

# Vorschriftenbuch des Verbandes Deutscher Elektro- techniker

*Dreizehnte Auflage*



# Vorschriftenbuch des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Herausgegeben  
durch das  
Generalsekretariat des VDE

Dreizehnte Auflage

Nach dem Stande am 31. Dezember 1925



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1926

Sonderdrucke einzelner Vorschriften  
und Normen sind, soweit auf ihnen  
nicht als Bezugsquelle der Verlag  
Julius Springer oder der Beuth-Verlag  
angegeben ist, durch die  
**Geschäftstelle des VDE**  
zu beziehen.

ISBN 978-3-642-52573-5      ISBN 978-3-642-52627-5 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-642-52627-5

Geschäftstelle des VDE:  
Berlin W 57, Potsdamer Straße 68  
Fernsprecher: Kurfürst 9320 und 9306  
Postscheck: Berlin NW 7, Nr. 21312

Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>

---

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.  
Der Nachdruck auch einzelner Abschnitte, ist nur mit ausdrücklicher  
Genehmigung der Geschäftstelle des VDE gestattet.

# Grundsätze

## für die Ausgestaltung der VDE-Bestimmungen.

Unterschieden werden:

1. **Vorschriften.** Sie sind Bestimmungen, die mit Rücksicht auf Lebens- und Feuersgefahr aufgestellt sind und eingehalten werden müssen.
2. **Regeln.** Sie sind Angaben, wie die Vorschriften mit den üblichen Mitteln im allgemeinen auszuführen sind, wenn nicht im Einzelfalle besondere Gründe eine Abweichung rechtfertigen.
3. **Normen.** Sie enthalten genaue Angaben in Bezug auf Aufbau, Form und Maße, Werkstoffe, Gewichte, mechanische, elektrische oder magnetische Eigenschaften usw., die eingehalten werden sollen.
4. **Leitsätze.** Sie sind Angaben, die nach Erprobung in Form von Normen, Regeln oder Vorschriften herausgegeben werden und deren Beachtung empfohlen wird.

# Änderungen

## gegenüber der 12. Auflage.

### A. Neue Bestimmungen.

Folgende Bestimmungen sind erstmalig oder in völlig neu bearbeiteter Fassung in das Vorschriftenbuch aufgenommen:

1. Vorschriften für die Ausführung von Schlagwetter-Schutzvorrichtungen an elektrischen Maschinen, Transformatoren und Apparaten.
2. Elektrische Anlagen in der Landwirtschaft:
  - A. Leitsätze für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft.
  - B. Merkblatt für die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft.
  - C. Betriebsanweisung für die Bedienung elektrischer Starkstromanlagen für Hochspannung in der Landwirtschaft.
3. Leitsätze für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen.
4. Vorschriften für elektrische Bahnen.
5. Regeln für die Bewertung und Prüfung von Steuergeräten, Widerstandsgeräten und Bremslüftern für aussetzenden Betrieb R. A. B./1926.
6. Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Stehlampen (Stehleuchter).
7. Vorschriften für Christbaum-Beleuchtungen.

#### IV Änderungen gegenüber der 12. Auflage.

8. Regeln für die Bewertung und Prüfung von Schleif- und Poliermaschinen.
9. Regeln für die Bewertung von Licht, Lampen und Beleuchtung.
10. Merkblätter für Verhaltensmaßregeln gegenüber elektrischen Freileitungen.
11. Leitsätze für die Errichtung von Fahrleitungen für Hebezeuge und Transportgeräte.
12. Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen.
13. Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial.
14. Vorschriften für Handgeräte-Einbauschalter.
15. Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Schaltgeräten bis 500 V Wechselspannung und 3000 V Gleichspannung R. E. S./1928.
16. Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe.
17. Leitsätze für Maßnahmen an Fernmelde- und an Drehstromanlagen im Hinblick auf gegenseitige Näherungen.
18. Vorschriften für Außenantennen.
19. Vorschriften für Verbindungsgeräte, die die Verwendung von Starkstromleitungen bis 440 V Nennspannung als Antenne oder Erde ermöglichen.
20. Vorschriften für Geräte, die zur Entnahme von Heiz- und Anodenstrom aus Starkstromnetzen mit 440 V Nennspannung dienen (Netzanschlußgeräte).

#### **B. Ungültig gewordene Bestimmungen.**

Ungültig geworden sind folgende, in der 12. Auflage noch enthaltene Bestimmungen:

1. Leitsätze für die Ausführung von Schlagwetter-Schutzvorrichtungen an elektrischen Maschinen, Transformatoren und Apparaten (vom 1. Juli 1912).
2. Elektrische Anlagen in der Landwirtschaft:
  - A. Merkblatt für die Behandlung elektrischer Anlagen in der Landwirtschaft (vom 1. Juli 1922).
  - B. Betriebsanweisung für die Bedienung elektrischer Starkstromanlagen für Hochspannung in der Landwirtschaft (vom 1. Juli 1922).
  - C. Merkblatt für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft (vom 1. Juli 1922).
3. Sicherheitsvorschriften für elektrische Straßenbahnen und straßenbahnähnliche Kleinbahnen (vom 1. Oktober 1906).
4. Licht. Lampen. Beleuchtung (vom 1. Juli 1922).
5. Merkblätter für Verhaltensmaßregeln gegenüber elektrischen Freileitungen (vom 1. Juli 1914).
6. Empfehlenswerte Maßnahmen bei Bränden (vom 1. Juli 1910).
7. Leitsätze zum Schutze von Fernsprech-Doppelleitungen gegen die Beeinflussung durch Drehstromleitungen (vom 1. Oktober 1920).
8. Leitsätze für den Bau von Hochantennen zum Rundfunkempfang (vom 1. September 1924).

**C. Änderungen an bestehenden Bestimmungen.**

An folgenden Bestimmungen sind gegenüber dem Wortlaut in der 12. Auflage Änderungen in Kraft getreten:

1. Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln (vom 1. Juli 1924) betr. die §§ 7, 11, 22, 27, 40, 42, 43, 46, 47 und 48 der Errichtungs-vorschriften.
2. Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Bahnmotoren und sonstigen Maschinen und Transformatoren auf Triebfahrzeugen R.E.B./1925 (vom 1. Januar 1925) betr. die §§ 42 und 45.
3. Regeln für die Bewertung und Prüfung von Hand- und Supportschleifmaschinen (vom 1. Januar 1925) betr. die §§ 7 und 8.
4. Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen (vom 1. Oktober 1923) betr. die Abschnitte Ib und c (Stahlaluminiumseile).
5. Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen (vom 1. Januar 1924) betr. die §§ 1, 3, 9 und 15.

**D. Noch gültige Bestimmungen, die in dieser Auflage nicht mehr enthalten sind.**

Folgende Bestimmungen sind noch gültig, aber in dieser Auflage nicht mehr enthalten, da an ihrer Stelle die bereits festliegenden neuen Ersatzbestimmungen aufgenommen sind:

1. Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen (vom 1. Oktober 1924, noch gültig bis 31. März 1926).
2. Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial (vom 1. Januar 1925, noch gültig bis 30. Juni 1926).
3. Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Schaltapparaten für Spannungen bis einschl. 750 V (vom 1. Juli 1915, noch gültig bis 30. Juni 1928).

# Inhaltsverzeichnis.

	Seite
1. Vorschriften für die <b>Errichtung</b> und den <b>Betrieb</b> elektrischer Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln . .	1
2. Vorschriften für die Ausführung von <b>Schlagwetter-Schutzvorrichtungen</b> an elektrischen Maschinen, Transformatoren und Apparaten . . . . .	59
3. Elektrische Anlagen in der <b>Landwirtschaft</b> . . . . .	63
4. Leitsätze für <b>Schutzerdungen</b> in <b>Hochspannungsanlagen</b> .	71
5. Leitsätze für <b>Erdungen</b> und <b>Nullung</b> in <b>Niederspannungsanlagen</b> . . . . .	90
6. Leitsätze für den Schutz elektrischer Anlagen gegen <b>Überspannungen</b> . . . . .	97
7. Vorschriften für <b>elektrische Bahnen</b> . . . . .	116
8. Vorschriften zum Schutze der <b>Gas- und Wasserröhren</b> gegen schädliche Einwirkungen der Ströme elektrischer Gleichstrombahnen, die die Schienen als Leiter benutzen	159
9. Leitsätze betreffend <b>Anfressungsgefährdung</b> des <b>blanken Nulleiters</b> von Gleichstrom-Dreileiteranlagen . . . . .	164
—	
10. Normen für <b>Spannungen</b> elektrischer Anlagen <b>unter 100 V</b> . . . . .	168
11. Normen für <b>Betriebspannungen</b> elektrischer Anlagen <b>über 100 V</b> . . . . .	170
12. Normen für die Abstufung von <b>Stromstärken</b> bei Apparaten	172
—	
13. <b>Kupfernormen</b> . . . . .	173
14. Vorschriften für die Prüfung von <b>Eisenblech</b> . . . . .	175
15. Vorschriften für die Prüfung elektrischer <b>Isolierstoffe</b> . .	177
16. Vorschriften für <b>Transformatoren-</b> und <b>Schalteröle</b> . .	196
—	
17. Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen <b>Maschinen</b> R. E. M./1923 . . . . .	204
18. Regeln für die Bewertung und Prüfung von <b>Transformatoren</b> R. E. T./1923 . . . . .	239
19. Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen <b>Bahnmotoren</b> und sonstigen <b>Maschinen</b> und <b>Transformatoren</b> auf <b>Triebfahrzeugen</b> R. E. B./1925 . . . . .	271
20. Regeln für die Bewertung und Prüfung von <b>Anlassern</b> und <b>Steuergeräten</b> R. E. A./1925 . . . . .	301
21. Regeln für die Bewertung und Prüfung von <b>Steuergeräten</b> , <b>Widerstandsgeräten</b> und <b>Bremslüftern</b> für <b>aussetzenden Betrieb</b> R. A. B./1926 . . . . .	325

	Seite
22. Normen für die Bezeichnung von <b>Klemmen</b> bei Maschinen, Anlassern, Reglern und Transformatoren . . . . .	337
<hr/>	
23. Normalbedingungen für den <b>Anschluß von Motoren</b> an öffentliche Elektrizitätswerke . . . . .	345
24. Leitsätze für die Konstruktion und Prüfung elektrischer <b>Starkstrom-Handapparate</b> für Niederspannungsanlagen (ausschließlich Koch- und Heizgeräte) . . . . .	350
25. Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von <b>Stehlampen (Stehleuchter)</b> . . . . .	352
26. Vorschriften für <b>Christbaum-Beleuchtungen</b> . . . . .	357
27. Regeln für die Bewertung und Prüfung von <b>Handbohrmaschinen</b> . . . . .	359
28. Regeln für die Bewertung und Prüfung von <b>Hand- und Support-Schleifmaschinen</b> . . . . .	363
29. Regeln für die Bewertung und Prüfung von <b>Schleif- und Poliermaschinen</b> . . . . .	367
30. Vorschriften für elektrische <b>Heizgeräte</b> und elektrische <b>Heizeinrichtungen</b> V. E. H.z./1925 . . . . .	371
31. Regeln für die Bewertung von <b>Licht, Lampen und Beleuchtung</b> . . . . .	390
<hr/>	
32. Regeln für <b>Meßgeräte</b> . . . . .	394
33. Regeln für die Bewertung und Prüfung von <b>Meßwandlern</b>	413
34. Regeln und Normen für <b>Elektrizitätzzähler</b> . . . . .	425
<hr/>	
35. Vorschriften für <b>Starkstrom-Freileitungen</b> . . . . .	445
36. Merkblätter für <b>Verhaltensmaßregeln</b> gegenüber elektrischen <b>Freileitungen</b> . . . . .	469
37. Leitsätze für die Errichtung von <b>Fahrleitungen</b> für <b>Hebezeuge</b> und <b>Transportgeräte</b> . . . . .	473
38. Vorschriften für <b>isolierte Leitungen</b> in <b>Starkstromanlagen</b>	476
39. Normen für <b>umhüllte Leitungen</b> in <b>Starkstromanlagen</b>	499
<hr/>	
40. Normen für <b>Anschlußbolzen</b> und ebene <b>Schraubkontakte</b> für Stromstärken von 10 bis 1500 A . . . . .	502
41. Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von <b>Installationsmaterial</b> . . . . .	503
42. Vorschriften, Regeln und Normen für plombierbare <b>Hauptleitung-Abzweigkasten 500 V</b> . . . . .	529
43. Vorschriften, Regeln und Normen für <b>einpolige Drehschalter 6 A, 250 V</b> . . . . .	536
44. Vorschriften, Regeln und Normen für ungeschützte <b>zweipolige Steckdosen und Stecker 6 A, 250 V</b> . . . . .	538
45. Vorschriften, Regeln und Normen für ungeschützte <b>zweipolige Steckdosen und Stecker 10 A, 250 V</b> . . . . .	541
46. Vorschriften für <b>Handgeräte-Einbauschalter</b> . . . . .	544



	Seite
47. Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von <b>Schaltgeräten</b> bis 500 V Wechselspannung und 3000 V Gleichspannung R.E.S./1928 . . . . .	547
48. Leitsätze für die Konstruktion und Prüfung von <b>Wechselstrom-Hochspannungsapparaten</b> von einschließlich 1500 V Nennspannung aufwärts . . . . .	579
49. Normen und Prüfvorschriften für <b>Porzellanisolatoren</b> . . . . .	589
50. Leitsätze für die Prüfung von <b>Hängeisolatoren</b> . . . . .	599
<hr/>	
51. Normen für häufig gebrauchte <b>Warnungstafeln</b> . . . . .	602
52. Leitsätze für die <b>Bekämpfung</b> von <b>Bränden</b> in elektrischen Anlagen und in deren Nähe . . . . .	606
53. Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei <b>Unfällen</b> im elektrischen Betriebe . . . . .	610
<hr/>	
54. Regeln für die <b>Errichtung</b> elektrischer <b>Fernmeldeanlagen</b> . . . . .	614
55. Normen für <b>isolierte Leitungen</b> in <b>Fernmeldeanlagen</b> . . . . .	625
56. Vorschriften für den Anschluß von <b>Fernmeldeanlagen</b> an Niederspannung-Starkstromnetze durch <b>Transformatoren</b> (mit Ausschluß der öffentlichen Telegraphen- und Fernsprechanlagen) . . . . .	630
57. Leitsätze für den Anschluß von <b>Fernmeldeanlagen</b> an Niederspannung-Starkstromnetze mit Hilfe von Einrichtungen, die eine <b>leitende Verbindung</b> mit dem Starkstromnetz erfordern (mit Ausschluß der öffentlichen Telegraphen- und Fernsprechanlagen). . . . .	633
58. Vorschriften und Normen für <b>galvanische Elemente</b> . . . . .	635
59. Normen für dreiteilige <b>Taschenlampenbatterien</b> . . . . .	641
60. Leitsätze für Maßnahmen an <b>Fernmelde-</b> und an <b>Drehstromanlagen</b> im Hinblick auf <b>gegenseitige Näherungen</b> . . . . .	643
61. Sicherheitsvorschriften für <b>Hochfrequenztelephonie</b> in Verbindung mit Hochspannungsanlagen . . . . .	663
62. Vorschriften für <b>Außenantennen</b> . . . . .	665
63. Vorschriften für <b>Verbindungsgeräte</b> , die die Verwendung von Starkstromleitungen bis 440 V Nennspannung als <b>Antenne</b> oder <b>Erde</b> ermöglichen . . . . .	672
64. Vorschriften für <b>Geräte</b> , die zur Entnahme von <b>Heiz-</b> oder <b>Anodenstrom</b> aus Starkstromnetzen mit 440 V Nennspannung dienen ( <b>Netzanschlußgeräte</b> ) . . . . .	674
65. Leitsätze für den Bau und die Prüfung von <b>Geräten</b> und <b>Einzelteilen</b> zum <b>Rundfunkempfang</b> (mit Ausschluß solcher Geräte, die in leitender Verbindung mit einem Starkstromnetz benutzt werden) . . . . .	676
<hr/>	
66. Leitsätze für die Herstellung und Einrichtung von Gebäuden bezüglich <b>Versorgung mit Elektrizität</b> . . . . .	681
67. Verwendung von Elektrizität auf <b>Schiffen</b> . . . . .	685

	Seite
68. Praktische Unterweisung in der Elektroindustrie. Merkblatt für <b>Praktikanten</b> . . . . .	687
69. Unterweisung der Praktikanten in der Elektroindustrie. Merkblatt für <b>Fabrikanten</b> . . . . .	697
70. Leitsätze betr. die einheitliche Errichtung von <b>Fortbildungskursen</b> für Starkstrommonteure und Wärter elektrischer Anlagen . . . . .	704
<hr style="width: 10%; margin: 10px auto;"/>	
71. Anhang.	
A. <b>Bahnkreuzungsvorschriften</b> für fremde <b>Starkstromanlagen</b> B.K.V./1921 . . . . .	708
B1. Allgemeine Vorschriften für die Ausführung und den Betrieb neuer elektrischer <b>Starkstromanlagen</b> (ausschließlich der elektrischen Bahnen) bei <b>Kreuzungen und Näherungen</b> von <b>Telegraphen- und Fernsprechleitungen</b> . . . . .	724
B2. Zusatzbestimmungen des Reichspostministers vom 26. Juli 1922 zu Ziffer 3 der „Allgemeine Vorschriften für die Ausführung und den Betrieb neuer elektrischer <b>Starkstromanlagen</b> bei <b>Kreuzungen und Näherungen</b> von <b>Telegraphen- und Fernsprechleitungen</b> “ . . . . .	729
B3. Allgemeine Vorschriften zum Schutze vorhandener <b>Reichstelegraphen- und -fernsprechleitungen</b> gegen neue elektrische <b>Bahnen</b> . . . . .	731
B4. Vorschriften für die <b>bruchsichere Führung</b> von Hochspannungsleitungen über <b>Postleitungen</b> . . . . .	733
C1. Bestimmungen über die <b>Beglaubigung von Elektrizitätzählern</b> . . . . .	743
C2. Bestimmungen über die <b>Beglaubigung von Meßwandlern</b> . . . . .	746
D. Formelzeichen, Einheitzeichen und mathematische Zeichen des <b>A E F.</b> . . . . .	750
E. <b>DIN VDE-Normblätter</b> . . . . .	757
Sachverzeichnis . . . . .	766

# 1. Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln<sup>1)</sup>.

Gültig ab 1. Juli 1924<sup>2)</sup>.

