangen können. Auch ist die Dicke der Isolierschicht nicht immer kontrollierbar. So können scheinbar starke Porzellanhülsen Risse enthalten, welche von Funken durchsetzt werden. Daher ist die Zwischenfügung einer geerdeten Stelle empfohlen, welche derartige Ladungen unschädlich macht. Indessen können auch Fälle vorkommen, wo das Erden unausführbar ist oder andre Gefahren mit sich bringt. Bei Anlagen, die grundsätzlich das Erden vermeiden, wie viele mit hochgespanntem Gleichstrom tun, wird man dies Prinzip nicht durchbrechen dürfen. Auch bei Werkzeugen wie Isolierzangen ist es unter Umständen vorzuziehen, eine kontrollierbare, genügend lange isolierende Strecke zwischen die Griffe und die Arbeitsteile einzuschalten und die Wirkung dieser Isolierung durch Benützung von Isoliertritten (Gummimatte oder dgl.) Gummihandschuhen, Gummischuhen zu verstärken, weil hier ein beweglicher Erdungsdraht nötig sein würde, der hinderlich ist und durch Berührung mit spannungsführenden Teilen Kurzschlüsse oder andere Gefährdungen herbeiführen kann.

§ 11. 1) Die im § 11¹⁾ erwähnten Momentschalter bilden für die Installationen in Wohn- und Geschäftsräumen sowie für die Lampen und kleineren Motoren von Werkstätten die Regel. Allgemein können sie indessen nicht vorgeschrieben werden, denn bei Hochspannung reichen die gebräuchlichen

1. Schalter für Niederspannung sollen in der Regel Momentschalter sein. (Ausnahme siehe § 28_L.)²⁾

2. Ausschalter sollen in der Regel nur an den Verbrauchsapparaten selbst oder in festverlegten Leitungen angebracht werden.³⁾

Formen der Momentschalter nicht aus, hier sowie in Niederspannungsanlagen, wo auf sachgemäße Bedienung zu rechnen ist, sind oft andere Mittel zur Löschung des Lichtbogens erfolgreicher; z. B. Hörnerschalter (ETZ 1902, S. 652). Schalter für sehr starke Ströme können meistens nicht als Momentschalter gebaut werden, weil sie wegen ihrer Masse allzuheftige Rückschläge auf das Schaltbrett verursachen würden. Ausschalter, die mit Anlassern (§ 12) oder andern Regulierwiderständen vereinigt sind, bedürfen in der Regel der Momentschaltung nicht, weil der Stromunterbrechung zwangsläufig eine so starke Stromschwächung vorausgeht, daß ein Lichtbogen nicht mehr auftreten kann. In Betriebsräumen kommen Schalter vor, die nicht zum Ausschalten unter Strom, sondern nur zum Einschalten bestimmt sind, diese brauchen daher auf den Lichtbogen keine Rücksicht zu nehmen. Andere Schalter in Betriebsräumen werden als Kohlschalter ausgebildet und sollen einen Lichtbogen absichtlich hervorrufen, um die schädlichen Wirkungen der Selbstinduktion bei der Unterbrechung zu vermeiden.

Schlagweite, Stärke und Dauer des Lichtbogens hängen von der Spannung, der Stromstärke und der Selbstinduktion des Stromkreises ab. Die möglicherweise ins Spiel tretenden Kräfte sind bei der Bauart der Schalter zu berücksichtigen. (Über den Bau von Schaltern vgl. Z. f. E. Wien. 1902, S. 510. ETZ 1909, S. 941.)

2) Die Momentschalter, bei denen das Stehenbleiben in halbgeöffneter Stellung durch Federkraft verhindert ist, sollen dadurch ein sicheres Abreißen des Lichtbogens gewährleisten und namentlich auch das fahrlässige oder absichtliche Herbeiführen einer halboffenen Stellung erschweren.

3) Bei Anordnung der Ausschalter ist auch auf die zu ihnen führenden Leitungen zu achten. Beim Abzweigen eines einpoligen Schalters aus der Richtung nach den Lampen heraus wird ein Kurzschluß zwischen der zum Schalter hin und der von ihm weg führenden Leitungsstrecke dadurch besonders gefährlich, daß diesem Kurzschluß stets die Lampe oder ein anderer Stromverbraucher vorgeschaltet bleibt, er bringt daher die Sicherung nicht zum Ansprechen und kann so zu Entzündung Anlaß geben. Hier ist daher besonders sorgfältige Verlegung angezeigt. Zweckmäßig ist der Vorschlag, mit der dem einen Pol angehörigen Hin- und Rückleitung zum Schalter eng vereinigt ein tot endigendes an den andern Pol angeschlossenes Leitungsstück zu verlegen, so daß bei Verletzung der fraglichen Schalterleitung ein Kurzschluß zustande kommt, der die Sicherung auslöst. ETZ 1904, S. 362 N. 87; 1908, S. 652, N. 200.

Diese Gefahr steigt noch ganz besonders, wenn derartige Schalterleitungen in Gestalt von beweglichen Schnurleitungen ausgeführt und in der Nähe von entzündlichen Gegenständen wie Betten, Gardinen usw. angeordnet werden. Solche Einrichtungen, wie sie in Hotels als sogen. Birnenschalter üblich sind, dürfen unter keinen Umständen geduldet werden. Sie lassen sich meistens ersetzen durch eine rein mechanische Fernschaltung, bei der ein fest angebrachter Schalter durch eine Zugschnur be-

b) die normale Betriebsstromstärke und Spannung sind auf dem Schalter zu vermerken.⁴⁾

c) Der Berührung zugängliche Gehäuse und Griffe müssen, sofern sie nicht geerdet sind, aus nichtleitendem Material bestehen oder mit einer haltbaren Isolierschicht ausgekleidet oder überzogen sein.⁵⁾

dient wird. (ETZ 1901, S. 1055.) In der früheren Fassung der Vorschriften waren daher die Birnenschalter gänzlich verboten. Neuerdings sind elektrisch betriebene Werkzeuge (Nietmaschinen) aufgekommen, die derartige Schalter nicht entbehren können. Dort fällt wenigstens die Gefahr weg, daß sie mit Betten und dgl. in Berührung kommen.

4) Die Stromstärke ist bei geschlossenem Schalter für die Erwärmung der Kontakte maßgebend; die Spannung bedingt die Länge des beim Öffnen entstehenden Lichtbogens und nach der gleichzeitig herrschenden Stromstärke bemißt sich die Wirkung des Lichtbogens. Wie unter 1) erwähnt, kommen in Betriebsräumen Schalter vor, die nicht zum Ausschalten des Betriebsstromes bestimmt sind, auf diesen ist die Stromstärke anzugeben, bei der sie noch gefahrlos geöffnet werden können. Beim Einbau der Schalter ist auf die Betriebsbedingungen und auf die Verhältnisse zu achten, die nach der Art der Anlage bei Handhabung der Schalter auftreten können; die Auswahl der Bauart und Größe der Schalter muß darnach geschehen. Der feste Teil, der die Angaben über Strom und Spannung trägt, soll nicht der verwechselbare Deckel sein, sondern die Unterlage, auf welcher die feststehenden Kontakte befestigt sind. Die Angaben sollen auch bei montiertem Schalter erkennbar sein. ETZ 1904, S. 424 N. 100d.

Früher war auch vorgeschrieben, daß die Schalter auf dem Gehäuse ein Zeichen tragen müssen, welches erkennen läßt, ob der Strom geschlossen oder geöffnet ist. Dies wurde fallen gelassen, weil es sich bei den Schaltern mit toter Linksdrehung nicht durchführen läßt; auch bei Druckknopfschaltern ist eine solche Bezeichnung nicht möglich. Vgl. indessen § 11e).

5) Metallgehäuse und Metallgriffe ohne isolierende Bekleidung sind bei den immer mehr in Anwendung kommenden höheren Spannungen sehr gefährlich, weil im Innern der Schalter leicht Stromübergänge auf solche Gehäuse oder Griffe, sei es durch Oberflächenleitung, Körperleitung, Funken oder Lichtbogen, vorkommen können, die dann dem Bedienenden gefährlich werden. Es stehen jetzt so viele Arten von haltbaren Isolierstoffen zur Verfügung, daß die gestellte Forderung auch dort leicht erfüllt werden kann, wo es auf mechanische Festigkeit ankommt. Kann das Gehäuse nicht völlig aus Isolierstoff gebaut werden, wie z. B. bei wasserdichten Schaltern, deren Gehäuse vielfach aus Gußeisen besteht, so ist es entweder zuverlässig zu erden oder außen mit einer Isolierschicht zu umkleiden, oder durch eine isolierende Ausfütterung so von den stromführenden Teilen zu trennen, daß Stromübergang oder Funkenübergang auf das Metallgehäuse ausgeschlossen ist.

Bei Hausinstallationen, die künstlerisch ausgestattet sein sollen, tritt gelegentlich das Bedürfnis hervor, Griffe aus Bronze- oder dgl. zu verwenden. Man kann hier dem Sinne der Vorschrift Rechnung tragen, indem ein isolierendes Stück zwischen diesem Griff und der arbeitenden Schaltwelle eingeschoben wird. ETZ 1903, S. 298 N. 36. Doch sind derartige Bauformen bei

d) Ausschalter⁶⁾ für Stromverbraucher müssen, wenn sie geöffnet werden, alle Pole ihres Stromkreises, welche unter Spannung gegen Erde stehen, abschalten.⁷⁾

höheren Spannungen zu vermeiden und von der regelmäßigen Fabrikation auszuschließen, weil die Gefahr besteht, daß das Isolierstück in seinen Abmessungen zu klein gehalten wird oder durch die Befestigungsmittel (Stifte, Schrauben) metallische Überleitung hergestellt wird.

6) Es ist nützlich, wenn größere Hauptabzweigungen ausschaltbar sind. Man kann so leichter die Prüfung der Anlage in ihren einzelnen Teilen vornehmen oder fehlerhafte Stellen beseitigen, ohne die ganze Anlage außer Betrieb zu setzen; derartige Abschaltungen lassen sich aber in der Regel auch mit Hilfe der Sicherungen vornehmen.

Manchmal empfiehlt sich, die in feuchte Räume führenden Leitungen auszuschalten, solange in ihnen kein Strom benötigt wird, damit unnötige Stromverluste durch die im feuchten Raum vorhandenen Erdschlüsse vermieden werden und Isolationsfehler im übrigen Teil der Leitung durch Abschalten des fehlerhaften Teiles sicherer erkannt werden können. Im § 31 a) ist daher die Abschaltbarkeit für feuchte Räume vorgeschrieben. Besonders in Werkstätten und ähnlichen größeren Räumen ist bei Hochspannung dafür zu sorgen, daß größere Gruppen der Stromverbraucher durch leicht zugängliche Ausschalter stromlos und spannungslos gemacht werden können, damit bei einem Unfall gefahrlos Hilfe geleistet werden kann.

7) Durch diese Bestimmung soll erreicht werden, daß ein ausgeschalteter Stromverbraucher gefahrlos berührt und bedient werden kann. Zu diesem Behufe müssen die Ausschalter doppelpolig sein, wenn beide Pole erhebliche Spannungen gegen Erde haben; ist ein Pol des Leitungsnetzes geerdet, so können die Schalter einpolig sein, müssen aber im nicht geerdeten Pol liegen.

Andererseits ist wohl zu beachten, daß das im § 11 d) geforderte allpolige Abschalten den Stromverbraucher nicht immer spannungslos macht. So genügt es z. B. bei Transformatoren nicht, den Primärstrom allpolig abzuschalten, sobald sie sekundär an einem Netz liegen, das noch andere Transformatoren enthält. Auch Motoren, deren Erregung abgeschaltet ist, können vom Netz her Spannung haben; dasselbe ist der Fall, wenn ein Motor zwar völlig abgetrennt ist, aber noch in Bewegung ist, sei es, daß er „ausläuft“ oder von einer Transmission her oder durch die Last angetrieben wird.

Wird ein Netz oder ein Teil eines Netzes (Hausanschluß) von mehreren Speiseleitungen aus gespeist, so kann ein Schalter in einer der Speiseleitungen das Netz nicht spannungslos machen. Um den Zweck der Bestimmung des § 11 d) völlig zu erreichen, müssen in solchen Fällen Betriebsvorschriften unterstützend eingreifen.

Die Möglichkeit, den Stromkreis der Verbraucher völlig spannungslos zu machen, ist namentlich von Bedeutung in dem Falle, daß eine Person durch Berührung spannungsführender Teile betäubt ist, weil nach Unterbrechung der Leitung in allen Polen die Hilfeleistung gefahrlos geschehen kann. § 11 d) ist nicht so zu verstehen, als ob alle Lampen eines Beleuchtungskörpers oder eines Raumes stets gleichzeitig ausschaltbar sein müßten. ETZ 1905, S. 888 N. 173.

Ausschalter für Niederspannung, welche kleinere Glühlampen-Gruppen bedienen, unterliegen dieser Vorschrift nicht.⁸⁾

3. Als kleinere Glühlampen-Gruppen gelten solche, welche nach § 14¹ mit 6 Ampere gesichert sind und nicht mehr als 15 parallel geschaltete Lampen enthalten.⁹⁾

e) *An Hochspannungsschaltern muß die Schaltstellung erkennbar sein.*¹⁰⁾

8) Um der Installation nicht unnötige über den Zweck des § 11 d) hinausgehende Schwierigkeiten zu bereiten, sind mit Niederspannung versorgte kleinere Glühlampengruppen ausgenommen. Es ist dabei berücksichtigt, daß solche Glühlampenstromkreise in der Regel keine von Hand erfolgende Bedienung der Lampen usw. erfordern. Sind solche Bedienungen dort nötig, so kann man den Hauptschalter öffnen. ETZ 1905, S. 475 N. 163. Natürlich ist der einpolige Schalter bei Benützung einer geerdeten Leitung stets in den nicht geerdeten Pol zu verlegen. Dagegen ist allpolige Ausschaltung stets zu fordern bei Motoren, Bogenlampen usw., die der Regel nach von Hand bedient werden, indem sie Schmieren der Lager, Einstellen der Bürsten, Einsetzen neuer Kohlenstäbe und dgl. erfordern. Die Gefahr der Berührung mit gefährlichen Spannungen hat auch dazu geführt, daß im § 16 b) Hahnfassungen für Spannungen über 250 Volt verboten sind.

9) Die Definition der kleineren Glühlampengruppe enthält naturgemäß eine gewisse Willkür. Bei 200 Volt Gebrauchsspannung und sparsam brennenden Glühlampen von geringer Lichtstärke kann mit einer Sicherung zu 6 Ampere (vgl. § 20 ¹) schon ein ziemlich verzweigtes Netz versorgt werden; daher ist die weitere Einschränkung auf 15 parallel geschaltete Lampen ausgesprochen, während Lampen in Reihenschaltung in größerer Zahl von einem Ausschalter abhängig sein dürfen, wie dies für manche Effektbeleuchtungen wünschenswert ist. Für sie bietet die Beschränkung auf eine Sicherung zu 6 Ampere ebenfalls noch einen sehr großen Spielraum. In der Praxis wird man bei Lampengruppen, die räumlich, etwa an einer Krone oder einem anderen Beleuchtungskörper, vereinigt sind, sich mit einem oder einigen wenigen Ausschaltern begnügen, dagegen verzweigte Leitungen auch dann mit mehreren Schaltern ausrüsten, wenn dies nach dem Buchstaben des § 11 d) und § 11 ¹ nicht verlangt ist.

10) Die Erkennbarkeit der Schaltstellung war früher allgemein gefordert (vgl. S. 50 unter 4), was indessen als unnötig und undurchführbar erkannt worden ist. Für Hochspannung ist jedoch die Forderung neuerdings betont worden. Wenn auch das Offenstehen der Schalter nicht stets volle Gewähr dafür bietet, daß der von ihm abhängige Teil der Anlage spannungslos ist (vgl. S. 51 unter 7), so wird doch dem, der etwa Arbeiten vorzunehmen oder der Ursache einer Unregelmäßigkeit nachzuforschen hat, der Überblick über den Zustand der Anlage erleichtert, wenn zunächst wenigstens über die Stellung der Schalter Klarheit herrscht. Unglücksfälle können dadurch vermieden werden. Auf welche Weise die Schaltstellung erkennbar gemacht wird, bleibt freigestellt. Bei vielen Bauarten ersieht man sie aus der Lage der arbeitenden Teile ohne weiteres. Bei Schaltern, deren arbeitende Teile eingebaut sind, soll sowohl an der Bedienungsseite als am Schalter selbst die Stellung zu erkennen sein. Nicht verlangt sind Aufschriften, die jedem

4. Bei Verwendung eingekapselter Schalter für Spannungen über 1000 Volt empfiehlt es sich, noch eine sichtbare Trennungsstelle vorzusehen.¹¹⁾

✂ | Für B. u. T. siehe Vorschrift g) und Regel 5. |

f) Nulleiter und betriebsmäßig geerdete Leitungen dürfen entweder gar nicht oder nur zwangsläufig zusammen mit den übrigen zugehörigen Leitern ausschaltbar sein. (Ausnahme siehe § 28e.)¹²⁾

aus dem Publikum verständlich sind, sondern es genügt, wenn der Sachverständige aus der Stellung irgend welcher leicht sichtbarer Bauteile oder Marken die Schaltstellung erkennen kann.

11) Unter einer sichtbaren Trennungsstelle ist nicht ein mit dem Schalter sich öffnender und schließender Kontakt verstanden, sondern eine Stelle, an der eine Trennung der Leitungen, sei es mit oder ohne besondere Hilfsmittel möglich ist, also etwa ein für die Regel dauernd geschlossener Schalter oder eine Schmelzsicherung oder eine mittels Werkzeug lösbare Schraubverbindung oder ähnliches. Die Empfehlung ist ausgesprochen, weil in eingekapselten Schaltern (meist Ölschaltern) gelegentlich Störungen aufgetreten sind, so daß trotz geöffneter Stellung des Schalters die durch ihn scheinbar abgetrennten Teile oder das Gehäuse unter Spannung standen. Es ist alsdann unter Umständen erforderlich, den Betrieb der ganzen Anlage abzustellen, um die Störung zu beseitigen, wenn nicht eine Art Notschalter vorgesehen ist, der die Eigenschaft haben muß, daß er von Sachkundigen mittels geeigneter Hilfsmittel ohne Lebensgefahr bedient werden kann. In vielen Fällen genügt es, für mehrere benachbarte Schalter eine sie gemeinsam beherrschende Trennstelle anzuordnen. Über Anordnung solcher Trennschalter in Anlagen für 50 000 Volt siehe ETZ 1906, S. 56, Sp. 1.

Die Ursache der erwähnten Störungen kann in abgeschiedenen Zersetzungsprodukten des Oles liegen, die leitende Verbindungen bilden. Bei einzelnen Bauarten ist es auch vorgekommen, daß die geöffneten Schalter infolge der Kapazität ihrer Arbeitsflächen Ladungsströme führten; atmosphärische Entladungen oder andere Überspannungen können Übergänge des Stromes oder der Spannung auf das Gehäuse oder die Gestelle verursachen. Was in Regel 4 allgemein empfohlen, ist für B. u. T. unter g) als Vorschrift gefordert. Die Trennstelle braucht nicht unmittelbar am Schalter zu sein, sie kann auch an der zum Schalter führenden Abzweigstelle liegen.

12) Die Nulleiter und andere Ausgleichsschalter in Mehrleiter- und Mehrphasensystemen haben die Aufgabe, die Belastungen der zugehörigen Zweige des Systems auszugleichen; werden sie unterbrochen, so können in diesen Zweigen unerwartete Spannungserhöhungen auftreten. Besonders folgenreich ist dies bei Nulleitern, die betriebsmäßig an Erde liegen, sowie bei eigentlichen Erdungsleitungen, die die Spannung in den zugehörigen Teilen auf einer bestimmten Grenze gegenüber dem Erdpotential oder auf diesem selbst halten sollen. Tritt z. B. in einem Zweig eines Dreileitersystems Kurzschluß ein, so kann bei unterbrochenem Nulleiter die Spannung im anderen Zweig auf das Doppelte des normalen Betrages steigen. Dies kann zur Zerstörung der Glühlampen, zu Brandfällen und zur Verletzung von Personen Anlaß geben. Daß die im § 3 c), § 4 a), § 6 b), § 7, § 9 b) u. a. a. O. erwähnten Erdungen wirkungslos und damit erhebliche Gefahren herbeigeführt werden, wenn

✂ | g) In B. u. T. sind bei Hochspannung vor eingekapselten Schaltern, deren Schaltstellung nicht einwandfrei unter Spannung erkannt werden kann, erkennbare Trennstellen vorzusehen.

✂ | 5. In B. u. T. kann unter Umständen eine gemeinsame Trennstelle für mehrere eingekapselte Schalter genügen. Bei parallel geschalteten Kabeln und Ringleitungen sollen nicht nur vor, sondern auch hinter gekapselten Schaltern erkennbare Trennstellen vorgehen werden.¹³⁾

§ 12.

Anlasser und Widerstände.

a) Anlasser und Widerstände, an denen Stromunterbrechungen vorkommen, müssen so gebaut sein,

die Erdungsleitung unterbrochen wird, ist nach dem dort Gesagten ohne weiteres verständlich. Um zu verhüten, daß dies durch Fahrlässigkeit oder Unkenntnis geschehe, sind Schalter, die solche Leitungen unterbrechen, ohne zugleich die übrigen zugehörigen Leiter abzuschalten, verboten. ETZ 1904, S. 1116, N. 131.

In elektrischen Betriebsräumen ist die zwangsweise Verbindung dieser Schalter nicht immer durchführbar; so z. B. bei größeren Akkumulatorbatterien, wo die Außenleiter vom Mittelleiter durch die ganze Hälfte aller Zellen getrennt sind und die hohen Stromstärken so starke Leitungen erfordern, daß jede mögliche Ersparnis an ihrer Länge angestrebt werden muß. Hier wird von der Schulung der Beschäftigten erwartet, daß sie niemals den Mittelleiter allein ausschalten. Man kann hier den Schalter plombieren oder sonstwie so in geschlossener Lage sichern, daß ein Versuch, ihn zu öffnen, wenigstens zur Aufmerksamkeit zwingt. Ähnliche Verhältnisse wie in Betriebsräumen liegen vor bei den Bühnenregulatoren, die in der Regel in den geerdeten Leitungen angeordnet sind und Ausschalter enthalten. Auch hier wird besonders geschultes Personal vorausgesetzt. Außerdem wird (§ 39a) verlangt, daß die Außenleiter abgeschaltet werden, solange der Bühnenregulator außer Betrieb ist, also nicht unter Aufsicht steht. Bei einzelnen neueren Bühneneinrichtungen hat man den Regulator in die Außenleiter gelegt, doch ist dadurch die Konstruktion erheblich erschwert. Vgl. § 39a) unter 3).

Übrigens hat man „betriebsmäßig geerdete Leitungen“ von solchen zu unterscheiden, die nur vorübergehend, etwa zur Vornahme besonderer Messungen an Erde gelegt werden, wie z. B. den Erdungsdraht eines Isolationsprüfers oder die vierte Leitung, die manchmal bei Drehstromanlagen vorgesehen ist, um zeitweilig den neutralen Punkt des Systems an Erde zu legen. Solche Leitungen dürfen, sofern sie zum normalen Betrieb nicht dienen, ausschaltbar sein. Hat man nach den Vorschriften, z. B. nach § 6b), § 9b) die Wahl zwischen isolierter und geerdeter Aufstellung, so muß die eine oder die andere vollständig durchgeführt werden. Erdungsdrähte dürfen also keine Ausschalter enthalten. Wollte man einen solchen anbringen, so müßte die Maschine isoliert aufgestellt und mit isoliertem Bedienungsgang ausgerüstet werden. ETZ 1902, S. 698 N. 12.

13) Vgl. S. 51 unter 7) Abs. 2 u. 3.

daß bei ordnungsmäßiger Bedienung kein Lichtbogen bestehen bleibt.¹⁾

b) Die Anbringung besonderer Ausschalter (siehe § 11d) ist bei Anlassern und Widerständen nur dann notwendig, wenn der Anlasser nicht selbst den Stromverbraucher allpolig abschaltet.²⁾

1. In eingekapselten Steuerschaltern und dergleichen ist bis 1000 Volt imprägniertes Holz auch außerhalb eines Ölbadens zulässig, abgesehen von Räumen mit ätzenden Dünsten. (Siehe § 33¹.)³⁾

2. Die stromführenden Teile von Anlassern, Widerständen und Heizapparaten sollen mit einer Schutzhülle aus feuersicherem Material verkleidet sein. (Ausnahme siehe § 28² und 39i.) Anlasser, Widerstände und Heizapparate sollen auf feuersicherer Unterlage, und zwar freistehend, oder an feuersicheren Wänden und von entzündlichen Material genügend weit entfernt angebracht werden.⁴⁾

§ 12. 1) Wie bei § 11 a) erwähnt, sind bestimmte Mittel, um das Bestehenbleiben eines Lichtbogens zu vermeiden, nicht vorgeschrieben. Wo die Stromunterbrechung, sei es durch den Regulierhebel oder durch eingebaute Schalter, nur erfolgen kann, wenn der Strom durch Widerstände erheblich geschwächt ist, bedarf es keiner weiteren Vorkehrungen, um den Lichtbogen unschädlich zu machen. Im übrigen hängen die Anordnung besonderer Vorkehrungen hierfür davon ab, ob die Handhabung der Anlasser bestimmten Personen anvertraut ist, die man zu einer Handhabung in bestimmter Reihenfolge anhalten kann, oder ob es sich um Hilfsmittel handelt, die von beliebigen Personen bedient werden.

2) Unter allpolig sind hier wie im § 11 d) alle Pole verstanden, die unter Spannung gegen Erde stehen.

3) Vgl. § 10 a), S. 45 unter 1) und 2). — Bei Räumen mit ätzenden Dünsten wird es auf die Art der Dünste ankommen, ob sie die Isolierfähigkeit oder die sonstige Zuverlässigkeit des Holzes beeinträchtigen.

4) Von einer Festlegung der höchsten Temperatur, welche ein Widerstand erreichen darf, ist in den Vorschriften abgesehen worden, weil ein im normalen Betrieb nur mäßig beanspruchter Widerstand unter Umständen, die sich nicht immer mit Sicherheit vermeiden lassen, auf kurze Zeit verhältnismäßig starke Erhitzungen erleidet. So kann z. B. der Vorschaltwiderstand einer Bogenlampe infolge des Festschmorens der Lichtkohlen vorübergehend nahezu zur Rotglut erhitzt werden, und es ist praktisch untunlich, die Widerstände so zu bemessen, daß sie auch in solchen Fällen nur mäßige Temperaturen annehmen. Vielmehr muß dafür gesorgt werden, daß derartige vorübergehende Erhitzungen gefahrlos verlaufen, indem man brennbare Materialien fernhält. Dabei ist nicht nur eine unmittelbare Berührung mit entzündlichen Stoffen zu verhindern, sondern namentlich auch darauf zu achten, daß die von den erhitzten Drähten aufsteigenden Luftströme nicht unmittelbar an brennbare Stoffe gelangen können.

Bei der Umkleidung mit Schutzhüllen ist Bedacht zu nehmen, daß diese nicht zur Ansammlung von Staub, Fasern u. dgl. Veranlassung geben. Dies ist auch in solchen Räumen zu beachten, welche nicht betriebsmäßig staubhaltig sind, da er-

Bei Hochspannung sollen Schutzhüllen aus Metall gefertigt werden.⁵⁾

§ 13.

Steckvorrichtungen.

a) Stecker zum Anschluß transportabler Leitungen müssen so gebaut sein, daß sie nicht in Dosen für höhere Stromstärken passen.¹⁾

Die normale Betriebsstromstärke und Spannung sind auf der Dose und auf dem Stecker zu vermerken.

1) Bei Steckern für Niederspannung bis 20 Ampere ist in trockenen Räumen und soweit keine äußere Erwärmung der Steckvorrichtung eintritt, Hartgummi und

fahrungsgemäß gewisse Mengen von Staub an allen Orten, die nicht regelmäßig gereinigt werden, fast unvermeidlich sind. Man richte daher die Rahmen und Gehäuse der Widerstände so ein, daß größere horizontale Flächen im Innern vermieden werden. Namentlich ist die Bodenplatte des Schutzgehäuses durchbrochen zu gestalten, wodurch auch die Abkühlung wesentlich gefördert wird.

Brennscheeren, Plätteisen, Bratpfannen, LötKolben, Zigarrenanzünder usw. können nicht verkleidet werden, da ihre erhitzten Teile betriebsmäßig mit entzündlichen Stoffen in Berührung kommen müssen. Zwar kann man unter Umständen die unbeabsichtigten Berührungen ausschließen, wie es etwa bei Zigarrenanzündern durch einen Glaszylinder mit seitlicher Öffnung geschieht. ETZ 1903, S. 363 N. 94a.

Im übrigen ist hier auf die richtige Aufstellung Gewicht zu legen. Es kann hier aber durch die Konstruktion und Anordnung der Apparate allein niemals alle Gefahr ausgeschlossen werden; vielmehr bedarf es auch sachgemäßer Handhabung. Immerhin ist zu betonen, daß bei den meisten der genannten Hilfsmittel die elektrische Heizung einen höheren Grad von Sicherheit erreichen läßt, als die anderen bekannten Heizmittel; daher hat man z. B. in Theatergarderoben elektrische Brennscheeren vorgeschrieben an Stelle der früher benützten, die mit Spiritus geheizt waren.

5) Vgl. § 3 c).

§ 13. 1) Es hat keine Schwierigkeit, Steckkontakte in derselben Weise unverwechselbar zu gestalten, wie dies für Sicherungen und Lampenfassungen geschehen ist. Lampen- und Sicherungseinsätze, die für höhere Stromstärken bestimmt sind, dürfen nicht in Kontakte für niedere Stromstärken passen. Bei den Steckern ist es umgekehrt; würde nämlich ein für höhere Stromstärken bestimmter Apparat, wie etwa ein Heizkörper, ein Plätt-eisen an eine feste Leitung für niedere Stromstärke angeschlossen, so würde sofort die an der festen Leitung angebrachte Sicherung wirksam werden; es kann also keine Gefahr entstehen; dagegen wäre ein transportabler Apparat für kleinere Stromstärken ungesichert, wenn er an eine feste Leitung für höhere Stromstärke angeschlossen wird, weil die am festen Teil sitzende Sicherung für die höhere Stromstärke bestimmt ist, also die schwache bewegliche Leitung und ihren Stromverbraucher nicht vor Überlastung schützt. Normalien für Stecker zu 6 und zu 25 Amp., gültig ab I. VII. 1911 siehe ETZ 1910, S. 325; Erläuterungen dazu S. 354. Durch die normale Bauart wird das zufällige Berühren stromführender Teile beim Handhaben der Stecker verhindert.

gleichwertiges Material als unmittelbare Unterlage für stromführende Teile zulässig.²⁾

b) Etwa nötige Sicherungen dürfen nicht im transportablen Teil angebracht werden.³⁾

2) Da Hartgummi nicht als feuerfester Stoff gilt, so bedeutet die Bestimmung § 13¹ eine Ausnahme vom § 10a). ETZ 1905, S. 474 N. 155.

Weiteres über Bauart und Prüfung von Steckern siehe Seite 256 in den Normalien und in den Vorschriften für Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial. Über mangelhaft gebaute Stecker vgl. ETZ 1904, S. 147.

3) Es ist früher fraglich gewesen, ob die etwa nötigen Sicherungen in dem festen oder in dem abnehmbaren Teil des Kontaktes angebracht werden sollen. Auf Grund der Erfahrung ist die letztere Anordnung verboten worden. Indessen hat jede der beiden Anordnungen bestimmte Vorteile für sich, die aber mit Nachteilen anderer Art untrennbar verbunden sind. Die Anordnung der Sicherung im beweglichen Teil des Kontaktes bietet den Vorteil, daß das Auswechseln der Sicherung nach völliger Abtrennung des Stöpsels von der Dose, also am abgeschalteten und von jeder Spannung freien Teil, ohne jede Gefahr und bequem erfolgen kann. Ein weiterer Vorzug dieser Anordnung ist der, daß die Sicherung im Stöpsel stets zu der am Stöpsel befestigten Schnur und zu dem von ihr gespeisten Stromverbraucher paßt, während bei einer am festen Teil des Kontaktes angeordneten Sicherung es vorkommen kann, daß ein Stromverbraucher von größerem Strombedarf an die Sicherung für die kleine Stromstärke, also an eine zu schwache Sicherung gelegt wird, was mindestens zu einem unbequemen Durchschmelzen der Sicherung führt. Das Umgekehrte, daß eine schwache Leitung an eine zu starke Sicherung gelegt wird, daher ungenügend gesichert wäre, ist durch § 13 a) ausgeschlossen. Diesen Vorzügen steht eine bedenkliche Gefährlichkeit gegenüber. Wenn nämlich die Sicherung in dem beweglichen Teil sitzt, den man mit der Hand ein- und ausschaltet, so kann es vorkommen, daß gerade im Augenblick des Einschaltens die Sicherung durchschmilzt, was bei größeren Stromstärken und Spannungen nicht immer ohne Knall, oder, wenn ungünstige Beschaffenheit des Materials oder ein zufälliger Materialfehler in Frage kommen, vielleicht auch unter Zertrümmerung des Kontaktstöpsels vor sich geht, und entweder ein unangenehmes Erschrecken, vielleicht auch eine Körperverletzung, Verbrennung oder dgl., nach sich zieht. Vor allem aber wird die bewegliche Sicherung leicht beschädigt oder in Unordnung gebracht, zumal sie weniger Raum bietet, nicht so kräftig gebaut wird und einer roheren Behandlung ausgesetzt ist, wie eine fest montierte.

Sitzt dagegen die Sicherung am festen Teil, wie vorgeschrieben, so bietet diese Anordnung den Vorteil, daß die zur Anschlußdose führenden Leitungen auch gegen diejenigen Kurzschlüsse gesichert sind, die am offenen, festen Teil des Kontaktes vorkommen können. Solche sind z. B. durch mutwilliges Spielen mit Hilfe von Scheren, Zirkelspitzen, Haarnadeln u. dgl. vorgekommen.

Sind Steckdosen für Anlagen bestimmt, deren eine Leitung bis zu den Stromverbrauchern als geerdete Leitung ausgeführt ist, so ist eine Sicherung nur in der nicht geerdeten Leitung nötig, da es aber bei Dosen, welche die Sicherungen im Innern tragen, meistens nicht kontrollierbar ist, ob sie am richtigen Pol angeschlossen ist, so ist es besser, wenn Steckdosen nur

2. Wenn an transportablen Stromverbrauchern eine Steckvorrichtung angebracht wird, so soll die Dose an der Leitung und der Stecker am Stromverbraucher befestigt sein.⁴⁾

c) Bei Hochspannung müssen Steckvorrichtungen mit einem Ausschalter verbunden sein, welcher das Einstecken und Ausziehen des Steckers unter Spannung verhindert.^{5) 6)}

§ 14.

Sicherungen.¹⁾

a) Schmelzsicherungen und Selbstschalter sind so zu bemessen oder einzustellen, daß die von ihnen ge-

mit allpoligen Sicherungen oder ganz ohne eingebaute Sicherung hergestellt werden. Im letzteren Falle wird die Sicherung, soweit eine solche nach § 14 erforderlich ist (ETZ 1909, S. 497, N. 212), neben der Dose oder am Abzweig der zur Dose führenden Leitung von der Hauptleitung angeordnet. Ihr richtiger Anschluß kann dann jederzeit nachgeprüft werden.

4) Elektrische Kocher, Plätteisen u. dgl. sind häufig durch Stecker mit der biegsamen und transportablen Zuleitung lösbar verbunden, die ihrerseits mittels einer weiteren Steckvorrichtung an die festverlegte Leitung angeschlossen ist. Würde hier der Stromverbraucher (Kocher) mit der Dose ausgerüstet sein, so könnte es geschehen, daß die vorstehenden Stifte des an der Leitung hängenden Steckers unter Spannung stehen und der Berührung durch Personen oder leitende Teile zugänglich frei herabhängen. Es kann dann Verletzung von Personen oder Brandgefahr durch Kurzschluß infolge dieser Berührung eintreten. Daher wählt man die umgekehrte Anordnung. In Theatern sind allerdings transportable Leitungen üblich, die an beiden Enden Kontaktstifte zum Einführen in Dosen tragen; diese sind aber durch kräftige überstehende Hülsen gegen Berührung mit Fremdkörpern oder Personen geschützt.

5) Mißbräuchlicherweise werden Stecker oft ausgezogen, ohne daß der Strom vorher durch einen ordnungsmäßigen Schalter unterbrochen wird, der nach § 11 a) den Lichtbogen unterbricht. Bei Niederspannung, wo die Stecker in der Mehrzahl der Fälle nicht allzugroße Stromstärken führen und der Lichtbogen nur kurze Strecken durchschlagen kann, ist mit dieser mißbräuchlichen Handhabung keine erhebliche Gefahr verbunden, zumal da die Stecker regelmäßig so gebaut werden, daß sie nur bei richtiger metallischer Berührung der Kontakte in der Stromschlußlage verharren. Bei Hochspannung dagegen kann der Lichtbogen gefährlich werden. Es ist daher eine zwangläufige, am besten gegenseitige, Verriegelung zwischen Schalter und Steckvorrichtung vorgeschrieben.

6) Für die mittels Stecker anzuschließenden transportablen Leitungen gelten die Bestimmungen der §§ 21 c), 21 l), 21 m). Vgl. auch § 24 c) unter 2).

§ 14. 1) Im § 14 handeln die Absätze a) bis c) von der Beschaffenheit der Sicherungen, die Absätze d) bis h) von ihrer Verwendungsweise. Dabei sind die im § 10 für alle Apparate geforderten Eigenschaften nicht nochmals wiederholt. Die dort angegebenen Erfordernisse gelten auch für Sicherungen. Wertvolle Grundsätze über Sicherungen hat Kuhlmann ETZ 1908, S. 316, 329 mitgeteilt.

schützten Leitungen keine gefährliche Erwärmung annehmen können²⁾, sie müssen so eingerichtet oder angeordnet sein, daß sie den Strom unterbrechen, ohne daß ein Lichtbogen bestehen bleibt.³⁾

1. Die Stärke der Schmelzsicherung soll der Betriebsstromstärke der zu schützenden Leitungen und der

2) Was unter „gefährlicher“ Erwärmung zu verstehen ist, wird in der Vorschrift nicht näher ausgeführt. Die Regel § 14¹ und die Vorschriften und Regeln des § 20 geben hierfür Anhaltspunkte, doch wird auch durch sie die Frage nicht erschöpft. Es ist in § 14 a) mit Absicht eine allgemeine Fassung gewählt, weil die praktischen Verhältnisse außerordentlich vielgestaltig sind und jede Möglichkeit für die Verwendungsart der Sicherungen sowie für ihre weitere Ausgestaltung gemäß den Bedürfnissen der Praxis offen gelassen bleiben soll.

Es sei in dieser Hinsicht nur andeutungsweise erwähnt, daß bei Freileitungen unter Umständen eine hohe Dauererwärmung ungefährlich ist, sofern ihre Festigkeit nicht leidet (§ 22 2), daß ferner die Sicherungen in ihrer Empfindlichkeit so gewählt werden können, daß sie verhältnismäßig hohen Stromstärken den Durchgang für kurze Zeiten gestatten, dabei aber doch die mögliche Erwärmung der geschützten Leitung auf ein zulässiges Maß beschränken, indem sie die Stromunterbrechung herbeiführen, sobald die Dauer des Stromes ein gewisses Zeitmaß überschreitet.

Über den Schutz der Stromverbraucher (Motoren, Dynamos, Lampen usw. siehe § 20 unter 2).

3) Die Mittel, mit denen das Stehenbleiben des Lichtbogens verhindert wird, sind in ihren Grundlagen dieselben, die auch bei Schaltern (§ 11), Anlassern (§ 12), Blitzschutz- und Überspannungssicherungen (§ 22 e und § 4) Anwendung finden. Sie sind sehr mannigfaltiger Art. Je nach der möglichen Stromstärke und der Spannung genügt schon eine richtige Bemessung des Abstandes zwischen den unveränderlichen Kontaktstücken; auch deren Masse und Oberfläche spielt hinsichtlich ihrer Abkühlung, die Art des Stoffes, aus denen sie bestehen, wegen der verschiedenen Verdampfbarkeit und Oxydationsfähigkeit eine Rolle. Durch die Gestalt der Umhüllung kann ein ausblasender Luftstrom erzeugt, durch Einbettung in pulverförmige Stoffe oder in Öl ein Auslöchen des Lichtbogens bewirkt werden. Auch Federwirkungen zum Auseinanderreißen der Kontakte werden benutzt. Am häufigsten ist dort, wo es sich um höhere Spannungen und große Energiemengen handelt, die elektrodynamische Wirkung des Stromes auf seine eigene Bahn mittels der funkenlöschenden Hörner und die ablenkende Wirkung des magnetischen Feldes zum Unterbrechen des Lichtbogens herangezogen worden. Auch die Lage der Schmelzstrecke, ob horizontal oder vertikal, ob in der Nähe von fremden Metallmassen oder dem freien Luftzug ausgesetzt, ist für die Ausbildung und den Verlauf des Lichtbogens von Bedeutung.

Um für die gleichmäßige Beschaffenheit und Wirkungsweise der am meisten benötigten Sicherungen Gewähr zu bieten, hat man das früher ausschließlich als Schmelzmetall benützte Blei durch höher schmelzende und weniger oxydierbare Stoffe wie Kupfer oder Silber ersetzt (ETZ 1899, S. 463, 571, 599; 1904, S. 587 u. 762) und in den Normalien für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterialien Vereinbarungen über ihren Aufbau getroffen.

Stromverbraucher tunlichst angepaßt werden. Sie soll jedoch nicht größer sein, als nach der Belastungstabelle und den übrigen Ausführungsregeln des § 20 für die betreffende Leitung zulässig ist.⁴⁾

2. Bei Schmelzsicherungen sollen weiche, plastische Metalle und Legierungen nicht unmittelbar den Kontakt vermitteln, sondern die Schmelzdrähte oder Schmelzstreifen sollen in Kontaktstücke aus Kupfer oder gleichgeeignetem Metalle eingelötet sein.⁵⁾

4) Die Stärke der Sicherungen wurde früher ausschließlich nach dem Querschnitt der zu schützenden Leitung, später nach der Betriebsstromstärke bemessen, wogegen die neue Fassung die Sicherung nach der Stromstärke als Regel empfiehlt, aber auch Ausnahmen berücksichtigt in der Weise, daß als oberste Grenze der Belastung die durch den Querschnitt nach § 20¹⁾ bedingte gilt. ETZ 1905, S. 702 N. 171.

Die Sicherung nach Stromstärken ist durch die häufigere Verwendung höherer Spannungen an den Verbrauchsstellen, sowie durch die gegen früher höhere Strombelastung der einzelnen Drahtquerschnitte, begründet; sie steht außerdem im Zusammenhang mit der unter f) angeführten Bestimmung über die Verteilung der Sicherungen.

Bei der größeren zulässigen Strombelastung der einzelnen Leitungsquerschnitte wird es häufiger als früher vorkommen, daß eine Drahtleitung nicht völlig ausgenutzt ist, indem schon der Spannungsverlust in der Leitung die volle zulässige Strombelastung verbietet. Wenn nun unter solchen Umständen nach dem Querschnitt der Leitungen gesichert wäre, so würden bei eingetretenem Erdschluß oder teilweisem Kurzschluß schon sehr erhebliche Überschüsse über die normale Stromstärke den Erdschluß oder Kurzschluß durchfließen, ohne die Sicherung zum Ansprechen zu bringen. Bei der höheren Betriebsspannung machen solche Kurzschlüsse aber Energiemengen frei, die vielleicht die Leitung nicht übermäßig erwärmen, dabei aber an der Kurzschlußstelle selbst, z. B. in einer Lampenfassung ihre volle Wirkung äußern, und bei etwa 200—250 Volt bei weitem größer und gefährlicher sind, als wenn es sich nur um etwa 100 Volt handelt.

Je genauer die Sicherungen der Betriebsstromstärke angepaßt werden können, desto empfindlicher werden sie alle Unregelmäßigkeiten und Störungen in der Anlage zur Anzeige bringen. In der Praxis wird die volle Ausnutzung dieses Kontrollmittels dadurch beschränkt, daß in vielen Anlagen niemals alle installierten Lampen und dgl. gleichzeitig brennen und daß man den bei Bogenlampen und Motoren betriebsmäßig auftretenden Stromschwankungen Rechnung tragen muß. Vgl. ferner § 20 unter 2) und 10).

5) Würden die Streifen oder Drähte aus Blei, Zinn oder ähnlichem weichen Metall unmittelbar unter die Köpfe der Klemmschrauben oder zwischen die Kontaktfedern gepreßt, so ist zu fürchten, daß der Stromübergang dadurch unzuverlässig wird, daß sich das Metall dort oxydiert; der von der Oxydschicht herührende zusätzliche Widerstand wird schon bei normaler Stromstärke eine zu hohe Erwärmung hervorrufen, so daß die richtige Abschmelzstromstärke nicht eingehalten werden kann; außerdem können die weichen Metalle beim Einschrauben oder Einpressen Formveränderungen erleiden, die ebenfalls den Widerstand ändern und das richtige Arbeiten der Sicherung beeinträchtigen. Unter den Legierungen, die als Schmelzstreifen be-

3. Schmelzsicherungen, die nicht spannungslos gemacht werden können, sollen derart gebaut oder angeordnet sein, daß sie auch unter Spannung, eventuell mittels geeigneter Hilfsmittel, von unterwiesenem Personal ungefährlich ausgewechselt werden können.⁶⁾

b) Schmelzsicherungen für geringe Stromstärken müssen bei Niederspannung so gebaut sein, daß die fahrlässige oder irrtümliche Verwendung von Einsätzen für zu hohe Stromstärken konstruktionsmäßig ausgeschlossen ist. (Ausnahme siehe § 28h.)⁷⁾

4. Als geringe Stromstärken gelten solche bis 30 Ampere, doch soll für Stromstärken unter 6 Ampere die

nutzt werden, finden sich einige, die genügend hart sind, um ohne besondere Kontaktstücke verwendet zu werden. Dagegen sind noch vielfach Streifensicherungen im Handel, die aus Stanniolfstreifen bestehen, welche auf Preßspan aufgezogen sind, und den Bestimmungen des § 14²⁾ nicht genügen.

6) Gemäß Regel 3 ist z. B. eine gebräuchliche Art von Hochspannungssicherungen mit starken isolierenden Handhaben derart versehen, daß die Hand beim Abschmelzen der Sicherung nicht verletzt werden kann und beim Einsetzen nicht mit blanken Leitungsteilen in Berührung kommt. Auch besondere Zangen, isolierte Schraubschlüssel (ETZ 1909, S. 497, N. 205) u. dergl. sind anwendbar, um die Sicherungen einzusetzen. Stets ist darauf zu achten, daß eine Person nicht dadurch verletzt werden kann, daß während des Einsetzens einer Sicherung eine andere durchschmilzt. Vielfach sind die Sicherungen auf der Innenseite des Deckels für das Sicherungsgehäuse angebracht, so daß beim Einsetzen der Sicherung gleichzeitig das Gehäuse geschlossen wird.

7) Vielfach wird von ungeschultem oder unzuverlässigem Bedienungspersonal der Fehler gemacht, daß eine abgeschmolzene Sicherung durch eine stärkere ersetzt wird, um der unbequemen Störung, die das Abschmelzen und Einsetzen der Schmelzstreifen bedingt, aus dem Wege zu gehen. Es wird dies unsachgemäße Vorgehen besonders dann beliebt, wenn infolge eines Erdschlusses oder ähnlichen Fehlers eine bestimmte Sicherung wiederholt ausgebrannt ist. Daß dieses Verfahren im höchsten Grade gefährlich ist, ergibt sich durch einfache Überlegungen. Es ist daher das Bedienungspersonal nachdrücklich dahin zu belehren, daß jedes Ausbrennen einer Sicherung einen vorhandenen Fehler anzeigt, welcher alsbald aufgesucht und entfernt werden muß. Um aber nach Möglichkeit das gekennzeichnete Vorgehen zu verhindern, ist vorgeschrieben, daß die Sicherungen derart konstruiert sein müssen, daß ein stärkerer Schmelzstreifen als derjenige, für welchen der Sockel eingerichtet ist, nicht eingesetzt werden kann. Über Ausführungsformen dieser Art siehe ETZ 1898, S. 463, 571, 599; 1899, S. 323, 575; 1902, S. 567, 1070; 1904, S. 587; 1910, S. 833.

Für Hochspannungssicherungen ist die Unverwechselbarkeit nicht gefordert, indem vorausgesetzt wird, daß sie nur von besonders geschultem Personal bedient werden und auch nur solchem Personal zugänglich sind. Es kommt dabei weiter in Betracht, daß bei Hochspannungssicherungen die besondere Rücksicht auf Explosionssicherheit und Lichtbogenlöschung bei weitem wichtiger und nicht immer mit der Unverwechselbarkeit vereinbar ist.

Unverwechselbarkeit der Sicherungen nicht gefordert werden.⁸⁾

c) Die Normalstromstärke und die Höchstspannung sind auf dem Einsatz der Schmelzsicherung zu verzeichnen.⁹⁾

d) Leitungen sind durch Abschmelzsicherungen oder Selbstschalter zu schützen. (Ausnahmen siehe g und h.)¹⁰⁾

8) Daß die Unverwechselbarkeit auf Sicherungen von 6—30 A beschränkt ist, hat zunächst rein praktische Gründe. Es sind die Größen bis 30 A diejenigen, welche in Hausinstallationen meist vorkommen, während die Sicherungen für höhere Stromstärken einerseits nur von geschultem Personal gehandhabt werden, andererseits bei ihrer Konstruktion andere Forderungen oft wichtiger sind.

Eine Sicherung unter 6 A muß ebenfalls so gebaut sein, daß sie einen Schmelzeinsatz für mehr als 6 A nicht aufnehmen kann. ETZ 1902, S. 698 N. 10; 1904, S. 1115 N. 126.

9) Die Aufschrift der Stromstärke ist zur wirksamen Kontrolle der Anlage unerläßlich, sie vereinfacht außerdem die Installation und den Betrieb. Da bei höheren Spannungen besondere Vorkehrungen gegen das Stehenbleiben des Lichtbogens getroffen sein müssen, so darf eine für niedere Spannung bestimmte Sicherung nicht ohne weiteres für eine höhere Spannung verwendet werden. Um gegen Fahrlässigkeit in dieser Richtung geschützt zu sein, muß auf der Sicherung ferner vermerkt sein, welches die höchste Spannung ist, bei der sie ihrer Bauart nach gefahrlos benutzt werden kann. Bei Hochspannungssicherungen dient vielfach als Schmelzstreifen ein Draht. Die Bezeichnung ist auf dem Draht nicht anbringbar, dagegen ist sie auf die Patrone, Röhre oder sonstigen Konstruktionsteil zu setzen, der den Draht aufnimmt. Zweckmäßig werden außerdem die als Ersatz vorrätigen Drähte mit Anhängenzettel versehen, die die nötigen Angaben enthalten.

10) Der Wortlaut des § 14 d) ist absichtlich allgemein gehalten; denn daß der Grundsatz, die Leitungen durch Sicherungen zu schützen, nicht überall richtig und nicht vollständig durchführbar ist, ergibt sich schon aus den unter g) und h) angeführten Ausnahmen; es ist auch nicht immer ganz einfach, den Ort und die Bemessung der Sicherungen richtig zu bestimmen, wie sich bei Erläuterung des § 14 e) (siehe unter 12) zeigen wird. Trotzdem wird in der weitaus überwiegenden Zahl der Fälle kein Zweifel bestehen; und nur da, wo sich das Weglassen der Sicherung durch ausreichende Gründe rechtfertigen läßt, kann eine ungesicherte Leitung geduldet werden.

Daß überall in Verteilungsnetz, wo Nulleitungen oder geerdete Leitungen nicht in Betracht kommen, jeder Pol gesichert werden muß, ist jetzt allgemein anerkannt; doch war es früher vielfach üblich, sich mit einpoligen Sicherungen zu begnügen, wobei diese in der ganzen Anlage durchweg in dem gleichen Pol der Leitung angeordnet wurden. Die Ansicht, daß dieses Verfahren ausreiche, ist indessen unzutreffend. Denn abgesehen davon, daß es schwer kontrollierbar ist, ob die Sicherung wirklich überall in demselben Pole liegt, und daß bei nachträglichen Veränderungen und Erweiterungen leicht Fehler in dieser Richtung entstehen, läßt sich der Nachweis führen, daß eine derartige Anordnung nicht vor Brandgefahr schützt. Bildet sich nämlich

5. Bei Niederspannung sollen die Sicherungen an einer den Berufenen leicht zugänglichen Stelle angebracht werden; es empfiehlt sich, solche tunlichst zu zentralisieren.¹¹⁾

e) Die Sicherungen sind an allen Stellen anzubringen, wo sich der Querschnitt der Leitungen nach der Verbrauchsstelle hin vermindert.¹²⁾ Die Sicherung

ein Kurzschluß zwischen einer dünnen Abzweigung des ungesicherten Pols und der stärkeren Hauptleitung des anderen Pols, so wird der entstehende Strom unter Umständen die ungesicherte dünne Zweigleitung zum Glühen bringen und ihre Isolation in Brand setzen, ohne daß die der Hauptleitung angepaßte stärkere Sicherung schmilzt. ETZ 1904, S. 1116 N. 130. Bei Drehstrom sind alle drei Leitungen zu sichern, einerlei ob man Schmelzsicherungen oder elektromagnetische Ausschalter benützt. (Kuhlmann ETZ 1908, S. 318.)

11) Die Regel § 14⁵ ist auf Niederspannung beschränkt, weil es bei Hochspannung im allgemeinen besser ist, die Sicherungen unter Verschuß anzubringen und sie so anzuordnen, daß sie beim Funktionieren keinen Schaden anrichten können. Soweit beides vereinbar ist, wird man auch bei Hochspannung tunlichste Zentralisierung anstreben.

Unberufenen sollen die Sicherungen stets nach Möglichkeit entzogen werden, z. B. durch Anordnung in verschließbaren Kästen. Stellen, an denen lebhafter Verkehr herrscht, wird man vermeiden, um das Auswechseln der Sicherungen ungestört vornehmen zu können. Damit der Ersatz einer Sicherung, durch deren Abschmelzen ein Teil der Beleuchtung erloschen ist, nicht allzu lange Zeit oder besondere Hilfsmittel erfordert, wird man andererseits die Sicherungen nicht an unzugängliche Stellen legen. Die mit der Wartung der elektrischen Einrichtung Betrauten sollen stets über die Lage der Sicherungen und ihre Zugehörigkeit zu den einzelnen Stromkreisen genau unterrichtet sein. Vgl. § 9 e).

12) Hier ist zunächst auf die für alle Spannungen unter f) und für Niederspannung unter 1) zugelassenen Ausnahmen hinzuweisen, von denen sehr oft Gebrauch gemacht wird. Im allgemeinen aber ist die Forderung, daß jede Querschnittsänderung einer dem kleineren Querschnitt angepaßten Sicherung bedarf, ohne weiteres durch die Natur der Sache geboten. Wenn andererseits die Rücksichten auf Einfachheit und Übersichtlichkeit auf eine möglichst geringe Zahl und tunlichste Konzentrierung der Sicherungen (§ 14⁵) hinweisen und das Bestreben hiernach noch durch die weitere Überlegung unterstützt wird, daß jede Sicherung eine Widerstandvermehrung und einen Punkt geringeren Isolationsvermögens, welcher Beschädigungen leichter ausgesetzt ist, in die Anlage hineinbringt, so ist diesen Gesichtspunkten dadurch Rechnung zutragen, daß man den Querschnitt der Leitungen nicht allzu oft ändert, sondern größere Lampengruppen mit einem und demselben Leitungsquerschnitt einrichtet. Es wird dadurch an manchen Stellen zwar ein stärkerer Draht benutzt werden, als durch die Belastung unbedingt gefordert wäre, doch kommt dies der mechanischen Festigkeit zugute und gewährt die Möglichkeit, später kleine Vermehrungen der Lampenzahl oder Erhöhungen der Kerzenstärke ohne weiteres vornehmen zu können. Die Installation wird durch das empfohlene Verfahren bedeutend vereinfacht, ohne daß sich die Kosten wesentlich erhöhen.

muß hierbei tunlichst nahe an der Verzüngungsstelle liegen.¹³⁾

6. Bei Abzweigungen kann das Anschlußleitungsstück von der Hauptleitung zur Sicherung, wenn seine einfache Länge nicht mehr als etwa 1 m beträgt, von geringerem Querschnitt sein als die Hauptleitung sofern es von entzündlichen Gegenständen feuersicher getrennt und nicht aus Mehrfachleitungen hergestellt ist.¹⁴⁾

Andererseits ist zu beachten, daß bei Ringleitungen und überhaupt dann, wenn mehrere Speiseleitungen in einen gemeinsamen Nutzkreis münden, die Verzweigungsstellen meistens gesichert werden müssen, auch wenn keine Querschnittsänderung eintritt. Dabei ist nach folgenden Gesichtspunkten zu verfahren:

1. Sämtliche Leitungen, denen von beiden Enden Strom zufließen kann, sind beiderseitig mit Sicherungen zu versehen, die dem Querschnitt entsprechen.
2. Die Sicherungen können auf einzelnen Leitungen fortbleiben, wenn deren zulässige Betriebsstromstärke mindestens der Summe der Betriebsstromstärken aller übrigen in demselben Punkte zusammentreffenden Leitungen gleich ist.
3. Sind von derartigen Leitungen dritte Leitungen abzweigt, die von keiner weiteren Seite her Stromzufuhr erhalten, so müssen diese nach ihrem Querschnitt gesichert werden, falls ihre zulässige Betriebsstromstärke kleiner ist, als die Summe der Stromstärken, für welche die zum Schutz der Hauptleitung dienenden Sicherungen bemessen sind. (Sengel, ETZ 1902, S. 381, Kuhlmann, ETZ 1908, S. 331.)

Besondere Beachtung verdienen auch parallel geschaltete Leitungen, wie sie z. B. mehrere dünne Drähte darstellen, die zur leichteren Verlegung als Ersatz eines dickeren dienen. Selbst wenn jeder einzelne von ihnen an seinem einen Ende dem Querschnitt entsprechend gesichert ist, so kann doch, wenn einer der Drähte Kurzschluß oder Erdschluß erfahren hat und seine Sicherung abgeschmolzen ist, der Kurzschlußstelle vom andern Ende her durch die anderen parallel geschalteten Leitungen Strom zugeführt werden, der den Draht überlastet, ohne daß die übrigen Sicherungen dies hindern. Auch in diesem Falle sind beide Enden jedes der parallel geschalteten Drähte mit Sicherungen auszurüsten.

13) Die Sicherung selbst hat ihren natürlichen Platz unmittelbar an der Abzweigstelle in der Weise, daß der eine Kontakt der Sicherung mit der Hauptleitung, der andere mit der abzweigenden Leitung verbunden wird. ETZ 1904, S. 1114 N. 111t Ist dies nicht durchführbar, soll die Sicherung z. B. leichter zugänglich gemacht werden, oder ist an der Abzweigstelle kein Raum vorhanden, so ist zunächst ein Zweigdraht von derselben Stärke wie die Hauptleitung bis zur Sicherung zu führen und hier erst mit der dünneren Zweigleitung zu beginnen. Manchmal läßt sich jedoch auch dies Verfahren nicht streng durchführen, weil die Hauptleitung einen sehr viel größeren Querschnitt besitzt als die abzweigende. Es sei z. B. der Fall angenommen, daß eine Steigleitung von etwa 25 qmm einen Raum durchläuft, in welchem eine einzelne Glühlampe eingerichtet werden soll. Dann ist es nicht möglich, in die für eine Lampe bemessene Sicherung die starke Hauptleitung einzuführen und richtig zu befestigen.

f) Bei Querschnittsverkleinerungen sind in den Fällen, wo die vorhergehende Sicherung den schwächeren Querschnitt schützt, weitere Sicherungen nicht mehr erforderlich.¹⁵⁾

7. Bei Niederspannung können mehrere Verteilungsleitungen eine gemeinsame Sicherung von höchstens 6 Ampere Normalstromstärke erhalten. Querschnittsverminderungen oder Abzweigungen jenseits dieser Sicherung brauchen in diesem Falle nicht weiter gesichert zu werden.¹⁶⁾ Bei größeren Beleuchtungskörpern können ausnahmsweise gemeinsame Sicherungen für höchstens

14) In diesem Ausnahmefall ist es nun zugelassen, die von der Hauptleitung nach der Sicherung führenden Drähte vom Querschnitt der dünneren Zweigleitung zu wählen oder eine angemessene Zwischenstufe der Drahtstärke zu benutzen. Da jedoch dieses Zwischenstück alsdann tatsächlich eines vollkommenen Schutzes entbehrt, so sind besondere Maßregeln vorgeschrieben, welche die in dieser Anordnung liegende Gefahr tunlichst vermindern sollen. Es muß nämlich erstlich das ungesicherte Stück so kurz als möglich sein — nicht über 1 m —; zweitens dürfen Mehrleiter nicht verwendet werden, da sie weniger Festigkeit und Widerstandsfähigkeit haben und leichter zu Kurzschluß Anlaß geben als zwei getrennte Leiter; endlich müssen entzündliche Gegenstände fern gehalten werden; es darf also die Befestigung nur auf unverbrennlichen Wänden oder Unterlagen geschehen; Holzverschalungen, brennbare Materialien und dgl. müssen durch besondere feuersichere Zwischenlagen dauernd abgeschieden werden. Dieser Schutz muß so beschaffen sein, daß das Zwischenstück im Falle eines Kurzschlusses oder dgl. völlig ausbrennen kann, ohne daß die Gefahr einer Brandstiftung entsteht.

15) Bei einfachen Verzweigungen der Leitungen wird zur Ersparnis von Sicherungen von der Bestimmung des § 14 f) vielfach mit Vorteil Gebrauch gemacht. Ob der schwächere Querschnitt durch die vorhandene Sicherung ausreichend geschützt ist, muß in jedem Einzelfall festgestellt werden. Auf die unter 12) behandelten Sonderfälle ist sorgfältig Bedacht zu nehmen.

16) Die im § 14 e) aufgestellte Forderung, wonach an jeder Querschnittsverminderung eine Sicherung anzubringen ist, erleidet durch die Regel § 14 i eine noch über § 14 f) hinausgehende Einschränkung, welche im Interesse einfacherer Installation für Niederspannung zugelassen worden ist. Sie wird namentlich bei der Montage von Kronleuchtern Anwendung finden, wo es schon wegen des Raummangels nicht möglich ist, jede einzelne Abzweigung mit einer besonderen, ihr entsprechenden Sicherung auszustatten; es können aber auch sämtliche Lampen in benachbarten Räumen, wenn ihr Stromverbrauch die Grenze von 6 Ampere nicht übersteigt, an eine gemeinsame Sicherung angeschlossen werden. Eine derartige Anordnung erleichtert die Zentralisierung der Sicherungen.

Man kann also mit 6 Amp. bei 100 Volt schon 12 Lampen zu 50 Watt, bei 220 Volt schon 24 derartige Lampen durch eine einzige Sicherung speisen. Man kann noch weiter gehen und an dieselbe Sicherung zu 6 Amp. etwa 16 Lampen zu 100 Volt von derselben Größe anschließen; diese verbrauchen etwa 8 Amp., können aber an der 6. Amp.-Sicherung liegen, da diese bei 12 Amp. durchschmilzt. Der Stromkreis würde also mit einer schwächeren Sicherung versehen sein, als normal ist; dies ist aber stets erlaubt, vgl. auch ETZ 1908, S. 662, N. 201.

10 Ampere Normalstromstärke zugelassen werden, wenn die Spannung nicht mehr als 125 Volt beträgt.¹⁷⁾

g) Betriebsmäßig geerdete Leitungen dürfen im allgemeinen keine Sicherung enthalten.¹⁸⁾

8. Ausgenommen von dieser Bestimmung sind die geerdeten Außenleiter von Mehrleitersystemen.¹⁹⁾

9. Die neutralen oder Nulleiter von Mehrleiter- oder Mehrphasensystemen sollen in der Regel keine Sicherungen enthalten. Ausgenommen hiervon sind isolierte Leitungen, die von einem neutralen oder Nulleiter abzweigen und Teile eines Zweileitersystems sind; diese dürfen Sicherungen enthalten. Wird ein solches System nur einpolig gesichert, so sollen die Abzweigungen vom Nulleiter als solche gekennzeichnet sein.²⁰⁾

17) Bei größeren Beleuchtungskörpern empfiehlt es sich, von der zulässigen gemeinsamen Sicherung bis zu 10 Amp. möglichst wenig Gebrauch zu machen. In der Regel wird man größere Kronleuchter schon behufs Regelung der Lichtstärke mit zwei Stromkreisen ausstatten, welche jeder für sich aus- und eingeschaltet werden können. Dann hat natürlich auch jeder seine Sicherung. Die Grenzen von 6 und 10 Amp. dürfen auch bei Benützung von niedervoltigen Lampen nicht überschritten werden. Überhaupt soll das Leitungsnetz, welches durch die letzte Sicherung geschützt ist, nicht zu weit ausgedehnt oder verzweigt werden, auch dann nicht, wenn überall derselbe Querschnitt benutzt ist.

18) Als betriebsmäßig geerdete Leitungen kommen hauptsächlich die neutralen oder Nulleiter von Mehrleiter- und Mehrphasensystemen sowie die nach § 3 b), § 4, § 6 b), § 7 b), § 9 b) erforderlichen Erdungsleitungen in Betracht. Über erstere wird in Regel § 14² unter ²⁰⁾ ausführlicher gesprochen. Wie im § 11 f) das Anbringen von Schaltern in beiden Arten von Leitungen verboten ist, so sind auch Sicherungen ausgeschlossen, weil es von höchster Wichtigkeit ist, daß der leitende Zusammenhang mit der Erde unter keinen Umständen unterbrochen wird; denn von ihm hängt es ab, daß an den geerdeten Gegenständen wie Gehäusen, Maschinengestellen, Schaltgerüsten keine gefährlichen Spannungen auftreten.

Etwas anderes ist es z. B. bei Meßleitungen, deren Erdverbindung nicht zum Betrieb oder zur Sicherheit sondern zur Prüfung dient.

19) Meistens wird bei Mehrleitersystemen der Mittelleiter geerdet, so daß in jedem der beiden Außenleiter die Spannung gegen Erde nur die Hälfte der Gesamtspannung beträgt. Es tritt aber manchmal das Bedürfnis auf, einen Außenleiter an Erde zu legen, z. B. um mit der Gesamtspannung eine Fabrikbahn und zugleich mit den Teilspannungen Lampen zu speisen. Alsdann ist es wichtiger, den Mittelleiter von Unterbrechungen frei zu halten, als den geerdeten Außenleiter. Würde der Mittelleiter durch Abschmelzen einer Sicherung unterbrochen werden und zugleich mit dem geerdeten Außenleiter in Kurzschluß kommen, so würde die Spannung in der anderen Netzhälfte auf das Doppelte der normalen steigen und dadurch Gefahr entstehen können. In diesem Falle legt man die Sicherungen in die Außenleiter und vermeidet sie im Mittelleiter.

20) Die Bestimmung, wonach die Mittelleiter überhaupt keine Sicherung enthalten dürfen, gilt zunächst uneingeschränkt für diejenigen Strecken der Leitung, welche wirklich den Charakter des im allgemeinen stromlosen, reinen Ausgleichdrahtes haben

h) Die Vorschriften über das Anbringen von Sicherungen beziehen sich nicht auf Leitungen an Schaltanlagen sowie auf die Verbindungsleitungen zwischen Maschinen, Transformatoren, Akkumulatoren, Schaltan-

Werden in einzelnen Teilen der Dreileiteranlage die beiden Hälften des Systems g e t r e n n t geführt, so können von der Trennstelle an zweierlei verschiedene Verfahren in bezug auf die Sicherung des Nulleiters eingeschlagen werden. Das eine läuft darauf hinaus, jeden der Teile für sich als eine Zweileiteranlage zu betrachten. Alsdann wird in jedem Teil sowohl der eine als der andere Pol, also auch der geerdete Pol gesichert und der geerdete Pol braucht nicht als solcher kenntlich zu sein. ETZ 1904, S. 361 N. 75 a, b. Dies ist gerechtfertigt, weil beim Ausbrennen dieser Sicherung auch der Zusammenhang mit dem andern Zweig des Systems gelöst wird, so daß in der Regel die Arbeitsspannung des einen Zweiges nicht mehr auf den andern übertragen werden kann; denn es wird vorausgesetzt, daß hinter der Sicherung, in Richtung nach den Verbrauchsstellen hin, Stromverbraucher nur nach dem einen Außenpol hin vom Nulleiter, in dem die besprochene Sicherung liegt, sich abzweigen. Der oben geschilderte Fall der Spannungsübertragung könnte hier nur eintreten, wenn einer der in Frage kommenden letzten Ausläufer der einen Hälfte irgendwo mit einem Ausläufer oder einem Hauptstamm der andern Hälfte in Kontakt käme, was in der Regel als ausgeschlossen gelten kann.

Das andere Verfahren setzt das System der einpoligen Sicherung bis in die letzten Ausläufer fort. Damit werden nicht nur Sicherungen und die Arbeit ihrer Montierung gespart, sondern man schafft auch aus der Leitung eine große Zahl von Befestigungs- und Anschlußstellen hinaus, die ja immer am leichtesten zu unsicheren Kontakten, Erwärmungen und dgl. Störungen Anlaß geben. Es besteht aber hierbei die große Gefahr, daß die, beide Pole jedes Zweiges darstellenden, Leitungen beim Einbau der Sicherungen oder infolge einer später vorgenommenen Umschaltung verwechselt werden, so daß in einzelnen Zweigen die Sicherung nicht mehr im Außenleiter, sondern gerade im Nulleiter sitzt, während der Außenleiter ungesichert ist. Dies ist natürlich eine höchst bedenkliche Sache. Denn wenn jetzt die im Nulleiter gelegene Sicherung ausgebrannt ist und infolgedessen die Lampen erloschen sind, so sind deren Zuleitungen zwar stromlos, dagegen stehen sie am Außenpol unter der vollen Spannung gegen Erde und es kann für den Bedienenden bei der Berührung der Leitung, die für abgetrennt gehalten wird, Gefahr entstehen. Man hat daher das System, wonach der geerdete Nulleiter keine Sicherung enthält, nur dann anzuwenden, wenn die Nulleitung als solche deutlich kenntlich gemacht ist, so daß eine Verwechslung sicher ausgeschlossen bleibt. Solange die drei Leitungen nebeneinander verlaufen, ist aus der Lage oder mit einfachen Untersuchungsmitteln der Nulleiter leicht erkenntlich. Da, wo mehr als drei Leiter eines Stranges oder nur die zwei einer Hälfte nebeneinander liegen, muß man eine scharf hervortretende dauerhafte Farbe oder andere untrügliche Hilfsmittel zur Kennzeichnung benutzen. Von den Berliner E.-W. wird der Mittelleiter als Gummiband-, der andere als Gummiaderdraht verlegt und so eine Kennzeichnung erzielt. Auch die Befestigungsart z. B. durch Krampen kann als Kennzeichen dienen. Wird der Nulleiter blank verlegt, so ist er natürlich hierdurch kenntlich. ETZ 1904, S. 363 N. 88; S. 1115 N. 125.

lagen und dergleichen sowie auf solche Fälle, wo durch das Abschmelzen einer etwa angebrachten Sicherung Gefahren im Betriebe der betreffenden Einrichtungen hervorgerufen werden könnten.²¹⁾

§ 15.

Meßgeräte.

Bei Meßgeräten für Hochspannung müssen die Gehäuse entweder gegen die Betriebsspannung sicher isolieren oder sie müssen geerdet sein, oder es müssen die Meßgeräte von Schutzkästen umgeben oder hinter Glasplatten derart verlegt sein, daß auch ihre Gehäuse gegen zufällige Berührung geschützt sind.¹⁾ Die an Meßtransformatoren angeschlossenen Meßgeräte unterliegen dieser Vorschrift nicht, wenn ihr Sekundärstromkreis gegen den Übertritt von Hochspannung gemäß § 4 geschützt ist.²⁾

21) Diejenigen Leitungen, welche Bestandteile der Schaltanlage selbst sind, oder die Stromquellen unter sich und mit der Schaltanlage verbinden, müssen im allgemeinen vor unvorhergesehener Unterbrechung bewahrt bleiben, da sonst unter Umständen erhebliche Gefahren entstehen können; so z. B. wenn der Erregerstrom eines Motors plötzlich verschwindet, oder wenn die Leitung einen Sicherheitsapparat, etwa einen Bremsmagnet oder Ausschaltmagnet speist. Die Verhältnisse sind hier so vielgestaltig, daß es dem Erbauer der Anlage überlassen bleiben muß, wie weit er es für angezeigt erachtet, die Maschinen, Transformatoren und Hilfsgeräte sowie die Schaltungen selbst vor Beschädigung und Zerstörung durch Überstrom mittels Sicherungen zu schützen, und wie weit ein solcher Schutz zulässig ist, ohne andere Teile der Anlage wie die Dampfmaschinen oder die beteiligten Personen (Fahrstuhlbeförderung) großen Gefahren auszusetzen. Das über Schaltungen Gesagte trifft oft auch auf Meßleitungen zu. Je nach Art der Maschinen und den vorhandenen Verhältnissen wird man ganz oder teilweise von Sicherungen absehen, oder aber sie in Gestalt selbsttätiger Ausschalter oder in Form von Schmelzsicherungen anordnen und ihre Einstellung den Umständen anpassen. Vgl. ETZ 1902, S. 610/611 1906, S. 293, Sp. 1, 1908, S. 329.

§ 15. 1) Da die Meßgeräte bewegliche und besonders empfindliche Teile enthalten, so ist bei ihnen, soweit sie mit Hochspannung arbeiten, die Möglichkeit, daß ein Übertritt derselben auf das Gehäuse — etwa infolge atmosphärischer Entladungen — erfolgt, besonders naheliegend. Es werden daher im § 15 die allgemeinen Grundsätze des Schutzes gegen Berührung, wie sie bereits im § 3 b) und c) niedergelegt sind, nochmals betont.

Ein Fall, in dem das Gehäuse des Meßgerätes selbst sich nicht unmittelbar den Forderungen des § 3 anpassen läßt, ist z. B. der, wo die Glasplatte, die die Skala deckt mit Stanniolfstreifen versehen oder sonstwie schwach leitend gemacht ist, um statische Ladungen zu verhindern, die die Zeigereinstellung stören könnten. Alsdann bildet diese Glasplatte keine sicher isolierende, aber auch keine genügend geerdete Abdeckung, um völlig ungefährdet berührt werden zu können. Es ist daher ein weiterer Schutz durch andere Glasplatten oder Schutzgehäuse, die das ganze Meßgerät vor Berührung bewahren, notwendig.

2) Meßtransformatoren können mit großer Sicherheit gegen

F. Lampen und Zubehör.

§ 16.

Fassungen und Glühlampen.

a) Die unter Spannung gegen Erde stehenden Teile der Fassungen müssen auf feuersicherer Unterlage montiert¹⁾ und durch feuersichere Umhüllung, die jedoch nicht unter Spannung gegen Erde stehen darf, vor Berührung geschützt sein.²⁾

den Übertritt der Hochspannung auf die Niederspannungswicklung gebaut werden. Daher können die Meßgeräte, die an sie angeschlossen sind, nach Niederspannungsvorschriften behandelt werden. Es ist dabei zu berücksichtigen, daß die Meßtransformatoren selbst in der Regel in das geerdete Eisengerüst der Schalttafel eingebaut sind, so daß die Forderung des § 4 z. B. durch Erden des Sekundärkreises leicht erfüllt werden kann.

§ 16. 1) Lampenfassungen von fehlerhafter Bauart sind eine Zeitlang, da sie sehr billig verkauft wurden, vielfach verbreitet gewesen. Es erschien daher angezeigt, über die Beschaffenheit der Fassungen besondere Festsetzungen zu treffen, denn viele Erdschlüsse und Kurzschlüsse lassen sich auf mangelhafte oder in Unordnung geratene Fassungen zurückführen. Dies kommt daher, daß sich in diesem Bestandteil eine ganze Reihe von Einzelvorrichtungen im engen Raum vereinigt finden und außerdem die Fassung vielfacher Handhabung — oft von seiten unbefugter Personen — ausgesetzt ist. Die neueren Fabrikate besserer Firmen haben die früher übliche Verwendung von Holz, Vulkanfibre, Steinnuß u. dgl. völlig aufgegeben und benutzen fast ausschließlich Porzellan und andere der Feuchtigkeit widerstehende und zugleich feuersichere Stoffe als Unterlage der leitenden Bestandteile.

2) Eine Zeitlang was es üblich, die Lampenfassungen in der Weise zu bauen, daß der äußere Metallmantel die Stromleitung zwischen dem einen Pol der Glühlampe und dem entsprechenden Zuleitungsdraht vermittelte. Dadurch sollte Raum erspart und der Aufbau der Fassung vereinfacht werden. Diese Anordnung kann leicht zu Feuersgefahr Anlaß geben, indem z. B. der ungeschützte stromführende Teil mit einem an Erde liegenden Metallkörper in Berührung kommt, so daß Funken oder Erdschlüsse entstehen. Auch die beim Berühren einer solchen Fassung erfolgenden elektrischen Schläge sind zu fürchten.

Beide Gefahren sind ausgeschlossen, wenn der an den Mantel der Fassung angeschlossene Pol der Leitung so an Erde gelegt ist, daß an der Fassung merkliche Spannungsdifferenzen gegen Erde nicht herrschen. Dies ist z. B. bei einer Anlage mit geerdetem Mittelleiter möglich. Es wird aber nicht immer bei solchen Anlagen zutreffen, denn dazu gehört, daß die Erdleitung, die von der Fassung wegführt, so stark ist, daß der durch den Verbrauchstrom der Lampe in ihr entstehende Spannungsabfall unter einer gewissen Grenze bleibt.

Außerdem liegt die Gefahr nahe, daß beim Montieren die beiden Pole verwechselt und so die ganze Lampenspannung an den ungeschützten Teil der Fassung angeschlossen wird.

Der Gebrauch von solchen Fassungen ist daher nur bei denjenigen Anlagen mit geerdetem Mittelleiter zu gestatten, bei denen diese Erdleitung in ihrem ganzen Verlauf kenntlich und in einer gewissen Stärke, die sich nach der Gebrauchsspannung

1. Materialien, die entzündlich oder hygroskopisch sind, oder in der Wärme erhebliche Formveränderungen erleiden, sollen nicht als Bestandteile von Fassungen verwendet werden.³⁾ Vergleiche § 10.

b) Fassungen für Spannungen über 250 Volt dürfen keine Ausschalter haben.⁴⁾

⚡ | In B. u. T. sind Fassungen mit Ausschalter |
| (Hahn) unzulässig. |

und dem Lampenstrom richtet, bis zu den letzten Lampen geführt ist.

Über einen auf stromführende Glühlampenfassungen zurückgeführten Brandfall vgl. ETZ 1897, S. 327, Sp. 3.

3) Vgl. unter 1). Auch Hartgummi ist als innerer Bestandteil von Fassungen nicht erlaubt, da es sich in der Wärme stark ausdehnt und dabei die Fassungen zerstören kann. Außerdem ist es nicht feuersicher. Unbedenklich wäre jedoch z. B. ein Hahngriff, der aus Hartgummi besteht oder damit überzogen ist.

4) Nach § 16e) sind bei Spannungen über 250 Volt Glühlampen nur in beschränktem Maße zulässig. Auch Spannungen von etwa 250 Volt können dem Menschen bei ungünstigen Verhältnissen schon sehr gefährlich werden; nämlich dann, wenn der Widerstand, den die Haut und die Bekleidung gegen den stromführenden Teil und gegen Erde bieten, klein ist. Auf alle Fälle sind solche Spannungen als bedenklich anzusehen und die Berührung der spannungführenden Teile ist zu vermeiden. Da nun bei Hahnfassungen diese Berührung sehr nahe liegt, — denn auch dann, wenn der Hahngriff isoliert ist, besteht die Gefahr eines Stromüberganges und die Versuchung, mit der anderen Hand etwa die Fassung festzuhalten, während der Hahn mit der einen Hand gedreht wird, — so sind bei solchen Spannungen die Hahnfassungen verboten. Es empfiehlt sich, auch bei niederen Spannungen alle Fassungen, die an Schnurpendeln hängen, ohne Hahn anzuordnen, weil der Hahn nicht sicher bedient werden kann ohne, daß man mit der andern Hand die Fassung festhält.

Im übrigen müssen die Hähne an Fassungen dem § 11a) genügen also Momentschalter sein. In der Regel wird die Stellung des Griffes so gewählt, daß die Ebene seine Flügel parallel zur Stromleitung gestellt ist, wenn der Strom geschlossen, senkrecht dazu, wenn er unterbrochen ist. Der Zweck dieser Maßnahme ist, bei abgenommener oder zerbrochener Lampe oder bei zerstörtem Faden erkennen zu können, ob die Fassung unter Spannung steht oder nicht, so daß man mit Sicherheit die Spannung abschalten kann, bevor man an der Fassung eine Auswechslung der Lampe oder eine Prüfung des Zustandes der Fassung vornimmt.

Nach § 11 c) müssen die Griffe von Ausschaltern, sofern sie nicht geerdet sind, aus nichtleitendem Material bestehen oder mit einer Isolierschicht ausgekleidet oder überzogen sein. Diese Bestimmung bezieht sich jedoch auf selbständige Ausschalter, nicht auf Lampenhähne, daher dürfen diese Metallgriffe haben. Es wäre zwar sehr wünschenswert wenn auch hier isolierte Griffe benutzt würden, und bei größeren Fassungen werden sie angewendet; bei den kleinen Fassungen bestehen noch Schwierigkeiten der Konstruktion. ETZ 1902, S. 733 u. 734. Man hat sich dadurch gedeckt, daß für die höheren Spannungen, in B. u. T. und in durchtränkten Räumen (§ 32b) bei allen Spannungen, der Hahn überhaupt verboten ist. Es sollte aber ernst-

c) Die unter Spannung gegen Erde stehenden Teile der Lampen müssen der zufälligen Berührung entzogen sein.⁵⁾

d) Glühlampen in der Nähe von entzündlichen Stoffen müssen mit Vorrichtungen versehen sein, welche die Berührung der Lampen mit den entzündlichen Stoffen verhindern.⁶⁾

e) *Bei Hochspannung sind zugängliche Glühlampen und Fassungen nur bei Gleichstrom und nur bis 1000 Volt gestattet. Ihre äußeren Metallteile müssen geerdet sein.*⁷⁾

haft danach gestrebt werden, daß auch für kleine Fassungen ein isolierender Griff allgemein eingeführt wird, wie dies z. B. bei den Berliner Elektrizitätswerken der Fall ist.

5) Bei manchen Fassungen kommt es vor, daß der Sockel der Glühbirne aus der Fassung soweit hervorragt, daß man beim Erfassen der Birne ihn berühren kann. Da dies bereits mehrfach für Menschen bedenklich geworden ist, sollen die Fassungen so gebaut sein, daß alle stromführenden Teile, auch die der eingesetzten Lampe, völlig verdeckt sind. Bei der Fabrikation von Lampen und Fassungen ist hierauf streng zu achten. Vgl. ETZ 1904, S. 147. Beim Auswechseln der Lampen ist jede Berührung des Sockels zu vermeiden.

6) Es ist häufig nicht genügend beachtet worden, daß die Glühlampen gebräuchlicher Bauart, die an der Oberfläche der Birne in der Regel beobachtete verhältnismäßig niedrigere Temperatur nur dann zeigen, wenn sie frei ausstrahlen können. Wird die freie Strahlung und Luftzirkulation verhindert, so steigt die Temperatur in kurzer Zeit so hoch, daß Papier, Gewebe, Sägespäne u. dgl., welche die Lampe berühren, ohne weiteres zu glimmen beginnen. Man muß daher derartige Berührungen durch geeignete Mittel verhindern. Hiergegen wird besonders häufig gefehlt bei der Beleuchtung von Räumen mit starker Entwicklung von Sägespänen, Mehlstaub, Baumwollstaub u. dgl., ferner von Schaufenstern, sowie bei dekorativen Anordnungen, wie sie bei Festen und ähnlichen Gelegenheiten oft nur provisorisch getroffen werden. Es ist jedoch nicht schwer durch Verwendung von Schalen, Tulpen u. dgl., die in den verschiedensten Ausstattungen zu haben sind, der Sicherheit Rechnung zu tragen, ohne die Schönheit zu beeinträchtigen.

Bei der Befestigung der Glühlampen ist namentlich auch darauf zu sehen, daß sie sich nicht in ihren Fassungen lockern. Wo regelmäßige Erschütterungen vorkommen (z. B. in manchen Fabriken) tritt dies leicht ein und führt zu Funkenbildungen und Erhitzungen, welche die Fassungen zerstören können.

7) Glühlampen sollen in Stromkreisen mit Hochspannung tunlichst vermieden werden. Wechselstrom kann meistens in Niederspannung transformiert werden. Andernfalls sind die Lampen in Laternen u. dgl. einzuschließen oder (Reihenschaltung am Nordostseekanal) durch Stacheldrähte an den Masten usw. unzugänglich zu machen. ETZ 1908, S. 652, N. 199. Ein Bedürfnis, zugängliche Glühlampen mit Hochspannung zu speisen, besteht, — abgesehen von den Lampen der Fahrzeuge elektrischer Bahnen, für die die Bahnvorschriften gelten, — nur für solche Wohn- und Arbeitsräume oder Straßenbeleuchtungen, die an Bahnanlagen angeschlossen sind. Daß hierbei alle metallischen Zubehöre, wie Wandarme, Schutzrohre, ebenso

✂ *In B. u. T. sind Glühlampen und Glühlampenfassungen in Hochspannungskreisen nur zulässig, wenn sie im Anschluß an vorhandene Gleichstrom-Bahn- oder Kraft-Anlagen betrieben werden. Es müssen jedoch in diesem Falle die unter f) geforderten isolierten Fassungen und außerdem Schutzkörbe angewendet werden.*

✂ f) In B. u. T. dürfen Glühlampen in erreichbarer Höhe, bei denen die Fassungen äußere Metallteile aufweisen, nur mit starken Überglocken, die die Fassung umschließen, verwendet werden. Die Überglocke ist nicht erforderlich, wenn die äußeren Teile der Fassung aus Isolierstoff bestehen und sämtliche stromführenden Teile der Berührung entzogen sind.

§ 17.

Bogenlampen.

a) An Örtlichkeiten, wo von Bogenlampen herabfallende glühende Kohleteilchen gefahrbringend wirken können¹⁾, muß dies durch geeignete Vorrichtungen verhindert werden. Bei Bogenlampen mit verminderter Luftzufuhr sind keine besonderen Vorrichtungen hierfür erforderlich.

auch die äußeren Fassungsteile, Lichtschirme und Schutzkörbe zu erden sind, ergibt sich bereits aus § 3 b) und ist auch in § 18 b) nochmals betont. Das Erden kann hier keine Schwierigkeit bieten, weil die Bahnen mit einem Erdpol arbeiten, an den auch die letzte Lampe der Reihe angeschlossen ist. Man braucht also nur mit der Betriebsleitung für die Lampenreihe eine zweite unmittelbar an den Erdpol führende Leitung zu verlegen, die zum Erden der Fassungen, Armaturen und der anderen äußeren Metallteile dient.