Nachstehende Fassung enthält die Zusatzbestimmungen für Bergwerke unter Tage.

## Inhaltsübersicht.

### I. Errichtungsvorschriften.

#### § 1. Geltungsbereich.

##### A. Erklärungen.

#### § 2.

##### B. Allgemeine Schutzmaßnahmen.

#### § 3. Schutz gegen Berührung. Erdung und Nullung.

#### § 4. Übertritt von Hochspannung.

#### § 5. Isolationszustand.

<sup>1)</sup> Erläuterungen hierzu von Dr. C. L. Weber können von der Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin, bezogen werden.

<sup>2)</sup> Obenstehende Fassung ist angenommen durch die außerordentliche Ausschußsitzung am 30. 8. 1923. Veröffentlicht: ETZ 1923, S. 646, 671, 695 und 953; 1924, S. 16. — Änderungen der §§ 7, 11, 22, 27, 40, 42, 43, 46, 47 und 48 angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 394, 943, 1526 und 1641.

Vorher hat eine Anzahl anderer Fassungen der Errichtungsvorschriften und der Betriebsvorschriften einzeln, sowie eine gemeinsame Fassung bestanden. Über die Entwicklung gibt nachstehende Tafel Aufschluß:

Fassung:	Beschl.:	Gültig ab:	Veröffentl. FTZ
<u>Errichtungsvorschriften:</u>			
1. Fassung der Niederspannungsvorschriften	5. 7. 95 23. 11. 95	1. 1. 96	96 S. 22
2. Fassung der Niederspannungsvorschr. m. Anhang f. feuchte Räume. 1. Fassung der Hochspannungsvorschriften	3. 6. 98 26. 6. 98	1. 7. 98	98 S. 489 u. 501
1. Fassung der Mittelspannungsvorschriften	9. 6. 99	1. 10. 99	99 S. 571
<u>Fortsetzung umstehend!</u>			

## C. Maschinen, Transformatoren und Akkumulatoren.

§ 6. Elektrische Maschinen.

§ 7. Transformatoren.

§ 8. Akkumulatoren.

## D. Schalt- und Verteilungsanlagen.

§ 9.

## E. Apparate.

§ 10. Allgemeines.

§ 11. Schalter.

§ 12. Anlasser und Widerstände.

Fassung:	Beschlossen:	Gültig ab:	Veröffentl. ETZ
<u>Errichtungsvorschriften:</u>			
1. Fassung d. Vorschr. f. Theater und Warenhäuser	18. 6. 00	1. 7. 00	00 S. 665
3. Fassung der Niederspannungsvorschriften einschl. feuchte Räume u. Warenhäuser	27. 6. 01	1. 1. 03	01 S. 972
2. Fassung d. Theatervorschriften	13. 6. 02	1. 7. 02	02 S. 508
1. Fassung d. Bergwerks-Vorschr.	13. 6. 02	1. 7. 02	02 S. 507
4. Fassung der Niederspannungsvorschriften u. 2. Fassung der Hochspann.-Vorschr. einschl. der früheren Mittelspann. und feuchte Räume, Theater, sowie Bergwerke enthaltend	13. 6. 02 15. 1. 03	1. 1. 04	03 S. 141
Änderungen an d. vom 1. 1. 04 ab gültigen Fassung f. Niederspann. und Hochspannung	24. 6. 04	1. 1. 05	04 S. 686
Weitere Änderungen an der vom 1. 1. 04 ab gültigen Fassung für Niederspannung u. Hochspannung	5. 6. 05	1. 7. 05	05 S. 719
Neue Fassung, enthaltend Niederspannung u. Hochspannung, zusammengearbeitet, jedoch ohne Bergwerke	7. 6. 07	1. 1. 08	07 S. 882
Zusatzbestimmungen f. Bergwerke zur v. 1. 1. 08 ab gültigen Fassung	3. 6. 09	1. 1. 10	09 S. 479
<u>Betriebsvorschriften:</u>			
Erste Fassung	13. 6. 02 15. 1. 03	1. 3. 03	03 S. 154
Zweite Fassung	7. 6. 07	1. 1. 08	07 S. 908
Dritte Fassung	3. 6. 09	1. 1. 10	09 S. 481
<u>Errichtungs- und Betriebsvorschriften:</u>			
Erste gemeinsame Fassung	26. 5. 14	1. 7. 15	14 S. 478, 510, 720
Zweite gemeinsame Fassung	30. 8. 23	1. 7. 24	23 S. 646, 671, 695, 953; 24 S. 16.
Änderungen an der vom 1. 7. 24 ab gültigen Fassung	8. 9. 25.	1. 10. 25	25 S. 394, 943, 1526, 1641.

- § 13. Steckvorrichtungen.
- § 14. Stromsicherungen (Schmelzsicherungen und Selbstschalter).
- § 15. Andere Apparate.

#### F. Lampen und Zubehör.

- § 16. Fassungen und Glühlampen.
- § 17. Bogenlampen.
- § 18. Beleuchtungskörper, Schnurpendel und Handleuchter.

#### G. Beschaffenheit und Verlegung der Leitungen.

- § 19. Beschaffenheit isolierter Leitungen.
- § 20. Bemessung der Leitungen.
- § 21. Allgemeines über Leitungsverlegung.
- § 22. Freileitungen.
- § 23. Installationen im Freien.
- § 24. Leitungen in Gebäuden.
- § 25. Isolier- und Befestigungskörper.
- § 26. Rohre.
- § 27. Kabel.

#### H. Behandlung verschiedener Räume.

- § 28. Elektrische Betriebsräume.
- § 29. Abgeschlossene elektrische Betriebsräume.
- § 30. Betriebstätten.
- § 31. Feuchte, durchtränkte und ähnliche Räume.
- § 32. Akkumulatorenräume.
- § 33. Betriebstätten und Lagerräume mit ätzenden Dünsten.
- § 34. Feuergefährliche Betriebstätten und Lagerräume.
- § 35. Explosionsgefährliche Betriebstätten und Lagerräume.
- § 36. Schaufenster, Warenhäuser und ähnliche Räume, wenn darin leicht entzündliche Stoffe aufgestapelt sind.

#### J. Provisorische Einrichtungen, Prüffelder und Laboratorien.

- § 37.

#### K. Theater und diesen gleichzustellende Versammlungsräume.

- § 38. Allgemeine Bestimmungen.
- § 39. Bestimmungen für das Bühnenhaus.

#### L. Weitere Vorschriften für Bergwerke unter Tage.

- § 40. Verlegung in Schächten. Elektrische Schachtsignalanlagen.
- § 41. Schlagwettergefährliche Grubenräume.

- § 42. Fahrleitungen und Zubehör elektrischer Streckenförderung.
- § 43. Fahrzeuge elektrischer Streckenförderung.
- § 44. Abteufbetrieb.
- § 45. Schießbetrieb (im Anschluß an Starkstromanlagen).
- § 46. Betriebe im Abbau.

I.a. Leitsätze für Bagger mit zugehörigen Bahnanlagen im Tagebau.

§ 47.

M. Inkrafttreten der Errichtungsvorschriften.  
§ 48.

## II. Betriebsvorschriften.

- § 1. Erklärungen.
- § 2. Zustand der Anlagen.
- § 3. Warnungstafeln, Vorschriften und schematische Darstellungen.
- § 4. Allgemeine Pflichten der im Betriebe Beschäftigten.
- § 5. Bedienung elektrischer Anlagen.
- § 6. Maßnahmen zur Herstellung und Sicherung des spannungsfreien Zustandes.
- § 7. Maßnahmen bei Unterspannungsetzung der Anlage.
- § 8. Arbeiten unter Spannung.
- § 9. Arbeiten in der Nähe von Hochspannung führenden Teilen.
- § 10. Zusatzbestimmungen für Akkumulatorenräume.
- § 11. Zusatzbestimmungen für Arbeiten in explosionsgefährlichen, durchtränkten und ähnlichen Räumen.
- § 12. Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Kabeln.
- § 13. Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Freileitungen.
- § 14. Zusatzbestimmungen für Arbeiten in Prüffeldern und Laboratorien.
- § 15. Inkrafttreten der Betriebsvorschriften.

---

## I. Errichtungsvorschriften<sup>1)</sup>.

### § 1.

#### Geltungsbereich.


Die hierunter stehenden Bestimmungen gelten für elektrische Starkstromanlagen oder Teile solcher, mit Ausnahme

---

<sup>1)</sup> Bei der Errichtung elektrischer Starkstromanlagen sind, soweit die Anlagen oder einzelne Teile unter Spannung stehen, auch die Betriebsvorschriften zu beachten.

von im Erdboden verlegten Leitungsnetzen, elektrischen Straßenbahnen und straßenbahnähnlichen Kleinbahnen, Fahrzeugen über Tage und elektrochemischen Betriebsapparaten.

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

Die zwischen  stehenden Zusätze gelten nur für elektrische Starkstromanlagen in Bergwerken unter Tage, abgekürzt: in B. u. T.

### A. Erklärungen.

#### § 2.

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

*Alle übrigen Starkstromanlagen gelten als Hochspannungsanlagen.*

b) Feuersichere, wärmesichere und feuchtigkeitsichere Gegenstände.

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

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

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

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

d) Als Leitungen oder Installation im Freien gelten Fahrleitungen und im Freien befindliche Teile von Anlagen. Übersteigt die Entfernung der Leitungstützpunkte 20 m, so sind die Vorschriften für Freileitungen (§ 22) anzuwenden.

e) Elektrische Betriebsräume. Als elektrische Betriebsräume gelten Räume, die wesentlich zum Betrieb elek-

trischer Maschinen oder Apparate dienen und in der Regel nur unterwiesenem Personal zugänglich sind.

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

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

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

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

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

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

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

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



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

Bei kurzzeitigem Betrieb ist die Betriebszeit kürzer als die zum Erreichen der Beharrungstemperatur erforder-liche Zeit und die Betriebspause lang genug, um die Ab-kühlung auf die Temperatur des Kühlmittels zu ermöglichen.

## B. Allgemeine Schutzmaßnahmen.

### § 3.

Schutz gegen Berührung. Erdung und Nullung.

a) Die unter Spannung gegen Erde stehenden, nicht mit Isolierstoff bedeckten Teile müssen im Handbereich gegen zufällige Berührung geschützt sein. Bei Spannungen bis 40 V gegen Erde ist dieser Schutz im allgemeinen entbeh-rlich (Weitere Ausnahmen siehe § 28a).

✂ Für Fahrleitungen von Bahnen in Bergwerken unter Tage gelten besondere Vorschriften (siehe § 42).

1. Abdeckungen, Schutzgitter und dergleichen sollen der zu er-wartenden Beanspruchung entsprechend mechanisch widerstands-fähig sein und zuverlässig befestigt werden.

✂ In B. u. T. sollen alle Schutzverkleidungen so angebracht sein, daß sie nur mit Hilfe von Werkzeugen entfernt werden können.

b) Bei Hochspannung müssen sowohl die blanken als auch die mit Isolierstoff bedeckten, unter Spannung gegen Erde steh-enden Teile durch ihre Lage, Anordnung oder besondere Schutz-vorkehrungen der Berührung entzogen sein (Ausnahmen siehe §§ 6c, 8c, 28b und 29a).

c) Bei Hochspannung müssen alle nicht spannungführenden Metallteile, die Spannung annehmen können, miteinander gut leitend verbunden und geerdet werden, wenn nicht durch andere Mittel eine gefährliche Spannung vermieden oder unschädlich ge-macht wird (siehe auch §§ 6b, 8a, 8b und 8c).

d) In Niederspannungsanlagen sind dort, wo eine be-sondere Gefahr besteht, nicht zum Betriebsstromkreis, jedoch zur elektrischen Einrichtung gehörende metallene Bestand-teile der elektrischen Einrichtungen, die den Betriebsstrom-kreisen am nächsten liegen oder mit ihnen in Berührung kommen können, zu erden. Ist ein geerdeter Nulleiter prak-tisch erreichbar, so muß dieser hierzu verwendet werden.

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

2. Als Erdung gilt eine gutleitende Verbindung mit der Erde. Sie soll so ausgeführt werden, daß in der Umgebung des geerdeten Gegenstandes (Standort von Personen) ein den örtlichen Verhältnissen entsprechendes, tunlichst ungefährliches, allmählich verlaufendes Potentialgefälle erzielt wird. Als der Erdung gleichwertig gilt die Verbindung mit dem geerdeten Nulleiter (siehe § 14 f.)

3. Die Erdungen sollen nach den „Leitsätze für Erdungen und Nullung in Niederspannungsanlagen“ bzw. nach den „Leitsätze für Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen“ ausgeführt werden.

In B. u. T. sind mehrere verschiedene Erdungen, z. B. in der Wasserseige, im Schachtsumpf, an den Tübbings und über Tage, gleichzeitig anzuwenden und miteinander gut leitend zu verbinden. Die der zufälligen Berührung ausgesetzten, für gewöhnlich nicht spannungsführenden Teile der Anlage sind, soweit sie in dem gleichen Raum liegen, untereinander und mit der Erdzuleitung, als welche die Bewehrung eines Kabels, u. zw. Bleimantel und Eisenbewehrung, benutzt werden kann, zu verbinden. Außerdem sind alle sonstigen, der zufälligen Berührung ausgesetzten Metallteile, wie Rohrleitungen, Gleise usw., tunlichst oft an die Erdzuleitung anzuschließen.

4. Erdzuleitungen sollen für die zu erwartende Erdschlußstromstärke bemessen werden mit der Maßgabe, daß Querschnitte über 50 mm<sup>2</sup> für Kupfer, über 100 mm<sup>2</sup> für verzinktes oder verbleites Eisen nicht verwendet zu werden brauchen, und mit der Maßgabe, daß in elektrischen Betriebsräumen Kupferquerschnitte unter 16 mm<sup>2</sup> nicht verwendet werden sollen. Für Anschlußleitungen an die Haupterdungsleitung von weniger als 5 m Länge genügt in jedem Falle ein Kupferquerschnitt von 16 mm<sup>2</sup>. In anderen Räumen soll der Kupferquerschnitt 4 mm<sup>2</sup> nicht unterschreiten.