§ 17. 1) Völlig ungeschützt brennende Bogenlampen werden zwar selten, aber gelegentlich doch zur Beleuchtung von Bauplätzen, Festplätzen, Wasserflächen, Hafenplätzen verwendet. Hier sind Anordnungen möglich, die jede Brand- oder Verletzungsgefahr durch herabfallende glühende Kohleteilchen ausschließen. Man kann z. B. die nächste Umgebung des Mastensockels absperrern oder ihn in unbetretene Räume, Buschwerk u. dgl. verlegen. Wo dagegen der Platz unmittelbar unter der Lampe dem regelmäßigen Verkehr ausgesetzt ist, besonders da wo Menschen in größerer Zahl versammelt sind oder verkehren oder wo brennbare Waren gelagert sind, in Kirchen, Bahnhofshallen, Warenhäusern, ist für zuverlässigen Schutz Sorge zu tragen. Es dürfen dort weder Bogenlampen ohne Glocken oder Gehäuse, noch Glocken, die unverschlossene Öffnungen am Boden haben, benutzt werden. Die frühere Vorschrift, daß einfache Glasglocken stets mit besonderen in feuergefährlichen Räumen mit metallenen Aschentellern versehen sein müssen, ist nicht mehr aufrecht erhalten worden, weil die neueren besseren Kohlensorten meist ohne Zerbröckeln abbrennen und für die Glocken gut gekühlte Glassorten zur Verfügung stehen, die dem Zerspringen wenig ausgesetzt sind. Immerhin ist auch

b) Bei Bogenlampen sind die Laternen (Gehänge, Armaturen) gegen die Spannung führenden Teile zu isolieren und bei Verwendung von Tragseilen auch diese gegen die Laternen.²⁾

✂ | *In B. u. T. sind Bogenlampen in Hochspan-*
| *nungskreisen unzulässig.* |

1. Die Einführungsöffnungen für die Leitungen an Lampen und Laternen sollen so beschaffen sein, daß die Isolierhüllen nicht verletzt werden. Bei Lampen und Laternen für Außenbeleuchtung ist darauf Betracht zu nehmen, daß sich in ihnen kein Wasser ansammeln kann.³⁾

c) Werden die Zuleitungen als Träger der Bogenlampe verwendet, so müssen die Anschlußstellen von Zug entlastet sein und die Leitungen dürfen nicht verdrillt werden.⁴⁾

jetzt noch Vorsicht geboten, denn es kommen immer noch Brände durch herabfallende glühende Lampenkohlen vor. ETZ 1906, S. 205. Wo Glocken mit Bodenöffnungen benutzt werden, sollten die Aschenteller so ausgebildet sein, daß sie im Betriebe in ihrer Lage festgehalten werden. Auf sorgsame Bedienung ist besonders zu achten.

Mit besonderer Vorsicht sind jene Bogenlampen zu benutzen die nur eine kleine, den Lichtbogen eng umgebende Glocke besitzen. Sie sollten mit einem Schutzrohr ausgerüstet sein, welches den unteren Kohlenstift aufnimmt, falls er abbricht. Ohne Aschenteller oder einen zuverlässigen Ersatz desselben dürfen sie nicht benutzt werden. Die Benutzung ganz besonders guter Kohlenarten ist bei ihnen dringend nötig. Auf alle Fälle sind sie gefährlicher, als gewöhnliche Bogenlampen, ihre Verwendung in Schaufenstern ist daher an manchen Orten mit Recht erschwert worden.

2) Da bei manchen Bogenlampen ein Teil des Lampenkörpers selbst als Stromleiter dient, oder doch, wegen des engen Baues der Lampe, zufällig mit den stromführenden Teilen in Berührung kommen kann, so wird in der Regel die Lampe von der Laterne isoliert. Dabei ist zu beachten, ob die Laterne den Einflüssen von Wind und Wetter ausgesetzt ist, und die Isolierung nach Material und Gestalt entsprechend zu wählen. Unter Umständen kann mehrfache Isolierung angezeigt sein, etwa in der Weise, daß auch die Laterne von ihrem Tragmast isoliert wird. Bei aufgehängten Laternen ist letzteres vorgeschrieben, weil es vorgekommen ist, daß die metallene Aufhängung einen Stromweg bildete und infolge der Stromwärme riß, so daß die Lampe herabfiel. Diese Isolierung muß im Freien regensicher sein. Vgl. auch ⁵⁾.

3) Für Lampen, die im Freien oder in feuchten Räumen brennen sollen, empfiehlt es sich, unten Öffnungen so anzubringen, daß das im Innern etwa gebildete Kondenswasser abfließen kann.

4) Es müssen also neben den Klemmen, die der Lampe den Strom zuführen, noch andere Klemmstellen oder Befestigungsmittel vorgesehen sein, die das Gewicht der Lampe aufnehmen. Beim Befestigen und Anschließen der Lampe an die Zuleitungen ist darauf zu achten, daß die Anschlußstellen auch tatsächlich entlastet sind. Um hierüber sicher zu sein, wird man die Leitungen unmittelbar an diesen Stellen nicht straff anspannen.

Bei Hochspannung dürfen die Zuleitungen nicht als Aufhängevorrichtung dienen.

d) *Bei Hochspannung muß die Lampe entweder gegen das Aufzugsseil und, wenn sie an einem Metallträger angebracht ist, auch gegen diesen doppelt isoliert sein, oder Seil und Träger sind zu erden. Bei Spannungen über 1000 Volt müssen diese beiden Vorschriften gleichzeitig befolgt werden.⁵⁾ Stromführende Teile von Bogenlampenkuppelungen müssen gegen den Träger doppelt isoliert und gegen Regen geschützt sein.⁶⁾*

e) *Bei Hochspannung müssen Bogenlampen während des Betriebes unzugänglich und von Abschaltvorrichtungen abhängig sein, welche gestatten, sie zum Zweck der Bedienung spannungslos zu machen.⁷⁾*

§ 18.

Beleuchtungskörper, Schnurpendel und Handlampen.

a) *In und an Beleuchtungskörpern dürfen nur Leitungen mit wasserdichter Isolierhülle von einer der*

5) Die Isolierung der Laterne gegen ihren Tragmast und das Aufzugsseil dient hauptsächlich dazu, Personen, welche den Aufzug bedienen, oder den Träger oder das Seil berühren, vor der Wirkung eines Stromüberganges oder übergetretener Ladungen zu schützen. Daher kann die Isolierung der Laterne bis zu Spannungen von 1000 Volt gegen Erde auch durch Erdung von Mast (Wandarm) und Seil ersetzt werden. Übersteigt aber die Spannung gegen Erde 1000 Volt (wie bei Reihenschaltung von Bogenlampen vorkommt), so wird die Isolierung allein nicht mehr als ausreichend erachtet; denn sie kann besonders durch Witterungseinflüsse beeinträchtigt sein; auch die Erdung für sich ist nicht immer und an jedem Mast oder Wandarm so auszuführen, daß sie bei unmittelbarem Übergang des vollen Stroms absolute Gefahrllosigkeit herbeiführt. Mit Rücksicht darauf, daß am Lampenaufzug betriebsmäßig hantiert werden muß, wird daher ein möglichst hohes Maß von Sicherheit durch Vereinigung der beiden Schutzmittel angestrebt. Beim Bau und bei Aufstellung der Aufzugvorrichtung ist darauf zu achten, daß das Seil nicht stromführend wird, wenn es etwa aus der Rolle springt. Hierdurch sind mehrfach Unfälle entstanden. Beispiele von Bogenlampen-Aufhängungen siehe ETZ 1907, S. 812.

6) Bei abkuppelbaren Bogenlampen bieten die blanken Kontaktstücke Gelegenheit zum Übertritt der Spannung auf den Träger, was durch passend gestaltete doppelte Isoliervorrichtungen zu verhindern ist.

7) Um die Bogenlampen während der Bedienung sicher spannungslos zu machen, können die Schalter der einzelnen Lampen derart angeordnet sein, daß die Lampe nicht herabgelassen werden kann, solange der Schalter geschlossen ist. Doch sind solche Einrichtungen nicht vorgeschrieben. Größere Lampenstromkreise werden meistens von einer Zentralstelle aus eingeschaltet. Es sind zwar auch bei dieser Anordnung Vorrichtungen der genannten Art (magnetische Sperrung der Aufzugswinde) denkbar, doch wird im allgemeinen durch Betriebsvorschriften dafür zu sorgen sein, daß das Einsetzen der Kohlenstifte usw. nur bei abgeschalteter Lampe erfolgt. § 17 e) fordert nur die Möglichkeit der Abschaltung.

angewandten Spannung entsprechenden Beschaffenheit benutzt werden.¹⁾

Wird die Leitung an der Außenseite des Beleuchtungskörpers geführt, so muß sie so befestigt sein, daß sie sich nicht verschieben und durch scharfe Kanten nicht verletzt werden kann.²⁾ *Bei Hochspannung dürfen die Leitungen von zugänglichen Beleuchtungskörpern nur geschützt geführt werden.*³⁾

1. Die zur Aufnahme von Drähten bestimmten Hohlräume von Beleuchtungskörpern sollen derart beschaffen sein, daß die einzuführenden Drähte sicher ohne Verletzung der Isolierung durchgezogen werden können; die engsten für zwei Drähte bestimmten Rohre sollen bei Niederspannung wenigstens 6 mm, *bei Hochspannung wenigstens 12 mm* im Lichten haben.⁴⁾

✂ | In B. u. T. sollen Rohre, die für zwei Drähte |
| bestimmt sind, mindestens 11 mm lichte Weite |
| haben. |

§ 18. 1) Über die zurzeit üblichen Sorten von Leitungen vgl. § 19¹ und die „Normalien für Leitungen“. Blanke Leitungen oder Gummibandleitungen dürfen in und an Beleuchtungskörpern nicht benutzt werden. Hiernach dürfen auch einzelne Glühlampen, die in einer Installation mit Gummibanddraht ohne weiteren Lampenträger unmittelbar von den Leitungen abgezweigt sind, nicht mit Gummibanddraht ausgerüstet sein. Dies rechtfertigt sich, weil gerade an den Stellen, wo der Draht in die Fassung eintritt, seine Isolierhülle der Verletzung ausgesetzt ist. Solche Fassungen werden gewöhnlich mittels „Fassungsader“ von den Leitungen abgezweigt.

Da viele Beleuchtungskörper so enge Rohre haben, daß die normalen Sorten der Gummiaderdrähte oder Schnüre nicht mehr Platz finden, so wurde hierfür eine besondere Drahtsorte unter die Normalien aufgenommen, die Fassungsader (FA), welche im allgemeinen ähnlich gebaut ist, wie die dünnsten Sorten von Gummiaderdraht, wobei aber in der Bemessung der Dicke bis auf das geringste zulässige Maß heruntergegangen wurde. Für Hochspannung ist jedoch diese Drahtsorte nicht zulässig.

2) Auch an der Außenseite der Beleuchtungskörper darf nur Gummiaderdraht oder Fassungsader oder eine gleichwertige Leitung, etwa Gummiaderschnur, verwendet werden; je nach der Spannung, für welche jede dieser Drahtsorten zulässig ist.

3) Diese Vorschrift folgt unmittelbar aus § 3 b).

4) Da die im Handel vorkommenden Beleuchtungskörper, namentlich mehrarmige Kronen, häufig viel zu enge Rohre besitzen, so hat die Sicherheitskommission des V. D. E. im Jahre 1901 ein Rundschreiben an die Fabrikanten von Beleuchtungskörpern erlassen, worin auf diesen Übelstand hingewiesen wird.

Die Weite von 6 mm ist die allergeringste, die verlangt werden muß. Häufig wird eine größere nötig sein, denn 6 mm reicht nur für zwei reine Gummiadern von je 0,75 qmm Kupferquerschnitt; (Fassungsadern, siehe Normalien für Leitungen).

Für Hochspannung ist die größere Weite von mindestens 12 mm im Lichten vorgeschrieben, einerseits um auf die Verwendung stärker isolierter Drähte hinzuwirken, andererseits um scharfe Biegungen und Verletzungen der Drähte beim Einziehen mit größerer Sicherheit zu vermeiden.

2. Bei Niederspannung sollen Abzweigstellen in Beleuchtungskörpern tunlichst zentralisiert werden.⁵⁾

3. Bei Hochspannung sollen Abzweig- und Verbindungsstellen in Beleuchtungskörpern nicht angeordnet werden.⁶⁾

4. Beleuchtungskörper sollen so angebracht werden, daß die Zuführungsdrähte nicht durch Bewegen des Körpers verletzt werden können; Fassungen sollen an den Beleuchtungskörpern zuverlässig befestigt sein.⁷⁾

5) Die Mehrzahl der mehrarmigen Kronen und ähnlicher Beleuchtungskörper wird noch immer mit fertig eingezogenen Leitungen, deren Abzweigstellen unzugänglich sind, in den Handel gebracht. Die Art der Verlötung an den Abzweigstellen entzieht sich so jeder Kontrolle. Da die Körper im Handel oft durch mehrere Hände gehen, so fehlt auch eine sonstige Gewähr für sachgemäße Ausführung. Andererseits liegt die Gefahr vor, daß an den Abzweigungen Körperschluß, d. h. Übergang der Spannung auf den Beleuchtungskörper selbst eintritt, was Brandgefahr und Verletzung von Personen verursachen kann.

Es gibt Kronen, die in einem als Ornament ausgebildeten kugelförmigen oder vasenförmigen Teil eine Art Schaltbrett tragen, welches durch eine abnehmbare Kappe zugänglich ist und die zum Anschluß der Abzweigungen dienenden Klemmschrauben enthält. Ähnliche Träger für diese Klemmen lassen sich auch nachträglich von außen an den Kronen anbringen oder an der Decke über der Krone etwa in Gestalt von Porzellanringen befestigen.

Wird der Beleuchtungskörper mit Mehrfachleitungsschnur ausgerüstet, so ist zu beachten, daß nach § 21 Regel 15 die Verzweigungen solcher Mehrfachleitungsschnur bei fest verlegten Leitungen nicht durch Verlöten, sondern mittels Abzweigmitteln ausgeführt werden sollen. An und in Beleuchtungskörpern ist jedoch das Löten erlaubt, weil nicht alle Beleuchtungskörper zur Aufnahme der Klemmen geeignet sind; doch wird es empfehlenswert sein, den ganzen Beleuchtungskörper mittels Klemmen an die Zuführungsleitung anzuschließen.

6) Mit Rücksicht auf die Durchschlagkraft der Hochspannung und die Gefahr, die nach Übertreten derselben auf den Beleuchtungskörper für Personen entsteht, die diesen berühren, wird man die Einrichtung stets so treffen, daß Abzweigungen außerhalb des Beleuchtungskörpers angeordnet und in geeigneter Weise so geschützt werden, daß sie stets kontrollierbar sind.

7) Sind die Kronen oder dgl. drehbar aufgehängt, so muß die Bewegung durch Anschläge oder dgl. begrenzt werden. Außerdem ist durch Auswahl einer biegsamen Leitungsorte und entsprechende Bemessung und Gestaltung der Zuleitung dafür zu sorgen, daß sie nicht auf Zug beansprucht, geknickt oder durchgescheuert werden kann.*)

Die Befestigung der Fassungen an den Beleuchtungskörpern ist häufig mangelhaft, zumal da dem Umstand, daß die Fassung häufig einen Lichtschirm, Überglocke oder Tulpe zu tragen hat, bei der Konstruktion und bei der Montierung nicht immer genügend Rechnung getragen wird. Es empfiehlt sich dringend, die Ausrüstungsstücke nicht an der Fassung, sondern am Beleuchtungskörper selbst zu befestigen.

*) Die Vereinigung Deutscher Priv.-Feuer-Vers.-Ges. verlangt, daß alle Beleuchtungskörper mit Ausnahme derjenigen, welche an geerdete Mittelleiter angeschlossen sind, isoliert aufgehängt werden.

b) Bei Hochspannung sind zugängliche Beleuchtungskörper nur bei Gleichstrom und nur bis 1000 Volt gestattet. Ihre Metallkörper müssen geerdet sein.⁸⁾

⚡ | Für B. u. T. siehe § 16, e). |

c) Werden die Zuleitungen als Träger des Beleuchtungskörpers verwendet (Schnurpendel) so müssen die Anschlußstellen von Zug entlastet sein.⁹⁾

⚡ | In B. u. T. sind Schnurpendel unzulässig. |

d) Bei Hochspannung sind Schnurpendel unzulässig.

e) Für Handlampen, deren äußere Metallteile nicht sämtlich zuverlässig geerdet sind, gelten folgende Bestimmungen¹⁰⁾: Die äußeren Teile der Fassungen müssen aus Isolierstoff bestehen und sämtliche stromführenden Teile der Berührung entziehen.

8) Vgl. § 16e) unter 7) S. 71 u. § 17d) und e) S. 74.

9) Die Entlastung ist auf verschiedene Weise möglich. ETZ 1909, S. 498, N. 207. Schnurpendel sind nach den Normalien für Leitungen mit einer besonderen Tragschnur ausgerüstet, die das Gewicht der Fassung nebst Zubehör (Schirm) aufnimmt. Bei ihrer Verwendung ist stets darauf zu achten, daß die Befestigungsstellen der Leitungsdrähte nicht durch das Gewicht der Lampe belastet werden, was daran beurteilt werden kann, daß die Leitungen selbst nicht angespannt, sondern länger sind als die Tragschnur. (Siehe z. B. ETZ 1901, S. 67.) Werden spiralig gewundene Leitungsdrähte zu einer hängenden Lampe geführt, so muß letztere in gleicher Weise von einer besonderen Tragvorrichtung gehalten sein, welche ein steifer Draht, eine Schnur, ein Metall- oder Papierrohr sein kann. Daß die Anschlußstellen nicht durch Zug beansprucht werden, ist namentlich bei seitlicher Bewegung aufgehängter Lampen besonders wichtig. ETZ 1908, S. 652, N. 200.

Hahnfassungen sind für Schnurpendel nicht zu empfehlen (vgl. S. 70 unter 4).

Auch für Schnurpendel sollen nur Leitungen mit nahtloser Gummihülle (Gummiaderschnüre), (ETZ 1905, S. 474 N. 156; 1906, S. 814 N. 188), für Schnurzugpendel hauptsächlich die besonders biegsame Pendelschnur (§ 19) verwendet werden. Vgl. auch die Normalien für Leitungen. Die Feuer-Vers.-Gesellschaften fordern für alle Schnurpendel eine Tragschnur. Doch ist oft auch ohne solche eine Entlastung der Anschlußstellen möglich. ETZ 1909, S. 498, N. 217.

Bei Schnurzugpendeln ist zu beachten, daß der Durchmesser der Rolle, welche die Schnur aufnimmt, nicht zu klein gewählt wird, da die Drähte sonst leicht brechen. Es empfiehlt sich, den Rollendurchmesser nicht unter 4 cm zu wählen (vergl. ETZ 1902, S. 733, Sp. 2).

10) Durch schlecht gebaute oder in Unordnung geratene Handlampen sind mehrfach Todesfälle veranlaßt worden; auch bei niedrigen Spannungen. Die Handlampen sind starker Abnutzung ausgesetzt; teils durch den Gebrauch selbst, teils, weil sie außer Gebrauch nicht sorgsam aufbewahrt und behandelt werden. Dazu kommt, daß sie häufig unter Verhältnissen gebraucht werden (beim Reinigen von Kesseln, Fässern u. dgl.), die den Körper des Benutzers in seinem Widerstand gegen Erde erheblich vermindern (Schweißbildung, Benetzung mit leitenden oder ätzenden Flüssigkeiten), ihn in gute Verbindung mit der

Die Griffe müssen aus Isolierstoff hergestellt sein; innere Metallteile der Griffe dürfen nicht bis zur Einführungsstelle der Leitungen durchgeführt werden.

Die Einführung der biegsamen Leitungen muß derart ausgebildet sein, daß auch bei roher Behandlung ein Bruch an dieser Stelle nicht zu befürchten ist.

Ist die Lampe mit einem Schutzkorbe, Aufhängehaken, Tragebügel oder dergleichen versehen, so müssen diese auf isolierender Unterlage befestigt sein.

f) Hahnfassungen an Handlampen sind verboten.¹¹⁾

g) *Bei Hochspannung sind Handlampen nicht zulässig. (Vergleiche § 28.)*

G. Beschaffenheit und Verlegung der Leitungen.

§ 19.

Beschaffenheit der Leitungen.

Soweit nicht die Verwendung blanker Leitungen gestattet ist, müssen die Leitungen mit einer Isolierhülle

Erde bringen und zugleich die Berührung der Lampe mit den Körperteilen begünstigen. Viele gebräuchliche Handlampen sind demgegenüber viel zu schwach gebaut. Die für den Bau dieser Lampen geltenden Vorschriften sind daher schrittweise immer mehr verschärft worden.

Um der rohen Behandlung zu widerstehen, hat man Metallgriffe verwendet, da diese jedoch durch Beschädigung der Fassungen oder der Zuleitungen Spannung annehmen können, so sind sie nur bei zuverlässiger Erdung gestattet. Hierzu bedarf es einer besonderen mit den Zuleitungen vereinigten Erdleitung, die besonders sorgfältig gegen Unterbrechung oder Beschädigung zu schützen ist; namentlich muß auch der Stecker und seine Verbindung mit der transportablen Leitung zuverlässig sein. Wenn ein Pol des Leitungsnetzes an Erde liegt, so läßt sich dies auf einfache Weise erreichen.

Im allgemeinen empfiehlt es sich, möglichst wenig metallische Außenteile anzuwenden und die unentbehrlichen (Schutzkorb-Aufhängekasten) so anzuordnen, daß sie durch feste isolierende Unterlagen von den spannungführenden Teilen und von denen, die Spannung annehmen können, sicher getrennt sind. Als Isolierstoffe sind möglichst zuverlässige zu wählen. Holz ist zwar für Griffe von Apparaten in § 10 Regel 3 — bei Hochspannung unter bestimmten Einschränkungen — zugelassen; es wird aber in feuchten Räumen und unter ähnlichen Verhältnissen nicht als unbedingt zuverlässig angesehen. Die Zuleitung ist bei starker mechanischer Beanspruchung durch Gummi-schlauch, Lederüberzug u. dgl. zu schützen und ihre Anschlußstellen von Zug zu entlasten. ETZ 1908, S. 652, N. 198. Beim Erden der äußeren Metallteile ist darauf zu achten, daß die Metallumklöpfung der Panzeradern nicht ohne weiteres als genügend leitend und genügend dauerhaft gelten kann; auch der übliche Metallschlauch dürfte nicht ohne Prüfung auf seine Leitfähigkeit oder deren besondere Verstärkung hierzu herangezogen werden können. ETZ 1904, S. 1116, N. 128; 1905, S. 278 N. 143.

11) Die gebräuchlichen Hahnfassungen sind dem angestrigsten Gebrauch, den die Handlampen zu erfahren pflegen,

versehen sein, deren Haltbarkeit und Isolierfähigkeit den vorliegenden Betriebsverhältnissen entspricht.¹⁾

1. Man unterscheidet folgende Leitungsarten, für welche besondere Normalien gelten:²⁾

Blanke Leitungen (Leitungen die nur gegen chemische Einflüsse geschützt sind, werden den blanken Leitungen gleichgestellt).

Gummibandleitungen, nur geeignet zur festen Verlegung über Putz in trockenen Räumen für Spannungen bis 125 Volt.

✂ | In B. u. T. sind Gummibandleitungen un- |
| zulässig. |

Gummiaderleitungen (Leitungen mit wasserdichter Isolierhülle), geeignet zur festen Verlegung für Spannungen bis 1000 Volt, unter Putz nur in Rohren, und zum Anschluß transportabler Stromverbraucher bis 500 Volt.

Spezialgummiaderleitungen, geeignet zur festen Verlegung für jede Spannung und zum Anschluß

nicht gewachsen. Es ist jedoch erlaubt, einen Hahn oder einen andern Ausschalter am Griff oder einem andern Teil der Handlampe anzubringen, wenn er kräftig gebaut ist, so daß er nicht in Unordnung geraten und zur Berührung spannungsführender Teile nicht Anlaß geben kann. ETZ 1905, S. 279 N. 149, 150; S. 474 N. 157.

§ 19. 1) In den früheren Vorschriften war auch die Beschaffenheit der einzelnen Sorten isolierter Leitungen durch Bestimmungen über ihren Aufbau und ihre Prüfung festgelegt. Es konnte daher in den Vorschriften über die Verlegung der Leitungen und über die Ausrüstung der besonders gearteten Räume auf bestimmte Leitungssorten Bezug genommen werden. Die neue Fassung der Vorschriften ist allgemeiner gehalten. Die genannten Einzelbestimmungen sind in die Normalien verwiesen, weil sie zu einem Teil nur für den Fabrikanten Interesse, vielfach auch nur die Bedeutung eines Übereinkommens haben und weil sowohl die Methoden der Fabrikation der üblichen Leitungsarten als auch die Ausbildung neuer Arten einer unvorhersehbaren Entwicklung unterliegt, die nicht durch starre Vorschriften beengt werden soll.

2) Aus den soeben erwähnten Gründen ist in der Regel 1 nur eine gedrängte Übersicht über die gebräuchlichen Leitungsarten und ihre Verwendungsgebiete gegeben. Beispiele: ETZ 1909, S. 497, N. 211, 214 b. Im übrigen wird auf die Normalien für Leitungen verwiesen, siehe am Schluß des Buches.

Die für die einzelnen Leitungsarten angegebenen Spannungsgrenzen sind auch hier die Gebrauchsspannungen (siehe Seite 13 unter 2).

Andere als die im § 19¹ angeführten Sorten von Leitungen sind nicht verboten, ihre Verwendbarkeit richtet sich nach ihren Eigenschaften und ist aus den hier angegebenen Regeln abzuleiten. Leitungen zum Aufbau von Maschinen und Apparaten unterliegen Bedingungen, die zu verschiedenartig sind, als daß ihnen mit den vorliegenden Vorschriften Rechnung getragen werden könnte. Die Grundsätze für die Beurteilung von Maschinen sind in den „Normalien für elektrische Maschinen und Transformatoren“ niedergelegt. Aus ihnen können auch Anhaltspunkte für die verwendbaren Drahtsorten entnommen werden.

transportabler Stromverbraucher bis 1500 Volt Spannung.

Panzerader, geeignet zur festen Verlegung für Spannungen bis 1000 Volt und zum Anschluß transportabler Stromverbraucher bis 500 Volt Spannung.

✂ | In B. u. T. ist Panzerader gegen Rost und |
| gegen mechanische Beschädigung zu schützen. |

Rohr- und Falzdrähte, geeignet zur festen Verlegung für Spannungen bis 1000 Volt.

Gummiaderschnüre, geeignet zur festen Verlegung für Spannungen bis 1000 Volt und zum Anschluß transportabler Stromverbraucher bis 500 Volt.

Fassungsadern, geeignet zur Installation in und an Beleuchtungskörpern für Spannungen bis 250 Volt.

✂ | In B. u. T. ist Fassungsader unzulässig. |

Pendelschnur, geeignet zur Installation von Schnurzugpendeln bis 250 Volt Spannung.

✂ | In B. u. T. ist Pendelschnur unzulässig. |

Blanke Bleikabel.

Asphalтиerte Bleikabel.

Armierte asphalтиerte Bleikabel.

Bewegliche Kabel (Pflugkabel, Krankabel u. dgl.) zu ihnen gehörig auch:

✂ | Abteufkabel. |

§ 20.

Bemessung der Leitungen.¹⁾

Elektrische Leitungen sind so zu bemessen, daß sie bei den vorliegenden Betriebsverhältnissen genügende mechanische Festigkeit besitzen²⁾ und keine unzulässigen Erwärmungen annehmen können.³⁾

§ 20. 1) Die Bemessung der Leitungen war in den ältesten Vorschriften lediglich durch eine Tabelle nach Art der in Regel 1 enthaltenen und durch die zulässigen Mindestquerschnitte bestimmt. Mit der fortschreitenden Ausdehnung elektrischer Anlagen erwies sich dies als nicht mehr ausreichend. Die Verhältnisse der Umgebung (z. B. Verlegung in Kesselhäusern, besonders starke mechanische Beanspruchung) oder andere Umstände (das Weglassen von Sicherungen gemäß § 14 h) können eine stärkere Bemessung fordern; die Art der Stromverbraucher oder ihres Betriebes (Motoren mit aussetzender oder stark wechselnder Belastung, Bogenlampen) sowie die sonst benutzten Hilfsmittel (Selbstausschalter) können eine geringere Bemessung zulässig erscheinen lassen.

Um allen Möglichkeiten Rechnung zu tragen, mußte hier, ähnlich wie im § 19 die Vorschrift eine allgemeine Fassung erhalten, während das, was für die gewöhnlichen Fälle als gebotene Ausführung erscheint, in den Regeln angeführt ist, von denen nur dann abgewichen werden soll, wenn zureichende Gründe dafür vorliegen.

2) Daß die mechanische Festigkeit der Leitungen zur Vermeidung von Lebens- und Feuersgefahr wichtig ist, wurde für die geerdeten Leitungen bereits im § 3¹ berücksichtigt. Die erforderliche Festigkeit hängt im übrigen von der Art der mechanischen Schädigungen, denen die Leitungen ausgesetzt sind und von den verwendeten Schutzvorrichtungen (vgl. § 21a)—d)) ab.

3) Wann eine Erwärmung unzulässig ist, hängt von der Lage des Einzelfalles ab. Handelt es sich um völlig feuer-

1. Isolierte Kupferleitungen⁴⁾ und nicht im Erdboden verlegte Kabel⁵⁾ aus Leitungskupfer⁶⁾ sollen höchstens mit den in nachstehender Tabelle⁷⁾ verzeichneten Stromstärken dauernd belastet werden.

sichere Umgebung und ist für die Festigkeit der Leitung keine Gefahr zu befürchten, so können z. B. Freileitungen (§ 222) über das bei Hausinstallationen Übliche hinaus erwärmt werden, wie andererseits Drähte in Heiz- und Kochapparaten, Widerständen usw. ihrem Zweck nach hohe Temperaturen annehmen müssen. Ist die Umgebung feuergefährlich, so muß wiederum besondere Beschränkung der zulässigen Temperatur Platz greifen. Die Gummiisolierung, mit der die isolierten Drähte umhüllt sind, leidet Schaden, wenn sie längere Zeit, etwa 1000 Stunden hindurch, wärmer als 50° C. bleibt. ETZ 1906, S. 333.

4) Gemäß Abs. 2 der Regel 1 gilt die Tabelle auch für die blanken Kupferleitungen kleineren Querschnittes (siehe hierüber unter 8).

5) „Im Erdboden verlegte“ Kabel sind nicht gleichbedeutend mit unterirdisch verlegten. Unterirdisch sind auch Kabel in Kellern, begehbaren Kanälen, Bergwerken u. dgl. Diese sowie andere außerhalb des Erdbodens verlegte Kabel werden bezüglich der Belastung wie isolierte Leitungen behandelt, d. h., sie folgen der hier gegebenen Tabelle ETZ 1907, S. 478, 479. Für im Erdboden verlegte Kabel ist eine höhere Belastung zulässig wegen der guten Wärmeleitung des Erdbodens. Tabellen hierfür finden sich in den Normalien für Leitungen unter E und F. Ausführliche Begründungen dazu, siehe Teichmüller, ETZ 1907, S. 500.

6) Unter Leitungskupfer wird ein solches verstanden, dessen Leitfähigkeit mindestens 57 oder dessen spez. Widerstand höchstens 0,0175 beträgt. Als Normalkupfer gilt ein Kupfer, dessen Leitfähigkeit 60 beträgt (siehe Kupfernormalien). Über Leitungen aus anderen Kupfersorten und anderen Metallen siehe Regel 4.

7) Über die der Tabelle zugrunde liegenden Überlegungen siehe Passavant, ETZ 1907, S. 499. Die in der zweiten Spalte benannte höchst zulässige Stromstärke entspricht einer Temperaturerhöhung von 20° über die Umgebung, indem angenommen ist, daß eine Grenztemperatur von 50° C. wegen der unter 3) erwähnten Schädigung der Gummihülle nicht überschritten werden soll und daß die Raumtemperatur nicht höher als 30° ist, was unter gewöhnlichen Verhältnissen sicher zutrifft. Diese Belastungen können tatsächlich ausgenutzt werden, wenn z. B. durch scharf einstellbare Selbstschalter eine Stromunterbrechung bewirkt wird. Soll eine solche im normalen Betrieb vermieden werden und nur im Notfall eintreten, wie es bei Benutzung von Schmelzsicherungen der Regel nach beabsichtigt ist, so sind die Zahlen der dritten Spalte zu benutzen, es wird nämlich alsdann als normale Belastung eine solche von 80 v. H. des erwähnten Höchststroms angesehen, weil die üblichen Schmelzsicherungen das 1 $\frac{1}{4}$ fache ihres Nennwertes dauernd tragen können, aber beim Überschreiten dieser Grenze in kürzerer oder längerer Zeit durchschmelzen. Dadurch ist kleineren Stromschwankungen Rechnung getragen, wie sie beim Regulieren von Bogenlampen in Einzelschaltung und beim Anlassen kleiner Motoren vorkommen; auch Temperatursteigerungen vorübergehender Art oder an einzelnen Strecken der Leitung sind auf diese Weise ausreichend berücksichtigt.

Querschnitt in qmm	Höchstzulässige Stromstärke in Amp	Nennstromstärke für entsprechende Abschmelz- sicherung in Amp
0,75	9	6
1	11	6
1,5	14	10
2,5	20	15
4	25	20
6	31	25
10	43	35
16	75	60
25	100	80
35	125	100
50	160	125
70	200	160
95	240	190
120	280	225
150	325	260
185	380	300
240	450	360
310	540	430
400	640	500
500	760	600
625	880	700
800	1050	850
1000	1250	1000

Blanke Kupferleitungen bis zu 50 qmm unterliegen gleichfalls den Vorschriften der vorliegenden Tabelle.⁸⁾ Auf blanke Kupferleitungen über 50 qmm sowie auf alle Freileitungen finden die vorstehenden Zahlenbestimmungen keine Anwendung, solche Leitungen sind in jedem Falle so zu bemessen, daß sie durch den stärksten normal vorkommenden Betriebsstrom keine für den Betrieb oder die Umgebung gefährliche Temperatur annehmen können.

2. Bei intermittierendem Betriebe ist die zeitweilige Erhöhung der Belastung über die Tabellenwerte zulässig, sofern dadurch keine größere Erwärmung als bei der der Tabelle entsprechenden Dauerbelastung entsteht.⁹⁾

Die Gebrauchszahlen der dritten Spalte weisen gegenüber den i. J. 1895 festgesetzten für die kleineren Querschnitte eine erhebliche, für die großen eine unbedeutende Erhöhung der zulässigen Belastung auf. Die auf den Quadratmillimeter des Querschnitts zugelassene Stromstärke nimmt mit zunehmender Drahtstärke ab von 6 Ampere bei 1 qmm auf 3,5 Ampere bei 10, 2,5 Ampere bei 50, 2 Ampere bei 95, 1,5 Ampere bei 240 bis 1 Ampere bei 1000 qmm.

8) Blanke Leitungen erwärmen sich im allgemeinen etwas stärker als isolierte, weil bei letzteren die ausstrahlende Oberfläche durch die Isolierhülle vergrößert ist. Andererseits fällt bei ihnen die Rücksicht auf die Schädigung der Isolierhülle weg. Bei größeren Querschnitten ist die Abkühlung meist durch flache Form der Leitungsschienen gegenüber dem runden Querschnitt begünstigt. Häufig wird auch eine Teilung in Lamellen vorgenommen.

9) Wie unter 3) erwähnt, tritt bei der in Spalte 2 der Tabelle angegebenen Höchstbelastung zunächst eine Schädigung

Beim Anschluß von Bogenlampen, Motoren und ähnlichen Stromverbrauchern mit wechselndem Stromverbrauch, für welche keine zuverlässigen Anhaltspunkte für die kurzzeitigen Stromstöße vorliegen, empfiehlt es sich, mindestens das $1\frac{1}{2}$ fache der Normalstromstärke der Bemessung des Leitungsquerschnittes zugrunde zu legen.¹⁰⁾

3. Der geringste zulässige Querschnitt für Kupferleitungen beträgt¹¹⁾

für Leitungen an und in Beleuchtungskörpern	0,75 qmm
für isolierte Leitungen bei Verlegung in Rohr oder auf Isolierkörpern, deren Abstand nicht mehr als 1 m beträgt	1 „
für blanke Leitungen in Gebäuden, sowie für isolierte Leitungen in Gebäuden und im Freien, bei denen der Abstand der Befestigungspunkte mehr als 1 m beträgt	4 „
bei Freileitungen für Niederspannung	6 „
bei Freileitungen für Hochspannung	10 „

⚡	In B. u. T. beträgt der geringst zulässige Querschnitt für Kupferleitungen an und in Beleuchtungskörpern	1 qmm
	Für isolierte Leitungen bei Verlegung auf Isolierkörpern	2,5 „

der Gummihülle ein, wenn sie ca. 1000 Stunden anhält, und die Umgebung 30° warm ist; die Temperatur des Drahtes beträgt dann 50° . Hieraus ergibt sich, daß in vielen Fällen auf kürzere Zeit ein Überschreiten der Tabellenwerte möglich ist, ohne gefährliche Erwärmung der Leitung herbeizuführen. Über den Temperaturgang bei aussetzenden Betrieben siehe Oelschläger, ETZ 1900, S. 1058; auch ETZ 1902, S. 941, N. 20. Über Erwärmung der Leitungen bei höheren Belastungen: Klement, ETZ 1906, S. 331. Apt, ETZ 1908, S. 406.

10) Die richtige Bemessung des Leitungsquerschnittes und der Sicherungen für aussetzende Belastungen, wie sie z. B. bei Kranen und Aufzügen oder auch bei Hintereinanderschaltung von drei oder mehr Bogenlampen vorkommen, ist nicht durch eine allgemein gültige Regel zu ordnen; denn wollte man auch die Zuleitung nach dem Anlaßstrom bemessen, so dürfte doch die Sicherung nicht derart sein, daß sie diesen Strom dauernd zuläßt, weil der Motor oder die Lampe sich festbremsen und dann durch Überhitzen zerstört werden könnten. Neuerdings ist man bemüht, für diesen Zweck „träge“ Sicherungen zu bauen, die zwar eine Überlastung eine Zeitlang aushalten, aber in einer bestimmt bemessenen Zeit abschmelzen, wenn die Überlastung andauert. In demselben Sinne wirken die „Zeitrelais“. ETZ 1903, S. 1049, N. 67.

11) Vgl. unter 2) sowie § 3 Regel 3 und ETZ 1903, S. 1049 N. 70. Die Minimalquerschnitte gelten für Kupferleitungen. Bei andern Metallen tritt Regel 4 in Geltung. Siehe hierüber unter 12).

Transportable Leitungen zum Anschluß beweglicher Beleuchtungskörper sollen nicht als Leitungen an oder in Beleuchtungskörper angesehen werden; denn es empfiehlt sich keineswegs, den Minimalquerschnitt von 0,75 qmm für solche

4. Bei Verwendung von Leitern aus minderwertigem Kupfer oder anderen Metallen sollen die Querschnitte so gewählt werden, daß sowohl Festigkeit wie Erwärmung durch den Strom den im vorigen für Kupfer gegebenen Querschnitten entsprechen.¹²⁾

Leitungen zu verwenden, da sie starker mechanischer Beanspruchung ausgesetzt sind. Man sollte sie niemals dünner als 1 qmm wählen.

12) Die Verwendung anderen Materials an Stelle des Kupfers der unter 6) angegebenen Leitfähigkeit sollte im Interesse der Übersichtlichkeit tunlichst vermieden werden. Manchmal ist sie indessen geboten. So hat die Erfahrung dazu geführt, in sehr feuchten Räumen, wie z. B. Brauereikellern, oder in solchen, welche ätzende Dünste enthalten (Stallungen, chemische Fabriken), das Kupfer durch verzinkten Eisendraht zu ersetzen. Dieser erhält passend einen Anstrich von guter Ölfarbe oder von Emaillack. Manchmal ist es von Vorteil, den Vorschaltewiderstand einer Bogenlampe in der Weise in die Leitung zu verlegen, daß man letztere aus Eisendraht herstellt. Zur Überwindung sehr großer Spannweiten von Freileitungen wurde gelegentlich Siliziumbronzedraht benutzt. Man sollte es jedoch zur Regel machen, derartiges Material nur ausnahmsweise und dann stets offen, niemals in Form von überspannenen oder sonst verdeckten Drähten zu verlegen.

Bei Bestimmung des Querschnittes, welcher bei anderen Metallen als Kupfer für jede einzelne Stromstärke nötig ist, muß beachtet werden, daß dieser nicht in demselben Verhältnis größer sein muß, als das Leitvermögen kleiner ist als das des Kupfers. Vielmehr wird bei kleineren Stromstärken durch eine proportionale Vermehrung des Querschnittes auch die ausstrahlende Oberfläche so stark zunehmen, daß eine verhältnismäßig größere Belastung erlaubt ist. Man muß daher je nach dem gewählten Leitungsmaterial von Fall zu Fall entscheiden.

Hierfür ist die folgende Überlegung maßgebend:

Es wird stets die durch den Strom (J) erzeugte Wärmemenge, welche sich aus dem spezifischen Widerstand (s) und dem Querschnitt ($r^2 \pi$) berechnet, der an der Oberfläche nach außen abgegeben gleich sein müssen. Letztere ist dem Temperaturüberschuß (u), der äußeren Wärmeleitfähigkeit (h) und der Oberfläche ($2r\pi$) proportional, so daß $u \cdot h \cdot 2r\pi = \text{konst. } J^2 s / r^2 \pi$ oder $u \cdot h = \text{konst. } J^2 s / r^3$ oder $J^2 = K \cdot D^3$.

Ausführliche Untersuchungen haben gezeigt, daß diese Beziehung nur für dickere Drähte zutrifft, während im allgemeinen die Formel gilt:

$$J^2 = K_1 D^2 + K_2 D^3.$$

Sollen also Stromstärke, Erwärmung und Oberflächenbeschaffenheit gleich bleiben, so müssen nach der ersten Formel bei verschiedenen Stoffen die dritten Potenzen der zu wählenden Halbmesser sich wie die spezifischen Widerstände der benützten Metalle verhalten. Ändert sich z. B. der spezifische Widerstand im Verhältnis von 17 (Kupfer) zu 102 (Eisen), also um das 6 fache, so braucht der Durchmesser nur um das 1,8 fache größer genommen zu werden. Im übrigen ist die Beschaffenheit der Oberfläche des Drahtes und seiner Umgebung (bewegte oder ruhende Luft) von sehr erheblichem Einfluß.

Bei Bestimmung des zulässigen kleinsten Querschnittes für andere Metalle als Kupfer ist neben der Erwärmung auch deren Festigkeit zu beachten. Es müssen diejenigen Zugfestigkeiten

§ 21.

Allgemeines über Leitungsverlegung.¹⁾

a) Festverlegte Leitungen müssen durch ihre Lage oder durch besondere Verkleidung vor mechanischer Beschädigung geschützt sein²⁾; soweit sie unter Spannung gegen Erde stehen³⁾, ist im Handbereich stets

gewährleistet sein, die den Kupferquerschnitten des § 20²⁾ entsprechen. Dabei kann als Zugfestigkeit des bei Freileitungen gebräuchlichen Hartkupfers 40 kg für 1 qmm zugrunde gelegt werden, während für Weichkupfer die Festigkeit zu 21—26 kg und die höchst zulässige Beanspruchung zu 5 kg für 1 qmm angenommen wird. ETZ 1894, S. 438; 1897, S. 396; 1907, S. 811.

Für Aluminiumdrähte sind Festigkeitszahlen in der ETZ 1901, S. 635 angegeben. Vgl. auch Z. f. Elektrochemie 1902, S. 572—574 sowie Uppenborn-Dettmars Kalender 1908 S. 281.

§ 21. 1) Die Grundsätze über Leitungsverlegung, wie sie im § 21 zusammengestellt sind, sollen keineswegs als erschöpfend angesehen werden; vielmehr finden sich an vielen anderen Stellen der Vorschriften ebenfalls Bestimmungen über die Verlegung, die ebenso wie die des § 21 sowohl für Leitungen und Installationen im Freien als für solche in Gebäuden gelten.*) Die Abschnitte a) bis d) handeln vom Schutz der Leitungen gegen mechanische Beschädigung, wobei zu beachten ist, daß daneben noch der im § 3 behandelte Schutz gegen Berührung durch Personen gefordert wird. Die nach beiden Richtungen hin vorgeschriebenen Schutzmaßnahmen treffen zwar vielfach zusammen, so daß ein und dieselbe Vorkehrung beide Wirkungen erzielt, aber sie werden doch von so verschiedenen Bedingungen beherrscht, daß sich eine gemeinsame Vorschrift für beide Forderungen nicht aufstellen ließ. Unter d) bis h) wird von den Maßnahmen zur Erzielung der nötigen Isolation und zwar hauptsächlich von den einzuhaltenden Abständen gehandelt. Weitere Einzelheiten über besondere Verlegungsmittel ergeben sich, da sie vorzugsweise in Gebäuden Anwendung finden, aus den §§ 25—26. Die Abschnitte i) bis m) sprechen von den Verbindungen und Abzweigungen der Leitungen; hieran schließen sich unter n) und o) einige Einzelheiten über Kreuzungen und über gegenseitige Beeinflussung.

2) Wo die Gefahr einer Beschädigung vorliegt kann nicht allgemein angegeben werden; es richtet sich dies nach der Beschaffenheit und Benutzungsart der Örtlichkeit. In Betriebsstätten, an denen größere Werkstücke und Werkzeuge gehandhabt werden, wird die Schutzverkleidung unter Umständen kräftiger zu wählen und über den unmittelbaren Handbereich zu erstrecken sein. Besonders gefährdet sind die Fußbodendurchgänge, ferner auch Leitungen, welche unmittelbar auf den Fußböden, z. B. auf dem eines Speichers geführt sind, wie dies etwa bei den Zuleitungen zu sogenannten Oberlichtern von Bühnenbeleuchtungen oder zu Kronleuchtern vorkommt. Diese bedürfen eines Schutzes auch dann, wenn der Speicher in der Regel nicht betreten wird. Überhaupt ist das Verlegen auf der Oberkante oder Oberfläche von horizontal verlaufenden Konstruktionsteilen der Gebäude viel weniger zu empfehlen, als die Benutzung der unteren oder seitlichen Flächen zu diesem Zweck. ETZ 1904, S. 425 N. 106.

3) Über Schutz der geerdeten Leitungen siehe unter d).

*) Wie bereits beim Bau der Häuser auf die Verlegung der Leitungen Rücksicht zu nehmen ist, sagen die „Leitsätze für Herstellung und Einrichtung von Gebäuden bezüglich Versorgung mit Elektrizität“. ETZ 1910, S. 825.

eine besondere Verkleidung zum Schutz gegen mechanische Beschädigung erforderlich.⁴⁾ (Ausnahmen siehe §§ 8d, 28g und 30a).

1. Bei armierten Bleikabeln und metallumhüllten Leitungen gilt die Metallhülle als Schutzverkleidung.⁵⁾

Bei Niederspannung gelten Rohre (§ 26) als Schutzverkleidung.⁶⁾

✂ | In B. u. T. sollen metallische Schutzverklei- |
| dungen geerdet werden.^{8a)} |

b) Bei Hochspannung müssen Schutzverkleidungen aus Metall geerdet, solche aus Isolierstoff dürfen nicht hygroskopisch sein.⁷⁾

2. Bei Hochspannung gilt als nicht hygroskopischer Isolierstoff für Schutzverkleidungen auch imprägniertes Holz.

c) Transportable Leitungen und bewegliche Leitungen, welche von festverlegten abgezweigt sind, bedürfen eines besonderen Schutzes nur dann, wenn sie roher Behandlung ausgesetzt sind.⁸⁾

4) Auch Leitungen, die an sich kräftig und widerstandsfähig sind, z. B. Steigleitungen, müssen abgesehen von den besonders erwähnten Ausnahmen, im Handbereich durch Rohre oder andere Mittel geschützt sein. Ebensowenig kann die Verwendungsart des Raumes, z. B. der Umstand, daß es sich um selten betretene oder nur zu feierlichen Gelegenheiten (etwa zu Repräsentationszwecken) benutzte Räume handelt, von der Forderung entbinden.

5) Nackte Bleikabel gelten auch in Wohnräumen innerhalb des Handbereiches nicht als genügend geschützt.

6) Die Metallumhüllung der Rohr- und Falzdrähte ist den Rohren gleichzuachten.

7) Vgl. § 3b) und c). Bei Hochspannung darf das Gebiet des „Handbereiches“ nicht zu eng gefaßt werden.

Bei metallischen Schutzverkleidungen ist auf sorgfältige Bemessung der Erdverbindung und leitende Verbindung der Stoßstellen die größte Aufmerksamkeit zu richten; denn es ist nie ganz ausgeschlossen, daß die Leitung an einer oder der andern Stelle die Verkleidung berührt und daß ein Durchschlagen der Isolierhülle stattfindet. Wenn die sichere Erdung nicht durchführbar ist, so ist eine isolierende Verkleidung vorzuziehen. Wenn die Schutzverkleidung dem Zweck der Leitung widersprechen würde, wie z. B. bei Kontaktleitungen von Laufkränen, so ist die Leitung durch die Lage, in der sie angeordnet ist, gegen Berührung zu sichern. ETZ 1905, S. 475 N. 162.

8) Transportable Leitungen, wie sie zur Speisung von Tischlampen, Plätteisen, Kochapparaten u. dgl. dienen, liegen der Regel nach im Handbereich, können aber der Forderung eines besonderen Schutzes durch Verkleidung, wie sie § 21 a) für festverlegte Leitungen verlangt, meistens nicht unterworfen werden, ohne ihren Zweck wesentlich zu beeinträchtigen. Ein gewisser Schutz gegen Verletzung durch Zugbeanspruchung liegt in der durch § 211) geforderten Maßnahme, daß sie nur mittels lösbarer Verbindung (Steckvorrichtung) abgezweigt werden. Neben diesen lösbaren transportablen Leitungen werden als bewegliche diejenigen bezeichnet, die zwar an die festverlegte Leitung unlösbar angeschlossen sind, aber dem von ihnen verlegten Stromverbraucher eine begrenzte Beweglichkeit gestatten; solche kommen z. B. bei Webstuhllampen vor. Sie sollten so eingerichtet werden, daß die Stromzuführung im Sinne des

✂ In B. u. T. bedürfen transportable und bewegliche Leitungen stets eines besonderen Schutzes; besteht der Schutz aus Metallarmierung, so muß er geerdet sein.^{8a)}

d) Geerdete Leitungen können direkt an Gebäuden befestigt oder in die Erde verlegt werden, jedoch ist eine Beschädigung der Leitungen durch die Befestigungsmittel oder äußere Einwirkung zu verhüten.⁹⁾

§ 18c) nicht auf Zug beansprucht werden und nach § 18^{d)} nicht durch die Bewegung verletzt werden kann. ETZ 1903, S. 516 N. 54; 1904, S. 361 N. 81 und 98; S. 425 N. 107; 1905, S. 278 N. 136 und 138; S. 279 N. 153.

Immerhin sind transportable und bewegliche Leitungen stets der Beschädigung und Abnutzung in hohem Maße ausgesetzt und sind daher besonders gut zu beaufichtigen. Wo es möglich ist, besonders aber auf Werkplätzen, in Werkstätten, nach Umständen auch in Küchen usw. sind kräftige Sorten, z. B. Panzerschnüre anzuwenden, oder Leder-, Gummi-, Metallschläuche als Schutzverkleidung zu benutzen.

8a) Die Erdung der metallischen Schutzverkleidung wird nur gefordert, wenn das Metall der Berührung zugänglich ist. Ist der Metallschutz mit einer haltbaren Isolierhülle bedeckt (Leder), so kann unter Umständen die Erdung unterbleiben.

9) Geerdete Leitungen, die sowohl zur Schutzerdung nach § 3 wie auch zur Betriebserdung z. B. im Mittelleiter von Dreileitersystem vorkommen, müssen nicht nur ebensogut, wie andere Leitungen, sondern womöglich noch sorgfältiger vor Verletzung geschützt werden, als jene. Denn eine Unterbrechung des geerdeten Leiters kann in den übrigen eine bedenkliche Erhöhung der Spannung zur Folge haben. Man darf sich dadurch, daß der geerdete Leiter manchmal unisoliert verlegt wird, nicht verleiten lassen, ihn mit weniger Sorgfalt zu behandeln oder zu verlegen.

Namentlich ist zu berücksichtigen, daß in größerer Entfernung von der absichtlich hergestellten Erdverbindung auch in dem an Erde gelegten Zweig eine merkliche Potentialdifferenz gegen Erde auftreten kann infolge des durch die Belastung bedingten Spannungsverlustes bei ungleicher Beanspruchung der beiden Hälften des Dreileitersystems. Diese wird unter Umständen imstande sein, an Stellen mangelhafter oder wechselnder Berührung mit der Erde (Gas- oder Wasserleitungen) Funkenbildung zu veranlassen. Noch bedenklicher sind die elektrolytischen Zerstörungen, die bei fortgesetztem Stromübergang aus einem der blanken Leiter auf benachbarte Metallteile unter Vermittelung von feuchtem Holz oder feuchtem Mauerwerk eintreten können. Es empfiehlt sich daher, an allen Stellen, wo ein Stromübergang von dem blanken geerdeten Draht nach der Erde auf Seitenwegen möglich ist, eine gut leitende metallische Erdverbindung herzustellen, an denjenigen Punkten aber, wo eine derartige leitende Verbindung nicht geschaffen werden soll, die Ausbildung unbeabsichtigter Ableitungsströme durch zwischengelegte Isolierstoffe zu verhindern. Der Anschluß der geerdeten Leiter an die letzten Ausläufer von Gas- und Wasserleitungsrohren wird im allgemeinen nicht empfohlen werden können, weil deren Leitfähigkeit namentlich an den Stoßstellen nicht verbürgt ist.

Nachdem seit Jahren ausgedehnte Anlagen mit blankem geerdeten Mittelleiter in mehreren Städten, wie Bonn, Krefeld, Elden, Gladbach, Stuttgart, Xanten im Betrieb sind, ist der

3. Strecken einer geerdeten Betriebsleitung sollen nicht durch Erde allein ersetzt werden.¹⁰⁾

e) Ungeerdete blanke Leitungen dürfen nur auf zuverlässigen Isolierkörpern verlegt werden.¹¹⁾

✂ In B. u. T. sind sie außer in abgeschlossenen Betriebsräumen nur als Fahrleitungen zulässig (siehe § 42).

f) Ungeerdete blanke Leitungen müssen, soweit sie nicht unausschaltbare gleichpolige Parallelzweige bilden, in einem der Spannweite, Drahtstärke und Spannung angemessenen Abstand voneinander und von Gebäudeteilen, Eisenkonstruktionen u. dgl. entfernt sein.

4. Ungeerdete blanke Leitungen sollen, soweit sie nicht unausschaltbare Parallelzweige sind, in der Regel bei Spannweiten von mehr als 6 m etwa 20 cm, bei Spannweiten von 4—6 m etwa 15 cm und bei kleineren Spannweiten etwa 10 cm voneinander, in allen Fällen aber etwa 5 cm von der Wand oder von Gebäudeteilen entfernt sein. (Vgl. § 31².)¹²⁾

Beweis für die Durchführbarkeit des Systems erbracht; doch sind die örtlichen Verhältnisse zu berücksichtigen. Es scheint z. B., daß die Beschaffenheit des Mauerkalkes auf die Haltbarkeit der blanken Drähte von Einfluß ist. Vergl. ETZ 1902, S. 307, 308 und S. 698 unter 8); 1903 S. 1049 N. 65.

10) Vgl. § 3⁴. Der Unterschied zwischen geerdeter „Betriebsleitung“, z. B. geerdetem Mittelleiter, und der sogenannten „Schutzerdung“ ist zu beachten. Als „Erde“ im Sinne des § 21² sind auch metallische Gebäudeteile anzusehen. Diese dürfen wohl zur Verstärkung der besonders zu verlegenden Erdleitung herangezogen werden, nicht aber als ganzer oder teilweiser Ersatz, der dauernd im Betriebe Strom führen soll. So darf z. B. ein geerdeter Mittelleiter nicht streckenweise durch Erde selbst oder einen solchen Gebäudeteil ersetzt werden. Anders ist es bei Schutzerdungen, namentlich, wenn sie nur statische Ladungen abführen sollen. Solche können unter Umständen lediglich durch Anschluß an metallische Gebäudeteile. Fundamente von Turbinen oder Dampfmaschinen in hinreichender Weise erzielt werden. Doch sind stets alle Möglichkeiten von wirklichen Stromübergängen in Rücksicht zu ziehen.

Wird die Regel 3 nicht beachtet, so können sich Stromübergänge unter Vermittelung von feuchten Erd- oder Mauer-schichten ausbilden, wobei eine elektrolytische Zerstörung der Leitungen oder der Rohre eintreten kann, wie unter 9) erörtert ist.

11) Blanke Leitungen bedürfen naturgemäß stets eines besser isolierenden Befestigungsmittels, als isolierte Leitungen. Bei der Beurteilung der Gleichwertigkeit ist stets von der Porzellandoppelglocke als der normalen Isoliervorrichtung auszugehen. Es müssen daher die Ersatzmittel dem Stromübergang ähnlich lange Wegstrecken entgegensetzen. Auf den Schutz gegen Regen, den die Glocke bietet, kann in trockenen Räumen unter Umständen verzichtet werden, doch ist zu beachten, daß die vertikalen überdachten isolierenden Flächen der Glocke auch dem Staub und Schmutz besser entzogen sind, als unüberdachte Flächen. In Kellern, Stallungen, dampferfüllten Räumen ist auf Tropfwasser und Kondenswasser Rücksicht zu nehmen. Vgl. auch Erläuterungen zu § 25c) bis f).

12) Berührung zwischen blanken Leitungen gibt zu Kurz-

5. Bei Verbindungsleitungen zwischen Akkumulatoren, Maschinen und Schalttafeln und auf Schalttafeln, ferner bei Zellschalter-Leitungen und bei parallel geführten Speise-, Steig- und Verteilungsleitungen können starke Kupferschienen sowie starke Kupferdrähte in kleineren Abständen voneinander verlegt werden.

Kleinere Abstände zwischen den Leitungen sind nur zulässig, wenn diese Abstände durch geeignete Isolierkörper gewährleistet sind, die nicht mehr als 1 m voneinander entfernt sind.¹³⁾

schluß und Funkenbildung oder zur Bildung stehender Lichtbogen Anlaß, und zwar nicht nur zwischen Leitungen verschiedener Polarität, sondern auch zwischen gleichpoligen, die Spannungsdifferenzen aufweisen. In Gebäuden ist der Durchhang, außerdem aber auch die stärkere Erwärmung einzelner Leitungsstrecken durch etwa vorhandene Kessel, Öfen, Feuerungen, ferner die zufällige Berührung mit Werkzeugen, Staffeleien u. s. w. zu berücksichtigen.

Unausschaltbare Parallelzweige kommen in der Regel nur dadurch zustande, daß man des leichteren Spannens wegen oder behufs nachträglicher Verstärkung mehrere dünne Drähte statt eines dicken nebeneinander spannt. Sie sind an einzelnen Stellen miteinander durch verlötete Querdrähte zu verbinden.

Eine leichtere Übersicht über die in den Regeln 4, 6, 7, 9 und 13 angegebenen Abständen ungeerdeter Leitungen von den Wänden ergibt sich aus folgender Tabelle.

Abstände der ungeerdeten Leitungen von der Wand	Außerhalb von Gebäuden		In Gebäuden	
	blanke L.	isolierte L.	blanke L.	isolierte L.
Niederspannung	5 cm (§ 21 ⁴)	2 cm (§ 21 ²)	5 cm (§ 21 ⁴)	1 cm (§ 21 ²) (in feuchten Räumen 5 cm (§ 31 ²))
Hochspann. bis 500 V.	10 cm (§ 21 ²)		5 cm (§ 21 ²)	2 cm (§ 21 ¹³)
„ „ 1000 „	„		„ „	„ „
oberhalb 1000 „	„		5 cm	
„ 5000 „	„		5 cm	
„ 6000 „	„		6 cm	
„ 11000 „	11 cm		11 cm	

13) Die für Akkumulatorräume und die Leitungen nach den sogenannten Zuschaltzellen und für ähnliche Verhältnisse gemachte Ausnahme ist nur für solche Leitungen gültig, die keine erheblichen Spannungsdifferenzen aufweisen, sie ist darin begründet, daß für diese, meist in großer Anzahl nötigen, Leitungen in der Regel nur ein beschränkter Raum zur Verfügung steht. Die großen Querschnitte dieser Drähte werden ihnen in der Regel so viel Festigkeit verleihen, daß die Gefahr einer Berührung ausgeschlossen ist. Benutzt man dabei Rollen auf gemeinsamem Träger, so muß die geringere Isolierfähigkeit der Rollen durch eine bessere Isolation des gemeinsamen Rollenträgers ausgeglichen werden.

Zu beachten ist, daß die elektrodynamische Anziehung und Abstoßung bei hohen Stromstärken Ausbiegungen der Leitungsschienen und infolgedessen gegenseitige Berührung bewirken kann. Sind die Leitungen nicht selbst genügend steif, so sind in

6. *Blanke Hochspannungsleitungen sollen, soweit sie nicht unausschaltbare Parallelzweige sind, voneinander, von der Wand oder anderen Gebäudeteilen und von der eigenen Schutzverkleidung nicht weniger als 1 cm für je 1000 Volt, mindestens aber 5 cm entfernt sein. Für die Bemessung der Abstände ist die Spannung maßgebend, die betriebsmäßig zwischen den Leitungen oder zwischen Leitungen und Wand vorhanden ist.*¹⁴⁾

7. *Wird eine Hochspannungsleitung an der Außenseite eines Gebäudes geführt, so soll an keiner Stelle der Abstand von der äußeren Gebäudewand weniger als 1 cm für je 1000 Volt; mindestens aber 10 cm betragen. (Siehe auch § 22b.) Ausgenommen hiervon sind Kabel.*¹⁵⁾

g) *Isolierte Leitungen dürfen entweder offen auf geeigneten Isolierkörpern oder in Rohren verlegt werden.*¹⁶⁾

solchen Fällen trennende Isolierkörper in geeigneten Abständen zwischen den Leitungen anzuordnen, die unter Umständen von den Leitungen selbst getragen werden können.

14) Siehe die unter ¹²⁾ gegebene Übersicht über die Abstände.

15) Der Abstand von 10 cm ist nur dann ausreichend, wenn die Leitungen von betretbaren Örtlichkeiten aus nicht ohne besondere Hilfsmittel erreichbar sind (§ 22b).

16) Für die Abstände isolierter Leitungen von den Wänden, Schutzverkleidungen und zwischen den Leitungen selbst ist eine allgemeine Vorschrift nicht gegeben, weil vorausgesetzt wird, daß im allgemeinen die Hülle des Drahtes selbst eine der Spannung angepaßte Isolier- und Durchschlagfestigkeit besitzt, wie denn auch in mehradrigen Kabeln die Leitungen verschiedenen Potentials auf weite Strecken nur durch die Isolierschichten getrennt eng nebeneinander liegen; ebenso hat sich die Verlegung der beiden Leitungen eines Stromkreises in einem gemeinsamen Rohr für Niederspannung bewährt. Damit ist jedoch nicht gesagt, daß die erwähnten Abstände völlig unerheblich seien und keiner weiteren Beachtung bedürften. Im allgemeinen pflegt man sich auf die Wirkung der Isolierhülle des Drahtes allein nur dann zu verlassen, wenn sie der Beschädigung entzogen, d. h. wenn die Leitung etwa durch ein Rohr geschützt und damit auch am Durchbiegen oder Durchscheuern gehindert ist. Diese Vorteile finden sich in erhöhtem Maße bei Leitungen, die in einem Kabel vereinigt sind, das seinerseits durch die Armierung geschützt ist. Sie werden ferner nach Regel 11 und 12 den Leitungen mit unmittelbar aufsitzen- der metallischer Schutzhülle und bezüglich der gegenseitigen Berührung allen wasserdicht isolierten Leitungen dann zugebilligt, wenn eine Lagenveränderung verhindert ist.

Ist eine solche Schutzhülle oder Schutzverkleidung nicht vorhanden, so werden auch die isolierten Leitungen durch besondere Isolierkörper von der Umgebung und von benachbarten Leitungen getrennt, um einerseits die Isolierwirkung der Hülle zu erhöhen, die Spannung, mit der sie beansprucht wird, zu vermindern und zugleich die Kapazität der Leitung zu verkleinern, andererseits um die von den Wänden ausgehenden Schädlichkeiten (Kalk, Schmutz, Feuchtigkeit) von den Leitungen fern zu halten; nicht zum wenigsten endlich um die frei gespannten Leitungen dem Auge sichtbar zu machen und so zufällige Berührung derselben zu erschweren, ihre Verletzung

8. Leitungen sollen in der Regel so verlegt werden, daß sie ausgewechselt werden können. (Vgl. § 26².)¹⁷⁾

9. Isolierte offen verlegte Leitungen sollen bei Niederspannung im Freien mindestens 2 cm, in Gebäuden

zu vermeiden und die Kontrolle ihres Zustandes zu erleichtern. Siehe unter ¹⁸⁾.

Durch die Vorschriften des § 21 g) ist es verboten, Drähte unmittelbar einzumauern oder in den Verputz zu verlegen, ebensowenig dürfen sie einfach in den sogenannten Fehlboden, d. h. unmittelbar hinter dem Plafond oder unter den Fußboden eingezogen werden. Es ist vielmehr, wenn die Wandfläche glatt und die Leitung unsichtbar bleiben soll, die Verlegung in Röhren oder Kanälen anzuwenden, und zwar in der Weise, daß bei dünneren Leitungen eine hinreichende Anzahl von Einführungs- und Abzweigungsdosen vorgesehen wird, um die Drähte herausziehen und einführen zu können, ohne dabei die Wände und Decken oder den Draht selbst zu verletzen, während bei Leitungen stärkeren Querschnittes wenigstens die Rohre selbst unverdeckt und zugänglich bleiben sollen (§ 26²). Dies ist notwendig, weil unzugängliche Drähte in bezug auf ihre Beschaffenheit und die Veränderung, welche die Isolierschicht durch die in Mauern und Wänden enthaltene Feuchtigkeit oder sonstige schädliche Stoffe erleidet, nicht untersucht werden können. Die entstehenden Fehler geben zu Erdschluß und Kurzschluß Anlaß, der alsdann oft an einer entfernten Stelle zu Überlastung und Entzündung führt.

17) Dabei ist auch zu beachten, daß jede Verlegungsart, welche eine Nachprüfung des verlegten Drahtes ausschließt, geeignet ist, die Arbeiter, welche die Verlegung ausführen, zu Mißbräuchen zu verleiten. Es werden z. B. Lötstellen eingefügt, wo sie nicht hingehören, oder die Lötstellen werden schlecht isoliert, verletzte oder zu dünne Drahtstrecken können verwendet werden und dgl. mehr. Diese Bedenken sprechen für die aufgestellte Bestimmung, während aus rein physikalischen Gründen nichts im Wege stände, etwa eine ungelötete Drahtlänge an einer trockenen Mauer in reinen Gips völlig einzubetten, sofern sie dort dauernd vor Nässe und vor Beschädigungen (etwa durch eingetriebene Nägel) geschützt ist.

(Über die Verlegung der Rohre vgl. auch § 26.)

Auch blanke, geerdete Leitungen sollen nicht ohne Schutzrohr eingeputzt werden. Gerade sie sind mit besonderer Sorgfalt so zu verlegen, daß sie stets nachgesehen werden können; denn der Umstand, daß die Verlegung hier ohne Rücksicht auf elektrische Isolation ausgeführt werden darf, verführt sehr leicht dazu, diese Leitung selbst mit weniger Sorgfalt zu behandeln. Wird der Körper metallischer Schutzrohre als geerdeter Mittelleiter verwendet, so ist bei sorgfältiger leitender Verbindung der Stoßstellen und genügender Stärke des Rohrkörpers das Einputzen meistens unbedenklich. Rohrdrähte siehe unter 19). Vgl. unter ⁹⁾.

Kabel fallen nicht unter die Bestimmung des § 21 g), da der Sprachgebrauch unter isolierten Leitungen solche versteht, die nicht mit nahtloser wasserdichter Metallhülle versehen sind, wie es bei Kabeln der Fall ist. Bei Verlegung von Kabeln ist nur dafür zu sorgen, daß eine Prüfung ihres Zustandes auf elektrischem Wege möglich bleibt; weshalb in nicht zu großer Entfernung von den Enden der Kabel Sicherungen oder Anschlußstellen vorzusehen sind, die ein Einschalten von Meß-

mindestens 1 cm von der Wand entfernt gehalten werden.¹⁸⁾

✂ In B. u. T. soll der Abstand mindestens 2 cm von Stößen, Firsten u. dgl. betragen.

10. Gummibandleitungen (siehe § 19¹⁾) sollen auch in Isolierrohren nur über Putz verlegt werden. Gummiaderleitungen in Isolier- oder Metallrohren dürfen auch unter Putz verlegt werden.

✂ In B. u. T. sind Gummibandleitungen nicht zulässig.

11. Isolierte Leitungen mit metallener Schutzhülle (Panzerader, Rohrdrähte usw.) können in trockenen Räumen und im Freien an maschinellen Konstruktionen und Apparaten, welche ständiger Überwachung unterstehen (wie Krane, Schiebebühnen usw.), direkt auf Wänden und Konstruktionsteilen mit Schellen befestigt werden.¹⁹⁾

12. Bei Einrichtungen, bei denen ein Zusammenlegen von Leitungen unvermeidlich ist (z. B. Reguliervorrichtungen, Schaltanlagen), dürfen Leitungen mit wasserdichter Isolierhülle so verlegt werden, daß sie sich berühren, wenn eine Lagenveränderung ausgeschlossen ist.²⁰⁾

13. Bei Hochspannung gilt als angemessener Abstand von auf Glocken, Rollen usw. verlegten isolierten Leitungen von der Wand bis 1000 Volt mindestens 2 cm,

geräten möglich machen. Die Kabel sind in hohem Grade in sich geschützt und eine mißbräuchliche Verlegung einzelner beschädigter oder ungeeigneter Strecken ist nicht so leicht möglich, wie bei Drähten.

18) Vgl. die Übersicht unter ¹²⁾. Die Abstände parallel geführter Drähte unter sich sind für blanke Drähte durch § 21⁴ geregelt. Isolierte Drähte werden in Rohren (§ 26c) und Beleuchtungskörpern unmittelbar nebeneinander gelegt. Bei offener Verlegung ist dies jedoch im allgemeinen nicht zulässig. Die Isolatoren sollen vielmehr in solchem Abstände voneinander stehen, daß sich die Drähte auch auf den frei gespannten Strecken nicht aneinander scheuern können. In der Regel wählt man für Niederspannung 5 cm, bei Hochspannung 10 cm Abstand, häufig ist jedoch je nach der Art der benutzten Isolierhülle und der Höhe der Spannung, noch größerer Abstand erforderlich. Vgl. ¹⁶⁾.

19) Vgl. unter ²⁰⁾. Rohrdrähte dürfen nicht unter Putz verlegt werden. ETZ 1908, S. 652, N. 202.

20) Das Bedürfnis nach einem dichteren Zusammenlegen macht sich nur in besonderen Fällen fühlbar, so z. B. bei den in Regel 11 erwähnten Kranmotoren oder bei Bühnenregulatoren, oder bei den neuerdings beliebten Reklamebeleuchtungen mit umlaufenden Schaltwalzen. Hier müssen zahlreiche Leitungen, die den einzelnen Lampengruppen oder Regelungsorganen zugehören, auf kleinere oder größere Strecken einen gemeinsamen Weg nehmen und treffen an der Schaltvorrichtung dicht zusammen. Derartige Leitungen dürfen dicht zusammengelegt werden, wenn sie mit nahtloser Gummiader umhüllt und außerdem so fest miteinander verbunden sind, daß sie sich nicht gegeneinander bewegen, also reiben oder verwirren können. Am besten vereinigt man sie auf der gemeinsamen Wegstrecke durch Umschnüren mit Isolierband oder durch Einnähen in einen Schlauch aus starkem, wasserdichtem Stoff oder Leder.

oberhalb 1000 Volt mindestens 1 cm für je 1000 Volt, wenigstens aber 5 cm. Hierbei sollen isolierende Schutzverkleidungen der Leitungen mindestens 5 cm abstehen.²¹⁾

h) Bei Leitungen oder Kabeln für Ein- und Mehrphasenstrom, die eisenumhüllt oder durch Eisenrohre geschützt sind, müssen sämtliche zu einem Stromkreise gehörigen Leitungen in der gleichen Eisenhülle enthalten sein, sofern nicht in anderer Weise eine gefährliche Erwärmung der Eisenhülle vermieden wird.²²⁾

i) Die Verbindung von Leitungen untereinander, sowie die Abzweigung von Leitungen dürfen nur mittels Lötung, Verschraubung oder gleichwertiger Verbindung hergestellt werden.²³⁾

21) Vgl. unter ¹²⁾ und ¹⁰⁾.

22) Wechselströme können, wenn nur eine Leitung in einem Metallrohr geführt ist, dieses zum Träger induzierter Ströme machen. Bei Eisenrohren kommen hierzu noch die magnetischen Erregungen, welche nicht nur einen gewissen Verlust an elektrischer Energie, sondern auch Erwärmungen des Eisenrohres bewirken. Auch Metallrohre aus unmagnetischem Stoff, wie Blei oder Messing, können durch die induzierten Ströme Erwärmung erfahren; besonders wenn diesen eine geschlossene Bahn geboten wird z. B. über andere Metallteile des Gebäudes, wie Gasrohre, Wasserrohre, eiserne Träger, wobei sie je nach den obwaltenden Verhältnissen nicht unerhebliche Stärke annehmen können. Da solche Verhältnisse selten zusammentreffen, so ist die Vorschrift, daß bei Wechselstrom stets Hin- und Rückleitung in dasselbe Rohr verlegt werde, auf eiserne oder eisenüberzogene Rohre beschränkt worden. Entscheidend ist die Sachlage (Stromstärke usw.) im Einzelfalle. ETZ 1909, S. 497, N. 210. Maßgebend für die Vorschrift ist nur die Erwärmung, nicht die im El. Anzeiger 1909, S. 567 betonten Verluste; die übrigens den Ohmschen Verlust nur verhältnismäßig wenig erhöhen. Bei Mehrphasenströmen müssen alle zusammengehörigen Leiter in einem Rohr vereinigt sein. Die Forderung ist auch erfüllt, wenn das Rohr selbst einen der Leiter bildet und die andern zugehörigen einschließt. Vgl. ETZ 1904, S. 813—816, S. 362, N. 82, S. 425, N. 104 a; 1905, S. 278, N. 135, 139, 140; 1909, S. 497, N. 210. Handelt es sich um sehr hohe Spannungen, so werden Kabel mit zwei oder mehr Adern infolge ihres großen Durchmessers unhandlich. Man kann dann Einfachkabel verwenden und die Bleimäntel der zu einem Stromkreis gehörigen Kabel an mehreren Stellen leitend verbinden oder auch einen besonderen Leiter, der mit diesen Mänteln verbunden ist, mit verlegen.

23) Das elektrische Leitvermögen darf an einer Verbindungsstelle des Drahtes nicht geringer sein, als innerhalb des Drahtes selbst. Unzulässig ist demnach das häufig von unberufenem Personal beliebte Verfahren, die Drähte einfach umeinander zu würgen. Hierbei bleibt eine Oxydschicht zwischen den beiden zu verbindenden Drahtenden, welche im Laufe der Zeit ihren Widerstand immer mehr erhöht; besonders dann, wenn der Zutritt von Feuchtigkeit nicht ausgeschlossen ist. Als eine dem Verlöten gleichwertige Verbindungsart ist der Drahtbund nach Arlt und Mc Intire vorgeschlagen worden, bei welchem eine Hülse von zähem Metall über die Drähte geschoben und mit ihnen verdrillt wird. Die so erzielte Ver-

In B. u. T. müssen an Schaltstellen die ankommenden Leitungen abtrennbar sein.

Abzweigungen von Leitungen müssen unter Spannung abtrennbar sein, mit Ausnahme von Beleuchtungsleitungen, welche nach § 14 zu behandeln sind. Die Trennstelle muß in angemessener Entfernung von der durchgehenden Leitung liegen.^{23a)}

14. Die Verbindung der Leitungen mit den Apparaten, Maschinen, Sammelschienen und Stromverbrauchern soll durch Schrauben oder gleichwertige Mittel ausgeführt werden.²⁴⁾

Vergrößerung der Übergangsfläche, verbunden mit dem ziemlich zuverlässigen Abschluß von Luft und Feuchtigkeit, lassen das Verfahren bei sorgfältiger Ausführung als zulässig erscheinen. Es empfiehlt sich dort, wo das Löten mit Gefahr verbunden ist, z. B. auf Strohdächern. ETZ 1903, S. 1049 N. 66.

Bei P e s c h e l s Verlegungsart in blanken Metallrohren, die als geerdete Leiter dienen können, wird die leitende Verbindung der einzelnen Rohrlängen durch einen federnden Kontakt vermittelt, dessen richtiger Sitz kontrollierbar ist. Vgl. ETZ 1902, S. 202, 510. ETZ 1903, S. 1049 N. 69.

Es ist auch verboten, zwei Drähte durch eine freihängende Klemmschraube zu verbinden. Dieses Hilfsmittel ist ausschließlich zu vorübergehenden Verbindungen bei Versuchen im Laboratorium usw. anzuwenden, niemals aber zu dauerndem Anschluß; denn die blanke Klemme gibt Anlaß zu gefahrbringender Berührung, außerdem wird durch die Schwingungen, welche die freihängende Masse der Klemme stets ausführen wird, ein Zug auf die Berührungsstellen ausgeübt, womit allmähliche Lockerung der Verbindung entsteht. Eine andere unzulässige Verbindungsart siehe ETZ 1905, S. 279 N. 148. Ist es an irgend einer Stelle erwünscht, eine lösbare Verbindung zwischen zwei Drähten zu haben, so setze man eine mit entsprechender Unterlage an der Wand oder Decke befestigte Anschlußklemme ein, wie sie in Regel 15 verlangt ist. Vgl. unter ²⁶⁾.

Beim Löten ist darauf zu achten, daß die verwendeten ätzenden LötmitteI nach Herstellung der Verbindung sorgfältig entfernt werden; da dies von unkontrollierten Arbeitern oft versäumt wird, so daß dünne Drähte durch die Nachwirkung zerfressen werden, so ist es üblich, stark saure LötmitteI (Salzsäure) den Arbeitern zu verbieten. Mäßige Zusätze schwacher z. B. organischer Säuren sind erfahrungsgemäß unschädlich. ETZ 1907, S. 856 u. 875.

23 a) Die Abtrennbarkeit ermöglicht, größere oder kleinere Teile des Netzes spannungslos zu machen und so Fehler zu finden oder zu beheben. Vielfach ist das Abtrennen mit Hilfe der betriebsmäßig vorhandenen Schalter, Sicherungen, Anschlußklemmen u. dgl. möglich, andernfalls sind entsprechende Hilfsmittel einzubauen.

24) Unzulässig ist es, Drähte nur um die Anschlußstücke umzuwickeln oder etwa zwischen die isolierenden Unterlagplatten und die Anschlußstücke einzuklemmen.

Drähte mit fest verlegten Apparaten zu verlöten, ist im allgemeinen nicht verboten. Es wird sich jedoch in der Regel nicht empfehlen, weil unter Umständen ein Lösen der Verbindung zwecks Revision der Anlage nötig wird.

Schnüre oder Drahtseile bis zu 6 qmm und Einzeldrähte bis zu 25 qmm Kupferquerschnitt können mit angebogenen Ösen an die Apparate befestigt werden. Drahtseile über 6 qmm, sowie Drähte über 25 qmm Kupferquerschnitt sollen mit Kabelschuhen oder gleichwertigen Verbindungsmitteln versehen sein. Bei Schnüren und Drahtseilen jeder Art sollen in der Regel die einzelnen Drähte jedes Leiters, wenn sie nicht Kabelschuhe oder gleichwertige Verbindungsmittel erhalten, an den Enden miteinander verlötet sein.²⁵⁾

✂ | In B. u. T. sind nichtarmierte Schnüre als fest- |
| verlegte offene Leitungen unzulässig. |

15. Die Verbindungen von Schnüren untereinander und die Abzweigungen von denselben sollen mit Abzweigmitteln auf isolierender Unterlage oder mit gleichwertiger Vorrichtung ausgeführt sein. An und in Beleuchtungskörpern sind bei Niederspannung auch für Schnüre Lötungen zulässig.²⁶⁾

Auch bei der Benutzung von Schrauben können noch Fehler gemacht werden. Bei Klemmschrauben, die eine Bohrung zur Aufnahme des Drahtes haben, soll diese Bohrung durch den Draht möglichst voll ausgefüllt sein; es ist darauf zu achten, daß die Befestigungsschraube den Draht nicht abdrücke.

25) Damit bei Schnüren und Drahtseilen alle einzelnen dünnen Drähte der litzentartigen Seele gleichmäßig an der Stromleitung beteiligt werden, ist es nötig, die Enden zu verlöten. Dadurch wird auch verhindert, daß einzelne abstehende Drahtenden Kurzschluß machen. Beim Benützen der Lötlampe ist zu beachten, daß die feinen Drähte sehr leicht verbrennen, so daß sie später brechen und entweder durch die in dem verkleinerten Querschnitt erzeugte Stromwärme, oder durch Funken und Lichtbogen an der Bruchstelle Unheil stiften.

Man benützt daher Lampen mit kleinen, nicht zu heißen Flammen auch ist das Eintauchen in geschmolzenes Lötzinn, üblich. Sowohl bei diesen Verfahren als bei dem Gebrauch des LötKolbens muß darauf geachtet werden, daß nicht eine zu große Menge Lötmetall aufgebracht wird; diese macht die Litze auf eine gewisse Strecke völlig steif und sie bricht alsdann beim Gebrauche an der Stelle, wo die Verlötung aufhört. Das überflüssige Lot muß, bevor es erhärtet, abgewischt werden.

Im Handel sind neuerdings lötfertige Kontakte (Kabelschuhe, Anschlußstücke u. dgl.), die mit Lötmetall gefüllt sind und nach geeigneter Anwärmung das Ende der Litze aufnehmen. (H. Hirsch.)

In dem Bestreben, das Löten zu erleichtern, darf nicht vergessen werden, daß Lötmetalle mit allzu niedrigem Schmelzpunkt durch die betriebsmäßige Erwärmung der Leitungen weich werden können, so daß die Lötstelle unterbrochen wird.

26) Das unter 23) am Schluß erwähnte Mittel ist bei Schnüren zur Abzweigung an Stelle des Abzweigens durch Lötung sowie für alle Verbindungen von Schnüren unter sich und mit Drähten geboten, weil die Erfahrung gezeigt hat, daß die feinen Drähte, aus denen die Mehrfachleitung besteht, beim Löten, namentlich wenn es mit der Lötlampe ausgeführt wird, leicht verbrannt werden. ETZ 1903, S. 1049 N. 73. Außerdem sind die Abzweigungen mittels Klemmen auf isolierender Unterlage leichter kontrollierbar als Lötungen, deren schlechte Ausführung durch die Umwicklung mit Isolierband leicht ver-

k) Bei Verbindungen oder Abzweigungen von isolierten Leitungen ist die Verbindungsstelle in einer der sonstigen Isolierung möglichst gleichwertigen Weise zu isolieren.²⁷⁾

l) Transportable Leitungen dürfen an festverlegte nur mittels lösbarer Verbindungen angeschlossen werden.²⁸⁾

deckt werden kann. Hierbei sind jedoch die Enden jeder Schnur durch Lot zu vereinigen. Eine Beschreibung solcher Abzweigklemmen siehe z. B. in ETZ 1901, S. 327.

An und in Beleuchtungskörpern fehlt in der Regel der Raum für die Klemmen. Man hat daher dort das Lötten zugelassen. Sorgfältigste Ausführung der Lötstellen durch besonders geschulte Arbeiter ist hier dringend nötig. Zum leichteren Auffinden von Fehlern wird man jedoch den ganzen Beleuchtungskörper durch Klemmen an die äußere Zuleitung anschließen. ETZ 1903, S. 434 N. 45; 1904, S. 362 N. 79; S. 1116 N. 132; 1905, S. 279 N. 152.

27) Das Isolieren der Lötstelle erfolgt entsprechend der angewendeten Drahtsorte mit Isolierband, Guttaperchapapier und sogenanntem Compound. Dabei ist hauptsächlich auf einen guten Anschluß an die unverletzte Hülle des Drahtes zu achten, welcher ein Eindringen von Feuchtigkeit wirksam verhindert. ETZ 1909, S. 498, N. 216.

In neuerer Zeit kommen T-förmige abgepaßte aufgeschnittene Gummiröhrchen zum Isolieren von Abzweigstellen auf den Markt.

28) Biegsame Leitungsschnüre zum Anschluß transportabler Stromverbraucher wie Tischlampen, Plätteisen, Heizvorrichtungen werden durch die Handhabung der letzteren stärker angestrengt und rascher abgenutzt, als fest verlegte Leitungen. Vgl. § 21c) S. 84 unter 8). Da beim unmittelbaren Anschluß solcher biegsamer, transportabler Zuleitungen an fest verlegte durch die Handhabung der Stromverbraucher leicht ein Zug auf die fest verlegten Teile der Leitung ausgeübt werden kann, so ist dieser unmittelbare Anschluß verboten und die Benutzung eines Wandkontaktes vorgeschrieben. Hierbei ist auch § 18c) zu beachten, wonach die Abzweigstellen von Zug zu entlasten sind. Besonders dürfen auch sogenannte Birnenschalter, die nach § 11² zu vermeiden sind, nur mittels Steckkontakt angeschlossen werden*).

Es mag hier ausdrücklich erwähnt werden, daß Schnurpendel und Zuglampen nach § 24 c), sofern sie nicht zur Ortsveränderung eingerichtet sind, nicht als transportable Beleuchtungskörper angesprochen werden können, daher dem § 21 l) nicht unterliegen. ETZ 1904, S. 1116 N. 132. Auch Lampen mit begrenzter Beweglichkeit, die derart eingerichtet sind, daß die Leitungsschnur nicht auf Zug beansprucht werden kann, wie sie z. B. bei Webstühlen üblich sind, gelten nicht als transportabel. ETZ 1903, S. 516 N. 54; 1904, S. 362 N. 81 u. 98; S. 425 N. 107; 1905, S. 278 N. 136 u. 138; S. 279 N. 153. Werden jedoch solche an Schnurpendeln befestigte Lampen etwa mit Handgriffen oder Aufhängehaken oder mit besonders langen Zuleitungen versehen, um, wie in Akkumulatorräumen zum Prüfen der Zellen, an verschiedenen Stellen Verwendung zu finden, so gelten sie als transportabel und fallen unter § 21 l). Man kann in solchen Fällen oft den

*) Über mehrere durch bewegliche Leitungen verursachte Brandfälle siehe ETZ 1901, S. 1055.

m) Von einem Stecker darf nur eine transportable Leitung abgehen. Abzweigungen von transportablen Leitungen und Verlängerungen sind nur mittels Steckvorrichtung zulässig.²⁹⁾

n) Kreuzungen stromführender Leitungen unter sich und mit Metallteilen sind so auszuführen, daß Berührung ausgeschlossen ist.³⁰⁾

o) Es sind Maßnahmen zu treffen, um zu verhindern, daß Schwachstromleitungen durch Starkstromleitungen gefährdet werden.³¹⁾

lösbaren Kontakt an der Decke des Raumes anbringen, wenn dieser nicht zu hoch ist. Andernfalls muß der Anschluß an der Wand erfolgen oder man befestigt an der Decke einen entsprechend langen steifen Hängearm, welcher die Anschlußdose trägt. Hierbei ist besonders darauf zu sehen, daß der beim Lösen des Steckstöpsels entstehende Zug nicht auf die Zuleitungen übertragen wird. Man wird also den Hängearm mittels starken Hakens aufhängen oder sonst sicher befestigen. Auf Werkplätzen und in Werkstätten, wo schwere Gegenstände hantiert werden, sind Panzerschnüre angezeigt oder es werden Metallschläuche zum Schutz der Schnüre benutzt. (§ 21 c).

29) Die Bestimmung des § 21 m) verbietet, daß etwa an einen lösbaren Kontakt mehrere bewegliche Schnüre mit je einer oder mehreren Lampen angeschlossen werden. Derartige Bündel von Schnüren verwirren sich leicht und werden dann zerrissen. Liegt die Notwendigkeit vor, eine Gruppe von Lampen beweglich anzuschließen, so sind die Lampen selbst unter sich in starre Verbindung zu bringen; der so gebildete Beleuchtungskörper kann dann mittels Schnur und lösbaren Kontaktes angeschlossen werden. ETZ 1904, S. 294 N. 36. Oder man benützt tragbare Steckvorrichtungen, welche ordnungsmäßig gebaute Abzweigschienen enthalten.

30) Sehr zweckmäßig verwendet man bei Verlegung auf Rollen oder Glocken an den Kreuzungsstellen besonders ausgebildete Isolatoren, die auf der Kopffläche eine Quernut für den einen Draht und auf den Mantelflächen eine oder mehrere Ringnuten für den kreuzenden Draht besitzen und so den richtigen Abstand zwischen beiden Leitungen gewährleisten.

Besonders die Kreuzung von offen verlegten Drähten und Schnüren mit Gas- oder Wasserleitungsrohren ist sorgfältig zu behandeln, weil sich hier leicht Erdschlüsse ausbilden. Sind beide sich kreuzende Leitungen in Rohren verlegt, so bilden natürlich die Rohre selbst die genügende isolierende Zwischenschicht. Andernfalls wird über einen oder beide sich kreuzende Drähte je ein kurzes Rohrstück geschoben und sicher befestigt.

Für blanke Drähte in Gebäuden sind die Abstände zwischen den Drähten und von der Wand, wie sie im § 21⁴ vorgeschrieben sind, auch bei Kreuzungen der Drähte unter sich oder mit andern Metallteilen einzuhalten.

Für isolierte Drähte regelt sich die Entfernung durch das Befestigungsmittel. Es dürfen also im allgemeinen zwei auf Rollen verlegte Drähte nicht näher aneinander kommen, als die Dicke der Rollen beträgt. ETZ 1904, S. 1115 N. 118 c).

31) Eine sorgfältige Ausführung der Starkstromleitung nebst sachgemäßer Überwachung ihres Zustandes wird im allgemeinen auch benachbarten Schwachstromleitungen meist zureichenden Schutz gewähren. Indessen ist zu beachten, daß in feuchten

16. Bezüglich der Sicherung vorhandener Fernsprech- und Telegraphenleitungen wird auf das Gesetz über das Telegraphenwesen des Deutschen Reiches vom 6. April 1892 und auf das Telegraphenwegegesetz vom 18. Dez. 1899 verwiesen.³²⁾

§ 22.

Freileitungen.¹⁾

a) Ungeerdete Freileitungen dürfen nur auf Porzellanglocken, Rillenisolatoren oder gleichwertigen Isoliervorrichtungen verlegt werden.²⁾

Räumen Isolationsfehler sich ausbilden und einen Stromübergang von der einen auf die andere Leitung bewirken können. Bei Hochspannungen, namentlich wenn beide Leitungen an demselben Gestänge geführt werden, sind besondere Maßnahmen erforderlich. Vgl. Schrottko ETZ 1907, S. 685. Da hierbei große Gefahren für die Benutzer der Fernsprechleitung auftreten können, so werden in der Regel auch die letzteren mit empfindlichen Spannungssicherungen oder mit Abschmelzsicherungen ausgerüstet; außerdem sind die Hörrohre, Sprechtrichter und die Handgriffe der Anrufvorrichtungen aus Isoliermaterial zu bauen, wobei man solche Abmessungen wählen muß, daß die etwa in die Leitung eingedrungene Hochspannung nicht auf den Körper der Personen überspringen kann, die das Telefon benutzen. Vgl. § 22 i).

32) Das Reichstelegraphengesetz ist abgedruckt in der Elektrot. Ztschr. 1892, S. 235; das Telegraphenwegegesetz ebenda 1899, S. 889.

Der hauptsächlich in Betracht kommende § 12 des ersteren lautet:

„Elektrische Anlagen sind, wenn eine Störung des Betriebes der einen Leitung durch die andere eingetreten oder zu befürchten ist, auf Kosten desjenigen Teiles, welcher durch eine spätere Anlage oder durch eine später eintretende Änderung seiner bestehenden Anlage diese Störung oder die Gefahr derselben veranlaßt, nach Möglichkeit so auszuführen, daß sie sich nicht störend beeinflussen.“

Für die Ausführung von Starkstromanlagen, die Telegraphen- oder Fernsprechleitungen benachbart sind oder sie kreuzen, gelten die Seite 247 ff. wiedergegebenen allgemeinen Vorschriften. Vgl. auch ETZ 1909, S. 520 und 1910, S. 141.

§ 22. 1) Der Begriff „Freileitungen“ ist in § 2 c) erklärt.

2) Unter Isoliervorrichtungen, die mit Porzellanglocken oder Rillenisolatoren gleichwertig sind, sind hier vor allem solche verstanden, welche, wie die Doppelglocke, zwei hintereinander geschaltete isolierende Strecken besitzen, von denen wenigstens die eine gegen Regenwasser geschützt sein muß. Derartige Vorrichtungen sind z. B. zur Aufhängung der Arbeitsdrähte elektrischer Bahnen in Gebrauch.

Mit steigender Betriebsspannung sind die Abmessungen der Glocken zu vergrößern; bei besonders hohen Spannungen ist darauf zu achten, daß auch bei Regen ein Überspringen von Funken nach der Isolatorstütze verhindert ist.

Über die Beschaffenheit der Glocken siehe § 25 c).

Zur Befestigung der Glocken auf den Stützen dienen Hanf, Leinöl, Mennige, auch Asphalt. Bleiglätte mit Glycerin sowie

b) Freileitungen, sowie Apparate an Freileitungen sind so anzubringen, daß sie ohne besondere Hilfsmittel weder vom Erdboden noch von Dächern, Ausbauten, Fenstern und anderen von Menschen betretenen Stätten aus zugänglich sind; bei Wegübergängen müssen sie insbesondere einen angemessenen Abstand vom Erdboden oder einen geeigneten Schutz gegen Berührung erhalten.³⁾

1. Ungeschützte Freileitungen für Hochspannung sollen in der Regel mit ihren tiefsten Punkten mindestens 6 m von der Erde, und bei befahrenen Wegübergängen mindestens 7 m von der Fahrbahn entfernt sein.⁴⁾

c) *Träger und Schutzverkleidungen von Freileitungen, welche mehr als 750 Volt gegen Erde führen, müssen durch einen roten Blitzpfeil sichtbar gekennzeichnet sein.⁵⁾*

sogen. Metallkitt haben sich nicht bewährt. Vergl. Z f. Elektrot. (Wien) 1903, S. 573.

3) Als besondere Hilfsmittel gelten z. B. Leitern, Steigeisen, besonders herbeigeschaffte Werkzeuge und dgl. Als zugänglich im Sinne der Vorschriften sind auch noch solche Leitungen anzusehen, welche zwar nicht ohne weiteres mit der Hand, aber doch mit Hilfe von Gegenständen, wie Spazierstöcken, Regenschirmen, Besen und dgl., welche von jedermann benutzt werden, mühelos erreichbar sind. Die Nichtbeachtung dieser Maßregel hat schon sehr viele Unfälle zur Folge gehabt. Auch bei der Führung an freistehenden Mauern oder bei deren Überquerung durch Freileitungen ist ein genügend großer Abstand vorzusehen.

Unter Umständen genügen engmaschige Schutznetze zwischen den Fenstern, Altanen usw. und den Freileitungen, um letztere unzugänglich zu machen. Müssen Apparate, wie Ausschalter, Sicherungen und dgl., in erreichbarer Höhe angebracht werden, so sind sie durch verschließbare Schutzgehäuse unzugänglich zu machen. Die für Apparate an Freileitungen gegebenen Vorschriften beschränken sich auf den Schutz der Personen. Der Schutz der Apparate gegen Witterungseinflüsse ist nicht festgelegt. Vgl. hierüber § 23².

4) Für Niederspannung ist außer der unter b) gegebenen allgemein gefaßten Bestimmung eine zahlenmäßige Mindesthöhe der Leitungen über dem Erdboden nicht festgelegt. Installationsleitungen im Freien sollen nach § 23² mindestens 2 $\frac{1}{2}$ m über dem Erdboden liegen. Bei Hochspannung ist entsprechend der größeren Lebensgefahr der zulässige Abstand von der Erdoberfläche genauer angegeben. Die vorzuschreibende Höhe ist dadurch begrenzt, daß höhere Masten dem Windbruch stärker ausgesetzt sind und beim Umfallen einen weiteren Umkreis gefährden. Die angegebene Höhe bezieht sich auf den tiefsten Punkt der Leitung selbst, nicht auf vorhandene Schutzdrähte oder Schutznetze.

5) Nach der ursprünglichen Abgrenzung der „Hochspannung“ war der Blitzpfeil als Warnungszeichen nur für Spannungen von 1000 Volt und darüber vorgeschrieben. Die jetzige Festsetzung, daß er bei Spannungen von mehr als 750 Volt gegen Erde angebracht sein muß, ist nicht völlig konsequent, da das Bereich der „Hochspannung“ im Sinne der Vorschriften schon beginnt, wo der Betrag von 250 Volt gegen Erde überschritten wird. Man fürchtete jedoch die Wirkung des Warnungszeichens abzu-

d) Leitungen, Schutznetze und ihre Träger müssen genügenden Widerstand (auch gegen Winddruck und Schneelast) bieten.⁶⁾

2. Freileitungen können mit größeren Stromstärken belastet werden, als der Tabelle im § 20¹ entspricht, sofern dadurch ihre Festigkeit nicht merklich leidet.⁷⁾

3. Angaben für die Bemessung von Freileitungen siehe „Normalien für Freileitungen“.⁸⁾

e) Den örtlichen Verhältnissen entsprechend sind Freileitungen mit besonderer Rücksicht auf die mit ihnen verbundenen Generatoren, Motoren und Transformatoren durch Blitzschutzvorrichtungen zu sichern, die auch bei wiederholten Entladungen wirksam bleiben.⁹⁾

schwächen, wenn es schon bei der vielfach (z. B. bei elektrischen Bahnen) gebräuchlichen Spannung von etwa 400 Volt benutzt werden muß. Andererseits ist das Bedürfnis geltend gemacht worden, für besonders hohe Spannungen, wie 1000 Volt und darüber, eine besondere Kennzeichnung zu haben; es hat sich jedoch kein einfaches und einwandfreies Abzeichen hierfür finden lassen. Vielleicht empfiehlt es sich, bei jenen Spannungen den Blitzpfeil doppelt zu machen, oder die Spannung in Ziffern daneben zu schreiben. Schutznetze, Schutzrohre und dgl., die selbst nicht genügende Oberfläche zur Anbringung des Zeichens bieten, sind mit angehängten Tafeln zu versehen, welche das Zeichen aufnehmen. Natürlich genügt es bei längeren Leitungstrecken, wenn das Zeichen in passenden Abständen, etwa an jedem Mast angebracht ist, und braucht alsdann auf den Schutznetzen usw. nicht wiederholt zu werden.

6) Siehe Regel 3 und Ziffer 8).

7) Die frei gespannten Drähte der Freileitungen können in der Regel die Stromwärme besser abgeben, als Leitungen, die an Wänden oder in Rohren verlegt sind, außerdem besteht bei ihnen auch weniger Gefahr, daß sie bei Überhitzung eine Entzündung veranlassen können. Sie dürfen daher stärker mit Strom belastet werden; meistens wird jedoch die Rücksicht auf den Spannungsverlust eine Überschreitung der im § 20 angegebenen Grenzen verbieten; außerdem ist zu beachten, daß durch stärkere Erwärmung einzelner Drähte ein ungleichmäßiger Durchhang und damit Berührung verschiedener Leitungen eintreten kann.

Wird von einer Freileitung ein Hausanschluß abgezweigt, so sind die Sicherungen so zu wählen, und anzubringen, daß die innerhalb des Hauses befindlichen Leitungen nicht über die Vorschrift des § 20 beansprucht werden. ETZ 1905, S. 474 N. 160.

8) Die Bemessung der Freileitungen bezüglich der Spannweite, des Durchhangs und des Materials der Drähte sowie des Aufbaues und der Stärke von Masten und anderen Trägern erfolgte bisher vielfach nur auf Grund der Erfahrung und war keineswegs einheitlich geregelt. Erörterungen über die maßgebenden Grundsätze finden sich in ETZ 1902, S. 593; 1903 S. 37 u. 255; Z. f. Elektrot. (Wien) 1899, S. 199; 1906, S. 837. Bei Aufstellung der jetzigen Fassung der Vorschriften wurden an Hand neuer Untersuchungen die maßgebenden Gesichtspunkte in „Normalien“ zusammengefaßt, die am Schluß dieses Buches wiedergegeben sind. Ihre Begründung siehe dort und ETZ 1907, S. 811.

9) Die Bestimmung über Blitzableiter ist gegenüber der ersten Ausgabe der Sicherheitsvorschriften insofern geändert,

4. Wenn verschiedene Phasen oder Polaritäten durch benachbarte Blitzableiter gesichert werden, ist darauf

als auf den Schutzbereich vorhandener Gebäudeblitzableiter keine Rücksicht mehr genommen ist.

Wo und inwieweit eine im Freien verlaufende Leitung einer Blitzschutzvorrichtung bedarf, läßt sich nicht allgemein angeben. Die Blitzgefahr ist nach den bisherigen Erfahrungen in den verschiedenen Gegenden sehr verschieden und von den klimatischen Verhältnissen, von der Beschaffenheit des Untergrundes usw. abhängig.

Es ist zu beachten, daß es sich nicht sowohl um Schutz gegen den Vorgang handelt, den man im gewöhnlichen Leben als „Einschlagen eines Blitzes“ bezeichnet. Es steht vielmehr fest, daß in den Freileitungen sich atmosphärische Spannungen entladen, die nach außen hin nicht als Blitz bemerkbar werden; und zwar ist die Zahl dieser Entladungen weit größer als die der Blitze, so daß in vielen Gegenden an der Mehrzahl der schwülen Sommertage jeder Betrieb aufhören müßte, wenn nicht durch wirksame Blitzschutzvorrichtungen Abhilfe möglich wäre.

Ob es möglich ist, Schutzvorrichtungen so herzustellen und anzuordnen, daß sie bei allen denkbaren Arten von Blitzschlägen und anderen Entladungen unbedingt sicher wirken, ist noch unentschieden. Dagegen weiß man, daß es Vorrichtungen gibt, die bei wiederholten Entladungen wirksam bleiben und jahrelang in stark gefährdeten Betrieben jeden Schaden verhindert haben. ETZ 1906, S. 56 Sp. 2, S. 434.

Es scheint, daß für Hochspannungsanlagen die Hörnerblitzableiter, namentlich in richtiger Verbindung mit Wasserwiderständen; für Niederspannung die mit magnetischer oder mechanischer Funkenlöschung die besten sind, während sich Scheiben-, Rollen- oder Platten-Blitzschutzvorrichtungen im allgemeinen weniger gut bewährt haben. Schrottke, ETZ 1908, S. 797, 798.

Bei ausgedehnten Leitungen sind die Blitzableiter auf der Strecke verteilt anzuordnen, besonders aber sind die Einführungsstellen damit auszurüsten. In manchen Fällen hat es sich als nötig erwiesen, denselben Draht an mehreren nahe nebeneinander gelegenen Stellen mit Blitzschützern zu versehen. Zur Unterstützung der auf der Strecke verteilten Blitzableiter ist vielfach mit Erfolg ein über die Leitung gespannter Stacheldraht benutzt worden, der an vielen Stellen mit der Erde gut leitend verbunden ist.*) Auch hat man die Erfahrung gemacht, daß bei Dreileiteranlagen mit Freileitungen ein an vielen Stellen an Erde gelegter Mittelleiter einen wirksamen Schutz gegen Blitzgefahr bietet. Eine ständige Abführung der atmosphärischen Elektrizität nach der Erde wird auch dadurch erzielt, daß man alle Leitungen über sehr große induktionsfreie Widerstände an Erde legt. Z. f. Elektrot. (Wien) 1903, S. 572. Bei beiden zuletzt genannten Anordnungen ist jedoch auf die Störung benachbarter Telephonleitungen Rücksicht zu nehmen.

Bei Hörnerblitzvorrichtungen, die im Freien aufgestellt sind, kann durch Regen und Schnee vorübergehend Kurzschluß entstehen, sie können daher dort nicht so empfindlich eingestellt werden, wie die unter Dach angebrachten. Es empfiehlt sich daher, entweder neben den auf der Strecke verteilten noch besondere Vorrichtungen in den Stationen und Unterstationen ein-

*) Beispiel für 60000 V, siehe ETZ 1908, S. 218, für 110000 V. ETZ 1909, S. 328.

zu achten, daß durch die Erdplatten keine gefährliche Spannung im Boden zwischenliegender Wege oder sonstiger von Menschen begangener Stellen entsteht.¹⁰⁾

zubauen oder alle mit Schutzdach auszurüsten. Über hochempfindliche Relais-Blitzableiter siehe ETZ 1905, S. 485.

Drosselspulen, unmittelbar vor den zu schützenden Maschinen und Apparaten in die Leitung eingebaut, haben sich in zahlreichen, sicher nachgewiesenen Fällen als sehr wirksam bewährt. Nach Thomas (Trans. Am. Inst. El. Eng. Bd. 19, S. 189—240, 1902) werden zwischen die Drossel und die zu schützenden Apparate Kondensatoren angeschaltet, deren andere Belegung an Erde liegt.*)

Neben den atmosphärischen Entladungen sind auch Überspannungen zu beachten, die teils infolge derselben, teils infolge von Betriebsvorgängen, wie Ein- und Ausschalten, Abschmelzen von Sicherungen, Arbeiten der automatischen Schalter u. dgl. auftreten. Zum Teil werden sie bereits durch die Blitzschützer unschädlich gemacht. Unter Umständen machen sie aber auch besondere Sicherungen erforderlich. Ein Bedürfnis nach irgend einer Überspannungssicherung liegt erfahrungsgemäß bei jeder Hochspannungsanlage vor. In Niederspannungsanlagen ist ihre Anordnung besonders dann in Erwägung zu ziehen, wenn, wie bei Kabelnetzen, Blitzschutzvorrichtungen nicht vorhanden sind. Vgl. § 4, S. 23.

In der Erdleitung der Blitzschutzvorrichtung sind Krümmungen möglichst zu vermeiden; jedenfalls ist eine Häufung von Krümmungen der sicheren Abführung der Entladung hinderlich. Ob es wirklichen Vorteil bringt, die Erdleitung nahezu ohne Knick von der Betriebsleitung abzuzweigen, ist strittig. Vgl. ETZ 1901, S. 572.

Stets ist auf möglichst kleinen Übergangswiderstand an den Erdplatten Bedacht zu nehmen. Der Anschluß an Erde geschieht mit Hilfe von Kupferplatten, die in dauernd feuchtem Erdreich oder in Wasser liegen; auch die Hauptrohre großer Wasserleitungen geben gute Erde, mitunter ist man auch gezwungen, das Schienennetz einer Eisenbahn oder Straßenbahn als Erde zu benutzen. Können derartige Hilfsmittel nicht herangezogen werden, so muß man längere Strecken von Drahtseil in die Erde eingraben, deren Oberfläche durch Umgeben mit festgestampften Koks vergrößert werden kann. Vgl. § 3². ETZ 1903, S. 434, N. 42.

Obwohl man sich so stets einen Erdübergang von geringem Widerstand zu verschaffen sucht, schaltet man manchmal künstliche Widerstände in diese Erdleitung ein. Hierin liegt nur ein scheinbarer Widerspruch, denn diese künstlichen Widerstände sind bekannt und kontrollierbar, während ein Übergangswiderstand zur Erde, der schon eine gewisse Größe hat, leicht bis ins Unkontrollierbare wachsen kann. Die künstlichen Widerstände haben den Zweck, den Kurzschlußstrom abzuschwächen, der von der Maschine durch die Erdleitung verläuft, sobald die Blitzentladung den Weg über die Funkenstrecke des Blitzableiters frei gemacht hat. Dies tritt namentlich dann ein, wenn die Blitzentladung an beiden Polen gleichzeitig auftritt, oder wenn ein Pol des Leitungsnetzes dauernd an Erde liegt, wie z. B. beim gerdeten Mittelleiter oder bei elektrischen Bahnen.

*) Weitere Einzelheiten siehe ETZ 1896, S. 511; 1897, S. 328; 1901, S. 569, 601; 1902, S. 456, 1019; 1903, S. 351 sowie Neesen, Die Sicherungen von Schwach- und Starkstromanlagen gegen die Gefahren der atmosphärischen Elektrizität. Braunschweig 1899; ferner Z. f. Elektrot. Wien 1907, S. 753; besonders auch: Schrottke, ETZ 1908, S. 797.

f) Bei Freileitungen für Hochspannung müssen blanke Leitungen verwendet werden; wo ätzende Dünste zu befürchten sind, ist ein schützender Anstrich gestattet.¹¹⁾

Um diesen Kurzschlußstrom abzuschwächen, wird auch von vielen Elektrikern Wert darauf gelegt, die Blitzschutzvorrichtung jedes einzelnen Pols der Leitung zu einer besonderen Erdplatte zu führen und diese etwas entfernt voneinander in die Erde oder in das Wasser zu legen.

10) In dem unter 9) zuletzt erwähnten Falle ist es bei Anlagen hoher Spannung und großer Leistung vorgekommen, daß der zwischen den Erdplatten während der Entladung in der Erde verlaufende Kurzschlußstrom Menschen und Tiere, die sich zwischen den Erdungspunkten befanden, beschädigt oder erschüttert hat. Wenn daher getrennte Erdplatten für die verschiedenen Pole oder Phasen benützt werden, so ist hierauf Rücksicht zu nehmen. Benützt man eine gemeinsame Erdplatte für die verschiedenen Phasen oder Pole des Netzes, so wird diese Gefahr ausgeschlossen, dagegen muß man dann künstliche Widerstände in die Leitungen zur Erdplatte legen, um beim Eintreten einer atmosphärischen Entladung an beiden Polen einen Kurzschluß des Betriebsstromes zu vermeiden.

11) Isolierte Drähte für Freileitungen mit Hochspannung haben sich als unzweckmäßig erwiesen, weil die meisten der gebräuchlichen Isolierstoffe, wenn sie nicht selbst durch besondere Hüllen geschützt sind, den Einflüssen der Witterung nicht standhalten. Da also die Isolation nach kurzer Zeit brüchig und unwirksam wird, so kann die Anwendung solcher Drähte ein falsches Gefühl der Sicherheit hervorrufen und so mehr Schaden als Nutzen stiften. Auch sollen nach den Betriebsvorschriften die Hochspannungs-Leitungen, bevor Arbeiten an ihnen vorgenommen werden, unter sich verbunden und geerdet werden. Bei isolierten Leitungen würde dies nur nach umständlicher Entfernung der Isolierung möglich sein. Endlich soll es auch möglich sein, bei Unglücksfällen durch einen übergeworfenen Draht oder dgl. möglichst schnell und gefahrlos einen Kurzschluß herzustellen. Aus diesen Gründen sind bei Hochspannung im allgemeinen nur blanke Freileitungen zulässig. Isolierte Freileitungen sind dagegen bei elektrischen Bahnen (siehe Bahnvorschriften) und bei Niederspannung erlaubt. ETZ 1904, S. 1114 N. 116, 1909, S. 903. Isolierte Leitungen haben ferner den Nachteil, daß der Isolierstoff die Leitungen belastet und dem Schnee eine größere Auflagefläche bietet. Umgibt man die Isolierhülle von Leitungen noch mit einem weiteren Schutzmantel, indem man die Leitung etwa in Gestalt von Kabeln mit Bleimantel versieht, oder indem man sie in ein Rohr einzieht, so verlieren sie den Charakter der Freileitungen und brauchen auch nicht den übrigen Bestimmungen des § 22 zu genügen, dagegen kommen alsdann die §§ 21 u. 23 in Betracht.

Der Anstrich wird in der Regel unmittelbar auf die blanken Drähte aufgetragen. Man benützt Asphaltlack, Mennigefirnis oder Emaillack.

Über die dauernde Brauchbarkeit von Anstrichen, die auf einer Faserumspinnung des Drahtes aufgebracht sind, liegen noch nicht genügende Erfahrungen vor. Jedenfalls sprechen gegen sie dieselben Bedenken, die den isolierten Freileitungen überhaupt entgegenstehen. Doch können die örtlichen Verhältnisse in einzelnen Fällen einen derartigen oder ähnlichen Schutz gegen schweflige Säure usw. als ratsam erscheinen lassen; vergl. ETZ 1903, S. 434 N. 18; 1904, S. 1115 N. 122.

g) Bei Freileitungen für Spannungen über 1000 Volt müssen Eisenmaste und deren Ankerdrähte gut geerdet werden, wenn erforderlich, durch eine parallel zur Stromleitung verlegte geerdete Leitung. Ankerdrähte von Holzmasten sind zu erden oder mit zuverlässigen Abspannisolatoren über Reichhöhe zu versehen.¹²⁾

h) Wenn Freileitungen parallel mit anderen Leitungen verlaufen, oder sie kreuzen, ist die Führung der Drähte so einzurichten, oder es sind solche Vorkehrungen zu treffen, daß eine Berührung der beiden Arten von Leitungen miteinander auch im Falle eines Drahtbruches verhütet oder ungefährlich gemacht wird, oder es müssen innerhalb der fraglichen Strecke alle Teile der Leitungsanlage mit entsprechend erhöhter Sicherheit ausgeführt werden.¹³⁾

12) Eisenmaste und Ankerdrähte können, wenn sie nicht gut geerdet sind, durch Elektrizitätsmengen, welche über die Isolatoren hinübersickern, geladen werden und bilden dann eine große Gefahr für Menschen; die Gefahr erhöht sich, wenn ein Isolator platzt oder der Draht sich vom Isolator löst oder sonstwie mit dem Mast in Berührung kommt. Alsdann kann auch bei ziemlich guter Erdung des Mastes, während der Strom in ihm verläuft, eine so hohe Spannungsdifferenz zwischen Mast und der ihn umgebenden Erde oder zwischen benachbarten Punkten der Umgebung auftreten, daß Menschen beschädigt werden. ETZ 1905, S. 279 N. 146. Das Gleiche gilt für die Erdleitung von Blitzschutzvorrichtungen im Falle, daß die Funkenstrecke etwa durch Schnee, Eis oder fremde Körper überbrückt ist, sowie während des Überganges der atmosphärischen Entladungen. Ankerdrähte, die an Außenwänden von Gebäuden befestigt waren, haben gelegentlich die Spannung der Betriebsleitung auf die metallischen Gebäudeteile übertragen, so daß beim Betreten eiserner Treppen Schläge verspürt wurden. Es empfiehlt sich, neben den Abspannisolatoren noch eine Erdung der Ankerdrähte anzuordnen. Über Art der Erdung siehe § 3 S. 19 unter 9) und ETZ 1904, S. 1115 N. 129.

Als Abspannisolatoren sind z. B. die bei den Straßenbahnen gebräuchlichen zu verwenden, wenn sie der Spannung entsprechen. Die Schutzverkleidung der Eisenmaste kann wohl, wenn sie aus Holz besteht, bei Regen leitend werden, doch kann ein Anstrich, leichte Abdeckung und dgl. dies in hohem Maße erschweren. Die Erdleitung von Blitzableitern schützt man z. B. durch Isolierrohre. Verwendet man ein metallarmiertes Rohr oder ein gepanzertes Kabel, so ist der Stromübergang auf die Armierung zu verhindern, z. B. durch Kabelendverschlüsse. ETZ 1905, S. 888 N. 177. Oft ist es am einfachsten, die Blitzableiterleitung im Innern des Eisenmastes zu führen.

13) Unter „anderen Leitungen“ sind Leitungen eines anderen Spannungsbereiches oder Systems zu verstehen; z. B. Fernspreitleitungen oder Leitungen, die zu einer fremden Starkstromanlage gehören.

Im allgemeinen empfiehlt es sich, hierbei getrennte Gestänge zu verwenden, die etwa auf verschiedenen Seiten der Straße geführt werden.

Auch dann ist die Möglichkeit zu beachten, daß durch Wind oder Schneedruck eine der Leitungen samt ihrem Gestänge sich neigt oder niedergerissen wird. Dies muß durch sorgfältige reich-

i) Fernsprechfreileitungen, die an einem Freileitungsgestänge für Hochspannung geführt sind, müssen so eingerichtet sein, daß gefährliche Spannungen in ihnen nicht auftreten können oder sie sind wie Hochspannungsleitungen zu behandeln. Fernsprechstellen müssen so eingerichtet sein, daß auch bei eventueller Berührung zwischen den beiderseitigen Leitungen eine Gefahr für die Sprechenden ausgeschlossen ist.¹⁴⁾

liche Bemessung der Gestänge und ihres Abstandes, durch zweckmäßige Verankerung, namentlich an den Kurven und Ecken, sowie durch regelmäßige Beaufsichtigung verhindert werden. Außerdem sind aber sowohl die Hochspannungs- als die Niederspannungsleitung in sachgemäßer Weise mit selbsttätigen Sicherungen auszurüsten, die im Falle gegenseitiger Berührung die Leitungen sofort stromlos machen.

Bei Kreuzungen von zwei oder mehreren Freileitungen werden Schutzdrähte oder Schutznetze (siehe Regel 5) benutzt oder aber, was neuerdings für richtiger und sicherer gehalten wird, man verstärkt das Gestänge und die Leitung derart und sichert die Aufhängung durch so umfassende Maßnahmen, daß ein Bruch auch unter den denkbar ungünstigsten Verhältnissen ausgeschlossen erscheint. Für die Kreuzung von Starkstromleitungen mit Eisenbahngleisen und deren Telegraphenleitungen, sowie mit den Telegraphen- und Fernsprechleitungen der Post sind Leitsätze vereinbart, die gewisse Ausführungsformen und Abmessungen empfehlen. Siehe „Anhänge“.

14) Vgl. § 21 o). Daß in Fernsprechleitungen, die mit Hochspannungsleitungen am selben Gestänge geführt sind, unerwartet hohe Spannungen auftreten können, ist von Schrottko, ETZ 1907, S. 685 und 707 nachgewiesen.

Diese rühren nicht etwa nur von übergesickerten Ladungen her, sondern beruhen der Hauptsache nach auf Influenz. Sie sind durch Verdrillung der Leitungen gegeneinander nicht zu bekämpfen, weil im Falle eines Erdschlusses in einer der Leitungen die geschaffene Symmetrie zerstört wird. Als Schutz gegen die Influenzwirkung kann die Vergrößerung der Erdkapazität der insuierten Leitungen gelten. Leitungen, die nur streckenweise mit den Hochspannungsleitungen parallel laufen, schützen sich durch ihre größere Erdkapazität gewissermaßen selbst. Geerdete Schutzdrähte in der Nähe der gefährdeten Leitungen wirken nur dann ausreichend, wenn mehrere oder ganze Netze angeordnet werden. Als wirksamstes Hilfsmittel ist das Führen der Fernsprechleitungen in Kabeln anzusehen. Die Fernsprechanlage wird dadurch nicht wesentlich verteuert, wenn das Fernsprechkabel am Hochspannungsgestänge aufgehängt wird.

Sind derartige Hilfsmittel nicht in sicher wirksamem Maße benutzt, so hat man die Berührung der Fernsprechleitungen ebenso zu vermeiden, wie die der Leitung für Hochspannung. Namentlich ist sie nach § 22 b) und Regel 3 in ausreichender Höhe anzubringen. Ihre Berührung mit anderen, insbesondere mit Niederspannungsleitungen ist auszuschließen (§ 4). — An den Fernsprechstellen sind Isolierstände vorzusehen, Hör- und Sprechteile sowie die Griffe der Anrufkurbeln aus Isolierstoff zu bauen und Spannungssicherungen zwischen Leitung und Sprechstelle einzubauen.

k) Wenn eine Hochspannungsleitung über Ortschaften, bewohnte Grundstücke und gewerbliche Anlagen geführt wird, oder wenn sie sich einem Verkehrswege soweit nähert, daß die Vorüberkommenden durch Drahtbrüche gefährdet werden können, müssen die Leitungsdrähte entweder so hoch angebracht werden, daß im Falle eines Drahtbruches die herabhängenden Enden mindestens 3 m vom Erdboden entfernt sind, oder es müssen Vorrichtungen angebracht werden, welche das Herabfallen der Leitungen verhindern oder welche die herabfallenden Teile selbst spannungslos machen, oder es müssen innerhalb der fraglichen Strecke alle Teile der Leitungsanlage mit entsprechend erhöhter Sicherheit ausgeführt werden.¹⁵⁾

15) Das Verfahren, die Leitung so hoch anzuordnen, daß die Enden der gebrochenen Drähte noch 3 m vom Erdboden entfernt bleiben, setzt voraus, daß die Maste um 3 m höher sind, als die Entfernung zwischen zwei benachbarten Masten. Es kann daher nur bei sehr kleinen Mastabständen durchgeführt werden, ist aber trotzdem oft das einfachste Hilfsmittel, nämlich dann, wenn es sich um Sicherung eines schmalen Weges handelt, wie dies in Ortschaften und deren Nähe häufig vorkommt.

Die Aufgabe, das Herabfallen der Leitungen beim Bruch der Leitungen oder der Isolatoren zu verhindern, ist nicht leicht. Als das sicherste Hilfsmittel betrachtete man lange Zeit hindurch sehr kräftige, auf der ganzen Strecke der Leitung in ansehnlicher Breite angeordnete Fangnetze. Diese Einrichtung ist aber außerordentlich schwerfällig, kostspielig und wird leicht selbst Ursache einer Gefahr. Anstatt das Herabfallen der Drähte zu hindern, kann man sie beim Herabfallen spannungslos machen. Ein Hilfsmittel dazu ist die Gouldsche Sicherheitsaufhängung (ETZ 1901, S. 637 u. 979), welche bewirkt, daß der gebrochene Draht sich aus dem Zusammenhang mit der Leitung löst und spannungslos herabfällt. Vorausgesetzt ist, daß der fallende Draht nicht an andern Drähten derselben oder einer kreuzenden Leitungsstrecke hängen bleiben kann. ETZ 1909, S. 903. Ein anderes Mittel besteht darin, daß an den Masten neben jeder Leitung oder an einer Gruppe von solchen Metallringe oder Metallbügel angebracht werden, die so gestaltet und angeordnet sind, daß die Leitungen, wenn ihr Isolator oder sie selbst gebrochen sind, den Ring oder Bügel berühren und so Erdschluß bekommen. Es ist dabei vorausgesetzt, daß der Erdschluß sofort eine in der Leitung vorhandene Sicherung zur Wirkung bringt, so daß die Leitung stromlos wird. Bei derartigen Anordnungen ist Sorge zu tragen, daß die Ringe, Bügel oder dgl. bei jeder denkbaren Art und Lage des Bruches in wirksamen Kontakt mit der Leitung treten; die Vorrichtungen müssen kräftig genug sein, um die bei der Berührung entstehenden Funken auszuhalten, ohne zu verbrennen, und müssen so gute Erdleitung haben, daß der entstehende Erdschluß die Sicherung unfehlbar auslöst. Daß eine genügend gute Erdung nicht immer durchführbar ist, wurde S. 20 auseinandergesetzt. Man muß daher die möglicherweise in Wirkung tretenden Energiemengen sorgfältig berücksichtigen, und unter Umständen kann es besser sein, auf die Erdung zu verzichten, dafür aber Sorge zu tragen, daß durch sicher wirkende abtrennende Sicherungen die Gefahr beseitigt oder durch andere Mittel das Herabfallen der Leitung verhindert werde.

5. Im Falle der Verwendung von Schutznetzen bei Hochspannung sollen diese durch ihre Form und ihre Lage den Leitungsdrähten gegenüber eine zufällige Berührung zwischen dem Netz und den intakten Leitungsdrähten verhindern und einen gebrochenen Draht auch bei starkem Winde abfangen.¹⁶⁾

Sie sollen, wo sie nicht geerdet werden können, isoliert sein.

6. Bei Winkelpunkten von Hochspannungsleitungen sollen Fangbügel angebracht werden, welche beim Bruch von Isolatoren das Herabfallen der Leitungen verhindern.

1) Hochspannungs-Freileitungen in Ortschaften und ausgedehnten gewerblichen Anlagen müssen während des Betriebes streckenweise spannungslos gemacht werden können.¹⁷⁾

Als solches gilt namentlich eine entsprechend kräftige Gestaltung der ganzen Leitungsanlage. Ebenso gut wie Eisenbrücken in sich sicher gebaut werden können, muß es auch möglich sein, den Bruch von Leitung und Gestänge auszuschließen. Werden die wirksamen Kräfte auf Grund der Normalien über Freileitungen richtig in Rechnung gesetzt, so kann durch entsprechende Vergrößerung der als nötig ermittelten Stärke eine hinreichende Sicherheit geboten werden. Vgl. ETZ 1906, S. 55 Sp. 1 und besonders ETZ 1909, S. 903 (Ausführungsbeispiel).

Für Fuß- und Feldwege außerhalb von Ortschaften sind die genannten Schutzmaßnahmen nicht gefordert. ETZ 1904, S. 1113 N. 108; 1905, S. 279 N. 144 b.

16) Zur Herstellung von Schutznetzen verwendet man z. B. Stahldraht, wobei die Längsdrähte mit 2,5 bis 3 mm Durchmesser, die Querdrähte als 2 mm Stahl- oder 2,5—3 mm Eisendraht in Abständen von 1 m angeordnet werden. Die Querdrähte dürfen nicht zu stark sein, damit sie nicht die Längsdrähte zu stark belasten und nicht durch ihr Gewicht eine seitliche Einschnürung des Netzes hervorrufen. Bei größeren Abmessungen sind Drahtseile zu verwenden. Oft ist ein Gitter aus Gasrohr und dgl. dem Drahtnetz vorzuziehen.

Bei Herstellung der Schutznetze ist es wichtig, deren Schwingungsdauer nach der der Leitungen abzustimmen, damit beim Schwingen im Wind keine Berührung zwischen Leitung und Schutznetz eintreten kann.

Bei Benützung von Eisenmasten ist das Schutznetz in der Regel zu erden (§ 22 g). Ist ein Maschinenpol geerdet, so ist das geerdete Schutznetz mit diesem Pol in leitende Verbindung zu bringen, damit beim Herabfallen der spannungsführenden Drähte ein möglichst vollständiger Kurzschluß entsteht, der die Sicherungen auslöst.

17) In Ortschaften kann es vorkommen, daß z. B. bei Schadenfeuer mit hohen Leitern und ähnlichen Geräten hantiert werden muß. In solchen Fällen muß die Leitung ausgeschaltet werden. Die Ausschalter sind in solcher Zahl und an solchen Punkten (Wegkreuzungen u. dgl.) anzuordnen, daß sie im Notfall innerhalb angemessener Zeit erreicht werden können. Die zuständigen Organe, Feuerwehren, Ortsbehörden, sind über die Lage und Handhabung der Ausschalter zu unterrichten. ETZ 1905, S. 279 N. 144 a.

Über Gefährdung der Feuerwehr durch Anspritzen von Hochspannungsleitungen vgl. ETZ 1903, S. 478.

§ 23.

Installationen im Freien.¹⁾

- a) Im Freien verlegte Leitungen müssen abschaltbar sein.²⁾
 b) Im Freien ist die feste Verlegung von Mehrfachleitungen unzulässig.³⁾

§ 23. 1) Installationen im Freien waren in der bisher gültigen Fassung der Vorschriften nicht besonders behandelt. Zur Beleuchtung von Gärten, Anlagen, Höfen, Bauplätzen, zum Antrieb von Kranen, Aufzügen, Hängebahnen und anderen Motoren in Fabrikhöfen und landwirtschaftlichen Gütern, als Reklameschilder auf Dächern und an der Außenwand von Gebäuden kommen sie in immer größer werdenden Umfange vor. Vielfach sind Zweifel darüber entstanden, in welcher Weise sie auszuführen seien. Sie unterliegen anderen Bedingungen als die im § 22 behandelten Freileitungen. Diese sind vorzugsweise längere Linien und befinden sich vielfach auf öffentlichem oder auf fremdem Grund und Boden. Deshalb ist für die Freileitungen das öffentliche Interesse in erster Linie maßgebend, während die Installationen im Freien mehr innerhalb von Privatgrundstücken vorkommen, daher auch in höherem Maße dem Eingriff Unbefugter entzogen sind und leichter überwacht und bedient werden können. Bei den Installationen im Freien handelt es sich auch nicht nur um die Leitungen, sondern ebenso sehr um Fassungen, Schalter u. dgl. Immerhin gehen beide Arten von Einrichtungen ineinander über, weshalb zu ihrer Unterscheidung im § 2 c) die Entfernung der Stützpunkte herangezogen ist. Selbstverständlich wird eine Freileitung, die sich ihrem übrigen Zweck und Wesen nach als solche kennzeichnet, nicht dadurch von den für sie gültigen Vorschriften befreit, daß man etwa auf bestimmten Strecken ihre Stützpunkte auf 10 m zusammenrückt.

2) Da die Installationen im Freien den Witterungseinflüssen sowie allerlei mechanischen Angriffen in höherem Maße ausgesetzt sind, als die Hausinstallationen oder die Kabelnetze, mit denen sie zusammenhängen, so ist es geboten, sie abschaltbar zu machen. Man kann dann die entstandenen Fehler leichter aufsuchen und verbessern und die von den Fehlern verursachten Störungen und Stromverluste während der Zeit, wo die Installation im Freien außer Betrieb ist, vom übrigen Teil der Anlage fernhalten. Das Abschalten wird meistens durch besondere Schalter geschehen, doch kann es auch mittels bequem herausnehmbarer Sicherungen oder Trennstücke erfolgen.

3) Mehrfachleitungen in Gestalt von verdrehten oder verflochtenen Drähten und Schnüren sind gegen verschiedene schädliche Einflüsse weniger widerstandsfähig als getrennt geführte oder in einem Rohr nebeneinander gelegte einfache Leitungen. Die Feuchtigkeit kann sich zwischen den Leitungen leicht festsetzen. Bei Schnüren können einzelne der feinen Drähte brechen und mit ihren Enden die Hüllen durchbohren, so daß Kurzschluß entsteht. Die geringere Steifigkeit gibt zu größerem Durchhang und somit zum Schwingen und Scheuern an Befestigungsmitteln und anderen Gegenständen, auch zum Fangen und Verwickeln mit Besen, Vorhangschnüren, Werkzeugen Anlaß. Bei Drähten, die gemeinsam in einem Rohre liegen, ebenso bei mehradrigen Kabeln und mit Bleimantel versehenen Panzerdrähten fallen diese Bedenken weg. Diese sind daher durch § 23 b) nicht verboten.

c) *Träger und Schutzverkleidungen von Hochspannungsleitungen im Freien, welche mehr als 750 Volt gegen Erde führen, müssen durch einen roten Blitzpfeil sichtbar gekennzeichnet sein.*⁴⁾

1. Bei im Freien offen verlegten Leitungen ist der Schutz gegen Berührung besonders zu beachten.⁵⁾

2. Ungeschützte Niederspannungsleitungen im Freien sollen so verlegt werden, daß sie ohne besondere Hilfsmittel nicht berührt werden können, sie sollen jedoch mindestens 2 $\frac{1}{2}$ m vom Erdboden entfernt sein.⁶⁾

3. *Ungeschützte Hochspannungsleitungen im Freien sollen in der Regel mit ihrem tiefsten Punkt mindestens 6 m von der Erde entfernt sein.*

4. Bei Reklamebeleuchtungen und ähnlichen Installationen können die Leitungen nach der Höchstzahl der gleichzeitig betriebenen Lampen berechnet werden.

5. Apparate sollen tunlichst nicht im Freien untergebracht werden; läßt sich dies nicht vermeiden, so soll für besonders gute Isolierung, guten Schutz gegen Berührung und gegen schädliche Witterungseinflüsse Sorge getragen werden.

§ 24.

Leitungen in Gebäuden.

a) In Wohnräumen sind ungeerdete blanke Leitungen nicht zulässig.¹⁾

b) *Bei Hochspannung sind ungeerdete blanke Leitungen außerhalb elektrischer Betriebs- und Akkumulatorenräume nur als Kontaktleitungen gestattet.*²⁾

4) Siehe § 22 c) unter 5), S. 99.

5) Vgl. § 3, § 10 c), § 11 c), § 21 a), b), d).

6) Die unter 5) erwähnten Schutzmaßnahmen gegen Berührung sind durch die Regel 2 noch weiter verschärft. Hiernach ist auch bei Niederspannung nicht nur im Handbereich, sondern soweit überhaupt die Leitung zugänglich ist, ein Schutz durch Rohre, Latten oder dgl. geboten. Es empfiehlt sich allgemein, die Installationen tunlichst nicht an solchen Stellen anzubringen, die dem Verkehr stark ausgesetzt sind. Unter Umständen wird man durch Schranken, Warnungstafeln usw. das Herankommen an die Installation erschweren.

§ 24. 1) Bei blanken Leitungen in Gebäuden ist zu unterscheiden zwischen betriebsmäßig geerdeten und solchen, die unter Spannung stehen. Die letzteren sind auch bei Niederspannung in Wohnräumen sowie in feuergefährlichen und explosionsgefährlichen Betriebsstätten- und Lageräumen (§ 34 c, § 35 b) verboten, sie kommen in Betriebs- und Akkumulatorenräumen, ferner in feuchten Räumen und solchen mit ätzenden Dünsten vor (§§ 31 u. 33), und zwar dort mit schützendem Anstrich; ferner finden sie sich als Kontaktleitungen für Laufkrane und dergl. in Fabrikräumen.

Bei Hochspannung ist ihre Verwendung noch weiter eingeschränkt. (§ 24 b).

Über Verlegung und Schutz geerdeter blanker Leitungen vgl. 21 d) unter 9) S. 87.

2) Während bei Freileitungen für Hochspannung die blanke Leitung durch § 22 f) vorgeschrieben ist, ist ihre Verwendung

c) Bei Abzweigstellen muß den auftretenden Zugkräften durch geeignete Anordnungen Rechnung getragen werden.³⁾

in Gebäuden auf das Notwendigste beschränkt. Die Isolierhülle wird dem, der durch Zufall mit der Hochspannungsleitung in Berührung kommt, zwar keinen absoluten Schutz gewährleisten, aber immerhin unter normalen Verhältnissen, wenn sie den Witterungseinflüssen entzogen ist, die Gefahr erheblich herabsetzen. Nach § 3 b) und § 21 a) und b) müssen die Leitungen für Hochspannung, auch wenn sie eine Isolierhülle tragen, durch ihre Lage oder durch Verkleidung der Berührung entzogen und gegen mechanische Beschädigung geschützt sein.

3) Die Entlastung der Abzweigstellen geschieht durch Befestigungsmittel (Isolierglocken, Rollen etc.), die in unmittelbarer Nähe der Verzweigung so angeordnet werden, daß sie den abgezweigten Teil tragen, ohne die Hauptleitung aus ihrer Lage zu bringen. Am einfachsten ist es, die Abzweigungen nur an den Befestigungsstellen der Hauptleitung selbst vorzunehmen. Ist die Leitung und die Abzweigleitung in Rohren verlegt, so daß beide Teile auf ihrer ganzen Länge gestützt und überhaupt nicht gespannt werden, so entfällt natürlich die Notwendigkeit einer Entlastung. Dagegen ist die Entlastung von Zug besonders auch beim Anschluß von Schnurpendeln (§ 18 c) und von transportablen Stromverbrauchern zu beachten, welche letztere nach § 21 l) mittels Steckkontaktes oder dgl. zu erfolgen hat.

Stromverbraucher, die nicht transportabel, wohl aber beweglich, d. h. mittels biegsamer Leitung angeschlossen werden, wie Webstuhllampen, Kulissenwagen, auch schwenkbare Wandarme usw. sind in ihrer Bewegungsfreiheit zu begrenzen und die biegsamen Leitungen genügend lang zu wählen. Auch gegen das Zerren an etwa sich bildenden Schleifen der Zuleitungen ist ihr Anschluß an die Stromklemmen zu sichern wie nach § 18 c) bei hängenden Beleuchtungskörpern, vgl. auch § 18⁴.

Beim Gebrauch der Steckkontakte (§ 13) begegnet man oft einem leider sehr beliebten, aber durchaus fehlerhaften Verfahren, darin bestehend, daß beim Abschalten beweglicher Apparate von der Anschlußdose die Leitungsschnur ergriffen und so lange an ihr gezogen wird, bis sich der Kontaktstößel aus seinen Federn löst. — Da aber auch unbeabsichtigterweise durch die Handhabung der beweglichen Apparate (Kochapparate, Tischlampen, Plätteisen) vielfach Zug auf die Leitungsschnüre geübt wird, so ist es nützlich, die Anschlüsse so zu gestalten, daß die Kupferlitze selbst entlastet wird. Allgemein vorgeschrieben ist dies jedoch nicht (ETZ 1903, S. 294 N. 31), wohl aber wird es von einzelnen Elektrizitätswerken, z. B. von den Berliner Elektrizitätswerken gefordert. Zu diesem Behufe kann die Umklöpfung oder noch besser eine besondere mit der Litze verflochtene Trageschnur an beiden Ende so befestigt werden, daß sie den Zug aufnimmt (vgl. auch § 18 c). Es existieren Anschlußdosen, welche das oben erwähnte mißbräuchliche Verfahren dadurch verhindern, daß sie nach Art eines Bajonettverschlusses gebaut sind. Um die zum An- und Abschalten erforderliche Drehung auszuführen, muß man den Knopf selbst erfassen, und der schlechten Gewohnheit, an der Schnur zu ziehen, wird so entgegengearbeitet. Auch kann der Stecker durch einen Schalter verriegelt sein, was namentlich bei Hochspannung zu empfehlen ist. (§ 13 c).

d) Durch Wände, Decken und Fußböden sind die Leitungen so hindurchzuführen, daß sie gegen Feuchtigkeit, mechanische und chemische Beschädigung sowie Oberflächenleitung ausreichend geschützt sind.⁴⁾

1. Die Durchführungen sollen entweder der in den betreffenden Räumen gewählten Verlegungsart entsprechen, oder es sollen haltbare isolierende Rohre verwendet werden, und zwar für jede einzeln verlegte Leitung und für jede Mehrfachleitung je ein Rohr.⁵⁾

In feuchten Räumen sollen entweder Porzellan- oder gleichwertige Rohre verwendet werden, deren Gestalt keine merkliche Oberflächenleitung zuläßt, oder die Leitungen sollen frei durch genügend weite Kanäle geführt werden.⁶⁾

Über Fußböden sollen die Rohre mindestens 10 cm vorstehen; sie sollen gegen mechanische Beschädigungen sorgfältig geschützt sein. *Bei Hochspannung sollen die*

4) Nach Regel I sind alle Durchführungen, sofern sie nicht in weiten Kanälen oder mittels Kabel bewerkstelligt werden, mit Hilfe von Rohren auszuführen. Porzellan-, Papier-, Eisenrohre mit isolierender Einlage sind zulässig. Ungeschützte Papier- und Hartgummirohre gewährleisten nicht immer die geforderte Haltbarkeit, namentlich nicht bei Durchgängen durch Fußböden. Es ist demnach unter anderm durchaus verboten, Tür- oder Fensterrahmen, Holzwände, Schalttafeln, usw. einfach zu durchbohren und die Drähte durch das enge Loch ohne weiteres hindurchzuführen; stets sind Führungen einzusetzen, welchen man passend abgerundete Enden gibt, um das Scheuern des Drahtes an den Rohrkanten zu vermeiden.

5) Wo die Drähte einzeln verlegt sind, sollen sie nicht durch ein gemeinsames Rohr, sondern mittels getrennter Rohre durch Wände und Decken geführt werden, damit nicht die ohnehin stärker gefährdete Stelle des Durchgangs auch noch eine weniger gute Verlegungsart aufweist, als die übrigen Strecken. Dagegen ist es z. B. zulässig, die Steigleitungen völlig in Rohren zu verlegen, die Verteilungsleitungen in den einzelnen Stockwerken dagegen offen. Vergl. ETZ 1896, S. 683; 1902, S. 689.

In vielen Fällen empfiehlt es sich, die Rohre an einem oder an beiden Enden abzudichten. Dies hat den Zweck, eine mit Abscheidung von Kondenswasser verbundene Luftzirkulation zu verhindern. Auch liegt die Gefahr vor, daß bei wiederholtem Tünchen der Wände der freie Raum zwischen Rohrwand und Drahtleitung mit Kalk ausgefüllt wird, der die Drähte angreift. Die Abdichtung geschieht am besten mit Isoliermasse.

Leitungen für sehr hohe Spannungen werden aus dem Freien in Gebäude zweckmäßig mittels weiter Durchbrechungen eingeführt, in denen durchbohrte Glasscheiben sitzen. ETZ 1906, S. 56, Sp. 1. Eine Dacheinführung mittels Hochspannungsisolator siehe ETZ 1907, S. 865.

6) In feuchten Räumen geben enge Rohre und Durchlässe leicht zu dauernden Ansammlungen von Wasser Anlaß, welches oft chemisch wirksame Stoffe enthält, die die Leitung angreifen; außerdem kann es über die Oberfläche des Rohres hinweg eine Stromableitung zur Wand und Erde vermitteln, wenn nicht, wie vorgeschrieben, die Enden der Rohre als Isolierglocken ausgebildet sind. Metallrohre mit isolierender Einlage und glockenförmigen Endstücken aus Porzellan sind im Handel zu haben.

Rohre außerdem an Decken und Wandflächen mindestens 5 cm vorstehen.⁷⁾

§ 25.

Isolier- und Befestigungskörper.

- a) Holzleisten sind unzulässig.¹⁾
- b) Krampen sind nur zur Befestigung von betriebs-

7) An der Durchgangsstelle durch Fußböden sind die Leitungen der Gefahr, beschädigt zu werden, besonders stark ausgesetzt. Auch eindringendes oder an den Leitungen entlang laufendes Wasser ist zu fürchten. Hier wird man zerbrechliche Rohre aus Glas oder dünnem Porzellan, sowie spröde Hartgummirohre oder ungeschützte Papierrohre vermeiden, oder sie nochmals besonders schützen.

Wenn weite Kanäle, in denen dieselbe Verlegungsart beibehalten werden kann, wie in den durch die Kanäle verbundenen Räumen, in Rücksicht auf die gute und gleichmäßige Isolation den engen Durchführungsrohren vielleicht vorzuziehen sind, so sei doch nicht unerwähnt, daß sie schon bei ausgebrochenem Schadenfeuer dessen Ausbreitung von einem Stockwerk zum andern erleichtert oder veranlaßt haben. Man wird daher bei Deckendurchgängen in der Wahl der Abmessungen solcher Kanäle eine gewisse Vorsicht üben müssen.

§ 25. 1) Es ist bekannt, daß Holzleisten schon sehr vielfach zu Brandfällen Anlaß gegeben haben. Obwohl diese Art der Verlegung, welche sich rasch ausführen läßt und die Drähte gegen Verletzungen schützt, eine Zeitlang sehr verbreitet war, so hat sich doch nach und nach ein ernstes und wohlbegründetes Mißtrauen gegen ihre weitere Anwendung festgesetzt, und schon vor Jahren sind die Holzleisten von einzelnen Elektrizitätswerken, wie z. B. von den Berliner E. W., auf Grund schlechter Erfahrungen verboten worden. Da in der Folge ihre Verwendung auch anderwärts erheblich eingeschränkt worden ist und bessere Verlegungsarten ausgebildet worden sind, so konnte bereits bei der ersten Aufstellung dieser Vorschriften im Jahre 1895 die Anwendung der Holzleisten gänzlich untersagt werden, ohne eine Störung der Installationstechnik befürchten zu müssen. Auch in der Folge hat sich ein begründetes Bedürfnis für den Gebrauch der Holzleisten nicht geltend gemacht. Die gelegentlich für ihre Wiedereinführung vorgebrachten Gründe haben sich bei wiederholter sorgfältiger Prüfung durch die Sicherh.-Komm. d. V. D. E. nicht als stichhaltig erwiesen.

Die Gefährlichkeit der Holzleisten beruht in folgendem: Sie werden fast ausschließlich aus leichten weichen Holzarten hergestellt, welche die Feuchtigkeit begierig aufsaugen und festhalten. Unterstützt durch die löslichen Bestandteile des Holzes und die bei der Fäulnis entstehenden Stoffe greift die Feuchtigkeit die Isolierhülle der Drähte und letztere selbst an; es bilden sich u. a. Kupfersalze, welche das Holz leitend machen, so daß sich ein vom Draht über und durch die Holzleiste nach der Erde verlaufender Strom ausbildet, der unter Umständen die weitere Zerstörung des Drahtes unterstützt. Schließlich wird entweder der teilweise zerfressene Draht so schwach, daß er auch durch den normalen Strom zum Glühen kommt und, ohne daß die zugehörige Bleisicherung in Wirkung tritt, die Leiste in Brand setzt, oder es bildet sich zwischen den beiden Poldrähten ein durch das zersetzte und imprägnierte Holz gehender Strom aus, welcher die

mäßig geerdeten Leitungen zulässig, sofern dafür gesorgt ist, daß der Leiter weder mechanisch noch chemisch durch die Art der Befestigung beschädigt wird.²⁾

c) Isolierglocken, -Rollen, -Ringe und -Klemmen

zu mittelmäßigen Leitern gewordenen Holzteile zum Glühen bringt.

Mehrfach ist beobachtet worden, daß solche Brandfälle auch in scheinbar trockenen Räumen dadurch entstanden sind, daß die die Leiste tragende Wand oder Decke vorübergehend an einer beschränkten Stelle feucht wurde, indem z. B. eine in der Wand verlaufende Wasserleitung leckte oder indem von einem über der Leitung befindlichen Stockwerke her Wasser durch die Decke sickerte, oder wenn infolge einer Undichtheit in der Bedachung Regen- und Schneewasser eindrang. Als besonders gefährlich hat sich die mit Tapete überzogene Holzleiste erwiesen, da sie das Wasser aus der Mauer aufnimmt, ohne es an ihrer Oberfläche wieder verdunsten zu lassen. Bedenkt man außerdem, daß die Holzleiste häufig dazu benutzt wurde, um einen zu irgend welchen häuslichen Zwecken dienenden Nagel oder Haken aufzunehmen, welcher bei schiefer Stellung Kurzschluß verursachte, so ergibt sich eine ungezwungene Erklärung der außerordentlich großen Zahl von Fällen, in welchen Brandschäden an Holzleisten ihren Ausgangspunkt genommen haben.

Man hat versucht, die Leisten mit fäulniswidrigen Stoffen oder mit solchen, welche sie wasserundurchlässig machen, zu tränken, doch hat sich dies nicht bewährt, da diese Stoffe entweder selbst den Draht angreifen, oder die Entzündlichkeit der Leiste noch erhöhen, zum Teil üblen Geruch oder Flecken auf den Wänden verursachen. Auch untergelegte Porzellanscheiben, welche die Leiste von der Wand entfernt halten, sind ein ungenügendes Mittel, da sie nicht hindern, daß die Leiste mit Tapete überklebt und so die im § 21² empfohlene Zugänglichkeit der Leitung zu nichte gemacht wird. Über den Wert der Holzleisten siehe Zeitschrift für Elektrotechnik, Wien, Bd. 14. S. 455, Sp. 2.

Wo der notwendige Schutz der Leitungen nicht durch Rohre erreicht werden kann, oder diese aus besonderen Gründen nicht verwendet werden sollen, ist ein aus Brettern oder Blech hergestellter Kanal über die auf Rollen oder Glocken verlegte Leitung zu bauen, der die Luft frei zutreten läßt und zur Besichtigung der Leitung geöffnet werden kann.

2) Krampen haben den Nachteil, daß bei ihrer Verwendung die Beschädigung der Isolierschicht von Drähten, Schnüren oder Kabeln nicht sicher vermieden werden kann. Tritt eine solche Verletzung ein, so bildet die Krampe selbst sofort einen Stromweg zur Wand und Erde. Außerdem bietet die Krampe nicht die Möglichkeit, den meistens erforderlichen Abstand der Leitung von der Wand einzuhalten. Auch bei Befestigung von betriebsmäßig geerdeten, blanken Leitungen mittelst Krampen ist Sorge zu tragen, daß der Draht nicht durch die Krampe verletzt werde; dazu helfen Einlagen oder passende Gestaltung der Krampen.

An feuchten Stellen kann chemische Zerstörung eintreten, wenn Draht und Krampe aus verschiedenen Metallen bestehen, die ein galvanisches Element bilden. Möglicherweise spielen dabei die chemischen Eigenschaften der verschiedenen Arten von Wandverputz eine Rolle. In Stuttgart haben sich verzinnte Eisenkrampen auf verzinnten blanken Kupferdrähten bewährt.

(mit Ausnahme von Kabelklemmen) müssen aus Porzellan, Glas oder gleichwertigem Material bestehen.³⁾

d) Bei Hochspannung müssen Klemmen so angebracht oder so ausgebildet sein, daß merkliche Oberflächenleitung ausgeschlossen ist. Es ist unzulässig, zwei oder mehr Drähte von verschiedener Polarität oder Phase in eine Klemme zu verlegen.⁴⁾

e) Glocken müssen so angebracht werden, daß sich kein Wasser in ihnen ansammeln kann.⁵⁾

f) Glocken, Rollen, Ringe und Klemmen müssen so angebracht werden, daß sie die Leitungen in angemessenem Abstand voneinander, von Gebäudeteilen, Eisenkonstruktionen und dergleichen entfernt halten.⁶⁾

3) Die aufgezählten Stoffe Glas und Porzellan sind als Beispiele für isolierende, nicht hygroskopische Stoffe genannt, indessen kommen auch unter den Porzellan- und Glassorten ungeeignete vor. Namentlich ist Glas wegen der Neigung zum Zerspringen nur mit Vorsicht zu gebrauchen. Von anderen Stoffen kommen besonders die künstlichen Glimmerpräparate (Ambroin), auch sogenanntes Eisengummi in Betracht. Neben genügendem Isoliervermögen sind Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Luft und Nässe erforderlich.

Klemmen aus Holz sind nicht zulässig, da sie Feuchtigkeit aufnehmen und alsdann nicht mehr isolieren. Sind die Klemmen aus Metall, so müssen sie isolierende Einlagen besitzen, um den Rollen und Ringen gleichwertig zu sein. Die Kanten der Klemmen oder ihrer Einlagen müssen so geformt sein, daß sie die Isolierhülle der Drähte nicht beschädigen.

4) Bei Hochspannung dürfen niemals zwei Drähte verschiedener Polarität in dieselbe Klemme gelegt werden, weil durch das Einklemmen der Drähte eine Verletzung ihrer Isolierhülle nicht ausgeschlossen ist, daher bei der hohen Spannung an einer solchen Klemme ein Kurzschluß entstehen könnte.

5) Mantelrollen, die unter Umständen als Ersatz von Glocken dienen, sind ebenfalls so anzuordnen, daß das Wasser abläuft, ohne die Isolierfähigkeit zu beeinträchtigen. ETZ 1904, S. 1115 N. 127.

6) Zu beachten ist, daß der angegebene Abstand von der Wand an jeder Stelle des Drahtes vorhanden sein muß; es sind also dort, wo die Leitung vorspringende Teile, wie Verzierungen, Türstöcke und dgl., kreuzt oder um vorspringende Ecken geführt wird, die Befestigungsstücke so zu verteilen oder auf die vorspringenden Gegenstände selbst zu setzen, daß die gegebenen Maße überall eingehalten sind. Die geforderten Mindestabstände sind aus der Tabelle in den Erläuterungen zu § 21 unter ¹²⁾ Seite 89 zu ersehen.

Die geforderten Abstände von der Wand werden bei niedriger und mittlerer Spannung am einfachsten durch entsprechende Auswahl der Größe der Rollen erlangt. Die so festgelegte Größe der Befestigungsstücke regelt von selbst auch zugleich den Abstand der Drähte unter sich, soweit hierfür nicht in § 21 f) für blanke Leitungen schärfere Forderungen aufgestellt sind. Bei höheren Spannungen sind ausladende Isolatorstützen oder besondere Tragarme erforderlich. Diese werden jedoch in bezug auf den Abstand der Leitung von ihnen nicht als „Wand“ betrachtet, denn in der Nähe der Isolatorstützen ist der Draht unverrückbar befestigt, während gegenüber der freien Wand

1. Bei Führung von Leitungen auf gewöhnlichen Rollen längs der Wand soll auf höchstens 80 cm eine Befestigungsstelle kommen. Bei Führung an der Decke können den örtlichen Verhältnissen entsprechend ausnahmsweise größere Abstände gewählt werden.⁷⁾

✂ | In B. u. T. sind gewöhnliche Rollen unzulässig. |

2. Mehrfachleitungen sollen nicht so befestigt werden, daß ihre Einzelleiter aufeinander gepreßt sind. Metallene Bindedrähte sind bei ungepanzerten Mehrfachleitungen ungeeignet.⁸⁾

§ 26.

Rohre.

a) Papierrohre müssen einen Metallüberzug haben.¹⁾

b) *Metallene oder metallüberzogene Rohre müssen bei Hochspannung in solcher Stärke verwendet werden,*

sein Durchhang und seine Beweglichkeit zu beachten und bei den geforderten Abständen berücksichtigt ist.

7) Bei Einhaltung der vorgeschriebenen Abstände der Befestigungsstellen können zwischen diesen noch Eckrollen oder Abstandsstücke nötig werden, die unter Umständen eine besondere Befestigung an der Wand oder eine Bindung des Drahtes entbehren können. Vgl. S. 90 unter ¹⁶⁾ sowie ETZ 1902, S. 1133 N. 24; 1905, S. 702 N. 169.

8) Die Bestimmung für Mehrfachleiter hat den Zweck, die Gefahr eines Kurzschlusses zu vermeiden, welche insbesondere bei biegsamen Schnüren vorhanden ist, da diese gegen Druck weniger widerstandsfähig sind als massive Drähte. Metallene Bindedrähte sind zwar sehr bequem zu handhaben, sie schneiden jedoch zu sehr in die Isolierschicht der Leitungen ein, besonders wenn sie — was sehr nahe liegt — durch Zusammenwürgen ihrer Enden mit der Zange gebunden werden, wobei mehr oder weniger starke Verletzungen der Leitung fast unvermeidlich werden. Man verwendet hier am besten in schmale Streifen geschnittenes Isolierband oder Bindschnur. Auch bei Einfachleitungen ist darauf zu achten, daß die Isolation der Leitung nicht durch den Bindedraht verletzt wird. Man verwendet verzinnnten blanken oder umsponnenen Kupferdraht von mindestens 1 qmm Stärke. Die Leitungen sind an den Bindestellen durch eine Umwicklung von isolierendem Stoff besonders zu schützen. In feuchten Räumen setzen metallene Bindedrähte leicht Oxydschichten an, die ihrerseits die Gummihülle der Leitungen angreifen.

§ 26. 1) Rohre dienen als Schutz gegen Berührung, gegen mechanische und gegen chemische Beschädigung der Leitungen. Gebräuchlich sind Gummirohre, Papierrohre ohne und mit Metallüberzug, Eisenrohre mit und ohne Isolierereinlage, geschlitzte federnde Eisenrohre.

Metallrohre spielen außerdem eine besondere Rolle in bestimmten Verlegungsarten, indem sie selbst als geerdete metallische Leitung dienen und gleichzeitig den oder die zugehörigen anderen Leiter umschließen.

Wenn Leitungen dem Auge entzogen, also in die Wand verlegt werden sollen, werden sie in der Regel in Rohren verlegt, da Kabel meistens zu teuer sind und andere Verlegungsarten soweit über sie Erfahrungen vorliegen, entweder nicht den nötigen Schutz gewähren, oder eine Nachprüfung nicht gestatten: Vgl. § 21²⁾ unter ¹⁷⁾ S. 91, auch ETZ 1904, S. 1115 N. 124. Die

daß sie auch den nach den Ortsverhältnissen zu erwartenden mechanischen und chemischen Angriffen widerstehen.²⁾

Bei Hochspannung sind die Stoßstellen metallener Rohre metallisch zu verbinden und die Rohre zu erden.³⁾

⚡ | In B. u. T. gelten beide Absätze auch für |
| Niederspannung. |

c) In ein und dasselbe Rohr dürfen nur Leitungen verlegt werden, die zu dem gleichen Stromkreise gehören. (Vergleiche auch § 21 h.)⁴⁾

Verlegung unter Putz, d. h. in der Wand, ist nur bei Spannungen bis 500 Volt üblich, weil bei den höheren Spannungen eine größere Übersichtlichkeit und leichtere Beaufsichtigung erstrebt werden soll. Jedoch sind Durchführungs- und Einführungsrohre auch bei höheren Spannungen nicht ausgeschlossen.

Die Mauerfeuchtigkeit ist den aus Papier bestehenden Rohren und Verbindungsdosen gefährlich, ETZ 1903, S. 1049 N. 72, daher ist der Metallüberzug vorgeschrieben worden, nachdem eine Umfrage ergeben hatte, daß in der Praxis überwiegend nur Rohre mit diesem verwendet werden. Der Überzug kann durch einen Anstrich noch haltbarer gemacht werden. Die Verlegung der Rohre geschieht in der Regel während des Baues, jedoch zweckmäßigerweise nicht früher, als bis der größte Teil der Baufeuchtigkeit bereits aus den Mauern verschwunden ist. Die Drähte sollen erst nach vollständiger Austrocknung eingezogen werden. Werden die Rohre in ungenügend ausgetrocknete Mauern verlegt oder bleiben die Mauern dauernd feucht, so sind dünne Metallmäntel aus Messingblech der chemischen Zerstörung durch den Kalk ausgesetzt, man muß alsdann kräftigere Eisenrohre verwenden.

Gummirohre bedürfen keines besonderen Schutzes gegen Feuchtigkeit; sie können daher ohne weiteres in Putz verlegt werden, soweit nicht mechanische Beschädigungen, etwa durch in die Wand geschlagene Nägel, zu befürchten sind.

Gegen derartige Angriffe ist auch der übliche Messingmantel der Papierrohre unzureichend. Gegebenenfalls, z. B. in Fehlböden, über die ein Parkettboden genagelt wird, benützt man Panzerrohre oder besondere Eisenschilder, etwa aus Winkeleisen.

2) Wird der im § 3 b) gegen Berührung und in § 21 a) gegen Beschädigungen geforderte Schutz durch Metallrohre oder metallüberzogene Rohre bewirkt, so erfordert bei Hochspannung schon die nach § 3 c) und § 21 b) nötige Erdung und die sichere Verbindung der Stoßstellen eine gewisse Stärke des Metalles. Auch abgesehen von diesem Grunde soll bei Hochspannung der Schutz der Leitungen besonders kräftig sein.

3) Die leitende Verbindung der Stoßstellen und die Erdung der Rohre ergeben sich aus den Forderungen, die in § 3 c) und § 21 b) für andere metallische Schutzverkleidungen aufgestellt sind.

Die metallische Verbindung ist auch bei Niederspannung mit besonderer Sorgfalt auszuführen, wenn das Rohr selbst als geerdete Rückleitung benutzt wird. Dies ist nur bei Rohren von genügender Leitfähigkeit angängig. Peschelrohre z. B. vertragen in den Abmessungen 8, 14, 18 mm eine Strombelastung von 10, 15, 20 Ampere. Die Verbindung der Stoßstellen geschieht entweder durch aufgeschraubte Muffen, oder bei Peschelrohren durch unmittelbaren Kontakt der ineinandergesteckten Rohrenden, wobei der Längsschlitz eine dauernd feste federnde Berührung der vorher blank gemachten Flächen verbürgt.

Ausnahmen (siehe § 28 i) sind zulässig für Schaltanlagen in Betriebsräumen.

d) Drahtverbindungen innerhalb der Rohre sind, außer in Beleuchtungskörpern, nicht zulässig.⁵⁾

1. Rohre sollen so verlegt werden, daß sich in ihnen kein Wasser ansammeln kann.⁶⁾

4) Mehr als eine zusammengehörige Hin- und Rückleitung sollen in der Regel nicht in dasselbe Rohr gelegt werden. Beim Anschluß kleiner Drehstrommotoren bedarf es hierzu dreier Drähte. Auch können bei Gleichstromanlagen drei Drähte zusammengehören, wenn sie z. B. zu einer Lampengruppe führen, die von mehreren Punkten aus ein- und ausschaltbar sein soll (sogenannte Wechselschalter oder Gruppenschalter). Vgl. auch ETZ 1904, S. 424 No. 98.

Wenn mehrere Leitungen gleicher Polarität dicht nebeneinander in demselben Rohre liegen, so kann der Fall eintreten, daß bei Beschädigung der Gummihülle die Metalladern sich berühren, ohne daß die Sicherung schmilzt, weil nicht die volle Betriebsspannung an der schadhaften Stelle wirksam wird; auch kann es vorkommen, daß die Leitungen sich so berühren, daß der auf einer bestimmten Strecke von nur einem der Leiter geführte Strom doch durch alle Sicherungen hindurchgeht, indem diese durch die Berührungsstelle parallel geschaltet sind; wächst dann der Strom, so kann dieser Draht gefährliche Hitzgrade erreichen, ohne daß die Sicherung den Strom unterbricht.

Um diese Möglichkeit tunlichst einzuschränken, ist das Zusammenlegen solcher Leitungen auf zusammengehörige Leitungen desselben Stromkreises, z. B. die Hin- und Rückleitung zu einer Lampe (verschiedene Polaritäten) oder zu einem Schalter (gleiche Polaritäten) beschränkt worden. ETZ 1904, S. 424 N. 101; 1905, S. 278 N. 162. Vgl. auch § 11² S. 49 unter ³⁾.

Aus dem gleichen Grunde sollte von der nach § 21¹² in Ausnahmefällen zulässigen Zusammenlegung von mehr als drei Leitungen, die auch verschiedenen Stromkreisen angehören können, nur äußerst vorsichtig Gebrauch gemacht werden, und sind dabei die dort vorgeschriebenen Bedingungen streng einzuhalten. Zu diesen Ausnahmen gehören auch größere Beleuchtungskörper, deren Hauptrohr häufig mehrere Leitungen enthält, die verschiedenen Sicherungsgruppen angehören.

Daß bei Wechselstrom stets alle zusammengehörigen Leitungen in einem Rohr vereinigt sein müssen, sofern dies aus Eisen besteht, ist im § 21 h) festgesetzt und S. 93 unter ²²⁾ erläutert.

5) Am besten werden für die Drahtverbindungen sogenannte Verbindungsboxen eingeschaltet; in diesen wird die Verbindung durch Löten oder durch Klemmschrauben ausgeführt, die auf fester Unterlage sitzen. Ist die im Rohre liegende Leitung eine Schnurleitung, so ist die letztgenannte Verbindungsart nach § 21¹⁵ regelmäßig erforderlich. ETZ 1903, S. 1049 N. 64.

6) Der Bildung von Wasser in den Rohren, welche meistens auf Temperaturwechsel zurückzuführen ist (Kondensationswasser), wird auch durch den Verschluß der oberen oder beider Mündungen entgegengewirkt. Würden nämlich beide Enden einer vertikalen Rohrleitung offen sein, so kann leicht ein fort-dauernder feuchtwarmer Luftstrom durch die zwischen der oberen und unteren Öffnung vorhandenen Temperatur- und Druckunterschiede entstehen; ist dabei die das Rohr umgebende Mauer kälter als die hindurchströmende Luft, so kommt es zu

2. Bei Metall- und Isolierrohren sollen im allgemeinen die lichte Weite, sowie die Anzahl und der Radius der Krümmungen so gewählt sein, daß man die Drähte einziehen und entfernen kann.⁷⁾ Bei Leitungen von mehr als 16 qmm Querschnitt kann von der Auswechselbarkeit abgesehen werden, wenn die Rohre offen verlegt und jederzeit zugänglich sind.⁸⁾ Die Rohre sollen ferner mit entsprechenden Armaturen, z. B. Tüllen versehen sein, so daß die Isolierung der Leitungen durch vorstehende Teile und scharfe Kanten nicht verletzt werden kann.

dauernder Wasserabscheidung. Stagniert dagegen die Luft innerhalb des Rohres, so wird sie nur selten erhebliche Mengen von Wasser abgeben, welches, wenn die unteren Enden des Rohrnetzes offen sind, von selbst abfließt. Um erhebliche und schroffe Temperaturwechsel der Rohre zu vermeiden, empfiehlt es sich, letztere tunlichst nicht in die Außenwände der Gebäude zu legen.

Bei Rohren mit Längsschlitz (Peschelrohr) wird der Schlitz nach unten gelegt, um dem Wasser den Austritt zu erleichtern.

Kann ein Gefälle der Rohre nicht eingehalten werden, z. B. wenn eine u-förmige Führung, etwa um einen Balken herum, nötig ist, so kann man das Rohr an der tiefsten Stelle anbohren, um einen Abfluß zu schaffen.

7) Werden die Rohre nicht zu eng gewählt und wird für passende Führung des Rohrstranges und richtige Anzahl der Dosen gesorgt, so vollzieht sich das Einziehen der Drähte in die fertig verlegten Rohre ohne Schwierigkeit. Ganz fehlerhaft und durchaus unzulässig ist das Verfahren, die Drähte vor der Verlegung in Rohre einzuziehen und diese dann in den Verputz einzulegen. Dieses Verfahren, bei dem jede Nachprüfung der verlegten Drähte unmöglich ist, verleitet die Arbeiter zu Nachlässigkeiten. Vgl. § 21^a unter ¹⁷⁾, auch ETZ 1904, S. 1114 N. 112.

Im allgemeinen vermeidet man es, die Rohre in scharfen Ecken aneinander stoßen zu lassen, da auf diese Weise das Einziehen und Entfernen der Drähte unmöglich ohne Beschädigung durchführbar ist. Auch verführt diese Anordnung dazu, daß die vielen kurzen Rohrstückchen nicht genügend an der Wand befestigt werden, so daß dann nicht das Rohr den Draht, sondern der Draht das Rohr trägt und stützt. Vgl. auch ETZ 1905, S. 888 N. 176.

Bei richtiger Verlegung vollzieht sich dagegen auch das Entfernen der Drähte aus den Rohren behufs Auswechslung zu schwacher oder fehlerhafter Strecken ohne Schwierigkeit. Sollte eine Leitung infolge von Überhitzung im Rohre festgeklebt sein, so kann sie durch mehrmaliges Drillen um ihre Längsachse (etwa mit Hilfe einer Bohrwinde) leicht gelockert werden.

8) Leitungen großen Querschnitts können in bereits verlegte Rohre nur mit Schwierigkeiten eingezogen werden. Aus den Seite 91 unter ¹⁷⁾ angegebenen Gründen ist es aber auch hier bedenklich, die über die Leitungen geschobenen Rohre in den Putz einzulegen oder einzumauern. Diese meist als Speise- oder Steigleitungen vorkommenden größtenteils geradlinigen Leitungstrecken sollen daher auf der Oberfläche der Wände in unverdeckten Rohren geführt werden, sofern nicht eine gänzliche offene Verlegung oder Verlegung in weiten Kanälen, die auch mit abnehmbarem Schutzblech oder Schutzblech überdeckt werden können, vorgezogen wird.

3. Rohre, die für mehr als einen Draht bestimmt sind, sollen mindestens 11 mm, bei Hochspannung mindestens 15 mm lichte Weite haben.⁹⁾

4. Wenn bei offener Verlegung einzelne Leitungsstrecken durch Rohre geschützt werden, sind geringere Rohr-Durchmesser zulässig. Das Gleiche gilt bei Schaltanlagen.¹⁰⁾

§ 27.

Kabel.

a) Blanke und asphaltierte Bleikabel dürfen nur so verlegt werden, daß sie gegen mechanische und chemische Beschädigungen geschützt sind. (Vergleiche auch § 21 h.)¹⁾

1. Bleikabel jeder Art mit Ausnahme von Gummikabeln bei Niederspannung dürfen nur mit Endverschlüssen, Muffen oder gleichwertigen Vorkehrungen, welche das Eindringen von Feuchtigkeit verhindern und gleichzeitig einen guten elektrischen Anschluß gestatten, verwendet werden.²⁾

9) Dies gilt auch, wenn mehrere Leitungen zu einer Mehrfachleitung in Gestalt von verdrehten Drähten oder Schnüren vereinigt sind.

10) Es kommen hier namentlich Rohrstücke zum Schutz der im Handbereich liegenden Enden von Schaltungsleitungen, ferner Durchführungen dünner Zwischenwände, Rohrzwischenlagen bei Kreuzung von Leitungen in Betracht.

§ 27. 1) Chemischen Angriffen ist blankes Blei in weit höherem Maße ausgesetzt, als gemeinhin angenommen wird. Kalk und andere Alkalien greifen Blei stark an. Die blanken Bleikabel dürfen daher nicht unmittelbar auf den Verputz des Mauerwerkes, noch weniger in den Verputz verlegt werden. Besteht die Oberfläche des Mauerwerkes oder eines zur Verlegung von Kabeln bestimmten Kanals aus reinem Gips, so ist die oben erwähnte Gefahr nicht vorhanden, weil die Schwefelsäure des Gipses mit der Oberflächenschicht des Bleies unlösliche Verbindungen bildet, die die tieferen Schichten vor weiteren Angriffen schützen.

Auch vor manchen organischen Stoffen ist Blei sorgfältig zu schützen. Besonders gefährlich sind Essigsäure, organische Fettsäuren, sowie faulende organische Stoffe, welche mit dem Blei lösliche Verbindungen bilden, so daß es zerfressen wird. Wo daher im Erdboden oder an Wänden derartige Stoffe vorkommen können, darf blankes Bleikabel nicht verwendet werden.

Der Asphaltüberzug soll das Blei gegen die erwähnten chemischen Angriffe schützen. Es wird sich jedoch empfehlen, auch bei der Verlegung dieser Kabelsorte vorsichtig zu sein und solche Stellen des Erdbodens oder der Wände, wo die genannten Stoffe vorkommen können, zu vermeiden oder armierte Kabel zu verwenden.

2) Die Regel 1 wendet sich gegen das fehlerhafte Verfahren, wonach die vom Bleimantel entblößte litzenartige Kupferseele ohne weitere Vorkehrungen in Klemmschrauben eingeführt wird. Hierbei werden leicht einzelne Drähte der Litze außer Kontakt bleiben; außerdem bietet dies Verfahren der Feuchtigkeit die Möglichkeit, sich zwischen Seele und Isolierhülle festzusetzen. Wo vollständige Endverschlüsse, Kabelschuhe und



2. Die Entfernung der Befestigungsstellen der Kabel soll in B. u. T. 3 m nicht übersteigen, außer in Bohrlöchern und Schächten. Für Schächte siehe § 40.

3. In B. u. T. ist die Armatur von Kabeln nach Möglichkeit zu erden. An Muffen und ähnlichen Stellen sind die Armaturen leitend zu verbinden.

b) Es ist darauf zu achten, daß an den Befestigungsstellen der Bleimantel nicht eingedrückt oder verletzt wird; Rohrhaken sind unzulässig.³⁾

c) Prüfdrähte sind wie die zugehörigen Kabeladern zu behandeln.⁴⁾

Bei Hochspannung sind sie so anzuschließen, daß sie nur zu Messungen an den zugehörigen Kabeladern dienen.⁵⁾

H. Behandlung verschiedener Räume.

Für die nachbenannten Räume gelten außer den normalen Vorschriften noch die folgenden Sonderbestimmungen.¹⁾

dgl. nicht benutzt werden, wie bei den Bleikabeln geringeren Querschnittes, ist das Ende der Isolierschicht durch Isolierband etc. sorgfältig zu schützen und das Ende der Drahtlitze zu verlöten.

Sogenannte Gummikabel, d. h. solche, bei denen keine Faserisolierung verwendet ist, sondern die Kupferseele unmittelbar von einer dicht anliegenden Gummihülle umgeben ist, können unter Umständen eines besonderen Endverschlusses entbehren.

3) Auch armierte Kabel sollen nicht mittels Rohrhaken, sondern mittels Schellen befestigt werden, weil sowohl schwache als starke Kabel beim Einschlagen der Haken häufig beschädigt werden. Dagegen ist das Aufhängen von Kabeln an Haken nicht verboten.

4) Stets ist darauf zu achten, daß die freien Enden der Prüfdrähte, auch wenn sie nicht an Meßgeräte angeschlossen sind, ebenso sorgfältig gegen Berührung und unbeabsichtigten Spannungsübergang geschützt werden, wie eine angeschlossene Hochspannungsleitung.

5) Die in die Hochspannungskabel eingebauten Prüfdrähte dürfen nicht zu fremdartigen Zwecken benützt werden, weil sie von den Arbeitsdrähten des Kabels beeinflußt sind. Es wäre z. B. sehr bedenklich, die Prüfdrähte zu Telefongesprächen zu benützen, denn bei nicht völlig symmetrischer Lage zu den Arbeitsdrähten oder bei ungleicher Belastung der letzteren werden in den Prüfdrähten durch Wechselstrom Spannungen induziert, die den Telephonapparat und seinen Benützern gefährlich werden können. Aus dem gleichen Grunde ist es unzulässig, den Prüfdraht eines Hochspannungskabels zu Messungen in Niederspannungsnetz zu verwenden, da er Hochspannung in den Niederspannungskreis einführen könnte. Wenn auch jeder Prüfdraht für sich isoliert ist, so wird seine Isolierschicht doch in der Regel nicht so stark sein, wie die der Arbeitsdrähte.

H. 1) Aus der besonderen Beschaffenheit und den mannigfaltigen Verwendungszwecken der verschiedenen Arten von Räumen ergeben sich bestimmte Forderungen für ihre elek.

§ 28.

Elektrische Betriebsräume.²⁾

a) Entgegen § 3a bedürfen bei Niederspannung die unter Spannung gegen Erde stehenden Teile keines besonderen Schutzes gegen Berührung.³⁾

trische Einrichtung, die zum Teil miteinander in Widerspruch stehen. Daher ist es nicht möglich, für alle Arten von Räumen eine einheitliche Installationsweise einzuhalten. Die Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit der Anordnung, die dort geboten ist, wo unterwiesenes Personal mit der Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie betraut ist, ist unvereinbar mit dem unbedingten Schutz gegen Berührung durch Unbefugte, wie er in öffentlichen Versammlungsräumen, Wirtshäusern oder Kaufläden nötig erscheint. Die Maßnahmen, die z. B. in feuchten oder in explosionsgefährlichen Räumen eine dauernde Betriebsfähigkeit und Feuersicherheit gewährleisten, widersprechen den Anforderungen, die an elegante Wohnräume oder Repräsentationsräume gestellt werden. Man muß daher die im allgemeinen gültigen Vorschriften und Regeln in einigen Sonderfällen verschärfen, an anderen Stellen dagegen Ausnahmen in gewissem Umfange zulassen.

§ 28. 2) Der Begriff des „elektrischen Betriebsraumes“ ist in § 2d) erklärt und S. 14 unter 5) erläutert. Wesentlich ist die auf unterwiesenes Personal beschränkte Zugänglichkeit. Sie rechtfertigt es, daß man hier einen Teil der Sicherheitsmaßnahmen nicht auf die Beschaffenheit der Einrichtungen, sondern auf das durch Unterweisung geregelte Verhalten des Personals gründet. Es sind aber nicht nur Vorteile für den Betrieb, die sich hieraus ergeben, sondern die Sicherheit vor Feuers- und Lebensgefahr ist unter vielen Umständen auf diese Weise besser gewährleistet, weil den verwickelten Anordnungen und dem vielgestaltigen Zusammenwirken der Dinge und Vorgänge überhaupt nicht durch rein körperliche Vorkehrungen Rechnung getragen werden kann.

Diejenigen Teile der elektrischen Einrichtung von Betriebsräumen, die nur der Beleuchtung des Betriebsraumes dienen, und keinen besonderen, aus der Eigenart der Bestimmung des Raumes folgenden Bedingungen unterliegen, können und müssen auch hier nach den allgemeinen Vorschriften ausgeführt werden.

Die Reihenfolge der Bestimmungen des § 28 entspricht der fortlaufenden Bezifferung derjenigen Paragraphen der allgemeinen Vorschriften, auf die sie sich beziehen. Dementsprechend sind die Absätze a) bis c), die vom Schutz des Personals gegen Berührung unter Spannung stehender Teile handeln, vom Absatz g), betreffend den Schutz der elektrischen Leitungen gegen Beschädigung, getrennt, obwohl vielfach dieselben Mittel den beiden verschiedenen Zwecken dienen.