5. Die Erdzuleitungen sollen möglichst sichtbar und geschützt gegen mechanische und chemische Zerstörungen verlegt und ihre Anschlußstellen der Nachprüfung zugänglich sein.

Es empfiehlt sich, den Nulleiter in seinem ganzen Verlauf fabrikmäßig zu kennzeichnen.

e) Schutzverkleidungen aus Pappe oder ähnlichen wenig widerstandsfähigen Stoffen dürfen in B. u. T. nicht angewendet werden. Holz ist unter Umständen zulässig.

#### § 4.

#### Übertritt von Hochspannung.

a) Maßnahmen müssen getroffen werden, die bestimmt sind, dem Auftreten unzulässig hoher Spannungen in Verbrauchstromkreisen vorzubeugen.

## § 5.

## Isolationszustand.

a) Jede Starkstromanlage muß einen angemessenen Isolationszustand haben.

1. Isolationsprüfungen sollen tunlichst mit der Betriebsspannung, mindestens aber mit 100 V ausgeführt werden.

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

3. Wenn bei diesen Prüfungen nicht nur die Isolation zwischen den Leitungen und Erde, sondern auch die Isolation je zweier Leitungen gegeneinander geprüft wird, so sollen alle Glühlampen, Bogenlampen, Motoren oder andere Strom verbrauchende Apparate von ihren Leitungen abgetrennt, dagegen alle vorhandenen Beleuchtungskörper angeschlossen, alle Sicherungen eingesetzt und alle Schalter geschlossen sein. Reihenstromkreise sollen jedoch nur an einer einzigen Stelle geöffnet werden, die tunlichst nahe der Mitte zu wählen ist. Dabei sollen die Isolationswiderstände den Bedingungen der Regel 4 genügen.

4. Der Isolationszustand einer Niederspannungsanlage, 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 Leitungstrecke sowie jeder Verteilungstafel sollte hiernach wenigstens betragen:  $1000 \Omega$  multipliziert mit der Betriebsspannung in V (z. B.  $220\,000 \Omega$  für 220 V Betriebsspannung). Für Maschinen, Akkumulatoren und Transformatoren wird auf Grund dieser Vorschriften ein bestimmter Isolationswiderstand nicht gefordert.

5. Freileitungen und die Teile von Anlagen, die in feuchten und durchtränkten Räumen, z. B. in Brauereien, Färbereien, Gerbereien usw., oder im Freien verlegt sind, brauchen der Regel 4 nicht zu genügen. Wo eine größere Anlage feuchte Teile enthält, sollen sie bei der Isolationsprüfung abgeschaltet sein, und die trockenen Teile sollen der Regel 4 genügen.

⚡ In B. u. T. gilt dieses auch für Räume, in denen Tropfwasser auftritt, und für durchtränkte Grubenräume; vorausgesetzt ist hierbei, daß sich die elektrischen Einrichtungen sonst in bester Ordnung befinden.

6. Lackierung und Emaillierung von Metallteilen gilt nicht als Isolierung im Sinne des Berührungsschutzes.

*Als Isolierstoffe für Hochspannung gelten faserige oder poröse Stoffe, die mit geeigneter Isoliermasse getränkt sind, ferner feste feuchtigkeitssichere Isolierstoffe.*

Werkstoffe, wie Holz und Fiber, sollen nur unter Öl und nur mit geeigneter Isoliermasse getränkt als Isolierstoff angewendet werden (Ausnahme siehe § 12<sup>1</sup>). Die nicht polierten Flächen von Steinplatten sind durch einen geeigneten Anstrich gegen Feuchtigkeit zu schützen.

⚡ In B. u. T. sollen Steinplatten (Marmor, Schiefer und dergleichen) nur unter Öl Anwendung finden.

### C. Maschinen, Transformatoren und Akkumulatoren.

#### § 6.

##### Elektrische Maschinen.

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

b) *Bei Hochspannung müssen die Körper elektrischer Maschinen entweder geerdet und, soweit der Fußboden in ihrer Nähe leitend ist, mit diesem leitend verbunden sein oder sie müssen gut isoliert aufgestellt und in diesem Falle mit einem gut isolierenden Bedienungsgange umgeben sein.*

c) Die spannungführenden Teile der Maschinen und die zugehörigen Verbindungsleitungen unterliegen nur den Vorschriften über Berührungsschutz nach § 3 a. *Bei Hochspannung müssen auch die mit Isolierstoff bedeckten Teile gegen zufällige Berührung geschützt sein.*

Soweit dieser Schutz nicht schon durch die Bauart der Maschine selbst erzielt wird, muß er bei der Aufstellung durch Lage, Anordnung oder besondere Schutzvorkehrungen erreicht werden.

Verschläge für luftgekühlte Motoren müssen so beschaffen und bemessen sein, daß ihre Entzündung ausgeschlossen und die Kühlung der Motoren nicht behindert ist.

d) Die äußeren spannungführenden Teile der Maschinen müssen auf feuersicheren Unterlagen befestigt sein.

e) Elektrische Maschinen müssen ein Leistungsschild besitzen, auf dem die in den §§ 80 und 81 der „Regeln für die Bewertung und Prüfung elektrischer Maschinen (R.E.M./1923)“ geforderten Angaben vermerkt sind.

#### § 7.

##### Transformatoren.

a) *Bei Hochspannung müssen Transformatoren entweder in geerdete Metallgehäuse eingeschlossen oder in besonderen Schutzverschlägen untergebracht sein. Ausgenommen von dieser Vorschrift sind Transformatoren in abgeschlossenen elektrischen Betriebsräumen (siehe § 29) und solche, die nur mit besonderen Hilfsmitteln zugänglich sind.*

Verschläge für selbstgekühlte Transformatoren müssen so beschaffen und bemessen sein, daß ihre Entzündung ausgeschlossen und die Kühlung der Transformatoren nicht behindert ist.

✂ b) Öltransformatoren über 20 kVA müssen in B. u. T. in feuersicheren Räumen aufgestellt werden. Bei Öltransfor-

matoren unter 50 kVA können jedoch Erleichterungen zugelassen werden.

✕ c) Die Transformatorenräume sind in B. u. T. mit Ölfanggruben oder gleichwertigen Vorrichtungen zur Aufnahme des auslaufenden Öles auszustatten.

d) *An Hochspannungstransformatoren, deren Körper nicht betriebsmäßig geerdet ist, müssen Vorrichtungen angebracht sein, die gestatten, die Erdung des Körpers gefahrlos vorzunehmen oder die Transformatoren allseitig abzuschalten.*

e) Die spannungsführenden Teile der Transformatoren und die zugehörenden Verbindungsleitungen unterliegen nur den Vorschriften über Berührungsschutz nach § 3 a.

f) Die äußeren spannungsführenden Teile der Transformatoren müssen auf feuersicheren Unterlagen befestigt sein.

g) Transformatoren müssen ein Leistungsschild besitzen, auf dem die in den §§ 63—65 der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren (R.E.T./1923)“ geforderten Angaben vermerkt sind.

### § 8.

Akkumulatoren (siehe auch § 32).

a) Die einzelnen Zellen sind gegen das Gestell, dieses ist gegen Erde durch feuchtigkeitssichere Unterlagen zu isolieren.

b) *Bei Hochspannung müssen die Batterien mit einem isolierenden Bedienungsgange umgeben sein.*

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

*1. Bei Batterien, die 1000 V oder mehr gegen Erde aufweisen, empfiehlt es sich, abschaltbare Gruppen von nicht über 500 V zu bilden.*

d) Zelluloid darf bei Akkumulatorenbatterien für mehr als 16 V Spannung außerhalb des Elektrolyten und als Baustoff für Gefäße nicht verwendet werden.

## D. Schalt- und Verteilungsanlagen.

### § 9.

a) Schalt- und Verteilungstafeln, Schaltgerüste und Schaltkasten müssen aus feuersicherem Isolierstoff oder aus Metall bestehen. Holz ist als Umrahmung, Schutzhülle und Schutzgeländer zulässig.

b) Bei Schalttafeln und Schaltgerüsten, die betriebsmäßig auf der Rückseite zugänglich sind, müssen die Gänge hinreichend breit und hoch sein und von Gegenständen freigehalten werden, die die freie Bewegung stören.

1. Die Entfernung zwischen ungeschützten, Spannung gegen Erde führenden Teilen der Schaltanlage und der gegenüberliegenden Wand soll bei Niederspannung etwa 1 m, bei Hochspannung etwa 1,5 m betragen. Sind beiderseits ungeschützte, Spannung gegen Erde führende Teile in erreichbarer Höhe angebracht, so sollen sie in der Horizontalen etwa 2 m voneinander entfernt sein.

*In Gängen sollen Hochspannung führende Teile besonders geschützt sein, wenn sie weniger als 2,5 m hoch liegen.*

In B. u. T. genügt für Schaltgänge, in denen die spannungführenden Teile der einzelnen Schaltzellen durch Schutztüren besonders abgeschlossen sind, eine freie Breite, die den dort auszuführenden Arbeiten entspricht; doch soll sie nicht geringer als 1 m sein. In Gängen, die nur Kabelendverschlüsse, Sammelschienen und Leitungsverbindungen unter Schutz gegen zufällige Berührung enthalten, die also nicht betriebsmäßig, sondern nur zur Nachprüfung betreten werden, kann die freie Breite bis auf 0,6 m verringert werden.

c) Schalt- und Verteilungstafeln, -gerüste und -kasten mit unzugänglicher Rückseite müssen so beschaffen sein, daß nach ihrer betriebsmäßigen Befestigung an der Wand die Leitungen derart angelegt und angeschlossen werden können, daß die Zuverlässigkeit der Leitungsanschlußstellen von vorn geprüft werden kann. Die Klemmstellen der Zu- und Ableitungen dürfen nicht auf der Rückseite der Tafeln oder Gerüste liegen.

2. Verteilungstafeln sollen durch eine Umrahmung oder ähnliche Mittel so geschützt sein, daß Fremdkörper nicht an die Rückseite der Tafel gelangen können.

3. Der Mindestabstand spannungführender, rückseitig angeordneter Teile von der Wand soll bei Schalt- und Verteilungstafeln und -gerüsten nach c) 15 mm betragen.

Werden hinter diesen metallene oder metallumkleidete Rohre oder Rohrdrähte geführt, so gilt der gleiche Mindestabstand zwischen den genannten spannungführenden Teilen und den Rohren oder Rohrdrähten.

d) In jeder Verteilungsanlage sind für die einzelnen Stromkreise Bezeichnungen anzubringen, die näheren Aufschluß über die Zugehörigkeit der angeschlossenen Leitungen mit ihren Schaltern, Sicherungen, Meßgeräten usw. geben.

4. Nachträglich zu der Schaltanlage hinzukommende Apparate sollen entweder auf die bestehenden Unterlagen und Umrahmungen oder auf ordnungsmäßig gebaute und installierte Zusatztafeln oder -gerüste gesetzt werden.

5. Bei Schaltanlagen, die für verschiedene Stromarten und Spannungen bestimmt sind, sollen die Einrichtungen für jede Stromart und Spannung entweder auf getrennten und entsprechend bezeichneten Feldern angeordnet oder deutlich gekennzeichnet sein.

6. Bei Schaltanlagen, die von der Rückseite betriebsmäßig zugänglich sind, soll die Polarität oder Phase von Leitungsschienen

und dergleichen kenntlich gemacht sein. Die Bedeutung der benutzten Farben und Zeichen soll bekanntgegeben werden.

e) In jeder Verteilungsschaltanlage müssen die Zuführungsleitungen durch Schalter, Trennschalter oder Sicherung, bei Spannungen von über 500 V durch Leistungsschalter, abtrennbar sein (vgl. § 21 i).

## E. Apparate.

### § 10.

#### Allgemeines.

a) Die äußeren spannungsführenden Teile und, soweit sie betriebsmäßig zugänglich sind, auch die inneren müssen auf feuer-, wärme- und feuchtigkeitsicheren Körpern angebracht sein.

Abdeckungen und Schutzverkleidungen müssen mechanisch widerstandsfähig und wärmesicher sein. Solche aus Isolierstoff, die im Gebrauch mit einem Lichtbogen in Berührung kommen können, müssen auch feuersicher sein (Ausnahme siehe § 15 b). Sie müssen zuverlässig befestigt werden und so ausgebildet sein, daß die Schutzumhüllungen der Leitungen in diese Schutzverkleidungen eingeführt werden können.

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

c) Die Apparate müssen so gebaut oder angebracht sein, daß einer Verletzung von Personen durch Splitter, Funken, geschmolzenes Material oder Stromübergänge bei ordnungsmäßigem Gebrauch vorgebeugt wird (siehe auch § 3).

d) Die Apparate müssen so gebaut und angebracht sein, daß für die anzuschließenden Drähte (auch an den Einführungstellen) eine genügende Isolation gegen benachbarte Gebäudeteile, Leitungen und dergleichen erzielt wird.

1. Bei dem Bau der Apparate soll bereits darauf geachtet werden, daß die unter Spannung gegen Erde stehenden Teile der zufälligen Berührung entzogen werden können (Ausnahme siehe § 15 b).

2. Griffe, Handräder und dergleichen können aus Isolierstoff oder Metall bestehen. Im letzten Falle ist § 3 d zu berücksichtigen. Bei Spannungen bis 1000 V sind metallene Griffe, Handräder und dergleichen, die mit einer haltbaren Isolierschicht vollständig überzogen sind, auch ohne Erdung zulässig.

Bei Spannungen über 1000 V sollen isolierende Griffe (entweder ganz aus Isolierstoff oder nur damit überzogen) so eingerichtet sein, daß sich zwischen der bedienenden Person und den spannungsführenden Teilen eine geerdete Stelle befindet. Ganz aus Isolierstoff bestehende Schaltstangen sind von dieser Bestimmung ausgenommen.

e) Ortsfeste Apparate müssen für Anschluß der Leitungsdrähte durch Verschraubung oder gleichwertige Mittel eingerichtet sein (siehe auch § 21<sup>12</sup>).

f) Metallteile, für die eine Erdung in Frage kommen kann, müssen mit einem Erdungsanschluß versehen sein.

g) Alle Schrauben, die Kontakte vermitteln, müssen metallenes Muttergewinde haben.

h) Bei ortsveränderlichen oder beweglichen Apparaten müssen die Anschluß- und Verbindungsstellen von Zug entlastet sein.

i) Bei ortsveränderlichen Stromverbrauchern bis 250 V und bis zu einer Nennaufnahme von 2000 W bei höchstens 20 A darf der Stecker auch zum In- und Außerbetriebsetzen dienen; in allen anderen Fällen müssen besondere Schalter vorgesehen werden.

k) Der Verwendungsbereich (Stromstärke, Spannung, Stromart usw.) muß, soweit es für die Benutzung notwendig ist, auf den Apparaten angegeben sein.

l) Alle Apparate müssen am Hauptteil ein Ursprungszeichen tragen.

## § 11.

### Schalter.

a) Alle Schalter, die zur Stromunterbrechung dienen, müssen so gebaut sein, daß beim ordnungsmäßigen Öffnen unter normalem Betriebsstrom kein Lichtbogen bestehen bleibt (Ausnahme siehe § 28 d). Sie müssen mindestens für 250 V gebaut sein.

Schalterabdeckungen mit offenen Schlitzen sind nicht zulässig.

1. Schalter für Niederspannung bis 5 kW sollen in der Regel Momentschalter sein.

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

Am Ende beweglicher Leitungen sind Schalter nur zulässig, wenn die Anschlußstellen der Leitungen an beiden Enden von Zug entlastet sind und die Leitungen nicht mit leicht entzündlichen Gegenständen in Berührung kommen können.

b) Nennstromstärke und Nennspannung sind auf dem Hauptteil des Schalters zu vermerken.

c) Der Berührung zugängliche Gehäuse und Griffe müssen, wenn sie nicht geerdet sind, aus nichtleitendem Baustoff bestehen oder mit einer haltbaren Isolierschicht ausgekleidet oder umkleidet sein.

d) Griffdorne für Hebelschalter, Achsen von Dosen- und Drehschaltern und diesen gleichwertige Betätigungsteile dürfen nicht spannungsführend sein.