3) Blanke Teile, wie Sammelschienen, Anschlußklemmen, Bürsten, Kommutatoren, Sicherungstreifen, Kontaktstücke von Schaltern usw. dürfen im Bereich der Niederspannung, also bis zu 250 Volt gegen Erde, ohne besonderen Schutz gegen Berührung angeordnet werden. Damit ist nicht gesagt, daß alle diese Teile in jedem Betriebsraum der Regel nach ungeschützt bleiben. Man wird sich auch hier im allgemeinen der schon durch ihre Bauart geschützten Hilfsmittel (Schalter, Sicherungen, Maschinen usw.) bedienen, und die Anordnungen so treffen, daß freie Bewegung und sichere Handhabung der Einrichtung ohne

b) Entgegen § 3b kann bei Gleichstrom bis 1000 Volt von einer Schutzvorrichtung insoweit abgesehen werden, als diese nach den örtlichen Verhältnissen entbehrlich ist oder die Bedienung und Beaufsichtigung behindert.⁴⁾

c) Bei Hochspannung sind auch solche blanke Leitungen gestattet, welche nicht Kontaktleitungen sind. Vergleiche § 24 b.⁵⁾

✂ | In B. u. T. fällt diese Erleichterung fort. |
 | Auch bei Niederspannung sind blanke Leitungen |

zufällige Berührung gefährlicher Teile möglich ist. Nur ist in die Vorschrift keine bestimmte Formulierung dieser Bedingung aufgenommen, weil sich nicht allgemein festlegen läßt, wie weit die Anforderungen an die Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit im Einzelfall gehen und wie groß die Aufmerksamkeit ist, die man dem jeweils vorhandenen Personal zutrauen kann. Es soll also dem für die Anlage Verantwortlichen im Gebiet der Niederspannung freigestellt werden, wie und durch welche Hilfsmittel er die gebotene Sicherheit erzielt. Außer dem unmittelbaren Schutz gegen zufällige Berührung stehen hier vielerlei Maßnahmen, wie vor allem ausreichende Entfernung zwischen den beiden Polen, geeignete Länge der zu bedienenden Griffe, offene oder geschlossene Schranken, Stufen, die beim Betreten die Aufmerksamkeit erregen, Isoliertritte oder Gummimatten, die die Wirkung etwaiger Berührung herabmindern und viele andere Hilfsmittel, vor allem aber auch Betriebsbestimmungen und Anweisungen und endlich geeignete Auswahl, sowie den Verhältnissen entsprechende Kontrolle des Personals zur Verfügung.

4) Bei Wechselstrom von mehr als 250 Volt und bei Gleichstrom von mehr als 1000 Volt gegen Erde treten in Betriebsräumen keinerlei Ausnahmen hinsichtlich des Schutzes gegen Berührung ein, sondern es kommen es kommen die allgemeinen Vorschriften, insbesondere § 3 b) und § 3 c), ferner auch § 6 b) und § 9 voll zur Geltung. In diesem Spannungsbereiche dürfen also blanke oder mit Isolierstoff unmittelbar bedeckte Teile der unmittelbaren Berührung nicht ausgesetzt sein. Vgl. S. 18 unter 7).

Nur bei Gleichstrom ist diese Forderung im Spannungsbereich bis 1000 Volt ermäßigt. Grund hierfür ist der Umstand, daß eine verhältnismäßig große Zahl von Anlagen, namentlich solche für elektrische Bahnen und Kraftbetriebe, die sich dieser Stromart und Spannung bedienen, seit vielen Jahren blanke oder nicht besonders verkleidete isolierte Sammelschienen, unverkleidete Wicklungen der Feldmagnete, unbedeckte Schaltkontakte u. dgl. benutzen, ohne daß bedenkliche Zustände zutage getreten wären. Dem Gleichstrom wird hier, wie auch im Absatz k) und im § 32 d), eine geringere Gefährlichkeit als dem Wechselstrom gleicher Spannung zugeschrieben. Im Gegensatz zu der unter a) ohne bestimmte Begründung im einzelnen zugelassenen Erleichterung wird hier gefordert, daß die Zugänglichkeit der unter Spannung stehenden Teile durch die besonderen örtlichen Verhältnisse oder durch die Bedürfnisse des Betriebes im einzelnen begründet ist. Eine ausreichende Besonderheit der örtlichen Verhältnisse kann z. B. angenommen werden, wenn die Wicklungsköpfe einer Maschine an der der Wand zugekehrten, bei der regelmäßigen Bedienung und im normalen Verkehr nicht betretenen Seite liegen, oder wenn ungeschützte unter Spannung stehende Teile nur durch Besteigen eines Isolierstandes zugänglich sind.

┌ nur in abgeschlossenen Betriebsräumen (siehe
 │ § 21, e) oder als Fahrleitungen (siehe § 42) zu-
 │ lässig.⁵⁾ ─┘

d) Schalter in Betriebsräumen brauchen der Bestimmung im § 11a nur bei der Stromstärke zu genügen, für deren Unterbrechung sie bestimmt sind. Auf solchen Schaltern ist außer der Betriebsspannung und Betriebsstromstärke auch die zulässige Ausschaltstromstärke zu vermerken.

1. Schalter brauchen nicht Momentschalter zu sein.⁶⁾

e) Entgegen § 11f können Nulleiter und betriebsmäßig geerdete Leitungen ausschaltbar gemacht werden.⁷⁾

f) Entgegen § 12b sind in Betriebsräumen bei nicht allpolig abgeschalteten Anlassern keine besonderen Ausschalter notwendig.

✂ | In B. u. T. fällt diese Erleichterung fort. |

2. Die Regel des § 12² ist für Betriebsräume nicht maßgebend.

g) Die im § 21a geforderte Schutzverkleidung ist bei Niederspannung und bei *isolierten Hochspannungsleitungen unter 1000 Volt* nur insoweit erforderlich, als sie mechanischer Beschädigung ausgesetzt sind.⁸⁾

5) Blanke Leitungen für Hochspannung können z. B. behufs raschen Kurzschließens an einzelnen Stellen erwünscht sein. Dagegen sind in B. u. T. wegen des beengten Raums und der oft mangelhaften Sichtbarkeit der Leitungen blanke Leitungen so weit irgend möglich auszuschließen.

6) Vgl. S. 48 unter 1).

7) Bei manchen Dreileiteranlagen wird z. B. zeitweise der Mittelleiter auf den einen Pol, die beiden Außenleiter auf den anderen Pol der halben Gesamtspannung geschaltet. — Zur Prüfung des Zustandes einer Anlage kann es erforderlich sein, den geerdeten Leiter abzuschalten.

8) Die in § 21 a) zum Ausdruck gebrachte Voraussetzung, daß im Handbereich stets ein Schutz der Leitungen gegen Beschädigung erforderlich sei, ist für Betriebsräume nicht gültig, da von dem unterwiesenen Personal erwartet wird, daß es solche Beschädigungen im allgemeinen zu vermeiden versteht.

Wie bereits unter 2) erwähnt, ist der in 28 g) bzw. 21 a) geforderte Schutz gegen Beschädigung der Leitungen nach anderen Gesichtspunkten geregelt als der in den Absätzen a) und b) bzw. § 3 behandelte Schutz aller unter Spannung stehenden Teile gegen Berührung durch Personen. Sammelschienen werden selbstverständlich von Absatz g) und § 21 a) nicht betroffen, da sie nicht als schutzbedürftige Leitungen, sondern als Teile der Schaltanlage aufzufassen, daher nach § 9 zu behandeln sind. Dagegen werden die Zu- und Ableitungen zu Maschinen, Transformatoren und nicht in die Schaltanlage eingebauten Apparate von § 28 g) erfaßt, müssen also z. B. wenn sie Hochspannung führen, im Handbereich, soweit sie blank sind stets, soweit sie isoliert sind, bei Spannungen über 1000 Volt gegen Beschädigung geschützt sein, etwa durch isolierende oder metallene Schutzrohre, durch Metallarmierung oder durch sonstige Verkleidung.

h) Unverwechselbarkeit der Sicherungen wird für Leitungen innerhalb von Betriebsräumen nicht gefordert.⁹⁾

i) Bei Schalt- und Signalanlagen ist es gestattet, Leitungen verschiedener Stromkreise in einem Rohr zu verlegen.

k) Entgegen § 18 g sind Handlampen bei Gleichstrom bis 1000 Volt zulässig; ihre Bauart muß der angewendeten Spannung entsprechen.¹⁰⁾

⚡ | In B. u. T. fällt diese Erleichterung fort. |

⚡ | 3. In B. u. T. sind entgegen § 3^z für Nieder- |
spannungs - Hebelschalter Pappschutzkästen zu- |
lässig.¹¹⁾ |

§ 29.

Abgeschlossene elektrische Betriebsräume.¹⁾

a) In solchen Räumen gelten die Bestimmungen für elektrische Betriebsräume mit der Maßgabe, daß

9) Wie im § 14 h) festgesetzt und S. 68 unter ²¹⁾ erläutert ist, liegen bei Schaltanlagen sowie bei Verbindungen zwischen Maschinen, Transformatoren u. dgl. oft derartige Verhältnisse vor, daß die allgemeinen Vorschriften über das Anbringen der Sicherungen nicht eingehalten werden können. Rücksichten derselben Art bedingen es auch, daß in Betriebsräumen von der Unverwechselbarkeit der Sicherungen oft abgesehen werden muß. Die Bemessung der Sicherungen kann an einzelnen Leitungen des Betriebsraumes nicht nach einem starren Schema, sie muß vielmehr oft nach besonderen aus den Betriebsverhältnissen sich ergebenden Erwägungen erfolgen und dieselben Erwägungen führen unter Umständen dazu, die Bemessung der Sicherungen zu ändern. So wenn im Gebiet einer Speiseleitung andere Belastungsverhältnisse eintreten, oder wenn eine Leitung vorübergehend zum Ersatz oder zur Unterstützung einer anderen herangezogen wird. Die unverwechselbaren Sicherungen, die willkürliches Handeln unkundiger oder unzuverlässiger Personen einschränken sollen, würden an einzelnen Stellen die Ausführung sachgemäßer Erwägungen der fachmännischen Betriebsleiter und ihrer Organe erschweren. Soweit durchaus stabile Verhältnisse vorliegen, wird der Betriebsleiter auch im Betriebsraume unverwechselbare Sicherungen anwenden, wenn sie dort zur Vereinfachung und Erleichterung des Dienstes beitragen.

10) Die für Handlampen im § 18 g) festgesetzte Beschränkung auf Niederspannung ist für Betriebsräume bei Gleichstrom im Bereich bis 1000 Volt aufgehoben, weil hier eine besonders gefährliche Beschaffenheit des Raumes wie z. B. in feuchten Räumen nicht gegeben ist, wogegen zur Untersuchung oder Reinigung der Maschinen z. B. in Anlagen für Bahnbetrieb, oder in den Reparaturwerkstätten solcher Bahnen der Gebrauch von Handlampen nicht wohl entbehrt werden kann. Selbstverständlich wird man auch dort die Handlampen stets dann nur mit Niederspannung speisen, wenn solche zur Verfügung steht. In B. u. T. ist der Gebrauch der Handlampen unter allen Umständen auf Niederspannung beschränkt.

11) Pappschutzkästen können in den Betriebsräumen der Bergwerke hinsichtlich ihrer Beschaffenheit unter Aufsicht gehalten werden und immerhin nützlich wirken.

auch bei Hochspannung ein Schutz der unter Spannung stehenden Teile nur gegen zufällige Berührung gefordert wird. (Siehe auch § 8 d.)²⁾

b) Bei Hochspannung dürfen entgegen § 7 a Transformatoren ohne geerdetes Metallgehäuse und ohne besonderen Schutzverschlag aufgestellt werden, wenn ihr Gestell geerdet ist.³⁾

§ 30.

Betriebsstätten.¹⁾

a) Entgegen § 21 a dürfen bei Niederspannung die im Handbereich liegenden Zuführungsleitungen zu Maschinen ungeschützt verlegt werden, wenn ihre Isolierung einer Beschädigung nicht ausgesetzt ist.²⁾

b) Bei Hochspannung müssen ausgedehnte Verteilungsleitungen während des Betriebes für Notfälle ganz oder streckenweise spannungslos gemacht werden können.³⁾

§ 29. 1) Vgl. § 2 e), S. 15 unter 6).

2) Wie S. 122 unter 4) erläutert, ist in den stets betretenen Betriebsräumen bei Hochspannung nur für Gleichstrom bis 1000 Volt eine Ausnahme hinsichtlich der Vorkehrungen zum Schutz des Personals gegen Berührung spannungsführender Teile zugelassen. In abgeschlossenen Betriebsräumen ist jedoch größere Freiheit in der Anordnung gestattet. Es ist hier nicht nötig, daß die Berührung gänzlich verhindert ist, vielmehr genügen Schranken, Schutzleisten und ähnliche Mittel, die die Aufmerksamkeit des sich Nähernden wachrufen und so eine zufällige Berührung vermeiden lassen.

3) Transformatoren dürfen mit offen sichtbarem Eisen- gestell und offenen Wicklungen in den abgeschlossenen Betriebs- räumen aufgestellt sein, nur ihr Gestell muß an Erde liegen.

§ 30. 1) Vgl. § 2 f) S. 15.

2) Der durch § 21 a) bis d) geregelte Schutz der Leitungen gegen Beschädigungen kann zwar in elektrischen Betriebs- räumen nach § 28 g) zum Teil der sachverständigen Behand- lung durch das unterwiesene Betriebspersonal anvertraut werden, in Betriebsstätten dagegen, wo die elektrischen Einrich- tungen nicht als Hauptsache, sondern nur als Hilfsmittel zu anderen Zwecken durch unkundige Personen benutzt werden, und wo vielfach kräftige oder sperrige Werkzeuge oder Werk- stücke hantiert werden, ist dem Schutz der Leitungen gegen Beschädigung besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Besondere Vorkehrungen hingegen sind jedoch an einzelnen Stellen schwierig anzubringen und werden zweckmäßig durch eine solche An- ordnung der Leitungen ersetzt, die in sich der Beschädigung vorbeugt. So werden oft die Zuleitungen zu Maschinen, die auf Spannschlitten stehen, zum Nachspannen der Maschinen mit sogenannten Locken versehen, und es würden Schutzverschläge über diesen Leitungsteil, wenn er z. B. vom Fußboden zu den Klemmschrauben läuft, den Verkehr behindern oder sogar Anlaß zum Straucheln der Vorbeigehenden oder Arbeitenden geben. Man tut hier gut, die Leitungen in einspringenden Ecken oder zwischen Wand und Maschine emporzuführen, oder sie von oben an die Klemmen heranzuleiten und durch passende Grup- pierung, oder Umzäunung der Maschinen derartige Verhältnisse zu schaffen, daß Beschädigungen hintangehalten werden.

3) Wie im § 11 d) verlangt ist, daß Stromverbraucher, die

§ 31.

Feuchte Räume.¹⁾

a) Die nicht geerdeten nach feuchten Räumen führenden Leitungen müssen allpolig abschaltbar sein.²⁾

mit Ausschalter versehen sind, beim Öffnen desselben völlig spannungslos werden und nach § 22 1) für Freileitungen mit Hochspannung in Ortschaften und ausgedehnten gewerblichen Anlagen ein streckenweises Ausschalten möglich sein muß, so ist es auch für ausgedehnte Verteilungsleitungen, die nicht Freileitungen sind, also in Werkstätten, Hallen, an Außenwänden entlang, oder über Höfe usw. mit kleinem Abstand der Befestigungspunkte verlaufen, nötig, daß man sie in angemessener Zeit und ohne Schwierigkeit ganz oder in Abteilen ausschalten kann, um etwa Personen, die durch Berührung mit den Leitungen verunglückt sind, zu Hilfe zu kommen, oder auch um Reparaturen an Maschinen, Transmissionen oder Gebäudeteilen gefahrlos vornehmen, oder um bei Schadenfeuern mit den Löscheräten ungefährdet arbeiten zu können. Über die Lage der Ausschalter und die von ihnen abhängigen Leitungsteile müssen geeignete Personen (Werkmeister, Betriebsleiter, Aufsichtsbeamte) unterrichtet sein.

§ 31. 1) Was als feuchter Raum zu betrachten ist, kann nur von Fall zu Fall entschieden werden. ETZ 1904, S. 1115 N. 123 c. Es gibt Räume, die zwar nicht stets feucht sind, z. B. gewöhnliche Hausküchen, Badezimmer in Privatwohnungen, in denen es aber trotzdem zweckmäßig ist, einzeln oder für feuchte Räume vorgeschriebenen Sonderbestimmungen einzuhalten, z. B. Gummiader statt Gummiband zu verwenden. ETZ 1904, S. 424 N. 97. Nach § 5² werden von den in feuchten Räumen verlegten Teilen der Installation nicht dieselben Isolationsgrößen gegen Erde verlangt, wie sie sonst allgemein gefordert werden. Bei sorgfältiger Ausführung sind sie indessen auch hier erreichbar, wenn sie auch nicht jederzeit aufrecht erhalten werden können. Es empfiehlt sich, den häufig als Begleiter der Feuchtigkeit auftretenden Schmutz möglichst zu bekämpfen, indem z. B. in bestimmten Zeiträumen die Isolierglocken, die Sockel der Apparate, sowie Lampenfassungen und Beleuchtungskörper abgewischt oder abgewaschen werden.

Die Bestimmungen über feuchte Räume können auch als Anhaltspunkte für die Anbringung von Lampen und Apparaten im Freien gelten, soweit hierfür nicht im § 23 besondere Bestimmungen getroffen sind. Vgl. S. 99 unter ³⁾ sowie ETZ 1904, S. 362 N. 80; 1905, S. 474 N. 159.

2) Um die Isolationsgröße nach § 5 in den übrigen Teilen der Anlage richtig zu messen, ist das Abschalten nötig. Es ist ferner zu beachten, daß in den feuchten Räumen häufiger Schäden an der elektrischen Einrichtung eintreten werden, als in den übrigen Teilen der Anlage. Die Behebung solcher Schäden wird erleichtert, wenn die Leitungen leicht abtrennbar sind. Die bei Berührung spannungsführender Teile gegebene Gefahr ist in feuchten Räumen erhöht. Die Abschaltbarkeit vermindert die Versuchung, Reparaturen während des Betriebes vorzunehmen und erleichtert die Hilfeleistung bei Unfällen. Die Bestimmung des § 11 d) ist in feuchten Räumen besonders wichtig. Vgl. S. 51 unter ⁶⁾ und ETZ 1909, S. 497, N. 206.

Die schlechtere Isolation in den feuchten Räumen kann

b) Isolierte Leitungen müssen eine wasserdichte Isolierhülle von einer der angewandten Spannung entsprechenden Beschaffenheit haben.³⁾

Für Spannungen über 1000 Volt sind nur Kabel zulässig.⁴⁾

✂ In B. u. T. sind in Räumen, in denen Tropf-
wasser auftritt, für Niederspannung nur Kabel
und in Rohren nach § 26 b verlegte Gummiader-
Leitungen zulässig.

Für Hochspannung sind nur Kabel gestattet.

c) Die feste Verlegung von Mehrfachleitungen ist unzulässig.⁵⁾

d) Transportable Leitungen müssen durch eine schmiegsame Umhüllung gegen Beschädigung besonders geschützt sein.⁶⁾

einen merklichen Stromverlust zur Folge haben; dieser wird vermindert, wenn die Räume nur so lange angeschaltet sind, als wirklich Strom gebraucht wird. Es ist nicht ausgeschlossen, daß auf diese Weise auch die elektrolytische Zerstörung einzelner Installationsmittel merklich verzögert wird. Die Abschaltbarkeit braucht nicht notwendig durch „Schalter“, sie kann auch durch Sicherungen oder andere Trennstücke ermöglicht sein.

3) Faserhüllen und Gummibandisolierung werden in feuchten Räumen in der Regel nicht auf die Dauer standhalten. Die oft mit ätzenden Stoffen vermischte Feuchtigkeit setzt sich leicht zwischen Draht und seine Umhüllung und führt dann auch die Zerstörung des Leiters selbst herbei; oft unbemerkt und rascher als bei blankem Draht mit glatter Oberfläche. Panzerleitung ist in feuchten Räumen im allgemeinen nicht zu empfehlen. ETZ 1904, S. 1116 N. 134.

4) Nach § 24 sind bei Hochspannung blanke Leitungen nur soweit zulässig, als sie entweder betriebsmäßig geerdet sind, oder als Kontaktleitungen dienen, oder in Betriebs- und Akkumulatorenräumen liegen. In feuchten Räumen sind diese Beschränkungen ganz besonders zu beachten. Mit Spannungen von mehr als 1000 Volt wird man feuchte Räume in der Regel überhaupt nicht installieren. Sind Leitungen durch feuchte Räume durchzuführen, so empfiehlt es sich, stets Kabel zu verwenden, wie dies oberhalb 1000 Volt vorgeschrieben ist.

5) Sowohl verdrehte Drähte als Mehrfachschnüre unterliegen der Gefahr, daß Feuchtigkeit zwischen den beiden Leitungen haftet und eine Schädigung oder Zerstörung der Isolierhülle herbeiführt. Wie nach § 23 b) im Freien und nach § 35 b) in explosiblen Räumen ist die Benutzung dieser Leitungsart auch in feuchten Räumen untersagt. Bei transportablen Leitungen ist sie nicht zu entbehren, muß aber nach § 31 d) (siehe unter 6) besonders sorgfältig geschützt werden. Mehrfachkabel sind zulässig, da sie ein höheres Maß von gegenseitiger Isolierung ihrer Adern, von Unveränderlichkeit und von Schutz gegen Feuchtigkeit aufweisen.

6) Außer Umhüllungen aus Leder, Segeltuch u. dgl. sind namentlich Gummischläuche mit oder ohne Einlage aus Hanf oder Metall zum Schutze der Leitungsschnüre und anderer Mehrfachleitungen zu empfehlen. Gegen Eindringen der Feuchtigkeit sind namentlich die Enden dieser Hüllen möglichst dicht zu schließen. Metallschläuche und Metallspiralen, die als Schutz

1. Bei offen verlegten Leitungen ist der Schutz gegen Berührung besonders zu beachten. Siehe § 3.7)

2. Offen verlegte ungeerdete Leitungen sollen in einem Abstand von mindestens 5 cm voneinander und 5 cm von der Wand auf zuverlässigen Isolierkörpern verlegt werden. (Vergleiche § 21⁴.)⁸⁾ Sie können mit

dienen, sind von den spannungsführenden Teilen sorgfältig zu isolieren und mittels geeigneter Steckvorrichtung zu erden.

7) In feuchten Räumen ist die Gefahr, daß Menschen durch den Strom verletzt oder getötet werden, weit höher als in trockenen, da der Widerstand der Personen gegen Erde hier in der Regel durch den feuchten Fußboden merklich vermindert ist und außerdem ein Pol der Leitungsanlage häufig weniger gut gegen Erde isoliert ist. Berührt also ein Mensch den andern Pol, so wird sein Körper von mehr oder weniger starken Strömen durchflossen. Es sind daher die im § 32 angegebenen Hilfsmittel auch in feuchten Räumen sinngemäß und den Umständen entsprechend zu beachten.

Besonders ratsam ist es, an denjenigen Stellen, wo betriebsmäßig eine Handhabung der elektrischen Einrichtung geschieht, also wo Ausschalter oder Motoren, Lampen etc. zu bedienen sind, für einen trockenen und isolierten Standpunkt der bedienenden Person zu sorgen. Sei es, daß man vollständige Bedienungsgänge oder Bedienungsstände herstellt, die auf Porzellanglocken oder Glasfüßen, Glasprismen usw. ruhen, oder daß man sich mit Gummimatten oder einigen trocken gehaltenen Brettern begnügt.

In feuchten Räumen ist peinlichst genau dafür zu sorgen, daß die Leitungen durch Schutzverkleidung gegen jede unmittelbare Berührung geschützt sind. Rohre sind hinreichend kräftig und von solcher Beschaffenheit zu wählen, die der Feuchtigkeit widersteht. Sind die Schutzverkleidungen von Metall oder mit Metall überzogen, so ist bei Hochspannung sorgfältig auf leitenden Zusammenhang dieser Metallteile und gute Verbindung mit Erde zu achten. Die Stoßstellen der Rohre sind leitend zu verbinden. Der gute Zustand dieser Verbindungen sowie der Erdungsleitungen ist sorgfältig zu prüfen, die Erdungsleitungen gegen Beschädigung zu schützen.

In Badezimmern, wo die Badenden durch das Wasser und die Wanne in außerordentlich gut leitende Verbindung mit der Erde gesetzt werden, empfiehlt es sich dringend, die Anordnungen so zu treffen, daß von der Badewanne aus keinerlei Schalter, Fassungen oder Leitungen erreichbar sind. Eventuell sind nichtmetallische Zugschnüre zur Bedienung der Schalter von der Wanne aus angezeigt.

8) Der kleinste Abstand von der Wand ist für normal beschaffene Räume in den § 21² und 21² für blanke Leitungen auf 5 cm, für isolierte auf 1 cm festgesetzt. In feuchten Räumen ist für beide Arten derselbe Mindestabstand von 5 cm empfohlen. Vgl. die Tabelle S. 89.

Der kleinste Abstand der Drähte voneinander, der für normale Räume nach § 21⁴ bei blanken Leitungen 10 cm betragen soll, darf naturgemäß in feuchten Räumen nicht kleiner sein; für isolierte Leitungen ist in normalen Räumen kein Mindestabstand bestimmt, dagegen soll er in feuchten Räumen, bei offener Verlegung zu 5 cm gewählt werden. Es ist besonders wichtig, hinreichend große und sachgemäß gestaltete Glocken- oder Rollen-Isolatoren anzuwenden.

einem in der Feuchtigkeit haftenden und haltbaren Anstrich versehen sein.⁹⁾

3. Apparate sollen tunlichst nicht in feuchten Räumen untergebracht werden; läßt sich dies nicht vermeiden, so soll für besonders gute Isolierung, guten Schutz gegen Berührung und gegen die schädlichen Einflüsse der Feuchtigkeit Sorge getragen werden.¹⁰⁾

4. In feuchten Räumen soll Hartgummi bei Steckvorrichtungen nicht verwendet werden. (Vergleiche § 13^{1.})¹¹⁾

§ 32.

Durchtränkte Betriebsstätten und Lagerräume.

Für durchtränkte Räume gelten außer den Vorschriften des § 31: „Feuchte Räume“ noch die folgenden Zusatzbestimmungen.¹⁾

9) In manchen Fällen sind Leitungen von Eisendraht oder verbleitem oder verzinnem Eisendraht zu empfehlen.

Als Anstrich ist Ölfarbe, Asphaltlack, Emaillack üblich. Unter Umständen ist Bleiüberzug der Kupferleitungen vorteilhaft. Über sogen. Hackethaldrath siehe ETZ 1903, S. 172.

10) Vgl. § 10 S. 47 unter ⁵⁾. Es gibt jetzt für die meisten der gebräuchlichen Apparate Ausführungsformen, die den Verhältnissen feuchter Räume Rechnung tragen. So z. B. Schalter, deren Unterlagen als Isolierringe ausgebildet sind, Lampenfassungen ähnlicher Art. Für Glühlampen sind Überglocken nicht vorgeschrieben. Wo sie verwendet werden, müssen sie die Fassungen einschließen. Vielfach werden sogenannte Kellerfassungen den Überglocken vorgezogen.

11) Man hat die Erfahrung gemacht, daß Hartgummi unter dem Einfluß dauernder Feuchtigkeit seine Isolierfähigkeit auf der Oberfläche einbüßt.

§ 32. 1) Unter welchen örtlichen und Betriebsverhältnissen die im § 2 g) angegebenen Eigenarten der durchtränkten Betriebsstätten und Lagerräume vorliegen, kann nicht allgemein angegeben werden. Es ist die besondere Sachlage des Einzelfalles maßgebend. In Räumen für häusliche Zwecke wird man selbst unter ungünstigen Verhältnissen mit den weniger einschneidenden Sonderbestimmungen für feuchte Räume (§ 31) auskommen. Daher ist der § 32 bereits durch seine Überschrift auf Betriebs- und Lagerräume beschränkt. Über Badezimmer vgl. § 31 unter 7), S. 128.

Daß die durchtränkten Räume in den Vorschriften besonders hervorgehoben sind, beruht auf folgendem:

Ganz im Gegensatz zu sonstigen langjährigen und mannigfaltigen Erfahrungen haben sich im Jahre 1896 in einer einzelnen Fabrikanlage (einer Melasseentzuckerungsanstalt) vier Unglücksfälle mit tödlichem Ausgange ereignet, obwohl der dort benutzte Drehstrom eine Spannung von 250 Volt zwischen je zwei Leitungen nicht überstieg*).

Da die erwähnte Spannung dort ohne Umformung durch die Maschine selbst erzeugt wurde und es nach den ausführlichen Untersuchungen der Sachlage ganz ausgeschlossen erscheint, daß eine höhere Spannung dort aufgetreten sei, so mußte man zu der Überzeugung kommen, daß doch auch niedrig gespannte

*) ETZ Bd. 18, S. 785, 1897.

a) An geeigneten Stellen sind Tafeln anzubringen, welche in deutlich erkennbarer Schrift vor Berührung

Ströme gefährlich werden können, wenn sie unter besonders ungünstigen Umständen auf den menschlichen Körper einwirken.

Diese besonderen Umstände konnten im vorliegenden Falle nur darin gesehen werden, daß die in der Fabrik verarbeiteten ätzenden Stoffe alkalischer Natur den Isolierwiderstand der Arbeiter gegen Erde erheblich herabgesetzt haben, indem sie namentlich den Widerstand der Haut, der Fußbekleidung und des Fußbodens stark vermindern und so den Übergang des Stromes auf den Körper und durch diesen zur Erde wesentlich erleichtern. Nach den späteren Messungen ist der maßgebende Widerstand in den abnormen Betrieben durchschnittlich dreißigmal kleiner als in normalen Verhältnissen. Es kam dazu, daß die Arbeiter teilweise barfuß gingen, während andererseits einzelne Teile der elektrischen Einrichtung durch die alkalischen Stoffe in ihrem Isolationsvermögen stark beeinträchtigt waren*).

Eine bedeutungsvolle Bestätigung erhält diese Auffassung durch die von Professor H. F. Weber in Zürich angestellten Versuche**).

Hiernach ist die einseitige Berührung von Leitungen mit hoher Spannung dann ungefährlich, wenn die berührende Person gut vom Erdboden isoliert ist, also z. B. gute trockene Fußbekleidung trägt; während schon Wechselstromspannungen von 30 bis 50 Volt äußerst schmerzhaft Erscheinungen im Gefolge haben, wenn die Person mit nackten Füßen auf feuchtem Boden steht oder mit beiden Händen Drähte verschiedener Spannung fest erfaßt werden, besonders wenn der Übergangswiderstand der Haut durch Feuchtigkeit vermindert ist, wobei also ein erheblicher Strom den Körper wirklich durchfließt.***)

In der überwiegenden Mehrzahl der Anlagen wird es möglich sein, eine derartige Häufung ungünstiger Umstände, daß die Anwendung der Sonderbestimmungen des § 32 unumgänglich ist, zu vermeiden. Auch in Betrieben, welche ätzende Stoffe benützen, oder bei denen feuchte Räume nicht vermieden werden können, lassen sich vielfach deren schädliche Einflüsse von vornherein einschränken. Gelingt es z. B., die Räume trocken zu halten, so können auch ätzende Stoffe weder auf die Isolation der elektrischen Einrichtungen, noch auf den menschlichen Körper in so hohem Maße schädlich einwirken, wie bei dauernder hochgradiger Feuchtigkeit. Die Feuchtigkeit selbst kann, wo sie nicht zu vermeiden ist, durch Anlage von Senkgruben, Abлаufrinnen, erhöhte Standplätze, unter Benutzung geeigneten Materials, wie Zement, Asphalt usw., auf bestimmte enge Grenzen beschränkt werden. Die Benutzung wasserdichter und glatter Fußböden und Wände gestattet auch in Verbindung mit etwas Sorgfalt und Mühe eine zeitliche Beschränkung des feuchten Zustandes. Mit andern Worten: Wo es irgend möglich ist, soll man die durchtränkten Räume zeitweise, z. B. alle Wochen, gründlich auswaschen und trocknen lassen. Es erscheint auch nicht ausgeschlossen, der Herabsetzung des Isolationswiderstandes dadurch entgegenzutreten, daß man die Körperteile, welche meistens den Stromübergang vermitteln, also namentlich Hände und Füße, entsprechend bekleidet. Wenn auch das Tragen von Handschuhen — die, wenn sie völlig wirksam sein sollen, aus Gummi bestehen müßten — meistens nicht durchführbar ist,

*) ETZ Bd. 19, S. 711, 1898.

** Ebenda: Bd. 18, S. 615, 1897.

***) Ebenda: Bd. 20, S. 601, 1899.

der Leitungen warnen und zur vorsichtigen Handhabung der elektrischen Einrichtung auffordern.²⁾

b) Für Lampen sind Hahnfassungen verboten.³⁾

c) Bogenlampen müssen während des Betriebes unzugänglich und von Abschaltvorrichtungen abhängig sein, welche gestatten, sie zum Zwecke der Bedienung spannungslos zu machen.⁴⁾

d) *Hochspannung ist in durchtränkten Räumen nur ausnahmsweise bei Gleichstrom bis 1000 Volt zulässig, wenn die Leitungen auch außerhalb der Räume abschaltbar und außerdem die unter Spannung stehenden Teile von Leitungen, Apparaten und Stromverbrauchern der Berührung entzogen sind.*⁵⁾

so dürfte es doch in fast allen Fällen möglich sein, die in Betracht kommenden Personen mit gutem Schuhzeug auszurüsten. Das Tragen von Gummischuhen oder Überschuhen aus Gummi, oder von Schuhen mit Gummisohlen innerhalb der feuchten Räume kann als ein äußerst wirksames und leicht durchführbares Schutzmittel bezeichnet werden. In bestimmten Fällen wird es sich empfehlen, derartige Fußbekleidung durch Betriebsordnung zu erzwingen.

Es sei ferner daran erinnert, daß bei sorgfältiger Benutzung der vorhandenen Hilfsmittel auch unter ungünstigen Umständen eine sehr hohe Isolation der elektrischen Einrichtungen aufrechterhalten werden kann. Eine gute Isolation der Anlage wird im allgemeinen die bei Berührung eines Spannung führenden blanken Teiles in Wirkung tretende Spannung auf einen kleinen Bruchteil derjenigen herabsetzen, die bei vorhandenem Erdschluß auftreten kann.

2) Die Wirkung der Warnungstafeln ist durch eine entsprechende Belehrung des Personals zu ergänzen. Vorsichtiges Handhaben der Einrichtungen bedingt, daß auch jede unnötige Berührung der Schalter, Fassungen und sonstigen Teile der elektrischen Einrichtung, daß namentlich auch jede Beschädigung aller Teile vermieden wird und entstandene Schäden durch die dazu Berufenen baldigst behoben werden.

3) Fassungen ohne Hahn lassen die ätzende Feuchtigkeit weniger leicht ins Innere dringen, wo sie Stromübergänge nach der Außenwand erzeugen kann, außerdem bieten sie weniger Veranlassung zur Berührung. Vorzugsweise werden isolierende Fassungen (sogenannte Kellerfassungen) oder dicht schließende Überglocken benützt. Wo Ausschalter innerhalb der Räume nicht entbehrt werden können, sollen sie möglichst dicht abgeschlossen, mit Isolierüberzug versehen und mit gut isolierenden Griffen ausgerüstet sein.

4) Da Betriebsvorschriften, welche das Abschalten der Bogenlampen vor ihrer Bedienung fordern, oft nicht eingehalten werden, so empfiehlt es sich, den Ausschalter mit der Aufzugskurbel für die Lampen so in Verbindung zu bringen, daß das Herablassen nicht erfolgen kann, ehe der Strom ausgeschaltet ist. Noch einfacher wird die Forderung durch jene Bauart erfüllt, bei der die Bogenlampe durch das Herablassen selbst von der Zuleitung abgetrennt und erst in hochgezogener Stellung wieder angeschaltet wird. Vgl. auch § 17.

5) Zum Betrieb von Motoren oder elektromotorischen Apparaten ist Hochspannung unter Umständen nicht zu entbehren. Doch wird man stets mit allen Mitteln danach zu

§ 33.

Betriebsstätten und Lagerräume mit ätzenden Dünsten.¹⁾

a) Festverlegte Leitungen müssen je nach Art der auftretenden Dünste gegen chemische Beschädigungen tunlichst geschützt sein.²⁾

b) Für Handlampen sind nur Leitungen mit wasserdichter Isolierhülle und besonderer gegen die chemischen Einflüsse schützender Hülle gestattet.³⁾

c) *Die Verwendung von Spannungen über 1000 Volt ist für Licht- und Motorenbetrieb unzulässig.⁴⁾*

streben haben, daß die Gefahren der Hochspannung nicht durch den Zustand der Räume erhöht werden. Die Abschaltbarkeit ist schon durch § 31 a) gefordert. Der äußere Abschalter soll auch zur Sicherheit dienen für den Fall, daß innen angebrachte durch die ätzende Feuchtigkeit mangelhaft werden und unsicher arbeiten. Abschalter im Innern der Räume sind nicht verboten, doch sei auf das unter ³⁾ Gesagte verwiesen. Unter Umständen ist es geboten, auch Abschalter innerhalb der durchtränkten Räume vorzusehen, um bei Unfällen rascher Hilfe leisten zu können. Man kann auch den Schalter außen anbringen und ihn von innen bedienbar machen.

§ 33. 1) Räume mit ätzenden Dünsten werden zunächst in chemischen Fabriken anzutreffen sein, auch Stallungen fallen oft unter diese Klasse. Zementfabriken, Gerbereien und andere Betriebe werden zwar nicht gerade ätzende Dämpfe, aber ätzenden Staub oder ätzende Flüssigkeiten enthalten. Sie sind sinngemäß ebenso wie die genannten Räume zu behandeln.

Da die ätzenden Stoffe geeignet sind, manche Teile der elektrischen Einrichtung zu zerstören, so ist häufige Kontrolle derselben sehr wichtig.

2) Welche Schutzmittel anzuwenden sind, hängt von der Art der ätzenden Stoffe ab. In manchen Fällen sind gerade blanke Kupferdrähte am besten haltbar, in anderen Fällen empfiehlt sich blanker oder verzinnter Eisendraht oder verbleiter Kupferdraht. Kalk und kalkhaltige Laugen greifen das Gummi der Isolierung scharf an; ebenso das Blei der Kabel. Auch organische Fettsäuren, ferner Essigsäure und andere organische Stoffe sind dem Blei gefährlich.

3) Die im § 18 e), f) und g) für Handlampen festgesetzten allgemeinen Vorschriften sind hier nochmals verschärft.

4) Da die ätzenden Stoffe nicht nur die Leitungen, sondern ebenso die Schalter, Fassungen und dgl. angreifen, so empfiehlt es sich, höhere Spannungen, die bei Beschädigung der Isolation den Menschen gefährlich werden können, in solchen Räumen tunlichst zu vermeiden. Das Verbot der Spannungen über 1000 Volt ist auf Licht- und Motorenbetrieb beschränkt, weil unter Umständen diejenigen chemischen Verfahren, die die ätzenden Stoffe bedingen oder erzeugen, an die Anwendung höherer Spannungen gebunden sind. Dies trifft z. B. bei Ozonerzeugung, bei einigen Verfahren zur Herstellung von Stickstoffverbindungen zu. Oft ist es möglich, das Auftreten der ätzenden Dünste auf das Innere der Apparate so zuverlässig zu beschränken, daß in den Räumen, die die Apparate umgeben, die Durchführung der Sondervorschriften des § 33 unnötig ist.

1. Entgegen der Regel § 12¹ ist Holz auch bei Steuer-
schaltern nicht zulässig.⁵⁾

§ 34.

Feuergefährliche Betriebsstätten und Lagerräume.¹⁾

a) Die Umgebung von Dynamomaschinen, Elektromotoren, Transformatoren, Umformern, Widerständen usw. muß von entzündlichem Material freigehalten werden können.²⁾

b) Sicherungen, Schalter und ähnliche Apparate, in denen betriebsmäßig Stromunterbrechung stattfindet, sind in feuersicher abschließenden Schutzhüllen unterzubringen.³⁾

5) Vgl. § 12¹. Sind die ätzenden Stoffe solcher Art, daß sie das Holz nicht angreifen, so ist die Regel natürlich gegenstandslos.

§ 34. 1) Unter feuergefährlichen Betriebsstätten und Lagerräumen sind namentlich Werkstätten verstanden, in denen entzündliche Stoffe verarbeitet werden oder lagern. Hierher gehören z. B. Tischlerwerkstätten, Baumwollspinnereien, Sägewerke und ähnliche Räumlichkeiten, soweit sie nicht mit wirksamen Vorkehrungen ausgestattet sind, die die entzündlichen Stoffe absaugen oder sonstwie unschädlich machen. Vgl. § 2 h) S. 16 unter ⁹⁾; die preußische Polizeiverordnung betreffend Einrichtung, Betrieb und Überwachung elektrischer Starkstromanlagen ist noch nicht erlassen.

2) Soweit irgend möglich, empfiehlt es sich, nur Niederspannung zu verwenden, da jedoch für Motoren die Spannungen bis 250 Volt zu ungünstigen Anordnungen führen, hat man auch Hochspannung bis zu 1000 Volt zugelassen. Stets wird man darnach trachten, die Maschinen, Motoren usw. überhaupt nicht in denselben Räumen aufzustellen, welche die leicht entzündlichen Stoffe enthalten. Ist dies unvermeidlich, so werden Motoren, Transformatoren, Widerstände am besten, ebenso wie nach § 35, in feuersichere Hüllen eingeschlossen. Natürlich leidet darunter ihre Ventilation. Die Motoren, Transformatoren usw. mit besonderen Ventilationsröhren auszurüsten, die von staubfreier Luft durchströmt werden, wird meistens nicht möglich sein. Man muß daher dafür sorgen, daß die Motoren usw. so groß gewählt werden, daß die im Betrieb vorkommenden Belastungen keine gefährliche Erwärmung hervorbringen können. Sind Staub oder Fasern nicht zu befürchten, so kann auch eine offene Aufstellung der Motoren usw. gewählt werden, doch sind Schranken und dgl. vorzusehen, die verhindern, daß brennbare Stoffe mit den elektrischen Betriebsmitteln in Berührung kommen. Vgl. § 6 a) S. 32 und über Widerstände § 12² S. 55.

3) In Betriebsstätten ist besonders darauf zu achten, daß die Gehäuse der Schalter nicht durch die im Betrieb nötigen Hantierungen schwerer Werkstücke und Werkzeuge zerbrochen werden. Hier werden daher vielfach Gehäuse aus Metall am Platze sein, die aber im Sinne des § 11 c) mit isolierendem Überzug oder isolierender Einlage versehen sein müssen.

Bogenlampen sind in feuergefährlichen Räumen nicht verboten, da es viele Bauarten gibt, die gegen Staub und Fasern

c) Blanke Leitungen sind nicht zulässig. Isolierte Leitungen sind nur mit wasserdichter Isolierhülle zulässig.

✂ | In B. u. T. sind isolierte Leitungen nur in |
| Rohren nach § 26 b gestattet. |

1. Auf Schutz gegen mechanische Beschädigung ist besonders zu achten.⁵⁾

d) Die Verwendung von Spannungen über 1000 Volt ist unzulässig.⁶⁾

✂ | In B. u. T. ist nur Gleichstrom bis 500 Volt |
| und Niederspannungs-Wechselstrom zulässig. |

§ 35.

Explosionsgefährliche Betriebsstätten und Lagerräume.¹⁾

a) Dynamomaschinen, Elektromotoren, Transformatoren, Umformer und Widerstände, desgleichen Ausschalter, Sicherungen und ähnliche Apparate, in denen betriebsmäßig Stromunterbrechung stattfindet, dürfen nur insoweit verwendet werden, als für die besonderen Verhältnisse explosions sichere Bauarten bestehen.²⁾

vollkommen sicher abgeschlossen sind. Selbstverständlich ist auf Instandhaltung und richtige Bedienung der Lampen besonders zu achten. Wo die Feuergefährlichkeit auf der Anwesenheit brennbarer Gase beruht, dürften Bogenlampen der Regel nach nicht zu empfehlen sein.

4) Blanke Leitungen sind verboten, weil an ihnen bei Berührung mit metallischen Werkzeugen oder bei ihrer Beschädigung Funken auftreten können. Im Sinne des § 24 a) dürfte das Verbot blanker und schwach isolierter (Gummiband-)Leitungen nur auf ungeerdete Leitungen zu beziehen sein.

5) Je nach der Art des Betriebes sind die Schutzrohre bei Niederspannung einfach oder gepanzert zu wählen; bei Hochspannung sind nur Metallrohre oder mit Metall überzogene Rohre zulässig.

6) Das Verbot, Spannungen über 1000 Volt zu verwenden, schließt nicht aus, daß Kabel oder dgl., die solche Spannungen führen, den betreffenden Raum durchlaufen, wenn eine andere Führung Schwierigkeiten bietet. Für zuverlässigen Schutz solcher Leitungen ist Sorge zu tragen.

§ 35. 1) Was als explosionsgefährlicher Raum zu betrachten ist, muß von Fall zu Fall je nach Art des Betriebes und der vorkommenden Stoffe entschieden werden. ETZ 1902, S. 948 N. 18; 1904, S. 425 N. 105. Derartige Räume kommen vor in Sprengstoffabriken, in chemischen Fabriken, die mit explosiblen Stoffen wie Pikrinsäure arbeiten oder sie herstellen, in Fabriken zur Herstellung von Munition und von Feuerwerkskörpern und in Lagerhäusern, die derartige Stoffe enthalten. Vgl. § 2i) unter ⁹⁾, S. 16.

Die für Schlagwettergruben und schlagwettergefährlichen Teile von Bergwerken gültigen Vorschriften sind aus den Sondervorschriften für Bergwerke unter Tage zu entnehmen.

2) Im allgemeinen wird man danach streben, die Maschinen und Apparate, an denen betriebsmäßig Funken auftreten, nicht in solchen Räumen unterzubringen, die einer Explosionsgefahr unterliegen, insbesondere nicht in Räumen, in denen sich infolge

b) Leitungen müssen eine wasserdichte Isolierhülle haben, deren Beschaffenheit der verwendeten Spannung entspricht, und sind nur in Rohren oder als Kabel zulässig. Mehrfachleitungen sind unzulässig.³⁾

c) Es sind nur Glühlampen zulässig, welche im luftleeren Raumbrennen. Sie müssen mit dicht schließenden Überglocken, welche auch die Fassung dicht einschließen, versehen sein.⁴⁾

d) *Die Verwendung von Hochspannung ist in solchen Räumen nicht zulässig.*⁵⁾

den Betriebsverhältnisse explosive Gase oder Luftmischungen verbreiten. Wo es sich nur um feste Explosivstoffe handelt, wird ein dichter Abschluß der Apparate und Maschinen oder ein Abschluß derjenigen Vorrichtungen, in denen die explosiblen Stoffe verarbeitet werden, geeignet sein, die Gefahr zu beseitigen. Solche Abschlüsse der elektrischen Maschinen schützen jedoch im allgemeinen nicht gegen das Eindringen von Gasen. Explosionssichere Bauarten von Maschinen, die gegen Schlagwetter sicher sind, hat man in neuerer Zeit gefunden. Sie beruhen nicht auf dichtem Abschluß, sondern auf dem Prinzip, daß die durch das Funken der Maschinen ausgelösten Explosionen auf kleine Quantitäten des explosiblen Gases beschränkt bleiben, indem man dem explodierenden Gas freie Expansion gestattet und dafür sorgt, daß die hierdurch und durch geeignet angeordnete Metallflächen bewirkte Abkühlung die Fortpflanzung der Explosion verhindert. Vgl. Goetze, ETZ 1906, S. 4, 65, 197. Es ist aber zu beachten, daß die Explosionserscheinungen bei den verschiedenen Arten explosibler Stoffe verschieden verlaufen, so daß Bauarten, die z. B. in Schlagwettern sicher sind, in Leuchtgasgemischen oder Gemischen von Luft und Benzindämpfen nicht ohne weiteres als sicher gelten können. Vielmehr ist für jede Bauart eine Erprobung gegenüber dem fraglichen Explosivgas nötig.

3) Bei Mehrfachleitungen besteht, namentlich wenn sie aus Schnüren hergestellt sind, die Befürchtung, daß ein Einzeldraht die Umhüllung durchsticht und so zu Funkenbildung oder Kurzschluß leichter Anlaß gegeben ist, als bei Einzelleitungen. Dagegen sind Mehrfachkabel ebenso wie in §§ 23 b) und 31 c) zulässig.

4) Nernstlampen, die ihrer Natur nach freien Luftzutritt erfordern, sind in explosiblen Räumen unzulässig. Auch Bogenlampen sind verboten, da bewährte explosionssichere Bauarten von solchen vorläufig nicht bekannt sind. Bogenlampen, die im Betrieb keine Gase von außen eindringen lassen unterliegen gleichwohl der Gefahr, daß diese während des Erkaltens der Lampen eintreten und beim darauffolgenden Entzünden der Lampe explodieren. Quecksilberdampflampen sind zwar dicht verschlossen, doch erregt ihre Zerbrechlichkeit Bedenken.

5) Im Gegensatz zu den Vorschriften der §§ 31 b), 32 d), 33 c) und 34 d) ist Hochspannung nicht nur oberhalb von 1000 Volt, sondern in ihrem ganzen Bereich, also schon von 250 Volt gegen Erde an ausgeschlossen. Die Gefahr der Funkenbildung ist bei Hochspannung erhöht. Explosionsgefährliche Räume unterliegen auch in anderen Hinsichten so einschneidenden Bedingungen, daß sie wohl stets besonderer Einrichtungen bedürfen, so daß die Beschränkung auf Niederspannung keine einschneidende Erschwerung darstellt.

e) Etwaige behördliche Sondervorschriften über explosionsgefährliche Betriebe bleiben durch vorstehende Bestimmungen unberührt.⁶⁾

§ 36.

Schaufenster, Warenhäuser und ähnliche Räume, sofern darin leicht entzündliche Stoffe aufgestapelt sind.¹⁾

a) Festverlegte Leitungen müssen, soweit sie mit leicht entzündlichen Stoffen in Berührung kommen können, bis in die Lampenträger oder in die Anschlußdosen vollständig durch Rohre geschützt sein.²⁾

b) Beleuchtungskörper und andere Stromverbraucher, welche ihren Standort wechseln, sind³⁾ entweder mit metallumhüllter Leitung⁴⁾ oder mittels besonders geschützter Leitung ohne Metallmantel anzuschließen.

6) Solche Sonderbestimmungen bestehen z. B. hinsichtlich der Gebäudeblitzableiter für Sprengstofffabriken, Pulvermagazine u. dgl. Vgl. ETZ 1904, S. 985; 1906, S. 575.

§ 36. 1) Alle Bestimmungen des § 36 beziehen sich nur auf solche Schaufenster, Warenhäuser usw., die leicht entzündliche Stoffe in größeren Mengen enthalten. Sie gelten also z. B. nicht für Kaufläden mit Porzellan- oder Eisenwaren. Andererseits umfaßt § 36 auch Kaufhäuser, die nicht als „Warenhaus“ bezeichnet werden, wenn sie sich als „ähnliche Räume“ kennzeichnen. Maßgebend ist, daß leicht entzündliche Gegenstände aufgehäuft sind und daß eine größere Menschenmenge in Räumen verkehrt, die nicht unmittelbar von der Straße aus zugänglich sind. Soweit beim Erbauen von Läden und Warenhäusern deren besondere Verwendungsart nicht vorhergesehen werden kann, wird man gut tun, die Installation so einzurichten, daß dem § 36 nachträglich genügt werden kann. ETZ 1902, S. 1133, N. 25.

2) Der besonders vollständige Schutz der Leitungen rechtfertigt sich durch die Erfahrung, daß die Leitungen durch das Aufstapeln der Waren, durch das Ansetzen von Leitern und dgl. der Verletzung besonders ausgesetzt sind. Die Erfahrung lehrt auch, daß die Leitungen an keiner Stelle der Berührung mit den Waren völlig entrückt sind, denn letztere häufen sich zeitweise bis an die Decke.

3) Die beweglichen Beleuchtungskörper und ihre Zuleitungen sind stärkerer Abnutzung ausgesetzt und unterliegen auch schwereren Mißbräuchen als feste. Sie sind daher besonders strengen Vorschriften unterworfen. Außerdem sind die für sie gültigen allgemeinen Vorschriften genau zu beachten. Vgl. § 21 c), § 211) und namentlich § 21 m).

4) Die Metallumhüllung soll bewirken, daß bei Verletzung der Leitung ein möglichst inniger Stromschluß gegen die geerdete Metallhülle hergestellt und dadurch die Sicherung zur Wirksamkeit gebracht wird.

Es ist gut, wenn die Metallhülle die Leitung so dicht umgibt, daß sie einen allseitig geschlossenen Panzer bildet, der selbst gegen mechanische Beschädigungen schützt, hierzu eignet sich z. B. auch ein Metallschlauch, wie er zum Schutz von Gummischläuchen üblich ist.

Im ersten Falle ist das eine Ende der Metallumhüllung mit dem Metallmantel der Fassung leitend zu verbinden, das andere Ende ist an eine geerdete Leitung anzuschließen.

Im zweiten Falle ist nur biegsame Leitung mit wasserdichter Isolierhülle zulässig, die zum Schutz gegen mechanische Beschädigung mit einem Überzug aus widerstandsfähigem Material (z. B. Segeltuch, Leder, Hanfschnurumklöppelung) versehen ist.⁵⁾

c) Sämtliche Schalter, Anschlußdosen und Sicherungen müssen mit widerstandsfähigen Schutzkästen umgeben und an solchen Plätzen fest angebracht sein, wo eine Berührung mit leicht entzündlichen Stoffen ausgeschlossen ist.^{6) 7)}

d) *Hochspannung ist in Räumen, in denen leicht entzündliche Stoffe aufgestapelt sind, nicht zulässig.*

J. Provisorische Einrichtungen.¹⁾

§ 37.

a) Den örtlichen Verhältnissen entsprechend sind die provisorischen Einrichtungen durch Schutzgelder,

Ein besonders bei Schaufensterdekorationen häufig geübter Mißbrauch ist der, daß die beweglichen Leitungen mit Stecknadeln durchstochen werden, um sie in gewissen Lagen festzuhalten, wodurch häufig Kurzschluß entsteht. Solche Sorten von Panzeradern, welche Stecknadeln eindringen lassen, sind daher nicht empfehlenswert.

5) Die Umhüllung und die stärkere Gummiisolation soll gegen mechanische Beschädigungen, besonders auch gegen den unter 4) erwähnten Mißbrauch schützen.

6) Auch gegen diese Bestimmung wird häufig verstoßen, indem Schalter oder Sicherungen, oft sogar kleinere Schaltbretter beim Aufstapeln der Waren mit letzteren bedeckt werden. Am besten ist es, diese Apparate auf Verteilungsschaltbrettern zu konzentrieren und diese etwa noch mit Glaskästen vor der Berührung mit brennbaren Stoffen zu schützen.

7) In einzelnen Städten sind durch die Ortsbehörden noch weitere als die hier gegebenen Vorschriften erlassen worden. So wird in Berlin verlangt, daß Bogenlampen zur Beleuchtung von Schaufenstern entweder außerhalb der Fenster auf der Straße angebracht oder von den Auslagen durch Glasplatten, Glaswände oder dgl. völlig getrennt werden. Die an anderen Orten gemachten Erfahrungen lassen diese Bestimmung als übertrieben streng erscheinen. Wenn auch Bogenlampen häufig durch herausfallende glühende Kohlen oder Kohlenteilchen infolge unachtsamer Bedienung oder fehlerhafter Bauart gefährlich geworden sind, so genügen doch die im § 17 a) hiergegen vorgeschriebenen Maßnahmen, wenn diese sachgemäß und pünktlich durchgeführt werden.

§ 37. 1) Provisorische Einrichtungen, d. h. solche, die nur für kurze Dauer bestimmt sind, kommen in erster Linie auf Bauplätzen und hier hauptsächlich im Freien vor, sie werden ferner zum Beleuchten von Festen, Schaustellungen und Versammlungen verwendet. Innerhalb von Gebäuden sind sie unter

Schutzverschlage oder dergleichen mit Warnungstafel vor dem Zutritt Unberufener abzugrenzen *und bei Hochspannung nötigenfalls unter Verschuß zu halten.*²⁾

b) Für fest verlegte Leitungen sind Abweichungen betreffend die Stützpunkte der Leitungen und dergleichen zulassig³⁾, doch ist dafür zu sorgen, daß die Vorschriften hinsichtlich mechanischer Festigkeit, zufälliger gefahrbringender Berührung, Feuersicherheit und Erdung für den ordnungsmäßigen Gebrauch erfüllt sind.

c) Die beweglichen und transportablen Einrichtungen sowie die Beleuchtungskörper, Apparate, Meßinstrumente usw. müssen den allgemeinen Vorschriften genügen.⁴⁾

Umständen nötig, etwa um das Aufstellen von Maschinen durch besondere Beleuchtung des Arbeitsplatzes zu erleichtern. Einrichtungen in Schaubuden, Zirkuszelten, Bauhütten können ebenfalls unter Umständen als provisorische gelten. Durch rasche Herstellung einer Beleuchtung oder eines elektrischen Antriebs an solchen Orten können oft die mit dem Bau, mit einer Menschenansammlung, mit unvorhergesehenen Arbeiten an bedrohten Stellen, etwa bei Überschwemmungen, verbundenen Gefahren erheblich vermindert worden. Es wäre daher unbillig, von solchen Einrichtungen alle die an dauernde Anlagen gestellten Anforderungen zu verlangen, die teilweise nur mit größerem Zeitaufwand erfüllbar sind. Andererseits muß man sich davor huten, die in vielen Fällen gerechtfertigten Erleichterungen der Ausführung in allzuweitem Umfange auszunutzen. Eine scharfe Grenze zwischen provisorischen und dauernden Einrichtungen gibt es nicht, und in vielen Fällen ist es möglich, auch solche Einrichtungen, die nur vorübergehend an einem Orte bleiben, so zu gestalten, daß sie allen Anforderungen an dauernde genügen. Dies wird z. B. bei manchen Schaubuden zutreffen, die der Reihe nach an verschiedenen Orten, aber stets in derselben Weise aufgebaut werden und die Teile ihrer elektrischen Ausrüstung mit sich führen. Wo die Sicherheit größerer Menschenmengen in Frage steht, wie bei Schaustellungen in geschlossenen Räumen, sind die Einrichtungen anders zu beurteilen als dort, wo es sich nur um wenige mit den auszuführenden Arbeiten vertraute oder etwa selbst sachkundige Personen handelt. Einrichtungen für wenige Stunden unterliegen anderen Anforderungen als solche für einige Wochen. In durchtränkten feuer- oder explosionsgefährlichen Betriebsstätten sollten provisorische Einrichtungen niemals angebracht werden.

2) Aus dem soeben Gesagten ergibt sich, daß die Schutzmaßnahmen den Verhältnissen anzupassen sind. An Baugerusten sind Leitungen und Apparate zunächst dem etwa voruberkommenden Publikum unzugänglich anzuordnen, die Arbeitenden müssen an den von ihnen regelmäßig zu benutzenden Wegen vor zufälliger Berührung gefährlicher Teile bewahrt werden. Ein völliger Abschluß aller Teile gegenüber den Arbeitenden ist meist nicht möglich. Hier müssen Warnungszeichen oder Aufschriften unterstützend eingreifen.

3) Neben der Entfernung der Befestigungspunkte sind es namentlich die Abstände der Leitungen untereinander und von Wänden, Laufgangen, Baugerusten usw., die oft nicht den allgemeinen Vorschriften entsprechend eingehalten werden können.

d) Bei Schalt- und Verteilungstafeln ist Holz als Konstruktions-, nicht aber als Isoliermaterial zulässig.

K. Theater und diesen gleichzustellende Versammlungsräume.¹⁾

Für diese Räume gelten außer den normalen Vorschriften noch die folgenden Sonderbestimmungen²⁾:

§ 38.

Allgemeine Bestimmungen.

a) *Für Theaterinstallationen darf Hochspannung nicht verwendet werden.*³⁾

4) Da die Zugänglichkeit der Leitungen, Stromverbraucher und Apparate für die Beschäftigten nicht immer in demselben Maße ausgeschlossen werden kann, wie bei festen Anlagen in und an fertigen Räumen, so ist um so mehr darauf zu sehen, daß die unter c) genannten Dinge selbst von ordnungsmäßiger Beschaffenheit sind. Zwar werden sich die für provisorische Zwecke benutzten Hilfsmittel besonders rasch abnutzen, doch kann damit nicht der Gebrauch schadhafter Leitungen, Fassungen, Schalter oder anderer Geräte gerechtfertigt werden. Solche sind am allerbedenklichsten. Man benütze daher festgebautes, widerstandsfähiges Material. Was aber schadhaft geworden, ist sofort auszumustern.

§ 38. 1) Besondere Vorschriften für Theater sind zuerst in der ETZ 1900 S. 665 veröffentlicht worden. Ebenso wie Theater sind der Regel nach auch Zirkusgebäude, Konzertsäle Ballsäle, Häuser für Varietevorstellungen und ähnliche Zwecke zu behandeln. Eine Abgrenzung ist nur unter Würdigung der Betriebsart von Fall zu Fall möglich.

Für Theater wird von den meisten Behörden keine andere als elektrische Beleuchtung zugelassen. Es ist zweifellos, daß diese allen anderen Beleuchtungsarten in der Feuersicherheit weit überlegen ist, vorausgesetzt, daß sie sachgemäß ausgeführt ist und ebenso gehandhabt wird.*)

2) Sonderbestimmungen für Theater sind aus zwei Gründen notwendig. Zunächst, weil es sich um große Menschenmengen handelt, für die nicht nur die unmittelbare Brandgefahr, sondern auch die aus einer Panik entstehenden Folgen zu fürchten sind. Zum andern, weil in den Theatern, besonders im Bühnenraum, verhältnismäßig große Lichtmengen auf engem Raum zusammengedrängt gebraucht werden und dieser Gebrauch behufs Erzielung der Bühnenwirkungen ein eigenartiger ist, der die elektrische Einrichtung in besonders hohem Maße beansprucht; namentlich sind mechanische Beschädigungen durch die Bewegung der Beleuchtungskörper selbst, sowie durch die Bewegung der Bühnenrequisiten und der Personen zu fürchten.

3) Es ist nicht verboten, die Umformung von Hochspannung auf Niederspannung im Theatergebäude selbst vorzunehmen; doch müssen die Transformatoren, Umformer oder dgl. in besonderen abgeschlossenen und nicht zum Theaterbetrieb mitbenutzten Räumen untergebracht sein, die nur unterwiesenem Personal zugänglich sind.

*) Eine Preuß. Polizeiverordnung über bauliche Anlagen usw. von Theatern u. dgl. vom 10. 12. 1909 siehe ETZ 1910, S. 269.

b) Die elektrischen Leitungsanlagen sind von der Hauptschalttafel ab in Gruppen zu unterteilen.⁴⁾ Dreileiteranlagen sind, soweit tunlich, von den Hauptverteilungsstellen ab in Zweileiterzweige, bestehend aus Mittel- und Außenleiter, zu unterteilen.⁵⁾

c) In Räumen, die mehr als drei Lampen enthalten, sowie in sämtlichen Korridoren, Treppenhäusern und Ausgängen sind die Lampen an mindestens zwei getrennt gesicherte Zweigleitungen anzuschließen.⁶⁾ Von dieser Bestimmung kann abgesehen werden, wenn die Notlampen eine genügende Allgemein-Beleuchtung gewähren.⁷⁾

4) Die Unterteilung soll es unmöglich machen, daß durch eine im Verbrauchsgebiet vor sich gehende Störung, z. B. Kurzschluß und Abschmelzen einer größeren Sicherung, die ganze Anlage außer Betrieb gesetzt wird, so daß allgemeine Dunkelheit eintreten würde. Aus demselben Grunde werden häufig dort, wo das Theater aus einem Elektrizitätswerke gespeist wird, zwei getrennte von verschiedenen Speiseleitungen versorgte Hausanschlüsse angeordnet.

5) Die Ausführung der Abzweige in Gestalt von Zweileiteranlagen bewirkt, daß die beiden Zweige weniger voneinander abhängig sind, als wenn sie sich eines gemeinsamen Mittelleiters bedienen. Eine Unterbrechung dieses Mittelleiters könnte im letzteren Falle sehr gefährliche Folgen haben. Vergl. S. 53 unter ¹²⁾ und S. 66 unter ²⁰⁾. Der Mittelleiter wird in der Regel gerdet. ETZ 1904, S. 361 N. 74.

Außerdem macht es die Trennung möglich, daß man die beiden Hauptzweige auf verschiedenen Wegen den Verbrauchsgebieten zuführt. Man wird z. B. die eine Hauptleitung auf der rechten, die andere auf der linken Seite des Hauses führen, damit ein örtlich begrenzter Unfall (Brand, Wasser, Zerstörung durch Gewalt) nur einen Hauptleiter treffen kann. Im Verbrauchsgebiet werden die letzten Ausläufer beider Zweige so geführt, daß beim Unterbrechen eines Hauptzweiges niemals irgend ein Raum völlig dunkel werden kann, jedoch sind unmittelbare Kreuzungen der beiden Hälften, sowie die Berührung von Beleuchtungskörpern, die an zwei verschiedenen Hälften liegen, mindestens im Bühnenhaus zu vermeiden; auch im Logenhaus ist es nicht empfehlenswert, beide Hälften des Dreileiternetzes in einen Beleuchtungskörper einzuführen, man soll vielmehr die leichtere Isolation und größere Sicherheit, die die Trennung der Hälften ergibt, voll ausnützen.

Die Teilung in Zweileiterzweige ist auch vor der Anschlußstelle des Bühnenregulators vorzunehmen, dessen Regelungswiderstände meistens in dem vom Mittelleiter abzweigenden Leitungspol liegen, da diese Anordnung die im Regulator selbst vorkommenden Spannungen gegen Erde auf das kleinste Maß bringt und die Leitungsführung wesentlich vereinfacht.

6) In Treppenhäusern legt man zweckmäßig eine Steigleitung an die Außenwand (Fensterseite), die andere, dem zweiten Zweig des Dreileiternetzes angehörige, an die Innenwand. Es werden dann die aufeinander folgenden Lampen abwechselnd an die eine und an die andere Leitung angeschlossen.

7) Als genügende Allgemeinbeleuchtung durch die Notlampen wird eine solche gelten, die nicht nur die Ausgänge

d) Falls eine elektrische Notbeleuchtung eingerichtet wird, müssen deren Lampen an eine oder mehrere räumlich und elektrisch von der Hauptanlage unabhängige Stromquellen angeschlossen werden.⁸⁾

e) Die Schalter und Sicherungen sind tunlichst gruppenweise zu zentralisieren und dürfen dem Publikum nicht zugänglich sein.^{9) 10)}

§ 39.

Bestimmungen für das Bühnenhaus.

Für Installationen des Bühnenhauses (Bühne, Untermaschinen, Arbeitsgalerien und Schnürboden,

selbst, sondern auch die Wege zu ihnen umfaßt. Sie wird nur dadurch zu erzielen sein, daß man die Notbeleuchtung durch ein zweites unabhängiges elektrisches Leitungsnetz mit unabhängiger Stromquelle bewirkt, wie es unter 8) erwähnt ist.

8) Als Stromquelle für die Notbeleuchtung darf nicht eine zu der Hauptbeleuchtung gehörige Akkumulatorenbatterie dienen, d. h. es dürfen nicht Hauptbeleuchtung und Notbeleuchtung von derselben Batterie gespeist werden; auch darf nicht während der Notbeleuchtung die Batterie mit der Lademaschine verbunden sein, wenn die letztere für die Hauptbeleuchtung tätig ist. Doch ist es von einzelnen Behörden als genügend sicher anerkannt, wenn eine besondere für alle Notlampen gemeinsame Akkumulatorenbatterie außerhalb der Betriebszeit des Theaters von der Hauptstromquelle geladen und während der Vorstellungen ausschließlich auf die Notbeleuchtung entladen wird; vorausgesetzt ist dabei, daß die Batterie örtlich genügend getrennt von der Stromquelle für die Hauptbeleuchtung aufgestellt ist. Derartige zentralisierte Stromquellen für die Notbeleuchtung finden sich in Theatern zu Dresden, Hamburg, Karlsruhe. Andere Aufsichtsstellen verlangen größere Unabhängigkeit der einzelnen Lampen; z. B. in der Weise, daß jede Lampe eine besondere, mit ihr örtlich vereinigte kleine Akkumulatorenbatterie besitzt. Die einzelnen Batterien können etwa zur Ladung hintereinander geschaltet sein. Während des Betriebs der Notbeleuchtung sind sie jedoch einzeln von dieser Verbindungsleitung abzuschalten, damit sie nicht durch einen Kurzschluß in dieser Leitung entladen werden können. Diese Abschaltung kann zwangsläufig mit dem Einschalten der Lampen verbunden werden. Vgl. ETZ 1904, S. 426, 563 u. 606. Für größere Theater hat sich jedoch das System der Einzelakkumulatoren weder in der Gestalt, daß diese völlig voneinander getrennt sind, noch in Hintereinanderschaltung bewährt, da es in beiden Gestalten zuviel Bedienung erfordert.

9) Die Zentralisierung ermöglicht rasches Auffinden und vereinfacht die Bedienung, sie erhöht so die Sicherheit. Es empfiehlt sich, nicht nur die Schaltbretter durch Türen (Glastüren) und dgl. vor dem Publikum abzuschließen, sondern sie womöglich an solchen Orten aufzustellen, zu denen das Publikum überhaupt nicht Zutritt hat, damit die Bedienung auch während eines Gedränges des Publikums ungehindert bleibt. Für das Aufsichtspersonal und die Feuerwehr sollen dagegen diese Orte leicht zugänglich sein.

10) Im übrigen wird das Logenhaus (Zuschauerraum) nach den Vorschriften für Niederspannungsanlagen installiert.

auch Garderoben und sonstige Nebenräume im Bühnen-
 hause) gelten außer den vorerwähnten allgemeinen, noch
 die folgenden Zusatzbestimmungen¹⁾:

a) Schalttafeln und Bühnenregulatoren sind der-
 artig anzuordnen, daß eine unbeabsichtigte Berührung
 durch Unbefugte ausgeschlossen ist.²⁾

Auf die Endausschalter an Bühnenregulatoren findet
 die Vorschrift des § 11d keine Anwendung, sofern die
 vom Regulator bedienten Stromkreise an zentraler Stelle
 allpolig ausgeschaltet werden können.³⁾

b) Bei Beleuchtungskörpern mit Farbenwechsel
 muß der Querschnitt der gemeinschaftlichen Rück-
 leitung unter der Annahme bemessen werden, daß alle
 Lampen aller Farben mit voller Lichtstärke gleichzeitig
 brennen.⁴⁾

§ 39. 1) Unter Garderoben sind hier die für das Bühnen-
 personal bestimmten zu verstehen, sofern sie mit der Bühne
 in ein- und demselben Haus liegen; sind sie brandsicher von
 der Bühne getrennt, so gelten sie nicht als zum Bühnenhaus
 gehörig. Die Garderoben für das Publikum gehören zum
 Logenhaus.

2) Dem Publikum ist das Bühnenhaus der Regel nach unzu-
 gänglich. Aber auch das Bühnenpersonal scheidet sich in Be-
 fugte und Unbefugte. Eine vollständige Abschließung der Schalter
 und Regler, wie sie unter § 38e) gegenüber dem Publikum gefordert
 wird, ist auf der Bühne nicht durchführbar, weil während des
 Betriebes eine fortdauernde Bedienung der Schalter stattfindet.
 Dagegen müssen Vorkehrungen getroffen sein, um unbeabsichtigte
 Berührung zu vermeiden. Namentlich müssen die Schalter und
 Regler auch gegen Berührung und Beschädigung geschützt sein,
 die beim Hin- und Hertragen der Kulissen und Requisiten möglich
 sind. Größere Regler und Schalter werden gewöhnlich in besonderen,
 nur für sie bestimmten Örtlichkeiten aufgestellt, alsdann genügt
 es, wenn das Betreten dieses Raumes den Unbefugten verboten
 ist. In dieser Hinsicht müssen hier Betriebsvorschriften ergänzend
 eingreifen.

3) Vgl. § 38 unter 5) Abs. 3. Wird die Dreileiteranlage vor
 dem Bühnenregulator in einzelne Zweileiterzweige aufgelöst, wie
 § 38 unter 5) Abs. 3 angegeben, so fällt der Grund für die Vor-
 schriften § 11d (und § 11f) weg, da alsdann eine Verbindung
 zwischen den beiden Hälften des Dreileiternetzes nicht mehr vor-
 handen ist, wenn die Ausschalter des Bühnenregulators geöffnet
 sind, also das sonst zu fürchtende Auftreten der Gesamtspannung
 in dem einen Zweig bei ordnungsmäßigem Zustande der Anlage
 nicht eintreten kann. Gegen die weitere Gefahr, daß bei geöffneten
 Schaltern der Regulator, die Widerstände usw. fälschlich für
 spannungslos gehalten werden und so Anlaß zu Unfällen gegeben
 sein kann, sollen die hier geforderten allpoligen Ausschalter an
 zentraler Stelle schützen. Es ist nicht nötig, daß ein Schalter
 sämtliche Regulatorstromkreise bedient, es muß nur jeder dieser
 Stromkreise abschaltbar sein. Die Schalter sitzen gewöhnlich
 in der Nähe des Regulators und werden nach jeder Vorstellung
 geöffnet.

4) Die in der früheren Fassung der Vorschriften zugelassene
 Wahl eines kleineren Querschnitts für die gemeinsame Rück-
 leitung war auf die Annahme gegründet, daß niemals mehrere
 Farben gleichzeitig in voller Lichtstärke benutzt werden. Die

c) Betriebsmäßig stromführende blanke Leitungen sind (abgesehen von g) nicht zulässig.⁵⁾ Flugdrähte und dergleichen dürfen weder zur Stromführung noch als Erdungsleitung benutzt werden.⁶⁾

d) Fest verlegte Leitungen müssen in der Weise installiert werden, daß sie in erster Linie gegen die zu erwartenden mechanischen Beschädigungen geschützt sind.⁷⁾

e) Mehrfachleitungen zum Anschluß beweglicher Bühnenbeleuchtungskörper müssen biegsame Kupferseelen⁸⁾ mit wasserdichten Isolierhüllen haben und

Erfahrung hat diese Annahme als irrig erwiesen; es sind Überlastungen der Rückleitungen aufgetreten.

5) Es dürfen also auch die an den geerdeten Mittelleiter angeschlossenen Rückleitungen im Bühnenhaus nicht blank verlegt werden, während dies im Logenhaus nicht verboten ist. Eine Ausnahme bildet in gewissem Sinne außer der Bestimmung g) auch die unter l) Abs. 5. Sinngemäß dürfen auch ungeschützte Metallrohre nicht als Rückleitungen verwendet werden. Dagegen dürfen Erdungsleitungen (Schutzerdungen) blank sein, weil sie betriebsmäßig nicht Strom führen, aber auch sie müssen nach d) gegen Beschädigung geschützt sein. Die Schutzhüllen biegsamer Leitungen dürfen jedoch nach e) nicht metallisch sein, d. h. sie dürfen keine metallische Oberfläche besitzen (siehe unter 9).

6) Neben Flugdrähten kommen hier hauptsächlich auch gespannte oder hängende Aufhängedrähte für Requisiten in Betracht. Natürlich dürfen auch umgekehrt Leitungsdrähte nicht zum Aufhängen von Gegenständen benützt werden; einerlei ob die Leitungsdrähte blank oder isoliert sind. Selbstverständlich ist es nicht verboten, Flugdrähte usw. für sich zu erden und es kann das unter Umständen angezeigt sein; es können aber die Verhältnisse auch so liegen, daß es sich empfiehlt, derartige Drähte, obwohl sie mit der elektrischen Einrichtung nicht unmittelbar zu tun haben, zu isolieren.

7) Die fest verlegten Leitungen stehen hier nicht nur im Gegensatz zu den biegsamen Leitungen zum Anschluß beweglicher Apparate, sondern auch zu den unter f) erwähnten vorübergehend gebrauchten Szenerie-Installationen.

Der im § 21 a) allgemein geforderte Schutz der festverlegten Leitungen gegen Beschädigung wird im Bühnenhaus in verschärftem Maße verlangt. Prinzipiell darf dort also keine dauernd verlegte Leitung ungeschützt sein. Die Art des Schutzes richtet sich nach der Lage der Leitungen und nach den sonstigen Verhältnissen. Ungepanzerte Papierrohre werden nur in kräftiger Ausführung zulässig sein. Ungeschützte Gummirohre und nicht armierte Bleikabel werden im allgemeinen nicht genügen. Dagegen ist an einzelnen Stellen auch offene Verlegung nicht ausgeschlossen, sofern sie in abgedeckten Kanälen oder dgl. erfolgt. Panzeradern sind nur dort möglich, wo sie dauernd trocken bleiben. Es ist auf etwa vorhandene Regenvorrichtungen und ihren Wirkungsbereich Rücksicht zu nehmen.

8) Bewegliche Bühnenbeleuchtungskörper sind sowohl die mit begrenzter Ortsveränderung (Kulissen, Oberlichter) als die mit unbegrenzter (Versatz u. dergl.). Über die Beschaffenheit der Gummiaderlitze siehe Regel I. Bei der starken Benützung dieser Mehrfachleitungen ist auf besondere Biegsamkeit der

durch starke schmiegsame nichtmetallische Schutzhülle gegen mechanische Beschädigung geschützt sein.⁹⁾

1. Die Kupferseele der Gummiaderlitzen soll aus einzelnen Drähten von nicht über 0,2 mm Durchmesser bestehen.

2. Die Befestigung der biegsamen Leitungen soll derart sein, daß auch bei roher Behandlung an der Anschlußstelle ein Bruch nicht zu befürchten ist.¹⁰⁾

3. Die Anschlußstücke sind mit der Schutzumhüllung so zu verbinden, daß die Kupferseelen an der Anschlußstelle von Zug entlastet sind.¹¹⁾ Steckkontakte müssen innerhalb widerstandsfähiger, nicht stromführender Hüllen liegen und so angeordnet sein, daß zufällige Berührung der stromführenden Teile, soweit sie nicht geerdet sind, verhindert wird.¹²⁾

Seele zu sehen, damit nicht durch Bruch der Einzeldrähte Erhitzung oder Funkenbildung eintritt.

9) Fast alle Kulissen, Soffitten, Oberlichter, Versatzstücke und dgl. werden in Theatern beweglich sein, sind daher mittels biegsamer Mehrfachleitung anzuschließen. Die Benützung metallischer Schlauchumhüllungen als geerdete Rückleiter ist bei biegsamen Leitungen bedenklich, weil die Rückleiter, selbst wenn sie als Mittelleiter angeordnet sein sollten, bei den vielfachen Regulierungen der Lichtstärken oft erhebliche Ströme führen, so daß in ihnen beträchtliche Spannungsdifferenzen auftreten, die z. B. bei einer Schleifenbildung des Schlauches oder bei Berührung seiner Metallhülle mit eisernen Konstruktionsteilen (Träger, Fahrschienen für Kulissen) Funkenbildung und Erhitzung bewirken können. Aber auch gegen geerdete und ungeerdete Metallhüllen, die nicht betriebsmäßig zur Stromführung dienen, sofern ihre Oberfläche blank ist, bestehen Bedenken, weil derartige biegsame Stränge in und außer Betrieb viel umhergeworfen werden und so mit spannungsführenden Teilen, die durch Zerstörung oder Unachtsamkeit blank an der Oberfläche liegen, in Berührung kommen können. Die in dieser Bestimmung zum Ausdruck gebrachte besondere Vorsicht ist durch die Erfahrung gerechtfertigt.

Die transportablen Mehrfachleitungen unterliegen außerdem der Vorschrift des § 21 m).

10) Die richtige Ausführung dieser Vorschrift erfordert besondere Erfahrung. Es ist nötig, daß die Biegsamkeit der Leitung gegen das Kontaktstück hin ganz allmählich geringer wird, so daß das letzte Stück der Leitung mit dem Kontaktstück selbst vollkommen steif zusammenhängt. Praktisch wird dies z. B. durch Umwickeln mit Bindfaden in geeigneter Weise erzielt.

11) Nach § 21 l) der allgemeinen Vorschriften dürfen biegsame Leitungen an festverlegte nur mittels lösbarer Kontakte angeschlossen werden. In Theatern werden für solche Körper, die stets dieselben Bewegungen ausführen (auf Schienen laufende Kulissen) oft statt der Steckkontakte Verschraubungen benützt. Die Entlastung der Anschlußstellen ist in den allgemeinen Vorschriften für transportable Leitungen nicht ausdrücklich vorgeschrieben. Im Bühnenhaus ist die Forderung dadurch begründet, daß sie bei der Größe der bewegten Massen ganz besonders wichtig ist. Bei Kulissen und dgl. ist häufig die Bewegung durch ein besonderes Seil begrenzt und dadurch bereits eine Entlastung des Anschlußleiters herbeigeführt.

f) Für vorübergehend gebrauchte Szenerie-Installationen kann von der Erfüllung der allgemeinen Vorschriften für die Verlegung von Leitungen ausnahmsweise abgesehen¹³⁾ werden, wenn Leitungen mit wasserdichter Isolierhülle verwendet werden, die Verlegungsart jegliche Verletzung der Isolierung ausschließt und diese Installation während des Gebrauches unter besonderer Aufsicht steht. In diesem Falle sind Drahtschellen für Einzelleitungen zulässig und Durchführungstüllen entbehrlich.¹⁴⁾

g) Blanke Stromführungs-Kontaktplatten sind auf der Bühne zulässig, müssen aber, solange sie unter Spannung stehen, bewacht und nach Gebrauch sofort ausgeschaltet werden.¹⁵⁾

h) Die Sicherungen der Anschlußleitungen für Bühnenbeleuchtungskörper (Oberlichter, Kulissen, Rampen, Versatz- und Effektbeleuchtung) sind im fest verlegten Teil der Leitung anzubringen¹⁶⁾, in diesem Falle genügt für jeden Körper je eine Sicherung für alle Lampen einer Farbe. Der Querschnitt transportabler Leitungen und die Sicherungen sind derjenigen Betriebsstromstärke anzupassen, für welche der Stecker bestimmt ist. In den Beleuchtungskörpern selbst sind Sicherungen nicht zulässig.¹⁷⁾

12) Es genügt, wenn die Hülle etwa in Gestalt einer Manschette hinreichend weit über die stromführenden Teile vorsteht. Die Hülle kann aus Metall bestehen.

13) Nur ausnahmsweise kann abgesehen werden. Durch diese, dem Bühnenmeister zugestandene Erleichterung wird er indessen nicht von der Verantwortung für seine Anordnungen entbunden. Bei allen elektrischen Installationen, die auf der Bühne für Sonderzwecke gemacht werden, sollte sachverständiger Rat eingeholt und zuverlässige besondere Fachaufsicht geübt werden.

14) Drahtschellen sind den Krampen ähnlich, jedoch so geformt, daß eine Verletzung des Drahtes beim Befestigen der Schelle nicht möglich ist. Sie sollten indes auch bei der hier zugestandenen ausnahmsweisen Verwendung stets mit einer weichen isolierenden Einlage benützt werden.

15) Es sind hier z. B. jene Platten gemeint, die dazu dienen, einen beweglichen Gegenstand oder eine Person mittels an ihr befestigter Stromschlußstücke beim Aufstellen auf die Platten in den Stromkreis einzuschalten.

16) Dieselbe Bestimmung gilt allgemein gemäß § 13 b) (S. 57). Sie wird in den Theatern auch auf jene beweglichen Beleuchtungskörper ausgedehnt, die nicht mit Steckkontakten angeschlossen sind.

17) Es dürfen also innerhalb der einzelnen Beleuchtungskörper Querschnittsänderungen vorkommen, ohne daß eine Sicherung angebracht ist. Kulissen, Oberlichter und dergl., die oft eine sehr große Zahl von Lampen tragen, sind so unzugänglich, daß das Auswechseln einer Sicherung an dem Beleuchtungskörper sehr erschwert ist; außerdem würden Sicherungen innerhalb der Beleuchtungskörper der Gefahr ausgesetzt sein, durch die häufigen Bewegungen locker zu werden, sich zu erhitzen, herauszufallen,

i) Bei Regulierwiderständen, die an besonderen, nur dem Bedienungspersonal zugänglichen feuersicheren Stellen angebracht sind, ist eine Schutzhülle aus feuersicherem Material entbehrlich.¹⁸⁾

4. Die Stufenschalter für den Bühnenregulator sollen unmittelbar bei den Regulierwiderständen selbst angebracht sein, können aber durch Übertragung betätigt werden.¹⁹⁾

k) Die fest angebrachten Glühlampen auf der Bühne, sowie sämtliche Glühlampen in Arbeitsräumen, Werkstätten, Garderoben, Treppen und Korridoren müssen mit Schutzkörben oder Schutzgläsern versehen sein, welche nicht an der Fassung, sondern an den Lampenträgern befestigt sind.²⁰⁾

l) Die Bühnenbeleuchtungskörper und deren An-

oder beschädigt zu werden, anderseits sollen die Sicherungen möglichst weit von dem Personal, das sich auf der Bühne bewegt, (oft in brennbarer Kleidung), entfernt sein, damit beim Funktionieren der Sicherung jede Gefahr ausgeschlossen ist. Die Bemessung der Sicherung kann bei Steckern nicht nach dem Strombedarf der wechselnden angeschlossenen Versatzstücke u. dgl. geschehen, sondern sie richtet sich nach der Stromstärke, für die der Stecker gebaut ist.

18) Hier ist also eine Ausnahme von der unter § 12² gegebenen Regel zugelassen. Es empfiehlt sich, von dieser Ausnahme nur in dringenden Fällen und mit Vorsicht Gebrauch zu machen; denn die Möglichkeiten, durch die ein Widerstand beträchtliche Erwärmung erfahren kann, sind ebenso vielgestaltig wie die, daß irgend ein brennbarer Dekorationsgegenstand oder dgl. durch Umfallen oder andere unbeabsichtigte Bewegungen mit einem solchen Widerstand in Berührung kommt. Meistens wird auch die nötige Ventilation trotz der feuersicheren Schutzhülle erreichbar sein.

19) Die Hauptteile des Bühnenregulators sind: die Handhebel, die Stufenschalterkontakte und die Widerstände. Bei kleinen Regulatoren sind alle diese Teile an einem gemeinsamen Gestell vereinigt und dabei ist die hier gegebene Regel gewöhnlich erfüllt. Werden die Teile getrennt, so dürfen die Handhebel in größerer Entfernung von den anderen Teilen, nicht aber die Widerstände entfernt von den Stufenschaltern angeordnet werden, weil im letzteren Falle eine große Zahl von Leitungen nötig sein würde, die dem Durchhang unterliegen und infolgedessen zu falschen Berührungen, zu Störungen und unzulässigen Erwärmungen Anlaß geben. Die Einstellungen der Handhebel werden nach den Stufenschaltern durch Seile, Ketten oder auch auf elektrischem Wege übertragen.

20) Schutzgläser und Schutzkörbe können durch geschickte Bauart ohne Beeinträchtigung ihres Zweckes dekoriert oder dekorativ ausgestaltet sein. Hiervon kann mit Vorteil z. B. in Künstlergarderoben Gebrauch gemacht werden. Über Künstlergarderoben, die nicht im Bühnenhause selbst untergebracht sind, vgl. unter 1). Die zum Arbeiten dienenden transportablen Handlampen unterliegen dem § 18 e). Sie sollen außerdem ebenfalls Schutzkörbe haben. Die zur Szenerieausstattung gehörigen Beleuchtungskörper sollen, soweit dies mit ihrem Zweck vereinbar ist, mit Schirmen, Tulpen u. dgl. versehen sein und vor Berührung mit entzündlichen Stoffen bewahrt werden.

schlüsse (Oberlichter, Kulissen, Rampen, Effekt- und Versatzbeleuchtungen) müssen folgenden Bedingungen entsprechen:

Die Spannung zwischen irgend zwei Leitern eines Beleuchtungskörpers darf 250 Volt nicht übersteigen.²¹⁾

Holz ist weder als Isolier- noch als Konstruktionsmaterial zulässig.²²⁾

Die Beleuchtungskörper sind mit einem Schutzgitter für die Glühlampen zu versehen.²³⁾

Innerhalb der Beleuchtungskörper sind blanke Leiter dann zulässig, wenn sie gegen zufällige Berührung geschützt sind.²⁴⁾

21) Für Bühnenbeleuchtungskörper ist eine engere Spannungsgrenze gesetzt, als für die übrige Beleuchtung (in Garderoben, Gängen, Zuschauerraum usw.). Bei einer Dreileiteranlage von mehr als 2×125 Volt dürfen z. B. nicht beide Zweige in ein und denselben Beleuchtungskörper eingeführt werden. Die Beschränkung rechtfertigt sich durch die Rücksicht sowohl auf die mechanische Beanspruchung der Bühnenkörper, als auf die Eindrücke, denen das Publikum z. B. beim Durchschmelzen einer Sicherung auf der Bühne, bei entstehendem Kurzschluß usw. ausgesetzt werden kann. Auch bei einer Gesamtspannung von weniger als 250 Volt soll man es vermeiden, beide Hälften eines Dreileitersystems in einen Beleuchtungskörper einzuführen oder Beleuchtungskörper, die an zwei verschiedenen Außenleitern liegen, miteinander in Berührung zu bringen, weil dadurch Fassungen, Sicherungen u. dgl. unter ungünstigen Umständen der Gesamtspannung ausgesetzt werden, während sie nur für die halbe Spannung gebaut sind.

22) Die auf kleinen Bühnen viel benutzten aus Holzlatten roh zusammengestellten Beleuchtungskörper sind nach jeder Richtung hin unzulässig. Holz widersteht dem Feuer ebenso schlecht wie in elektrischer Hinsicht dem Wasser. Seine leichte Bearbeitbarkeit begünstigt außerdem unsachgemäße Arbeit Unberufener. Wenn die Feuersicherheit erreicht werden soll, welche der elektrischen Beleuchtung ihrer Natur nach zukommt, so muß verlangt werden, daß die elektrischen Einrichtungen auch mit demselben Maß von Arbeits- und Geldaufwand bedacht werden, das man jeder anderen Beleuchtungsart ohne Einwand zukommen lassen würde.

23) Die Schutzgitter müssen gut und sicher befestigt sein, da sie sonst bei bewegten Beleuchtungskörpern leicht Kurzschluß hervorrufen können. Vgl. auch die folgende Bestimmung. Die Schutzgitter müssen Lampen und Drähte schützen und zwar wirksam. Sie müssen z. B. so stark sein, daß sie nicht durch Anstoßen anderer Körper, Requisiten und dgl. wie dies auch im ordnungsmäßigen Bühnenbetrieb unvermeidlich ist, eingedrückt und so nutzlos werden.

24) Da die Lampen meist sehr nahe aneinander sitzen, so läßt sich mit blanken Drähten oder Schienen in der Regel eine solidere Bauart durchführen, als mit isolierten. Diese Drähte müssen hinreichend kräftig gewählt und entsprechend befestigt sein, um mit den Metallteilen des Beleuchtungskörpers (Blechschild und Schutzgitter) nicht in Berührung zu kommen. Durch die Bauart des Körpers oder durch das Schutzgitter muß zufällige Berührung ausgeschlossen sein. Die blanken Drähte sind nur für das Innere der gemäß der vorhergehenden Vorschrift ab-

Hängende Beleuchtungskörper sind, auch wenn sie geerdet werden, gegen ihre Tragseile zu isolieren.²⁵⁾

Bühnenscheinwerfer, Projektionsapparate, Blitzlampen und dergleichen sind mit einer Vorrichtung zu versehen, welche das Herausfallen glühender Kohlentelchen oder dergleichen verhindert.²⁶⁾

L. Weitere Vorschriften für Bergwerke unter Tage.

✕ Außer den in §§ 1, 2, 3, 5, 9, 11, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 28, 31 und 34 gegebenen Zusätzen gilt für B. u. T. noch nachfolgendes:

§ 40.

Verlegung in Schächten.

a) In Schächten und einfallenden Strecken von mehr als 45° Neigung dürfen nur armierte Kabel, bei denen die Armatur aus verzinkten Eisen- oder Stahldrähten besteht, oder die auf andere Weise von Zug entlastet sind, verwendet werden. In trockenen feuersicheren Nebenschächten sind auch isolierte Leitungen bei Niederspannung zulässig.¹⁾

1. Der Abstand der Befestigungsstellen der Kabel soll in der Regel nicht mehr als 6 m betragen.

2. Die Befestigung der Kabel soll mittels breiter

geschlossenen Bühnenbeleuchtungskörper zugelassen; nicht für andere oder an anderen Orten angebrachte Beleuchtungskörper.

25) Da die Galerien und andere Gebäudeteile oft aus Eisen bestehen, so könnten die Drahtseile, die die Oberlichter tragen, zu Kurzschlüssen Anlaß geben, wenn sie nicht vom Beleuchtungskörper isoliert sind. Für die isolierte Aufhängung gibt es jetzt zahlreiche Hilfsmittel, wie sie als Abspannisolatoren und dergl. im elektrischen Straßenbahnwesen gebräuchlich sind.

Die Vorschrift soll nicht verbieten, den Beleuchtungskörper zu erden, doch soll hierzu nicht das Tragseil benutzt werden. Vgl. die Bestimmung über Bogenlampen § 17 b).

26) Dieselbe Bestimmung gilt allgemein für Bogenlampen, an Örtlichkeiten, wo Zündung oder Verletzung von Personen zu befürchten ist (§ 17 a), auf der Bühne betrifft sie besonders auch sogenannte Blitzlampen. Obwohl durch die bessere Qualität der heutigen Kohlenstifte die Gefahr des Herabfallens vermindert ist, empfiehlt es sich doch, sehr vorsichtig zu sein. Wenn irgend möglich, sind die Scheinwerfer durch Glasfenster abzuschließen.

§ 40. 1) Neben armierten Bleikabeln werden auch besondere Schachtkabel verwendet, bei denen der Bleimantel durch eine innere Schutzhülle aus Gummi oder einen zuverlässigen Gummiersatzstoff ersetzt ist; sie haben geringeres Gewicht als Bleikabel. Andere Leitungssorten als Kabel sind wegen ihrer geringeren Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Beschädigungen nur ausnahmsweise gestattet.



Schellen erfolgen, die so beschaffen sind, daß sie die Kabel weder mechanisch noch chemisch gefährden. Werden eiserne Schellen benutzt, so sollen die Kabel an der Schellstelle mit Asphaltpappe oder dgl. umwickelt werden.²⁾

b) Ist die Leitung chemischen Einflüssen durch Tropfwasser, Grubenwetter oder dergleichen ausgesetzt, so muß sie mit einem Bleimantel oder einem anderen Schutzmittel, z. B. Anstrich, versehen sein.³⁾

§ 41.

Schlagwettergefährliche Grubenräume.¹⁾

a) Die nach schlagwettergefährlichen Grubenräumen führenden Leitungen müssen von schlagwetternichtgefährlichen Räumen oder von über Tage aus allpolig abschaltbar sein.

b) In schlagwettergefährlichen Grubenräumen dürfen nur schlagwettersichere Maschinen, Transformatoren und Apparate verwendet werden.²⁾

c) Es sind nur Glühlampen zulässig, die im luftleeren Raume brennen.

1. Glühlampen sollen eine Überglocke und einen Schutzkorb aus starkem Drahtgeflecht besitzen.

d) Blanke Leitungen sind nur als Erdungsleitungen zulässig.³⁾

e) Isolierte Leitungen dürfen nur in widerstandsfähigen geerdeten Eisen- und Stahlröhren verlegt werden.

2) Neben eisernen Schellen, die das Erden der Kabel erleichtern, sind breite Schellen aus imprägniertem Holz üblich, die das Kabel weniger leicht beschädigen.

3) Chemische Beschädigung ist insbesondere in Gestalt elektrolytischer Zerstörungen dort zu befürchten, wo die Kabel mit fremden Metallen in Berührung kommen.

§ 41. 1) Vgl. § 2 k. S. 16 unter ¹⁰⁾.

2) Ob eine bestimmte Bauart einer Maschine oder eines Transformators usw. als schlagwettersicher gelten kann, ist von Fall zu Fall besonders zu beurteilen. Über den Bau von schlagwettersicheren Maschinen und die dafür maßgebenden Grundsätze siehe ETZ 1906, S. 4, 65, 197. Bei größeren Maschinen können im allgemeinen nur die betriebsmäßig auftretenden Funkenbildungen unschädlich gemacht werden, nicht aber abnorme Feuererscheinungen, wie sie z. B. durch Drahtbruch oder dergl. entstehen. Kleine Maschinen, in denen nur begrenzte Energiemengen auftreten, können in höherem Maße gesichert werden. Neben der Bauart der Maschinen usw. ist auch eine zweckmäßige Wahl ihres Aufstellungsortes und ihre richtige Bedienung von Wichtigkeit. Vgl. S. 134 unter ²⁾.

3) Blanke unter Spannung stehende Leitungen können bei Berührung mit Werkzeugen oder andern Metallteilen zu Funkenbildung Anlaß geben; dieselbe Gefahr liegt bei isolierten Leitungen vor (§ 41 e), wenn sie zerrissen werden.



§ 42.

Fahrdrähte und Zubehör elektrischer Grubenbahnen.

a) Bei Grubenbahnen mit Niederspannung müssen die Fahrdrähte an allen Stellen, die von der Belegschaft betreten werden, während die Anlage unter Spannung steht, entweder in angemessener Höhe über Schienenoberkante liegen, oder es müssen Schutzvorkehrungen getroffen werden, welche verhindern, daß jemand von der Belegschaft mit dem Kopf zufällig den Fahrdraht berühren kann.¹⁾

1. Als angemessene Höhe gilt 1,8 m. Eine geringere Höhe der Fahrdrähte ohne Schutzvorrichtung ist zulässig in Strecken, deren Befahrung der Belegschaft verboten ist, solange der Fahrdraht unter Spannung steht.

b) *Die Verwendung von Hochspannung ist im allgemeinen nur in Strecken zulässig, in welchen der Fahrdraht durch seine Höhenlage oder durch Schutzvorkehrungen der zufälligen Berührung entzogen ist, oder wenn der Belegschaft die Befahrung der mit Fahrdrähten ausgerüsteten Bahnstrecke verboten ist.*

2. Als Mindesthöhe gilt 2,3 m.

c) Bei Fahrdrahtanlagen sind Vorrichtungen zum Abschalten oder Signalanlagen zum Wärter der Einschaltestelle vorzusehen. Beide Arten von Einrichtungen müssen von jeder Stelle des Fahrdrahtes aus betätigt werden können.²⁾

d) An Rangier-, Kreuzungs- und Zugangsstellen sind Warnungstafeln anzubringen, welche auf die mit Berührung des Fahrdrahtes verbundene Gefahr hinweisen. Diese Warnungstafeln sind zu beleuchten.

e) Fahrleitungen, die nicht auf Porzellan- oder gleichwertigen Isolatoren verlegt sind, müssen gegen Erde doppelt isoliert sein.

f) Querdrähte jeder Art (Trag- und Zugdrähte), die im Handbereich liegen, müssen gegen spannungsführende Leitungen doppelt isoliert sein.

g) Speiseleitungen, welche Betriebsspannung 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 Speise-

§ 42. 1) Gemäß § 2a ist auch hier die effektive Gebrauchsspannung maßgebend. Zur Belegschaft zählen nicht die Aufsichtspersonen und die mit der Wartung der Grubenbahn betrauten Personen.

2) Als Vorrichtungen zum Abschalten können z. B. auch solche dienen, die einen Kurzschluß der Arbeitsleitung und dadurch ihre selbsttätige Abschaltung mittels Schmelzsicherung oder mittels elektromagnetischen Schalters bewirken.

✂ leitung gleichzeitig der zugehörige Teil der Fahrleitung spannungsfrei wird, ist die Abschaltbarkeit am Speisepunkt nicht erforderlich.

3. Sofern die Gleise als Rückleitung dienen, sollen die Stöße sämtlicher Schienen nur leitend verbunden sein.³⁾

§ 43.

Fahrzeuge elektrischer Grubenbahnen.¹⁾

a) Bei Fahrhaltern und Stromabnehmern ist Holz als Isolierstoff zulässig.²⁾

b) 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 Zustand festhalten kann.³⁾

c) Jedes Fahrzeug muß eine Hauptabschmelzsicherung oder einen selbsttätigen Ausschalter für die Elektromotoren haben.

d) Akkumulatorenzellen elektrischer Fahrzeuge können auf Holz aufgestellt werden, wobei einmalige Isolierung durch nicht Feuchtigkeit anziehende Zwischenlagen ausreicht.⁴⁾

e) Der Querschnitt aller Fahrstromleitungen ist nach der Nennstromstärke der vorgeschalteten Sicherung oder stärker zu bemessen.⁵⁾

Drähte für Bremsstrom sind mindestens von gleicher Stärke wie die Fahrstromleitungen zu wählen.

Der Querschnitt aller übrigen Leitungen ist nach der Tabelle in § 20 zu bemessen.

3) Die Stoßverbindungen sind stets an beiden Schienensträngen zu fordern, auch wenn diese in üblicher Weise unter sich leitend verbunden sind.

§ 43. 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) Vgl. § 12¹, S. 55 und S. 45 unter 2).

3) Die vorgeschriebene Anordnung soll es ermöglichen die motorische Einrichtung der Fahrzeuge spannungsfrei zu machen, um ungehindert Störungen beseitigen zu können.

4) Vgl. Bahnvorschriften § 35.

5) Vgl. Bahnvorschriften § 36 a).



1. Für Fahrstromleitungen aus Leitungskupfer gilt folgende Tabelle:

Querschnitt in qmm	Nennstromstärke der Sicherung in Amp.
4	30
6	40
10	60
16	80
25	100
35	130
50	165
70	200
95	235
120	275

2. Isolierte Leitungen in Fahrzeugen sollen so geführt werden, daß ihre Isolierung nicht durch die Wärme benachbarter Widerstände gefährdet werden kann.⁶⁾

3. Nebeneinanderverlaufende isolierte Fahrstromleitungen sollen entweder zu Mehrfachleitungen mit einer gemeinsamen wasserdichten Schutzhülle zusammengefaßt werden, derart, 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⁾

f) Die Kurbeln der Fahrschalter sind in der Weise abnehmbar anzubringen, daß das Abnehmen nur erfolgen kann, wenn der Fahrstrom ausgeschaltet ist.⁸⁾

4. Erdleitungen und vom Fahrstrom unabhängige Bremsstromleitungen in Fahrzeugen sollen keine Sicherungen enthalten und sollen nur im Fahrschalter abschaltbar sein.⁹⁾

5. Die unter Spannung stehenden Teile von Fassungen, Schaltern, Sicherungen u. dgl. sollen mit einer Schutzhülle aus Isolierstoff versehen sein. Pappe gilt nicht als Isolierstoff. (Siehe § 3².)

§ 44.

Abteufbetrieb.¹⁾

a) Für Niederspannung sind Abteufkabel²⁾ oder Panzeradern zu verwenden. Letztere müssen

6) Vgl. Bahnvorschriften § 36 c).

7) Vgl. Bahnvorschriften § 36 f).

8) Vgl. Bahnvorschriften § 38 c).

9) Vgl. Bahnvorschriften § 39 b).

§ 44. 1) Im Abteufbetriebe ist die Gefahr, daß Personen mit spannungführenden Teilen in Berührung kommen, wegen der engen Zusammendrängung von Arbeitenden, Bauteilen, Maschinen und Leitungen noch größer als im sonstigen Bergwerksbetriebe. Oft ist auch mit starker Feuchtigkeit zu rechnen. Wegen des steten Fortschreitens der Arbeit können Maschinen und Leitungen meistens nicht dauernd befestigt werden; sie

✂ dem § 21 c genügen. *Für Hochspannung sind nur Abteufkabel zulässig.* Die Metallarmierung ist zu erden. Drahtarmierte Bleikabel sind bei genügender Biagsamkeit in jedem Falle zulässig.

1. Beim Abteufbetrieb sollen alle nicht unter Spannung stehenden Metallteile elektrischer Maschinen und Apparate geerdet sein.

2. An der Eintrittsstelle der Leitungen in den Schacht und vor jedem Haspel sollen allpolig entweder Schalter und Sicherungen oder einstellbare selbsttätige Schalter eingebaut werden.

b) Steckvorrichtungen sind nur mit von Hand lösbarer Sperrung zu verwenden.

§ 45.

Schießbetrieb (im Anschluß an Starkstromanlagen).

a) Der Anschluß eines Zünders an die Schießleitung kann bis auf eine Entfernung von 50 m aus Gummiader ohne besonderen Schutz bestehen.

b) Der Anschluß einer Schießleitung an eine Starkstromleitung darf nur mittels eines allpoligen, unter Verschuß befindlichen Schalters erfolgen. Zur Erhöhung der Sicherheit ist stets noch eine zweite ebenfalls unter Verschuß befindliche Unterbrechungsstelle zwischen Schalter und Schießleitung anzuordnen; entweder der Schalter oder die Unterbrechungsstelle müssen so eingerichtet sein, daß ein Verharren im eingeschalteten Zustand ausgeschlossen ist. In der Schießleitung ist eine Vorrichtung anzubringen, welche das Vorhandensein von Strom erkennen läßt. Für die erwähnten Apparate ist die Verwendung von hygroskopischem Material, wie Marmor, Schiefer und dergleichen, als Isolierstoff unzulässig.¹⁾

müssen zum Teil freihängend benützt werden, daher ist auch der Vermeidung der Bruchgefahr besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

2) Abteufkabel sind besonders biegsam gebaute armierte Kabel; ihr Bleimantel kann zur Verminderung des Gewichts durch eine besondere Gummihülle ersetzt sein. Normalien über die Beschaffenheit der Abteufkabel sind z. Z. noch nicht aufgestellt.

§ 45. 1) Die Vorschriften des § 45 beziehen sich nur auf den Fall, daß die Zündung der Schüsse mittels Stromes aus einer Starkstromanlage erfolgt. Sie sollen verhindern, daß durch Zufall, wie Berührung zweier Leitungen, ungewollte Spannungserhöhungen, mangelhafte Isolation, Strom in die Zündleitung gelangt. Das Vorhandensein von Strom in der Schießleitung kann an einer eingeschalteten Glühlampe, einem Galvanoskop oder dergl. erkannt werden. Bei Zündung mittels besonderer Vorrichtungen (Minenzündmaschinen) müssen diese in sich so eingerichtet sein, daß unbeabsichtigte Zündung ausgeschlossen ist.



§ 46.

Betriebe im Abbau.

a) Auf ausreichenden Schutz transportabler Leitungen gegen Beschädigung ist ganz besonders zu achten.

1. Tragbare Elektromotoren, welche eine ständige Handhabung unter Spannung erfordern, wie Bohr- und Schrämmaschinen, sollen nur bei Niederspannung verwendet werden. *In trocknen Räumen ist auch Gleichstrom bis 500 Volt zulässig.¹⁾*

2. Im Abbau sollen alle nicht unter Spannung gegen Erde stehenden Metallteile elektrischer Maschinen und Apparate nach Möglichkeit geerdet sein.

Inkrafttreten dieser Vorschriften.

a) Diese Vorschriften gelten für Anlagen oder Erweiterungen derselben, deren Ausführung nach dem 1. Januar 1908 beginnt.¹⁾

Die auf B. u. T. bezüglichen Zusätze gelten vom 1. Januar 1910 ab.²⁾

§ 46. 1) Tragbare Elektromotoren sind hier nicht nur im Gegensatz zu ortsfesten, sondern auch im Unterschiede gegenüber sonstigen transportablen Elektromotoren genannt, um diejenigen Motoren zu bezeichnen, die ihren kleineren Abmessungen und geringerem Gewicht entsprechend häufiger bewegt, manchmal unmittelbar mit der Hand gesteuert oder geschwenkt werden und so zu häufiger enger Berührung mit dem Körper der Arbeitenden Anlaß geben, auch der Gefahr, beschädigt zu werden und einen Stromübergang auf ihre äußeren Teile zu erleiden, in höherem Maße ausgesetzt sind als größere, z. B. fahrbare Elektromotoren.

1) Die im Vorhergehenden behandelte Fassung der Vorschriften ist durch Beschluß der 15. Jahresversammlung des Verbandes deutscher Elektrotechniker zu Hamburg am 9. Juni 1907 mit dem 1. Januar 1908 als Einführungsstermin in dem ausgedrückten Sinne für gültig erklärt worden. ETZ 1907, S. 747 und 882.

Daß die Vorschriften keine rückwirkende Kraft haben sollen, ist früher ausdrücklich ausgesprochen worden. Soweit sie vertragsmäßigen Ausführungen elektrischer Anlagen zugrunde gelegt werden, ist daher die neue Fassung nur für solche Anlagen maßgebend, deren Ausführung nach dem 1. Januar 1908 beginnt. Soweit es sich um behördliche Überwachung handelt, werden Abweichungen von den Vorschriften bei älteren Anlagen im Sinne des § 120 d) der Gewerbeordnung zu beurteilen sein, wie in diesen Erläuterungen zu § 1 unter ⁸⁾, S. 12 auseinandergesetzt ist.

Besondere Veranlassung zur Verbesserung älterer Anlagen liegt namentlich dann vor, wenn sie mit höherer Spannung oder mit anderer Stromart als bisher betrieben werden sollen. ETZ 1904, S. 475 N. 161; S. 364 N. 96; S. 1114 N. 115. 1903, S. 295 N. 35.

b) Der Verband Deutscher Elektrotechniker behält sich vor, sie den Fortschritten und Bedürfnissen der Technik entsprechend abzuändern.³⁾

2) Die Zusätze für B. u. T. sind durch die Jahresversammlung 1909 zu Cöln angenommen worden. ETZ 1909, S. 714, 787.

3) Auch soweit es sich um die behördliche Überwachung der Anlagen handelt, ist von seiten des Vertreters der preussischen Regierung die Zusicherung gegeben worden, daß die Weiterbildung der Vorschriften dem Verband deutscher Elektrotechniker überlassen bleiben und daß hierzu auch den übrigen Bundesregierungen Anregung gegeben werden soll.

Anhang

zu den Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln.¹⁾

Schematische Darstellungen.

a) Für jede Starkstromanlage muß bei Fertigstellung eine schematische Darstellung angefertigt werden; diese kann, wenn zweckmäßig 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 anzufertigenden Pläne²⁾ sollen tunlichst die im folgenden festgelegten Grundzeichen verwendet werden.

1) Die Bestimmungen über zeichnerische Darstellungen der Anlagen sind in den Anhang verwiesen worden, weil offenbar die Güte und Sicherheit einer Anlage nur von ihrer wirklichen Ausführung, nicht aber davon abhängt, daß ein Plan oder Schema von ihr vorhanden und vollständig ist.

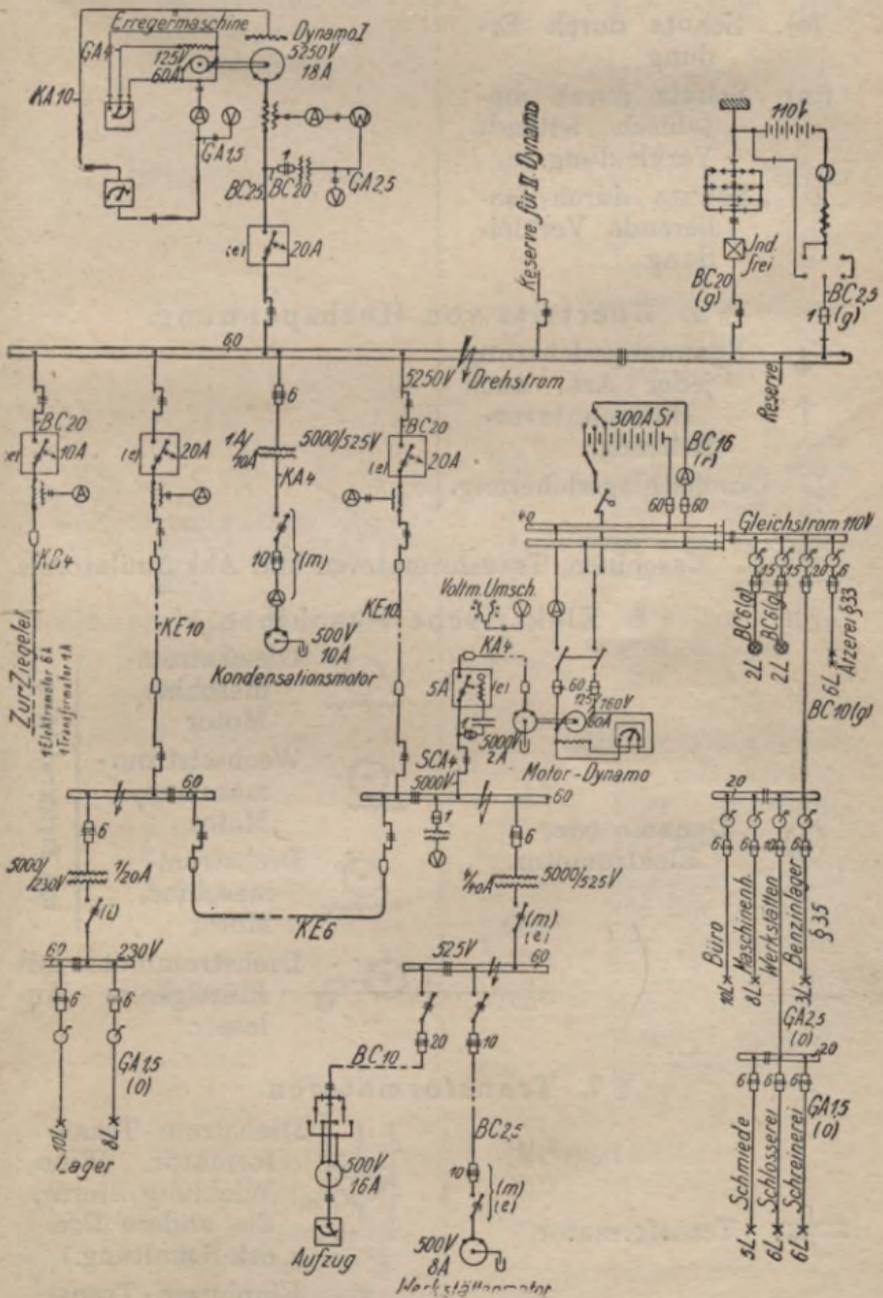
Für die Durchführung der Vorschriften und für die Überwachung der Anlagen dagegen ist allerdings das Vorhandensein einer zeichnerischen Darstellung von Bedeutung. Diese Darstellungen erleichtern auch die Instandhaltung und geben Anlaß zur sorgfältigen Prüfung und Durchsicht der Anlage durch den Besitzer oder die mit dem Betrieb Betrauten. So wird durch die Forderung der Zeichnungen mittelbar auch auf den ordnungsmäßigen Zustand der Anlagen eingewirkt.

2) Im Unterschied zu den unter a) und b) geforderten Darstellungen werden Pläne der Anlagen nicht mehr verlangt. Es ist also nicht nötig, daß der Verlauf der Leitungen geometrisch mit der Wirklichkeit übereinstimmt und daß von den Räumen, auf die sich die Anlage erstreckt, eine maßstäblich richtige Wiedergabe gemacht wird. In einzelnen Fällen mögen solche Pläne zweckmäßig erscheinen, doch ist der Entscheid darüber dem Besitzer vorbehalten.

Empfehlenswert ist es oft, ein Verzeichnis der installierten Räume mit Angabe der in jedem enthaltenen Zahl und Art von Stromverbrauchern dem Schema beizugeben.

Es ist zulässig, entsprechend nachstehenden Beispielen, die Grundzeichen zum Zwecke größerer Übersichtlichkeit im Einzelfalle weiter auszubilden; werden dagegen Bezeichnungen nach anderen Systemen benutzt, so sind diese besonders zu erklären.

2. In den schematischen Darstellungen sollen die Angaben über Stromverbraucher insoweit eingetragen werden, als sie zur sicherheitstechnischen Beurteilung der einzelnen Teile der Anlage erforderlich sind. Es wird im allgemeinen genügen, wenn die schematischen Darstellungen bis zu den letzten Verteilungssicherungen durchgeführt und die Querschnitte der einzelnen Abzweigleitungen sowie Zahl und Art der an diese angeschlossenen Stromverbraucher angegeben werden, bei Glühlicht-Stromkreisen genügt im allgemeinen die angenäherte Angabe der Lampenzahl.



Beispiel eines nach Ausführungsregel 3 teilweise einpolig durchgeführten Schaltungsschemas.

3. Mehrpolige Leitungen und Apparate können einpolig gezeichnet werden, in diesem Falle ist die Pol- bzw. Phasenzahl kenntlich zu machen, beispielsweise durch eine entsprechende Zahl von Querstrichen, die an geeigneten Stellen angebracht werden.

4. Bezeichnungen.

Grundzeichen.

Beispiele abgeleiteter Bezeichnungen.

Zu B. Allgemeine Schutzmaßnahmen.

§ 3. Schutz gegen Berührung.

-  Blitzpfeil.
-  Erdung.
- (e) Schutz durch Erdung
- (m) Schutz durch metallisch leitende Verkleidung.
- (i) Schutz durch isolierende Verkleidung.

§ 4. Übertritt von Hochspannung.

- ↓ Spannungssicherung jeder Art, auch
- ↑ Blitzschutzvorrichtung.
-  Durchschlagssicherung.

Zu C. Maschinen, Transformatoren und Akkumulatoren.

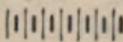
§ 6. Elektrische Maschinen.

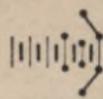
-  Dynamo oder Elektromotor.
 -  Gleichstrommaschine, Motor
 -  Wechselstrommaschine, Motor
 -  Drehstrommaschine, Motor
 -  Drehstrommotor mit Flüssigkeits-Anlasser.
- } mit Erregerwicklung.

§ 7. Transformatoren.

-  Transformator.
-  Drehstrom-Transformator. (Eine Wicklung Stern-, die andere Dreieck-Schaltung.)
-  Einphasen-Transformator.

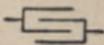
§ 8. Akkumulatoren.

 Akkumulatoren.

 Akkumulatoren mit Doppel-Zellenschalter.

Zu E. Apparate.

§ 10. Allgemeines.

 Kondensator.

 Drosselspule, Relais, Auslöse-magnet.

§ 11. Ausschalter, Umschalter.

 Dosenschalter mit Angabe der darauf bezeichneten Stromstärke.

 Zweipoliger Dosen-ausschalter für 6 Amp.

 Einpoliger Dosen-umschalter für 10 Amp.

 Hebelausschalter.

 Dreipoliger Hebel-schalter mit iso-lierendem Schutz-kasten.

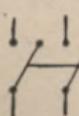
 Zweipoliger offener Hebelumschalter mit Unterbre-chung.

 Zweipoliger Hebel-umschalter ohne Unterbrechung.

→ Grundzeichen für Maximalauslö-sung.

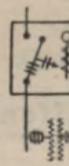
 Einpoliger Maximal-schalter.

○ Grundzeichen für Minimalauslö-sung.

 Zweipoliger Mini-malschalter.

 Dreipoliger Ölschal-ter mit zweipo-liger Maximal-auslösung.

 Trennschalter.

 Dreipoliger Ölschal-ter mit zweipoli-ger Maximalaus-lösung und mit durch Spannungswand-ler gespeis-ter Minimal-Aus-lösespule.

§ 12. Anlasser und Widerstände.

 Nicht regulierbarer Heizapparat oder Widerstand, z. B. Bogenlampen-Widerstand.

Regulierbarer Wi-
derstand.Regulierbarer Wi-
derstand mit
Kurzschlußkon-
takt.Sonderbezeichnung
für Flüssigkeits-
widerstände.

§ 13. Steckvorrichtungen.

Wandfassung. An-
schlußdose.

§ 14. Sicherungen.



Sicherung.

Dreipolige Siche-
rung.

§ 15. Meßgeräte.



Meßinstrument.



Strommesser.



Spannungsmesser.



Leistungsmesser.



Zähler.



Phasenmesser.



Isolationsprüfer.

Stromrichtungsan-
zeiger.

Zu F. Lampen und Zubehör.

§ 16 und § 17. Fassungen, Glühlampen und
Bogenlampen.

× Feste Lampe.



Bewegliche Lampe.

Lampenträger mit
Lampenzahl.Bogenlampe oder
ähnliche stärkere
Lichtquelle mit
Angabe d. Strom-
stärke.

Zu G. Beschaffenheit und Verlegung der Leitung.

§ 19. Beschaffenheit der Leitungen.



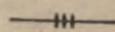
Leitung.

BC Blanker Kupfer-
draht.

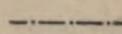
BE Blanker Eisendraht.

GB Gummibandleitung.

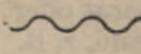
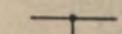
GA Gummiaderleitung.



Drei Leitungen.

Sammelschienen,
zweipolig mit
zwei Abzwei-
gen.

Mehrfachleitung.

Bewegliche Lei-
tung.Leitungsan-
schluß.

SGA	Spezialgummiader- leitung mit An- gabe der Span- nung.		Leitungskreu- zung.
			Schleifleitung.
PA	Panzerader.		Von oben kom- mende Leitung.
RA	Rohr- und Falz- drähte.		Von unten kom- mende Leitung.
SA	Gummiaderschnur.		Nach oben füh- rende Leitung.
FA	Fassungsader.		Nach unten füh- rende Leitung.
PL	Pendelschnur.		

§ 22. Freileitungen.

o	Mast.	●	Holzmast. ✓
(n)	Schutznetz.	●	Eisenmast.

§ 25. Isolier- und Befestigungskörper.

(g)	Verlegung auf Iso- lierglocken.
(r)	Verlegung auf Rollen oder Ringen.
(k)	Verlegung auf Klem- men.

§ 26. Rohre.

(o)	Verlegung in Röhren.
-----	----------------------

§ 27. Kabel.

	Kabelendverschluß.
KB	Blanke Kabel.
KA	Asphaltierte Kabel.
KE	Armierte asphal- tierte Kabel.

§ 42. Fahrdrähte.

	Luftweiche.
	Abspannisolator.
	Streckenisolator.

5. 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 Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen z. B.: „§ 35“ bedeutet, „Explosionsgefährlicher Raum“.

Vorschriften für den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln (Betriebsvorschriften).¹⁾

Gültig ab 1. I. 1910.

§ 1.

Erklärungen.

a) Niederspannungsanlagen sind solche Starkstromanlagen, bei welchen die effektive Gebrauchsspannung zwischen irgend einer Leitung und Erde 250 Volt nicht überschreiten kann; bei Akkumulatoren ist die Entladespannung maßgebend.

Alle übrigen Starkstromanlagen gelten als Hochspannungsanlagen.

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

2. Weitere Erklärungen siehe unter § 2b—i der Errichtungsvorschriften.

1) Betriebsvorschriften sind zum ersten Male im Jahre 1903 vom V. D. E. gemeinsam mit der Vereinigung der Elektrizitätswerke aufgestellt worden. Ihr im Jahre 1907 mit der damaligen Neuordnung der Errichtungsvorschriften in Einklang gebrachter Wortlaut wurde 1909 einer Umarbeitung unterzogen, um neben den Bedürfnissen der Elektrizitätswerke namentlich auch den Verhältnissen Rechnung zu tragen, wie sie in industriellen Betrieben bestehen sei es, daß diese den Strom selbst erzeugen oder von außen beziehen.*)

Die „Betriebsvorschriften“ des V. D. E. beschränken sich auf die zum Schutze der Beschäftigten und des Publikums nötigen Anordnungen; sie haben wesentlich anderen Zweck und Inhalt als die Betriebsordnungen oder Betriebsanweisungen,

*) Bei dieser Umarbeitung der Betriebsvorschriften waren neben der Vereinigung der Elektrizitätswerke und dem V. D. E. folgende Industriegruppen vertreten: Verein für die bergbaulichen Interessen des Oberbergamtsbezirks Dortmund, deutscher Braunkohlen-Industrie-Verein, Oberschlesischer Berg- und Hüttenmännischer Verein, Verein zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie Deutschlands, Verein deutscher Eisenhüttenleute, Nordwestliche Gruppe des Vereins deutscher Eisen- und Stahlindustrieller.

§ 2.

Zustand der Anlagen.

a) Die elektrischen Anlagen sind den „Errichtungsvorschriften“ entsprechend in ordnungsmäßigem Zustande zu erhalten. Die bei Revisionen⁴⁾ gefundenen Mängel sind in angemessener Frist zu beseitigen. In Anlagen, die vor dem 1. Januar 1910 errichtet sind, brauchen nur solche erhebliche Mißstände, welche das Leben oder die Gesundheit von Personen gefährden, beseitigt zu werden. Jeder Umbau einer Anlage ist, soweit es die Verhältnisse gestatten, den geltenden Vorschriften gemäß auszuführen.¹⁾

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. Als Schutzmittel gelten gegen die herrschende Spannung isolierende, einen sicheren Stand bietende Unterlagen, Gummihandschuhe, Gummischuhe, Schutzbrillen, isolierende Zangen, Abdeckungen, zuverlässige Erdungen und ähnliche Hilfsmittel.

2. Der Zugang zu Maschinen, Schalt- und Verteilungsanlagen soll, soweit es ihre Bedienung erfordert, freigehalten werden.²⁾

die den Beschäftigten ihre Obliegenheiten zuweisen, das Zusammenwirken aller Teile der Anlage und eine möglichst gute Ausbeute bei tunlichst kleinem Aufwande sichern sollen. Vorschriften oder Anweisungen der letzteren Art bestehen neben den hier gegebenen, doch können sie nicht in allgemeiner Form aufgestellt werden, sie berühren auch nicht allgemeine oder öffentliche Interessen.

§ 2. 1) Der dritte Satz des Abs. a) ist dem § 120 d Abs. 3 der Gewerbeordnung nachgebildet, um unnötige Härten bei der Anwendung der Vorschriften zu verhüten. Da die Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen keine rückwirkende Kraft haben, so wäre es unbillig, in den Betriebsvorschriften einen anderen Standpunkt einzunehmen. Aus diesem Grunde ist der ordnungsmäßige Zustand einer elektrischen Anlage im allgemeinen nicht zu verneinen, sofern derselbe den bei Errichtung der betreffenden Anlage gültig gewesenen Vorschriften entspricht, es sei denn, daß sich inzwischen früher zulässige Installationsmethoden oder Apparate als direkt unbrauchbar erwiesen hätten (z. B. Holzleisten in feuchten Räumen usw.), oder der Betrieb größere Gefahren bedingt. Alle Erneuerungen bestehender elektrischer Anlagen oder Teile derselben, sowie Erweiterungen sollen jedoch tunlichst gemäß den neuesten Errichtungsvorschriften zur Ausführung gebracht werden.

2) Insbesondere dürfen nicht Werkzeuge, Baustoffe, Waren, Kleidungsstücke und dergl. derart gelagert oder vorhanden sein, daß sie die ordnungsmäßige Bedienung erschweren oder die Wirkung von Schutzvorrichtungen wie Schranken, Geländer usw. beeinträchtigen.

3. Maschinen und Apparate sollen in gutem Zustand erhalten und in angemessenen Zwischenräumen gereinigt werden.³⁾⁴⁾

§ 3.

Warnungstafeln, Vorschriften und schematische Darstellungen.

a) *Bei Hochspannung müssen Warnungstafeln, welche vor unnötiger Berührung der Teile der elektrischen Anlage warnen, an geeigneten Stellen, sowie an den Zugängen zu den elektrischen Betriebsräumen und den abgeschlossenen elektrischen Betriebsräumen angebracht sein.*¹⁾ Bei Niederspannung sind Warnungstafeln nur an gefährlichen Stellen erforderlich.²⁾ *Warnungstafeln für Hochspannung sind mit Blitzpfeil zu versehen.*³⁾

b) In jedem elektrischen Betriebsraum sind diese Betriebsvorschriften und die Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe anzubringen.

3) Daß die Maschinen usw. „rein erhalten“ werden, wird nicht gefordert, weil dies in staubigen oder rußigen Betrieben meistens undurchführbar ist. Das Reinigen in angemessenen Zeiträumen muß der Art der Maschinen und den herrschenden Verhältnissen angepaßt werden. Diesen und den Betriebsbedingungen muß auch der Bau der Maschinen und Apparate entsprechen.

4) Zur Erhaltung des guten Zustandes der Anlage sind von seiten der Betriebsleitung regelmäßige, sowie nach Erfordern besondere Revisionen vorzunehmen. Namentlich sind solche beim Inbetriebsetzen der Anlage und nach erheblichen Erweiterungen geboten. Die Zeiträume, in denen die Revisionen zu wiederholen sind, ihre Ausführung und ihr Umfang richten sich nach der Beschaffenheit der Anlage und nach den Verhältnissen, unter denen sie betrieben wird. Es ist nicht möglich, hierüber allgemein gültige Vorschriften aufzustellen, doch muß sich jeder einzelne Betriebsleiter über das für seinen Betrieb Erforderliche Rechenschaft geben und soll einen bestimmten Revisionsplan aufstellen und durchführen.

§ 3. 1) Es genügt, wenn die Warnungstafel nur für diejenigen Personen sichtbar ist, welche im Begriffe sind, sich den Zugang zu den gefährlichen Teilen zu verschaffen. So wird bei Transformatorsäulen, wie sie auf öffentlichen Straßen derart aufgestellt sind, daß die gefährlichen Teile dauernd und sicher gegen das Publikum abgeschlossen sind, die Warnungstafel nur innen so anzubringen sein, daß sie beim Öffnen der Türe sofort in die Augen fällt. Wird Hochspannung in einem Betriebe an mehreren Stellen verwendet, sind z. B. mehrere Hochspannungsmotore vorhanden, so ist es nicht nötig, jede dieser Stellen mit einer Warnungstafel zu versehen.*)

2) Bei Niederspannung kommen besonders die im § 32 a und 37 a der Errichtungsvorschriften für durchtränkte Räume und für provisorische Einrichtungen vorgesehenen Warnungstafeln in Betracht.

3) Im allgemeinen soll der Blitzpfeil nicht unnötig verwendet werden um nicht seine Wirkung abzuschwächen. Bei Niederspannung soll der Blitzpfeil nicht angebracht werden.

*) Normalien für häufig gebrauchte Warnungstafeln s. ETZ 1910, S. 414.

c) In jedem elektrischen Betriebe muß eine schematische Darstellung der elektrischen Anlage, entsprechend dem Anhang zu den Errichtungsvorschriften vorhanden sein.

1. Schalt- und Transformatorstationen, die betriebsmäßig unter Verschuß gehalten werden, fallen im allgemeinen nicht unter diese Vorschrift.

2. Es empfiehlt sich, an wichtigen Schaltstellen *insbesondere bei Hochspannung*, ein Teilschema, aus welchem die Abschaltbarkeit hervorgeht, anzubringen.

3. Das kleinste Format für Warnungstafeln soll 15×10 cm sein.

4. Warnungstafeln, Vorschriften und schematische Darstellungen sollen in leserlichem Zustand erhalten werden.

5. Wesentliche Änderungen und Erweiterungen der Anlage sollen in der schematischen Darstellung nachgetragen werden unter Berücksichtigung der Ausführungsregel 2 des Anhanges zu den Errichtungsvorschriften.

§ 4.

Allgemeine Pflichten des Betriebspersonals.

Jeder im Betriebe Beschäftigte hat:

a) von den durch Anschlag bekannt gegebenen, sowie von den zur Einsichtnahme bereitliegenden, ihn betreffenden Vorschriften Kenntnis zu nehmen und ihnen nachzukommen;¹⁾

b) bei Vorkommnissen, welche eine Gefahr für Personen oder für die Anlagen zur Folge haben können, geeignete Maßnahmen zu treffen, um die Gefahr einzuschränken oder zu beseitigen und seinen Vorgesetzten baldmöglichst Anzeige zu erstatten.²⁾

§ 4. 1) Eine sorgfältige Auswahl der Personen, die in elektrischen Betrieben beschäftigt werden, ist äußerst wichtig. Die den einzelnen zugeteilten Obliegenheiten sollen ihren Eigenschaften und Fähigkeiten angepaßt sein. Auf eine sachgemäße Unterweisung der Beschäftigten in den Sonderheiten ihres Dienstes ist die größte Sorgfalt zu verwenden.

2) Auf die etwa möglichen gefahrbringenden Vorkommnisse ist bei den unter 1) erwähnten Maßnahmen besonders zu achten. Das Personal soll je nach der Dienstleistung, zu der es bestimmt ist, und unter Berücksichtigung der Auffassungsgabe des einzelnen, über die „geeigneten Maßnahmen“ unterrichtet werden. Bestimmte Maßnahmen werden einzelnen unmittelbar vorzuschreiben, andre anderen unbedingt zu verbieten sein. Vorschriften und Verbote müssen möglichst einfach sein.

Im allgemeinen wird jeder Beschäftigte von allen Wahrnehmungen, die den Betrieb betreffen, insbesondere von beobachteten Mängeln wie schadhafte Leitungen, zerstörten Isolatoren, gelockerten Verbindungen, zerstörten Blitzsicherungen, unregelmäßigen Funkenbildungen, Anzeige zu machen haben und nur dann selbst eingreifen, wenn dies zu seinen Obliegenheiten gehört oder wenn Gefahr im Verzug ist und er sich darüber klar ist, was geschehen kann. Unbefugtes oder gegen die erhaltenen Weisungen verstößendes Eingreifen hat oft einen Unfall herbeigeführt oder seine Folgen verschlimmert.

1. Bei Unfällen von Personen ist nach der „Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe“ zu verfahren.³⁾

2. Bei Brandgefahr sind nach Möglichkeit die vom Verbands Deutscher Elektrotechniker herausgegebenen Leitsätze: „Empfehlenswerte Maßnahmen bei Bränden“ zu befolgen.⁴⁾

3) Siehe am Schlusse dieses Buches.

4) Vom Verband Deutscher Elektrotechniker sind im Jahre 1905 folgende „Empfehlenswerte Maßnahmen bei Bränden“ herausgegeben worden, deren Berücksichtigung und Bekanntgabe dringend empfohlen wird:

Bei ausbrechenden Bränden sind an den elektrischen Installationen in den vom Brande betroffenen oder bedrohten Räumen folgende Maßregeln zu empfehlen:

A. Betriebsanlagen.

1. In vom Feuer betroffenen oder unmittelbar bedrohten elektrischen Betriebsanlagen ist der Betrieb nur im äußersten Notfall, und womöglich nur durch das Betriebspersonal einzustellen. Das Eingreifen von Personen, die mit dem betreffenden Betriebe nicht vertraut sind, ist tunlichst zu vermeiden.

2. Die Maschinen und Apparate sind soweit als möglich vor Löschwasser zu schützen. Empfehlenswerte Löschmittel für Maschinen und Apparate sind trockener Sand, Kohlensäure und ähnliche nicht leitende und nicht brennbare Stoffe.

B. Installationen.*)

1. Die Lampen in den vom Feuer betroffenen oder bedrohten Räumen sind — auch bei Tage — einzuschalten. Sie leuchten im Gegensatze zu allen anderen Beleuchtungsmitteln auch in raucherfüllten Räumen weiter und sind daher zur Erleichterung von Rettungsarbeiten unentbehrlich. Die Leitungen dürfen daher nicht abgeschaltet werden.

2. Vom Feuer bedrohte Elektromotorenbetriebe sind, falls erforderlich, durch die damit betrauten Personen auszuschalten. Das Eingreifen von Personen, die mit den betreffenden Betrieben nicht vertraut sind, ist tunlichst zu vermeiden.

3. Die Lösch- und Rettungsarbeiten der Feuerwehr sind im übrigen ohne Rücksicht auf die elektrischen Installationen vorzunehmen. Nur soll das Bespritzen von elektrischen Apparaten, Schalttafeln, Sicherungen nach Möglichkeit vermieden und kein Leitungsdraht ohne zwingenden Grund durchhauen werden.

4. Sämtliche Einrichtungen, welche zum Anschlusse eines Elektrizitätswerkes gehören, wie Verteilungskästen, Elektrizitätszähler, Transformatoren, sind von der Feuerwehr tunlichst unberührt zu lassen, und deren Bespritzen mit Wasser ist zu vermeiden. Empfehlenswerte Löschmittel siehe A. 2.

5. Beamte der Elektrizitätswerke, welche sich als solche legitimieren, erhalten Zutritt zur Brandstelle, um, wenn nötig, Transformatoren und deren Zubehör, sowie andere dem Elektrizitätswerk gehörige Teile stromlos zu machen. Den Anordnungen des Leiters der Feuerwehr auf der Brandstelle ist Folge zu leisten. Wenn an der Brandstelle Gefahr für die Beschädigung von Transformatoren oder deren Zuleitungen vorliegt, wird seitens der Feuerwehr der Betriebsdirektion der Elektrizitätswerke auf dem schnellsten Wege Nachricht gegeben.

*) Betreffs: Freileitungen siehe ETZ 1910, S. 414.

§ 5.

Bedienung elektrischer Anlagen.

a) Jede unnötige Berührung von Leitungen, sowie ungeschützter Teile von Maschinen, Apparaten und Lampen ist verboten.¹⁾

b) Die Bedienung von Schaltern, das Auswechseln von Sicherungen und die betriebsmäßige Bedienung der Maschinen, Apparate, Lampen ist nur den damit beauftragten Personen gestattet, wo erforderlich, unter Benutzung von Schutzmitteln.²⁾

1. Sicherungen und Unterbrechungsstücke 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 sonstiger geeigneter Schutzmittel, betätigt werden.

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 im § 6 und 7, wenn unter Spannung gearbeitet werden muß unter Berücksichtigung der im § 8 gegebenen Sonderbestimmungen vorzunehmen.

2. Es ist besonders darauf zu achten, daß der spannungsfreie Zustand nicht immer durch Herausnahme von Schaltern u. dgl. allein gewährleistet ist, da noch Verbindungen durch Meßschaltungen, Ring- und Doppelleitungen usw. bestehen können, oder eine Rücktransformierung, Induktion, Kapazität usw. vorhanden sein kann.

§ 6.

Maßnahmen zur Herstellung und Sicherung des spannungsfreien Zustandes.

a) Ist die Abschaltung desjenigen Teiles der Anlage, an welchen gearbeitet werden soll, und der in unmittelbarer Nähe der Arbeitsstelle befindlichen Teile nicht unbedingt sichergestellt, so muß an der Arbeitsstelle mit den erforderlichen Vorsichtsmaßregeln eine Erdung und Kurzschließung vorgenommen werden.¹⁾

C. Empfehlenswerte Maßnahmen nach dem Brande.

Nach Beendigung der Löscharbeiten sind die vom Brande betroffenen Teile der Anlage zunächst vollständig abzuschalten. Sie dürfen nicht eher wieder in endgültige Benutzung genommen werden, als bis sie den Sicherheitsvorschriften entsprechen.

§ 5. 1) Diese Vorschrift trifft neben dem Betriebspersonal ganz besonders auch die Benutzer elektrischer Anlagen und ihr Personal. In Werkstätten, Läden usw. ist es unter Umständen geboten, hierauf in passender Form hinzuweisen.

2) Vgl. § 2¹ der Betriebs-Vorschriften.

§ 6. 1) Die Kurzschließung und Erdung bezwecken, dem Personal ein Berühren der betreffenden Leiterteile ohne

1. Es empfiehlt sich bei Schaltern, Trennstücken u. dgl., welche einen Arbeitspunkt spannungsfrei machen sollen, für die Dauer der Arbeit ein Schild oder dgl. anzubringen, welches darauf hinweist, daß an dem zugehörigen Teil der elektrischen Anlage gearbeitet wird.

2. Zur provisorischen Erdung und Kurzschließung sollen Leitungen unter 10 qmm nicht verwendet werden.

3. Erdungen und Kurzschließungen sollen nur vorgenommen werden, wenn es ohne Gefahr geschehen kann oder wenn sich der Arbeitende vergewissert hat, daß die Teile auch wirklich abgeschaltet sind.²⁾

4. Zur Orientierung des Arbeiters, ob die Arbeitsstelle spannungslos ist, können Spannungsprüfungen vorgenommen werden oder die beiderseitigen Leitungsenden gekennzeichnet sein; oder es sollen schematische Übersichts- bzw. Leitungsnetzpläne mit oder ohne Angabe der erforderlichen Reihenfolge der Schaltungen entweder an den Schaltstellen vorhanden sein oder dem Schaltenden mitgegeben werden, wenn er nicht durch mündliche Anweisung oder sonstige Kenntnis über die Anlage genau unterrichtet ist.

§ 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 Kenntnis hat.

b) Vor der beabsichtigten Einschaltung sind alle Schaltungen und Verbindungen ordnungsgemäß herzustellen und keine Verbindungen zu belassen, durch welche ein Übertreten der Spannung in außer Betrieb befindliche Teile herbeigeführt werden kann.

Gefährdung zu ermöglichen. Die Kurzschließung soll unter anderem bewirken, daß bei irrtümlicher Einschaltung derjenigen Leiterteile, an welchen gearbeitet wird, die zugehörigen Sicherungen die Leitung automatisch abschalten. Da hierbei jedoch eine Leitung (ein Pol) unversehrt bleiben und letztere somit die Hochspannung gegen Erde behalten kann, so ist die betreffende Leitung außerdem noch zu erden. Durch diese Erdverbindung kann unter Umständen ein derartig starker Strom fließen, daß auch die letzte Sicherung der geerdeten Leitung funktioniert. Deshalb ist die Erdungsverbindung so herzustellen, daß sie genügende Leitungsfähigkeit besitzt. Vgl. Regel 2.

2) Stets muß das zur Erdung und Kurzschließung benutzte Hilfsmittel (Draht, Bügel, Klemme oder dergl.) zuerst mit der Erde verbunden werden, dann erst darf die Verbindung mit den zu erdenden oder kurzzuschließenden Teilen der Anlage erfolgen. Bei Aufhebung des Kurzschlusses ist in umgekehrter Reihenfolge zu verfahren, also die Verbindung mit der Erde zuletzt zu beseitigen (§ 7²⁾). Bei blanken Leitungen kann das Kurzschließen durch Auflegen eines passend geformten Drahtbügels oder biegsamen Drahtseils erfolgen, der vorher mit einem Erdungsdraht zu versehen und zu erden ist.

1. Die Verständigung mit der Arbeitsstelle ist auch durch Fernsprecher zulässig, jedoch nur mit Rückmeldung.

2. Die Vereinbarung eines Zeitpunktes, bis zu dem eine Anlage wieder unter Spannung gesetzt werden soll, genügt nicht, ausgenommen wenn es sich um die Beendigung regelmäßig eingehaltener Betriebspausen handelt.

3. Bei Aufhebung von Kurzschließungen soll die Erdverbindung zuletzt beseitigt werden.

§ 8.

Arbeiten unter Spannung.

a) Arbeiten unter Spannung sind nur durch besonders damit beauftragte und mit der Gefahr vertraute Personen auszuführen. Die bereitgestellten Schutzmittel sind zu benutzen; sie sind vor Gebrauch nachzusehen. (Über Schutzmittel siehe §§ 2c und 1.)

b) Arbeiten unter Spannung sind nur gestattet, wenn es aus Betriebsrücksichten nicht zulässig ist, den spannungslosen Zustand der Teile der Anlage, an denen selbst oder in deren unmittelbarer Nähe gearbeitet werden soll, herzustellen;

wenn es nicht möglich ist, die geforderte Erdung und Kurzschließung an der Arbeitsstelle vorzunehmen.

c) Arbeiten müssen unter den für Arbeiten unter Spannung vorgeschriebenen Vorsichtsmaßregeln ausgeführt werden,

wenn eine Unsicherheit darüber besteht, ob die abgeschalteten Teile wirklich übereinstimmen mit den Teilen, an welchen gearbeitet werden soll, oder ob geerdete und kurzgeschlossene Teile wirklich übereinstimmen mit den Teilen, an welchen gearbeitet werden soll.

d) Bei Hochspannung dürfen Arbeiten unter Spannung nur in Gegenwart einer hierfür bestimmten Aufsichtsperson ausgeführt werden.¹⁾

§ 8. 1) Die Aufsichtsperson kann auch dem Arbeiterstand angehören, nur muß sie den Bedingungen unter a) entsprechen und in der Lage sein, die richtigen Maßnahmen je nach der Art der Arbeit treffen zu können.

Solche Bedienungs-, Wartungs- und Reinigungsarbeiten, die wie das Einsetzen von gefahrlos hantierbaren Sicherungen, das Ölen der Maschine usw. zum regelmäßigen Betriebe gehören und die durch den Bau der Maschinen und Apparate bei vorschriftsmäßiger Ausführung gefahrlos gemacht sind, fallen nicht unter die Vorschrift des § 8 d. Vielmehr bezieht sich diese Vorschrift auf solche Arbeiten, bei denen ein Eingriff in die vorhandene Anlage erfolgt, wo z. B. Schraubverbindungen gelöst, vorhandene Schutzvorkehrungen entfernt werden müssen.

§ 9.

Zusatzbestimmungen für Akkumulatorenräume.¹⁾

a) *Bei Arbeiten an Akkumulatoren sind die Vorschriften des § 8d erst bei Spannungen über 750 Volt zu beachten.*

b) Akkumulatorenräume müssen während der Ladung gelüftet werden.²⁾

c) Offene Flammen und glühende Körper dürfen während der Überladung nur in besonderen Fällen und dann nur seitens sachverständiger Personen benutzt werden.

1. Die Gebäudeteile und Betriebsmittel einschließlich der Leitungen sowie die isolierenden Bedienungsgänge sollen vor schädlicher Einwirkung der Säure nach Möglichkeit geschützt werden.³⁾⁴⁾

§ 9. 1) In Akkumulatorenräumen, in denen sich Bleisalze und Schwefelsäure befinden und woselbst zu Ende der Ladung Knallgasentwicklung auftritt, sollen die Vorsichtsmaßregeln sich richten: einmal auf die Verhütung von Explosionen infolge Entzündung des Knallgases (Lüftung und Vermeidung offener Flammen), ferner auf dauernden Schutz der Gebäudeteile vor der zerstörenden Einwirkung der Säure und schließlich auf Bewahrung des Personals vor gesundheitsschädlichen Einflüssen der Säure und Bleisalze.

2) Die Explosionsgefahr ist erfahrungsgemäß gering, da das erzeugte Gas, welches nur während des letzten Teiles der Ladeperiode sich bildet, sehr leicht ist und daher aus offenen Fenstern und Abzugskanälen, wie Schornsteinen, schnell abzieht. Eine intensive künstliche Lüftung hat den Nachteil daß die mit Säure geschwängerte Luft in die weitere Nachbarschaft getrieben wird und hier durch Ablagerung der Säure zerstörende Wirkungen und Belästigungen ausübt.

Bei Ausführung von Lötarbeiten in Akkumulatorenräumen während der Ladung haben die Akkumulatorenfabriken bisher lediglich für geringen Durchzug durch Öffnen von Türen und Fenstern Sorge getragen, was vollkommen genügt hat, um Explosionen auszuschließen.

3) Von den Gebäudeteilen sind namentlich die Fußböden der schädlichen Einwirkung der Säure ausgesetzt, da die beim Laden mitgerissenen Säureteilchen sich an den Elementen, Leitungen und Gehängen niederschlagen und herabtropfen. Die Säure zerstört alsdann bei längerer Einwirkung sowohl gewöhnlichen Asphalt als auch Zement, Stein und Eisen.

Solche Stellen sind tunlichst bald gründlichst auszubessern, damit eine bedenkliche Verringerung der Tragfähigkeit vermieden wird.

Als bester Schutz des Fußbodens haben sich säurefeste Fliesen bewährt. Zum Schutze der Wände, Decken, Gehänge und Leitungen wählt man vorwiegend säurebeständige Anstriche, die jedoch nur beschränkte Haltbarkeit besitzen und daher von Zeit zu Zeit zu erneuern sind.

4) Etwaige beim Nachfüllen der Elemente oder beim Transport verschüttete Säuren sollen baldmöglichst unschädlich

2. Die Akkumulatorenwärter sollen zur Reinlichkeit angehalten und auf die Gefahren, welche Säure und Bleisalze mit sich bringen können, aufmerksam gemacht werden. Für ausreichende Wascheinrichtungen und Waschmittel soll Sorge getragen werden.⁵⁾

3. Essen, Trinken und Rauchen in Akkumulatorenräumen ist zu vermeiden.⁶⁾

§ 10.

Zusatzbestimmungen für explosionsgefährliche und durchtränkte Räume.

a) In explosionsgefährlichen Räumen sind Arbeiten unter Spannung (§ 8) verboten.

b) *In durchtränkten Räumen sind bei Hochspannung Arbeiten unter Spannung verboten.¹⁾*

§ 11.

Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Kabeln.

a) Liegen in unmittelbarer Nähe von Kabeln, an denen gearbeitet werden soll, andere spannungführende Kabel, so sind die Arbeiten, solange Verwechslungen möglich sind, wie solche unter Spannung (§ 8) vorzunehmen.

b) *Arbeiten an Hochspannungskabeln, bei welchen spannungführende Teile freigelegt oder berührt werden können, dürfen im allgemeinen nur im spannungslosen Zustande vorgenommen werden. Solange der spannungslose Zustand nicht einwandfrei festgestellt und gesichert ist, sind diejenigen Schutzmaßregeln zu treffen, unter welchen diese Arbeiten gefahrlos ausgeführt werden können.*

gemacht werden, z. B. durch Aufsaugen mittels Sägespäne, Sand, oder durch Fortspülen, oder durch Neutralisieren.

5) Obgleich im allgemeinen die Akkumulatorenwärter bei Ausübung ihres Dienstes mit Blei nicht in unmittelbare Berührung kommen sollen und daher auch diese Räume in gesundheitlicher Beziehung nicht gefährlicher erscheinen als die anderen Betriebsräume, so ist es doch angezeigt, die Wärter auf die Gefahr, welche das Hantieren mit Blei mit sich bringt, aufmerksam zu machen und Vorbeugungsmittel zur Verhütung der Bleikrankheiten bereit zu halten. Die Hauptsorge erstreckt sich darauf, zu verhindern, daß Blei oder Bleisalze in den Körper eindringen, sei es nun durch die Poren der Haut oder durch Mund und Nase. Gründliche Reinhaltung der Haut durch Waschungen (allenfalls unter Zusatz von etwas Schwefelleber zum Waschwasser, welches das an der Haut haftende Blei in eine unlösliche Form überführt, ist oberstes Gesetz für Akkumulatorenwärter. Gegen die Einwirkung der Säure sind als Schutzmittel zu nennen: Wollkleider und Respiratoren.

6) Hierdurch soll ausgeschlossen werden, daß Blei in den Magen gelangt und Kolik verursacht.

§ 10. 1) Vgl. § 8 d unter 1).

1. Beim Schneiden von Kabeln und Öffnen von Kabelmuffen soll der Arbeitende Gummihandschuhe und Schutzbrille benutzen, sofern nicht der spannungslose Zustand gesichert ist.¹⁾

§ 12.

Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Freileitungen.¹⁾

a) Arbeiten an Freileitungen einschließlich Bedienung von Sicherungen und Trennstücken sollen möglichst, *besonders bei Hochspannung*, nur bei spannungslosem Zustande geschehen unter Berücksichtigung der im § 6 und 7, und, wenn unter Spannung gearbeitet werden muß, unter Berücksichtigung der im § 8 gegebenen Bestimmungen.

§ 11. 1) Sollen Kabel geschnitten oder Muffen demontiert werden, so müssen sie der Vorschrift entsprechend stromlos, kurzgeschlossen und geerdet sein. Da die zu schneidenden Kabel in demselben Graben mit Hochspannungskabeln liegen können und eine Verwechslung möglich ist, so gibt in solchen Fällen folgendes Verfahren eine sichere Ausführungsmöglichkeit:

Ist nicht jeder Zweifel ausgeschlossen, daß das freigelegte Kabel das zu schneidende und stromlos gemachte ist, so hat der Kabellötter mit Gummihandschuhen und Schutzbrille zu arbeiten. Zu seiner ferneren Sicherheit hat er beispielsweise einen Dorn, wie er zum Gasbohren verwendet wird, in das zu schneidende Kabel zu treiben, welcher mittels Klemme und Kupferseil sicher geerdet ist, oder er hat das Kabel mit einer Säge oder starken Schere, die ebenfalls mittels Klemme und Seil sicher geerdet ist und isolierten Griff trägt, zu durchschneiden. Es zeigt sich bei diesem Verfahren sofort, ob man es mit einem stromführenden Kabel zu tun hatte, in welchem Falle aber der Irrtum ohne Folgen für den Arbeiter sein wird. Das Schneiden von Kabeln kann auch mittels breitem, mit langem Holzstiel versehenem, möglichst geerdetem Schrottmeißel und Vorschlaghammer erfolgen und zwar derart, daß mindestens zwei der Adern getroffen werden.

Über das Erden und Kurzschließen vgl. auch § 6 unter 2).

§ 12. 1) Es ist zu unterscheiden zwischen der Freileitungsstrecke, d. h. dem Gestänge, der Verankerung, den Trägern, Isolatoren und Leitungen nebst den innerhalb der Strecke angeordneten Apparaten, und den Leitungen selbst, d. h. den stromführenden Drähten usw. Arbeiten an ersterem sind unter a), die an letzteren unter b) und c) behandelt.

An dieser Stelle mögen über die Revision von Holzgestängen folgende Zusammenstellung Platz finden:

Es empfiehlt sich, die Holzgestänge mit laufenden Nummern zu versehen, wobei zu beachten ist, daß bei benachbarten oder sich kreuzenden Leitungen sämtliche Stangen verschiedene Nummern haben müssen.

Außer einer jährlichen Revision der Freileitungsanlagen empfiehlt es sich, mindestens eine vierteljährliche Begehung aller Strecken vorzusehen. Eine solche erscheint insbesondere nach jedem Sturm oder Unwetter geboten.

b) Arbeiten an den Hochspannung führenden Leitungen selbst sind verboten. Bei Arbeiten an spannungslosen Hochspannungs-Leitungen sind sie an der Arbeitsstelle kurzzuschließen und nach Möglichkeit zu erden.

Da Holzgestänge eine begrenzte Lebensdauer haben, die je nach der Beschaffenheit des Holzes und nach den klimatischen und Bodenverhältnissen verschieden ist, so sind folgende Regeln für die Untersuchung von Holzgestängen aufgestellt:

„Die hölzernen Stangen sind im Frühjahr und im Herbst jeden Jahres einer Untersuchung in bezug auf die Beschaffenheit des Holzes, den senkrechten Stand der Stangen, den Zustand der Verstärkungsmittel der Stangen und der Isolatorenträger zu unterziehen. Die Beschaffenheit des Holzes ist hierbei durch Beklopfen der Stangen in der Höhe von 1,5 bis 2 m über dem Erdboden mit einem harten Gegenstand zu prüfen, geben die Stangen einen hellen Ton, so kann das Holz im allgemeinen als gesund betrachtet werden; ist jedoch der Ton dumpf, so ist noch eine nähere Untersuchung des Holzes in der unten angegebenen Weise vorzunehmen.

Als schadhaft befundene Stangen sind auszuwechseln, schiefstehende Stangen sind gerade zu richten, lockere Anker, mangelhafte Streben, lockere Isolatoren und Träger entsprechend zu reparieren.

In den ersten zehn Jahren hat jeden zweiten Herbst eine genauere Prüfung des Stangenmaterials zu erfolgen, während nach Verlauf von zehn Jahren eine solche Prüfung jeden Herbst durchzuführen ist. Zu diesem Behufe sind die Stangen auf eine Tiefe von 20 bis 25 cm durch Aufgraben frei zu legen und ist dann durch Einstoßen eines geeigneten spitzen Instruments (Stichel, feststehendes Messer usw.) in den Stangenkörper der Zustand der Holzfasern zu prüfen; derselbe läßt sich aus dem Widerstand, den das Holz diesem Eingriff entgegensetzt, gewöhnlich leicht feststellen. Stangen, welche trotz des gesunden Holzes, daß sie äußerlich zeigen, doch beim Beklopfen mit einem harten Gegenstande einen dumpfen Ton geben, lassen auf Kernfäule schließen, und ist das Stangeninnere durch Anbohren mit einem Bohrer von höchstens 5 mm Stärke und Prüfen des Bohrmehles zu untersuchen.

Falls die Beschaffenheit des Bohrmehles zu Bedenken keinen Anlaß gibt, ist das Bohrloch durch Einschlagen eines Stiftes aus hartem Holz wieder zu verschließen. Bei Stangen bis zu einer Gesamtlänge von 11 m, welche weder verstrebt noch verankert sind, kann die Untersuchung auf Kernfäule in einfacherer Weise dadurch vorgenommen werden, daß gegen das obere Ende der Stange und rechtwinklig zur Leitungsrichtung eine Stützgabel gespreizt und mit Hilfe letzterer die Stange in mäßige Schwingungen versetzt wird, wobei faule Stangen ein leises Knistern oder Krachen dicht über dem Erdboden vernehmen lassen.“

Um entsprechende Maßnahmen zur Verhütung gefährdender Mängel treffen zu können und eine sachgemäße Überwachung der Leitungsanlage zu ermöglichen, ist eine genaue Kenntnis des gesamten Versorgungsgebietes und aller in diesem vorkommenden Veränderungen erforderlich. Die Betriebsleitung hat deshalb dafür Sorge zu tragen, daß den beteiligten Personen alle die Überwachung der Leitungsanlagen beeinflussenden Umbauten, Neubauten, Wegeveränderungen, Neuanpflanzungen usw. rechtzeitig zur Kenntnis gebracht werden.

c) Arbeiten an Niederspannungs- und Schwachstromleitungen in gefährlicher Nähe von Hochspannungsleitungen sind nur gestattet, wenn die Hochspannungsleitungen geerdet und kurzgeschlossen oder sonstige ausreichende Schutzmaßnahmen getroffen sind.

1. Die Bedienung von Sicherungen und Trennstücken in nicht spannungslosen Freileitungen soll, wenn erforderlich, mittels isolierender Werkzeuge bzw. Schaltstöcken erfolgen.

2. Arbeiten auf Masten, Dächern usw. sollen nur durch schwindelfreie Personen, die mit feststehendem Schuhwerk und mit Sicherheitsgürtel ausgerüstet sind, vorgenommen werden.

Inkrafttreten dieser Vorschriften.

Diese Vorschriften gelten vom 1. Januar 1910 ab.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker behält sich vor, sie den Fortschritten und Bedürfnissen der Technik entsprechend abzuändern.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Straßenbahnen und straßenbahnähnliche Kleinbahnen.

Die nachstehenden Vorschriften¹⁾ gelten für die Kraftwerke²⁾, Hilfswerke, Leitungsanlagen, Fahrzeuge

1) Vorschriften für elektrische Bahnanlagen sind vom Verbands deutscher Elektrotechniker zum ersten Male im Jahre 1900 als vorläufige Regeln, 1901 als Vorschriften aufgestellt worden. ETZ 1900, S. 653; 1901, S. 762. Als im Jahre 1905 das preußische Ministerium der öffentlichen Arbeiten daran ging, für die seiner Aufsicht unterstellten Straßenbahnen und straßenbahnähnlichen Kleinbahnen neue Bau- und Betriebsvorschriften zu erlassen, erklärte sich diese Behörde auf Ansuchen des Verbandes deutscher Straßen- und Kleinbahnverwaltungen und des Verbandes deutscher Elektrotechniker bereit, in die zu erlassende Verordnung keine besonderen Einzelheiten über die elektrischen Einrichtungen der Bahnen aufzunehmen, sondern nur auf die Vorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker als Norm zu verweisen, die als Anlage der betr. Verordnung beigegeben werden sollte. Dem Verbands deutscher Elektrotechniker sollte auch die Aufgabe zugewiesen werden, seine Vorschriften mit den Fortschritten der Technik im Einklang zu halten; die Regierung stellte in Aussicht, die in bestimmten Zeiträumen vorzuschlagenden Änderungen jeweils gutzuheißen. Als eine wesentliche Bedingung hierfür wurde aber verlangt, daß die Vorschriften für Bahnen, die bis dahin nur in Form einer Ergänzung zu den allgemeinen Sicherheitsvorschriften bestanden hatten, zu einem in sich abgeschlossenen, von anderen Bestimmungen unabhängigen Werk ausgestaltet würden. ETZ 1906, S. 596 u. 664.

Diese Arbeit wurde im Juli 1906 fertiggestellt und von der Jahresversammlung des Verbandes deutscher Elektrotechniker genehmigt. Zu dieser Zeit war der Verband deutscher Elektrotechniker bereits mit der Umgestaltung der allgemeinen „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen“ beschäftigt, doch war es nicht möglich, die Aufstellung der Bahnvorschriften bis zur Beendigung dieser Arbeiten zu verschieben. So kommt es, daß die Bahnvorschriften in ihrem Aufbau sowie auch in einigen Einzelheiten von den erwähnten Vorschriften für Errichtung elektrischer Starkstromanlagen abweichen. Die grundlegenden Anschauungen, auf denen sie sich aufbauen, sind jedoch für beide Vorschriften dieselben.

2) Für diejenigen bahneigenen Elektrizitätswerke von Kleinbahnen, die außer dem Bahnstrom auch Strom für andere

und sonstigen Betriebsmittel von Straßenbahnen in Ortschaften und von straßenbahnähnlichen Kleinbahnen, deren Spannung 1000 Volt gegen Erde³⁾ nicht übersteigt.

Erster Abschnitt.

Bauvorschriften.

A. Allgemeines.

§ 1.

Pläne.

Für Pläne sind folgende Bezeichnungen anzuwenden:

× = Feste Glühlampe.

~× = Bewegliche Glühlampe.

⊗₅ = Fester Lampenträger mit Lampenzahl (5).

~⊗₃ = Beweglicher Lampenträger mit Lampenzahl (3).

Obige Zeichen gelten für Glühlampen jeder Kerzenstärke sowie für Fassungen mit und ohne Hahn.

⊙₆ = Bogenlampe mit Angabe der Stromstärke (6 Ampere).

○ = Generatoren oder Elektromotoren mit Angabe der Stromart, der höchstzulässigen Leistung in Kilowatt und der Spannung.

(z. B. ○ Drehstrom 100 Kw. 800 Volt).

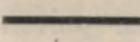
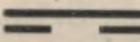
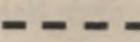
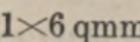
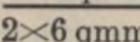
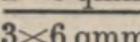
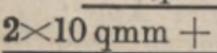
—| | | |— = Akkumulatoren.

⊗₆ ⊗₆ ⊗₆ = Einpoliger bzw. zweipoliger bzw. dreipoliger Ausschalter mit Angabe der höchstzulässigen Stromstärke (6 Ampere).

Zwecke an Dritte abgeben, sind in Preußen besondere Bestimmungen darüber getroffen, wie weit ihre Überwachung den Gewerbeaufsichtsbeamten zusteht. Z. d. Ver. D. Eisenb.-Verw. 1907, S. 1121. ETZ 1907, S. 1044.

3) Für Betriebsspannungen mit mehr als 1000 Volt, wie sie ja allerdings bei Hauptbahnen und Schnellbahnen mit Wechselstrombetrieb vorkommen können, sind vorläufig bestimmte Vorschriften nicht aufgestellt, da zu wenig Erfahrungen vorliegen und die konstruktive Tätigkeit in diesem eben in vollster Entwicklung begriffenen Gebiet nicht eingeschränkt werden soll. Die allgemeinen Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen enthalten genügende Anhaltspunkte; ihre Anwendung hat gegebenenfalls nicht wörtlich, sondern sinngemäß, d. h. unter Berücksichtigung der durch den Bahnbetrieb bedingten Sonderverhältnisse zu erfolgen.

Die Spannung von 1000 Volt ist gegen Erde festgelegt. Es umfaßt diese Grenze daher z. B. ein Dreileitersystem mit geerdetem Mittelleiter, wenn die Außenleiter etwa +1000 Volt und -1000 Volt gegen Erde führen.

-  3 = Umschalter dgl. (3 Ampere).
 10 = Sicherung mit Angabe der Normalstromstärke (10 Ampere).
 10 = Widerstand, Heizapparate und dgl. mit Angabe der höchstzulässigen Stromstärke (10 Ampere).
 10 = Dgl. abnehmbar angeschlossen.
 7,5 · 5000/550 = Transformator mit Angabe der Leistung in Kilowatt und der beiden Spannungen (7,5 Kw 5000/550 Volt).
 = Drosselspulen.
 = Blitzschutzvorrichtung und Überspannungsvorrichtungen.
 = Spannungssicherung.
 = Erdung.
 = Blitzpfeil.
 = Zweileiter- bzw. Dreileiter- oder Drehstromzähler mit Angabe des Meßbereichs (5 bzw. 20 Kw.).
 = Zweileiterschalttafel.
 = Dreleiterschalttafel oder Schalttafel für mehrphasigen Wechselstrom.
 = Fahrleitung.
 1×6 qmm = Einzelleitung von 6 qmm.
 2×6 qmm = Hin- u. Rückleitung von 6 qmm.
 3×6 qmm = Drehstromleitung von 6 qmm.
 2×10 qmm + 1×6 qmm = Dreileitersystem.
 = Nach oben führende Steigleitung.
 = Nach unten führende Steigleitung.
 = Steckvorrichtung.
 = Holzmast.
 = Eisenmast.
 = Speisepunkt.
 = Luftweiche.
 = Abspannisolator.
 = Streckenisolator.
 = Blanke Sammelschiene.
 BC = Blanker Kupferdraht.
 BE = Blanker Eisendraht.
 BG = Gummibandleitung (höchstens bis 250 Volt).
 GA = Gummiaderleitung.
 MA = Mehrfachgummiaderleitung.
 PA = Panzerader.

Bei Verwendung von
 Mehrfachleitungen
 ist die Linie zu
 strichpunktieren.

- FA = Fassungsader.
 SA = Gummiaderschnur.
 PI. = Pendelschnur.
 KB = Blanke Bleikabel.
 KA = Asphaltierte Kabel.
 KE = Armierte asphaltierte Kabel.
 (n) = Schutznetz.
 (e) = Schutz durch Erdung.
 (h) = Schutz des Fahrdrahtes durch Holz-
 leisten.
 (d) = Schutzdraht.

§ 2.

Erklärungen.

a) Erdung. Einen Gegenstand erden heißt, ihn mit der Erde derart leitend verbinden, daß er eine für unisoliert stehende Personen gefährliche Spannung nicht annehmen kann.¹⁾ (Erdung von Fahrzeugen siehe § 33.)

b) Feuersichere Gegenstände. Als feuersicher gilt ein Gegenstand, der nicht entzündet werden kann, oder der nach Entzündung nicht von selbst weiterbrennt.²⁾

c) Freileitungen. Als Freileitungen gelten alle oberirdischen Drahtleitungen außerhalb von Gebäuden, die weder metallische Umhüllung noch Schutzverkleidung haben. Schutznetze, Schutzleisten und Schutzdrähte gelten nicht als Verkleidung.³⁾

d) Elektrische Betriebsräume. Als solche gelten außer den Kraft- und Hilfswerken auch abgeschlossene Betriebsstände in Fahrzeugen, die Prüffelder sowie die Räume, in denen Fahrzeuge oder Apparate mit der Betriebsspannung untersucht werden, soweit diese Räume im regelmäßigen Betriebe nur unterwiesenen Personal zugänglich sind.⁴⁾

§ 2. 1) Die im § 31 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen gegebene Erklärung der Erdung, siehe S. 19, weist unmittelbar auf die Maßnahmen hin, mittels deren die hier aufgestellte Forderung zu erfüllen ist.

2) Übereinstimmend mit § 2 b) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen.

3) Dem Sinne nach übereinstimmend mit § 2 c) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen. Dort wird außerdem noch besonders auf Installationen im Freien verwiesen, die nicht als Freileitungen anzusehen sind. S. 14.

4) Vgl. § 2 d) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 14. In elektrischen Betriebsräumen sind mehrfach Ausnahmen von einzelnen Bestimmungen zulässig. Dies rechtfertigt sich durch die Rücksicht auf die größere Sachkenntnis des unterwiesenen Personals und ist nötig, weil den verschiedenartigen Hantierungen, die der Zweck der Betriebsräume erfordert, vielfach durch einheitliche Vorkehrungen nicht Rechnung getragen werden kann. Die Gefahren lassen sich dort zum Teil nur durch sachgemäßes Verhalten vermeiden.

B. Beschaffenheit und Verlegung des zu verwendenden Materials.

§ 3.

Erdung.¹⁾

a) Der Querschnitt der Erdungsleitungen ist mit Rücksicht auf die zu erwartenden Erdschlußstromstärken zu bemessen. Die Erdungsleitungen müssen gegen mechanische und chemische Beschädigungen geschützt werden.²⁾

b) Es ist für möglichst geringen Erdungswiderstand Sorge zu tragen.³⁾

Zum Einlegen in die Erde dienen Platten, Drahtnetze, Gitterwerk u. dgl.⁴⁾

Für Blitzableiter, Schutznetze und Schutzdrähte dürfen die Geleise zur Erdung benutzt werden.⁵⁾

c) Die in einem Gebäude befindlichen Erdungs-

§ 3. 1) Der Erdung kommt im Gebiet der elektrischen Bahnen eine noch größere Bedeutung zu als im Beleuchtungs- und anderen Kraftbetrieben, weil die Mehrzahl der Bahnen mit einem betriebsmäßig geerdeten Pol arbeiten.

2) Vgl. § 3² der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen. Erdungsleitungen sind nicht immer dasselbe wie geerdete Leitungen. Man hat zwischen geerdeten Betriebsleitungen und denjenigen Leitungen zu unterscheiden, die bei diesen Betriebsleitungen die Verbindung zu der Erde herstellen oder auch an Metallteilen, die nicht betriebsmäßig Strom führen, eine Schutzerdung vermitteln. Zur letzteren Art gehören auch die Erdleitungen von Blitzsicherungen und Überspannungssicherungen. Gerade bei Schutzerdungen wird der notwendige Querschnitt oft unterschätzt. Vgl. S. 21 unter ¹¹⁾.

Über den Schutz gegen Beschädigung siehe § 3¹ und § 21 d) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 23 unter ¹³⁾ und S. 87 unter ⁹⁾.

3) Die Größe des Übergangswiderstandes an den Erdplatten ist von deren Größe und von der Beschaffenheit und Feuchtigkeit des Erdbodens abhängig. ETZ 1904, S. 1115 N. 119. Er wechselt u. a. mit der Witterung. Häufig wird dieser Übergangswiderstand zu klein geschätzt. In größeren Elektrizitätswerken beträgt er z. B. an jeder Erdungsstelle des geerdeten Mittelleiters etwa 5—10 Ohm. Oft empfiehlt es sich, die einzelnen Erdungsstellen, z. B. von Masten, unter sich durch eine in der Erde verlegte Drahtleitung zu verbinden. Wird diese bis zur Stromerzeugerstelle zurückgeführt, so wirkt sie im Falle der Gefahr nicht nur als Erdleitung, sondern gleichzeitig zur Herbeiführung eines vollständigen Kurzschlusses.

4) Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen § 3², S. 20 unter ¹⁰⁾.

5) Schienen, welche auf Holzschwellen liegen, sind gegenüber atmosphärischen Entladungen als Erde wirksam, sofern sie sich auf große Ausdehnung erstrecken. Doch empfiehlt es sich stets, einzelne Stellen der Schienen unmittelbar an Erde zu legen, namentlich auch, weil die Blitzsicherungen durch Fremdkörper oder durch Zusammenschmelzen überbrückt werden und so die Betriebsspannung auf die Schienen übertragen können.

leitungen müssen sämtlich unter sich gut leitend verbunden sein.⁶⁾

d) Es ist unzulässig, Teile einer geerdeten Betriebsleitung durch Erde allein zu ersetzen.⁷⁾

e) Betreffend Erdung von Fahrzeugen siehe § 33. Betreffend Schienenrückleitung siehe § 31.

§ 4.

Übertritt von höherer Spannung.

Um den Übertritt von höherer Spannung in Stromkreise für niedrigere Spannung sowie das Entstehen von höherer Spannung im letzteren zu verhindern bzw. ungefährlich zu machen, sind geeignete Vorrichtungen, z. B. erdende oder kurzschließende oder abtrennende Sicherungen vorzusehen, oder es sind geeignete Punkte zu erden.¹⁾

Isolier- und Befestigungskörper.

§ 5.

Isolierstoffe.

a) Die Isolierstoffe sollen in solcher Stärke verwendet werden, daß sie bei der im Betrieb vorkommenden Erwärmung von einer Spannung, welche die Betriebsspannung um 1000 Volt überschreitet, nicht durchschlagen werden. Außerdem müssen die Isoliermittel derartig gestaltet und bemessen sein, daß ein merklicher Stromübergang über die Oberfläche (Oberflächenleitung) unter gewöhnlichen Betriebsverhältnissen nicht eintreten kann.²⁾

b) Wo Holz als Isolierstoff [zulässig ist, muß es isolierend getränkt sein.

§ 6.

Holzleisten und Krampen.³⁾

a) Holzleisten sind zur Verlegung von Leitungen unzulässig. Ausnahme siehe § 36 g.

6) Die leitende Verbindung soll die unter Vermittlung von feuchten Erd- und Mauerschichten zustande kommenden Stromübergänge zwischen den einzelnen Erdungsleitungen möglichst einschränken, weil diese elektrolytische Zerstörungen der Leitungen und etwa mitbenutzter Bauteile, Rohre oder dgl. bewirken können.

7) Vgl. S. 20 unter ¹⁰⁾.

§ 4. 1) Übereinstimmend § 4 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 23.

§ 5. 2) Ob ein Stoff zum Isolieren tauglich ist, hängt von den Umständen ab, unter denen er benutzt wird. Viele Stoffe von geringem Isoliervermögen können bei passend gestalteter Oberfläche für niedrige Spannungen gute Dienste leisten. Andere an sich gut isolierende verlieren diese Wirkung durch die an der Oberfläche haftende oder von ihnen aufgesaugte Feuchtigkeit oder durch die Wärme. Siehe hierüber S. 31 unter ¹¹⁾ bis ¹⁴⁾.

§ 6. 3) Übereinstimmend § 25 a) und b) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 112.

b) Krampen sind nur zur Befestigung von betriebsmäßig geerdeten Leitungen zulässig, sofern dafür gesorgt wird, daß der Leiter durch die Art der Befestigung weder mechanisch noch chemisch beschädigt wird.

§ 7.

Isolierglocken, -Rollen und -Ringe.

a) Isolierglocken, -Rollen und -Ringe müssen aus Porzellan oder gleichwertigem Stoff bestehen. Ringe sind nur gestattet, wenn sie durch Form und Größe eine sichere Isolation verbürgen.⁴⁾

b) Die Glocken, Rollen und Ringe müssen so geformt sein, daß die an ihnen zu befestigenden Leitungen in genügendem Abstand von den Befestigungsflächen und voneinander gehalten werden können.⁵⁾ (Vgl. § 24a u. c.)

In jede Rille darf nur ein Draht gelegt werden.⁶⁾

§ 8.

Befestigungsklemmen.

a) Befestigungsklemmen müssen, soweit sie nicht für Bleikabel, Fahrleitungen und Telefonschutz bestimmt sind, aus hartem Isolierstoff oder isoliertem Metall bestehen.

b) Sie müssen so geformt sein, daß die an ihnen zu befestigenden Leitungen in genügendem Abstand von den Befestigungsflächen und voneinander gehalten werden können (vgl. § 24a u. c.) und daß die Isolierung nicht verletzt wird.

c) Sie müssen so ausgebildet oder angebracht sein, daß merkliche Oberflächenleitung ausgeschlossen ist.¹⁾

§ 9.

Fahrdrahtisolatoren.

Fahrdrahtisolatoren müssen so gebaut sein, daß sie den Draht sicher in seiner Lage halten.²⁾

§ 7. 4) Übereinstimmend § 25 c) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 113.

5) Vgl. § 25 f) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 114.

6) Vgl. § 25 d) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 114.

§ 8. 1) Auf die Oberflächenleitung ist nur bei Isolierklemmen Rücksicht zu nehmen. Metallklemmen für geerdete Leitungen sind darauf zu prüfen, daß sie die Leitung nicht beschädigen. Bei Bleikabeln ist hierauf besonders zu achten.