Griffe für Hebelschalter müssen so stark und mit dem Schalter so zuverlässig verbunden sein, daß sie den auftretenden mechanischen Beanspruchungen dauernd standhalten und sich bei Betätigung des Schalters nicht lockern.

e) Ausschalter für Stromverbraucher müssen, wenn sie geöffnet werden, alle Pole ihres Stromkreises, die unter Spannung gegen Erde stehen, abschalten. Ausschalter für Niederspannung, die kleinere Glühlampengruppen bedienen, unterliegen dieser Vorschrift nicht.

Trennschalter sind so anzubringen, daß sie nicht durch das Gewicht der Schaltmesser von selbst einschalten können.

3. Als kleinere Glühlampengruppen gelten solche, die nach § 14<sup>1</sup> mit 6 A gesichert sind.

f) An Hochspannungsschaltern muß die Schaltstellung erkennbar sein.

*Kriechströme über die Isolatoren müssen bei Spannungen über 1500 V durch eine geerdete Stelle abgeleitet werden.*

*Hochspannungsölschalter in großen Schaltanlagen sind so einzubauen, daß zwischen ihnen und der Stelle, von der aus sie bedient werden, eine Schutzwand besteht.*

✂ | *In B. u. T. sind Ölschalter mit Vorkontakten (Schutzschalter) verboten. Die durch diese Schalter bedienten Motoren usw. müssen dem stufenlosen Einschalten standhalten.* |

4. Als große Schaltanlagen gelten solche, deren Sammelschienen mehr als 10000 kW abgeben. Die Schutzwand soll die Bedienenden gegen Flammen und brennendes Öl schützen.

g) Vor gekapselten Hochspannungsschaltern, die nicht ausschließlich als Trennschalter dienen, müssen bei Spannungen über 1500 V erkennbare Trennstellen vorgesehen sein.

✂ | *In B. u. T. gilt diese Vorschrift bereits von 500 V ab.* |

5. Unter Umständen kann eine gemeinsame Trennstelle für mehrere eingekapselte Schalter genügen. Bei parallel geschalteten Kabeln und Ringleitungen sollen nicht nur vor, sondern auch hinter eingekapselten Schaltern erkennbare Trennstellen vorgesehen werden.

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

## § 12.

### Anlasser und Widerstände.

a) Anlasser und Widerstände, an denen Stromunterbrechungen vorkommen, müssen so gebaut sein, daß bei ordnungsmäßiger Bedienung kein Lichtbogen bestehen bleibt (vgl. „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten [R.E.A./1925]“, § 47a).

b) Die Anbringung besonderer Ausschalter (siehe § 11e) ist bei Anlassern und Widerständen nur dann notwendig, wenn

der Anlasser nicht selbst den Stromverbraucher allpolig abschaltet.

1. In eingekapselten Steuerschaltern ist bis 1000 V Holz, das durch geeignete Behandlung feuchtigkeitsicher und wärmesicher gemacht ist, auch außerhalb eines Ölbadcs zulässig, abgesehen von Räumen mit ätzenden Dünsten (siehe § 33<sup>1</sup>).

2. Die stromführenden Teile von Anlassern und Widerständen sollen mit einer Schutzverkleidung aus feuersicherem Stoff versehen sein (Ausnahmen siehe § 28<sup>1</sup> und 39h). Diese Apparate sollen auf feuersicherer Unterlage und zwar freistehend oder an feuersicheren Wänden und von entzündlichen Stoffen genügend entfernt angebracht werden.

c) Bei Apparaten mit Handbetrieb darf die Achse der Betätigungsvorrichtung nicht spannungsführend sein.

d) Kontaktbahn und Anschlußstellen müssen mit einer widerstandsfähigen, zuverlässig befestigten und abnehmbaren Abdeckung versehen sein; sie darf keine Öffnung enthalten, die eine unmittelbare Berührung spannungsführender Teile zuläßt (Ausnahmen siehe §§ 28 und 29).

### § 13.

#### Steckvorrichtungen.

a) Nennstromstärke und Nennspannung müssen auf Dose und Stecker verzeichnet sein.

Stecker dürfen nicht in Dosen für höhere Nennstromstärke und Nennspannung passen.

An den Steckvorrichtungen müssen die Anschlußstellen der ortsveränderlichen oder beweglichen Leitungen von Zug entlastet sein.

Die Kontakte in Steckdosen müssen der unmittelbaren Berührung entzogen sein.

b) Soweit nach § 14 Sicherungen an der Steckvorrichtung erforderlich sind, dürfen sie nicht im beweglichen Teil angebracht werden.

1. Wenn an ortsveränderlichen Stromverbrauchern eine Steckvorrichtung angebracht wird, so soll die Dose mit der Leitung und der Stecker mit dem Stromverbraucher verbunden sein.

c) Der Berührung zugängliche Teile der Dosen und Steckerkörper müssen, wenn sie nicht für Erdung eingerichtet sind, aus Isolierstoff bestehen.

Erdverbindungen der Stecker müssen hergestellt sein, bevor sich die Polkontakte berühren.

d) *Bei Hochspannung müssen Steckvorrichtungen so gebaut sein, daß das Einstecken und Ausziehen des Steckers unter Spannung verhindert wird.*

*Bei Zwischenkupplungen ortsveränderlicher Leitungen genügt es, wenn ihre Betätigung durch Unberufene verhindert ist.*

## § 14.

## Stromsicherungen (Schmelzsicherungen und Selbstschalter).

a) Schmelzsicherungen und Selbstschalter sind so zu bemessen oder einzustellen, daß die von ihnen geschützten Leitungen keine gefährliche Erwärmung annehmen können; sie müssen so eingerichtet oder angeordnet sein, daß ein etwa auftretender Lichtbogen keine Gefahr bringt.

Geflickte Sicherungstöpsel sind verboten.

1. Die Stärke der Schmelzsicherung soll der Betriebsstromstärke der zu schützenden Leitungen und der Stromverbraucher tunlichst angepaßt werden. Sie soll jedoch nicht größer sein, als nach der Belastungstafel und den übrigen Regeln des § 20 für die betreffende Leitung zulässig ist.

2. Bei Schmelzsicherungen sollen weiche, plastische Metalle und Legierungen nicht unmittelbar den Kontakt vermitteln, sondern die Schmelzdrähte oder Schmelzstreifen sollen mit Kontaktstücken aus Kupfer oder gleichgeeignetem Metall zuverlässig verbunden sein.

3. Schmelzsicherungen, die nicht spannungslos gemacht werden können, sollen so gebaut oder angeordnet sein, daß sie auch unter Spannung, gegebenenfalls mit geeigneten Hilfsmitteln, von unterwiesenen Personal ungefährlich ausgewechselt werden können.

b) Schmelzsicherungen für niedrigere Stromstärken müssen in Anlagen mit Betriebsspannungen bis 500 V so beschaffen sein, daß die fahrlässige oder irrtümliche Verwendung von Einsätzen für zu hohe Stromstärken durch ihre Bauart ausgeschlossen ist (Ausnahme siehe § 28 h). Für niedrigere Stromstärken dürfen nur Sicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz verwendet werden.

4. Als niedrigere Stromstärken gelten hier solche bis 60 A, doch soll für Stromstärken unter 6 A die Unverwechselbarkeit der Schmelzeinsätze nicht gefordert werden.

c) Nennstromstärke und Nennspannung sind sichtbar und haltbar auf dem Hauptteil der Sicherung sowie auf dem Schmelzeinsatz zu verzeichnen.

d) Leitungen sind durch Schmelzsicherungen oder Selbstschalter zu schützen (Ausnahmen siehe f und g).

5. Bei Niederspannung sollen die Sicherungen an einer den Berufenen leicht zugänglichen Stelle angebracht werden; es empfiehlt sich, solche tunlichst auf besonderer gemeinsamer Unterlage zusammenzubauen.

e) Sicherungen sind an allen Stellen anzubringen, wo sich der Querschnitt der Leitungen nach der Verbrauchsstelle hin vermindert, jedoch sind da, wo davorliegende Sicherungen auch den schwächeren Querschnitt schützen, weitere Sicherungen nicht erforderlich.

Sicherungen müssen stets nahe an der Stelle liegen, wo das zu schützende Leitungstück beginnt. Dieses ist bei

Schraubstöpselsicherungen stets mit den Gewindeteilen zu verbinden.

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

7. In Gebäuden können bei Niederspannung mehrere Verteilungsleitungen eine gemeinsame Sicherung von höchstens 6 A Nennstromstärke erhalten, ohne Rücksicht auf die verwendeten Leitungsquerschnitte. Stromkreise, in denen nur hochkerzige Glühlampen (mit Edison-Lampensockel 40 [Goliathsockel]) von einer Leitung gleichen Querschnittes in Parallelschaltung abzweigt werden, können eine dem Querschnitt entsprechende gemeinsame Sicherung, höchstens aber eine solche von 15 A erhalten.

f) Betriebsmäßig geerdete Leitungen dürfen im allgemeinen keine Sicherung enthalten.

8. Die Nulleiter von Mehrleiter- oder Mehrphasensystemen sollen keine Sicherungen enthalten. Ausgenommen hiervon sind isolierte Leitungen, die von einem Nulleiter abzweigen und Teile eines Zweileitersystems sind; diese dürfen Sicherungen enthalten, dann aber nicht zur Schutzerdung benutzt werden. Sie dürfen nicht schlechter isoliert sein als die Außenleiter. Wird ein solches System nur einpolig gesichert, so sind die Abzweigungen vom Nulleiter zu kennzeichnen.

g) Die Vorschriften über das Anbringen von Sicherungen beziehen sich nicht auf Freileitungen, Kabel im Erdboden, Leitungen an Schaltanlagen, ferner in elektrischen Betriebsräumen nicht auf die Verbindungsleitungen zwischen Maschinen, Transformatoren, Akkumulatoren, Schaltanlagen und dergleichen, sowie auf Fälle, in denen durch das Wirken einer etwa angebrachten Sicherung Gefahren im Betriebe der betreffenden Einrichtungen hervorgerufen werden könnten (siehe auch § 20<sup>2</sup>).

9. Abzweigungen von Freileitungen nach Verbrauchstellen (Hausanschlüsse) sollen, wenn nicht schon an der Abzweigstelle Sicherungen angebracht sind, nach Eintritt in das Gebäude in der Nähe der Einführung gesichert werden.

## § 15.

### Andere Apparate.

a) *Bei ortsfesten Meßgeräten für Hochspannung müssen die Gehäuse entweder gegen die Betriebsspannung sicher isolieren oder sie müssen geerdet sein oder es müssen die Meßgeräte von Schutzkasten umgeben oder hinter Glasplatten derart angebracht sein, daß auch ihre Gehäuse gegen zufällige Berührung geschützt sind (siehe § 3). Die an Meßwandler angeschlossenen Meßgeräte unterliegen dieser Vorschrift nicht, wenn der Sekundärstromkreis gegen den Übertritt von Hochspannung gemäß § 4 geschützt ist.*

b) Bei ortsveränderlichen Meßgeräten (auch Meßwandlern) kann von den Forderungen der §§ 10a, 10<sup>1</sup>, 10<sup>2</sup> und 10f abgesehen werden.

c) Handapparate für den Hausgebrauch sind nur für Betriebsspannungen bis 250 V zulässig. Elektrisch betriebene Werkzeuge müssen den Regeln für die Bewertung und Prüfung derartiger Maschinen entsprechen.

1. Handapparate sollen besonders sorgfältig ausgeführt und ihre Isolierung soll derart bemessen sein, daß auch bei rauher Behandlung Stromübergänge vermieden werden. Die Bedienungsriffe der Handapparate mit Ausnahme der von Betriebswerkzeugen sollen möglichst nicht aus Metall bestehen und im übrigen so gestaltet sein, daß eine Berührung benachbarter Metallteile erschwert ist.

d) Über den Anschluß ortsveränderlicher Apparate siehe §§ 10 h und 21 n.

## F. Lampen und Zubehör.

### § 16.

#### Fassungen und Glühlampen.

a) Jede Fassung ist mit der Nennspannung zu bezeichnen.

Bei Fassungen verwendete Isolierstoffe müssen wärme-, feuer- und feuchtigkeitsicher sein.

Die unter Spannung gegen Erde stehenden Teile der Fassungen müssen durch feuersichere Umhüllung, die jedoch nicht unter Spannung gegen Erde stehen darf, vor Berührung geschützt sein.

In Anlagen, die mit geerdetem Nulleiter arbeiten, muß bei ortsfesten Lampen das Gewinde der Fassungen mit dem Nulleiter verbunden werden.

*In Stromkreisen, die mit mehr als 250 V betrieben werden, müssen die äußeren Teile der Fassungen aus Isolierstoff bestehen und alle spannungsführenden Teile der Berührung entziehen. Fassungen für Edison-Lampensockel 14 (Mignonsockel) sind in solchen Stromkreisen nicht zulässig.*

b) Schaltfassungen sind nur für normale Gewinde und für Lampen bis 250 V zulässig, der Schalter muß in der Verbindung zum Mittelkontakt liegen; für Fassungen für Edison-Lampensockeln 14 und 40 (Mignon- und Goliathsockel) sind sie unzulässig.

Schaltfassungen müssen im Inneren so gebaut sein, daß eine Berührung zwischen den beweglichen Teilen des Schalters und den Zuleitungsdrähten ausgeschlossen ist. Handhaben zur Bedienung der Schaltfassungen dürfen nicht aus Metall bestehen. Die Schaltachse muß von den spannungsführenden Teilen und von dem Metallgehäuse isoliert sein.

- ✂ In B. u. T. sind Schaltfassungen unzulässig.
- c) Die unter Spannung gegen Erde stehenden Teile der Lampen müssen der zufälligen Berührung entzogen sein. Dieser Schutz gegen zufälliges Berühren muß auch während des Einschraubens der Lampen wirksam sein.
- d) Glühlampen in der Nähe von entzündlichen Stoffen müssen mit Vorrichtungen versehen sein, die die Berührung der Lampen mit solchen Stoffen verhindern.
- e) *In Hochspannungstromkreisen sind zugängliche Glühlampen und Fassungen nur für Gleichstrom und nur für Betriebsspannungen bis 1000 V gestattet.*
- ✂ *In B. u. T. sind Glühlampen und Glühlampenfassungen in Hochspannungstromkreisen nur zulässig, wenn sie im Anschluß an vorhandene Gleichstrom-Bahn- oder -Kraftanlagen 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 alle stromführenden Teile der Berührung entzogen sind.

## § 17.

### Bogenlampen.

a) An Örtlichkeiten, wo von Bogenlampen herabfallende glühende Kohleteilchen gefahrbringend wirken können, muß dieses durch geeignete Vorrichtungen verhindert werden. Bei Bogenlampen mit verminderter Luftzufuhr oder bei solchen mit doppelter Glocke sind keine besonderen Vorrichtungen hierfür erforderlich.

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

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 Bedacht zu nehmen, daß sich in ihnen kein Wasser ansammeln kann.

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

*Bei Hochspannung dürfen die Zuleitungen nicht als Aufhängevorrichtung dienen.*

d) *Bei Hochspannung muß die Lampe entweder gegen das Aufzugseil 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 V müssen beide Vorschriften gleichzeitig befolgt werden.

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

✂ | f) In B. u. T. sind Bogenlampen in Hochspannungskreisen |  
unzulässig.

### § 18.

#### Beleuchtungskörper, Schnurpendel und Handleuchter.

a) In und an Beleuchtungskörpern müssen die Leitungen mit einer Isolierhülle gemäß § 19 versehen sein. Fassungsadern dürfen nicht als Zuleitungen zu ortsveränderlichen Beleuchtungskörpern verwendet werden.

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. Bei Hochspannung dürfen die Leitungen von zugänglichen Beleuchtungskörpern nur geschützt geführt werden.

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

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

2. Bei Niederspannung sollen Abzweigstellen in Beleuchtungskörpern tunlichst zusammengefaßt werden.

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

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.

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

✂ | 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.