§ 9. 2) Die eigenartige Beanspruchung der Fahrdrähte durch die von der Aufhängung bedingten Zugkräfte in der Seiten- und Längsrichtung und durch die von den Stromabnehmern bewirkten Biegungen erfordert besondere Bauarten der Fahrdrahtisolatoren und besonders sorgsame Befestigung der Fahrdrähte an ihnen. Namentlich an den Kurven kommt durch den Zug der Spanndrähte leicht eine schiefe Lage des Fahrdrahts zustande, wenn nicht der Isolator eine geeignete Gestalt hat.

§ 10.

Rohre.

a) Bei Metall- und Isolierrohren, in denen Leitungen verlegt werden sollen, muß die lichte Weite, sowie die Anzahl und der Halbmesser der Krümmungen so gewählt sein, daß man die Drähte leicht einziehen kann.³⁾

b) Rohre, die für mehr als einen Draht bestimmt sind, müssen mindestens 11 mm lichte Weite haben.⁴⁾

c) Verbindungsdosen müssen genügend weit und so eingerichtet sein, daß jeder unzulässige Spannungs- oder Stromübergang ausgeschlossen ist.⁵⁾

d) Rohre dienen wesentlich als mechanischer Schutz; sie müssen dementsprechend aus widerstandsfähigem Stoff von genügender Stärke bestehen. (Vgl. § 24 h.)

Leitungen.

§ 11.

Beschaffenheit und Belastung der Leiter.

a) Isolierte Kupferleitungen und nicht unterirdisch verlegte Kabel aus Leitungskupfer dürfen im allgemeinen mit den in nachstehender Tabelle verzeichneten Stromstärken dauernd belastet werden¹⁾:

Querschnitt in Quadrat- millimetern	Stromstärke in Ampere	Querschnitt in Quadrat- millimetern	Stromstärke in Ampere
0,75	4	95	165
1	6	120	200
1,5	10	150	235
2,5	15	185	275
4	20	240	330
6	30	310	400
10	40	400	500
16	60	500	600
25	80	625	700
35	90	800	850
50	100	1000	1000
70	130		

§ 10. 3) Vgl. § 26² der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 118.

4) Vgl. § 26³ der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 119.

5) „Unzulässiger“ Spannungs- und Stromübergang kann sowohl zwischen den beiden Polen der Leitung, als auch zwischen einer der Leitungen und dem Metallmantel der Dose oder des Schutzrohres vorkommen. Es kann auch ein ungehöriger Stromübergang zwischen zwei Strecken derselben Polarität vorkommen; z. B. wenn von einer Dose aus die Leitung einer Polarität nach einem Schalter abzweigt ist. Alsdann ist jener Stromübergang in dieser Leitung, der nicht durch den Schalter geht,

Blanke Kupferleitungen bis zu 50 qmm unterliegen gleichfalls den Vorschriften der vorstehenden Tabelle, blanke Kupferleitungen über 50 qmm und unter 1000 qmm Querschnitt können mit 2 Ampere für das Quadratmillimeter belastet werden.

Bei Freileitungen, Fahrstromleitungen und anderen intermittierenden Betrieben ist eine Erhöhung der Belastung über die Tabellenwerte zulässig, sofern dadurch keine Beeinträchtigung der Festigkeit oder gefährliche Erwärmung entsteht.

Beim Anschluß von Bogenlampen, Motoren und ähnlichen Stromverbrauchern mit wechselndem Stromverbrauch genügt es, sofern keine zuverlässigen Anhaltspunkte für die kurzzeitigen Stromstöße vorliegen, das $1\frac{1}{2}$ fache der Normalstromstärke der Bemessung des Leitungsquerschnittes zugrunde zu legen.²⁾

b) Der geringste zulässige Querschnitt für isolierte Kupferleitung ist 1 qmm, an und in Beleuchtungskörpern 0,75 qmm. Der geringste zulässige Querschnitt von offen verlegten blanken Kupferleitungen in Gebäuden ist 4 qmm, bei Freileitungen 10 qmm.³⁾

c) Bei Verwendung von Leitern aus minderwertigem Kupfer oder anderen Metallen müssen die Querschnitte so gewählt werden, daß die Erwärmung durch den Strom nicht größer wird, als bei Leitern aus Leitungskupfer, welche nach der obigen Tabelle bemessen sind.

§ 12.

Isolierte Leitungen.¹⁾

a) Alle Drähte, die als isoliert gelten sollen, müssen nach 24-stündigem Liegen in Wasser von höchstens

ungehörig. Dagegen ist z. B. ein Stromübergang ein erlaubter wenn er sich vollzieht zwischen einer Leitung, die an Erde gelegt ist, und dem Metallrohr, das gleichfalls geerdet ist.

Eine Befestigungsschraube, welche die Dosenwand durchsetzt, kann leicht deren isolierende Wirkung hinfällig machen. Vgl. hierüber: Voigt. ETZ 1902, S. 939.

§ 11. 1) Die im § 20 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen (siehe S. 82) vorgeschriebene Belastungstabelle ist neueren Datums als die hier gegebene und läßt auf Grund weiterer Versuche zum Teil etwas stärkere Belastungen zu.

2) Vgl. § 20[±] der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 82 unter ¹⁰⁾.

3) Gegenüber dem § 20[±] der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen ist hier für Freileitungen allgemein 10 qmm als Mindestquerschnitt gefordert, weil bei Bahnen in der Mehrzahl der Fälle Spannungen von mehr als 250 Volt gegen Erde benutzt werden. Auch Meßleitungen müssen diesen Querschnitt haben, sofern nicht nach Absatz c) dieses Paragraphen ein Material von höherer Festigkeit in Verbindung mit geringer Strombelastung verwendet wird. Vgl. hierzu § 20[±] der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen.

§ 12. 1) Die Beschaffenheit der einzelnen Sorten isolierter Leitungen ist vom Verbands deutscher Elektrotechniker im

25° C eine Durchschlagsprobe mit der doppelten Betriebsspannung eine Stunde lang aushalten.

Sie sind mit eindräftigen Leitern in Querschnitten von 0,75 bis 16 qmm, mit mehrdräftigen Leitern in Querschnitten der Gesamtseele von 0,75 bis 1000 qmm zulässig. Insbesondere kommen hierfür in Betracht Gummiaderleitungen (Bez. G. A.).

Ihre Kupferseele ist feuerverzinkt und mit einer wasserdichten vulkanisierten Gummihülle umgeben. Jede Leitung muß über dem Gummi von einer Hülle gummierten Bandes umgeben sein. Als Einzelleitung verwendet, muß sie außerdem eine mit Isoliermasse getränkte Umklöppelung erhalten. Bei Mehrfachleitungen kann die Umklöppelung gemeinsam sein.²⁾

b) Gepanzerte Leitungen (Bez. P. A.) bestehen aus einer oder mehreren nach vorstehender Vorschrift isolierten Seelen, die mit einer gemeinsamen Hülle und darüber mit einer dichten Metallumklöppelung versehen sind. (Vgl. § 14 d.)

Gepanzerte Leitungen dürfen nicht unmittelbar in die Erde und auch nicht in Räumen verlegt werden, wo sie chemischen Beschädigungen ausgesetzt sind.³⁾

§ 13.

Leitungen im allgemeinen.

a) Alle Leitungen müssen so verlegt werden, daß sie nach Bedarf geprüft werden können.¹⁾

Vereine mit Vertretern der Elektrizitätswerke und der Kabelfabriken durch „Normalien für Leitungen“ geregelt. Um aber die Bahnvorschriften in sich vollständig und unabhängig zu gestalten, sind hier die wichtigsten Festsetzungen aus diesen Normalien, soweit sie für Bahnanlagen in Betracht kommen, wiedergegeben. Zugleich ist eine Vereinfachung dadurch erzielt, daß sogenannte Gummibandleitungen sowie andere Sorten, die nicht der Bestimmung des § 12 a) entsprechen, überhaupt nicht als isolierte Leitungen angesehen, also praktisch von der Verwendung völlig ausgeschlossen werden.

2) Die einzelnen hier gestellten Forderungen sind in den Erläuterungen zu den Normalien für Leitungen am Schluß dieses Buches begründet.

3) Gepanzerte Leitungen sind etwas anderes als armierte Kabel. Letztere sind durch eine starke Bewehrung von Draht oder Blech geschützt, während die Panzerader nur mit dünnen Drähten umklöppelt ist, die dem Verrosten verhältnismäßig leicht unterliegen. Die Verwendung von Panzeradern ist daher im Freien nicht zu empfehlen.

§ 13. 1) In den Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen wird im § 21² die Regel aufgestellt, daß die Leitungen ausgewechselt werden können. Dies bezieht sich namentlich auf in Rohren verlegte Hausinstallationen. Doch ist bereits im § 26² (S. 118) für Leitungen von mehr als 16 qmm Querschnitt eine Ausnahme zugelassen. Auch für Kabel wird die Auswechselbarkeit nicht gefordert. Die Gründe, welche dafür sprechen, dünne Leitungen in Rohren so zu verlegen, daß sie herausgezogen werden können, sind S. 118 unter 7) er-

b) Transportable Leitungen dürfen an festverlegte Leitungen nur mittels lösbarer Anschlußvorrichtungen angeschlossen werden.²⁾

c) Soweit bewegliche Leitungen roher Behandlung ausgesetzt sind, müssen sie gegen mechanische Beschädigungen besonders geschützt sein.³⁾

d) Die Verbindung von Leitungen untereinander, sowie die Abzweigung von Leitungen geschieht mittels Lötung, Verschraubung oder gleichwertiger Verbindung.⁴⁾

Abzweigungen von festverlegten Mehrfachleitungen müssen mit Abzweigklemmen auf isolierender Unterlage ausgeführt werden. Ausgenommen hiervon sind Leitungen in Fahrzeugen. An und in Beleuchtungskörpern sind Lötungen zulässig.⁵⁾

e) Zum Löten dürfen keine Lötmittel verwendet werden, die das Metall angreifen.⁶⁾

f) Bei Verbindungen oder Abzweigungen von isolierten Leitungen ist die Verbindungsstelle in einer der sonstigen Isolierung möglichst gleichwertigen Weise zu isolieren. Die Anschluß- und Abzweigstellen müssen von Zug entlastet sein.⁷⁾

g) Kreuzungen von stromführenden Leitungen unter sich und mit sonstigen Metallteilen sind so auszuführen, daß unbeabsichtigte gegenseitige leitende Berührung ausgeschlossen ist.⁸⁾

h) Bei Einrichtungen, bei denen ein Zusammenlegen von mehr als 3 Leitungen unvermeidlich ist, dürfen

örtert. In Fahrzeugen ist man durch die Rücksichten auf Raumersparnis und elegantes Aussehen oft gezwungen, dünnere Rohre zu verwenden und so scharfe Biegungen zuzulassen, daß ein Auswechseln unmöglich wird. Die Forderung konnte hier um so mehr fallen gelassen werden, als die Bahnbetriebe, insbesondere die Fahrzeuge einer regelmäßigeren Überwachung unterliegen als viele Hausinstallationen.

2) Gleichlautend § 21 l) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 96 unter ²⁸⁾.

3) Dasselbe sagt § 21 c) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 86 unter ⁸⁾.

4) Gleichlautend § 21 i) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 93 unter ²³⁾.

5) Ähnlich § 21 ¹⁵⁾ der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 95 unter ²⁶⁾. In Fahrzeugen kommen die Rücksichten auf Raumersparnis, Ausstattung und regelmäßige Überwachung in Betracht. Auch sind dort blanke stromführende Teile, wie die Klemmschrauben oft unerwünscht, weil die darüber nötigen Schutzkappen infolge der Erschütterungen leicht abfallen. Manchmal fürchtet man auch Eingriffe Unbefugter.

6) Diese Bestimmung ist in den Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen nicht mehr enthalten. Über ihre Bedeutung siehe S. 94 unter ²³⁾ Abs. 4).

7) Gleichsinnig § 21 k) und § 24 c) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 96 unter ²⁷⁾ und S. 110 unter ³⁾.

8) Gleichlautend § 21 n) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 97 unter ³⁰⁾.

Gummiaderleitungen so verlegt werden, daß sie sich berühren, wenn eine Lagenveränderung ausgeschlossen ist (Fahrzeuge siehe § 36 f.).⁹⁾

i) Alle Leitungen außerhalb von Betriebsräumen, die mehr als 250 Volt gegen Erde führen, mit Ausnahme von Kabeln und Panzerleitungen, müssen entweder durch ihre Lage und Anordnung oder durch Schutzverkleidung gegen zufällige Berührung und Beschädigung geschützt sein. Diese Schutzverkleidung muß, sofern es sich nicht um Fahrzeuge handelt, die in § 24 a und c vorgeschriebenen Abstände haben und, soweit sie der Berührung durch Personen zugänglich ist, aus feuchtigkeitsbeständigem Isolierstoff (mit Isoliermasse getränktes Holz ist zulässig) oder aus geerdetem Metall bestehen. Netze dürfen in diesem Falle höchstens 5 cm Maschenweite und müssen wenigstens 1,5 mm Drahtdicke haben.¹⁰⁾

k) Wenn eine Drahtleitung an der Außenseite eines Gebäudes geführt ist, so darf, einerlei ob sie blank oder isoliert ist, ihr Abstand von der äußeren Gebäudewand oder der Schutzverkleidung an keiner Stelle weniger als 10 cm betragen.¹¹⁾

l) Die Verbindung der Leitungen mit Apparaten ist durch Schrauben oder gleichwertige Mittel auszuführen.

Schnüre oder Drahtseile bis zu 6 qmm und Einzeldrähte bis zu 25 qmm Kupferquerschnitt können mit angebogenen Ösen an die Apparate befestigt werden.

Drahtseile über 6 qmm, sowie Drähte über 25 qmm Kupferquerschnitt müssen mit Kabelschuhen oder gleichwertigen Verbindungsmitteln versehen sein.

Schnüre und Drahtseile von weniger als 6 qmm Querschnitt müssen, wenn sie nicht gleichfalls Kabelschuhe oder gleichwertige Verbindungsmittel erhalten, an den Enden verlötet sein.¹²⁾

§ 14.

Kabel.

a) Blanke Bleikabel (Bez. K. B.) bestehen aus einer oder mehreren Kupferseelen, Isolierschichten und einem wasserdichten einfachen oder mehrfachen Bleimantel. Sie sind nur zu verwenden, wenn sie gegen mechanische

9) Gleichlautend § 21¹² der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 92 unter ²⁰⁾.

10) Die gegen Berührung der Leitungen und zu ihrem Schutz gegen Beschädigung erforderlichen Maßnahmen sind hier zusammengefaßt, während sie in den Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen der besseren Systematik zuliebe in den § 3, S. 16, § 21 a), S. 85 und bezüglich der Betriebsräume in § 8 und § 28 behandelt sind.

11) Gleichsinnig § 21¹ der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 90 unter ¹⁵⁾.

12) Gleichsinnig § 21¹⁴ der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen S. 95 unter ²⁵⁾.

und gegen chemische Beschädigungen geschützt verlegt werden.¹⁾

b) Asphaltierte Bleikabel (Bez. K. A.) wie die vorigen, aber mit asphaltiertem Faserstoff umwickelt; sie müssen gegen mechanische Beschädigungen geschützt verlegt werden.

c) Armierte asphaltierte Bleikabel (Bez. K. E.) wie die vorigen und mit Eisenband oder -Draht armiert.

d) Bei eisenarmierten Kabeln für einfachen Wechselstrom und Mehrphasenstrom müssen sämtliche zu einem Stromkreis gehörigen Leitungen in einem Kabel enthalten sein, sofern nicht dafür gesorgt ist, daß keine bedenkliche Erwärmung des Eisenmantels eintritt. Entsprechendes gilt für Panzerleitungen.²⁾

e) Bleikabel jeder Art dürfen nur mit Endverschlüssen, Muffen oder gleichwertigen Vorkehrungen, die das Eindringen von Feuchtigkeit verhindern und gleichzeitig einen guten elektrischen Anschluß gestatten, verwendet werden.³⁾

f) An den Befestigungsstellen ist darauf zu achten, daß der Bleimantel nicht eingedrückt oder verletzt wird; Rohrhaken sind daher nur bei armierten Kabeln als Befestigungsmittel zulässig.⁴⁾

g) Prüfdrähte sind sicherheitstechnisch wie die zugehörigen Kabeladern zu behandeln.⁵⁾

Apparate.

§ 15.

Vorschriften für alle Apparate.

a) Die stromführenden Teile sämtlicher Apparate müssen aus feuersicheren, und soweit sie nicht betriebsmäßig geerdet sind, auf Unterlagen befestigt sein, die in dem Verwendungsraum isolieren.¹⁾

§ 14. 1) Auch für den Aufbau der Kabel enthalten die „Normalien für Leitungen“ nähere Einzelheiten. Blanke unbewehrte Kabel sind gegen mechanische Einflüsse sehr empfindlich. Sie dürfen daher nicht mittels Rohrhaken befestigt werden, die selbst armierten Kabeln schwächeren Querschnitts gefährlich sind. Auch die Gefahr chemischer Zerstörung wird oft nicht genügend gewürdigt. Blei wird von Kalksalzen sowie von organischen Säuren, die sich im Erdreich an einzelnen Stellen vorfinden, stark angegriffen.

2) Gleichsinnig § 21 h) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 93 unter ²²⁾.

3) Gleichlautend § 27 ¹ der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 119 unter ²⁾.

4) Ähnlich § 27 b) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 120 unter ³⁾. Dort sind Rohrhaken überhaupt verboten, weil sie oft auch bei armierten Kabeln ohne die nötige Vorsicht gebraucht worden sind, so daß dünnere Kabel verletzt wurden.

5) Vgl. § 27 c) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 120 unter ⁴⁾ und ⁵⁾.

§ 15. 1) Wie die Absätze 2 und 3 des § 15 a) erkennen lassen, ist der im Absatz 1 ausgesprochene Grundsatz nicht

Wo dies aus technischen Gründen nicht möglich ist (z. B. bei Meßinstrumenten usw.), bezieht sich diese Vorschrift nur auf die äußeren stromführenden Teile.

Bei Fahrshaltern, bei Bürstenjochen für Motoren und bei Stromabnehmern ist Holz als Isolierstoff zulässig.

Isolierstoffe, welche in der Wärme eine erhebliche Formveränderung erleiden können, dürfen für wärmeentwickelnde oder höheren Temperaturen ausgesetzte Apparate als Träger stromführender Teile nicht verwendet werden.

b) Die spannungführenden Teile aller Apparate, die nicht in elektrischen Betriebsräumen, unter Verschuß oder unzugänglich für nicht unterwiesene Personen angebracht sind, sowie alle Teile im Handbereich, die Spannung annehmen können, müssen durch Gehäuse der zufälligen Berührung entzogen sein.²⁾

völlig durchführbar. Er ist daher auch in den Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen (siehe dort § 10 a), S. 44 unter ¹⁾) durch einen etwas anderen Wortlaut wiedergegeben. Die Gefahr, daß die Unterlagen stromführender Teile Feuer fangen, ist besonders groß, wo Lichtbogen auftreten, also an Schaltern, Sicherungen oder Trennstücken; ferner dort, wo sich die stromführenden Teile infolge vermehrten Widerstandes unzulässig erhitzen; daher sind an Schraubverbindungen, die sich durch Erschütterung lockern können, brennbare Unterlagen tunlichst zu vermeiden. Des weiteren ist die Gefahr zu beachten, die durch auffallende Metallteile entsteht, welche Kurzschluß erzeugen können. Andererseits ist es in vielen Fällen wünschenswert, von der mechanischen Festigkeit, Zulässigkeit und Leichtigkeit Nutzen zu ziehen, die das Holz in höherem Maße besitzt, als die meisten feuersicheren Isolierstoffe.

Daß die Isolierfähigkeit der Unterlagen auch von den im Verwendungsraum herrschenden Temperaturen, Feuchtigkeitsgraden und etwa verbreitetem Staub, Ruß, Metallpulvern u. dgl. abhängt, ist ohne weiteres klar. Man muß daher die Auswahl der Stoffe, sowie ihre Gestaltung und Bemessung den Verhältnissen anpassen. Vgl. S. 31 unter ¹¹⁾) bis ¹⁴⁾).

2) In elektrischen Betriebsräumen ist die Sicherheit gegen Körperverletzungen durch den Strom weit mehr durch das sachgemäße Verhalten des unterwiesenen Personals als durch Schutzvorkehrungen bedingt. Vgl. § 28 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 121 unter ²⁾), ³⁾), ⁴⁾) und ⁸⁾).

Außerhalb elektrischer Betriebsräume müssen die spannungführenden Teile der Berührung Unbefugter entzogen, also entweder entsprechend unzugänglich angebracht, oder unter Verschuß angeordnet oder mit Gehäusen soweit versehen sein, daß zufällige Berührung nicht eintreten kann. Gegen absichtliche Berührung können in der Regel selbst Gehäuse keinen Schutz bieten, da man es kaum verhindern kann, wenn irgendwer darauf ausgeht, sie abzunehmen oder trotz der Gehäuse irgend einen Teil zu berühren. Daher ist es auch nicht nötig, daß die Gehäuse völlig geschlossen sind. Vielfach sind vielmehr Durchbrechungen behufs Ventilation oder zur Besichtigung der wirksamen Teile geboten.

Im Handbereich sind außerhalb der elektrischen Betriebs-

Nicht geerdete Gehäuse, soweit sie der Berührung zugänglich sind, sowie ungeerdete Griffe müssen aus nichtleitenden Stoffen bestehen oder mit einer haltbaren Isolierschicht ausgekleidet oder überzogen sein.³⁾

Zugängliche Metallgehäuse müssen geerdet sein.

Aus- und Umschalter, Anlasser u. dgl., die für elektrische Betriebsräume bestimmt sind, bedürfen keiner Gehäuse, müssen aber so gebaut bzw. angebracht sein, daß bei der Bedienung mittels der Handgriffe eine zufällige Berührung spannungsführender Teile ausgeschlossen ist.⁴⁾

Für Griffe und Kuppelstangen ist Holz zulässig, wenn es mit Isoliermasse getränkt ist.⁵⁾

c) Die Einführungsstellen für Leitungen sind so einzurichten, daß sie die Leitungen gegen leitende Gehäuse oder Unterlagen isolieren und daß die Isolierhüllen der Leitungen nicht verletzt werden.⁶⁾

Bei Apparaten im Freien, in welche kein Wasser eindringen darf, müssen die Einführungsstellen entsprechend geschützt sein.

Die Einführungsstellen müssen einer Prüfung nach § 5 genügen.

d) Die stromführenden Teile sämtlicher Apparate sind derart zu bemessen, daß sie durch den stärksten regelrecht vorkommenden Betriebsstrom keine für den Betrieb oder die Umgebung bedenkliche Erwärmung annehmen können.⁷⁾

e) Alle Apparate müssen derart gebaut und angebracht sein, daß eine Verletzung von Personen durch Splitter, Funken und geschmolzenes Material ausgeschlossen ist.

räume usw. auch die Teile zu schützen, die zwar normalerweise nicht unter Spannung stehen, aber Spannung annehmen können, sei es durch Influenz oder durch Oberflächenleitung, Lichtbogen oder Funken. Solche Teile sind z. B. Befestigungsschrauben, Metallumrahmungen, Metallgriffe, Metallgehäuse, Zeiger usw. So ist es bei Meßgeräten oft nötig, ihr Metallgehäuse mit einem weiteren Schutzgehäuse zu umgeben, weil es nicht genügend sicher gegen Übertritt der Spannung gebaut ist oder gebaut werden kann.

3) Gleichlautend § 11 c) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 50 unter 5).

4) Auch in Betriebsräumen ist ein Schutz notwendig. Doch sind hier nicht mehr oder weniger geschlossene Gehäuse verlangt, sondern es genügt eine derartige Bauart, daß der unterwiesene Bedienungsmann bei ordnungsmäßiger Handhabung der Schalter usw. nicht gefährdet ist. Die Griffe müssen also genügend lang oder mit richtig bemessenen Handtellern versehen sein, sie dürfen nicht die Hand des Bedienenden in die Nähe spannungsführender Teile bringen.

5) Über Holzgriffe vgl. § 10, Regel 3 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 48 unter 8).

6) Ähnlich § 10 d) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 47 unter 5).

7) Ähnlich § 10 b) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 46 unter 3).

Diejenigen Apparate, die zur Stromunterbrechung dienen, sind derart anzuordnen oder einzubauen, daß die bei ihrer regelrechten Wirkung etwa auftretenden Feuererscheinungen weder Personen gefährden noch zündend auf die Nachbarschaft wirken oder unbeabsichtigte Kurz- oder Erdschlüsse herbeiführen können.⁸⁾

f) Alle Apparate, die zur Stromunterbrechung dienen, müssen derart gebaut sein, daß beim vollen Öffnen unter der auf dem Apparat vermerkten Spannung und Höchststromstärke kein dauernder Lichtbogen bestehen bleibt.⁹⁾

§ 16.

Sicherungen.

a) Die Abschmelzstromstärke eines Sicherungseinsetzes soll das Doppelte der auf ihr verzeichneten Stromstärke (Normalstromstärke) sein. Sicherungen bis einschließlich 50 Ampere Normalstromstärke müssen den $1\frac{1}{4}$ fachen Normalstrom dauernd tragen können. Vom kalten Zustande aus plötzlich mit der doppelten Normalstromstärke belastet, müssen sie in längstens 2 Minuten abschmelzen.¹⁾

8) Vgl. § 10 c) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen S. 46 unter 4). Beabsichtigte Kurz- oder Erdschlüsse entstehen der Regel nach beim ordnungsmäßigen Arbeiten von Spannungssicherungen oder Blitzsicherungen. Unbeabsichtigte können durch den Lichtbogen an Schaltern, Sicherungen oder andern Stromunterbrechern vorkommen, wenn sie unrichtig bemessen sind oder der nötigen Vorkehrungen zum raschen Funkenlöschen ermangeln, oder wenn sie zu nahe an anderen Vorrichtungen oder Bauteilen angebracht sind.

9) Beim „vollen Öffnen“ darf der Lichtbogen nicht stehen bleiben es wird also sachgemäße Handhabung vorausgesetzt. Unvollständiges Öffnen kann zwar bei Schaltern für kleine Energiebeträge durch die Bauart als Momentschalter vermieden werden; doch sind auch diese nicht gegen absichtlich herbeigeführte Zwischenstellungen zu sichern. Größere Schalter können nicht durchweg als Momentschalter gebaut werden.

§ 16. 1) Der zweite Satz des Absatzes a) gibt nicht nur eine Erläuterung des Begriffes „Abschmelzstromstärke“, sondern er stellt noch einige besondere Anforderungen auf, die von den Sicherungen bis 50 A verlangt werden; für stärkere Sicherungen gilt nur, daß sie bei der doppelten Normalstromstärke abschmelzen sollen, während die übrigen Forderungen hier nicht verlangt werden, und zwar erstens nicht, weil es nicht sicher ist, ob man bei großen Sicherungen der Forderung genügen kann, zweitens weil es Fälle gibt, wo ein etwas langsames Abschmelzen erwünscht ist. Es gibt z. B. Motoren, die beim Anlassen manchmal mehr als das Doppelte ihres Normalstromes aufnehmen; es muß hier die Sicherung so eingerichtet werden, daß sie während des Anlaufes aushält. Dieser Sicherung ist alsdann der Querschnitt der Zuleitungen anzupassen.

Für die in überaus großen Mengen verwendeten Sicherungen bis zu 50 A war die Festlegung der geforderten Bedingungen nötig und bedeutet einen erheblichen Fortschritt. Vorher konnten die von verschiedenen Fabriken gelieferten, mit derselben Strom-

b) Die Sicherungen müssen einzeln, auch bei der um 10% erhöhten Betriebsspannung, sicher wirken.

Zur Sicherheit der Wirkung gehört, daß sie abschmelzen, ohne einen dauernden Lichtbogen zu erzeugen, und daß die etwaigen Explosionserscheinungen ungefährlich verlaufen.

c) Bei Sicherungen dürfen weiche Metalle und Legierungen nicht unmittelbar die Berührung vermitteln, sondern die Schmelzdrähte oder Schmelzstreifen müssen in Anschlußstücke aus Kupfer oder gleichgeeignetem Metall fest eingefügt sein.²⁾

d) Nichtausschaltbare Sicherungen müssen derart gebaut oder angeordnet sein, daß ihre Einsätze auch unter Spannung mittels geeigneter Werkzeuge gefahrlos ausgewechselt werden können.³⁾

e) Die Normalstromstärke und die Höchstspannung sind auf dem Einsatz der Sicherung zu verzeichnen.⁴⁾

f) Alle betriebsmäßig geerdeten Leitungen dürfen keine Sicherungen enthalten; dagegen sind alle übrigen Leitungen, die von der Schalttafel oder den Sammelschienen nach den Verbrauchsstellen führen, durch Abschmelzsicherungen oder andere selbsttätige Stromunterbrecher zu schützen, ebenso müssen die Leitungen, welche von den Stromquellen zu den Sammelschienen führen, selbsttätige Stromunterbrecher enthalten.⁵⁾

stärke bezeichneten Sicherungen dennoch ein sehr verschiedenes Verhalten zeigen. Die hier gegebenen Grundlagen lassen die so wünschenswerte Gleichmäßigkeit in der Herstellung leichter erreichen. Die Zahlen, welche die Dauerstromstärke, die Abschmelzzeit usw. festlegen, sind auf Grund ausgedehnter Versuchsreihen vereinbart worden und so gewählt, daß sie für die Mehrzahl der jetzt im Handel vorkommenden Sicherungen zutreffen. Es mag bemerkt werden, daß für das Verhalten der Sicherungen nicht allein Material und Dicke des Schmelzstreifens maßgebend sind, sondern auch seine Länge, ferner die Größe, Gestalt und Beschaffenheit der Polstücke und die den Schmelzstreifen umgebenden Stoffe in Betracht kommen. Der Einfluß der Umgebungstemperatur ist unerheblich, wenn sie nicht ganz ungewöhnliche Grade aufweist.

In die jetzt gültige Fassung der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen ist die unter a) gegebene Bestimmung nicht aufgenommen, sondern den „Normalien“ überwiesen worden, weil es nicht ausgeschlossen schien, daß die ziffermäßigen Angaben durch weitere Fortschritte der Technik eine Änderung erleiden.

2) Gleichlautend § 14, Regel 2 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen S. 60 unter ⁵⁾

3) Gleichsinnig § 14 Regel 3 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 61 unter ⁶⁾.

4) Gleichlautend § 14 c) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 62 unter ⁹⁾.

5) Vgl. § 14 g) und § 14 Regel 8 und 9 sowie § 14 h) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 66 unter ¹⁸⁾ ¹⁹⁾ ²⁰⁾ ²¹⁾. Dort ist die Vorschrift wesentlich allgemeiner gefaßt als hier. Denn Vorschriften für Errichtung elektrischer Starkstromanlagen müssen den verschiedenartigsten

g) Mit einziger Ausnahme des Falles h) sind Sicherungen in Gebäuden an allen Stellen anzubringen, wo sich der Querschnitt der Leitungen in der Richtung nach der Verbrauchsstelle hin vermindert.⁶⁾

h) Bei Querschnittsverkleinerungen sind in den Fällen, wo die vorhergehende Sicherung den schwächeren Querschnitt schützt, weitere Sicherungen nicht mehr erforderlich.⁷⁾

i) Wo eine Verjüngung eintritt, muß die Sicherung unmittelbar an der Verjüngungsstelle liegen; bei Abzweigungen muß das Anschlußleitungsstück bis zur Sicherung hin den Querschnitt der Hauptleitung haben.⁸⁾

Diese Vorschrift bezieht sich nicht auf Schalttafelleitungen und die Verbindungsleitungen von der Maschine zur Schalttafel.⁹⁾

k) Die Stärke der zu verwendenden Sicherung ist der Betriebsstromstärke der zu schützenden Leitungen und Stromverbraucher tunlichst anzupassen. Sie darf jedoch nicht größer sein, als nach der Belastungstabelle und den übrigen Bestimmungen des § 11 für die betreffende Leitung zulässig ist.¹⁰⁾

Betrieben, sowohl einfachen Beleuchtungsanlagen als Fahrstuhl-, Walzwerksbetrieben u.s.w. angepaßt sein. Mit Recht ist es in jenen allgemeineren Vorschriften dem sachverständigen Ermessen überlassen, ob z. B. zwischen den Stromquellen und den Sammelschienen selbsttätige Stromunterbrecher angeordnet werden oder nicht. Bei elektrischen Bahnen haben sich die sogenannten Automaten als dem Bedürfnis entsprechend bewährt, sie schützen die Stromquellen und dienen damit der Sicherheit des Betriebes.

6) Ähnlich § 14 e) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 63 unter ¹²⁾ und ¹³⁾.

7) Gleichlautend § 14 f) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 65 unter ¹⁵⁾.

8) Die entsprechende Regel 6 des § 14 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 65 unter ¹⁴⁾ läßt noch eine Abweichung von der streng richtigen Anordnung zu, die bei den Bahnvorschriften weggefallen ist, weil bei ihnen einfachere Verhältnisse vorliegen.

9) Zu beachten ist, daß die bei Schalttafelleitungen und Verbindungsleitungen zwischen Maschine und Schalttafel zugelassene Ausnahme nur von den Vorschriften unter i) entbindet, während der § 14 h) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 68 unter ²¹⁾ für sämtliche Sicherheitsvorschriften Ausnahmen gestattet, wenn die durch die Sicherung bewirkte Stromunterbrechung Gefahren im Gefolge haben kann. Es sei jedoch bemerkt, daß im § 39 b) der Bahnvorschriften ebenfalls Leitungen erwähnt sind (Bremsleitungen), die keine Sicherungen enthalten dürfen.

10) Dasselbe sagt § 14 Regel 1 der Vorschriften für die Errichtung der Starkstromanlagen, S. 60 unter ⁴⁾. Daß die Belastungstabelle des § 11 der Bahnvorschriften von der im § 20 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen gegebenen teilweise abweicht, ist S. 183 unter ¹⁾ erwähnt.

§ 17.

Ausschalter, Umschalter, Anlasser u. dgl.

a) Die Betriebsstromstärke und -Spannung, für die ein Schalter gebaut ist, sowie die Höchststromstärke, bei der er unter der Betriebsspannung ausgeschaltet werden darf, sind auf dem festen Teil zu vermerken.¹⁾

b) Nulleiter und betriebsmäßig geerdete Leitungen dürfen außerhalb elektrischer Betriebsräume entweder gar nicht oder nur zwangsläufig zusammen mit den übrigen zugehörigen Leitern ausschaltbar sein.²⁾

c) Ausschalter für Stromverbraucher mit Ausnahme einzelner Glühlampenstromkreise unter 250 Volt müssen, wenn sie geöffnet werden, ihren Stromkreis spannungslos machen.³⁾

d) Ausschalter dürfen nur an den Verbrauchsapparaten selbst oder in festverlegten Leitungen angebracht werden.⁴⁾

§ 18.

Steckvorrichtungen u. dgl.

a) Stecker und verwandte Vorrichtungen zum Anschluß abnehmbarer Leitungen müssen so gebaut sein, daß sie nicht in Anschlußstücke für höhere Stromstärken passen.¹⁾

b) Die Betriebsstromstärke und Spannung, für welche der Apparat gebaut ist, sind auf dem festen Teil und auf dem Stecker sichtbar zu vermerken.²⁾

c) Steckvorrichtungen zum Anschluß transportabler Leitungen von mehr als 250 Volt müssen mittels besonderer Ausschalter abschaltbar sein. Ausgenommen hiervon sind Glühlampen, die zwischen zwei Punkte eines Serienkreises eingeschaltet werden.³⁾

d) Sicherungen siehe § 16g.

§ 17. 1) Vgl. § 11 a) und b) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 48 unter ¹⁾ und ⁴⁾. Manche Schalter in Betriebsräumen, sogenannte Trennschalter sind nur bestimmt, im stromlosen Zustande der Sammelschienen oder Maschinen deren Trennung oder Verbindung zu bewirken, oder aber nur zum Einschalten, nicht zum Unterbrechen unter Strom zu dienen. Sie brauchen daher nicht mit Rücksicht auf den Lichtbogen gebaut zu sein.

2) Gleichlautend § 11f) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 53 unter ¹²⁾. Siehe auch § 28e) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 123 unter 7).

3) Dasselbe sagt § 11 d) und § 11 Regel 3 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen S. 51 unter ⁷⁾, ⁸⁾ und ⁹⁾.

4) Gleichlautend § 11, Regel 2, der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 49 unter ³⁾.

§ 18. 1) Gleichlautend § 13 a) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 56 unter ¹⁾.

2) Gleichsinnig § 13 a), Abs. 2, der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen.

3) Die entsprechende Bestimmung des § 13 c) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen

§ 19.

Schalt- und Verteilungstafeln.

a) Schalt- und Verteilungstafeln müssen im allgemeinen aus feuersicherem Stoff bestehen. Holz ist außerhalb von Fahrzeugen nur als Umrahmung zulässig.¹⁾

b) Die Kreuzung stromführender Teile an Schalt- und Verteilungstafeln ist möglichst zu vermeiden.

Ist dies nicht erreichbar, so sind die stromführenden Teile durch Isolierkörper voneinander zu trennen, oder derart in genügendem Abstand voneinander zu befestigen, daß gegenseitige Berührung ausgeschlossen ist.²⁾

c) Verteilungstafeln, die nicht von der Rückseite zugänglich sind, müssen so gebaut werden, daß die Leitungen nach Befestigung der Tafel angeschlossen und die Anschlüsse jederzeit von vorn untersucht und gelöst werden können.³⁾

d) Die Sicherungen und Ausschalter auf den Verteilungstafeln sind mit Bezeichnungen zu versehen, aus denen hervorgeht, zu welchen Räumen bzw. Gruppen von Stromverbrauchern sie gehören.⁴⁾

e) Leitungsschienen von verschiedener Polarität oder Phase, die hinter der Schalttafel liegen, müssen durch verschiedenfarbigen Anstrich kenntlich gemacht werden.⁵⁾

f) Schalttafeln für eine Betriebsspannung von mehr als 250 Volt müssen entweder mit einem isolierenden Bedienungsgang umgeben sein, oder es müssen sämtliche stromführenden Teile, soweit sie nicht geerdet sind, der Berührung unzugänglich angeordnet sein, und in diesem Falle müssen die zugänglichen, nicht stromführenden Metallteile dieser Apparate und des Schalt-

Seite 58 unter 5) 6) stellt die etwas weitergehende Forderung einer zwangläufigen Abhängigkeit zwischen Schalter und Stecker. Hier ist nur verlangt, daß Abschalter vorhanden sind, die es gestatten, den Strom zu unterbrechen, ehe der Stecker gehandhabt wird. Die richtige Reihenfolge der Handhabung ist gegebenenfalls durch Betriebsanweisung vorzuschreiben.

§ 19. 1) Ähnlich lautet § 9 a) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 39 unter 1).

2) Diese Bestimmung ist in die jetzige Fassung der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen nicht mehr aufgenommen, weil sie durch die allgemeinere Bestimmung des § 21 n) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 97 unter 30), zum Ausdruck gebracht ist.

3) Dasselbe sagen § 9 d) und § 9 Regel 2 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 43 unter 6) und 7), zu beachten ist auch § 9 Regel 3 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 44 unter 8).

4) Ebenso § 9 e) der Vorschriften für die Errichtung von elektrischen Starkstromanlagen, S. 44 unter 9).

5) Ähnlich § 9 Regel 4 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 44 unter 10).

tafelgerüstes geerdet und, soweit der Fußboden in der Nähe des Gerüsts leitet, mit diesem leitend verbunden sein.⁶⁾

g) Bei Schalttafeln, die betriebsmäßig auf der Rückseite zugänglich sind, darf die Entfernung zwischen ungeschützten stromführenden Teilen der Schalttafel und der gegenüberliegenden Wand nicht weniger als 1 m betragen. Sind auf der letzteren ungeschützte stromführende Teile in erreichbarer Höhe vorhanden, so muß die wagerechte Entfernung bis zu denselben 2 m betragen und der Zwischenraum durch Geländer geteilt sein. In dem so geschaffenen Gange dürfen bis zur Höhe von 2 m über dem Fußboden weder stromführende Teile noch sonstige die freie Bewegung störende Gegenstände vorhanden sein.⁷⁾

§ 20.

Bogenlampen.

a) Bogenlampen müssen Vorrichtungen haben, die ein Herausfallen glühender Kohleteilchen verhindern.¹⁾

b) Die Bogenlampen sind isoliert in die Laternen (Gehänge) einzusetzen.²⁾

c) Die Laternen (Gehänge) von Bogenlampen sind, sofern sie aufgehängt sind, von Erde zu isolieren.³⁾

d) Die Zuleitungsdrähte dürfen bei Spannungen von mehr als 250 Volt nicht als Aufhängevorrichtung dienen.

e) Die Lampen müssen entweder gegen das Aufzugsseil, und wenn Metallmasten benutzt sind, auch gegen den Mast doppelt isoliert sein, oder Seil und Mast sind zu erden. Stromführende Teile von Bogenlampenkuppelungen müssen gegen den Mast doppelt isoliert und gegen Regen geschützt sein.⁴⁾

6) Gleichsinnig § 9 b) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 41 unter 2).

7) Die entsprechenden Bestimmungen § 9 c) und § 9, Regel 1 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 42 unter 3) und 4), enthalten die Verschärfung, daß bei Hochspannung die Entfernung bis zur gegenüberliegenden Wand zu 1,5 m angegeben ist. Dagegen ist dort das Geländer nicht mehr gefordert. Es ist dort dem freien Ermessen überlassen, ein Geländer anzuordnen oder nicht.

§ 20. 1) Der entsprechende § 17 a) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 72 unter 1), beschränkt die Forderung auf diejenigen Örtlichkeiten, wo herabfallende glühende Kohleteilchen gefahrbringend wirken können. Dort ist es also gestattet, unter bestimmten Verhältnissen, etwa auf Bauplätzen oder bei Beleuchtung von Hüttenräumen, in denen glühende Eisenteile regelmäßig umherspritzen, auch ganz offene Bogenlampen zu benutzen.

2) 3) Vgl. § 17 b) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 73 unter 2).

4) Im entsprechenden § 17 d) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 74 unter 5) und 6), ist zum Ausdruck gebracht, daß ebenso wie die Metallmaste

f) Soweit die Zuleitungsdrähte in der Gebrauchslage der Lampe im Handbereich liegen, müssen sie isoliert und mit einer Schutzhülle aus geerdetem Metall oder aus feuchtigkeitsbeständigem Isolierstoff versehen sein.⁵⁾

g) Bogenlampen in Stromkreisen mit einer Betriebsspannung von mehr als 250 Volt müssen während des Betriebes unzugänglich und von Abschaltvorrichtungen abhängig sein, die gestatten, sie für den Zweck der Bedienung spannungslos zu machen.⁶⁾

§ 21.

Beleuchtungskörper.

a) Fassungen für Spannungen über 250 Volt dürfen keine Ausschalter enthalten.¹⁾

b) Bei Handlampen, die außerhalb von Fahrzeugen und Betriebsräumen nur bis 250 Volt zulässig sind, müssen die Griffe, sofern sie nicht zuverlässig geerdet sind, aus Isolierstoff bestehen. Der Schutzkorb muß unmittelbar auf dem isolierenden bzw. zuverlässig geerdeten Griff sitzen und die Leitungseinführung mit Isoliermitteln ausgekleidet sein. Hahnfassungen an Handlampen sind unzulässig.²⁾

c) Die zur Aufnahme von Drähten bestimmten Hohlräume von Beleuchtungskörpern müssen im Lichten so weit bemessen und von Grat frei sein, daß die ein-

auch andere metallische Lampenträger z. B. Wandarme zu behandeln sind.

5) Eine entsprechende Bestimmung ist in den Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen nicht mehr enthalten, da sie dort bereits durch die allgemeine Vorschrift des § 3 b) über den Schutz aller stromführenden Teile gegen Berührung zum Ausdruck gebracht ist.

6) Dasselbe sagt § 17 e) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 74 unter 7).

§ 21. 1) Gleichlautend § 16 b) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 70 unter 4).

2) Vgl. § 18 e), § 18 g) und § 18 f) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 77 unter 10). Wie die allgemeinen Vorschriften Handlampen für Hochspannung im allgemeinen verbieten und sie nur in beschränktem Maße in Betriebsräumen ausnahmsweise erlauben, so ist ihre Verwendung auch bei Bahnen auf Betriebsräume und Fahrzeuge beschränkt, wo sie behufs Untersuchung schwer zugänglicher Teile nicht entbehrlich sind und vielfach eine geringere Spannung nicht zur Verfügung steht. Ist letzteres der Fall, so empfiehlt es sich, die Handlampen mit Niederspannung zu speisen. Hat man in Reihe geschaltete Glühlampen, deren einer Pol an Erde liegt, so ist es natürlich dringend wichtig, die Handlampe als letzte, unmittelbar zum Erdpol führende Lampe einzuschalten, nicht etwa eine der anderen Lampen der Reihe durch Einschrauben einer abnehmbaren Leitung in ihre Fassung durch eine Handlampe zu ersetzen.

zuführenden Drähte sicher ohne Verletzung der Isolierung durchgezogen werden können.³⁾

d) In und an Beleuchtungskörpern muß mindestens Gummiaderleitung, verwendet werden.⁴⁾

e) Bei zugänglichen Beleuchtungskörpern über 250 Volt dürfen die Leitungen nur innen geführt werden.⁵⁾

f) Beleuchtungskörper müssen so angebracht werden, daß die Zuführungsdrähte nicht durch Drehen des Körpers verletzt werden.⁶⁾

C. Kraftwerke und diesen gleichgestellte Betriebsräume.

§ 22.

Aufstellung von Generatoren, Elektromotoren und Umformern.

a) Generatoren, Elektromotoren, Umformer usw. sind so aufzustellen, daß etwaige im Betriebe der elektrischen Einrichtung auftretende Feuererscheinungen keine Entzündung von brennbaren Stoffen hervorrufen können.¹⁾

b) Generatoren und Elektromotoren müssen entweder gut isoliert und in diesem Falle mit einem gut isolierenden Bedienungsgange umgeben sein, oder sie sollen geerdet und, soweit der Fußboden in ihrer Nähe leitend ist, mit demselben leitend verbunden sein.²⁾ Zur Erdung und zur Verbindung mit dem Fußboden sollen Kupferdrähte von mindestens 25 qmm Querschnitt benutzt werden, die gegen schädliche mechanische oder chemische Einwirkungen geschützt sind.³⁾

3) Gleichlautend § 18, Regel 1 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 75 unter 4).

4) Ähnlich § 18 a) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 75 unter 1).

5) Siehe den Schlußsatz des § 18 a) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 75 unter 3).

6) Die entsprechende Regel 4 des § 18 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 76 unter 7) weist ferner noch darauf hin, daß auch der zuverlässigen Befestigung der Fassungen an den Beleuchtungskörpern gehörige Sorgfalt zu widmen ist.

§ 22. 1) Gleichlautend § 6 a) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 32 unter 1).

2) Gleichlautend § 6 b) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 33 unter 2), 3) und 4).

3) Die entsprechende Regel 3 des § 3 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 22 unter 11) und 12), verlangt nur 16 qmm als Mindestquerschnitt. Bei Bahnen kommen so kleine Maschinenanlagen, wie sie von der allgemeinen Vorschrift mit umfaßt werden, kaum vor; andererseits bildet bei Bahnen der betriebsmäßig geerdete eine Pol der Anlage die Regel, so daß Stromkreise, die sich unter Vermittlung der Erde ausbilden, meistens kleinere Widerstände enthalten als bei Anlagen mit zwei isolierten Polen. Daher ist auch die Schutzerdung tunlichst widerstandsfrei zu gestalten.

c) Transformatoren, die weder in besonderen Kammern untergebracht noch in anderer Weise der zufälligen Berührung entzogen sind, müssen allseitig in geerdete Metallgehäuse eingeschlossen sein.⁴⁾

d) An jedem isoliert aufgestellten Transformator, mit Ausnahme von solchen für Meßzwecke, sollen Vorrichtungen angebracht sein, welche gestatten, das Gestell desselben gefahrlos zu erden.⁵⁾

§ 23.

Akkumulatorenräume.

a) In Akkumulatorenräumen ist für Lüftung zu sorgen.¹⁾

b) Die einzelnen Zellen sind gegen das Gestell und letzteres ist gegen Erde durch Glas, Porzellan oder ähnliche nicht Feuchtigkeit anziehende Unterlagen zu isolieren.³⁾

Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um beim Auslaufen von Säure eine Gefährdung des Gebäudes zu vermeiden.³⁾

c) Zur Beleuchtung von Akkumulatorenräumen dürfen nur elektrische Lampen verwendet werden, welche im luftleeren Raume brennen.⁴⁾

d) Die Zellen müssen derart angeordnet werden, daß bei der Bedienung eine zufällige gleichzeitige Berührung von Punkten, zwischen denen eine Spannung von mehr als 250 Volt herrscht, nicht erfolgen kann.⁵⁾

§ 24.

Leitungen in Gebäuden.

a) Blanke Leitungen dürfen nur auf Isolierglocken oder gleichwertigen Vorrichtungen verlegt werden und müssen, soweit sie nicht unausschaltbare Parallelzweige sind, voneinander, von der Wand oder anderen Gebäudeteilen und von der eigenen Schutzverkleidung mindestens 10 cm entfernt sein. Die Spannweite der Leitungen soll, wo nicht besondere Verhältnisse eine Abweichung bedingen, nicht mehr als 4 m betragen.¹⁾

4) Dasselbe sagt § 7 a) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 35 unter ¹⁾.

5) Ebenso § 7 b) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 36 unter ²⁾.

§ 23. 1) Ebenso § 8 g) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 39 unter ⁹⁾.

2) Dasselbe sagt § 8 b) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 37 unter ²⁾.

3) Vergl. S. 37 unter ²⁾ am Schluß.

4) Gleichlautend § 8 f) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 39 unter ⁸⁾.

5) Ebenso § 8 d) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 38 unter ⁴⁾.

§ 24. 1) Vergl. § 21 f) und § 21 Regel 4 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 88 unter ¹²⁾.

Bei Verbindungsleitungen zwischen Akkumulatoren, Maschinen und Schalttafeln, bei Zellenschalterleitungen und bei Speise-, Steig- und Verteilungsleitungen können starke Kupferschienen, sowie starke Kupferdrähte in kleineren Abständen voneinander verlegt werden.²⁾

b) Betriebsmäßig geerdete blanke Leitungen unterliegen den vorstehenden Bestimmungen nicht, müssen aber gegen die bei regelrechter Benutzung des betreffenden Raumes vorauszusetzenden Beschädigungen geschützt sein.³⁾

c) Glocken, Rollen usw., die zur Verlegung von isolierten Leitungen dienen, müssen so angebracht werden, daß sie die Leitungen mindestens 1 cm, über 250 Volt mindestens 2 cm von der Wand entfernt halten. Isolierende Schutzverkleidungen müssen von den isolierten Leitungen mindestens 5 cm abstehen.⁴⁾

d) Bei Führung isolierter Leitungen auf gewöhnlichen Rollen längs der Wand muß auf höchstens 80 cm eine Befestigungsstelle kommen. Bei Führung an der Decke können den örtlichen Verhältnissen entsprechend ausnahmsweise größere Abstände gewählt werden.⁵⁾

e) Mehrfachleitungen dürfen nicht so befestigt werden, daß ihre Einzelleiter aufeinander gepreßt werden. Metallene Bindedrähte sind bei Mehrfachleitungen unzulässig. Für Führung von Mehrfachleitungen auf Rollen gilt die unter c) gegebene Abstandsvorschrift.⁶⁾

f) Mehrfachleitungen dürfen bei mehr als 250 Volt nur dann zur Aufhängung von Bogenlampen und Glühlampen benutzt werden, wenn sie eine besondere Tragschnur enthalten.

Wenn sie bei weniger als 250 Volt als Tragschnur benutzt werden, so dürfen die Anschlußstellen der Drähte nicht durch Zug beansprucht und die Drähte nicht verdreht werden.

g) Papierrohre dürfen nur für Spannungen bis 250 Volt gegen Erde unter Putz verlegt werden. Sie sollen einen metallenen Körper oder Überzug haben,

Bei Bahnen kommen an Gebäuden der Hauptsache nach die Maschinenräume, Wagenschuppen und Reparaturwerkstätten in Betracht. Da es sich dort meistens um größere Spannweiten handelt, so ist der Mindestabstand von der Wand auf 10 cm festgesetzt, während in den allgemeinen Vorschriften, wo allen denkbaren Verhältnissen Rechnung zu tragen war, auch Wandabstände bis herunter zu 5 cm zugelassen sind.

2) Ähnlich § 21, Regel 5 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 89 unter ¹³⁾.

3) Ähnlich § 21 d) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 87 unter ⁹⁾.

4) Vgl. § 21 Regel 9 und Regel 13 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 92 unter ¹⁸⁾ und ²¹⁾.

5) Gleichlautend § 25 Regel 1 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 115 unter ⁷⁾.

6) Ähnlich § 25 Regel 2 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 115 unter ⁸⁾.

der so stark ist, daß er den nach Ortsverhältnissen zu erwartenden mechanischen Angriffen sicher widersteht.

h) Drahtverbindungen innerhalb der Rohre sind nicht statthaft.⁷⁾

i) Leitungen, die Wechsel- und Mehrphasenstrom führen, müssen so zusammengelegt werden, daß die Summe der durch das Rohr gehenden Ströme Null ist.⁸⁾

k) Jede Leitung, die in ein Rohr eingezogen werden soll, muß für sich die der Spannung entsprechende Isolierung haben.⁹⁾

l) Die Rohre sind so herzurichten, daß die Isolierung der Leitungen durch vorstehende Teile und scharfe Kanten nicht verletzt werden kann.

m) Die Rohre sind so zu verlegen, daß sich an keiner Stelle Wasser ansammeln kann.¹⁰⁾

n) Die Stoßstellen metallischer Rohre sind bei Spannungen von mehr als 250 Volt metallisch zu verbinden und die Rohre selbst zu erden.¹¹⁾

§ 25.

Wand- und Deckendurchführungen.

a) Durch Wände und Decken sind die Leitungen entweder der in den betreffenden Räumen gewählten Verlegungsart entsprechend hindurchzuführen, oder es sind geeignete Rohre zu verwenden, und zwar für jede einzeln verlegte Leitung und für jede Mehrfachleitung je ein Rohr.

Diese Durchführungsrohre müssen an den Enden mit Tüllen aus feuersicherem Isolierstoff versehen und so weit sein, daß die Drähte leicht darin bewegt werden können.

In feuchten Räumen sind entweder Porzellan- oder gleichwertige Rohre zu verwenden, deren Gestalt keine merkliche Oberflächenleitung zuläßt, oder die Leitungen sind frei durch genügend weite Kanäle zu führen.

Über Fußböden müssen die Rohre mindestens 10 cm, über Decken und Wandflächen mindestens 2 cm vorstehen und müssen gegen mechanische Beschädigungen sorgfältig geschützt sein.¹⁾

7) Gleichlautend § 26 d) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 117 unter ⁵⁾.

8) In dem entsprechenden § 21 h) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 93 unter ²²⁾, ist berücksichtigt, daß unzulässige Erwärmung der Eisenhülle auch auf andere Weise verhütet werden kann, z. B. dadurch, daß man die Hüllen aller zu einem Stromkreise gehörigen Leitungen metallisch verbindet.

9) Welchen Anforderungen die Isolation entsprechen muß, ist im § 12 angegeben.

10) Vergl. § 26 Regel 1 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 117 unter ⁶⁾.

11) Vgl. § 26 b) Abs. 2 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 116 unter ³⁾.

§ 25. 1) Dasselbe sagt § 24, Regel 1 der Vorschriften für

b) Armierte Bleikabel und betriebsmäßig geerdete Leitungen fallen nicht unter vorstehende Bestimmungen, sind aber gegen die Einflüsse der Mauerfeuchtigkeit zu schützen.

§ 26.

Einführung von Freileitungen im Gebäude.

Bei Einführung von Freileitungen in Gebäude sind entweder die Drähte frei und straff durchzuspannen, oder es muß für jede Leitung ein geeignetes Einführungsrohr verwendet werden, dessen Gestaltung keine merkliche Oberflächenleitung zuläßt.¹⁾

D. Vorschriften für die Strecke.

§ 27.

Freileitungen.

a) Für Bahnen sind außer blanken auch wetterbeständig isolierte Freileitungen von wenigstens 10 qmm Querschnitt zulässig.¹⁾

b) Fahrleitungen und an Fahrleitungsmasten angebrachte Speiseleitungen, die nicht auf Porzellandoppelglocken verlegt sind, müssen gegen Erde doppelt isoliert sein. Holz ist als zweite Isolierung zulässig, doch gilt der Holzmast nicht als Isolierung.²⁾

die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 111 unter 4), 5), 6), 7).

§ 26. 1) Bei hohen Spannungen hat sich bewährt, die fensterartigen Öffnungen, durch die die Drähte frei durchgespannt sind, mittels Glasscheiben zu schließen, die Durchbohrungen für die Drähte besitzen. ETZ 1906, S. 56 Sp. 1. Eine Dacheinführung mittels Hochspannungsisolators ist ETZ 1907, S. 865 beschrieben.

§ 27. 1) Nach § 22 f) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 103 unter ¹¹⁾, sind isolierte Freileitungen nur bis zu Spannungen von 250 Volt gegen Erde zulässig. Bei Bahnen ist von seiten der Postverwaltung die Anwendung isolierter Drähte als Schutz gegen den Stromübergang auf etwa herabgefallene Fernsprechleitungen vielfach gefordert worden. Neuerdings findet jedoch der Grundsatz, daß die gebräuchlichen Isolierstoffe, wenn sie der Witterung ausgesetzt sind, keinen zuverlässigen Schutz gewähren, immer mehr Anerkennung, wenn auch gelegentlich von einzelnen Fällen berichtet wird, in denen die Isolierschicht dauernd haltbar geblieben ist. Die isolierende Schutzleiste über dem Fahrdraht elektrischer Bahnen hat sich eingebürgert und ist mit Rücksicht auf die regelmäßige Überwachung, der diese Leitungen unterliegen, als sachgemäßer Schutz anzusehen.

2) Das Wort „Fahrleitungen“ umfaßt sowohl die über dem Geleise frei aufgehängten „Fahrdrähte“ als die „dritte Schiene“. Die ersteren werden in der Regel dadurch „doppelt“ isoliert, daß der Fahrdraht gegen den Spanndraht und der Spanndraht gegen Erde (Konsol, Mast) durch Befestigungsstücke aus Isolierstoff und von geeigneter Form isoliert wird. Der Holzmast selbst kann hierbei nicht eine der Isolierungen ersetzen. ETZ 1903, S. 434

c) Die Höhe der Fahrleitung und der an den Fahrdrahtmasten geführten Freileitungen über öffentlichen Straßen darf auf offener Strecke nicht unter 5 m betragen.³⁾ Eine geringere Höhe ist bei Unterführungen zulässig, wenn geeignete Vorsichtsmaßregeln getroffen werden (z. B. Warnungstafeln).⁴⁾

d) Wenn Fahrleitungen unter oder neben Eisenbauten verlegt sind, müssen Einrichtungen dagegen getroffen sein, daß ein entgleister Stromabnehmer Erdschluß zwischen Fahrleitung und Eisenbau herstellt.

e) Bei elektrischen Bahnen auf besonderem Bahnkörper, soweit dieser dem öffentlichen Verkehr nicht freigegeben ist, können die Leitungen (Drähte, Schienen usw.) in beliebiger Höhe verlegt werden, wenn bei der gewählten Verlegungsart die Strecke von unterwiesenem Personal ohne Gefahr begangen werden kann.⁵⁾ An Haltestellen und Übergängen sind die Leitungen gegen

N. 51. Dagegen ist Holz als zweite Isolierung oft verwendet bei der dritten Schiene.

Hier hat das Publikum nicht Zutritt zum Geleise und zur Fahrschiene. Vollständige Porzellanisolation hat sich dabei nicht bewährt, da eine gewisse Nachgiebigkeit der isolierenden Befestigung nötig ist.

3) Nicht die Befestigungspunkte, sondern die durchhängenden Leitungen selbst müssen 5 m über der Straße sein. Als Straße gilt das begangene Niveau, soweit es unterhalb oder seitlich, aber nahe der Fahrleitung liegt. Bestehen bei einem seitlich vom Fahrdraht befindlichen erhöhten Gangsteig oder dgl. Zweifel, so ist Absatz q) zu berücksichtigen und zu erwägen, daß es durch die geforderte Höhe von 5 m unmöglich gemacht werden soll, daß eine Person vermittels eines von ihr getragenen Werkzeuges (Sense, Peitsche) oder bei erhöhtem Sitz (auf Wagen) mit dem Draht in Berührung kommen kann.

Bergwerksbahnen, bei denen kleinere Höhen unvermeidlich sind, fallen nicht unter diese Vorschriften.

4) Bei Unterführungen heißt sowohl innerhalb als in der Nähe der Unterführung. Es muß eine geeignet verlaufende Senkung von der freien Strecke nach der Unterführung hin möglich sein; ebenso ist zwischen zwei kurz aufeinanderfolgenden Unterführungen die geringere Höhe zulässig.

Als geeignete Vorsichtsmaßregel dient vielfach der Einbau des Arbeitsdrahtes zwischen zwei senkrechte Holzbretter, die den Draht auch an der Stelle seines tiefsten Durchganges noch zwischen sich fassen müssen. Bei Unterführungen eiserner Brücken u. dgl. verhindert dieser Einbau, daß die etwa entgleiste Rolle des Stromabnehmers Erdschluß zwischen dem Fahrdraht und den Eisenteilen herstellt. Erfolgt die Stromabnahme nicht durch Rollen, sondern durch Bügel, so sind andere Maßnahmen nötig. Unter Umständen muß man sich mit einer Warnungstafel gegen das Berühren des Drahtes begnügen.

5) Auf der Strecke ist der Schutz nur so weit nötig, daß unterwiesenes Personal vor zufälliger Berührung bewahrt ist. Sollte das Publikum bei einer Betriebsstörung genötigt sein, die Strecke zu begehen, so geschieht dies unter Führung durch instruiertes Personal, dessen Weisungen vom Publikum zu befolgen sind.

zufällige Berührung durch das Publikum zu schützen und Warnungstafeln anzubringen.⁶⁾

f) Die Fahrdrähte sind möglichst gut gespannt zu halten; hierbei ist die Aufhängung so zu gestalten, daß schädliche Biegungsbeanspruchungen vermieden werden.⁷⁾

g) Durchhang und Spannweite der Fahrdrähte müssen so bemessen werden, daß diese bei -15° C. noch dreifache Sicherheit gegen Zerreißen bieten. Fahrdrahtmaste aus Holz müssen mindestens 7fache, solche aus Eisen 4fache Sicherheit bieten. (Winddruck siehe t.)⁸⁾

h) Die Fahrleitungen sind mittels Streckenisolatoren in einzelne durch Ausschalter abschaltbare Abschnitte zu teilen, deren Länge in dicht bebauten Straßen in der Regel nicht über 1 km, in wenig bebauten Straßen nicht über 2 km betragen soll. Auf eigenem Bahnkörper und auf offenen Landstraßen können die Ausschalter entbehrt werden.⁹⁾

i) Die Streckenausschalter müssen, soweit sie ohne besondere Hilfsmittel erreichbar sind, mit verschlossen zu haltenden Schutzkästen versehen sein.

k) Die Lage der Ausschalter muß leicht kenntlich gemacht werden.

l) Bei Fahrleitungen ist in jeder ausschaltbaren Strecke eine Blitzschutzvorrichtung anzubringen, die auch bei wiederholten atmosphärischen Entladungen wirksam bleibt.¹⁰⁾

6) Auch hier hat sich der Schutz nur auf zufällige Berührung zu erstrecken. Gegen absichtliche Berührung und gegen das Betreten der Strecke können nur Warnungen schützen.

7) Das Brechen der Fahrdrähte ist in der Regel nicht sowohl eine Folge des Zuges, sondern wird zum großen Teil dadurch veranlaßt, daß der Stromabnehmer den Fahrdraht beim jedesmaligen Vorübergang an der Befestigungsstelle stark abbiegt. Daher hat man eine möglichst biegsame Befestigung an mehreren Stellen für jeden Aufhängepunkt eingeführt und muß größeren Durchhang der ein erhebliches Anheben der Leitung durch den Stromabnehmer bedingt, vermeiden, indem man den Durchhang häufig kontrolliert und den Draht nachspannt.

8) Für die Bemessung der Leitungen und Gestänge sind vom Verband Deutscher Elektrotechniker neuerdings Normalien aufgestellt, die am Schluß dieses Buches wiedergegeben sind. Ihre Begründung siehe dort und ETZ 1907, S. 811. Vgl. auch Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 100 unter 8).

9) Die Teilung in isolierte Abschnitte im Zusammenhang mit den unter n) vorgeschriebenen Ausschaltern für die Speiseleitungen ist nötig, damit bei Kurzschluß an einer bestimmten Stelle nicht das ganze Netz in Mitleidenschaft gezogen wird, ferner zur Kontrolle des Zustandes der Leitungen, zur gefahrlosen Behebung von Störungen bei Mast- und Drahtbrüchen, desgleichen um die Leitungen spannungslos zu machen, wenn bei Schadenfeuern oder dgl. eine Berührung unvermeidlich ist. Vgl. S. 107 unter 17).

10) Über Blitzschutz von Leitungen siehe Seite 100 unter 9); daß gegen unmittelbar einschlagende Blitze ein wirksamer

Es ist dabei auf eine gute Erdleitung Bedacht zu nehmen, Fahrschienen können als Erdleitung benutzt werden.¹¹⁾

Gegen Berührung nicht geschützte Blitzableiter dürfen nur an Masten und nicht unter 5 m Höhe befestigt werden.

m) Maste, von denen aus blanke stromführende Teile von mehr als 250 Volt Spannung gegen Erde, z. B. auch Blitzableiter, mit der Hand erreichbar sind, müssen durch einen Blitzpfeil gekennzeichnet werden.¹²⁾

n) Speiseleitungen, welche Betriebsspannung gegen Erde führen, müssen im Kraftwerke von der Stromquelle und an den Speisepunkten von den Fahrleitungen abschaltbar sein. Die Schalter an den Speisepunkten müssen den Bedingungen i) und k) genügen.¹³⁾

o) Auf Zug beanspruchte Verbindungen zwischen Leitungen müssen so ausgeführt werden, daß die Verbindungsstellen wenigstens die gleiche Zugfestigkeit besitzen, wie die Leitungen selbst.¹⁴⁾

p) Querdrähte jeder Art (Trag- und Zugdrähte), die im Handbereich liegen, müssen gegen spannungsführende Leitungen doppelt isoliert sein.¹⁵⁾

q) Leitungen und Apparate sind so anzubringen, daß sie ohne besondere Hilfsmittel nicht zugänglich sind.¹⁶⁾

Schutz nicht möglich ist, wird als bekannt vorausgesetzt. Die Art der Schutzvorrichtung ist nicht vorgeschrieben; auch nicht ihre örtliche Lage (vgl. indes § 41 Fahrzeuge).

Es bleibt ferner freigestellt, ob das Kabelnetz noch durch besondere Sicherungen geschützt oder ob die Blitzschutzapparate durch Schalter von der Leitung abtrennbar gemacht werden, was manchmal zur Erleichterung der Kontrolle beliebt wird.

11) Schienen, welche auf Holzschwellen liegen, sind gegenüber atmosphärischen Entladungen als Erde wirksam, sofern sie große Erstreckung haben. Auf alle Fälle empfiehlt es sich, die Schienen an einzelnen Stellen unmittelbar an Erde zu legen; namentlich auch deswegen, weil die Blitzschutzvorrichtungen durch Fremdkörper oder durch Zusammenschmelzen überbrückt werden und so die Betriebsspannung auf die Schienen übertragen können.

12) Bei den meist üblichen Ausführungen sind von der Mehrzahl der Maste aus nur Spanndrähte mit der Hand erreichbar. Diese brauchen also keinen Blitzpfeil.

13) Vgl. Absatz h) unter 9).

14) Zu beachten ist, daß die meist verwendeten hartgezogenen Kupferdrähte durch das Löten erweicht werden können.

15) Im allgemeinen werden die Spanndrähte usw. einerseits gegen den Fahrdraht, andererseits gegen ihren Aufhängepunkt isoliert (siehe b). Ist jedoch der Querdraht etwa von einem Fenster (Altane usw.) aus mit der Hand erreichbar, so ist das im Handbereich liegende Stück gegen den Fahrdraht hin nochmals durch einen zweiten Isolierkörper gegen den Übertritt der Spannung zu schützen. Man wird also in diesem Falle den nach b) erforderlichen zweiten Isolierkörper nicht an das Konsol, sondern innerhalb des Querdrahtes in entsprechender Entfernung vom Fenster usw. anbringen.

16) Die Anordnung mit dritter Schiene unterliegt dieser Bestimmung nicht, vielmehr gilt für sie die Sondervorschrift unter e).

r) Freileitungen, die nicht wie Fahrdrähte isoliert sind, dürfen nur auf Porzellanglocken, Rillenisolatoren oder gleichwertigen Isoliervorrichtungen verlegt werden, wobei die Glocken in aufrechter Stellung zu befestigen sind.¹⁷⁾

Es ist darauf zu achten, daß die Leitungsdrähte an den Isolatoren sicher und unverrückbar befestigt werden, und daß die Befestigungsstücke keine scheuernde oder schneidende Wirkung auf sie ausüben.¹⁸⁾

Für Freileitungen, die nicht an den Fahrdrabtmasten geführt sind, gelten noch die Vorschriften s) bis aa).

s) Freileitungen müssen mit ihren tiefsten Punkten mindestens 6 m, bei Wegeübergängen mindestens 7 m von der Erde entfernt sein. Eine geringere Höhe ist bei Unterführungen zulässig, wenn geeignete Vorsichtsmaßregeln getroffen werden.¹⁹⁾

t) Spannweite und Durchhang müssen derart bemessen werden, daß Gestänge aus Holz eine siebenfache und aus Eisen eine vierfache Sicherheit, Leitungen bei -15° C. eine fünffache Sicherheit (bei Leitungen aus hartgezogenem Metall eine dreifache Sicherheit) dauernd

Das wichtigste Mittel, um Leitungen und Apparate unzugänglich zu machen, ist die Anordnung in geeigneter Höhe (siehe unter c). Auch bei Benützung von Decksitzwagen darf der Fahrdrabt nicht ohne weiteres von den auf Deck sitzenden Personen erfaßt werden können. Als Verwendung eines besonderen Hilfsmittels würde es jedoch anzusehen sein, wenn ein Fahrgast sich auf die Sitzbank stellt, um den Draht zu erreichen. Übrigens ist eine Berührung des Fahrdrabtes, wie sie auf diese Weise etwa durch das Betriebspersonal zufällig erfolgen kann, ungefährlich, da die Decksitze eine isolierte Unterlage nach Art der Turmwagen bilden.

Auch Speiseleitungen müssen unzugänglich sein, insbesondere dürfen sie ebenso wie Fahrdrähte nicht von Fenstern, Altanen, Brücken ohne besondere Hilfsmittel erreichbar sein. (Vgl. § 22 b) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen S. 99 unter 3).

17) Vgl. § 22 a) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 98 unter 2).

18) Wie für die Verbindung der Leitungen unter sich sind auch für deren Befestigung an den Glocken neben dem altbewährten Drahtbund zahlreiche neuere Vorschläge und besonders ausgebildete Vorrichtungen aufgetaucht, über welche jedoch ausführliche Erfahrungstatsachen nicht bekannt geworden sind.

19) Als Freileitungen, die nicht an Fahrdrabtmasten geführt sind, kommen Speiseleitungen und Meßleitungen in Betracht. Sie unterliegen im allgemeinen strengeren Bedingungen als die Fahrdrähte weil sie weniger ins Auge fallen als jene, die schon durch das unter ihnen hin laufende Gleis die Aufmerksamkeit erregen. Das Publikum ist daher eher geneigt, gegenüber den Fahrdrähten auch seinerseits eine gewisse angebrachte Vorsicht im Benehmen walten zu lassen, als gegenüber den über freies Feld oder gleisloser Straße entlang laufenden Speisedraht. Vgl. § 22 Regel 1 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 99 unter 4).

bieten. Dabei ist der Winddruck mit 125 kg für 1 qm senkrecht getroffener Drahtfläche in Rechnung zu bringen.²⁰⁾

u) Bei hölzernen Masten, die für dauernde Aufstellung bestimmt sind, ist die Jahreszahl ihrer Aufstellung und die laufende Nummer deutlich und dauerhaft anzubringen.

v) Freileitungen in Ortschaften müssen während des Betriebes streckenweise ausschaltbar sein. Die Ausschalter müssen, soweit sie nicht in die Leitungen selbst eingebaut sind, verschließbare Schutzkästen haben und ihre Lage muß sich leicht erkennen lassen.²¹⁾

w) Den örtlichen Verhältnissen entsprechend sind Freileitungen durch Blitzschutzvorrichtungen zu sichern.

Insbesondere sind Blitzschutzvorrichtungen da anzubringen, wo ober- und unterirdische Leitungen zusammentreffen und beim Eintritt von Freileitungen in Kraft- und Hilfswerke.²²⁾

x) Wenn Leitungen über Ortschaften und bewohnte Grundstücke geführt werden, oder wenn sie sich einer Fahrstraße soweit nähern, daß Vorüberkommende durch Drahtbrüche gefährdet werden können, müssen die Leitungsdrähte entweder so hoch angebracht werden, daß im Falle eines Drahtbruches die herabhängenden Enden mindestens 3 m vom Erdboden entfernt sind, oder es müssen Vorrichtungen angebracht werden, welche das Herabfallen der Leitungen verhindern, oder solche, welche die herabgefallenen Teile spannungslos machen.²³⁾

Wo Bahnen überschritten werden, muß dafür gesorgt sein, daß bei etwaigen Drahtbrüchen die herabhängenden Enden die Betriebsmittel nicht streifen können.²⁴⁾

y) Schutznetze müssen durch ihre Form und Lage den Leitungsdrähten gegenüber dahin wirken, daß

20) Bei der Bemessung von Spannweite, Durchhang und Gestänge ist je nach den klimatischen Verhältnissen auch der Belastung durch Schneedruck und Eis (Rauhreif) Rechnung zu tragen. Über die Einzelheiten vgl. ETZ 1902, S. 593, 1903, S. 37. Z. f. Elektrot. (Wien) 1899, S. 199 sowie die vom Verbands Deutscher Elektrotechniker aufgestellten Normalien für Freileitungen am Schluß dieses Buches und deren Erläuterung sowie Absatz q) dieses Paragraphen.

21) Vgl. unter 9).

22) Vgl. unter 10).

23) Dasselbe sagt § 22 k) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 106 unter 15).

24) Für die Ausführung der Kreuzungen von Starkstromleitungen mit Bahnen sowie für ihre Kreuzung mit Telegraphen- und Fernsprechleitungen sind mit den beteiligten Behörden besondere Vorschriften vereinbart, vgl. S. 242 u. 247.

erstens eine zufällige Berührung zwischen dem Netz und den unversehrten Leitungsdrähten verhindert wird, und daß zweitens ein gebrochener Draht auch bei starkem Winde sicher aufgefangen oder spannungslos gemacht wird.²⁵⁾

z) Bei Winkelpunkten sind Fangbügel anzubringen, die beim Bruch von Isolatoren das Herabfallen der Leitungen verhindern. Hiervon kann bei Verwendung zuverlässiger selbsttätiger Leitungskupplungen abgesehen werden.

aa) Wenn Freileitungen parallel mit anderen Leitungen verlaufen, ist die Führung der Drähte so einzurichten, oder es sind solche Vorkehrungen zu treffen, daß eine Berührung der beiden Arten von Leitungen miteinander verhütet oder ungefährlich gemacht wird.

Bei Kreuzungen mit anderen Leitungen sind Schutznetze oder Schutzdrähte zu verwenden, sofern nicht durch besondere Hilfsmittel eine gegenseitige Berührung, auch im Falle eines Drahtbruches, verhindert oder ungefährlich gemacht wird.²⁶⁾

bb) Wenn Fernsprechleitungen an einem Freileitungsgestänge für Starkstrom von mehr als 250 Volt geführt sind, so müssen die Fernsprechstellen so eingerichtet sein, daß auch bei etwaiger Berührung zwischen den beiderseitigen Leitungen eine Gefahr für die Sprechenden ausgeschlossen ist.²⁷⁾

cc) Bezüglich der Sicherung vorhandener Reichs-Fernsprech- und Telegraphenleitungen wird auf das Telegraphengesetz vom 6. April 1892 und auf das Telegraphenwegesetz vom 18. Dezember 1899 verwiesen.²⁸⁾

§ 28.

Luftweichen und Fahrdrahtkreuzungen.

a) Luftweichen müssen so eingerichtet sein, daß sich ein Stromabnehmer auch nach dem Entgleisen nicht festklemmen kann.¹⁾

25) Dasselbe sagt § 22, Regel 5 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 106 unter ¹⁵⁾ und ¹⁶⁾.

26) In dem entsprechenden § 22 h) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 104 unter ¹³⁾ ist bereits darauf Rücksicht genommen, daß in vielen Fällen besondere Vorkehrungen entbehrlich sind, so ferne die Leitungen und Gestänge mit entsprechend erhöhter Festigkeit ausgeführt werden, so daß die Gefahr eines Bruches bei jeder von beiden Arten von Leitungen, oder bei derjenigen Leitung, die die andere gefährden kann, auch unter erschwerten Verhältnissen ausgeschlossen ist. Vgl. auch S. 107 unter ¹⁵⁾ Abs. 3.

27) Dasselbe sagt § 22 i) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 105 unter ¹⁴⁾.

28) Gleichlautend § 21 Regel 16 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 98 unter ³²⁾

§ 28. 1) Diese Vorschrift dient der Sicherheit, indem sie ungebührliche Beanspruchung der Spanndrähte und damit den Bruch

b) Luftweichen sind zu verankern. Es ist statthaft, Luftweichen gegeneinander zu verankern.

c) Fahrdrähtkreuzungen oder Kreuzungen der Stromleiter in Schlitzkanälen sind, falls die kreuzenden Stromleiter nicht in leitende Verbindung miteinander treten dürfen, so auszuführen, daß der Stromabnehmer im regelrechten Betrieb den kreuzenden Leiter nicht berührt.²⁾

§ 29.

Turmwagen und Gerüstleitern.

a) Turmwagen und Gerüstleitern müssen so eingerichtet sein, daß die Arbeiter während ihrer Beschäftigung an den Fahrdrähten von der Erde isoliert stehen.¹⁾

b) Jeder Turmwagen muß mit einer Bremse versehen sein.

c) Die höchstzulässige Anzahl von Personen und das Gewicht, mit dem die Brücke des Turmwagens belastet werden darf, müssen angeschrieben sein.

d) Die Stehbühnen der Turmwagen sind mit Schutzvorrichtungen gegen Herabfallen der Arbeitenden zu versehen, soweit die Art der Arbeit dieses zuläßt.

e) Das Untergestell der Turmwagen muß so schwer oder derart belastet sein, daß ein Umkippen bei Arbeiten

der Leitung verhindern soll. Sie kann sowohl durch entsprechenden Bau der Luftweiche selbst, wie auch durch geeignete Hilfsvorrichtungen erfüllt werden. Bei der Gestaltung und Anordnung der Rolle ist ebenfalls darauf Rücksicht zu nehmen, daß das Festklemmen vermieden wird.

2) Hierauf ist besonders bei Bügelabnehmern zu achten. Bei Kreuzungen können unter Umständen verschiedene hohe Arbeitsspannungen in Frage kommen; namentlich wenn die sich kreuzenden Strecken verschiedenen Bahnnetzen zugehören.

§ 29. 1) Der Arbeitsstand des Turmwagens soll ein isolierender Bedienungsstand sein, wie er im § 9 b) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen an Schalttafeln bedingungsweise gefordert ist. Der Isolierstand ist ein wesentliches Schutzmittel gegen die mit der Berührung spannungsführender Teile verbundenen Gefahren. Bei Fahrleitungen elektrischer Bahnen ist er besonders bedeutungsvoll, weil diese durch die Abspanndrähte von Erde doppelt isoliert sind, so daß meistens besonders günstige Verhältnisse vorliegen, indem es nicht möglich ist, vom Turmwagen aus gleichzeitig den spannungsführenden Draht und einen auf wesentlich anderem Potential befindlichen Metallteil zu berühren. Soll der Turmwagen diesen Dienst leisten, so muß natürlich bei seiner Bauart alles vermieden werden, was den Arbeitsstand in leitende Verbindung mit der Erde bringen kann. Aber auch die Art der Benutzung muß diesem Zweck entsprechen. Es dürfen nicht herabhängende Drahtenden geduldet werden. Die Arbeitenden müssen die Berührung mit geerdeten Gegenständen (Masten, Eisenteile von Überführungen, geerdete oder unvollkommen isolierte Schutzdrähte usw.) oder mit Leitungen anderen Potentials sorgfältig vermeiden. Letzteres ist namentlich bei Bahnen, die nach dem Dreileitersystem arbeiten, zu beachten.

auf dem Ausleger sowie beim Spannen von Leitungen nicht eintreten kann, oder es muß die Sicherheit gegen Umkippen durch besondere Hilfsmittel erreicht werden.

§ 30.

Kabel.

Kabel sind unter Geleisen von Haupt- und Nebenbahnen in widerstandsfähigen Rohren oder Kanälen zu verlegen.

§ 31.

Schienenrückleitung.

a) Sofern die Schienen zur Rückleitung des Betriebsstromes dienen, müssen die Stöße gutleitend verbunden sein.

b) Bei Bahnen nach dem Gleichstromzweileitersystem, deren Schienen als Rückleitungen dienen, ist, sofern kein täglicher Polaritätswechsel stattfindet, der negative Pol der Stromquelle mit der Gleisanlage zu verbinden.²⁾

§ 32.

Unterirdische Fahrleitungen.

a) Die Schlitzkanäle für unterirdische Fahrleitungen sind gut zu entwässern.

b) Die Fahrleitungen sind so hoch über der Kanalsole anzubringen, daß sie unter gewöhnlichen Verhältnissen von angesammeltem Wasser nicht berührt werden.

c) Wenn nicht besondere Arbeitsöffnungen für die Untersuchung und Auswechslung der Isolatoren und für die Auswechslung der Leitungsschienen vorgesehen sind, müssen die Schlitzkanäle nach oben freigelegt werden können.

E. Fahrzeuge.

§ 33.

Erdung.

Als genügende Erdung für Fahrzeuge gilt die leitende Verbindung mit den Radreifen durch das Untergestell.³⁾

§ 31. 2) Regelmäßiger Polaritätswechsel wird angewendet, um die zerstörenden Wirkungen vagabundierender Ströme zu vermindern. Vergl. ETZ 1902, S. 285. Eine Bahn mit Dreileitersystem besteht in Nürnberg. ETZ 1905, S. 483.*)

§ 33. 3) Diese Erdung ist nicht absolut zuverlässig. Wenn z. B. bei trockenem Wetter Sand auf den Schienen liegt, so kann das Untergestell unter Umständen volle Betriebsspannung gegen Erde aufweisen. Auch trockener Schnee kann die leitende Verbindung zwischen Radreifen und Schienen aufheben. Es ist jedoch kein anderes betriebsmäßig brauchbares Mittel bekannt, um die Erdung in höherem Maße sicher zu stellen.

*) Vorschriften zum Schutze der Gas- und Wasserröhren gegen schädliche Einwirkungen der Ströme elektrischer Gleichstrombahnen, die die Schienen als Rückleiter benutzen, siehe ETZ. 1910, S. 491.

§ 34.

Elektromotoren und Umformer.

Die Gestelle von zugänglich aufgestellten Elektromotoren, Transformatoren und Umformern müssen dauernd geerdet oder sie müssen gut isoliert und mit einem isolierenden Bedienungsgang umgeben sein. Durch die Art der Aufstellung muß dafür gesorgt sein, daß Personen auch bei Schleudern des Wagens nicht in Berührung mit blanken spannungsführenden oder sich bewegenden Teilen gelangen können. Die Aufstellung ist derart auszuführen, daß etwaige im Betriebe auftretende Feuererscheinungen keine Entzündung von brennbaren Stoffen hervorrufen können.¹⁾

§ 35.

Akkumulatoren.

a) Akkumulatorenzellen elektrischer Fahrzeuge können auf Holz aufgestellt werden, wobei eine einmalige Isolierung durch nicht Feuchtigkeit anziehende Zwischenlagen ausreicht. Soweit nur unterwiesenes Personal in Betracht kommt, braucht die Möglichkeit, daß eine Person Teile verschiedener Spannung gleichzeitig berührt, nicht ausgeschlossen zu sein. Die Akkumulatoren dürfen den Fahrgästen nicht zugänglich sein. Es ist für ausreichende Lüftung zu sorgen.²⁾

b) Zelluloid ist zur Verwendung als Kästen und außerhalb des Elektrolyten unzulässig.³⁾

§ 36.

Leitungen.

a) Der Querschnitt aller Fahrstromleitungen ist nach der Normalstromstärke der vorgeschalteten Sicherung laut folgender Tabelle oder stärker zu bemessen.¹⁾

§ 34. 1) Im allgemeinen gelten für die Maschinen u. dgl. in Fahrzeugen dieselben Vorschriften, wie sie im § 22 für Maschinen in Kraftwerken aufgestellt sind. Da der Raum beschränkt ist und heftige Bewegungen vorkommen, so sind unter Umständen Geländer, Schranken oder Verkleidungen nötig, um gefahrbringende Berührungen zu verhüten.

§ 35. 2) Von der Erfüllung der nach § 22 für stationäre Akkumulatoren gültigen Vorschriften kann in den Fahrzeugen teilweise abgesehen werden, weil Fehlerstellen, die sich in einem Fahrzeug ausbilden, nicht in demselben Maße auf das ganze Netz und die Sicherheit des ganzen Betriebes von Einfluß sind, wie in den Kraftwerken. Ein Wagen läßt sich leicht und rasch abschalten und außer Betrieb stellen. Die doppelte Isolierung der einzelnen Zellen ist bei der räumlichen Beschränkung nicht durchführbar. Bei der regelmäßigen Untersuchung der Fahrzeuge sind verschüttete Flüssigkeiten sorgfältig zu entfernen.

3) Vgl. § 8 e) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 38 unter 7).

§ 36. 1) Die Unterscheidung zwischen „Fahrstromleitungen“ und „den übrigen Leitungen“ ist zu beachten. Zu den Fahrstrom-

Querschnitt in qmm	Normalstromstärke der Sicherung
4	30 A
6	40 "
10	60 "
16	80 "
25	100 "
35	130 "
50	165 "
70	200 "
95	235 "
120	275 "

Drähte für Bremsstrom sind mindestens von gleicher Stärke wie die Fahrstromleitungen zu wählen.²⁾

Der Querschnitt aller übrigen Leitungen ist nach der Tabelle in § 11 zu bemessen.

b) Blanke Leitungen sind zulässig, wenn sie sicher isoliert verlegt und gegen Berührung geschützt sind.³⁾

c) Isolierte Leitungen in Fahrzeugen müssen so geführt werden, daß ihre Isolierung nicht durch die Wärme benachbarter Widerstände oder Heizvorrichtungen gefährdet werden kann.⁴⁾

Leitungen zählen alle, welche unmittelbar mit den Motoren und ihrem Zubehör zusammenhängen. Die übrigen Leitungen sind hauptsächlich die zur Beleuchtung, Heizung, Signalgebung dienenden. Ihre Bemessung regelt sich nach § 11.

Für die Fahrstromleitungen dagegen ist eine stärkere Belastung oder, nach dem gewählten Wortlaut, eine höhere Normalstromstärke der vorgeschalteten Sicherung zulässig; da nämlich beim Betrieb von Fahrzeugen, besonders von Straßenbahnen, nicht mit dauernd gleichmäßigen Strombelastungen, sondern mit einer kurzen Aufeinanderfolge von hohen und niederen Belastungen mit zwischenliegenden stromlosen Pausen zu rechnen ist, so wird die Erwärmung der Drähte stets geringer sein, als der Dauerbelastung mit der Normalstromstärke entspricht.