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

d) Bei Hochspannung sind Schnurpendel unzulässig.

e) Körper und Griff der Handlampen (Handleuchter) müssen aus feuer-, wärme- und feuchtigkeitsicherem Isolierstoff von großer Schlag- und Bruchfestigkeit bestehen. Die spannungführenden Teile müssen auch während des Einsetzens der Lampe, mithin auch ohne Schutzglas, durch

ausreichend mechanisch widerstandsfähige und sicher befestigte Verkleidungen gegen zufällige Berührung geschützt sein.

Sie müssen Einrichtungen besitzen, mit deren Hilfe die Anschlußstellen der Leitung von Zug entlastet und deren Umhüllungen gegen Abstreifen gesichert werden können. Die Einführungsöffnung muß die Verwendung von Werkstatt-schnüren und Gummischlauchleitungen (siehe § 19 III) gestatten und mit Einrichtungen zum Schutz der Leitungen gegen Verletzung versehen sein.

Metallene Griffauskleidungen sind verboten.

Jeder Handleuchter muß mit Schutzkorb oder -glas versehen sein. Schutzkorb, Schirm, Aufhängevorrichtung aus Metall oder dergleichen müssen auf dem Isolierkörper befestigt sein. Schalter an Handleuchtern sind nur für Niederspannungsanlagen zulässig; sie müssen den Vorschriften für Dosenschalter entsprechen und so in den Körper oder Griff eingebaut werden, daß sie bei Gebrauch des Leuchters nicht unmittelbar mechanisch beschädigt werden können. Alle Metallteile des Schalters müssen auch bei Bruch der Handhabungsteile der zufälligen Berührung entzogen bleiben.

Handleuchter für feuchte und durchtränkte Räume sowie solche zur Beleuchtung in Kesseln müssen mit einem sicher befestigten Überglas und Schutzkorb versehen sein und dürfen keine Schalter besitzen. An der Eintrittsstelle müssen die Leitungen durch besondere Mittel gegen das Eindringen von Feuchtigkeit und gegen Verletzung geschützt sein.

f) Maschinenleuchter ohne Griffe. Zur ortsveränderlichen Aufhängung an Maschinen und sonstigen Arbeitsgeräten und zum gelegentlichen Ableuchten von Hand müssen Körper, Schirm, Schutzkorb und Schalter den Bestimmungen für Handleuchter entsprechen. Die gleichen Bestimmungen gelten in Bezug auf Berührungsschutz spannungsführender Teile, Bemessung der Einführungsbohrung und hinsichtlich der Einrichtungen für Zugentlastung der Leitungsanschlüsse sowie des Schutzes der Leitungen an der Einführungsstelle.

g) Ortsveränderliche Werkischleuchter. Spannungsführende Teile der Fassung und der Lampe, und zwar die Teile der letztgenannten auch während diese eingesetzt wird, müssen durch sicher befestigte, besonders widerstandsfähige Schutzkörper gegen zufällige Berührung geschützt sein.

Zur Entlastung der Kontaktstellen und zum Schutz der Leitungsumhüllung gegen Abstreifen und Beschädigung an



der Einföhrungsstelle sind geeignete Vorrichtungen vorzusehen. Die Einföhrungsöffnung muß in dauerhafter Weise mit Isolierstoff ausgekleidet sein. Die spannungsföhrenden Teile der Fassung müssen gegen die übrigen Metallteile besonders sicher isoliert sein. Das Gehäuse der Fassung muß aus Isolierstoff bestehen.

Fassungen an Werktschleuchtern, die zum gelegentlichen Ableuchten aus dem Halter entfernt werden, müssen den Bedingungen für Maschinenleuchter entsprechen.

h) Faßausleuchter brauchen diesen Anforderungen nicht zu genügen, wenn sie geerdet oder mit Spannungen unter 50 V betrieben werden.

i) *Bei Hochspannung sind Handleuchter nicht zulässig (Ausnahme siehe § 28k).*

5. In feuchten und durchtränkten Räumen (vgl. § 2), sowie in Kesseln und ähnlichen Räumen mit gutleitenden Bauteilen, empfiehlt es sich, die Spannung für Handleuchter bei Wechselstrom durch besondere Volltransformatoren auf eine Spannung unter 40 V herabzusetzen.

## G. Beschaffenheit und Verlegung der Leitungen.

### § 19.

Beschaffenheit isolierter Leitungen.

a) Isolierte Leitungen müssen den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“ entsprechen.

1. Leitungen, die nur durch eine Umhüllung gegen chemische Einflüsse geschützt sind, sollen den „Normen für umhüllte Leitungen in Starkstromanlagen“ entsprechen. Sie gelten nicht als isolierte Leitungen. Man unterscheidet folgende Arten:

Wetterfeste Leitungen.

Nulleiterdrähte.

Nulleiter für Verlegung im Erdboden.

2. Man unterscheidet folgende Arten von isolierten Leitungen:

#### I. Leitungen für feste Verlegung.

Gummiaderleitungen für Spannungen bis 750 V.

Spezialgummiaderleitungen für alle Spannungen.

Rohrdrähte für Niederspannungsanlagen zur erkennbaren Verlegung, die es ermöglicht, den Leitungsverlauf ohne Aufreißen der Wände zu verfolgen.

Panzeradern nur zur festen Verlegung für Spannungen bis 1000 V.

#### II. Leitungen für Beleuchtungskörper.

Fassungsadern zur Installation nur in und an Beleuchtungskörpern in Niederspannungsanlagen.

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

Pendelschnüre zur Installation von Schnurzugpendeln in Niederspannungsanlagen.

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

#### III. Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Stromverbraucher.

Gummiaderschnüre (Zimmerschnüre) für geringe mechanische Beanspruchung in trockenen Wohnräumen in Niederspannungsanlagen.

Leichte Anschlußleitungen für geringe mechanische Beanspruchung in Werkstätten in Niederspannungsanlagen.

Werkstattschnüre für mittlere mechanische Beanspruchung in Werkstätten und Wirtschaftsräumen in Niederspannungsanlagen.

Gummischlauchleitungen:

Leichte Ausführung zum Anschluß von Tischlampen und leichten Zimmergeräten für geringe mechanische Beanspruchungen in Niederspannungsanlagen.

Mittlere Ausführung zum Anschluß von Küchengeräten usw. für mittlere mechanische Beanspruchungen in Niederspannungsanlagen.

Starke Ausführung für besonders hohe mechanische Anforderungen für Spannungen bis 750 V.

Spezialschnüre für raue Betriebe in Gewerbe, Industrie und Landwirtschaft in Niederspannungsanlagen.

Hochspannungsschnüre für Spannungen bis 1000 V.

Leitungstrossen, geeignet zur Führung über Leitrollen und Trommeln (ausgenommen Pflugleitungen).

#### IV. Bleikabel.

Gummi-Bleikabel.

Papier-Bleikabel.

Einleiter-Gleichstrom-Bleikabel bis 750 V.

Versilte Mehrleiter-Bleikabel.

### § 20.

#### Bemessung der Leitungen.

a) Elektrische Leitungen sind so zu bemessen, daß sie bei den vorliegenden Betriebsverhältnissen genügende mechanische Festigkeit haben und keine unzulässigen Erwärmungen annehmen können (vgl. § 2m).

1. Bei Dauerbetrieb dürfen isolierte Leitungen und Schnüre aus Leitungskupfer mit den in der nachstehenden Tafel, Spalte 2, verzeichneten Stromstärken belastet werden.

Blanke Kupferleitungen für Dauerbelastung bis 50 mm<sup>2</sup> unterliegen gleichfalls den Regeln der Tafel (Spalte 2 und 3). Auf blanke Kupferleitungen über 50 mm<sup>2</sup>, sowie auf Fahrleitungen, ferner auf isolierte Leitungen jeden Querschnittes für aussetzende Betriebe finden die Bestimmungen der Spalten 2 und 3 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. Bei Aufzügen innerhalb von Gebäuden sind die Leitungen so zu verlegen, daß im Falle ihrer Erhitzung keine Feuergefahr für die Umgebung entsteht.

Für die Belastung von Kabeln gelten die in den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“ auf Kabel bezüglichen Bestimmungen.

2. Bei aussetzendem Betrieb ist die Erhöhung der Belastung der Leitungen von 10 mm<sup>2</sup> aufwärts auf die Werte des Vollaststromes für aussetzenden Betrieb der Spalte 4, die etwa 40<sup>0</sup>/<sub>0</sub> höher als die Werte der Spalte 2 sind, zulässig, falls die relative Einschalt-dauer 40<sup>0</sup>/<sub>0</sub> und die Spieldauer 10 min nicht überschreiten. Bedingt die häufige Beschleunigung größerer Massen bei Bemessung des Motors

einen Zuschlag zur Beharrungsleistung, so ist dementsprechend auch der Leitungsquerschnitt reichlicher als für den Vollaststrom im Beharrungszustande zu bemessen.

Bei aussetzenden Motorbetrieben darf die Nennstromstärke der Sicherungen höchstens das 1,5fache der Werte der Spalte 4 betragen.

Der Auslösestrom der Selbstschalter ohne Verzögerung darf bei aussetzenden Motorbetrieben höchstens das 3fache der Werte von Spalte 4 betragen. Bei Selbstschaltern mit Verzögerung muß die Auslösung bei höchstens 1,6fachem Vollaststrom beginnen und die Verzögerungsvorrichtung bei dem 1,1fachen Wert des Vollaststromes zurückgehen.

1	2	3	4
Querschnitt in mm <sup>2</sup>	Dauerbetrieb		Aussetzender Betrieb
	Höchste dauernd zulässige Stromstärke in A	Nennstromstärke für entsprechende Abschmelzsicherung in A	Höchstzulässige Vollast- stromstärke in A
	0,5	7,5	6
0,75	9	6	9
1	11	6	11
1,5	14	10	14
2,5	20	15	20
4	25	20	25
6	31	25	31
10	43	35	60
16	75	60	105
25	100	80	140
35	125	100	175
50	160	125	225
70	200	160	280
95	240	200	335
120	280	225	400
150	325	260	460
185	380	300	530
240	450	350	630
300	525	430	730
400	640	500	900
500	760	600	—
625	880	700	—
800	1050	850	—
1000	1250	1000	—

3. Bei kurzzeitigem Betrieb gelten die unter 2 genannten Regeln für aussetzenden Betrieb, jedoch sind Belastungen nach Spalte 4 nur zulässig, wenn die Dauer einer Einschaltung 4 min nicht überschreitet, anderenfalls gilt Spalte 2.

4. Der geringstzulässige Querschnitt für Kupferleitungen beträgt:  
 für Leitungen an und in Beleuchtungskörpern, nicht  
 aber für Anschlußleitungen an solche (siehe § 18 a) . 0,5 mm<sup>2</sup>  
 für Pendelschnüre, runde Zimmerschnüre und leichte  
 Gummischlauchleitungen . . . . . 0,75 „  
 für isolierte Leitungen und für umhüllte Leitungen  
 bei Verlegung in Rohr, sowie für ortsveränderliche  
 Leitungen mit Ausnahme der Pendelschnüre usw. 1 „

für isolierte Leitungen in Gebäuden und im Freien, bei denen der Abstand der Befestigungspunkte mehr als 1 m beträgt . . . . .	4	mm <sup>2</sup>
für blanke Leitungen bei Verlegung in Rohr . . . . .	1,5	„
für blanke Leitungen in Gebäuden und im Freien (vgl. auch § 3, Regel 4) . . . . .	4	„
für Freileitungen mit Spannweiten bis zu 35 m und Niederspannung . . . . .	6	„
für Freileitungen in allen anderen Fällen . . . . .	10	„
✂ In B. u. T. beträgt der geringst zulässige Querschnitt für Kupferleitungen an und in Beleuchtungskörpern	1	„
für isolierte Leitungen bei Verlegung auf Isolierkörpern	2,5	„

5. Bei Verwendung von Leitern aus Kupfer von geringerer Leitfähigkeit oder anderen Metallen, z. B. auch bei Verwendung der Metallhülle von Leitungen als Rückleitung, sollen die Querschnitte so gewählt werden, daß sowohl Festigkeit wie Erwärmung durch den Strom den im vorigen für Leitungskupfer gegebenen Querschnitten entsprechen.

## § 21.

### Allgemeines über Leitungsverlegung.

a) Festverlegte Leitungen müssen durch ihre Lage oder durch besondere Verkleidung vor mechanischer Beschädigung geschützt sein, soweit sie unter Spannung gegen Erde stehen, ist im Handbereich stets eine besondere Verkleidung zum Schutz gegen mechanische Beschädigung erforderlich (Ausnahmen siehe §§ 8 c, 28 g und 30 a).

1. Bei bewehrten Bleikabeln und metallumhüllten Leitungen gilt die Metallhülle als Schutzverkleidung.

Mechanisch widerstandsfähige Rohre (siehe § 26) gelten als Schutzverkleidung.

Panzerader soll gegen chemische und nach den örtlichen Verhältnissen auch gegen mechanische Angriffe geschützt werden.

✂ In B. u. T. sollen metallische Schutzverkleidungen geerdet werden. |

b) Bei Hochspannung müssen Schutzverkleidungen aus Metall geerdet, solche aus Isolierstoff feuersicher sein.

c) Ortsveränderliche Leitungen und bewegliche Leitungen, die von festverlegten abgezweigt sind, bedürfen, wenn sie rauher Behandlung ausgesetzt sind, eines besonderen Schutzes.

✂ In B. u. T. bedürfen ortsveränderliche Leitungen und bewegliche Leitungen stets eines besonderen Schutzes; besteht der Schutz aus Metallbewehrung, so muß er geerdet sein. |

2. In Betriebstätten sollen ungeschützte Schnüre nicht verwendet werden. Besteht der Schutz aus Metallbewehrung, so empfiehlt es sich, ihn zu erden.

d) Geerdete Leitungen können unmittelbar an Gebäuden befestigt oder in die Erde verlegt werden, jedoch ist eine

Beschädigung der Leitungen durch die Befestigungsmittel oder äußere Einwirkung zu verhüten.

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

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

✂ In B. u. T. sind sie nur als Fahrleitung und in abgeschlossenen elektrischen Betriebsräumen zulässig.

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

4. Ungeerdete blanke Leitungen sollen, wenn 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, bei Spannweiten von 2—4 m etwa 10 cm und bei kleineren Spannweiten etwa 5 cm voneinander, in allen Fällen aber etwa 5 cm von der Wand oder von Gebäudeteilen entfernt sein (siehe § 31<sup>2</sup>).

5. Bei Verbindungsleitungen zwischen Akkumulatoren, Maschinen und Schalttafeln und auf Schalttafeln, ferner bei Zellschalterleitungen 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 sie durch geeignete Isolierkörper gewährleistet sind, die nicht mehr als 1 m voneinander entfernt sind.

6. Bei blanken Hochspannungsleitungen sollen als Abstände der Leitungen gegen andere Leitungen, gegen die Wand, Gebäudeteile und gegen die eigenen Schutzverkleidungen folgende Maße eingehalten werden:

Betriebsspannung in V	Mindestabstand in cm
bis 750	4
„ 3000	10
„ 5000	—
„ 6000	10
„ 10000	12,5
„ 15000	—
„ 25000	18
„ 35000	24
„ 50000	35
„ 60000	47
„ 100000	—

7. Hochspannungsleitungen sind längs der Außenseite von Gebäuden möglichst zu vermeiden. Ist dieses nicht möglich, so sollen die gleichen Abstände wie in Regel 6 eingehalten werden, jedoch bei einem Mindestabstand von 10 cm. Hierbei sind etwaige Schwingungen der gespannten Leitungen zu berücksichtigen (siehe auch § 22b). Ausgenommen hiervon sind bewehrte Kabel.

g) Isolierte Leitungen ohne metallene Schutzhülle dürfen entweder offen auf geeigneten Isolierkörpern oder in Rohren

verlegt werden. Die feste Verlegung von ungeschützten Mehrfachleitungen ist unzulässig.

8. Leitungen sollen in der Regel so verlegt werden, daß sie ausgetauscht werden können (siehe § 26<sup>d</sup>). Rohrdrähte sollen nicht eingemauert oder eingeputzt werden.

9. Isolierte offen verlegte Leitungen sollen bei Niederspannung im Freien mindestens 2 cm, in Gebäuden mindestens 1 cm von der Wand entfernt gehalten werden.

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

10. Isolierte Leitungen mit metallener Schutzhülle (Rohrdrähte, Panzerader usw.) können im Freien an maschinellen Aufbauten und Apparaten, die ständiger Überwachung unterstehen (wie Krane, Schiebebühnen usw.), unmittelbar auf Wänden, Maschinenteilen und dergleichen mit Schellen befestigt werden.

Gegen chemische und atmosphärische Angriffe soll die Schutzhülle gesichert sein.

11. Bei Einrichtungen, an denen ein Zusammenlegen von Leitungen in größerer Zahl unvermeidlich ist (z. B. Regelvorrichtungen, Schaltanlagen), dürfen isolierte Leitungen so verlegt werden, daß sie sich berühren, wenn eine Lagenveränderung ausgeschlossen ist.

12. Bei Hochspannung über 1000 V sollen auf Glocken, Rollen usw. verlegte isolierte Leitungen mit den für blanke Leitungen geforderten Mindestabständen verlegt werden, wenn ihre Isolierhülle nicht gegen Verwitterung geschützt ist. Bei Spannungen unter 1000 V gelten 2 cm als ausreichender Abstand.

h) Bei Leitungen oder Kabeln für Ein- und Mehrphasenstrom, die eisenumhüllt oder durch Eisenrohre geschützt sind, müssen sämtliche zu einem Stromkreise gehörende Leitungen in der gleichen Eisenhülle enthalten sein, wenn bei Einzelverlegung eine bedenkliche Erwärmung der Eisenhüllen zu befürchten ist (siehe § 26 c).

i) Die Verbindung von Leitungen untereinander, sowie die Abzweigung von Leitungen dürfen nur durch Lötung, Verschraubung oder gleichwertige Mittel bewirkt werden.

In B. u. T. müssen an Schaltstellen die ankommenden Leitungen abtrennbar sein, bei Spannungen über 500 V durch Leitungsschalter (vgl. § 9 e).

✂ | Die zu den Stromverbrauchern führenden Abzweigungen von Hauptleitungen müssen unter Spannung abtrennbar sein.

Innerhalb von Glühlampenstromkreisen, die mit 6 A gesichert sind, bedarf es keiner weiteren Trennstellen.

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

Schnüre oder Drahtseile bis zu 6 mm<sup>2</sup> und Einzeldrähte bis zu 16 mm<sup>2</sup> Kupferquerschnitt können mit angebogenen Ösen an den

Apparaten befestigt werden. Drahtseile über 6 mm<sup>2</sup>, sowie Drähte über 16 mm<sup>2</sup> Kupferquerschnitt sollen mit Kabelschuhen oder gleichwertigen Verbindungsmitteln versehen sein. Bei Schnüren und Drahtseilen jeder Art sollen die einzelnen Drähte jedes Leiters, wenn sie nicht Kabelschuhe oder gleichwertige Verbindungsmittel erhalten, an den Enden miteinander verlötet sein.

14. Verbindungen von Schnüren untereinander oder zwischen Schnüren und anderen Leitungen sollen nicht durch Verlötung, sondern durch Verschraubung auf isolierender Unterlage oder durch gleichwertige Vorrichtungen hergestellt sein. An und in Beleuchtungskörpern sind bei Niederspannung auch für Schnüre Lötungen zulässig.

k) Bei Verbindungen oder Abzweigungen von isolierten Leitungen ist die Verbindungsstelle in einer der übrigen Isolierung möglichst gleichwertigen Weise zu isolieren. Wo die Metallbewehrungen und metallischen Schutzverkleidungen geerdet werden müssen, sind sie an den Verbindungsstellen gut leitend zu verbinden.

l) Ortsveränderliche Leitungen dürfen an festverlegte nur mit lösbaren Verbindungen angeschlossen werden.

m) Jede ortsveränderliche Leitung muß ihren eigenen Stecker erhalten.

n) Jede ortsveränderliche Leitung muß an den Anschlußstellen ihrer beiden Enden von Zug entlastet und in ihrer Umhüllung sicher gefaßt sein.

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

p) Es sind Maßnahmen zu treffen, um die Gefährdung von Fernmeldeleitungen durch Starkstromleitungen zu verhindern.

15. Bezüglich der Sicherung vorhandener Fernsprech- und Telegraphenleitungen wird auf das Gesetz über das Telegraphenwesen des Deutschen Reiches vom 6. April 1892 und auf das Telegraphenwegesgesetz vom 18. Dezember 1899 verwiesen.

## § 22.

### Freileitungen.

a) Ungeerdete Freileitungen dürfen nur auf Porzellan-glocken oder gleichwertigen Isoliervorrichtungen verlegt werden.

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; wenn diese Stätten selbst nur durch besondere Hilfs-

mittel zugänglich sind, genügt es, bei Niederspannung die Leitungstrecken mit wetterfester Umhüllung auszuführen oder besondere Schutzwehren mit Warnungsschild anzuordnen. Bei Wegübergängen müssen die Leitungen einen angemessenen Abstand vom Erdboden oder einen geeigneten Schutz gegen Berührung erhalten.

1. Es empfiehlt sich, solche Strecken von Freileitungen, die unter Umständen der Gefahr einer Berührung ausgesetzt sind, neben der Anwendung der gemäß b) verlangten Maßnahmen abschaltbar zu machen.

2. Als wetterfest umhüllte Leitung gilt die in den „Normen für umhüllte Leitungen in Starkstromanlagen“ festgelegte Ausführung.

3. *Ungeschützte Freileitungen für Hochspannung sollen in der Regel mit ihrem tiefsten Punkten mindestens 6 m von der Erde und bei befahrenen Wegübergängen mindestens 7 m von der Fahrbahn entfernt sein.*

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

d) Leitungen, Schutznetze und ihre Träger müssen genügend widerstandsfähig (auch gegen Winddruck und Schneelast) sein.

Die Ausführung und Bemessung von Freileitungen muß nach den „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen“ erfolgen.

4. Freileitungen können mit größeren Stromstärken belastet werden, als der Tafel in § 20<sup>1</sup> entspricht, wenn dadurch ihre Festigkeit nicht merklich leidet.

e) *Bei Freileitungen für Hochspannung müssen blanke Leitungen verwendet werden; wo ätzende Dünste zu befürchten sind, ist ein schützender Anstrich gestattet.*

f) *Bei Freileitungen für Hochspannung müssen Eisenmaste und Eisenbetonmaste mit Stützenisolatoren geerdet werden.*

*Werden dagegen Hängeisolatorenketten mit mehreren Gliedern verwendet, so wird unter der Voraussetzung die Erdung der Maste nicht gefordert, daß durch erhöhte Gliederzahl ein der nachstehenden Zahlentafel entsprechender Sicherheitsgrad gewährleistet ist und Vorkahrungen getroffen sind, die das Auftreten von Dauererdschlüssen an den Masten unmöglich oder unwahrscheinlich machen, z. B. umgekehrte Tannenform, selbsttätige Erdschlußabschaltung u. dgl.*

Zahlentafel.

<i>verkettete Betriebsspannung in kV</i>	<i>Mindestüberschlagspannung der Kette unter Regen (nach den Leitsätzen für die Prüfung von Hängeisolatoren) in kV</i>
50	130
60	150
80	190
100	230



*Ferner müssen bei der Führung von Leitungen an Wänden und solchen Holzmasten, die sich an verkehrsreichen Stellen befinden, Isolatorstützen und Träger geerdet werden.*

*Drahtzäune und metallene Gitter dürfen nicht mit Masten und anderen Trägern von Hochspannungsleitungen in Berührung gebracht werden.*

*g) In die Betätigungsgestänge von Schaltern an Holzmasten sind Isolatoren einzuschalten, wenn eine zuverlässige Erdung des Schalters nicht gewährleistet werden kann. In diesem Falle ist nicht das Gestell selbst, sondern das Betätigungsgestänge unterhalb der Isolatoren zu erden.*

*Ankerdrähte an Holzmasten sind, wenn irgend zugänglich, zu vermeiden. Kann von ihrer Verwendung nicht abgesehen werden, so sollen sie nicht unmittelbar am Eisen der Traversen oder Stützen, sondern am Holz in möglichst großer Entfernung von den Eisenteilen angreifen. Sie sind außerdem über Reichhöhe mit Abspannisolatoren für die volle Betriebsspannung zu versehen und unterhalb dieser Isolatoren zu erden.*

*h) Bei parallel verlaufenden oder sich kreuzenden Freileitungen, die an getrenntem oder gemeinsamem Gestänge geführt sind, sind die Drähte so zu führen oder es sind Vorkehrungen zu treffen, daß eine Berührung der beiden Arten von Leitungen miteinander verhütet oder ungefährlich gemacht wird (siehe auch § 4a).*

*i) Fernmelde-Freileitungen, 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. Fernspreckstellen müssen so eingerichtet sein, daß auch bei Berührung zwischen den beiderseitigen Leitungen eine Gefahr für die Sprechenden ausgeschlossen ist.*

*5. Fernmelde-Freileitungen sollen entweder auf besonderem Gestänge oder bei gemeinsamem Gestänge in angemessenem Abstand unterhalb der Starkstromleitungen verlegt werden.*

*k) Wenn eine Hochspannungsleitung über Ortschaften, bewohnte Grundstücke und gewerbliche Anlagen geführt wird, oder wenn sie sich einem verkehrsreichen Fahrweg so weit nähert, daß die Vorübergehenden durch Drahtbrüche gefährdet werden können, so müssen Vorrichtungen angebracht werden, die das Herabfallen der Leitungen verhindern oder herabgefallene Teile selbst spannungslos machen, oder es müssen innerhalb der Strecke alle Teile der Leitungsanlage mit entsprechend erhöhter Sicherheit ausgeführt werden.*

*6. Schutznetze für Hochspannungsleitungen sind möglichst zu vermeiden. Ist dieses nicht möglich, so sollen sie so gestaltet oder angebracht sein, daß sie auch bei starkem Winde mit den Hochspannungsleitungen nicht in Berührung kommen können und einen gebrochenen Draht mit Sicherheit abfangen.*

*Sie sollen, wenn sie nicht geerdet werden können, der höchsten vorkommenden Spannung entsprechend isoliert sein.*

*l) Hochspannungs-Freileitungen zur Versorgung ausgedehnter gewerblicher Anlagen, größerer Anstalten, Gehöfte und dergleichen müssen während des Betriebes streckenweise spannungslos gemacht werden können.*

*7. Dieses soll auch bei Ortschaften den örtlichen Verhältnissen entsprechend beachtet werden.*

### § 23.

#### Installationen im Freien.

a) Im Freien verlegte Leitungen müssen abschaltbar sein.

b) Im Freien ist die feste Verlegung von ungeschützten Mehrfachleitungen unzulässig (vgl. § 21 g).

*c) Träger und Schutzverkleidungen von Hochspannungsleitungen im Freien, die mehr als 750 V gegen Erde führen, müssen durch einen roten Blitzpfeil sichtbar gekennzeichnet sein.*

1. Bei im Freien offen verlegten Leitungen ist der Schutz gegen Berührung besonders zu beachten.

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.

3. *Ungeschützte Hochspannungsleitungen im Freien sollen in der Regel mit ihrem tiefsten Punkte mindestens 6 m von der Erde entfernt sein.*

4. Wenn bei Fahrleitungen die in Regel 2 und 3 genannten Maße nicht eingehalten werden können oder die Fahrleitungen lose auf Stützpunkten ruhen müssen, so sollen den Betriebsverhältnissen entsprechend Vorsichtsmaßregeln getroffen werden.

5. Apparate sollen tunlichst nicht im Freien untergebracht werden; läßt sich dieses nicht vermeiden, so soll für besonders gute Isolierung, zuverlässigen Schutz gegen Berührung und gegen schädliche Witterungseinflüsse Sorge getragen werden.

### § 24.

#### Leitungen in Gebäuden.

a) Innerhalb von Gebäuden müssen alle gegen Erde unter Spannung stehenden Leitungen mit einer Isolierhülle im Sinne des § 19 versehen sein.

Nur in Räumen, in denen erfahrungsgemäß die Isolierhülle durch chemische Einflüsse rascher Zerstörung ausgesetzt ist, ferner für Kontaktleitungen und dergleichen dürfen blanke spannungführende Leitungen Verwendung finden, wenn sie vor Berührung hinreichend geschützt sind.

*b) Bei Hochspannung sind ungeerdete blanke Leitungen außerhalb elektrischer Betriebs- und Akkumulatorenräume nur als Kontaktleitungen gestattet. Sie müssen an geeigneter Stelle mit Schalter allpolig abschaltbar sein. Für Fahrleitungen gilt § 23<sup>d</sup>.*

c) Bei Abzweigstellen muß den auftretenden Zugkräften durch geeignete Anordnungen Rechnung getragen werden.

d) Durch Wände, Decken und Fußböden sind die Leitungen so zu führen, daß sie gegen Feuchtigkeit, mechanische und chemische Beschädigung, sowie Oberflächenleitung ausreichend geschützt sind.

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.

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.

Über Fußböden sollen die Rohre mindestens 10 cm vorstehen; sie sollen gegen mechanische Beschädigung sorgfältig geschützt sein. *Bei Hochspannung sollen die Rohre außerdem an Decken und Wandflächen mindestens 5 cm vorstehen.*

## § 25.

### Isolier- und Befestigungskörper.

a) Holzleisten sind unzulässig.

b) Krampen sind nur zur Befestigung von betriebsmäßig geerdeten Leitungen zulässig, wenn dafür gesorgt ist, daß der Leiter weder mechanisch noch chemisch durch die Art der Befestigung beschädigt wird.

c) Isolierringe müssen so angebracht werden, daß sich in ihnen kein Wasser ansammeln kann.

d) Isolierkörper müssen so angebracht werden, daß sie die Leitungen in angemessenem Abstand voneinander, von Gebäudeteilen, Eisenkonstruktionen und dergleichen entfernt halten.

1. Bei Führung von Leitungen auf gewöhnlichen Rollen längs der Wand soll auf höchstens 1 m eine Befestigungstelle kommen. Bei Führung an der Decke können den örtlichen Verhältnissen entsprechend ausnahmsweise größere Abstände gewählt werden.

✂ | In B. u. T. sind gewöhnliche Rollen unzulässig. |

2. Mehrfachleitungen sollen nicht so befestigt werden, daß ihre Einzelleiter aufeinander gepreßt sind.

## § 26.

### Rohre.

a) Rohre und Zubehörteile (Dosen, Muffen, Winkelstücke usw.) aus Papier müssen imprägniert sein und einen Metallüberzug haben.

1. Dosen sollen entweder feste Stützen oder hinreichende Wandstärke zur Aufnahme der Rohre haben.

2. Rohrähnliche Winkel, T-, Kreuzstücke und dergleichen sollen als Teile des Rohrsystems in gleicher Weise ausgekleidet sein wie die Rohre selbst. Scharfe Kanten im Inneren sind auf alle Fälle zu vermeiden.

b) *Rohre aus Metall oder mit Metallüberzug müssen bei Hochspannung in solcher Stärke verwendet werden, daß sie auch den zu erwartenden mechanischen und chemischen Angriffen widerstehen.*

*Bei Hochspannung sind die Stoßstellen metallener Rohre metallisch zu verbinden und die Rohre zu erden.*

✂ 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 (siehe §§ 21h und 28i).

d) Drahtverbindungen und Abzweigungen innerhalb der Rohrsysteme sind nur in Dosen, Abzweigkasten, T- und Kreuzstücken und nur durch Verschraubung auf isolierender Unterlage zulässig.

3. Rohre sollen so verlegt werden, daß sich in ihnen kein Wasser ansammeln kann.

4. Bei Rohrverlegung sollen im allgemeinen die lichte Weite, sowie die Anzahl und der Halbmesser der Krümmungen so gewählt sein, daß man die Drähte einziehen und entfernen kann. Von der Auswechselbarkeit der Leitungen kann abgesehen werden, wenn die Rohre offen verlegt und jederzeit zugänglich sind. Die Rohre sollen an den freien Enden mit entsprechenden Armaturen, z. B. Tüllen, versehen sein, so daß die Isolierung der Leitungen durch vorstehende Teile und scharfe Kanten nicht verletzt werden kann.