Wegen dieser Verhältnisse ist es auch nicht möglich, bei der Bemessung des Leitungsquerschnittes von der „Normalstromstärke“ als solcher auszugehen, da diese nicht ermittelbar ist; sondern es ist von der Stärke der Sicherung auszugehen, die ihrerseits sich nach der Belastungsfähigkeit des Motors und damit nach den Betriebsverhältnissen richtet.

2) Vom richtigen Arbeiten der Bremsen hängt die Sicherheit des Fahrzeuges ab. Der Leitungsquerschnitt darf daher hier keine Rolle spielen; selbst wenn, etwa bei Solenoidbremsen, nicht der volle Arbeitsstrom wirkt.

3) An bestimmten Stellen, z. B. unterhalb der Sitzbänke ist eine gesicherte Verlegung blanker Leitungen möglich.

Am Untergestell des Wagens werden sie in der Regel dem Bespritzen durch Wasser sowie der Berührung mit fremden Metallteilen nicht entzogen werden können; da hierdurch Lichtbogenbildung veranlaßt werden kann, so wird man an dieser Stelle blanke Leitungen nur soweit verwenden, als durch die Rücksicht auf Kühlung (Widerstände) oder auf gefährliche Erwärmung oder chemische Angriffe isolierte Leitungen ausgeschlossen sind.

4) Es ist auch auf abtropfendes Öl Rücksicht zu nehmen, das Gummileitungen angreift. Nicht nur elektrische Heizungen, sondern auch Öfen und Dampfheizkörper kommen vor.

d) Alle festverlegten Leitungen sind derart anzubringen, daß sie nur unterwiesenem Personal zugänglich sind.

e) Die Verbindung der Fahr- und Bremsstromleitungen mit den Apparaten ist mittels gesicherter Schrauben oder durch Lötung auszuführen.⁵⁾

f) Nebeneinander verlaufende isolierte Fahrstromleitungen müssen entweder zu Mehrfachleitungen mit einer gemeinsamen wasserdichten Schutzhülle zusammengefaßt werden, derart, daß ein Verschieben und Reiben der Einzelleitungen vermieden wird; dabei ist die Isolierhülle an den Austrittstellen von Leitungen gegen Wasser abzudichten; oder die Leitungen sind getrennt zu verlegen und, wo sie Wände oder Fußböden durchsetzen, durch Isoliermittel so zu schützen, daß sie sich an diesen Stellen nicht durchscheuern können.

g) Bei Bahnen, bei denen die Fahrgäste auf der Strecke gefahrlos ins Freie gelangen können, dürfen in den Wagen isolierte Leitungen unmittelbar auf Holz verlegt und Holzleisten zur Verkleidung derselben benutzt werden.⁶⁾

h) Verbindungsleitungen zwischen Motorwagen und Anhängewagen sollen so ausgerüstet sein, daß Personen auch bei zufälliger Berührung keine Beschädigung erleiden können.⁷⁾

Bewegliche Kuppelungsstücke sind so anzuordnen, daß sie beim Herausfallen stromlos werden, oder sie müssen so mit Isoliermaterial bekleidet sein, daß auch die ausgelösten Stecker beim etwaigen Niederfallen keine Beschädigung von Personen herbeiführen können.⁸⁾

i) Leitungen, die einer Verbiegung oder Verdrehung ausgesetzt sind, müssen aus leicht biegsamen Seilen hergestellt und, soweit sie isoliert sind, wetterbeständig hergerichtet sein.

5) Die Erschütterungen des Wagens machen Schraubensicherungen nötig. Leitungen, die sich aus den Verbindungen gelöst haben, sind gelegentlich die Ursache gewesen, daß das Fahrzeug die Betriebsspannung angenommen hat und Unfälle entstanden sind.

6) Mit Recht ist die hier zugestandene Abweichung von den bei stationären Anlagen zulässigen Verlegungsarten auf solche Wagen beschränkt, die bei Brandgefahr leicht verlassen werden können. Bei Wagen für elektrische Hauptbahnen und Hochbahnen werden nur die in den Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen allgemein zulässigen Verlegungsarten benutzt.

7) Es kommen hier hauptsächlich die Anschlüsse für Beleuchtungsstrom und Bremsstrom in Betracht. Die oberhalb des Wagendaches angeordneten Verbindungsleitungen können in vielen Fällen durch entsprechende Ausladung des vorderen und hinteren Wagendaches der zufälligen Berührung entzogen werden. Ist dies nicht möglich, so ist sorgfältige Umkleidung der Leitung (Gummischlauch, Lederhülle) nötig.

8) Die Kontaktstücke sind durch überragende Schutzhüllen oder durch Schutzkappen der zufälligen Berührung zu entziehen.

k) In der Nachbarschaft von Metallteilen sind die Leitungen über der Isolierung noch besonders mit einer feuchtigkeitsbeständigen Hülle zu überziehen.⁹⁾

l) Rohre können zur Verlegung isolierter Leitungen in und auf Wänden, Decken und Fußböden verwendet werden, sofern sie die Leitungen gegen die Wirkungen von Feuchtigkeit und vor mechanischer Beschädigung schützen.

Sie können aus Metall oder feuchtigkeitsbeständigem Isolierstoff oder aus Metall mit isolierender Auskleidung bestehen.

m) Die Vorschriften in § 10 b—d sowie § 24 i—o gelten auch hier.

§ 37.

Schalttafeln.

Schalttafeln in oder an Fahrzeugen dürfen Holz nur als Konstruktionsmaterial enthalten.

§ 38.

Fahrschalter.

a) Auf jedem Führerstand ist ein Fahrschalter oder eine Einrichtung anzubringen, womit der Strom ein- und ausgeschaltet und die Geschwindigkeit geregelt werden kann.

b) Die Achsen und die metallischen Gehäuse, sowie die der Berührung ausgesetzten Teile der Fahrschalter müssen geerdet sein, sofern nicht die Plattformen vom Untergestell isoliert sind.¹⁾

c) Die Kurbeln der Fahrschalter sind in der Weise abnehmbar anzubringen, daß das Abnehmen derselben nur in der Haltstellung erfolgen kann, also nur, wenn der Fahrstrom ausgeschaltet ist. Bei Fahrschaltern mit Kurzschlußbremse darf die Fahrschaltkurbel, wenn sie nicht gleichzeitig Umschaltkurbel ist, auch in der letzten Kurzschlußbremsstellung abnehmbar sein. In diesem Falle muß jedoch die Umschaltkurbel so eingeschaltet

9) Die Bestimmungen unter n) und o) haben hauptsächlich die zahlreichen und verwickelten Leitungen im Untergestell der Wagen im Auge. Dort ist der Raum beschränkt, gleichzeitig sind Lagenänderungen dieser Leitungen, auch Beschädigungen derselben durch Abscheuern oder durch angeschleuderte Steine, Metallteile und dgl. nicht ausgeschlossen. Dadurch sind wiederholt Lichtbogen zwischen den Leitungen und benachbarten Metallteilen entstanden.

§ 38. 1) Der Fahrer bedient häufig mit einer Hand den Fahrschalter, mit der andern die Bremse. Da letztere durch die Radkränze geerdet ist, so würde der Fahrer elektrischen Schlägen ausgesetzt sein, sobald der Bedienungsgriff oder das Gehäuse des Fahrschalters höhere Spannung annimmt.

Sind die Plattformen vom Untergestell isoliert und die Erdung der Schaltergriffe unterlassen, so ist auch der Griff der Bremse gegen deren Gestänge gut zu isolieren.

bleiben, daß die Kurzschlußbremse bei der möglichen Bewegung des Fahrzeuges wirksam wird.²⁾

§ 39.

Sicherungen.

a) Jeder Motorwagen muß eine Hauptabschmelzsicherung oder einen selbsttätigen Ausschalter für die Elektromotoren haben. Akkumulatorenleitungen und jede andere Leitung, die keinen Fahrstrom führt, müssen besonders gesichert sein.³⁾

b) Erdleitungen und vom Fahrstrom unabhängige Bremsleitungen dürfen keine Sicherungen enthalten.⁴⁾

§ 40.

Ausschalter.

a) Es muß ein von jeder Plattform aus bedienbarer Haupt- (Not-) Ausschalter vorhanden sein, der das Ausschalten des Fahrstromkreises unabhängig vom Fahrschalter gestattet. Der Notausschalter kann mit dem Höchststromausschalter verbunden sein.

b) Erdleitungen sowie vom Fahrstrom unabhängige Bremsstromkreise dürfen nur im Fahrschalter abschaltbar sein.¹⁾

§ 41.

Blitzschutzvorrichtungen.

Die Motorwagen für Oberleitungsbetrieb sind mit Blitzschutzvorrichtungen zu versehen, die auch bei wiederholten atmosphärischen Entladungen wirksam bleiben und so einzurichten und anzubringen sind, daß sie weder Personen gefährden noch eine Feuersgefahr herbeiführen.²⁾

2) Es ist vorgekommen, daß Wagen durch Unberufene in Gang gesetzt wurden und alsdann nicht mehr gebremst werden konnten. Zweckmäßig wird die Einrichtung so getroffen, daß bei abgenommenem Griff nicht nur der Fahrstrom ausgeschaltet, sondern außerdem die Bremsschaltung hergestellt ist, damit auch auf Neigungen eine unbeabsichtigte Bewegung nicht eintreten kann.

§ 39. 3) Eine Hauptsicherung ist auch dann nötig, wenn bei mehreren parallel geschalteten Motoren jeder mit einer Teilsicherung ausgerüstet ist.

4) Die Kurzschlußbremse dient oft als Notbremse. Ein allzuhoher Ansteigen des Stromes wird dabei durch das Schleifen der Räder verhindert.

§ 40. 1) Jede unbeabsichtigte Unterbrechung der Erdleitungen oder der Bremsstromkreise soll verhindert werden. Umschalter können im Bremsstromkreis vorhanden sein, z. B. solche, die den Bremsstrom im Winter auf Heizkörper, im Sommer auf andere Widerstände leiten: sie sind aber so einzurichten, daß das Umschalten ohne Unterbrechung erfolgt.

Bei Anhängewagen sind in der Regel selbsttätige Einrichtungen vorgesehen, die den Bremsstromkreis auch dann geschlossen halten, wenn der Anhängewagen abgekuppelt ist.

§ 41. 2) Obwohl nach § 271) der Bahnvorschriften auch die Fahrleitung mit Blitzschützern auszurüsten ist, wurde es doch für

Die Erdleitung der Blitzableiter ist auf dem kürzesten Wege mit dem Untergestell zu verbinden.

§ 42.

Lampen.

Die unter Spannung stehenden Teile von Lampen nebst Zubehör müssen, soweit sie ohne besondere Hilfsmittel erreichbar sind, mit einer Schutzhülle aus Isoliermaterial versehen sein.³⁾

ZWEITER ABSCHNITT.

Betriebsvorschriften.

§ 43.

Isolationsprüfungen.

Vor der Inbetriebsetzung jeder einzelnen Anlage sowie der Fahrzeuge ist die Isolation zu untersuchen; etwaige Fehler sind auszumerzen. Das Gleiche gilt für jede Erweiterung einer Anlage.¹⁾

§ 44.

Regelmäßige Untersuchungen.

Zur dauernden Erhaltung des betriebssicheren Zustandes sind die Kraft- und Hilfswerke mindestens alljährlich, die Leitungsanlagen mindestens halbjährlich, die Motorwagen mindestens alle 2 und die Anhängerwagen mindestens alle 3 Jahre einer Hauptuntersuchung zu unterwerfen. Über diese Hauptuntersuchungen ist Buch zu führen.²⁾

nötig erachtet, auch noch für jeden Motorwagen einen solchen zu fordern. Es ist nicht verboten, die Blitzschützer zeitweilig z. B. im Winter, abzuschalten.

§ 42. 3) Vergl. § 16 c der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 71 unter ^{b)}. Die Lampen in den Wagen sind meist in Hintereinanderschaltung und mit höherer Spannung betrieben als in Hausanlagen üblich ist. Das Berühren der unter Spannung stehenden Teile muß daher besonders sorgfältig verhindert werden.

§ 43. 1) Bestimmte Werte der Isolation sind nicht vorgeschrieben. Anhaltspunkte über die Ausführung der Messungen und für die Würdigung ihrer Ergebnisse finden sich im § 5 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen und den Erläuterungen dazu, S. 25.

§ 44. 2) In jedem sachgemäß betriebenen Bahnunternehmen werden die wesentlichen Teile in kleineren Zwischenräumen gesonderten Teiluntersuchungen unterzogen, die in erster Linie den Interessen des Betriebes dienen. In den vorliegenden Vorschriften ist von diesen Untersuchungen nicht die Rede, vielmehr bleibt es jedem Betriebsleiter überlassen, sie in dem Umfange und in solchen Perioden anzuordnen, wie es den Verhältnissen entspricht. Dagegen dienen die im § 44 vorgesehenen Haupt-

§ 45.

Arbeiten im Betriebe.¹⁾

a) Arbeiten im Betriebe dürfen nur durch unterwiesenes Personal und nur bei ausreichender Beleuchtung der Arbeitsstelle vorgenommen werden.

b) Bei Spannungen von mehr als 250 Volt darf an elektrischen Maschinen, an Apparaten und an Teilen des Leitungsnetzes mit Ausnahme der Fahrleitung im allgemeinen nur nach vorheriger Ausschaltung und einer unmittelbar an der Arbeitsstelle vorgenommenen Erdung und Kurzschließung der zur Stromleitung dienenden Teile gearbeitet werden. Zur Erdung und Kurzschließung dürfen Leitungen unter 10 qmm Querschnitt nicht verwendet werden.²⁾

c) Um die erforderlichen Abschaltungen mit Sicherheit vornehmen zu können, ist in jedem Kraftwerk und Hilfswerk ein schematischer Übersichtsplan niederzulegen, in welchem die vorzunehmenden Ausschaltungen, sowie erforderlichenfalls deren Reihenfolge bezeichnet sind.

d) Ist aus dringenden Betriebsrücksichten oder aus technischen Gründen eine Abschaltung desjenigen Teiles der Anlage, an welchem selbst oder in dessen unmittelbarer Nähe gearbeitet werden soll, nicht möglich, so sind folgende Vorsichtsmaßregeln zu erfüllen³⁾:

1. Es soll niemals ein Arbeiter allein derartige Arbeiten ausführen, sondern es soll immer mindestens eine andere Person zum Zwecke etwaiger Hilfeleistung dabei gegenwärtig sein.
2. Für die Arbeiter sollen isolierende Unterlagen vorhanden sein.
3. Soweit es sich um Schalttafeln, Apparate usw. handelt, sollen nach Möglichkeit die ungeschützten unter Spannung stehenden Teile soweit abgedeckt werden, daß die zufällige gleichzeitige Berührung von Teilen verschiedener Polarität oder Phase für den Arbeitenden ausgeschlossen ist.

untersuchungen der Überwachung des ganzen Unternehmens. § 44 setzt fest, wie viele derartige Untersuchungen der Regel nach am Platze sind.

§ 45. Vgl. die „Vorschriften für den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen“*) §§ 5 bis 8 und 11, 12.

2) An Fahrdrähten kann wegen der isolierten Arbeitsbühne des Turmwagens auch ohne Ausschaltung gearbeitet werden. Soweit es der Betrieb erlaubt und bei größeren Arbeiten, z. B. beim Anbringen neuer Spanndrähte, wird man jedoch die Streckenunterbrecher öffnen und zur Sicherheit die Erdung vornehmen, die sich mittels der Schienen leicht ausführen läßt. Besonders zu beachten ist auch die Gefahr, die mit der Berührung von Fernsprechrähten oft verbunden ist, wenn sie am gleichen Gestänge mit Hochspannungsleitungen laufen.

3) Vgl. § 8 der Vorschriften für den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen, S. 169.

*) Im Folgenden bezeichnet: V. f. Betr.

e) In explosionsgefährlichen oder durchtränkten Räumen dürfen Arbeiten an Spannung führenden Teilen unter keinen Umständen ausgeführt werden.

f) Die Vorschrift d) 1. gilt auch für Arbeiten an Fahrdrähten.⁴⁾

g) Der Austausch durchgebrannter Sicherungen darf nur durch unterwiesenes Personal vorgenommen werden.

§ 46.

Löschmittel.

Zum Löschen eines etwa entstehenden Brandes sind in Kraft- und Hilfswerken geeignete Löschmittel, wie z. B. trockener Sand, an passenden Stellen bereit zu halten. Das Anspritzen von unter Spannung stehenden Teilen ist zu vermeiden.¹⁾

§ 47.

Inkrafttreten der Vorschriften.

a) Die vorstehenden Bestimmungen gelten auf Grund des Beschlusses der Jahresversammlung zu Stuttgart vom 1. Oktober 1906 ab als Verbandsvorschriften.

b) Der Verband Deutscher Elektrotechniker e. V. behält sich vor, dieselben den Fortschritten und Bedürfnissen der Technik entsprechend abzuändern.²⁾

4) Bei Arbeiten mittels des Turmwagens kann der Kutscher als zweite Person dienen, wenn ihm entsprechende Verhaltensregeln gegeben sind.

§ 46. 1) Außer trockenem Sand kann auch Kohlensäure, die in den bekannten Eisenflaschen bereit gehalten wird, als Löschmittel dienen. Das Bespritzen brennender Teile mit Wasser kann Kurzschluß bewirken und so den Brand verstärken, außerdem verdirbt es Leitungen und Apparate. Vgl. Vorschriften für den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen, § 4, S. 166 unter 4).

§ 47. 2) Vgl. S. 154 u. 175.

Kupfernormalien.¹⁾

§ 1. Leitungskupfer darf für 1 km Länge und 1 qmm Querschnitt bei 15° C. keinen höheren Widerstand haben als 17,5 Ohm. Der bei t° C. gemessene Widerstand R_t ist nach der Formel

$$R_{15} = \frac{R_t}{1 + 0,004 (t - 15)}$$

umzurechnen.

§ 2. Kupferleitungen müssen aus Leitungskupfer hergestellt sein. Die wirksamen Querschnitte von Kupferleitungen sind grundsätzlich durch Widerstandsmessungen zu ermitteln, wobei ein kilometrischer Widerstand für 1 qmm von 17,5 Ohm (vgl. § 1) einzusetzen und für Litzen und Mehrfachleiter die Länge des fertigen Kabels, also ohne Zuschlag für Drall, zu nehmen ist.²⁾

§ 3. Bei der Untersuchung, ob eine Kupferleitung aus Leitungskupfer hergestellt ist, bzw. ob dieses den Bedingungen des § 1 entspricht, ist der Querschnitt durch Gewichts- und Längenbestimmung eines einfachen gerade gerichteten Leiterstückes zu ermitteln, wobei, falls eine besondere Bestimmung des spezifischen Gewichtes nicht vorgenommen wird, für dieses der Wert 8,91 einzusetzen ist.

Diese Normalien gelten vom 1. Januar 1907 ab.

1) Die Kupfernormalien sind im Jahre 1898 (ETZ 1898, S. 393) aufgestellt worden, in erster Linie um für Lieferungsbedingungen eine einheitliche Grundlage zu schaffen und die Wiederholung aller einzelnen Bedingungen in den Lieferungsverträgen zu vermeiden. Ihre jetzige Fassung erhielten sie im Jahre 1906. ETZ 1906, S. 395 u. 666.

Neben der Leitfähigkeit kommt gemäß § 20 Regel 4 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 81 namentlich auch die Festigkeit der Kupferdrähte und der etwa als Ersatz des Kupfers benutzten anderen Metalle in Betracht. Die für harte und weiche Kupferdrähte zulässigen Beanspruchungen sind in den „Normalien für Freileitungen“, S. 227, genau festgesetzt. An Stelle der früher üblichen Benennung der Bruchfestigkeit, die man für weiche Drähte zu etwa 21—26 kg, für halbharte zu 30—35 kg, für harte zu über 35 kg annahm, stützt man sich neuerdings besser auf das für jede Drahtlieferung festzustellende Verhältnis zwischen den Spannungen an der Streckgrenze und Bruchgrenze.

2) Die unmittelbare Ausmessung des Querschnittes ist, namentlich bei Seilen, die aus einer großen Zahl von Einzeldrähten bestehen, nicht möglich; auch die Querschnittsermittlung durch Wägung stößt auf Schwierigkeiten, wenn die Drähte einzeln verzinkt oder mit Gummi umgeben sind. (ETZ 1904, S. 660 Sp. 2.)

Normalien für Leitungen.¹⁾

Gültig ab 1. Januar 1908.

A. Normalien für Gummiband- und Gummi- aderleitungen.

I. Gummibandleitungen,

geeignet zur festen Verlegung über Putz in trockenen Räumen für Spannungen bis 125 Volt.²⁾

Bezeichnung G. B.

Gummibandleitungen sind mit massiven Leitern in Querschnitten von 1 bis 16 qmm, mit mehrdrätigen Leitern in Querschnitten von 1 bis 150 qmm zulässig, dürfen jedoch als Mehrfachleitung nicht benutzt werden.³⁾

1) Normalien für Leitungen sind zum ersten Male im Jahre 1901 aufgestellt worden. ETZ 1901, S. 108 und 977. Sie sind durch gemeinsame Beratungen von Vertretern des Verbandes deutscher Elektrotechniker, der Vereinigung der Elektrizitätswerke und der deutschen Kabelfabriken zustande gekommen und im Laufe der Jahre auf die später eingeführten Leitungssorten sowie auf Kabel erstreckt worden. Sie sollen der Verbreitung minderwertiger Leitungsarten entgegenwirken und so die Industrie vor unlauterem Wettbewerb schützen, zugleich aber auch dem Abnehmer die Sicherheit schaffen, daß die berechtigten Anforderungen an das Fabrikat erfüllt werden, ohne jedesmalige Vereinbarung aller Einzelheiten. Seitdem die Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen in eine solche Form gebracht sind, daß sie der behördlichen Überwachung zugrunde gelegt werden und somit selbst eine behördliche Vorschrift bilden können, haben die Normalien erhöhte Bedeutung gewonnen. Sie bilden eine Ergänzung der Vorschriften, welche namentlich diejenigen zahlenmäßigen Bestimmungen enthält, die weniger dauernd feststehen als der Inhalt der Vorschriften selbst, sondern je nach dem Bedürfnis der Praxis und der Entwicklung der Technik einem Wechsel unterworfen sind. — Allgemeine Erörterungen über die in Amerika durchgeführte Normalisierung von Gummileitungen und Kabeln finden sich in ETZ 1907, S. 246.

2) Die Grenzen der für die einzelnen Drahtsorten geeigneten Verwendungsgebiete sind in § 19 Regel 1 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen angegeben und in den Normalien zur besseren Übersicht wiederholt. Die angeführten Spannungen sind Gebrauchsspannungen, vgl. S. 13 unter 2).

3) Die mit Gummi band isolierten mehrdrätigen Leitungen unterliegen dem Bedenken, daß beim Bruch eines der dünnen Einzeldrähte, dessen Enden leicht das Gummiband durchbohren oder sich zwischen den Gummibandlagen hindurchschieben; da auf diese Weise zwischen nahe aneinanderliegenden Leitungen Kurzschluß entstehen kann, so hat man Mehrfachleitungen dieser Art von der Verwendung und normalen Fabrikation ausgeschlossen.

Bei mehrdrätigen Leitungen darf die Stärke der Einzeldrähte, aus denen die Seele zusammengesetzt ist, ein gewisses

Die Kupferseele ist feuerverzinkt, mit Baumwolle umgeben⁴⁾ und darüber mit unverfälschtem, technisch reinem unvulkanisiertem Paraband umwickelt.⁵⁾ Die Überlappung der Umwicklung muß mindestens 2 mm betragen. Über der Parabandhülle befindet sich eine Umwicklung mit Baumwolle⁶⁾ und über dieser eine Umklöpfung aus Baumwolle, Hanf oder gleichwertigem Material, welche in geeigneter Weise imprägniert ist. Gummibandleitungen werden einer Durchschlagsprobe nicht unterworfen.⁷⁾ Die Parabandhülle muß für 100 m einadriger Leitung folgende Gewichte aufweisen.⁸⁾

Maß nicht überschreiten. Die zulässige Dicke der Einzeldrähte ergibt sich aus der Tabelle, die die Zahl der Einzeldrähte regelt.

4) Ein sicher zuverlässiges Verfahren für elektrolytische und Sudverzinnung ist bisher nicht bekannt. Die Verzinnung hat bei unvulkanisierter Gummihülle nur den Zweck, das Löten zu erleichtern. Bei vulkanisierter Hülle soll die Verzinnung zum Schutz der Kupferseele gegen chemische Angriffe durch die Schwefelverbindungen der Gummihülle dienen. ETZ 1905, S. 279.

Die Baumwollschicht zwischen der Kupferseele und dem Gummi soll hier hauptsächlich verhindern, daß das Paraband an der Kupferseele anklebt, während andererseits ein gewisser Reibungswiderstand zwischen Kupferseele und Gummihülle geschaffen wird, so daß der richtige Grad von Beweglichkeit zwischen Kupfer und Gummi und damit die richtige Schmiegsamkeit der Leitung gewahrt bleibt.

Bei mehrdrätigen Leitern und Schnüren bietet die Baumwollschicht einen gewissen Schutz dagegen, daß nicht einzelne gebrochene Drähte aus dem Zusammenhang mit den übrigen heraustreten und die Gummischicht durchbohren. ETZ 1903, S. 295 N. 37.

Bei vulkanisierten Gummihüllen (siehe Gummiaderdrähte und Gummiaderschnüre) schützt die Baumwollschicht die Kupferseele vor chemischem Angriff durch den Schwefelgehalt der Gummischicht, was auch durch die Verzinnung der Drähte bezweckt wird.

5) Gegen die früher marktgängigen Gummibanddrähte war besonders der Vorwurf erhoben worden, daß die Beimischungen zum reinen Gummi unter dem Druck des auf niedrige Preise gerichteten Wettbewerbs teilweise derartige Beträge erreicht hätten, daß die Haltbarkeit der Bandisolierung nicht mehr gewährleistet erschien. Bei einzelnen Lieferungen soll die Gummibandisolierung noch vor der Verwendung der Drähte, allein durch die Aufbewahrung im Lager, vollständig zu Staub zerfallen sein. Da das Maß der Beimischungen am fertigen Fabrikat, insbesondere wenn es vulkanisiert ist, nicht festgestellt werden kann, so erschien es geboten, jede Beimischung auszuschließen. Hierfür war auch der weitere Umstand maßgebend, daß es vorläufig sehr schwierig ist, das vulkanisierte Gummi von schädlichen Stoffen wie Chlor und dgl. völlig zu reinigen. (Über Gummi- und Kautschuksorten siehe ETZ 1901, S. 550.)

6) Die Umwicklung über der Gummibandhülle soll namentlich auch das Zusammenschrumpfen des Bandes verhindern

7) Eine Durchschlagprobe hat bei Bandleitungen wenig Wert, selbst wenn man zwei Stränge miteinander verdrehten würde, so würden nur die augenblicklich einander zugekehrten Stellen der Gummihüllen beider Drähte bei der Probe bean-

Kupferquerschnitt in qmm	Gummigewicht in Gramm mindestens	Mindestzahl der Drähte bei mehrdräftigen Leitern
1,0	130	7
1,5	155	7
2,5	190	7
4,0	230	7
6,0	280	7
10,0	340	7
16,0	420	7
55,0	550	7
35,0	650	19
50,0	800	19
70,0	1000	19
95,0	1200	19
120,0	1400	19
150,0	1550	19

Der Gewichtsfeststellung wird das Mittel aus fünf Wägungen von aus verschiedenen Stellen entnommenen 1 m langen Stücken zugrunde gelegt.

II. Gummiaderleitungen. (Allgemeines.)

Die Gummiaderleitungen sind mit massiven Leitern in Querschnitten von 1 bis 16 qmm, mit mehrdräftigen Leitern in Querschnitten von 1 bis 1000 qmm zulässig.

Die Kupferseele ist feuerverzinkt, mit einer wasserdichten vulkanisierten Gummihülle umgeben und mit gummiertem Band umwickelt. Hierüber befindet sich eine Umklöpfung aus Baumwolle, Hanf oder gleichwertigem Material, welche in geeigneter Weise imprägniert ist. Bei Mehrfachleitungen kann die Umklöpfung gemeinsam sein.

Die Gummihülle des fertigen Fabrikats muß folgender Zusammensetzung entsprechen: Mindestens 33,3 % Kautschuk, der nicht mehr als 6% Harz enthalten darf, höchstens 66,7% Zusatzstoffe einschließlich Schwefel.

Von organischen Füllstoffen ist nur der Zusatz von Ceresin (Paraffinkohlenwasserstoffen) bis zu einer Höchstmenge von 3% gestattet. Das spezifische Gewicht des Adergummis soll mindestens 1,5 betragen.⁹⁾

Jede Leitung muß nach 24stündigem Liegen unter Wasser geprüft werden und einer 1/2stündigen Einwirkung eines Wechselstromes in Höhe der Prüfspannung der nachstehenden Tabelle zwischen Kupferseele und

spricht werden. Ein Eintauchen in Wasser, wobei die Hülle in ihrer ganzen Ausdehnung geprüft wird, ist in der Regel nur bei nahtlosen Gummihüllen, also bei Gummiaderleitungen möglich.

8) Da die Dicke der Gummibandhülle nicht genau gemessen werden kann, auch unter Umständen am abgeschnittenen Stücke des Drahtes das Band zusammenschrumpft, so ist das Gummigewicht vorgeschrieben.

9) Die auf Gummimischung bezüglichen Bestimmungen gelten v. l. VII. 1910 ab; für Fassungsadern ab 1. I. 1912. ETZ. 1910, S. 715. Zur Prüfung der Drähte auf die Zusammensetzung ihrer Gummihülle sind geeignete Methoden mit dem k. preuß. Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde vereinbart

Wasser, dessen Temperatur 25° C. nicht überschreiten darf, widerstehen.¹⁰⁾ Die Prüfung hat vor der Umklöppelung zu erfolgen.

Die Prüfspannungen sollen betragen bei einer Betriebsspannung

bis	1000 Volt	2000 Volt
„	2000 „	4000 „
„	3000 „	6000 „
„	4000 „	8000 „
„	5000 „	9000 „
„	6000 „	10000 „
„	7000 „	12000 „
„	8000 „	13000 „
„	10000 „	15000 „
„	12000 „	18000 „

a) Gummiaderleitungen,

geeignet zur festen Verlegung für Spannungen bis 1000 Volt und zum Anschluß transportabler Stromverbraucher bis 500 Volt Spannung.

Bezeichnung G. A.

Für die Wandstärke der Gummihülle gilt folgende Tabelle¹¹⁾:

Kupfer- querschnitt in qmm	Mindestzahl der Drähte bei mehrdräftigen Leitern	Stärke der Gummischicht	
		mindestens mm	und nicht mehr als mm
1,0	7	0,8	1,1
1,5	7	0,8	1,1
2,5	7	1,0	1,4
4,0	7	1,0	1,4
6,0	7	1,0	1,4
10,0	7	1,2	1,7
16,0	7	1,2	1,7
25,0	7	1,4	2,0
35,0	19	1,4	2,0
50,0	19	1,6	2,3
70,0	19	1,6	2,3
95,0	19	1,8	2,6
120,0	37	1,8	2,6
150,0	37	2,0	2,8
185,0	37	2,2	3,0
240,0	61	2,4	3,2
310,0	61	2,6	3,4
400,0	61	2,8	3,6
500,0	91	3,2	4,0
625,0	91	3,2	4,0
800,0	127	3,5	4,5
1000,0	127	3,5	4,5

worden.*) Die nach den Normalien hergestellten Gummiband- und Gummiaderdrähte werden von den vereinigten deutschen Drahtfabriken mit Kennfäden versehen.**)

10) Die hier geforderte Durchschlagsprobe tritt an die Stelle der früher vielfach üblichen Messung des Isolationswiderstandes. Sie ist ohne umfangreiche Meßgeräte ausführbar und genügt, um die Brauchbarkeit festzustellen. Zum Vergleich ver-

*) ETZ 1909, S. 329, 901, 1204; 1910, S. 249.

**) ETZ 1909, S. 983; 1910, S. 258.

b) Spezialgummiaderleitungen,

geeignet zur festen Verlegung für jede Spannung und zum Anschluß transportabler Stromverbraucher bis 1500 Volt Spannung.

Bezeichnung S. G. A.,

der die Betriebsspannung beizufügen ist, z. B.

$$\frac{\text{S. G. A.}}{3000} 10.$$

Die Gummihülle muß bei diesen Leitungen aus mehreren verschiedenfarbigen Lagen Gummi hergestellt sein, deren Gesamtdicke mindestens den Höchstwerten der Tabelle für Gummiaderleitungen unter a) entsprechen muß, jedoch 1,5 mm nicht unterschreiten darf.¹²⁾

c) Panzerader,

geeignet zur festen Verlegung für Spannungen bis 1000 Volt und zum Anschluß transportabler Stromverbraucher bis 500 Volt Spannung.¹³⁾

Bezeichnung P. A.

Panzeradern sind Gummiaderleitungen, die als Einzel- oder Mehrfachleitungen eine Hülle von Metalldrähten (Geflecht, Umwicklung) erhalten. Diese Metallhülle muß eine Unterlage entweder von einem dichten imprägnierten Geflecht oder anderem dichten Material haben, die gegen das Durchstechen abgerissener Drähte Schutz bietet. Die Gummihülle muß bei Panzeradern den Vorschriften für Spezialgummiaderleitungen entsprechen. Die Prüfung ist mit mindestens 4000 Volt vorzunehmen.

schiedener Drahtsorten wird man jedoch die Messung des Isolationswiderstandes, unter Umständen auch die der Kapazität heranziehen.

Da auch die Sprödigkeit des Isolierstoffes für die Güte der Leitungen maßgebend ist, so hat man in der Schweiz eine Wickelprobe vorgeschrieben. Der isolierte Draht wird um einen Zylinder vom $2\frac{1}{2}$ fachen Durchmesser des Drahtes (über der Isolierung gemessen) gewickelt. Trockene und nasse Durchschlagproben werden in diesem Zustande gemacht.

11) In der früheren Fassung der Normalien war für alle Abmessungen eine Toleranz von 5 % festgesetzt. Dies hat man fallen lassen, weil die Fabrikationsmethoden so genau arbeiten, daß es nicht mehr nötig schien, einen Spielraum zu gewähren.

12) Die Gummiaderleitungen für Hochspannung sind nach Art der Gummiaderleitungen für Spannungen bis 1000 Volt (unter a) gebaut. Nur haben sie der höheren Spannung entsprechend eine mehrfache Gummischicht, welche bewirken soll, daß schwache Stellen einer einzelnen Schicht, die bei der Fabrikation nicht vermieden werden konnten, durch eine oder mehrere weitere Schichten verstärkt und unschädlich gemacht werden. Die Stärke der Gummihülle richtet sich nach der Betriebsspannung.

13) Panzeradern unterliegen an feuchten Orten leicht dem Rosten der dünnen Schutzdrähte.

d) Rohr- und Falzdrähte,

geeignet zur festen Verlegung für Spannungen bis 1000 Volt.
Bezeichnung R. A.

Als Rohrdrähte oder Falzdrähte gelten Gummiaderleitungen (einfache oder Mehrfachleitungen), welche mit einem nahtlosen oder gefalzten enganschließenden Metallrohr umgeben sind.

Belastungstabelle für Gummiband- und Gummiaderleitungen.¹⁴⁾

Querschnitt in qmm	Höchstzulässige Stromstärke in Ampere
0,75	9
1	11
1,5	14
2,5	20
4	25
6	31
10	43
16	75
25	100
35	125
50	160
70	200
95	240
120	280
150	325
185	380
240	450
310	540
400	640
500	760
625	880
800	1050
1000	1250

14) Die Tabelle ist genau übereinstimmend mit den zwei ersten Spalten der in § 20, Regel 1 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 82, gegebenen. Wie dort unter 7) erläutert ist, sind die höchstzulässigen Stromstärken auf Grund von Versuchen in der Weise festgesetzt, daß sie einer Erwärmung der Leitung um 20° über die Umgebungstemperatur entsprechen. Man hat dabei berücksichtigt, daß erfahrungsgemäß eine lange Zeit z. B. 1000 Stunden andauernde Temperatur von 50° C. die Gummihülle schädigt und hat vorausgesetzt, daß diese Temperatur bei einer Erwärmung um 20° nicht überschritten werden wird, weil im allgemeinen die Umgebungstemperatur als unter 30° C. liegend angenommen werden kann. Die erwähnten Versuche sind für Querschnitte bis 10 qmm mit in Rohren verlegten (Hin- und Rückleitung in demselben Rohr) und für Querschnitte von 10 qmm und darüber mit offen auf Rollen verlegten Gummiaderleitungen angestellt. Die so für Gummiaderleitungen ermittelten Tatsachen sind ohne weiteres auch als maßgebend für Gummibandleitungen angesehen worden. Vgl. auch Passavant ETZ 1907, S. 499, wo die Tabelle gemäß S. 545 durch die oben stehende zu ersetzen ist.

Die in der Tabelle angegebenen Stromstärken dürfen nur bei Betrieben mit stark und schnell schwankender Belastung überschritten werden.¹⁵⁾

B. Normalien für Gummiaderschnüre.

Gummiaderschnüre, geeignet zur festen Verlegung für Spannungen bis 1000 Volt und zum Anschluß transportabler Stromverbraucher bis 500 Volt Spannung.

Bezeichnung S. A.¹⁶⁾

Gummiaderschnüre sind in Querschnitten von 1 bis 6 qmm zulässig. Die Kupferseele besteht aus feuerverzinneten Kupferdrähten von höchstens 0,3 mm Durchmesser, welche miteinander verseilt sind. Die Kupferseele ist mit Baumwolle umspinnen und darüber mit einer wasserdichten vulkanisierten Gummihülle umgeben.

Jede Ader muß über der Gummihülle einen Schutz aus Fasermaterial (Garn, Seide, Baumwolle oder ähnlichen) erhalten. Bei Einleiterschnüren oder verseilten Mehrfachschnüren muß dieser Schutz in einer Umklöpfung bestehen.

Runde oder ovale Mehrfachschnüre müssen außerdem eine gemeinsame Umklöpfung erhalten. Die Gummimischung soll den Vorschriften unter A II entsprechen.

Jede Ader muß nach 24-stündigem Liegen unter Wasser geprüft werden und einer halbstündigen Einwirkung eines Wechselstromes von 2000 Volt zwischen Kupferseele und Wasser, dessen Temperatur 25° C. nicht übersteigen darf, widerstehen. Die Prüfung hat vor der Umklöpfung zu erfolgen.

Für die Wandstärke der Gummihülle gilt folgende Tabelle:

15) Wie S. 81 unter 7) und 9) erläutert ist, können die „höchstzulässigen“ Stromstärken dauernd benutzt werden, wenn scharf eingestellte Selbstschalter jede Überschreitung dieser Strombelastung hindern; begrenzt man die Belastung durch Schmelzsicherungen, so ist eine kleinere Stromstärke als normale Belastung, d. h. ein kleinerer Nennwert der Schmelzsicherung zu wählen. Kurz dauernde Überschreitung der höchstzulässigen Stromstärke ist dagegen noch erlaubt, sofern die Verhältnisse so liegen, daß die Erwärmung nicht über die der höchstzulässigen Dauerbelastung entsprechende steigt. Wie weit im Einzelfall hiervon Gebrauch gemacht werden darf, ergibt sich aus § 20 Regel 2 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, wie S. 83 unter 10) erläutert.

B. 16) Die Gummiader-Schnüre sollen biegsamer sein, als die Gummiaderleitungen. Daher besteht ihre Seele stets aus Einzeldrähten, die nicht über 0,3 mm stark sein dürfen, während bei den mehrdrähtigen Leitungen, z. B. für 6 qmm Kupferquerschnitt nicht mehr als 7 Einzeldrähte vorgeschrieben sind, die demnach etwa 1 mm stark sein dürfen. Der größeren Biegsamkeit dient auch die zwischen Kupferseele und Gummihülle vorgesehene Baumwollumspinnung, die zugleich das Herausreten gebrochener Einzeldrähte erschweren und den chemischen Angriff der Einzeldrähte durch die im Gummi enthaltenen Schwefelverbindungen hintanhaltend soll.

Kupfer- querschnitt in qmm	Stärke der Gummischicht	
	mindestens mm	und nicht mehr als mm
1,0	0,8	1,1
1,5	0,8	1,1
2,5	1,0	1,4
4,0	1,0	1,4
6,0	1,0	1,4

Belastung wie in Tabelle unter A.

C. Normalien für Fassungsadern.

(Gültig ab 1. I. 1912.)

Fassungsadern, geeignet zur Installation in und an Beleuchtungskörpern für Spannungen bis 250 Volt.

Bezeichnung N. F. A.¹⁾

Die Fassungsader besteht aus einem massiven oder mehrdrätigen Leiter von 0,5 qmm Kupferquerschnitt.

Die Kupferseele ist feuerverzinkt und mit einer vulkanisierten Gummihülle umgeben, deren Wandstärke 0,4 mm betragen soll. Über dem Gummi befindet sich eine Umklöpfung aus Baumwolle, Hanf, Seide oder ähnlichem Material, welches auch in geeigneter Weise imprägniert sein kann. Diese Adern können auch mehrfach verseilt werden.

Eine Fassungsadern (Bezeichnung N. F. A. 2) kann auch aus zwei nebeneinander liegenden nackten Fassungsadern, die gemeinsam wie oben umklöppelt sind, bestehen.

Die Gummimischung soll den Vorschriften unter A II entsprechen.

Die Fassungsadern sind in trockenem Zustande einer halbstündigen Durchschlagsprobe mit 1000 Volt Wechselstrom zu unterziehen. Bei Prüfung einfacher Fassungsadern sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

Die höchstzulässige Stromstärke für diese Fassungsader beträgt 6 Amp.

C. 1) Die Fassungsadern und Fassungsadern sind eine Abart der Gummiadernleitungen und Gummiadernschnüre, deren Existenzberechtigung nur darin zu suchen ist, daß die unter A und B der Normalien aufgestellten Drahtsorten vielfach zu großen Durchmesser haben, so daß sie in die oft sehr engen Rohre der Beleuchtungskörper nicht eingezogen werden können. Man hat daher für diesen Sonderzweck die dort geforderte Mindestwandstärke der Gummihülle von 0,8 mm auf 0,4 mm vermindert und die über der Gummihülle geforderte weitere Bekleidung auf eine Beklöpfung aus Baumwolle oder dgl. beschränkt; dementsprechend ist auch eine weniger strenge Durchschlagsprobe verlangt. ETZ 1910, S. 715, Sp. 3.

Wo die Beleuchtungskörper genügenden Raum bieten, empfiehlt es sich daher, Gummiaderndrähte oder Adernschnüre statt der Fassungsader zu verwenden.

D. Normalien für Pendelschnur.

Pendelschnur, geeignet zur Installation von Schnurzugpendeln bis 250 Volt Spannung.

Bezeichnung P. L.

Die Pendelschnur hat einen Kupferquerschnitt von 0,75 qmm.²⁾

Die Kupferseele besteht aus feuerverzinnten Drähten von höchstens 0,3 mm Durchmesser, welche miteinander verseilt sind. Die Kupferseele ist mit Baumwolle umspinnen und darüber mit einer vulkanisierten Gummihülle von 0,6 mm Wandstärke umgeben. Zwei Adern sind mit einer Tragschnur oder einem Tragseilchen aus geeignetem Material zu verseilen und erhalten eine gemeinsame Umklöpfung aus Baumwolle, Hanf, Seide oder ähnlichem Material. Die Tragschnur oder das Tragseilchen können auch doppelt zu beiden Seiten der Adern angeordnet werden. Wenn das Tragseilchen aus Metall hergestellt ist, muß es umspinnen oder umklöppelt sein. Die gemeinsame Umklöpfung der Schnur kann wegfallen, doch müssen die Gummiauern dann einzeln umflochten werden.

Die Pendelschnüre für Zugpendel usw. müssen so biegsam sein, daß einfache Schnüre um Rollen von 25 mm Durchmesser und doppelte um Rollen von 35 mm Durchmesser ohne Nachteil geführt werden können. Die Gummimischung soll den Vorschriften unter A II entsprechen.

Die Pendelschnur soll in trockenem Zustande einer Wechsellspannung von 1000 Volt widerstehen.

Belastung wie in Tabelle unter A.

E. Normalien für einfache Gleichstrombleikabel mit und ohne Prüfdraht bis 700 Volt.³⁾

Einfache Gleichstrombleikabel müssen folgender Konstruktionstabelle (S. 229) entsprechen, und zwar gelten für

D. 2) Die Pendelschnur ist nur mit Rücksicht auf Zugpendel mit dem besonders kleinen Querschnitt von 0,75 qmm ausgestattet worden. Mit Rücksicht darauf, daß diese Zugpendel Rollen besitzen, über welche die Leitungen laufen, muß diese besonders dünn und schmiegsam sein.

Andererseits ist es nötig, wenn ein Brechen der Isolierhüllen, besonders nach längerem Gebrauche, vermieden werden soll, daß der Durchmesser der Rollen nicht zu klein gewählt wird. Daher ist vom Verbands Deutscher Elektrotechniker im Jahre 1903 noch der Absatz über die erforderliche Biegsamkeit im Verhältnis zum Rollendurchmesser zugefügt worden.

Bei Schnurpendeln nach § 18 der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, soweit sie nicht Zugpendel sind, also keine Rollen enthalten, wird man häufig gut tun, etwas stärkere Kupferseelen und stärkere Tragschnur zu wählen, als sie für Pendelschnüre als normal festgesetzt sind.

E. 3) Über die Fabrikation von Kabeln und das dazu verwendete Material siehe ETZ 1901, S. 485. Über Belastung siehe S. 221, ferner ETZ 1903, S. 913.

- a) blanke Bleikabel die Spalten 1—5,
- b) asphaltierte Bleikabel die Spalten 1—6,
- c) armierte asphaltierte Bleikabel die Spalten 1—9.

Die Prüfspannung beträgt für alle drei Arten 1200 Volt Wechselstrom. Die Kabel dürfen bei einhalbstündiger Prüfung in der Fabrik nicht durchschlagen.

Belastungstabelle für im Erdboden verlegte Einleiterkabel für Gleichstrom bis 700 Volt mit und ohne Prüfdraht. ⁴⁾

Querschnitt in qmm	Stromstärke in Ampere
1,0	24
1,5	31
2,5	41
4	55
6	70
10	95
16	130
25	170
35	210
50	260
70	320
95	385
120	450
150	510
185	575
240	670
310	785
400	910
500	1035
625	1190
800	1380
1000	1585

Der Tabelle ist eine Übertemperatur von 25° C. und die übliche Verlegungstiefe von etwa 70 cm zugrunde gelegt.

Sie gilt, solange nicht mehr als zwei Kabel im gleichen Graben nebeneinander liegen. Gesondert verlegte Mittelleiter bleiben hierbei unberücksichtigt.

4) Eine Belastungstabelle für Gleichstromkabel ist zum erstenmal durch Kommissionen der Vereinigung der Elektrizitätswerke, der Kabelfabriken und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker vereinbart und zuerst ETZ 1905, S. 464 bekannt gegeben worden. Die Versuche und Erwägungen, auf die sie gegründet war, sind von Kath ETZ 1904, S. 969 mitgeteilt. Über die Theorie der Kabelerwärmung siehe Teichmüller ETZ 1904, S. 933. Bei Aufstellung der unter F wiedergegebenen Belastungstabellen für Hochspannungs- und für Mehrleiterkabel ergab sich die Notwendigkeit einer einheitlichen Grundlage für alle diese Normen, woraus eine Änderung der bis jetzt für Einleiterkabel gültigen Belastungen folgte. Vgl. Teichmüller, ETZ 1907, S. 500.

Die Tabellenwerte entsprechen einer Temperaturerhöhung der Kabel um 25° und dem nach etwa 3—10 Stunden erreichten, alsdann im wesentlichen als dauernd anzusehenden Zustände.

Kupferseele		Prüf- draht: Quer- schnitt der Kupfer- seele qmm	Isolierhülle		Bleimantel		Bespinnung des Bleimantels		Armierung		Dicke der Bewick- lung des armier- ten Kabels mm	Außerer Durchmesser des fertigen Kabels	
Effektiver Kupfer- quer- schnitt	Zahl der Drähte Kabel ohne Prüfdraht Minimalzahl		Kon- struk- tion	Minimal- dicke	einfacher	doppelter Gesamtdicke	Kon- struk- tion	Dicke mm	Blechstärke mm	Drahtstärke mm		ohne Prüf- draht	mit Prüf- draht
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1,0	1	—	1,75	1,2	—	—	1,5	—	—	—	1,5	17	
1,5	1	—	1,75	1,2	—	—	1,5	—	—	—	1,5	17	
2,5	1	—	1,75	1,2	—	—	1,5	—	—	—	1,5	18	
4,0	1	—	1,75	1,4	—	—	1,5	—	—	—	1,5	19	
6,0	1	—	1,75	1,4	—	—	1,5	—	—	—	1,5	19	
10,0	1	—	1,75	1,4	—	—	1,5	—	—	—	1,5	20	
16,0	7	3	2,0	1,5	2 × 0,9	—	2,0	2 × 0,5	—	—	2,0	23	
25	7	6	2,0	1,5	2 × 0,9	—	2,0	2 × 0,5	—	—	2,0	24	
35	7	6	2,0	1,6	2 × 0,9	—	2,0	2 × 0,8	—	—	2,0	25	
50	19	6	2,0	1,6	2 × 1,0	—	2,0	2 × 0,8	—	—	2,0	29	
70	19	13	2,0	1,7	2 × 1,0	—	2,0	2 × 0,8	—	—	2,0	31	
95	19	13	2,0	1,7	2 × 1,0	—	2,0	2 × 0,8	—	—	2,0	32	
120	19	13	2,0	1,8	2 × 1,1	—	2,0	2 × 1,0	—	—	2,0	33	
150	19	18	2,25	1,9	2 × 1,1	—	2,0	2 × 1,0	—	—	2,0	35	
185	37	26	2,25	1,9	2 × 1,1	—	2,0	2 × 1,0	—	—	2,0	37	
240	37	29	2,50	2,0	2 × 1,2	—	2,5	2 × 1,0	—	—	2,0	40	
310	37	36	2,50	2,1	2 × 1,2	—	2,5	2 × 1,0	—	—	2,0	43	
400	37	36	2,50	2,2	2 × 1,2	—	2,5	2 × 1,0	—	—	2,0	46	
500	37	36	2,75	2,3	2 × 1,3	—	3,0	2 × 1,0	—	—	2,0	49	
625	37	36	2,75	2,4	2 × 1,3	—	3,0	2 × 1,0	—	—	2,0	54	
800	37	36	3,0	2,6	2 × 1,4	—	3,0	2 × 1,0	—	—	2,0	58	
1000	37	36	3,0	2,8	2 × 1,4	—	3,0	2 × 1,0	—	—	2,0	63	
	37	36	3,0	3,0	2 × 1,5	—	3,0	2 × 1,0	—	—	2,0	67	
													68

Säurefreie imprägnierte Jute

Imprägnierte Papier- oder Faserisolation

1

Bei Anordnung von Kabeln in Kanälen u. dgl. oder Anhäufung von Kabeln im Erdboden oder ähnlichen ungünstigen Verhältnissen empfiehlt es sich, die Höchstbelastung auf $\frac{3}{4}$ der in der Tabelle angegebenen Werte zu ermäßigen.

Die in der Tabelle angegebenen Stromstärken dürfen nur bei Betrieben mit stark und schnell schwankender Belastung z. B. bei Förderanlagen, Walzwerken u. dgl. überschritten werden.⁵⁾

F. Normalien für konzentrische, bikonzentrische und verseilte Mehrleiterbleikabel mit und ohne Prüfdraht.

Die Drähte der Außenleiter bei konzentrischen und bikonzentrischen Kabeln sind derart zu wählen, daß dieselben einen möglichst geschlossenen Leiter bilden. Schwächer als 0,8 mm Durchmesser dürfen die Drähte jedoch nicht sein.

Kupfer- quer- schnitt der Einzel- leiter qmm	Mindestzahl der Drähte			Prüf- drähte	Isolierhülle für Kabel bis 700 Volt	
	des Innen- leiters bei kon- zentrischen Kabeln		in jedem kreis- förmigen Leiter bei den ver- seilten Kabeln	Quer- schnitt der Kupfer- seele qmm	Kon- struk- tion	Mindest- stärke zwi- schen den Leitern und zwi- schen Leiter und Blei
	ohne Prüf- drähte	mit Prüf- drähten				
1	—	—	1	}	Imprägnierte Papier- oder Faserisolation	2,3
1,5	—	—	1			2,3
2,5	—	—	1			2,3
4	—	—	1			2,3
6	—	—	1			2,3
10	1	—	1			2,3
16	1	3	7			2,3
25	7	6	7			2,3
35	7	6	7			2,3
50	19	6	19			2,3
70	19	13	19			2,3
95	19	13	19			2,3
120	19	13	19			2,3
150	19	18	37			2,3
185	37	26	37			2,5
240	37	29	37			2,5
310	37	36	61			2,8
400	37	36	—			2,8

5) Vgl. Normalie A, S. 225 unter ¹⁵⁾. Bei im Erdboden verlegten Kabeln tritt im allgemeinen ein starker Wärmeaustausch mit der Umgebung ein, der geeignet ist, auch bei vorübergehender Überschreitung der Normalbelastung eine bedenkliche Temperaturerhöhung zu verhindern. Über Sicherung der Kabel siehe ETZ 1907, S. 502 Sp. 2.

Konzentrische und bikonzentrische Kabel sind nur für Spannungen bis 3000 Volt zulässig.

Die Prüfspannungen der Kabel werden wie folgt festgesetzt⁶⁾:

Die Spannung bei der Prüfung in der Fabrik soll das Doppelte, jene bei der Prüfung nach fertiger Verlegung das $1\frac{1}{4}$ fache der Betriebsspannung betragen.

Den Bedingungen ist genügt, wenn die Kabel in der Fabrik nach einhalbstündiger Prüfung und im fertig verlegten Netz nach einstündiger Prüfung mit den vorgeschriebenen Spannungen in Wechselstrom- bzw. bei den Dreifachkabeln in Drehstromschaltung nicht durchschlagen.

Die Stärken der Isolationsschichten zwischen den Leitern unter sich und zwischen den Leitern und Blei werden bei den Kabeln höherer Spannungen, also über 700 Volt, dem Ermessen des Fabrikanten überlassen. Keinesfalls dürfen die Stärken geringer sein als für die Kabel für 700 Volt festgelegt ist.

Die Stärken der Bleimäntel und der Eisenbandarmierung richten sich nach folgender Tabelle:

Durchmesser der Kabelseele unter dem Blei- mantel mm	Bleimantel		Bespinnung des Bleimantels mm	Blechstärke der Armierung mm
	einfach	doppelt		
	mm	mm		
10	1,5	2 × 0,9	2	2 × 0,8
12	1,6	2 × 0,9	2	2 × 0,8
14	1,7	2 × 1,0	2	2 × 0,8
16	1,7	2 × 1,1	2	2 × 0,8
18	1,8	2 × 1,1	2	2 × 0,8
20	1,9	2 × 1,1	2,5	2 × 1,0
23	2,0	2 × 1,2	2,5	2 × 1,0
26	2,1	2 × 1,2	2,5	2 × 1,0
29	2,2	2 × 1,2	2,5	2 × 1,0
32	2,3	2 × 1,3	2,5	2 × 1,0
35	2,4	2 × 1,3	2,5	2 × 1,0
38	2,6	2 × 1,3	3	2 × 1,0
41	2,7	2 × 1,4	3	2 × 1,0
44	2,8	2 × 1,4	3	2 × 1,0
47	3,0	2 × 1,5	3	2 × 1,0
50	3,2	2 × 1,6	3	2 × 1,0
54	3,2	2 × 1,6	3	2 × 1,0
58	3,4	2 × 1,7	3	2 × 1,0
62	3,4	2 × 1,7	3	2 × 1,0
66	3,6	2 × 1,8	3	2 × 1,0
70	3,6	2 × 1,8	3	2 × 1,0

6) Gegen die für Mehrleiterkabel festgesetzte Prüfspannung ist das Bedenken erhoben worden, daß sie nicht die volle Sicherheit biete gegen jene Überspannungen, die im Betriebe etwa infolge von Extraströmen oder von Resonanzerscheinungen auftreten können. Derartige Bedenken dürften jedoch nicht stichhaltig sein. Denn die Überspannungen, die als Folge von

Die Besspinnung über der Armierung muß derart ausgeführt werden, daß eine gute Deckung vorhanden ist.

Belastungstabelle für im Erdboden verlegte verseilte Zweileiterkabel für Spannungen bis 3000 Volt.⁷⁾

qmm	Ampere	qmm	Ampere
4	42	95	275
6	53	120	315
10	70	150	360
16	95	185	405
25	125	240	470
35	150	310	545
50	190	400	635
70	230		

Belastungstabelle für im Erdboden verlegte verseilte Zweileiterkabel für Spannungen von mehr als 3000 bis 10000 Volt.

qmm	Amp.	qmm	[Amp.
10	65	70	215
16	90	95	255
25	115	120	290
35	140	150	335
50	175	185	380

Belastungstabelle für im Erdboden verlegte verseilte Dreileiterkabel für Spannungen bis 3000 Volt.

qmm	Amp.	qmm	Amp.
4	37	95	240
6	47	120	280
10	65	150	315
16	85	185	360
25	110	240	420
35	135	310	490
50	165	400	570
70	200		

Belastungstabelle für im Erdboden verlegte verseilte Dreileiterkabel für Spannungen von mehr als 3000 bis 10000 Volt.

qmm	Amp.	qmm	Amp.
10	60	70	190
16	80	95	225
25	105	120	260
35	125	150	300
50	155	185	340

Resonanz auftreten können, werden ebenso leicht das Doppelte wie das Zehnfache oder Mehrfache der Betriebsspannung erreichen können. Gegen sie würde daher auch eine Erhöhung der Prüfspannung ebenfalls nicht unbedingt schützen. Vielmehr strebt man im derzeitigen Betrieb von Kabelnetzen dahin, derartige Überspannungen im vorhinein durch richtige Berechnung der Kabelnetze auszuschließen und gleichzeitig durch Spannungssicherungen die etwa noch möglichen Zufälle unschädlich zu machen.

7) Vgl. unter 4) und ETZ 1907, S. 500.

Belastungstabelle für im Erdboden verlegte verseilte Vierleiterkabel für Spannungen bis 3000 Volt.

qmm	Amp.	qmm	Amp.
4	34	70	185
6	48	95	220
10	57	120	250
16	75	150	290
25	100	185	330
35	120	240	385
50	150	310	445

Belastungstabelle für im Erdboden verlegte verseilte Vierleiterkabel für Spannungen von mehr als 3000 bis 10000 Volt.

qmm	Amp.	qmm	Amp.
10	55	70	170
16	70	95	205
25	95	120	240
35	115	150	275
50	140	185	310

Belastungstabelle für im Erdboden verlegte konzentrische Zweileiterkabel für Spannungen bis 3000 Volt.

qmm	Amp.	qmm	Amp.
10	70	120	310
16	90	150	360
25	120	185	405
35	145	240	470
50	180	310	550
70	220	400	645
95	270		

Belastungstabelle für im Erdboden verlegte konzentrische Dreileiterkabel für Spannungen bis 3000 Volt.

qmm	Amp.	qmm	Amp.
10	55	120	255
16	75	150	290
25	100	185	330
35	120	240	385
50	150	310	455
70	185	400	530
95	220		

Den Tabellen ist eine Übertemperatur von 25° C. und die übliche Verlegungstiefe von etwa 70 cm zugrunde gelegt.

Sie gelten, solange nicht mehr als zwei Kabel im gleichen Graben nebeneinander liegen. Gesondert verlegte Mittelleiter bleiben hierbei unberücksichtigt.

Bei Anordnung von Kabeln in Kanälen u. dgl. oder Anhäufung von Kabeln im Erdboden oder ähnlichen ungünstigen Verhältnissen empfiehlt es sich, die Höchstbelastung auf $\frac{3}{4}$ der in der Tabelle angegebenen Werte zu ermäßigen.

Die in den Tabellen angegebenen Stromstärken dürfen nur bei Betrieben mit stark und schnell schwankender Belastung, z. B. bei Förderanlagen, Walzwerken u. dgl., überschritten werden.

G. Normalien für Gummibleikabel.⁸⁾

Für Gummibleikabel sind je nach Spannung normale Gummiaderleitungen zu verwenden. Mehrleiter-Gummibleikabel sind als verseilte Kabel aus Gummiaderleitungen herzustellen. Die Adern müssen einzeln umklöppelt sein und nach der Verseilung mit einem imprägnierten Bande umgeben werden. Bleimantel und Armierung müssen bei Einleiterkabeln der Tabelle unter E, bei Mehrleiterkabeln der Tabelle unter F entsprechen. Bei mit Metall umklöppelten Gummibleikabeln werden Vorschriften, betreffend die Hülle über dem Bleimantel, nicht erlassen.

Adern und fertige Kabel sind nach den Bestimmungen unter A II zu prüfen. Für die zulässige Belastung sind die Tabellen unter E und F maßgebend.

H. Normalien für Bleikabel mit Aluminiumleiter.⁸⁾

Aluminiumkabel sind in ihren Abmessungen wie Kupferkabel gleichen Leiterdurchmessers und nicht wie solche elektrisch gleichwertigen Kupferquerschnittes zu behandeln.

J. Leitsätze für bewegliche Kabel.

(Abteufkabel, Pflugkabel, Krankabel und dergleichen.)

Bewegliche Kabel für vorgenannte Zwecke bestehen aus Gummiader- oder Spezialgummiader-Leitungen geeigneter Anordnung, welche mit einer ihrer Beanspruchung entsprechenden Umhüllung oder Bewehrung, jedoch nicht mit Bleimantel, versehen sind.

Ist die Betriebsspannung höher als 250 Volt, so müssen die Kabel eine Metallbewehrung erhalten. Bei den bewehrten Kabeln ist eine Überschreitung der in A II, a u. b festgesetzten Spannungsgrenzen erlaubt.

Bei Betriebsspannungen von mehr als 250 Volt sind Prüf- und Hilfsdrähte in diesen Kabeln, sowie die Verwendung von Leiterquerschnitten unter 6 qmm, unzulässig. Für Betriebsspannungen bis höchstens 250 Volt ist der kleinste zulässige Leiterquerschnitt 2,5 qmm.

Die Leiter sollen mehrdrähtig sein und möglichst aus einer Länge bestehen. Bei Verbindungen sollen die Drähte einzeln verlötet werden, und die Lötstellen so versetzt sein, daß die Biegsamkeit und Festigkeit der Litze nicht beeinträchtigt wird.

Die Einzeldrähte sollen bis zum Querschnitt von 50 qm nicht über 0,8 mm Durchmesser, bei größeren Querschnitten nicht über 1,2 mm Durchmesser haben. Bei Querschnitten über 10 qmm soll die Litze mehrschenkelig sein. Der Drall soll bei einzelnen Litzen nicht mehr als das 12- bis 15fache des Litzendurchmessers betragen, bei mehrschenkeligen Litzen nicht mehr als das 11fache des Gesamtdurchmessers.

Die Isolierung der Adern ist nach der vollen Betriebsspannung, und nicht unter Berücksichtigung der Spannung bei geerdetem Nullpunkt zu wählen.

8) Die Normalien G. und H. gelten vom 1. 7. 1910 an.

Bei Kabeln, welche sich selbst tragen müssen, sollen als Träger Drahtseile oder die Kabelbewehrung verwendet werden, deren Festigkeit so zu bemessen ist, daß sie das Gesamtgewicht (Kabel, Träger und gegebenenfalls daran hängende Teile) mit fünffacher Sicherheit zu tragen vermögen.

Zwischen Kabeladern und Bewehrung, oder dazwischen liegenden Drahtseilen, soll außer der Beklöppelung ein Schutzpolster aus geeignetem imprägniertem Fasermaterial angebracht werden, dessen Stärke einschließlich der ersteren mindestens der Isolationsdicke gleichkommt.

Die Bewehrung soll biegsam sein, wie überhaupt auf die Biegsamkeit des ganzen Kabels der größte Wert zu legen ist.

Es sollen Vorkehrungen getroffen werden, welche das Aufdrehen eines freihängenden Kabels verhüten.

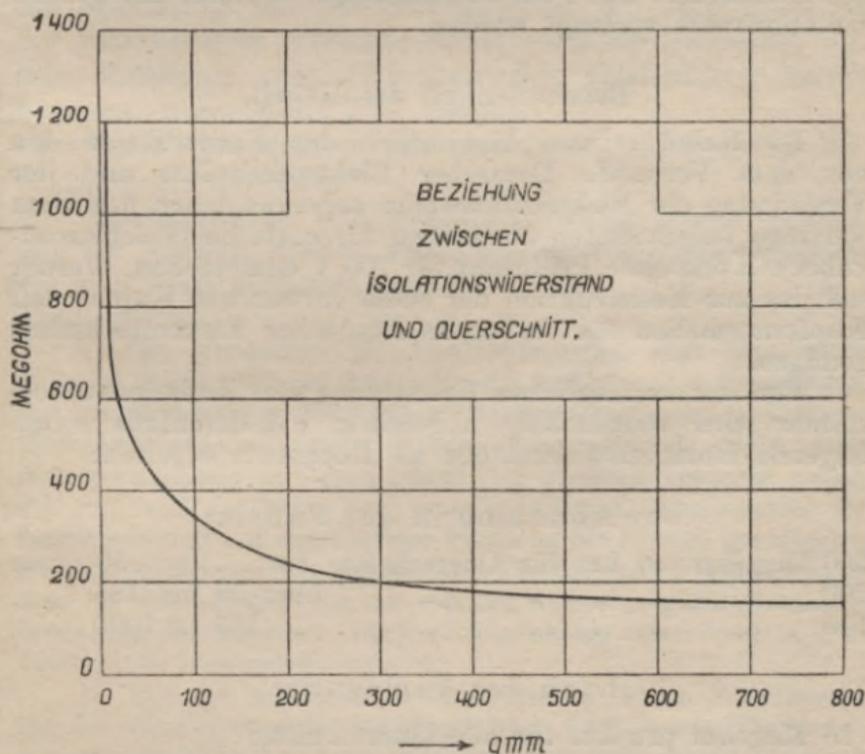
Tragseile und Metallschutz sind gegen Rost beziehungsweise chemische Einflüsse zu schützen.

Die Prüfung der Einzeladern hat sowohl vor der Verseilung wie im fertigen Kabel in der Fabrik unter Wasser nach A II zu erfolgen.

Isolationswiderstand von Kabeln.

Hierüber hat die Draht- und Kabelkommission des V. D. E. folgendes veröffentlicht (ETZ. 1908, S. 658):

Man hat früher bei Einfach- und Mehrfachkabeln für hohe, sowie für niedrige Spannungen Wert auf die Einhaltung eines gewissen Minimal-Isolationswiderstandes gelegt und



die Brauchbarkeit eines Kabels nach der Höhe des Isolationswiderstandes beurteilt. Die Erkenntnis, daß Isolationswiderstand und Durchschlagsfestigkeit in der Regel nichts miteinander zu tun haben, sowie der Umstand, daß sehr hoch isolierende Massen die Papierisolation meistens hart und spröde machen, besonders bei niedrigen Temperaturen, hat neuer-

dings indessen zu einer Änderung der Anschauung geführt, die ihren weitestgehenden Ausdruck darin gefunden hat, daß der Verband Deutscher Elektrotechniker in seinen Kabelnormalien von der Forderung eines bestimmten Minimalisolationswiderstandes überhaupt Abstand genommen hat.

Man ist hierbei von der Erwägung ausgegangen, daß für die Betriebssicherheit lediglich die Durchschlagsfestigkeit maßgebend bleibt, daß es auf der anderen Seite aber mit Rücksicht auf die bei der Verlegung auftretenden Beanspruchungen wünschenswert ist, daß das Kabel eine hinreichend große Biegsamkeit besitzt. Selbstverständlich ist diese Bestimmung nun aber nicht so aufzufassen, daß die Kabel überhaupt keinen Isolationswiderstand aufzuweisen brauchen, es wird vielmehr als naturgemäß angesehen werden können, daß ein gewisser Isolationswiderstand an und für sich vorhanden ist. In solchen Fällen, wo es wünschenswert erscheint, derartige Minimalwerte festzulegen, muß berücksichtigt werden, daß unter sonst gleichen Verhältnissen der Isolationswiderstand eines Kabels erheblich mit dem Querschnitte variiert. Diese Tatsache läßt sich aus geometrischen Beziehungen ohne weiteres herleiten. In der beigelegten Kurventafel (Seite 235) ist der Verlauf des Isolationswiderstandes als Funktion des Querschnittes für einen bestimmten Kabeltyp dargestellt, und man sieht ohne weiteres, daß einem Isolationswiderstand von etwa 800 Megohm bei einem Kabel von 10 qmm für gleiches Isoliermaterial und gleiche Isolationsdicke, bei einem Kabel von 500 qmm ein Isolationswiderstand von nur 180 Megohm entspricht. Stellt man also Bedingungen auf, so muß auf diese natürliche Variation sinngemäß Rücksicht genommen und nicht für sämtliche Querschnitte der gleiche Isolationswert verlangt werden.

Beschaffenheit der Kabel.

Die Kabel müssen hinsichtlich der Konstruktion den von dem Verbands Deutscher Elektrotechniker und der Vereinigung der Elektrizitätswerke angenommenen und dem Verträge beigehefteten Normalien für einfache Gleichstromkabel mit und ohne Prüfdraht für 700 V entsprechen. Ferner soll das zur Konstruktion der Seele verwendete Kupfer den Kupfernormalien des Verbandes Deutscher Elektrotechniker genügen.

Von der vertraglichen Festsetzung der Isolationswiderstände wird zweckmäßig abgesehen. Anderenfalls sollen folgende Isolationswiderstände als Höchstwerte gelten:

bei Abnahme in der Fabrik:

300 Megohm pro km für Querschnitte bis	50 qmm
200 " " " " " "	über 50 bis 185 "
100 " " " " " "	„ 185 „ 1000 "

nach der Verlegung:

15 Megohm pro km für alle Querschnitte.

Diese Werte verstehen sich für eine Temperatur von 15° C und eine Elektrisierung von 1 Min. Bei Messung nach Verlegung müssen die Hausanschlußkabel freientdigen.

Normalien für Freileitungen.¹⁾

Gültig ab 1. Januar 1908.

I. Leitungen.

a) Material.

Zu Freileitungsstrecken darf weicher, ausgeglühter Kupferdraht nur verwendet werden, wenn seine Beanspruchung nach den Festigkeitsrechnungen (siehe b) 5 kg/qmm nicht übersteigt.

Für hartgezogenen Kupferdraht darf bei den Festigkeitsrechnungen (siehe b) keine höhere Beanspruchung als 12 kg qmm angenommen werden, es sei denn, daß die Spannungen an der Streck- und Bruchgrenze durch Prüfungsbescheinigungen nachgewiesen werden. In letzteren Fällen wird eine Beanspruchung bis zur Hälfte der Spannung an der Streckgrenze zugelassen.²⁾

Als hartgezogen gilt Kupferdraht nur dann, wenn die Spannung an der Streckgrenze 0,8 derjenigen an der Bruchgrenze erreicht; dabei muß die Dehnung, auf eine Meßlänge vom 35fachen des Drahtdurchmessers bezogen, mindestens 2% betragen.

Bei Seilen müssen die einzelnen Drähte dieser Bedingung entsprechen.

Hartgezogene Kupferdrähte dürfen durch Lötung nur an solchen Stellen miteinander verbunden werden, die von Zug entlastet sind.³⁾

1) Die Normalien für Freileitungen sind zum ersten Male im Jahre 1907 als Ersatz für die früher in den Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen enthaltenen Bestimmungen aufgestellt worden, die sich als nicht mehr übereinstimmend mit dem Stand der Technik erwiesen haben. Sie sind auf die beim Bau neuerer Anlagen gesammelten Erfahrungen und auf ausführliche Versuche des Königl. preußischen Materialprüfungsamtes gegründet. Die folgenden Erläuterungen sind im wesentlichen von der mit der Aufstellung der Normalien betrauten Kommission (Jäger, Klingenberg, Schrottko) in ETZ 1907, S. 811 mitgeteilt worden.

2) Bei den geprüften Drähten bis zu 3 mm Durchmesser lag die Streckgrenze in der Regel über 42 kg/qmm, die Bruchgrenze zwischen 43 und 52 kg/qmm. Die größeren Querschnitte ergaben geringere Werte. Es empfiehlt sich daher, für stark beanspruchte Leitungen größeren Querschnittes Seile mit nicht mehr als 4 mm starken Einzeldrähten zu verwenden.

3) Die beim Löten eintretende Erwärmung bewirkt in der Regel eine erhebliche Verminderung der Härte und damit der Festigkeit.

Für Aluminiumdraht ist eine Beanspruchung bis zu 9 kg/qmm zulässig.

Bei Verwendung anderen Materials ist die zulässige Beanspruchung entsprechend der Lage der Streckgrenze zur Bruchgrenze und entsprechend der Dehnung festzusetzen. Die Höchstbeanspruchung darf jedoch die Hälfte der Streckgrenze nicht überschreiten.

b) Festigkeitsrechnungen.

Den Festigkeitsrechnungen ist das eine Mal eine Temperatur von -20° C. ohne zusätzliche Belastung, das andere Mal eine Temperatur von -5° C., und eine Belastung durch Eis zugrunde zu legen. Das Gewicht des Eises ist hierbei gleich $0,015 \cdot q$ kg pro Meter einzusetzen, wobei q den Querschnitt der Leitung in Quadratmillimeter bedeutet. In keinem dieser Fälle darf die Beanspruchung dieses Leitungsmaterials die unter a) festgesetzte Höchstbeanspruchung überschreiten.⁴⁾

II. Gestänge.

a) Holzgestänge.

Die Standpunkte einfacher Stangen dürfen in geraden Strecken nachfolgende Maximalabstände nicht überschreiten.

Für Linien mit einem Gesamtquerschnitt der Leitungsdrähte und Schutzdrähte:⁵⁾

- | | |
|-----------------------------------|-------|
| a) bis 105 qmm | 80 m, |
| b) über 105 bis 210 qmm | 60 m, |
| c) über 210 bis 300 qmm | 50 m, |
| d) über 300 qmm | 40 m. |

Für diese Abstände sind die Zopfstärken der Masten nach der folgenden Formel zu berechnen:

$$Z = 1,2 \sqrt{D \cdot H}$$

4) Es ist davon ausgegangen, daß die höchste Beanspruchung durch Wind bei Temperaturniedergang auf -20° nicht mit der höchsten Beanspruchung durch Eisbelastung zusammenfällt, da letztere bei Temperaturen in der Nähe des Nullpunkts eintritt, die stärkste Windbelastung dagegen durch Weststürme verursacht wird, die in Deutschland ausnahmslos warm sind. Die nach der aufgestellten Rechnungsregel ermittelten Beanspruchungen durch Eisbelastung liegen der Regel nach bei Spannweiten unter 50 m unter der Beanspruchung bei Temperaturniedrigung auf -20° , bei größeren Spannweiten darüber.

Die Eisbelastung ist proportional dem Querschnitt des Drahtes angenommen und berücksichtigt, daß das spez. Gewicht des Eises zwischen 0,1 und nahezu 1 schwankt.

Erörterungen über die Berechnung von Leitungen und Gestängen finden sich u. a. in ETZ 1902, S. 593; 1903, S. 37, 255; 1907, S. 896. Z. f. Elektrot. (Wien) 1899, S. 199; 1906, S. 837.

5) Die auf gerader Strecke vorgeschriebenen Maximalabstände der Gestänge gelten nur für einfache Stangen. Bei Verwendung von besonders standfesten Gestängekonstruktionen sind größere Spannweiten zulässig. Diese Art des Leitungsbaues wird immer mehr angewendet.

Hierin bedeutet D die Summe der Durchmesser aller an dem Mast befindlichen Leitungen in Millimeter und H die mittlere Höhe der Leitungen über dem Erdboden in Meter.⁶⁾

Stangen mit geringeren Zopfständen als 13 cm sind nicht zulässig. Für Hochspannung bis 1000 Volt müssen die Stangen mindestens 15 cm, für höhere Spannungen mindestens 18 cm Zopfstärke haben.⁷⁾

Bei größeren Stangenabständen als vorstehend angegeben, sind entweder Stangen von größerer Zopfstärke, gekuppelte Stangen oder Holzkonstruktionen anzuwenden. In Kurven, bei Kreuzungen mit anderen elektrischen Leitungen, mit Eisenbahnen und bei Wegüberführungen, müssen die Stangenabstände den besonderen Umständen entsprechend geringer gewählt werden.⁸⁾ Der Berechnung der Gestängekonstruktion ist in solchen Fällen eine Beanspruchung von 70 kg pro qcm zugrunde zu legen. Als ungünstigster Fall ist dabei eine Windbelastung von 125 kg pro qm senkrecht getroffener Fläche der Leitungen und der Konstruktionsteile anzunehmen. Bei zylindrischen Körpern ist die Fläche gleich dem 0,7 fachen des Durchmessers, multipliziert mit der Länge, einzusetzen.

b) Gestänge aus Flußeisen.

Die Beanspruchung der Eisenkonstruktionen darf im ungünstigsten Falle 1500 kg pro qcm nicht überschreiten.⁹⁾ Als ungünstigster Fall gilt eine Windbelastung von 125 kg pro qm senkrecht getroffener Fläche der Leitungen und der Masten. Bei zylindrischen Körpern ist die Fläche gleich dem 0,7 fachen des Durchmessers, multipliziert mit der Länge, einzusetzen.

6) Die Formel folgt aus der Überlegung, daß die Festigkeit des Mastes proportional dem Quadrate der Zopfstärke wächst, während für die Beanspruchung die Windbeanspruchung der Leitungen maßgebend ist.

7) Der bereits früher angenommene Grundsatz, daß Anlagen für höhere Spannung mit größerer Sicherheit gebaut sein sollen, ist hier aufrecht erhalten und weiter ausgebildet worden.

8) Vgl. § 22 k) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen, S. 106. Holzgestänge bedürfen auch einer regelmäßigen Untersuchung. Die hierfür aufgestellten Grundsätze sind in den Vorschriften für den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen, § 12 unter¹⁾, S. 172 wiedergegeben.

9) Die Berechnung der Gestänge auf Winddruck ist auf die Voraussetzung gegründet, daß der Wind die Leitungen genau senkrecht zu ihrer Richtung trifft, was den allerungünstigsten, kaum jemals vollständig verwirklichten Fall darstellt, so daß diese Berechnung schon eine große Sicherheit einschließt. Deshalb konnte die höchst zulässige Beanspruchung der Eisenkonstruktion zu 1500 kg/qcm festgesetzt werden.

c) Gestänge aus besonderen Materialien.

Gestänge aus besonderen Materialien dürfen bis zu $\frac{1}{3}$ der vom Lieferanten zu garantierenden Bruchfestigkeit, gußeiserne Konstruktionsteile jedoch nur bis zu 300 kg pro qcm beansprucht werden.

d) Aufstellung der Gestänge.

Die Masten und Gestänge sind ihrer Länge und der Bodengattung entsprechend tief einzugraben (im mittleren Boden auf eine Tiefe von in der Regel 1,5 bis 2,5 m), gut zu verrammen (in weichem Boden gegebenen Falles besonders zu sichern) und in allen Winkelpunkten zu verstärken, zu verankern oder zu verstreben.¹⁰⁾

An Straßen- und Wegübergängen muß bei Hochspannungsleitungen unmittelbar auf jeder Seite der Straße ein Mast stehen, dessen Umfallen auf die Straße entweder durch seine Konstruktion oder durch Verankerung oder Verstrebung möglichst zu verhindern ist. Wenn für die Aufstellung der Gestänge die Wahl der Straßenseite freisteht, so empfiehlt sich die Benutzung der Ostseite, weil dann die etwa durch den am häufigsten auftretenden Weststurm umgeworfenen Gestänge nicht auf die Straße fallen.

Bei der Errichtung von Leitungen mit Holzmasten in Gegenden, die besonders heftigen Stürmen ausgesetzt sind, soll auch in geraden Strecken in der Regel jeder fünfte Mast verstärkt oder mit Verankerungen derart versehen werden, daß ein Auffallen des Gestänges auf die Verkehrswege infolge von Mastbrüchen möglichst vermieden wird.

III. Besondere Bestimmungen zur Vermeidung von Schutznetzen.

Sollen durch erhöhte Sicherheit im Sinne des § 22 h und k Schutznetze vermieden werden, so dürfen die Leitungen nur mit der Hälfte der unter I a zugelassenen Zugspannung beansprucht werden. Hierbei müssen die Maste, welche den Übergang zwischen Leitungsfeldern verschiedener Zugspannung vermitteln, für den größten einseitigen Zug bemessen sein. Durch besondere Gestaltung der Isolatoren, oder durch die besondere Befestigung der Leitungen an diesen oder

10) Allgemeine Regeln über die Befestigung im Boden lassen sich nicht geben. Bei gerader Linienführung und gutem Boden genügt im allgemeinen die übliche Wiederbefestigung des Bodens an der hinreichend tief eingegrabenen Stange. Bei weichem Boden und an Winkelpunkten kommt das Einbetonieren oder das Einlegen imprägnierter Schwellen als Hilfsmittel gegen einseitige Beanspruchung des Bodens in Betracht.

durch andere zweckdienliche Maßnahmen ist dafür zu sorgen, daß auch bei Zerstörung eines Isolators die zugehörige Leitung entweder nicht herabfällt oder vor dem Herabfallen geerdet wird.¹¹⁾

11) Vgl. § 22 h) und k) der Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen unter ¹³⁾ und ¹⁵⁾, S. 104. Der Ersatz der Schutznetze durch entsprechend erhöhte Sicherheit der Leitungen findet neuerdings mehr und mehr Beachtung. Die Schwierigkeiten liegen hierbei hauptsächlich in einer genügenden Bemessung und Befestigung der Isolatoren und in dem Umstande, daß beim Zerbrechen eines Isolators Kurzschluß oder Erdschluß entstehen und dadurch ein Erglühen oder Durchschmelzen der Leitungen in Frage kommen kann. Beiden Gesichtspunkten wird durch Befestigung jeder Leitung an mehreren Isolatoren entsprochen. Eine derartige Ausführung ist ETZ 1909, S. 903 beschrieben; die fortschreitende Technik wird voraussichtlich in kurzer Zeit die Zahl der verfügbaren Hilfsmittel und Anordnungen erheblich vermehren.

Allgemeine Vorschriften für die Ausführung elektrischer Starkstromanlagen bei Kreuzungen und Näherungen von Bahnanlagen.¹⁾

§ 1.

Allgemeines.

1. Einschränkung von Kreuzungen und Näherungen.

Bahnkreuzungen durch Starkstromleitungen sind auf möglichst wenig Stellen zu beschränken.

Als Kreuzungsstellen sind nach Möglichkeit geeignete Durchlässe und Straßenüberführungen zu benützen.

2. Ausführungsarten der Kreuzungen.

Die Bahnkreuzung kann seitens der Starkstromleitung sowohl oberirdisch als auch unterirdisch erfolgen.

3. Beschaffenheit der Kreuzungen und Näherungen.

Die Leitungen müssen so ausgeführt werden,

- a) daß die Anlagen und der Betrieb der Bahn nicht beeinträchtigt oder gefährdet werden,
- b) daß eine störende Beeinflussung der auf Bahngelände befindlichen Schwachstromleitungen ausgeschlossen ist,
- c) daß Beschädigungen von Personen oder des Bahneigentums durch den elektrischen Strom nicht eintreten können,
- d) daß ihre Ausbesserung oder Ersatz ohne Störung des Eisenbahnbetriebes geschehen kann,
- e) daß sie den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen entsprechen,
- f) daß sie den von der zuständigen Eisenbahn- und Postverwaltung erlassenen Vorschriften über den Schutz ihrer Anlagen entsprechen.

1) Diese Vorschriften sowie die für Kreuzung usw. von Starkstromanlagen mit Telegraphen- und Fernsprechleitungen (S. 247) sind im Jahre 1907 durch eine von den beteiligten staatlichen Verwaltungen, von der Vereinigung der Elektrizitätswerke und vom Verbands Deutscher Elektrotechniker beschickte Kommission vereinbart worden. ETZ 1908, S. 775—776. Ein die Ausführung der Vorschriften betreffender preußischer Ministerialerlaß vom 28. 4. 1909 ist ETZ 1909, S. 520 wiedergegeben, die in Preußen geltenden „Bedingungen für fremde Starkstromleitungen auf Bahngelände“ siehe ETZ 1910, S. 141.

§ 2.

Besondere Vorschriften.**A. Oberirdische Kreuzungen.**

1. Anordnung der Leitungsanlage.

Das lichte Raumprofil einschließlich der in § 11 der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung frei zu haltenden Spielräume darf durch das Gestänge oder die Drähte und dgl. nicht beeinträchtigt werden. Bei Kreuzungen darf, wenn die Starkstromanlage Hochspannung führt, und wenn zwischen ihr und den auf Bahngelände befindlichen Leitungen keine geerdeten Schutznetze vorhanden sind, der Abstand der Konstruktionsteile der Starkstromanlage von den auf Bahngelände befindlichen Leitungen in senkrechter Richtung nicht weniger als 2 m, bei Hochspannungsanlagen, wenn geerdete Schutzvorrichtungen angebracht sind, sowie bei Niederspannungsanlagen derselbe Abstand nicht weniger als 1 m, der Abstand in wagerechter Richtung dagegen in allen Fällen nicht weniger als $1\frac{1}{4}$ m betragen. Bei Niederspannung können in besonderen Fällen Ermäßigungen des wagerechten Abstandes zugelassen werden. Hierbei darf die Entfernung von Schienenoberkante bis zum kreuzenden Konstruktionsteil nicht weniger als 7 m betragen.

2. Beanspruchung und Spannweite der Leitungsanlage.

Zur Erhöhung der Sicherheit sind bei Überführungen geringe Spannweiten anzustreben.²⁾

3. Beschaffenheit der Tragkonstruktionen.

Zur Erzielung möglichst sicherer Bauart sind für die beiderseits der Bahnlinie stehenden Tragkonstruktionen so starke Eisenmaste zu verwenden, daß auch bei Leitungsbruch ein gefahrbringendes Nachgeben des Gestänges ausgeschlossen ist, und zwar ist der Berechnung der Maste sowie der Querträger und Isolatorstützen selbst unter der Annahme des Bruchs aller Leitungen in einem benachbarten Leitungsfeld und bei ungünstigem Winddruck (125 kg pro qm senkrecht getroffene Fläche) mindestens fünffache Sicherheit gegen Bruch zugrunde zu legen, wobei etwaige Verankerungen unberücksichtigt bleiben.

4. Aufstellung der Tragkonstruktionen.

Die beiderseitigen Überführungsmaste müssen einbetoniert werden oder ein Fundamentmauerwerk erhalten.

Sie sind gemäß den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen zu erden.

5. Beschaffenheit der Leitungen.

a) Die überspannende Leitungsstrecke ist in der Weise auszubauen, daß das Kreuzungsfeld für sich allein die nötige Festigkeit aufweist. Außerdem ist denjenigen Gefähr-

2) Zur Verminderung der Spannweite kommt neben der Auswahl der Überführungsstelle das Aufstellen der Maste auf Bahngrund in Frage.

dungen der Festigkeit der Leitung Rechnung zu tragen, die durch Stromwirkungen beim Bruch von Isolatoren oder dgl. eintreten.

- b) Im Kreuzungsfeld sind nur Drahtseile zu verwenden.
- c) Diese müssen mindestens 1400 kg absolute Bruchfestigkeit aufweisen und unabhängig von dem verwendeten Material mindestens 35 qmm Querschnitt haben.³⁾
- d) Löt- und Verbindungsstellen sind im Kreuzungsfelde nicht zulässig.⁴⁾
- e) Der Durchhang der Leitung im Kreuzungsfelde ist so zu bemessen, daß mindestens eine 10fache Sicherheit gegen Bruch bei -20° C vorhanden ist.
- f) Wird die Sicherheit der Leitungsführung dadurch erreicht, daß die Leitungen in kurzen Abständen auf Isolatoren befestigt sind, die von einem die Überführungsmaste verbindenden Gitterträger getragen werden, so erübrigen sich die Bestimmungen b bis einschließlich e.