5. Unter Putz verlegte Rohre, die für mehr als einen Draht bestimmt sind, sollen mindestens 11 mm lichte Weite haben.

## § 27.

### Kabel.

a) Bланke und asphaltierte Bleikabel dürfen nur so verlegt werden, daß sie gegen mechanische und chemische Beschädigungen geschützt sind (siehe auch § 21h).

1. Bleikabel jeder Art, mit Ausnahme von Gummi-Bleikabeln bis 750 V, dürfen nur mit Endverschlüssen, Muffen oder gleichwertigen Vorkehrungen, die das Eindringen von Feuchtigkeit verhindern und gleichzeitig einen guten elektrischen Anschluß gestatten, verwendet werden.

✂ 2. Die Entfernung der Befestigungstellen 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 Bewehrung von Kabeln nach Möglichkeit zu erden. An Muffen und ähnlichen Stellen sind die Bewehrungen leitend zu verbinden.

b) Es ist darauf zu achten, daß an den Befestigungstellen

der Bleimantel nicht eingedrückt oder verletzt wird; Rohrhaken sind unzulässig.

Bei freiliegenden Kabeln ist eine brennbare Umhüllung verboten.

✂ 4. Bei der Verlegung von Kabeln in Förderstrecken u. T. ist darauf zu achten, daß sie einer Beschädigung durch entgleisende Fahrzeuge entzogen sind.

c) Prüfdrähte sind wie die zugehörenden Kabeladern zu behandeln.

*Bei Hochspannung sind sie so anzuschließen, daß sie nur zur Kontrolle der zugehörenden Kabeladern dienen.*

#### H. Behandlung verschiedener Räume.

Für die in den §§ 28 bis 36 behandelten Räume treten die allgemeinen Vorschriften insoweit außer Kraft, als die folgenden Sonderbestimmungen Abweichungen enthalten.

##### § 28.

##### Elektrische Betriebsräume.

a) Entgegen § 3a kann in Niederspannungsanlagen von dem Schutz gegen zufällige Berührung blanker, unter Spannung gegen Erde stehender Teile insoweit abgesehen werden, als dieser Schutz nach den örtlichen Verhältnissen entbehrlich oder der Bedienung und Beaufsichtigung hinderlich ist.

b) Entgegen § 3b kann bei Hochspannung die Schutzvorrichtung insoweit auf einen Schutz gegen zufällige Berührung beschränkt werden, als ein erhöhter Schutz nach den örtlichen Verhältnissen entbehrlich oder der Bedienung und Beaufsichtigung hinderlich ist.

c) Bei Hochspannung sind auch solche blanke Leitungen gestattet, die nicht Kontaktleitungen sind (siehe § 24b). Sie müssen jedoch nach § 3b der Berührung entzogen sein.

✂ In B. u. T. fällt diese Erleichterung fort. Auch bei Niederspannung sind blanke Leitungen nur in abgeschlossenen elektrischen Betriebsräumen (siehe § 21e) oder als Fahrleitungen (siehe § 42) zulässig.

d) Schalter mit Ausnahme von Ölschaltern brauchen der Bestimmung in § 11a Absatz 1 nur bei der Stromstärke zu genügen, für deren Unterbrechung sie bestimmt sind. Auf solchen Schaltern ist außer der Betriebspannung und Betriebsstromstärke auch die zulässige Ausschaltstromstärke zu vermerken.

e) Entgegen § 11h können Nulleiter und betriebsmäßig geerdete Leitungen auch einzeln abtrennbar gemacht werden.

f) Entgegen § 12b sind auch bei nicht allpolig abschaltenden Anlassern besondere Ausschalter nicht notwendig.

✂ | In B. u. T. fällt diese Erleichterung fort. |

1. Entgegen § 12<sup>2</sup> sind Schutzverkleidungen für Anlasser und Widerstände nicht unbedingt erforderlich.

g) Die im § 21 a geforderte Schutzverkleidung ist bei Niederspannung und bei *isolierten Hochspannungsleitungen unter 1000 V* nur insoweit erforderlich, als die Leitungen mechanischer Beschädigung ausgesetzt sind.

h) Aus besonderen Betriebsrücksichten kann entgegen § 14 b von der Unverwechselbarkeit der Schmelzeinsätze abgesehen werden.

i) Bei Schalt- und Signalanlagen ist es entgegen § 26 c gestattet, Leitungen verschiedener Stromkreise in einem Rohr zu verlegen.

k) *Entgegen § 18 i sind Handleuchten bei Gleichstrom bis 1000 V zulässig.*

✂ | In B. u. T. fällt diese Erleichterung fort. |

l) Maschinen mit Führerbegleitung. Bei Hebezeugen und verwandten Transportmaschinen müssen die Fahrleitungen am Zugang zur Maschine gegen zufällige Berührung geschützt sein.

Die Fahrleitungen müssen durch Schalter abschaltbar sein.

Die fest verlegten isolierten Leitungen müssen im und am Führerstand gegen Beschädigung geschützt sein.

Handleuchten sind bei Wechselstrom nur für Niederspannung zulässig.

Im übrigen gelten die Führerstände als elektrische Betriebsräume.

## § 29.

### Abgeschlossene elektrische Betriebsräume.

a) In solchen Räumen gelten die Bestimmungen für elektrische Betriebsräume *mit der Maßgabe, daß bei Hochspannung ein Schutz der unter Spannung stehenden Teile nur gegen zufällige Berührung durchgeführt werden muß.*

✂ | Für B. u. T. siehe § 28 c. |

1. Als Hilfsmittel gegen zufälliges Berühren spannungsführender Teile kommen in Betracht: Trennwände zwischen den Feldern der Schaltanlage, Trennwände zwischen den einzelnen Phasen, Schutzgitter, feste und zuverlässig befestigte Geländer, selbsttätige Ausschalt- oder Verregelungsvorrichtungen.

2. Der Verschuß der Räume soll so eingerichtet sein, daß der Zutritt nur den berufenen Personen möglich ist.

b) Bei Hochspannung dürfen entgegen § 7 a Transformatoren ohne geerdetes Metallgehäuse und ohne besonderen Schutzverschlag aufgestellt werden, wenn ihr Körper geerdet ist.

## § 30.

## Betriebsstätten.

a) Entgegen § 21 a dürfen bei Niederspannung die im Handbereich liegenden Zuführungsleitungen zu Maschinen ungeschützt verlegt werden, wenn sie einer Beschädigung nicht ausgesetzt sind.

b) *Bei Hochspannung müssen ausgedehnte Verteilungsleitungen während des Betriebes für Notfälle ganz oder streckenweise spannungslos gemacht werden können.*

## § 31.

Feuchte, durchtränkte und ähnliche Räume.

a) Die nicht geerdeten, nach diesen Räumen führenden Leitungen müssen allpolig abschaltbar sein.

b) *Für Spannungen über 1000 V sind nur Kabel zulässig.*

In B. u. T. sind in Räumen, in denen Tropfwasser auftritt, für Niederspannung nur Kabel und in Rohren nach § 26 b verlegte Gummiaderleitungen zulässig.

*Für Hochspannung sind nur Kabel gestattet.*

c) Festverlegte Mehrfachleitungen sind nicht zulässig.

d) Ortsveränderliche Leitungen müssen durch eine schmiegsame Umhüllung gegen Beschädigung besonders geschützt sein.

1. Bei offen verlegten Leitungen ist der Schutz gegen Berührung (siehe § 3) besonders zu beachten.

2. Offen verlegte ungeerdete blanke Leitungen sollen in einem Abstand von mindestens 5 cm voneinander und 5 cm von der Wand auf zuverlässigen Isolierkörpern verlegt werden (siehe § 21<sup>4</sup>). Sie können mit einem der Natur des Raumes entsprechenden haltbaren Anstrich versehen sein.

Schutzrohre sollen gegen mechanische und chemische Angriffe hinreichend widerstandsfähig sein.

3. Motoren und Apparate sollen tunlichst nicht in solchen Räumen untergebracht werden; läßt sich dieses nicht vermeiden, so soll für besonders gute Isolierung, guten Schutz gegen Berührung und gegen die obwaltenden schädlichen Einflüsse Sorge getragen werden; die nicht spannungsführenden, der Berührung zugänglichen Metallteile sollen gut geerdet werden.

e) Stromverbraucher müssen so eingerichtet sein, daß sie zum Zweck der Bedienung spannungslos gemacht werden können.

f) Für Beleuchtung ist nur Niederspannung zulässig. Fassungen müssen aus Isolierstoff bestehen. Schaltfassungen sind verboten.

## § 32.

Akkumulatorenräume (siehe auch § 8).

- a) Akkumulatorenräume gelten als abgeschlossene elektrische Betriebsräume.
- b) Zur Beleuchtung dürfen nur elektrische Lampen verwendet werden, deren Leuchtkörper luftdicht abgeschlossen ist.
- c) Für geeignete Lüftung ist zu sorgen.

## § 33.

Betriebstätten und Lagerräume mit ätzenden Dünsten.

- a) Alle Teile der elektrischen Einrichtungen müssen je nach Art der auftretenden Dünste gegen chemische Beschädigung tunlichst geschützt sein.
- b) Fassungen müssen aus Isolierstoff bestehen. Schaltfassungen sind verboten.  
Für Handleuchter sind nur Leitungen mit besonderer, gegen die chemischen Einflüsse schützender Hülle gestattet.
- c) *Die Verwendung von Spannungen über 1000 V ist für Licht- und Motorenbetrieb unzulässig.*
  - 1. Entgegen § 12<sup>1</sup> ist Holz auch bei Schaltaltern nicht zulässig.

## § 34.

Feuergefährliche Betriebstätten und Lagerräume.

- a) Die Umgebung von elektrischen Maschinen, Transformatoren, Widerständen usw. muß von entzündlichen Stoffen freigehalten werden können.
- b) Sicherungen, Schalter und ähnliche Apparate, in denen betriebsmäßig Stromunterbrechung stattfindet, sind in feuersicher abschließenden Schutzverkleidungen unterzubringen.
- c) Blanke Leitungen sind nicht zulässig. Isolierte Leitungen müssen in Rohren nach § 26 oder als Kabel verlegt werden.

1. Auf Schutz gegen mechanische Beschädigung ist besonders zu achten.

- d) *In B. u. T. ist nur Gleichstrom bis 500 V und Niederspannungs-Wechselstrom zulässig.*

## § 35.

Explosionsgefährliche Betriebstätten und Lagerräume.

- a) Elektrische Maschinen, Transformatoren und Widerstände, desgleichen Ausschalter, Sicherungen, Steckvorrich-



tungen und ähnliche Apparate, in denen betriebsmäßig Stromunterbrechung stattfindet, dürfen nur insoweit verwendet werden, als für die besonderen Verhältnisse explosionsichere Bauarten bestehen.

b) Festverlegte Leitungen sind nur in geschlossenen Rohren oder als Kabel zulässig.

c) Zur Beleuchtung sind nur Glühlampen zulässig, deren Leuchtkörper luftdicht abgeschlossen ist. Sie müssen mit starken Überglocken, die auch die Fassung dicht einschließen, versehen sein.

d) Behördliche Vorschriften über explosionsgefährliche Betriebe bleiben durch vorstehende Bestimmungen unberührt.

### § 36.

Schaufenster, Warenhäuser und ähnliche Räume, wenn darin leicht entzündliche Stoffe aufgestapelt sind.

a) Festverlegte Leitungen müssen bis in die Lampenträger oder in die Anschlußdosen vollständig durch Rohre geschützt oder als Rohrdraht ausgeführt sein.

b) Auf den Schutz entzündlicher Gegenstände gegen die Berührung mit Lampen ist im Sinne des § 16d besonderer Wert zu legen.

c) Beleuchtungskörper und andere Stromverbraucher, die ihren Standort wechseln, sind nur mittels biegsamer Leitungen anzuschließen, die zum Schutz gegen mechanische Beschädigung mit einem Überzug aus widerstandsfähigem Stoff (siehe § 19 III) versehen sind.

d) Alle Schalter, Anschlußdosen und Sicherungen müssen mit widerstandsfähigen Schutzkasten umgeben und an Plätzen fest angebracht sein, wo eine Berührung mit leicht entzündlichen Stoffen ausgeschlossen ist.

e) *Die Verwendung von Stromverbrauchern für Hochspannung ist in Räumen, in denen leicht entzündliche Stoffe aufgestapelt sind, nicht zulässig.*

## **J. Provisorische Einrichtungen, Prüffelder und Laboratorien.**

### § 37.

a) Für festverlegte Leitungen sind Abweichungen von den Bestimmungen über Stützpunkte der Leitungen und dergleichen zulässig, doch ist dafür zu sorgen, daß die Vorschriften hinsichtlich mechanischer Festigkeit, zufälliger

gefährbringender Berührung, Feuersicherheit und Erdung für den ordnungsmäßigen Gebrauch erfüllt sind.

b) Provisorische Einrichtungen sind durch Warnungstafeln zu kennzeichnen und durch Schutzgeländer, Schutzverschlüsse oder dergleichen gegen den Zutritt Unbefugter abzugrenzen. *Bei Hochspannung sind sie nötigenfalls unter Verschluss zu halten.* Den örtlichen Verhältnissen ist dabei Rechnung zu tragen.

Die beweglichen und ortsveränderlichen Einrichtungen sowie die Beleuchtungskörper, Apparate, Meßgeräte usw. müssen den allgemeinen Vorschriften genügen.

Bei Schalt- und Verteilungstafeln ist Holz als Baustoff, nicht aber als Isolierstoff zulässig.

c) Ständige Prüffelder und Laboratorien sind mit festen Abgrenzungen und entsprechenden Warnungstafeln zu versehen. Fliegende Prüfstände sind durch eine auffallende Absperrung (Schranken, Seile oder dergleichen) kenntlich zu machen. Unbefugten ist das Betreten der Prüffelder und Prüfstände streng zu verbieten.

*1. In ständigen Prüffeldern und Laboratorien für Hochspannung über 1000 V sollen die Stände, in denen unter Spannung gearbeitet wird, gegen die Nachbarschaft abgegrenzt werden, wenn dort gleichzeitig Aufstellungs-, Vorbereitungsarbeiten und dergleichen vorgenommen werden.*

*2. Ständige Prüffelder und Laboratorien für sehr hohe Spannungen sollen in abgeschlossenen Räumen untergebracht werden, deren unbefugtes Betreten durch geeignete Einrichtungen verhindert oder ungetährlich gemacht wird.*

*3. Wenn in Prüffeldern, Laboratorien und dergleichen an den provisorischen Leitungen, an den Apparaten usw. der Schutz gegen zufällige Berührung Hochspannung führender Teile sich nicht durchführen läßt, sollen die Gänge hinreichend breit und der Bedienungsraum genügend groß sein.*

d) Versuchsschaltungen in Prüffeldern und Laboratorien, die während des Gebrauches unter sachkundiger Leitung stehen, unterliegen den allgemeinen Vorschriften nicht.

## **K. Theater und diesen gleichzustellende Versammlungsräume.**

Für diese Räume gelten außer den normalen Vorschriften noch die folgenden Sonderbestimmungen:

### § 38.

#### Allgemeine Bestimmungen.

a) Für Theaterinstallationen darf Hochspannung nicht verwendet werden.

b) Die elektrischen Leitungsanlagen sind von der Hauptschalttafel ab in Gruppen zu unterteilen. Mehrleiteranlagen

sind bei der Hausbeleuchtung, soweit tunlich, bereits von den Hauptverteilungsstellen ab in Zweileiterzweige (bei Systemen mit Nulleiter bestehend aus Außen- und Nulleiter) zu unterteilen.

Für die Bühnenbeleuchtung gilt das in § 39, Regel 5 Gesagte.

c) In Räumen, die mehr als drei Lampen enthalten, sowie in allen Fluren, Treppenhäusern und Ausgängen sind die Lampen an mindestens zwei getrennt gesicherte Zweigleitungen anzuschließen. Von dieser Bestimmung kann abgesehen werden, wenn die Notlampen eine genügende Allgemeinbeleuchtung gewähren.

d) Falls eine elektrische Notbeleuchtung eingerichtet wird, müssen ihre Lampen an eine oder mehrere räumlich und elektrisch von der Hauptanlage unabhängige Stromquellen angeschlossen werden.

e) Die Schalter und Sicherungen sind tunlichst gruppenweise zu vereinigen und dürfen dem Publikum nicht zugänglich sein.