B. Unterirdische Kreuzungen.

1. Verlegung der Kabel.

Die Verlegung unterirdischer Kabel hat, soweit dieselben unter Geleisen liegen, in drucksicheren Röhren aus hartgebranntem Ton, Zement oder Eisen oder in gemauerten Kanälen zu erfolgen.

2. Tiefe der Verlegung unter der Erdoberfläche.

Die Oberkante des Rohres oder Kanales soll mindestens 1 m unter Schienenunterkante bzw. Erdoberfläche liegen, so daß weder die Bahnunterhaltungsarbeiten durch die Unterführung beeinträchtigt, noch die Unterführungsanlage selbst durch diese Arbeiten beschädigt werden können.

C. Näherungen von Starkstromleitungen an Eisenbahnanlagen und an bahneigene Schwachstromleitungen.

a) In der Nähe der Eisenbahnanlagen müssen Maste entweder mindestens in eine Entfernung gleich einer Mastlänge über dem Boden plus 3 m von der Gleismitte abgerückt werden, oder es müssen Eisenmaste von ausreichender Standfestigkeit verwendet, oder die Maste müssen derart verankert oder verstrebt werden, daß sie bei Umbruch am Fußpunkte nicht nach der Bahnseite fallen können.

b) An denjenigen Stellen, an welchen die Starkstromleitungen neben den Schwachstromleitungen verlaufen, und der Abstand der Starkstrom- und Schwachstromdrähte voneinander weniger als 10 m beträgt, müssen Vorkehrungen getroffen sein, durch welche eine Berührung der Starkstrom- und Schwachstromleitungen sicher verhütet wird. Bei der Ausführung von Niederspannungsanlagen kann als Schutzmittel isolierter Draht verwendet werden. Von der Anbringung

3) Einige Bahnverwaltungen schreiben für die Einzeldrähte der Seile einen Mindestquerschnitt von 16 qmm² vor, um gegen die Zerstörung durch Rauchgase Sicherheit zu erlangen.

4) Zulässig sind jedoch Löt- und Verbindungsstellen, mittels deren die zum Befestigen der Leitungen und zur Erhöhung ihrer Festigkeit dienenden Teile angebracht werden.

besonderer Schutzvorrichtungen kann abgesehen werden, wenn die örtlichen Verhältnisse eine Berührung der Starkstromleitungen und Schwachstromleitungen auch beim Umbruch von Stangen oder beim Herabfallen von Drähten ausschließen, oder wenn die Leitungsanlage durch entsprechende Verstärkung, Verankerung oder Verstrebung des Gestänges oder Befestigung an Häusern vor Umsturz geschützt ist. Als hinreichende Sicherheit gegen die durch Leitungsbruch verursachte Berührungsgefahr der beiden Leitungen gilt — soweit nicht besondere Verhältnisse vorliegen — ein Horizontalabstand von 7 m zwischen beiden Leitungen, wenn innerhalb der Annäherungsstrecke die Spannweite in jeder der beiden Linien auf höchstens 30 m festgesetzt wird.

c) Die unterirdischen Starkstromleitungen müssen tunlichst entfernt von den Telegraphen- und Fernsprechkabeln verlaufen.

d) Wo die beiderseitigen Kabel sich kreuzen oder nebeneinander in einem seitlichen Abstände von weniger als 0,3 m verlaufen, müssen die Starkstromkabel auf der den Schwachstromkabeln zugekehrten Seite mit Halbmuffen aus Zement oder gleichwertigem feuerbeständigem Material von wenigstens 0,06 m Wandstärke versehen sein. Die Muffen müssen 0,30 m zu beiden Seiten der gekreuzten Schwachstromkabel bei seitlichen Annäherungen ebenso weit über den Anfangs- und Endpunkt der gefährdeten Strecke hinausragen. Liegen bei Kreuzungen oder bei seitlichen Abständen der Kabel von weniger als 0,30 m die Starkstromkabel tiefer als die Schwachstromkabel, so müssen letztere zur Sicherung gegen mechanische Angriffe mit zweiteiligen eisernen Rohren bekleidet sein, die über die Kreuzungs- und Näherungsstelle nach jeder Seite hin 1 m hinausragen. Besonderer Schutzvorrichtungen bedarf es nicht, wenn die Starkstrom- oder die Schwachstromkabel sich in gemauerten oder in Zement- oder dergleichen Kanälen von wenigstens 0,06 m Wandstärke befinden.

§ 3.

Bestimmungen über die Bauausführung.

1. Pläne zum Genehmigungsgesuch.

Vor der Bauausführung der auf Bahngebiet geplanten Starkstromanlage sind den zuständigen Behörden genaue Lagepläne für die Leitungsführung und Konstruktionspläne der zugehörigen Anlageteile (Maste, Erdungsbügel u. dgl.) in der verlangten Anzahl von Ausfertigungen zur Genehmigung vorzulegen.

2. Benachrichtigung von der Inangriffnahme und Beaufsichtigung der Arbeiten.

Vor dem beabsichtigten Beginne der Arbeiten sind die zuständigen Behörden rechtzeitig zu benachrichtigen. Die Ausführung aller auf Bahngrund infolge der Anlage der Starkstromleitungen erforderlichen Arbeiten geschieht unter Aufsicht der Eisenbahnverwaltung. Für sachgemäße Ausführung der Einzelheiten der Ausführung ist der Unternehmer allein verantwortlich.

3. Vermehrung der Unterhaltungskosten.

Der Besitzer der Starkstromanlage hat für die etwaige Vermehrung der Unterhaltungskosten der Bahnanlagen aufzukommen, die durch die Errichtung der Starkstromleitung entstehen.

§ 4.

Verbesserung unzulänglicher Einrichtungen.

1. Erweisen sich bei der Ausführung der Starkstromanlage auf bahneigenem Gelände getroffene Einrichtungen nach Entscheid der Eisenbahnverwaltung als unzulänglich, so hat der Unternehmer diese auf seine Kosten zu verbessern oder durch andere zweckdienlichere zu ersetzen.

2. Die Eisenbahnverwaltung ist berechtigt, die erforderlichen Maßregeln zur Beseitigung von Unzuträglichkeiten auf Kosten des Unternehmers selbst zu treffen, falls letzterer innerhalb einer von der Eisenbahnverwaltung festgesetzten Frist dieser Verpflichtung nicht nachkommt.

§ 5.

Betriebseinstellung der Starkstromanlage.

Fehler — d. h. ein schadhafter Zustand in der Starkstromanlage —, durch welche der Bestand der Schwachstromanlagen oder die Sicherheit des Bedienungspersonals gefährdet werden könnte, oder welche zu Störungen des Telegraphen- oder Fernsprechbetriebes Anlaß geben, sind ohne Verzug zu beseitigen.

Außerdem kann in Fällen dringender Gefahr die Einstellung des Betriebes der Starkstromanlage im Wirkungsbereich der Fehler bis zu deren Beseitigung gefordert werden.

§ 6.

Abänderung der Anlagen der Eisenbahnverwaltung.

Etwa durch Änderungen der Anlagen der Bahnverwaltung nach deren Entscheidung erforderliche Abänderungen seiner auf Bahngelände befindlichen Starkstromanlage hat der Unternehmer auf seine Kosten zu bewirken. Andererseits hat er die Kosten für Vornahme von Änderungen zu tragen, die die Eisenbahnverwaltung wegen seiner auf bahneigenem Gelände befindlichen Starkstromanlage an ihren Einrichtungen vornehmen muß.

§ 7.

Abänderung der Starkstromanlage.

Zur Ausführung der Unterhaltungsarbeiten und von Änderungen des auf bahneigenem Gelände liegenden Teiles der Starkstromleitungen nebst Zubehör hat der Unternehmer die Genehmigung der Behörde einzuholen.

§ 8.

Haftbarkeit des Unternehmers der Starkstromanlage.

Bezüglich der Haftpflicht für Unfälle und Schäden, welche auf dem Gebiete der Eisenbahnverwaltung infolge der daselbst vorhandenen Starkstromleitungen nebst Zubehör eintreten, bewendet es bei den gesetzlichen Bestimmungen mit der Maßgabe, daß der Unternehmer für alle in seinem Auftrage tätigen Personen die Haftpflicht übernimmt, soweit nicht die Eisenbahnverwaltung oder deren Organe ein Verschulden trifft.

§ 9.

Beseitigung der Starkstromanlage.

Im Falle der Beseitigung ausgeführter Starkstromanlagen hat der Unternehmer die Kosten der Instandsetzung der Bahnanlagen zu tragen. Über den Umfang der Instandsetzungsarbeiten und deren Ausführungsart entscheidet die Eisenbahnverwaltung.

Allgemeine Vorschriften für die Ausführung und den Betrieb neuer elektrischer Starkstromanlagen (ausschließlich der elektrischen Bahnen) bei Kreuzungen und Näherungen von Telegraphen- und Fernsprechleitungen.

Gültig ab 1. Juli 1908.

1. Für die mit elektrischen Starkströmen zu betreibenden Anlagen müssen die Hin- und Rückleitungen durch besondere Leitungen gebildet sein. Die Erde darf als Rückleitung nicht benutzt oder mitbenutzt werden. Auch dürfen in Dreileiteranlagen die blank in die Erde verlegten oder mit der Erde verbundenen Mittelleiter Verbindungen mit den Gas- oder Wasserleitungsnetzen nicht haben, wenn die vorhandenen Telegraphen- oder Fernsprechleitungen mit diesen Netzen verbunden sind.

2. Oberirdische Hin- und Rückleitungen müssen überall in tunlichst gleichem, und zwar in so geringem Abstände voneinander verlaufen, als dies die Rücksicht auf die Sicherheit des Betriebes zuläßt.

3. An den oberirdischen Kreuzungsstellen der Starkstromleitungen mit den Telegraphen- und Fernsprechleitungen müssen Schutzvorrichtungen angebracht sein, durch welche eine Berührung der beiderseitigen Drähte verhindert bzw. unschädlich gemacht wird.

Bei Niederspannung ist es zulässig, wenn zur Verhinderung von Stromübergängen in die Schwachstromleitungen die Starkstromleitungen auf eine ausreichende Strecke — mindestens in dem in Betracht kommenden Stützpunkts-Zwischenraum — aus isoliertem Drahte hergestellt sind oder wenn bei Verwendung blanken Drahtes eine Berührung der beiderseitigen Drähte durch geeignete Schutzvorrichtungen verhindert oder unschädlich gemacht wird.

Bei der Ausführung von Hochspannungsanlagen ist danach zu streben, daß die Starkstromleitung oberhalb der Schwachstromleitung über letztere hinweggeführt wird. In diesem Falle wird, wenn nicht besondere Verhältnisse vorliegen, als geeignete Schutzmaßnahme ein solcher Ausbau der Starkstromanlage angesehen, daß vermöge ihrer eigenen Festigkeit ein Bruch oder ein die Schwachstromleitung gefährdendes Nachgeben der Starkstromleitungen oder ihrer Gestänge im Kreuzungsfeld auch beim Bruch sämtlicher Leitungsdrähte in den benachbarten Feldern ausgeschlossen ist. Außerdem ist denjenigen Gefährdungen der Festigkeit der Leitungen Rechnung zu tragen, die durch Stromwirkungen beim Bruch von Isolatoren oder dergleichen eintreten.

Liegt die Starkstromleitung unterhalb der Schwachstromleitung, so können als geeignete Maßnahmen z. B. Schutzdrähte gelten, die parallel mit den Starkstromleitungen oberhalb und seitlich von ihnen angeordnet und von denen die oberen durch Querdrähte verbunden sind, während die seitlichen Drähte das Umschlingen der Starkstromleitungen verhindern sollen. Diese Schutzdrähte müssen möglichst gut geerdet sein.

4. Die Kreuzungen der Starkstromdrähte mit Telegraphen- und Fernsprechleitungen müssen tunlichst im rechten Winkel ausgeführt sein.

5. An denjenigen Stellen, an welchen die Starkstromleitungen neben den Schwachstromleitungen verlaufen und der Abstand der Starkstrom- und Schwachstromdrähte voneinander weniger als 10 m beträgt, müssen Vorkehrungen getroffen sein, durch welche eine Berührung der Starkstrom- und Schwachstromleitungen sicher verhütet wird. Bei der Ausführung von Niederspannungsanlagen kann als Schutzmittel isolierter Draht verwendet werden. Von der Anbringung besonderer Schutzvorrichtungen kann abgesehen werden, wenn die örtlichen Verhältnisse eine Berührung der Starkstrom- und Schwachstromleitungen auch beim Umbruch von Stangen oder beim Herabfallen von Drähten ausschließen, oder wenn die Leitungsanlage durch entsprechende Verstärkung, Verankerung oder Verstrebung des Gestänges oder Befestigung an Häusern vor Umsturz geschützt ist. Gegen die durch Leitungsbruch verursachte Berührungsfahr der beiden Leitungen gilt — soweit nicht besondere Verhältnisse vorliegen — ein Horizontalabstand von 7 m zwischen beiden Leitungen als hinreichende Sicherheit, wenn innerhalb der Annäherungsstrecke die Spannweite in jeder der beiden Linien 30 m nicht überschreitet.

6. Bei Kreuzungen darf, wenn die Starkstromanlage Hochspannung führt und wenn zwischen ihr und den Schwachstromleitungen keine geerdeten Schutznetze vorhanden sind, der Abstand der Konstruktionsteile der Starkstromanlage von den Schwachstromleitungen in senkrechter Richtung nicht weniger als 2 m bei Hochspannungsanlagen, wenn geerdete Schutzvorrichtungen angebracht sind, sowie bei Niederspannungsanlagen derselbe Abstand nicht weniger als 1 m, der Abstand in wagerechter Richtung dagegen in allen Fällen nicht weniger als 1,25 m betragen. Bei Niederspannung können in besonderen Fällen Ermäßigungen des wagerechten Abstandes zugelassen werden.

7. Der Abstand der Konstruktionsteile oberirdischer Starkstromanlagen (Stangen, Streben, Anker, Erdleitungsdrähte usw.) von Telegraphen- und Fernsprechkabeln soll möglichst groß sein und mindestens 0,8 m betragen. In Ausnahmefällen kann eine Annäherung bis auf 0,25 m zugelassen werden; alsdann müssen die Telegraphen- und Fernsprechkabel mit eisernen Röhren umkleidet sein.

8. Die Starkstromkabel müssen tunlichst entfernt, jedenfalls in einem seitlichen Abstände von mindestens 0,8 m von den Konstruktionsteilen der oberirdischen Telegraphen- und Fernsprechlinien (Stangen, Streben, Ankern usw.) verlegt sein. Wenn sich dieser Mindestabstand ausnahmsweise in einzelnen Fällen nicht hat innehalten lassen, so müssen die Kabel in eiserne Rohre eingezogen sein, die nach beiden Seiten über die gefährdete Stelle um mindestens 0,25 m hinausragen. Die Rohre müssen gegen mechanische Angriffe bei

Ausführung von Bauarbeiten an den Telegraphen- und Fernsprechlinien genügend widerstandsfähig sein. Auf weniger als 0,25 m Abstand darf das Kabel den Konstruktionsteilen der Telegraphen- und Fernsprechlinien in keinem Falle genähert werden. Über die Lage der verlegten Kabel hat der Unternehmer der Oberpostdirektion einen genauen Plan vorzulegen.

9. Die unterirdischen Starkstromleitungen müssen tunlichst entfernt von den Telegraphen- und Fernsprechkabeln, womöglich auf der anderen Straßenseite verlaufen.

Wo die beiderseitigen Kabel sich kreuzen oder in einem seitlichen Abstände von weniger als 0,3 m nebeneinander verlaufen, müssen die Starkstromkabel auf der den Schwachstromkabeln zugekehrten Seite mit Halbmuffen aus Zement oder gleichwertigem feuerbeständigem Material von wenigstens 0,06 m Wandstärke versehen sein. Die Muffen müssen 0,3 m zu beiden Seiten der gekreuzten Schwachstromkabel, bei seitlichen Annäherungen ebensoweit über den Anfangs- und Endpunkt der gefährdeten Strecke hinausragen. Liegen bei Kreuzungen oder bei seitlichen Abständen der Kabel von weniger als 0,3 m die Starkstromkabel tiefer als die Schwachstromkabel, so müssen letztere zur Sicherung gegen mechanische Angriffe mit zweiteiligen eisernen Rohren bekleidet sein, die über die Kreuzungs- und Näherungsstelle nach jeder Seite hin 1 m hinausragen. Besonderer Schutzvorrichtungen bedarf es nicht, wenn die Starkstrom- oder die Schwachstromkabel sich in gemauerten oder in Zement- oder dergleichen Kanälen von wenigstens 0,06 m Wandstärke befinden.

10. Zur Sicherung der Telegraphen- und Fernsprechleitungen gegen mittelbare Gefährdung durch Hochspannung müssen Schutzvorkehrungen getroffen sein, durch die der Übertritt hochgespannter Ströme in dritte, mit den Telegraphen- und Fernsprechleitungen an anderen Stellen zusammentreffende Anlagen oder das Entstehen von Hochspannung in diesen Anlagen verhindert oder unschädlich gemacht wird (vgl. Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen vom 1. Januar 1908, § 4 sowie § 22 h und i, Satz 1).

11. Innerhalb der Gebäude müssen die Starkstromleitungen tunlichst entfernt von den Telegraphen- und Fernsprechleitungen angeordnet sein.

Sind Kreuzungen oder Annäherungen bei festverlegten Leitungen an derselben Wand nicht zu vermeiden, so müssen die Starkstromleitungen so angeordnet sein, oder es müssen solche Vorkehrungen getroffen sein, daß eine Berührung der beiderseitigen Leitungen ausgeschlossen ist.

12. Alle Schutzvorrichtungen sind dauernd in gutem Zustande zu erhalten.

13. Von beabsichtigten Aufgrabungen in Straßen mit unterirdischen Telegraphen- oder Fernsprechkabeln ist der zuständigen Post- oder Telegraphenbehörde beizeiten, wenn möglich vor dem Beginne der Arbeiten schriftlich Nachricht zu geben.

14. Fehler — d. h. ein schadhafter Zustand — in der Starkstromanlage, durch welche der Bestand der Telegraphen- und Fernsprechanlagen oder die Sicherheit des Bedienungs-personals gefährdet werden könnte, oder welche zu Störungen des Telegraphen- oder Fernsprechbetriebes Anlaß geben, sind ohne Verzug zu beseitigen. Außerdem kann in dringenden Fällen die Abschaltung der fehlerhaften Teile der Stark-

stromanlage bis zur Beseitigung der Ursache der Gefahr oder Störung gefordert werden.

15. Vor dem Vorhandensein der vorgeschriebenen Schutzvorrichtungen und vor Ausführung der etwa notwendigen Änderungen an den Telegraphen- und Fernsprechleitungen darf das Leitungsnetz auch für Probetrieb oder sonstige Versuche nicht unter Strom gesetzt werden. Von der beabsichtigten Unterstromsetzung ist der Telegraphenverwaltung mindestens drei freie Wochentage vorher schriftlich Mitteilung zu machen. Von der Innehaltung dieser Frist kann nach vorheriger Vereinbarung mit der zuständigen Post- oder Telegraphenbehörde abgesehen werden.

16. Falls die gewählte Anordnung *) oder die vorgesehenen Schutzmaßregeln nicht ausreichen, um Gefahren für den

*) § 12 des Gesetzes über das Telegraphenwesen des Deutschen Reiches vom 6. April 1892 lautet:

Elektrische Anlagen sind, wenn eine Störung des Betriebes der einen Leitung durch die andere eingetreten oder zu befürchten ist, auf Kosten desjenigen Teiles, welcher durch eine spätere Anlage oder durch eine später eintretende Änderung seiner bestehenden Anlage diese Störung oder die Gefahr derselben veranlaßt, nach Möglichkeit so auszuführen, daß sie sich nicht störend beeinflussen.

§ 6 des Telegraphenwegegesetzes vom 18. Dezember 1899 lautet:

Spätere besondere Anlagen sind nach Möglichkeit so auszuführen, daß sie die vorhandenen Telegraphenlinien nicht störend beeinflussen.

Dem Verlangen der Verlegung oder Veränderung einer Telegraphenlinie muß auf Kosten der Telegraphenverwaltung stattgegeben werden, wenn sonst die Herstellung einer späteren besonderen Anlage unterbleiben müßte oder wesentlich erschwert werden würde, welche aus Gründen des öffentlichen Interesses, insbesondere aus volkswirtschaftlichen oder Verkehrsrücksichten von den Wegeunterhaltungspflichtigen oder unter überwiegender Beteiligung eines oder mehrerer derselben zur Ausführung gebracht werden soll. Die Verlegung einer nicht lediglich dem Orts-, Vororts- oder Nachbarortsverkehr dienenden Telegraphenlinie kann nur dann verlangt werden, wenn die Telegraphenlinie ohne Aufwendung unverhältnismäßig hoher Kosten anderweitig ihrem Zwecke entsprechend untergebracht werden kann.

Muß wegen einer solchen späteren besonderen Anlage die schon vorhandene Telegraphenlinie mit Schutzvorkehrungen versehen werden, so sind die dadurch entstehenden Kosten von der Telegraphenverwaltung zu tragen.

Überläßt ein Wegeunterhaltungspflichtiger seinen Anteil einem nicht unterhaltungspflichtigen Dritten, so sind der Telegraphenverwaltung die durch die Verlegung oder Veränderung oder durch die Herstellung der Schutzvorkehrungen erwachsenden Kosten, soweit sie auf dessen Anteil fallen, zu erstatten.

Die Unternehmer anderer als der in Abs. 2 bezeichneten besonderen Anlagen haben die aus der Verlegung oder Veränderung der vorhandenen Telegraphenlinien oder aus der Herstellung der erforderlichen Schutzvorkehrungen an solchen erwachsenden Kosten zu tragen.

Auf spätere Änderungen vorhandener besonderer Anlagen finden die Vorschriften der Abs. 1 bis 5 entsprechende Anwendung.

Bestand (die Substanz) der Telegraphen- oder Fernsprechanlagen und für die Sicherheit des Bedienungspersonals oder Störungen für den Betrieb der Telegraphen- und Fernsprechleitungen fernzuhalten, sind im Einvernehmen mit der Telegraphenverwaltung weitere Maßnahmen zu treffen, bis die Beseitigung der Gefahren oder der störenden Einflüsse erfolgt ist.

17. Von geplanten wesentlichen Veränderungen oder von beabsichtigten wesentlichen Erweiterungen der Starkstromanlage, soweit diese Veränderungen oder Erweiterungen die Punkte 1 bis 10 und 12 bis 16 berühren, hat der Unternehmer behufs Feststellung der weiter etwa erforderlichen Schutzmaßnahmen der Telegraphenverwaltung Anzeige zu erstatten.

18. Wegen Tragung der Kosten für die durch die Starkstromanlage bedingten Änderungen an den Telegraphen- und Fernsprechleitungen sowie für Herstellung und Unterhaltung der Schutzvorkehrungen an der Starkstromanlage oder an den Telegraphen- und Fernsprechleitungen gelten die gesetzlichen Bestimmungen.

Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial.

(Vgl. ETZ 1908, S. 440, 493 u. 639.)

A. Allgemeine Bestimmungen.

§ 1. Die nachstehenden Vorschriften finden Anwendung auf Installationsmaterial, welches bei normaler Verwendung einer Spannung bis zu 500 V gegen Erde ausgesetzt ist, soweit nicht andere Bedingungen besonders angegeben oder vereinbart sind.

§ 2. Als feuersicher gilt ein Gegenstand, der in seiner Verwendungsform entweder nicht entzündet werden kann, oder nach Entzündung nicht von selbst weiterbrennt und bei 175° C keine Formveränderung erleidet.

§ 3. Ortsfeste Apparate müssen so konstruiert sein, daß der Anschluß an die Leitung durch Schraubkontakt bewirkt wird.

§ 4. Sämtliche Schrauben, welche Kontakte vermitteln, müssen ihr Muttergewinde in Metall haben.

§ 5. Bei Bezeichnungen auf Apparaten gelten *A* als Abkürzung für den Nennstrom, *V* als Abkürzung für die Höchstspannung.

B. Dosen-Aus- und Umschalter.

§ 6. Die stromführenden Teile müssen auf feuersicherer Unterlage montiert sein, die nicht hygroskopisch ist.

§ 7. Der Berührung zugängliche Gehäuse und Griffe müssen, sofern sie nicht für Erdung eingerichtet sind, aus Isoliermaterial bestehen. Die Achse muß von den stromführenden Teilen isoliert sein.

§ 8. Die Kontakte sollen Schleifkontakte sein.

§ 9. Dient der Griff des Schalters zugleich zur Befestigung der Kappe auf dem Sockel, so muß er derart auf seiner Achse befestigt sein, daß er sich beim Rückwärtsdrehen nicht ohne weiteres abschrauben läßt.

§ 10. Der Nennstrom und die Höchstspannung sind so zu vermerken, daß sie in montiertem Zustande bei abgenommener Kappe leicht zu erkennen sind. Die Angaben können auf dem festen Teil des Schalters gemacht werden. Für die Bezeichnung auf dem Sockel im Innern ist Gummi-stempel zulässig.

§ 11. Die Abstufungen der Nennstromstärken sollen sein: 4, 6, 10, 20, 35, 60 Ampere.

Für Wechselschalter und Umschalter gilt auch 2 Ampere als normal.

§ 12. Als normale Höchstspannungen gelten 250 Volt und 500 Volt.

§ 13. Der Schalter muß in eingeschalteter Stellung gegen die Befestigungsschrauben, gegen eine am Griff angebrachte Stanniolumwicklung und gegen das Gehäuse, ferner in ausgeschalteter Stellung zwischen seinen Klemmen eine Überspannung von 1000 V Wechselstrom über die auf ihm vermerkte Höchstspannung 5 Minuten lang aushalten.

§ 14. Die Kontaktteile der Schalter dürfen nach ein-stündiger Belastung bei geschlossenem Gehäuse keine über-mäßige Temperatur annehmen. Als Belastung für diesen Versuch gilt bei Schaltern bis 10 Ampere das 1,5fache und bei Schaltern über 10 Ampere das 1,25fache des Nennstromes.

Die Temperatur gilt als übermäßig, wenn an irgend einer Stelle ein Kügelchen reinen Bienenwaxes, welches vor dem Versuch angelegt wurde, nach Beendigung desselben zerschmolzen ist.

§ 15. Um die mechanische Haltbarkeit des Schalters zu prüfen, wird er absatzweise, aber ohne Strom zu führen, 5000 mal eingeschaltet und 5000 mal ausgeschaltet bei 700 bis 800 Ein- und Ausschaltungen pro Stunde. Schmierung vor dem Versuch ist zulässig. Nach Beendigung dieses Ver-suches muß der Schalter für den in § 16 vorgeschriebenen Versuch noch brauchbar sein.

§ 16. Um festzustellen, daß bei rasch wiederholtem Gebrauch des Schalters sich kein dauernder Lichtbogen bildet, ist der Schalter bei der auf ihm verzeichneten Höchstspannung und einer Stromstärke, welche um den in der Tabelle ange-ggebenen Prozentsatz höher ist als der Nennstrom, bei induk-tionsfreier Belastung und geschlossenem Gehäuse in Tätigkeit zu setzen.

Die Versuchsdauer ist 3 Minuten und in dieser Zeit ist die in nachstehender Tabelle angegebene Zahl von Strom-unterbrechungen vorzunehmen.

Größe des Schalters	Ampere	bis 10	20 bis 35	bis 60
Die Nennstromstärke ist zu steigern	um %	30	25	20
Zahl der Ausschaltungen in 3 Min.		90	60	30

C. Hebelschalter.

§ 17. Die stromführenden Teile müssen auf feuersicherer Unterlage montiert sein, die nicht hygroskopisch ist.

§ 18. Der Nennstrom und die Höchstspannung sind auf dem Schalter zu vermerken. Bei verdeckten Schaltern müssen die Bezeichnungen entweder von außen sichtbar oder auf der Abdeckung (Gehäuse) nochmals angebracht sein.

§ 19. Die Abstufungen der Nennstromstärken sollen sein: 10, 20, 35, 60 Ampere.

Für die höheren Stromstärken werden bestimmte Ab-stufungen nicht festgesetzt.

§ 20. Als normale Höchstspannungen gelten 250 Volt und 500 Volt.

§ 21. Der Schalter muß in eingeschalteter Stellung gegen die Befestigungsschrauben, gegen eine am Griff angebrachte Stanniolumwicklung, ferner in ausgeschalteter Stellung zwischen seinen Klemmen eine Überspannung von 1000 V über die auf ihm vermerkte Höchstspannung 5 Minuten lang aushalten.

§ 22. Die Metallkontakte sind so zu bemessen, daß bei Nennstrom eine Übertemperatur von 50°C nicht überschritten wird.

D. Glühlampenfassungen mit und ohne Hahn.

§ 23. Die stromführenden Teile müssen auf feuersicherer Unterlage montiert und durch feuersichere Umhüllung, die jedoch nicht unter Spannung gegen Erde stehen darf, vor Berührung geschützt sein.

Isoliermaterialien, die brennbar oder hygroskopisch sind oder bei einer Temperatur von 175° eine Formveränderung erleiden, dürfen im Innern der Fassung nicht verwendet werden.

§ 24. Als normale Höchstspannungen gelten 250 Volt und 500 Volt.

§ 25. Fassungen für Spannungen über 250 Volt dürfen keinen Hahn haben.

§ 26. Die Hähne müssen Momentschalter sein. Der Griff des Hahnes muß, wenn ausgeschaltet, rechtwinklig zur Mittellinie der Fassung stehen.

§ 27. Hahnfassungen müssen so konstruiert sein, daß eine Berührung zwischen beweglichen Teilen des Schalters und den Zuleitungsdrähten ausgeschlossen ist. Der Griff darf nicht aus Metall bestehen. Die Achse muß von den stromführenden Teilen und von der Umhüllung isoliert sein.

§ 28. Die Fassung muß, in eingeschalteter Stellung, eine Spannung von 1000 Volt Wechselstrom 5 Minuten lang aushalten und zwar

- a) zwischen den einzelnen Kontakten,
- b) zwischen jedem Spannung führenden Kontakt und dem Gehäuse,
- c) zwischen jedem Spannung führenden Kontakt und einer Stanniolumhüllung um den Griff,
- d) zwischen den Kontakten des Hahnes in ausgeschalteter Stellung.

§ 29. Um die allgemeine Gebrauchsfähigkeit der Hahnfassung zu prüfen, wird ein induktionsfreier Widerstand von 150 Ohm angeschlossen und bei 250 Volt in 3 Minuten 90mal ein- und 90mal ausgeschaltet.

E. Schmelzsicherungen.*)

§ 30. Die stromführenden Teile von Sockel und Einsatz müssen auf feuersicherer Unterlage montiert sein, die nicht hygroskopisch ist, und bei der höchsten im Betrieb erreichbaren Temperatur eine Veränderung nicht erleidet.

Unter der „höchsten im Betriebe erreichbaren Temperatur“ soll dabei diejenige Temperatur verstanden werden, welche der Sockel annimmt, wenn der stärkste Schmelzeinsatz des betreffenden Modelles unter den ungünstigsten Abkühlungsverhältnissen dauernd mit Grenzstrom belastet wird.

§ 31. Die Einsätze müssen für eine Höchstspannung von 250 Volt oder 500 Volt gebaut sein; Nennstrom und Höchstspannung sind auf dem Einsatz zu verzeichnen.

§ 32. Die Abstufungen der Nennstromstärken sollen sein: 6, 10, 15, 20, 25, 35, 60 Ampere. Für die höheren Stromstärken werden bestimmte Abstufungen nicht festgesetzt.

*) Vgl. ETZ 1910, S. 833.

§ 33. Schmelzsicherungen sollen eine Überlastung von mindestens 25% über den Nennstrom dauernd aushalten.

Bei Sicherungen mit eingeschlossenen Schmelzeinsätzen für Stromstärken bis zu 60 Ampere soll das Verhältnis von Nennstrom zu Grenzstrom sein:

bei einem Nennstrom	bis 10 Amp.	0,5 bis 0,65
„ „ „	von 15 „ 25	„ 0,6 „ 0,70
„ „ „	„ 35 „ 60	„ 0,65 „ 0,75

§ 34. Die Einsätze müssen so gebaut sein, daß entstehende Metalldämpfe keinen Kurzschluß herbeiführen können.

§ 35. Der Berührung zugängliche Metallteile des Sockels und des Einsatzes müssen von unter Spannung stehenden Teilen isoliert sein.

§ 36. Die Sicherung muß bei eingesetztem Einsatz gegen die Befestigungsschrauben und gegen die der Berührung zugänglichen Metallteile am Sockel und Einsatz, ferner nach herausgenommenem Einsatz zwischen den Kontakten eine Überspannung von 1000 V Wechselstrom über die Höchstspannung 5 Minuten lang aushalten.

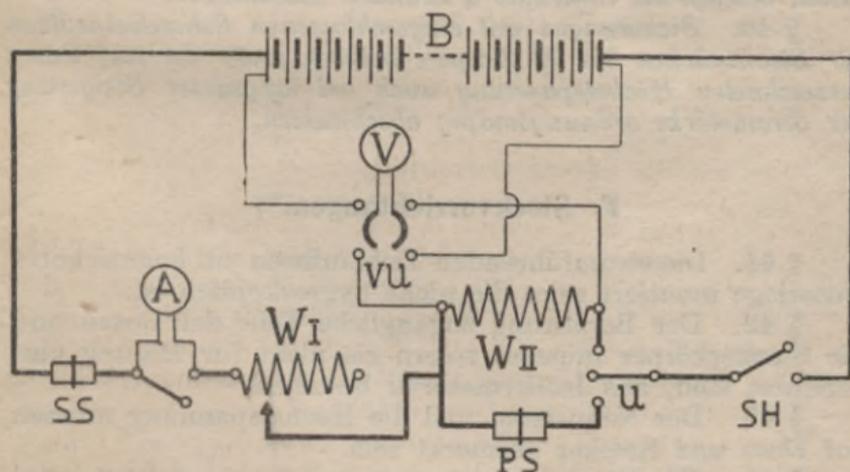
§ 37. Sicherungen mit eingeschlossenen Schmelzeinsätzen für Stromstärken bis zu 60 Ampere sind zu prüfen sowohl bei plötzlichem Kurzschluß (§ 38) als auch bei Dauerbelastung (§ 39 und 40).

§ 38. Bei Sicherungen mit eingeschlossenen Schmelzeinsätzen für Stromstärken bis 60 Ampere gelten für die Prüfung bei Kurzschluß folgende Vorschriften:

1. Als Stromquelle dient ein Akkumulator, dessen EMK, gemessen als Klemmenspannung in unbelastetem Zustande, um 10% höher sein muß, als die auf dem Einsatz der zu prüfenden Sicherung verzeichnete Höchstspannung (siehe § 31).

Die Parallelschaltung einer Dynamomaschine zur Akkumulatorenbatterie ist gestattet.

2. Für die Schaltung bei Vornahme der Kurzschlußprüfung ist nachstehendes Schema maßgebend:



Hierin bedeutet:

- B Akkumulator,
 S S Schutzsicherung,
 A Amperemeter für 500 Ampere mit Kurzschließung,

- W_I Induktionsfreier veränderlicher Widerstand mit möglichst geringem Temperaturkoeffizienten,
 W_{II} Unveränderlicher Ersatzwiderstand für eine Stromstärke von 500 Ampere,
 PS zu prüfende Sicherung,
 U Umschalthebel,
 SH Schalthebel,
 V Voltmeter,
 VU Voltmeter-Umschalter.

Der Widerstand W_{II} muß bei Prüfung von Sicherungen für 250 Volt 0,5 Ohm, bei Prüfung von Sicherungen für 500 Volt 1 Ohm betragen.

3. Der Versuch hat in der Weise stattzufinden, daß bei offenem Stromkreise die EMK des Akkumulators auf die vorgeschriebene Höhe eingestellt wird, alsdann wird der Stromkreis geschlossen und mittels des regulierbaren Widerstandes die Stromstärke auf 500 Ampere gebracht.

Sind Stromquelle und Leitungswiderstand hiernach bemessen, so wird an Stelle des Ersatzwiderstandes die zu prüfende Sicherung eingeschaltet.

Beim Schließen des Schalters muß diese abschmelzen, ohne einen dauernden Lichtbogen oder Explosionserscheinungen hervorzurufen.

§ 39. Sicherungen mit eingeschlossenen Schmelzeinsätzen für Stromstärken bis 60 Ampere sind gemäß folgender Tabelle auf Überlastungsfähigkeit zu prüfen:

Nennstrom Amp.	Minimaler Prüfstrom	Maximaler Prüfstrom
bis 10	1,5 × Nennstrom	2,10 × Nennstrom
15 bis 25	1,4 × Nennstrom	1,75 × Nennstrom
35 „ 60	1,3 × Nennstrom	1,60 × Nennstrom

Den Minimalprüfstrom müssen die Sicherungen mindestens 4 Stunden aushalten, mit dem Maximalprüfstrom belastet, müssen sie innerhalb 4 Stunden abschmelzen.

§ 40. Sicherungen mit eingeschlossenen Schmelzeinsätzen für Stromstärken bis 90 Ampere müssen unter der auf ihnen verzeichneten Höchstspannung auch bei langsamer Steigerung der Stromstärke ordnungsmäßig abschmelzen.

F Steckvorrichtungen.*)

§ 41. Die stromführenden Teile müssen auf feuersicherer Unterlage montiert sein, die nicht hygroskopisch ist.

§ 42. Der Berührung zugängliche Teile der Dosen und die Steckerkörper müssen, sofern sie nicht für Erdung eingerichtet sind, aus Isoliermaterial bestehen.

§ 43. Der Nennstrom und die Höchstspannung müssen auf Dose und Stecker vermerkt sein.

§ 44. Die Steckvorrichtungen müssen so gebaut sein, daß eine unbeabsichtigte Berührung spannungsführender Metallteile der Dose vor Einbringen des Steckers verhindert wird.

*) Normalien über zwei- und dreipolige Steckvorrichtungen für Spannungen bis 250 Volt siehe ETZ 1910, S. 325, erläutert S. 354.

§ 45. Als normale Höchstspannungen gelten 250 Volt und 500 Volt.

§ 46. Die Abstufungen der Nennstromstärken sollen sein: 6, 10, 20, 35, 60 Ampere.

§ 47. Die Stecker müssen so konstruiert sein, daß sie nicht in Dosen für höhere Stromstärken eingesetzt werden können, und daß die Anschlußstellen der Leitungen von Zug entlastet werden können.

§ 48. Sicherungen in den Dosen sind nach den Vorschriften der §§ 38, 39 und 40 zu prüfen. Sie brauchen jedoch diesen Vorschriften nicht zu entsprechen, wenn sie durch eine zweite, den genannten Bedingungen entsprechende Sicherung von 6 Ampere oder darunter geschützt werden.

Der Kontakt der Sicherungen darf nicht durch weiches oder plastisches Material vermittelt werden, sondern es müssen die Schmelzeinsätze mit Backen aus Kupfer, Messing oder gleichartigem Metall versehen sein.

§ 49. Die Steckvorrichtung muß bei eingesetztem Stecker eine Überspannung von 1000 Volt Wechselstrom über die Höchstspannung gegen die Befestigungsschrauben 5 Minuten lang aushalten und ebenso gegen eine am Steckerkörper angebrachte Stanniolumwicklung.

Bei ausgezogenem Stecker müssen die Kontakthülsen gegeneinander und ebenso die Kontaktstifte gegeneinander 1000 Volt Wechselstrom über die Höchstspannung 5 Minuten lang aushalten.

§ 50. Steckvorrichtungen sind eine Stunde lang mit dem 1,5fachen des Nennstromes zu belasten. Dabei dürfen sie nicht so heiß werden, daß unmittelbar nach Herausziehen an einem der Stifte reines Bienenwachs zum Schmelzen kommt.

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 metallischen 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, auf eine ähnliche, nicht metallische Unterlage, oder man ziehe Gummischuhe 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 dem vorbezeichneten Leitsätzen Erfolg verspricht, ohne ihn selbst zu gefährden, beschränkt sich auf solche Anlagen, welche mit Spannungen betrieben werden, die 500 Volt nicht wesentlich übersteigen. Der Betrieb der Straßenbahnen hält sich in der Regel innerhalb dieser Grenzen. Bei Unfällen, welche 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 () 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 welchem der Verunglückte sich befindet, ist zu sorgen.

2. Alle den Körper beengenden Kleidungs- und Wäschestücke (Kragen, 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 die 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 Gegenstände zu entfernen. Die künstliche Atmung ist alsdann in folgender Weise vorzunehmen:

Man kniee hinter dem Kopfe des Verunglückten nieder, das Gesicht ihm zugewandt, fasse beide Arme an den Ellbogen und ziehe sie seitlich über seinen Kopf hinweg, so daß sich dort die Hände berühren. In dieser Lage sind die Arme 2 bis 3 Sekunden 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 Sekunden 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 Minute. Um Übereilung zu vermeiden, führe man die Bewegung langsam aus und zähle während der Zwischenpausen laut: 101! 102! 103! 104!

5. Ist noch ein Helfer zur Hand, so fasse er während dieser Hantierungen die Zunge des Verunglückten mit einem Taschentuche, ziehe sie kräftig 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 Hantierungen von zweien auszuführen, indem jeder einen Arm ergreift

und beide in den Zwischenpausen 101! 102! 103! 104! zählend, gleichzeitig jene Bewegungen vornehmen.

7. Die künstliche Atmung ist solange 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 Stunden 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 undbürste er 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 Borsalbe auf Verbandwatte oder mit einer Wismutbrandbinde bedeckt und sodann mit einer weichen Binde lose umwickelt.

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

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

Für das Entfernen des Verunglückten von der Leitung empfehlen sich folgende Maßnahmen, die einer Anweisung der Firma Siemens & Halske entnommen sind:

1. Man stelle die Maschine ab oder schalte den betreffenden Stromkreis mit allen Polen von der Stromquelle (Maschine, Transformator) ab.

2. Erfordert dies zu viel Zeit, so suche man die Leitungen kurz zu schließen und zu erden, d. h. gut leitend mit der Erde, eisernen Masten, der Wasserleitung oder dergl. zu verbinden.

3. Berührt der Verunglückte nur einen Leitungsdraht, so genügt es vielfach, diesen zu erden oder den Verunglückten vom Boden aufzuheben.

4. Wenn die Leitungsdrähte nicht kurz geschlossen sind, darf nur die Leitung geerdet werden, an der sich der Verunglückte befindet.

5. Der Helfende beobachte zum eigenen Schutze folgende Regeln:

a) Jede Berührung der Leitung auch der kurzgeschlossenen, sowie des mit der Leitung in Verbindung stehenden Verunglückten ist gefährlich, solange die Leitung nicht geerdet ist.

b) Der Helfende stehe daher möglichst gut von der Erde (eisernen Masten usw.) isoliert, etwa auf Glas, trockenem Holze oder zusammengelegten Kleidungsstücken, und fasse den Verunglückten nur an seinen Kleidungsstücken an oder bediene sich eines trockenen Tuches oder eines trockenen Holzstückes, um ihn von der Leitung zu entfernen.

c) Das Kurzschließen der Leitungsdrähte ist vor dem Erden vorzunehmen, wenn es durch Überwerfen eines Drahtes, nasser Tücher oder dergl. geschehen kann, ohne daß sich der Helfende dadurch mit den Leitungsdrähten in leitende Verbindung bringt. Andernfalls ist zunächst diejenige Leitung zu erden, an der sich der Verunglückte befindet. (Vergl. 4.)

d) Beim Erden ist der dazu benutzte Draht (die Eisenstange und dergl.) zuerst mit der Erde (dem eisernen Maste usw.), dann mit der Leitung in Berührung zu bringen.

Sachregister.

B. u. T. bedeutet Bergwerke unter Tage; Bhn. bedeutet Bahnvorschriften; Betr. bedeutet Betriebsvorschriften. Erkl. bedeutet Erklärung; Norm. bedeutet Normalien; die Ziffern bedeuten die Seitenzahlen.

- Abbau in B. u. T. 154.
Abdichten von Rohren 111, 117
Abgeschlossene Betriebsräume Erkl. 15.
— — 124, Betr. 164.
Abgeschlossene Räume hinter Schalttafeln 42.
Abschalten von feuchten Räumen 126.
— — bei Isolationsmessungen 29.
— von Speiseleitungen, Bhn. 204.
— von Teilen der Anlage, Betr. 167.
— von Transformatoren 36.
— von Bogenlampen 74.
Abschmelzen von Sicherungen 58, Norm. 255.
Abspannisolatoren an Ankerdrähten 104.
Abstand der Leitungen 88, 89, 91, 114.
— in feuchten Räumen 128.
— der Schalttafeln 42.
— der Schutzverkleidungen 90
— der Freileitungen v. Erdboden 99, Bhn. 202.
Abstände der Rollen 114.
Abteufkabel 80.
Abteufbetrieb 152.
Abtrennbare Leitungen in B. u. T. 94.
Abtrennende Sicherungen 24.
Abzweigstellen in Beleuchtungskörpern 76.
— Zugkräfte an 110.
Abzweigung, Sicherung 64.
— isolierter Leitungen 94.
— von Leitungen 93.
Akkumulatoren 36, Betr. 170, Bhn. 198.
Akkumulatoren in Fahrzeugen Bhn. 210.
— Lüftung 161.
Aluminiumdrähte 85, Norm. 238.
Anhang zu den Errichtungs-
vorschriften 156.
Ankerdrähte 104.
Anlasser 54.
— in el. Betriebsräumen 123.
— Bhn. 193.
Anschlußdosen 56.
— in Schaufenster u. Waren-
häusern 137.
Anschlüsse v. Schalttafeln 43.
Anschlußleitungsstück 64.
Anschlußstücke auf Bühnen 144.
Anstrich von Freileitungen 103.
— von Leitungen in feuchten
Räumen 129.
— — in Schächten 149.
Anzeigepflicht des Personals.
Betr. 165.
Apparate 44, Bhn. 187.
— an Freileitungen 99.
— in feuchten Räumen 129.
Arbeiten im Betriebe 167—174,
Bhn. 216.
— unter Spannung, Betr. 169.
Armaturen an Rohren 118.
— von Bogenlampen 73.
Aschenteller 73.
Asphalтиerte Bleikabel 119.
Ätzende Dünste bei Freilei-
tungen 103.
— — Räume mit 132.
Aufhängung von Bogenlampen 73.
— von Beleuchtungskörpern 76, 77.
— von Schnurpendeln 77.
Aufstellung von Maschinen usw. 32, 33.

- Aufstellung v. Masch. Bhn. 197.
 Aufzugseil für Bogenlampen 74.
 Ausnahmen v. d. Vorschriften 10.
 Ausführungsregeln 7, 12.
 Ausschalten des Betriebes, Betr. 168.
 Ausschalter 48.
 — ah-Fassungen 70.
 — in el. Betriebsräumen 123.
 — in explosionsgefährlichen Räumen 134.
 — in geerdeten Leitungen 53.
 — an Steckkontakten 58.
 — in Freileitungen 107, Bhn. 203.
 — in Fahrzeugen, Bhn. 214.
 Ausschalter u. Umschalter 48, Bhn. 193.
 Auswechselbarkeit d. Leitungen in Rohren 91, 118.
 Auswechseln der Sicherungen 61, Betr. 169.

 Badezimmer 128.
 Bahnen elektrische, Ausnahme v. Err. Vorschriften 10.
 Bahnvorschriften 175.
 Bahnkreuzungen 242.
 Batterien 37.
 Bedienung v. Bogenlampen 74.
 Bedienungsgang, isolierender, bei Akkumulatoren 37.
 — — bei Maschinen 33, Bhn. 197.
 — — an Schalttafeln 40.
 Bedienungspersonal auf Bühnen 142.
 Befestigung biegsamer Leitungen auf Bühnen 144.
 Befestigung v. Leitungen an Beleuchtungskörpern 75.
 — geerdeter Leitungen 113.
 — von Mehrfachleitungen 115.
 Befestigungskörper 112.
 Befestigungsstellen, Abstand 114, 115.
 — der Kabel 120.
 — in Schächten 148.
 Belastung von Leitungskupfer, Tabelle 82, Norm. 224.
 — — Bhn. 182.
 — von Freileitungen 100.
 — zeitweise Erhöhung 83.
 — von Kabeln, Tabelle Norm. 228, 232.
 Beleuchtung v. Akkumulatoren-räumen 39.

 Beleuchtungskörper, Schnurpendel, Handlampen, 74, Bhn. 196.
 — Sicherungen für 65.
 — auf Bühnen 146.
 — mit Farbenwechsel 142.
 — in Warenhäusern 136.
 Bergwerke unter Tage, Zusätze für — 12, 148.
 Berührung, allgemeine Schutzmaßnahmen gegen 17, Betr. 167.
 — von Leitungen u. Apparaten, Betr. 167, Bhn. 186.
 Berührungsschutz in Akkumulatorräumen 38.
 — in Betriebsräumen 121.
 — an Glühlampensockeln 71.
 — von Glühlampen gegen brennbare Stoffe 71.
 — in feuchten Räumen 129.
 — bei Schutznetzen 107.
 — bei Bühnenregulatoren 142.
 — bei Installationen im Freien 109.
 — bei Apparaten 47.
 Berührung paralleler Leitungen 104.
 — bei provisorischen Einrichtungen 138.
 Beschädigung festverlegter Leitungen 85, Bhn. 186.
 — beweglicher Leitungen 87.
 — von Bleikabeln 119.
 — bei Durchführungen 111.
 — von Erdleitungen 87.
 — von Erdungsleitungen 23.
 — durch ätzende Stoffe 132.
 Bestandteile von Fassungen 69.
 Betrieb, elektr. Betr. 165.
 — Ein- u. Ausschalten, Betr. 168.
 Betriebsapparate, chemische 10.
 Betriebsarbeiten, Betr. 167, 169—174.
 — unter Spannung, Betr. 169.
 Betriebsmäßige Arbeiten 169.
 Betriebspausen, Betr. 169.
 Betriebsräume, Erkl. 14.
 Bhn. 178.
 — Vorschr. für 121.
 — Leitungen 122.
 — Schalter 123.
 — Anlasser 123.
 — Sicherungen 124.
 — Handlampen 124.
 — Personal 14, 15, Betr. 165.
 — Brände 166.

- Betriebsstätten, Erkl. 15,
 Vorsch. 125.
 — durchtränkte 129.
 — explosionsgefährliche 134.
 — feuergefährliche 133.
 Betriebsvorschriften 162.
 Bewegliche Leitungen, Ab-
 zweigung 97.
 — — in Schaufenster 136.
 — — Stecker 56.
 — — Sicherungen 57.
 — — auf Bühnen 143.
 — — Schutz 86.
 Bezeichnungen 156, Bhn. 176.
 Bezeichnung an Schalttafeln.
 44.
 Blanke Leitungen, Abstand 88.
 Blanke Leitungen in Wohn-
 räumen 109.
 — — in B. u. T. 88, 122.
 — — in Betriebsräumen 122.
 — — als Freileitungen 103.
 — — in feuergefährl. Räum.
 134.
 — — im Bühnenhaus 143.
 — — als Mittelleiter 87.
 — — in Bühnenbelech-
 tungskörpern 147.
 Blanke Teile 18.
 Bleimantel 119.
 Blitzlampen 148.
 Blitzpfeil 99, 109, Bhn. 204.
 Blitzschutzvorrichtungen an
 Freileitungen 100, Bhn. 203.
 — in Fahrzeugen, Bhn. 214.
 Bogenlampen 72, Bhn. 195.
 — in B. u. T. 73.
 — in durchtränkten Räumen
 131.
 — in explosiblen Räumen
 135.
 Bühne 141.
 Bühnenregulator 146.
 Bühnenscheinwerfer 148.
 Chemische Betriebsapparate
 10.
 — Beschädigung 132.
 — — der Bleikabel 119,
 Bhn. 187.
 — — von Erdungsleitungen
 23.
 Darstellungen, schematische,
 156.
 Dauerbelastung von Leitungen
 82, 83, Bhn. 182.
 Decken, Wände, Fußböden,
 Durchführung 111, Bhn. 200.
 Drahtbruch 104, 106, Bhn.
 206, 207, 243.
 Drahthöhe bei Fahrleitungen
 Bhn. 202.
 — bei Bahnkreuzungen 243.
 — bei Wegübergängen 99.
 Drahtleitungen Beschaffenheit
 78, Bhn. 182.
 Drahtschellen auf Bühnen 145.
 — an Kranen 92.
 Drahtverbindungen in Rohren
 117.
 Drahtverzweigungen als Elek-
 troden 20.
 Drähte an Apparaten 47.
 — an Beleuchtungskörpern 75.
 Dreileiteranlagen in Theatern
 140.
 Dreileiter bei Bahnen 209.
 Durchführung durch Wände,
 Decken 111, Bhn. 200, Fahr-
 zeuge 212.
 Durchtränkte Betriebsstätten
 15, 129.
 Effektbeleuchtung auf Bühnen
 145, 147.
 Effektive Gebrauchsspannung
 13.
 Einführen der Drähte in Be-
 leuchtungskörper 75.
 Einführung der Vorschriften 4.
 Einführung von Hochspannung
 in Gebäude 111.
 — von Freileitungen in Ge-
 bäude, Bhn. 201.
 Einführungsöffnungen von
 Bogenlampen 73.
 Einführungsstellen v. Appa-
 raten 47, Bhn. 189.
 Einleitung 1.
 Einschalten des Betriebs 168.
 Einzelleiter von Mehrfachlei-
 tungen 115.
 Einziehen von Drähten in
 Rohre 118, Bhn. 200.
 Eisenbauten bei Fahrleitungen,
 Bhn. 202.
 Eisenkonstruktionen 88.
 Eisenmaste von Freileitungen
 104, 239, Bhn. 205.
 Elektrochemische Betriebsap-
 parate 10.
 Elektroden 20, Bhn. 179.
 Endausschalter am Bühnen-
 regulator 142.
 Endverschlüsse der Kabel 119,
 Bhn. 187.
 Entfernen Verunglückter von
 der Leitung 260.

- Entfernung zwischen ungeschützten Teilen hinter Schalttafeln 42, Bhn. 195.
- Entstehen hoher Spannung in Stromkreisen 23, Bhn. 180.
- Entstehungsgeschichte der Vorschriften 5.
- Entzündliche Gegenstände bei Abzweigungen 64.
- — Aufbewahrung, Betr. 163.
- Stoffe an Fassungen 70.
- — in Nähe von Glühlampen 71.
- — in Schaufenstern 136.
- — in Nähe elektrischer Maschinen 32.
- Erde als Ersatz für geerdete Leitungen 88.
- Erden von Rohren bei Hochspannung 116.
- geeigneter Punkte 24.
- der Gestelle von Transformatoren 36, Fahrzeuge 210.
- von Maschinen 34.
- von Eisenmasten 104.
- von Metallteilen an Schalttafeln 41, Bhn. 189.
- — an Glühlampenfassungen 71.
- von Schutzverkleidungen 86.
- als Schutz gegen Spannungsübertritt 24.
- durch Rohrnetze 20.
- der Aufzugseile von Bogenlampen 74.
- d. Widerstandsgehäuse 56.
- zugänglicher Beleuchtungskörper 77.
- Erdende Sicherungen 24.
- Erdleitungen Querschnitt 21.
- bei Bühnen 143, 148.
- Erdplatten 20, 102, Bhn. 179.
- Erdung, Erkl. 19, 20, Bhn. 179.
- in B. u. T. 20.
- von Fahrzeugen 209.
- der Fahrschalter, Bhn. 213.
- von Maschinen 34.
- Erklärungen 12, Bhn. 178.
- Erwärmung von Leitungen 80, Bhn. 183.
- Explosible Gemische, Erkl. 16.
- Explosionsgefährliche Betriebsstätten, Erkl. 16.
- — Einrichtung 134
- Räume, Arbeiten Betr. 171.
- Fahrdrahtisolator, Bhn. 181.
- Fahrdrahtkreuzungen, Bhn. 207
- Fahrleitungen 201.
- von Grubenbahnen 18, 150, 152,
- unterirdische 209.
- Fahrschalter, Bhn. 188, 213.
- Fahrzeuge 209.
- von Grubenbahnen 151.
- Fangbügel 106, Bhn. 207.
- Farbenwechsel, Beleuchtungskörper mit 142.
- Fassungen 69, Bhn. 196.
- Konstruktion und Prüfung 254.
- Fassungsader 80, Norm. 226.
- Fernsprechleitungen 105.
- Fernsprechstellen 105.
- Festigkeit von Leitungen 80.
- v. Freileitungen 100, Norm. 237.
- von Gestängen 238.
- Feuchte Räume 126.
- — Isolationsmessungen 29.
- Feuergefährliche Betriebsstätten, Erkl. 15.
- — Einrichtung 133.
- Feuersichere Gegenstände Erkl. 14.
- Unterlagen bei Apparaten 44.
- — bei Anlassern 55.
- — bei Fassungen 69.
- Fiber als Isolierstoff 31.
- Flugdrähte 143.
- Freileitungen, Erkl. 14, Bhn. 178.
- Vorschriften 98, Bhn. 201.
- Isolationszustand 29.
- Abstand vom Erdboden 99, Bhn. 202.
- Betriebsvorschriften 172.
- Normalien 236.
- Garderoben im Bühnenhaus 142.
- Gebrauchsspannung, Erkl. 13.
- Geltungsbereich der Vorschriften 9.
- Gestänge für Freileitungen, Bhn. 204, 205.
- — Normalien 238.
- Glockenisolatoren 113.
- Glühlampen 69.
- in B. u. T. 72.
- Griffe an Apparaten 48, Bhn. 189.
- an Schaltern 50.
- an Handlampen 78.
- Grubenbahnen 150, 151.

- Gummiaderleitungen, Verwendung 79.
 — in B. u. T. 127.
 — Norm 221.
- Gummiaderlitzen im Bühnhaus 144.
- Gummiaderschnüre, Norm 225.
- Gummibandleitungen, Verwendung 79, 92.
 — Norm. 219.
- Gummikabel ohne Endverschluß 119.
- Gummirohre 116.
- Hahnfassungen bei H. Sp. 70.
 — an Handlampen 78.
 — in durchtränkten Räumen 131.
- Handbereich, Schutz blanker Teile 17.
 — Leitungen im — 85.
- Handhabung el. Einrichtungen in feuchten Räumen 128.
- Handlampen 77, Bhn. 196.
 — in el. Betriebsräumen 124.
 — bei ätzenden Dünsten 132.
- Hartgummi als Isolierstoff 31.
 — an Steckern 56.
 — in feuchten R. 129.
- Heizapparate 55.
- Hilfeleistung bei Unfällen 258.
- Hochspannung, Erkl. 14.
- Holz als Isolierstoff 31, Bhn. 180.
 — als Konstruktionsmaterial 139.
 — als Umrahmung von Schalttafeln 39, Bhn. 194.
 — an Bühnenbeleuchtungskörpern 147.
 — als Schutzverkleidung 86.
 — für Griffe und Kupplungsstangen 48, Bhn. 189.
 — an Steuerschaltern 55.
 — bei Fahrschaltern und Bürstenjochen, Bhn. 188.
 — als zweite Isolierung, Bhn. 201.
 — als Unterlage von Akkumulatoren in Fahrzeugen 210.
- Holzleisten 112, Bhn. 180.
 — in Fahrzeugen, Bhn. 212.
- Holzmaste 104.
 — bei Fahrleitungen, Bhn. 101, 206.
 — Festigkeit, Bhn. 203, 205.
 — Bemessung, Norm. 238.
 — Revision 172.
- Inkrafttreten der Vorschriften 154, Betr. 174, Bhn. 217.
- Installationen im Freien, Erkl. 14.
 — — Ausführung 108.
- Installationsarbeiten, Betr. 167.
- Installationsmaterial, Prüfung und Konstruktion 252.
- Intermittierende Betriebe 82.
- Isolationsmessungen 26.
- Isolationsprüfungen, Bhn. 215.
- Isolationszustand an Einführungsstellen 47.
- Isolationszustand von Anlagen 25, 26.
 — in B. u. T. 30.
- Isolationswiderstand von Kabeln 235.
 — von Freileitungen 29.
- Isolatoren 113, Bhn. 181.
- Isolierstand bei Akkumulatoren 37.
 — bei Maschinen 33, Bhn. 197.
 — an Schalttafeln 40.
 — bei Arbeiten im Betriebe Bhn. 216.
- Isolieren von Lötstellen 96.
- Isolierrohre 115.
- Isolierstoffe 31.
- Isolierte Leitungen, Verlegung 79, 85, 112, Bhn. 183.
- Kabel 119, Bhn. 186, 209.
 — in B. u. T. 120.
 — Abschalten, Betr. 171.
 — Arbeiten an, Betr. 172.
 — Isolationswiderstand 235.
 — Zerschneiden, Betr. 172.
- Kabelbelastungstabellen, Norm. 228, 232.
- Kabelklemmen 114.
- Kabelnetze im Erdboden 10.
- Kapazität bei Isolationsmessung mit Wechselstrom 26.
- Klemmen 113, 114, Bhn. 181.
- Kontaktleitungen 109, Bhn. 201.
- Kontaktplatten auf Bühnen 145.
- Kontakte in Schmelzsicherungen 60.
- Korridore in Theatern 140.
- Krampen 113, Bhn. 181.
- Krane, Ltgn. an 92.
- Kreuzungen von Leitungen 97, Bhn. 194, 207.
- Kreuzung von Leitungen mit Bahnen 206, 242.
 — mit Telegraphen- u. Fernsprechleitungen 247.
- Kulissen 145.
- Kupferleitungen, Belastung 82.
- Kupfernornalmen 218.
- Kupferschienen 89.

- Kupplungsstangen 48, Bhn. 189.
 Kupplungsstücke an Fahrzeugen 212.
 Kurzschließen von Leitungen, Betr. 169.
 — — Bhn. 216.
 — — beim Hilfeleisten 528.
 Kurzschließ. Sicherungen 24.
 Laboratorien ausgenommen von d. Vorschriften 10.
 Lampen und Zubehör 69.
 — in durchtränkten Räumen 131.
 Lampen in Fahrzeugen 215.
 Laternen von Bogenlampen 73, Bhn. 195.
 Leitungen, Beschaffenheit und Arten 78, Bhn. 184.
 — Bemessung 80, Bhn. 182.
 — Verlegung 85, Bn. 184.
 — im Freien 108.
 — in Gebäuden 109.
 — in Fahrzeugen 210.
 Leitungskupfer, Erkl. 218.
 — Belastung 80, Bhn. 182.
 Leitungsnormalien 219.
 Leitungsschienen, Polarität od. Phase 44.
 Linoleum 34.
 Löschmittel, Betr. 166, Bhn. 217.
 Lötten 93, Bhn. 185.
 Lötmittel, Bhn. 185.
 Lötstellen in Freileitungen, Norm. 237.
 — in Rohren 91, 117.
 Lüftung von Akkumulatorenräumen 39, Betr. 170.
 — — Bhn. 198.
 — — in Fahrzeugen 210.
 Luftweichen 207.
 Marmor als Isolierstoff 32.
 — — in B. u. T. 32.
 — an Schalttafeln 41.
 Maschinen, Aufstellung 32, Bhn. 197.
 — in Fahrzeugen 210.
 Maschinenräume 14, 121.
 Maste 104.
 — für Fahrleitungen 201, 204, 206.
 — Bemessung, Norm. 238, 240.
 Mehrfachleitungen bei Abzweigen 64, 95, Bhn. 185.
 — Befestigung 115.
 Meßgeräte 68.
 Meßtransformatoren 68.
 Metallene Bindedrähte 115.
 Metallene oder metallüberzogene Rohre 115.
 Metallgehäuse an Transformatoren 35.
 Metall. Konstruktionsteile 19.
 Metallteile von Fassungen 71.
 — v. Schalttafeln und Apparaten, Erdung 41.
 Metallumhüllte Leitungen in Schaufenstern 136.
 — — auf der Bühne 144.
 Mittelleiter 66.
 Momentschalter 49.
 — in elektr. Betriebsräumen 123.
 Motoren Aufstellung 32, Bhn. 197.
 — — in Fahrzeugen 210.
 Muffen an Kabeln 119, Bhn. 187.
 — demontieren, Betr. 172.
 Nernstlampen 39.
 Neutrale oder Nulleiter, Sicherungen 66, Bhn. 191.
 — — Schalter 53, 123, Bhn. 193.
 Niederspannungsanlagen Erkl. 12.
 — — Betriebsvorschr. 162.
 Normalien für Freileitungen 237.
 — für Kabel 227.
 — für Kupfer 218.
 — für Leitungen 219.
 Normalstromstärke von Sicherungen 62.
 Notbeleuchtung i. Theatern 141.
 Nulleiter siehe Neutrale.
 Oberflächenleitung der Isolierkörper 32.
 Oberflächenleitung bei Wanddurchführungen 111.
 — von Klemmen 114.
 Oberlichter 145.
 Ölschalter 53.
 Ortschaften, Leitungen in, 106, Bhn. 206.
 Panzerader 80, Norm. 223.
 Papierrohr 115, Bhn. 199.
 Paraband, Norm. 220.
 Parallele Freileitungen, Abstand 104.
 — Speise-, Steig- u. Verteilungsleitungen 89.
 Parallelzweige 88.
 Pendelschnur 80, Norm. 227.
 Peschelrohr 118.
 Personal, Betrieb 165.

- Pläne 156, Bhn. 176.
 Polarität von Leitungsschienen 44.
 Porzellan als Isolierstoff 31.
 Porzellanrohr 111.
 Provisorische Einrichtungen 137.
 — Kurzschließung 168.
 Prüfdrähte 120, Bhn. 187, Norm. 228.
 Prüfung von Holzmasten, Betr. 172.
 Prüfung von Installationsmaterial 252.
 — von Schaltern 252.
 — von Sicherungen 254.
 — von Gummiaderleitungen 211.
 — von Gummiaderschnüren 225.
 — von Kautschucksorten 222.
 Prüfspannungen für Gummiadern 222.
 Querdrähte, Bhn. 204.
 Querschnitte u. Belastung 82, Bhn. 182, Fahrzeuge 211.
 — von Erdleitungen 21, 22.
 — von Mehrfarbenlichtleitungen auf Bühnen 142.
 — transportabler Leitungen auf Bühnen 145.
 Räume, abgeschlossene el. Betriebs- 15, 124.
 — Bezeichnungen 15.
 — durchtränkte 129.
 — explosionsgefährliche 134.
 — feuchte 126.
 — feuergefährliche 133.
 — mit ätzenden Dünsten 132.
 Reihenstromkreise bei Isolationsmessung 26.
 Reinigung von Betriebsmitteln Betr. 164.
 Reklamebeleuchtungen 109.
 Revision von Holzmasten, Betr. 172.
 — von Betriebsräumen, Betr. 167.
 — von Installationen 164.
 — v. Hochspannungsanlagen 173.
 Ringe u. Rollen 113, 114, Bhn. 181.
 Ringleitungen, Sicherung 64.
 Rohr- u. Falzdrähte 80, Norm. 224.
 Rohre 115, Bhn. 182.
 — in B. u. T. 75.
 Rohre bei Durchführungen 111.
 — als Schutzverkleidung 86.
 Rohrhaken bei Bleikabeln 120.
 Rohrverlegung in explosiblen Räumen 135.
 — in Warenhäusern 136.
 Rollen und Ringe 113, 114, Bhn. 181.
 Rückleitung gemeinsam, bei Bühnenbeleuchtungskörpern 142.
 Rückseite v. Schalttafeln 42.
 Rückwirkende Kraft der Vorschriften 3, 12.
 Säure in Akkumulatoren, Betr. 170.
 Schächte in B. u. T. 148.
 Schaltanlagen 39, Bhn. 194.
 — in B. u. T. 43.
 — in Betriebsräumen 124.
 Schalter 48, Bhn. 193.
 — in el. Betriebsräumen 123.
 — in Fahrzeugen 214.
 Schalttafeln 39, Bhn. 194.
 — im Bühnenhaus 142.
 — in Fahrzeugen 213.
 Schaufenster 136.
 Schellen 92, 145, 149.
 Schematische Darstellungen 156, Bhn. 176.
 Schiefer 31, 32.
 — in B. u. T. 32.
 Schienen als Erde, Bhn. 179
 Schienenrückleitung, Bhn. 209.
 Schießbetrieb in B. u. T. 153.
 Schlagwettergefährliche, Grubenräume 16, 149.
 Schmelzsicherungen 58, Bhn. 190.
 — Prüfung, Norm. 254.
 Schnüre 95.
 Schnurpendel 74.
 Schutz gegen Berührung 17, 85, 121, 124, 128, 130.
 Schutz gegen Hochspannung, Betr. 169, 171, 173.
 — gegen Beschädigung der Leitungen 85, 86, 87.
 — gegen ätzende Dünste 103, 132.
 Schutzgitter von Glühlampen 147.
 Schutzhüllen, Erkl. 14.
 Schutzkästen in B. u. T. 124.
 Schutzkorb an Handlampen 78.
 Schutzmaßnahmen allgemeine 17.
 Schutzmittel in Betriebsräumen, Betr. 163, 167.

- Schutzmittel in Akkumulator-
 räumen, Betr. 170.
 Schutznetze 106, Bhn. 206.
 — Ersatz für 240.
 Schutzverkleidung, Erkl. 14.
 — in B. u. T. 23, 86.
 — von Leitungen 85, 87.
 — Abstand 90.
 — in Betriebsräumen 123.
 Schwachstromanlagen 9, 10.
 Schwachstromleitungen, Schutz
 gegen Starkstrom 97.
 Sicherungen 58, Bhn. 190,
 Fahrzeuge 214.
 — Auswechseln, Betr. 167.
 — Bezeichnung 44.
 — gegen Übertritt von Hoch-
 Spannung 24.
 — in Bühnenbeleuchtungs-
 körpern 145.
 — an Beleuchtungskörpern
 66.
 — in Betriebsräumen 124.
 — in feuergefährl. R. 133.
 Sicherungen in explosibl. R. 134.
 — in Theatern 141.
 Signalanlagen 124.
 Spannungsübertritt 23.
 Spannweite 88.
 — u. Durchhang, Bhn. 203.
 Starkstromanlagen, Erkl. 9, 12.
 Stecker, Steckvorrichtungen
 56, Bhn. 193.
 — — Konstruktion u. Prü-
 fung 256.
 — in feuchten Räumen 129.
 Steuerschalter 55, 133.
 Stromübergang unzulässiger,
 Bhn. 182.
 Szenerie-Installationen 145.
 Tabelle, Abstände der Lei-
 tungen 89.
 —, Belastung d. Ltgn. 82.
 —, — Bhn. 182.
 —, — Fahrzeuge 211.
 —, — v. Gummileitungen 224.
 —, — von Kabeln 228, 232,
 233.
 — Konstruktion v. Gummi-
 bandleitungen 219,
 — — von Gummiader-
 leitungen 221.
 — — v. Einfachkabeln 229.
 — — Mehrfachkabeln 230,
 Telegraphen- u. Fernsprech-
 leitungen 98, 105, Bhn. 207.
 — Kreuzungen 247.
 Temperatur von Apparaten 46.
 — von Glühlampen 71.
 Temperatur von Leitungen 84.
 — von Widerständen 55.
 Theater 139.
 Tragschnur von Schnurpendeln
 77.
 — an Pendelschnur, Norm.
 227.
 Tragseile von Bogenlampen 71,
 73.
 — von Bühnenbeleuchtungs-
 körpern 148.
 Transformatoren 35, Bhn. 198.
 — in abgeschl. Betriebsr. 125.
 — in explosibl. R. 134.
 — in feuergef. R. 133.
 — in Freileitungen 100.
 — in Fahrzeugen 210.
 Transportable Lampen in Schau-
 fenstern 136.
 Transportable Leitungen, An-
 schluß 96.
 — — an Steckern 56.
 — — Schutz 86.
 Trennungsstelle an gekapselten
 Schaltern 53, 54.
 Treppenhäuser in Theatern 140.
 Tüllen a. Rohren 118.
 Turmwagen 208.
 Überglocken 39, 129, 135.
 — in B. u. T. 72.
 Überspannung 25.
 Übertemperatur 46, 81.
 Übertritt v. Hochspannung 23.
 — — bei Bahnen 180.
 Umhüllung an Fassungen 69.
 — nichtmetallische an Büh-
 nenleitungen 144.
 — von transp. Leitungen. in
 feucht. Räumen 127.
 Umrahmung von Schalttafeln
 39.
 Umschalter 48.
 Unterirdische Leitungsnetze
 10, 81.
 Unterführungen 202.
 Unterlage, feuersichere, an
 Apparaten 44.
 — — an Fassungen 69.
 — — an Widerständen 55.
 — — an Steckern, Hart-
 gummi 57.
 Untersuchungen, regelmäßige,
 Bhn. 215.
 Unterwiesenes Personal 117,
 Bhn. 178.
 Unverwechselbare Sicherungen
 61.
 — — in el. Betr. r. 124.

- Unverwechselbare Sicherungen
 Konstr. u. Prüfung 254.
 Unverwechselbare Stecker 56,
 Bhn. 193.
 Verbindung von Freileitungen
 Bhn. 204.
 — — Norm. 237.
 Verbindung von Leitungen mit
 Apparaten 47, 94.
 — von Ltgn. unter sich 93.
 — von Schnüren 95.
 — von isolierten Ltgn. 96.
 Verbindungsleitungen Abstände
 89, Bhn. 199.
 — Sicherung 67.
 Verbindungsstellen in Beleuch-
 tungskörpern 76.
 — Isolieren 96.
 — in Rohren 117, Bhn. 200.
 Verlöten der Schnurenden 95.
 Verputz, Leitungen im 91.
 Verzeichnis der Räume 156.
 Vulkanfiber als Isolierstoff 31.
 Wandabstand der Schalt-
 tafeln 42.
 Wandabstand von Leitungen 88.
 — — an Apparaten 47.
 — — in feuchten Räumen 128.
 Wanddurchführungen 111,
 Bhn. 200.
 Warenhäuser 136.
 Warnungstafeln 130, 138.
 — Betriebsvorschr. 164.
 — — bei Bahnen, 202, 203.
 Wartung der Anlagen, Betr.
 167.
 Wegübergänge 99, 106, Bhn.
 202, 205.
 Widerstände 54.
 Winddruck, Bhn. 203, 206,
 Norm. 239.
 Winkelpunkte in Freileitungen
 107, Bhn. 207.
 — — Norm. 240.
 Wohnräume 109.
 Zellenschalterleitungen 89,
 Bhn. 199.
 Zelluloid bei Akkumulatoren
 38, Bhn. 210.
 Zentralisieren der Sicherungen
 63.
 Zufällige Berührung 17.
 Zuführungsleitungen zu Masch.
 in Betriebsstätten 125.
 Zugang zu Maschinen und
 Apparaten, Betr. 163.
 Zugbelastung bei Schnurpen-
 deln 77.
 Zugkräfte an Abzweigstellen
 110.
 — an Verbindungsstellen,
 Bhn. 204.
 Zuleitungen als Aufhängung
 bei Bogenlampen. 73.
 — — bei Schnurpendeln 77.
 Zusammenlegen von Leitungen
 92, Bhn. 185, Fahrzeuge
 212.
 Zustand der Anlagen 164.
 Zweck der Vorschriften 2.
 Zweileitersystem, Sicherung 66.
 Zweileiterzweige in Theatern
 140.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
 KRAKÓW

Elektrotechnische Winke für Architekten und Hausbesitzer.

Von Dr.-Ing. L. Bloch und R. Zaudy.

Mit 99 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 2,80.

Herstellung und Instandhaltung elektrischer Licht- und Kraftanlagen.

Ein Leitfaden auch für Nichttechniker
unter Mitwirkung von Gottlob Lux und Dr. C. Michalke
verfaßt und herausgegeben von
S. Frhr. v. Gaisberg.

Fünfte, umgearbeitete und erweiterte Auflage.
Mit 56 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 2,40.

Alles elektrisch!

Ein Wegweiser für Haus und Gewerbe.

Preisgekrönte Bearbeitung von H. Zipp, Ingenieur in Cöthen.

Preis 25 Pfennig.

Bei Bezug von 50 Expl. an ermäßigt sich der Stückpreis auf 20 Pfg.,
bei 100 auf 16 Pfg., 500 auf 14 Pfg. und bei 1000 Expl. auf je 12 Pfg.

Grundzüge der Beleuchtungstechnik.

Von Dr.-Ing. L. Bloch,

Ingenieur der Berliner Elektrizitätswerke.

Mit 41 Textfiguren. — Preis M. 4,—; in Leinwand gebunden M. 5,—.

Handbuch der elektrischen Beleuchtung.

Von Josef Herzog, und Clarence Feldmann,

diplomierter Elektroingenieur in Budapest. o. Professor an der Technischen Hochschule in Delft.

Dritte, vollständig umgearbeitete Auflage.

Mit 707 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 20,—.

Elektrizität im Hause.

In ihrer Anwendung und Wirtschaftlichkeit dargestellt
von Georg Dettmar,

Generalsekretär des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Mit 213 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 4,—.

Die Elektrizität im Haushalt.

Herausgegeben von der

Geschäftsstelle für Elektrizitätsverwertung, Berlin W. 57.

Preis 25 Pfennig.

Der elektrische Landwirt.

Ein Merkbüchlein in Frage und Antwort.

Von Dipl.-Ing. A. Vietze, Oberingenieur in Halle a. S.

Preis 40 Pfennig.

Bei Abnahme von mindestens 50 Exemplaren 36 Pfg., bei 100 Exemplaren
34 Pfg., bei 500 Exemplaren 32 Pfg., bei 1000 Exemplaren 30 Pfg.

Ratgeber für die Gründung elektrischer Überlandzentralen.

Von Dipl.-Ing. A. Vietze, Oberingenieur in Halle a. S.

Preis M. 4,—; in Leinwand gebunden M. 5,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Isolationsmessungen und Fehlerbestimmungen
an elektrischen Starkstromleitungen.

Von **F. Charles Raphael.**

Autorisierte deutsche Bearbeitung von **Dr. Richard Apt.**

Zweite, verbesserte Auflage.

Mit 122 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 6,—.

Messungen an elektrischen Maschinen.

Apparate, Instrumente, Methoden, Schaltungen

Von **Rudolf Krause, Ingenieur.**

Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage.

Mit 178 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

Elektrische und magnetische Messungen
und Meßinstrumente.

Von **H. S. Hallo und H. W. Land.**

Eine freie Bearbeitung und Ergänzung des holländischen Werkes
Magnetische en Elektrische Metingen von **G. J. van Swaay,**
Professor an der Technischen Hochschule zu Delft.

Mit 343 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 15,—.

Elektrotechnische Meßkunde.

Von **A. Linker, Ingenieur.**

Zweite Auflage unter der Presse.

Trigonometrie
für **Maschinenbauer und Elektrotechniker.**

Ein Lehr- und Aufgabenbuch
für den Unterricht und zum Selbststudium
von **Dr. Adolf Heß,**

Professor am kantonalen Technikum in Winterthur.

Mit 112 Textfiguren. — In Leinwand gebunden M. 2.80.

Anlasser und Regler
für **elektrische Motoren und Generatoren.**

Theorie, Konstruktion, Schaltung.

Von **Rudolf Krause, Ingenieur.**

Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage.

Mit 133 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

Der Edisonakkumulator.

Seine technischen und wirtschaftlichen Vorteile
gegenüber der Bleizelle.

Von **Meno Kammerhoff, Berlin-Pankow.**

Mit 92 Abbildungen und 20 Tabellen.

Preis M. 4,—; in Leinwand gebunden M. 5,—.

Hilfsbuch für die Elektrotechnik,

unter Mitwirkung namhafter Fachgenossen
bearbeitet und herausgegeben von

Dr. Karl Strecker,

Geh. Oberpostrat und Professor.

Siebente, umgearbeitete und vermehrte Auflage.

Mit 675 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 14,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Die Gleichstrommaschine. Ihre Theorie, Untersuchung, Konstruktion, Berechnung und Arbeitsweise. Von Dr.-Ing. **E. Arnold**, Geh. Hofrat, Professor und Direktor des Elektrotechnischen Instituts der Großherzoglichen Technischen Hochschule Fridericiana zu Karlsruhe. *Zweite*, vollständig umgearbeitete Auflage. In zwei Bänden.

Erster Band: **Theorie und Untersuchung.** Mit 593 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 20,—.

Zweiter Band: **Konstruktion, Berechnung und Arbeitsweise.** Mit 502 Textfiguren und 13 Tafeln. In Leinwand gebunden Preis M. 20,—.

Die Wechselstromtechnik. Herausgegeben von Dr.-Ing. **E. Arnold**, Geh. Hofrat, Professor und Direktor des Elektrotechnischen Instituts der Großherzoglichen Technischen Hochschule Fridericiana zu Karlsruhe. In fünf Bänden.

Erster Band: **Theorie der Wechselströme.** Von J. L. la Cour, Technischer Chef der Allmänna Svenska El. A. B. Vesterås und O. S. Bragstad, ordentl. Professor der Technischen Hochschule Trondhjem. *Zweite*, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 591 in den Text gedruckten Figuren. In Leinwand gebunden Preis M. 24,—.

Zweiter Band: **Die Transformatoren.** Ihre Theorie, Konstruktion, Berechnung und Arbeitsweise. Von E. Arnold und J. L. la Cour. *Zweite*, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 443 Textfiguren und 6 Tafeln. In Leinwand gebunden Preis M. 16,—.

Dritter Band: **Die Wicklungen der Wechselstrommaschinen.** Von E. Arnold. *Zweite* Auflage unter d. Presse.

Vierter Band: **Die synchronen Wechselstrommaschinen.** Von E. Arnold und J. L. la Cour.

Zweite Auflage in Vorbereitung.

Fünfter Band: **Die asynchronen Wechselstrommaschinen.**

1. Teil: Die Induktionsmaschinen. Von E. Arnold, J. L. la Cour und A. Fraenckel. Mit 307 Textfiguren und 10 Tafeln. In Leinwand gebunden Preis M. 18,—.

2. Teil: Die Kommutatormaschinen.

Erscheint im Frühjahr 1912.

Arbeiten aus dem Elektrotechnischen Institut der Großherzoglichen Technischen Hochschule Fridericiana zu Karlsruhe. Herausgegeben von Dr.-Ing. **E. Arnold**, Direktor des Instituts.

I. Band: 1908—1909. Mit 260 Textfiguren.

Preis M. 10,—.

II. Band: 1910—1911. Mit 284 Textfiguren.

Preis M. 10,—.

Aufgaben und Lösungen aus der Gleich- und Wechselstromtechnik. Ein Übungsbuch für den Unterricht an technischen Hoch- und Fachschulen sowie zum Selbststudium. Von Prof. **H. Vieweger** (Mittweida). *Dritte*, verbesserte Auflage. Mit 174 Textfiguren und 2 Tafeln. In Leinwand gebunden Preis M. 7,—.

Untersuchung eines Zugmagneten für Gleichstrom. Von Dr.-Ing. **Karl Euler**, Dozent an der Kgl. Techn. Hochschule zu Breslau. Mit 74 Textfiguren.

Preis M. 3,—.

Elektromotoren für Wechselstrom und Drehstrom. Von Dr. **G. Roeßler**, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in Danzig. *Zweite* Auflage unt. d. Presse.

Motoren für Gleich- und Drehstrom. Von **H. M. Hobart**, B. Sc., M. I. E. E., Mem. A. I. E. E. Deutsche Bearbeitung. Übersetzt von **Franklin Punga**. Mit 425 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

Die Bahnmotoren für Gleichstrom. Ihre Wirkungsweise, Bauart und Behandlung. Ein Handbuch für Bahntechniker von **M. Müller**, Oberingenieur der Westinghouse-Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, und **W. Mattersdorff**, Abteilungsvorstand der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft. Mit 231 Textfiguren und 11 lithogr. Tafeln, sowie einer Übersicht der ausgeführten Typen.
In Leinwand gebunden Preis M. 15,—.

Dynamomaschinen für Gleich- und Wechselstrom. Von **Gisbert Kapp**. *Vierte*, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 255 Textfiguren.
In Leinwand gebunden Preis M. 12,—.

Transformatoren für Wechselstrom und Drehstrom. Eine Darstellung ihrer Theorie, Konstruktion und Anwendung. Von **Gisbert Kapp**. *Dritte*, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 185 Textfiguren.
In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

Elektromechanische Konstruktionselemente. Skizzen, Apparate und Maschinen, herausgegeben von Dr. **G. Klingenberg**, Professor und Dozent an der Königl. Technischen Hochschule zu Berlin.
Erscheint in Lieferungen zum Preise von je M. 2,40.
Bisher sind erschienen: Lieferung 1 bis 7.

Konstruktionen und Schaltungen aus dem Gebiete der elektrischen Bahnen. Gesammelt und bearbeitet von **O. S. Bragstad**, a. o. Professor an der Großherzogl. Technischen Hochschule Fridericiana in Karlsruhe. 31 Tafeln mit erläuterndem Text.
In einer Mappe Preis M. 6,—.

Die Isolierung elektrischer Maschinen. Von **H. W. Turner**, Associate A. I. E. E., und **H. M. Hobart**, M. I. E. E., Mem. A. I. E. E. Deutsche Bearbeitung von **A. von Königslöw** und **R. Krause**, Ingenieuren. Mit 166 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

Der elektrische Lichtbogen bei Gleichstrom und Wechselstrom und seine Anwendungen. Von **Berthold Monasch**, Diplom-Ingenieur. Mit 141 Textfiguren.
In Leinwand gebunden Preis M. 9,—.

Die Berechnung elektrischer Anlagen auf wirtschaftlichen Grundlagen. Von Dr.-Ing. **F. W. Meyer**. Mit 49 Textfiguren.
Preis M. 7,—; in Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

Das elektrische Kabel. Eine Darstellung der Grundlagen für Fabrikation, Verlegung und Betrieb. Von Dr. phil. **C. Baur**, Ingenieur. *Zweite*, umgearbeitete Auflage. Mit 91 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 12,—.

Theorie und Berechnung elektrischer Leitungen. Von Dr.-Ing. **H. Gallusser**, Ingenieur bei Brown, Boveri & Co., Baden (Schweiz), und Dipl.-Ing. **M. Hausmann**, Ingenieur bei der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin. Mit 145 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

Die Berechnung elektrischer Freileitungen nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Von Dr.-Ing. **W. Majerezik**, Berlin. Mit 10 in den Text gedruckten Figuren.

Preis M. 2,—.

Stromverteilung, Zählertarife und Zählerkontrolle bei städtischen Elektrizitätswerken und Überlandzentralen. Auf Grund praktischer Erfahrungen bearbeitet von **Carl Schmidt**, Ingenieur in St. Petersburg. Mit 4 Textfiguren und 10 Kurventafeln. Preis M. 2,60.

Berechnung und Ausführung der Hochspannungs-Fernleitungen. Von **C. F. Holmboe**, Elektroingenieur. Mit 61 Textfiguren.

Preis M. 3,—.

Die Fernleitung von Wechselströmen. Von Dr. **G. Roebler**, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in Danzig. Mit 60 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 7,—.

Beanspruchung und Durchhang von Freileitungen. Unterlagen für Projektierung und Montage. Von **Robert Weil**, Dipl.-Ing. Mit 42 Textfiguren und 3 lithographierten Tafeln.

Preis M. 4,—.

Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik. Von Dr. **A. Thomälen**, Elektroingenieur. *Vierte*, verbesserte Auflage. Mit 391 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 12,—.

Die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik. Von Dr. **G. Benischke**. *Zweite*, erweiterte Auflage von „Magnetismus und Elektrizität mit Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis“. Mit 489 Textfiguren.

Preis M. 12,—; in Leinwand gebunden M. 13,20.

Ergebnisse und Probleme der Elektronentheorie. Vortrag von **H. A. Lorentz**, Professor an der Universität Leiden. *Zweite*, durchgesehene Auflage.

Preis M. 1,50.

Die neueren Wandlungen der elektrischen Theorien, einschließlich der Elektronentheorie. Zwei Vorträge von Dr. **G. Holzmüller**. Mit 22 Textfiguren.

Preis M. 3,—.

Kurzer Leitfaden der Elektrotechnik. Von Ingenieur **Rudolf Krause**. Mit 180 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 4,—.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297640