#### § 39.

##### Bestimmungen für das Bühnenhaus.

Für Installationen des Bühnenhauses (Bühne, Untermaschinerien, Arbeitsgalerien und Schnürböden, auch Garderoben und andere Nebenräume im Bühnenhause) gelten außer den vorerwähnten allgemeinen noch die folgenden Zusatzbestimmungen:

a) Schalttafeln und Bühnenregulatoren sind so anzuordnen, daß eine unbeabsichtigte Berührung durch Unbefugte ausgeschlossen ist.

Auf die Endausschalter an Bühnenregulatoren findet die Vorschrift des § 11e keine Anwendung, wenn die vom Regulator bedienten Stromkreise an zentraler Stelle allpolig ausgeschaltet werden können.

Die Widerstände von Bühnenregulatoren sind bei Dreileiteranlagen in die Außenleiter zu legen.

b) Bei Beleuchtungskörpern mit Farbenwechsel muß der Querschnitt der gemeinschaftlichen Rückleitung der höchstmöglichen Betriebsstromstärke angepaßt sein.

c) Betriebsmäßig stromführende blanke Leitungen sind in den Untermaschinerien, auf der Bühne, den Arbeitsgalerien und dem Schnürboden nicht zulässig. Flugdrähte und dergleichen dürfen weder zur Stromführung noch als Erdzuleitung benutzt werden.

d) Feste Leitungen müssen in der Weise verlegt werden, daß sie in erster Linie gegen die zu erwartenden mechanischen Beschädigungen geschützt sind.

e) Mehrfachleitungen zum Anschluß beweglicher Bühnenbeleuchtungskörper müssen biegsame Kupferseelen haben und durch starke schmiegsame nichtmetallische Schutzhüllen gegen mechanische Beschädigung geschützt sein.

1. Die Kupferseele der Gummiaderlitzen soll aus einzelnen Drähten von nicht über 0,2 mm Durchmesser bestehen.

2. Die Befestigung der biegsamen Leitungen soll so sein, daß auch bei rauher Behandlung an der Anschlußstelle ein Bruch nicht zu befürchten ist.

3. Die Anschlußstücke sind mit der Schutzumhüllung so zu verbinden, daß die Kupferseelen an der Anschlußstelle von Zug entlastet sind. Steckkontakte müssen innerhalb widerstandsfähiger, nicht stromführender Hüllen liegen und so angeordnet sein, daß zufällige Berührung der stromführenden Teile, wenn sie nicht geradet sind, verhindert wird.

f) Für vorübergehend gebrauchte Szenerie-Installationen kann von der Erfüllung der allgemeinen Vorschriften für die Verlegung von Leitungen ausnahmsweise abgesehen werden, wenn isolierte Leitungen 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 Durchführungsstüllen entbehrlich.

g) Die Sicherungen der Anschlußleitungen für Bühnenbeleuchtungskörper (Oberlichter, Kulissen, Rampen, Horizont-, Spielflächen-, Versatz- und Scheinwerferbeleuchtung) sind im fest verlegten Teil der Leitung anzubringen; in diesem Falle genügt für jeden Körper je eine Sicherung für alle Lampen einer Farbe. Der Querschnitt ortsveränderlicher Leitungen ist der Nennstromstärke der Sicherungen des größten Versatzstromkreises anzupassen. Soweit dieses nicht tunlich ist, sind besondere Zwischensicherungen anzuordnen; für ordnungsmäßige Verkleidung dieser Sicherungen ist zu sorgen. In den Beleuchtungskörpern selbst sind Sicherungen nicht zulässig.

h) Bei Regelwiderständen, die an besonderen, nur dem Bedienungspersonal zugänglichen feuersicheren Stellen angebracht sind, ist eine Schutzverkleidung aus feuersicherem Stoff entbehrlich.

4. Die Stufenschalter für den Bühnenregulator sollen unmittelbar bei den Regelwiderständen selbst angebracht sein, können aber durch Übertragung betätigt werden.

i) Die fest angebrachten Glühlampen auf der Bühne, sowie alle Glühlampen in Arbeitsräumen, Werkstätten, Garderoben, Treppen und Korridoren müssen mit Schutzkörben oder -gläsern versehen sein, die nicht an der Fassung, sondern an den Lampenträgern befestigt sind.

k) Für Bühnenbeleuchtungskörper und deren Anschlüsse (Oberlichter, Kulissen, Rampen, Effekt- und Versatzbeleuchtungen) gelten folgende Bestimmungen:

Die Beleuchtungskörper sind mit einem Schutzgitter für die Glühlampen zu versehen.

Innerhalb der Beleuchtungskörper sind blanke Leiter dann zulässig, wenn sie gegen zufällige Berührung geschützt sind.

Hängende Beleuchtungskörper sind, auch wenn sie gerdet werden, gegen ihre Tragseile zu isolieren.

Bühnenscheinwerfer, Projektionsapparate, Blitzlampen und dergleichen sind mit einer Vorrichtung zu versehen, die das Herausfallen glühender Kohlenteilchen oder dergleichen verhindert.

5. Die Spannung zwischen irgend zwei Leitern eines Beleuchtungskörpers soll 250 V nicht überschreiten. Bei Horizont- und Spielflächenbeleuchtungen gelten die einzelnen Laternen als Beleuchtungskörper.

Für Horizont- und Spielflächenbeleuchtungen sollen Abzweige in Mehrleitersystemen tunlichst nicht mehr als 6600 W bei 110 V oder 8800 W bei 220 V führen.

6. Holz soll nur bei vorübergehend gebrauchten Bühnenbeleuchtungskörpern und nur als Baustoff zulässig sein.

### **I. 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, 29, 31 und 34 gegebenen Zusätzen gilt für B. u. T. noch folgendes:

#### **§ 40.**

#### **Verlegung in Schächten.**

a) In Schächten und einfallenden Strecken von mehr als 45° Neigung dürfen nur bewehrte Kabel, bei denen die Bewehrung aus verzinkten oder verbleiten Eisen- oder Stahl-  
 drähten besteht, oder die auf andere Weise von Zug entlastet sind, verwendet werden. In trockenen, feuersicheren Nebenschächten sind auch isolierte Leitungen bei Niederspannung zulässig.

1. Der Abstand der Befestigungstellen der Kabel soll in der Regel nicht mehr als 6 m betragen.

2. Die Befestigung der Kabel soll mit breiten 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 dergleichen umwickelt werden.

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.



#### Elektrische Schachtsignalanlagen.

c) Die Schachtsignalanlage jeder Förderung muß durch eine gesonderte Stromquelle gespeist werden, an die keine anderen Stromverbraucher angeschlossen werden dürfen.

Signalleitungen mehrerer Förderungen dürfen nicht in einem gemeinsamen Kabel verlegt werden.

Der Anschluß von Schachtsignalanlagen an Starkstromnetze ist nur gestattet, wenn hierbei keine unmittelbare elektrische Verbindung zwischen Signalanlage und Netz, wie z. B. durch Einankerumformer oder Spartransformatoren, hergestellt wird.



Eine Ausnahme ist bei Stapelschächten zulässig.

d) Eine Vorrichtung, die das Ausbleiben der Betriebsspannung dem Fördermaschinenisten selbsttätig anzeigt, ist anzubringen.

e) Offen verlegte Leitungen dürfen in Schachtsignalanlagen nicht verwendet werden.

#### § 41.



#### Schlagwettergefährliche Grubenräume.

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, Akkumulatorenkasten und Apparate verwendet werden. Sie gelten als schlagwettersicher, wenn sie den diesbezüglichen Leitsätzen des VDE entsprechen.



c) Es sind nur Glühlampen zulässig, deren Leuchtkörper luftdicht abgeschlossen ist.

1. Glühlampen sollen eine starke Überglocke und einen Schutzkorb aus starkem Drahtgeflecht besitzen.

d) Blanke Leitungen sind nur als Erdzuleitungen zulässig.

e) Isolierte Leitungen dürfen nur als Kabel oder in widerstandsfähigen geerdeten Eisen- oder Stahlrohren festverlegt werden.

f) Biegsame Leitungen zum Anschluß ortsbeweglicher Stromverbraucher sind nur mit besonders starker Schutzhülle zulässig.

#### § 42.

#### Fahrleitungen und Zubehör elektrischer Streckenförderung.

a) Für elektrische Streckenförderung u. T. ist Gleichstrom zu verwenden. Die Fahrleitungen müssen in angemessener Höhe über Schienenoberkante liegen; soweit dieses nicht möglich ist, sind Schutzvorrichtungen zu treffen, die ein zufälliges Berühren der Fahrleitung verhindern.

Erweiterungen bestehender Wechselstrombahnen sind nur zulässig, wenn für die Fahrleitung eine Mindesthöhe von 2,2 m über Schienenoberkante dauernd eingehalten wird.

1. Als angemessene Höhe gilt im allgemeinen bei Gleichstrom-Niederspannung 1,8 m, bei *Gleichstrom-Hochspannung 2,2 m*.

2. Als normale mittlere Betriebsspannung sollen bei Streckenförderung 220, 550 und 750 V gelten. Diesen Werten sollen Erzeugerspannungen von 250, 650 und 850 V entsprechen.

3. Als Normalquerschnitte für Fahrleitungen aus Kupfer werden festgelegt 50, 65, 80 und 100 mm<sup>2</sup> (Profile siehe DIN VDE . . . ).

b) Bei Fahrleitungsanlagen sind auf den Lokomotiven Kurzschließer anzubringen, damit bei dem herzustellenden Kurzschluß entweder die Strecken durch Herausfallen der Überstrom-Selbstschalter spannungslos werden oder der Spannungsabfall der Fahrleitung bis zur Kurzschlußstelle so groß wird, daß die dort vorhandene Spannung für Menschen keine Gefahr mehr bildet.

c) An Abzweigstellen sind sowohl in der Haupt- wie auch in der Nebenstrecke Streckentrennschalter vorzusehen. Die Streckentrennung ist so auszuführen, daß eine Überbrückung durch die Strombügel der Lokomotive ausgeschlossen ist. In unverzweigten Fahrleitungen sind die Streckentrennschalter etwa alle 1000 m einzubauen.

Die jeweilige Schaltstellung muß von außen erkennbar sein. Die Gehäuse dürfen nur mit einem Sonderschlüssel geöffnet werden können.

4. Bei Fahrleitungsanlagen, die von mehreren voneinander unabhängigen Speiseleitungen gespeist werden, ist in jede Speiseleitung ein Überstrom-Selbstschalter einzubauen.

d) An Rangier-, Kreuzung- und Zugangstellen sind Warnungstafeln anzubringen, die auf die mit Berührung der Fahrleitung verbundene Gefahr hinweisen.

5. Diese Warnungstafeln sollen beleuchtet sein.

e) Fahrleitungen, die nicht auf Porzellan-Doppelglocken-

isolatoren oder gleichwertigen Isolatoren verlegt sind, müssen gegen Erde doppelt isoliert sein.

f) Aufhänge- oder Abspanndrähte jeder Art müssen gegen spannungführende Leitungen doppelt isoliert sein, z. B. durch Porzellan-Doppelglockenisolatoren. Als Querverbindungen, die zum Spannungsausgleich zwischen den Fahrleitungen dienen, dürfen blanke Leitungen nicht verwendet werden.

g) Speiseleitungen, die Betriebsspannungen gegen Erde führen, müssen von der Stromquelle und an den Speisepunkten von den Fahrleitungen abschaltbar sein. Wenn durch Streckenschalter dafür gesorgt ist, daß mit der Speiseleitung gleichzeitig der zugehörige Teil der Fahrleitung spannungsfrei wird, ist die Abschaltbarkeit am Speisepunkt nicht erforderlich.

h) Wenn die Gleise als Rückleitung dienen, müssen die Stöße aller Schienen gutleitend verbunden und in Abständen von höchstens 100 m gutleitende Querverbindungen zwischen den Schienen eingebaut werden. Die Schienenstöße sind derart zu überbrücken, daß der Widerstand in der Überbrückung nicht größer als der Widerstand einer Schienenlänge ist.

6. Diese Forderung wird in gesondertem Maße durch Schweißung der Schienen untereinander oder durch Anschweißung der Überbrückung an die Schienen erzielt. Für sonstige Schienenverbinder muß gefordert werden, daß sie dauernd fest anliegen und die verwendeten Metallteile keinen zersetzenden Einflüssen unterliegen. Die Stromrückleitung wird durch möglichst lange Schienen begünstigt.

i) Bei Bahnanlagen müssen die in den Förderstrecken liegenden Rohre, Kabelbewehrungen und Signalleitungen an allen Abzweigungen zu Seitenstrecken und an den Endpunkten der Förderstrecken, mindestens aber alle 250 m, mit den Schienen gut leitend verbunden werden, wenn nicht in anderer Weise die schädigenden Wirkungen einer Stromüberleitung aus der Fahrleitung in diese Teile verhindert werden.

### § 43.

#### Fahrzeuge elektrischer Streckenförderung.

a) Bei Fahrschaltern und Stromabnehmern ist Holz als Isolierstoff zulässig.

1. Bei Verwendung von Bügeln soll die nutzbare Schleifbreite 300 mm betragen. Bei Abweichungen der Fahrleitung von der normalen Höhe um  $\pm 100$  mm muß der Bügel noch einwandfrei arbeiten und sich bei Fahrtrichtungswechsel noch selbsttätig umlegen.

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.

e) Jedes Fahrzeug muß eine Hauptabschmelzsicherung oder einen selbsttätigen Ausschalter für die Elektromotoren haben (siehe auch § 42 b).

✂ d) Akkumulatorenzellen elektrischer Fahrzeuge können auf Holz aufgestellt werden, wobei einmalige Isolierung durch feuchtigkeitsichere Zwischenlagen ausreicht.

e) Der Querschnitt aller Fahrstromleitungen ist nach der Nennstromstärke der vorgeschalteten Sicherung oder stärker zu bemessen.

Drähte für Bremsstrom sind mindestens von gleicher Stärke wie die Fahrstromleitungen zu wählen.

Der Querschnitt aller übrigen Leitungen ist nach § 20 zu bemessen.

✂ 2. Für Fahrstromleitungen aus Leitungskupfer gilt folgende Zahlentafel:

Querschnitt in mm <sup>2</sup>	Nennstromstärke der Sicherung in A.	Querschnitt in mm <sup>2</sup>	Nennstromstärke der Sicherung in A.
4	25	35	125
6	35	50	160
10	60	70	200
16	80	95	225
25	100	120	260

✂ 3. Isolierte Leitungen in Fahrzeugen sollen so geführt werden, daß ihre Isolierung nicht durch die Wärme benachbarter Widerstände gefährdet werden kann.

4. Nebeneinander verlaufende isolierte Fahrstromleitungen sollen entweder zu Mehrfachleitungen mit einer gemeinsamen 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.

f) Die Handhaben der Fahrschalter sind in der Weise abnehmbar anzubringen, daß das Abnehmen nur erfolgen kann, wenn der Fahrstrom ausgeschaltet ist.

✂ g) Erdzuleitungen und vom Fahrstrom unabhängige Bremsstromleitungen in Fahrzeugen dürfen keine Sicherungen enthalten und dürfen nur im Fahrschalter abschaltbar sein.

h) Die unter Spannung stehenden Teile von Fassungen, Schaltern, Sicherungen und dergleichen müssen mit einer Schutzverkleidung aus Isolierstoff versehen sein. Pappe gilt nicht als Isolierstoff (siehe § 3).

5. Die Beförderung der Belegschaft in offenen Förderwagen ist nur in Strecken zulässig, bei denen folgende besonderen Einrichtungen getroffen sind:

An den Ein- und Ausstiegstellen für die Belegschaft soll der Fahrdrabt während der Zeit des Ein- und Aussteigens durch einen Schalter spannungslos gemacht werden. Mit dem Schalter sind rote und grüne Signallampen derart zu verbinden, daß bei geschlossenem Schalter und spannungsführendem Fahrdrabt die roten und bei geöffnetem Schalter und spannungslosem Fahrdrabt die grünen Lampen aufleuchten. An den Ein- und Ausstiegstellen sind so viel farbige Lampen zu verteilen, daß von jeder Stelle des Zuges aus mindestens eine Lampe gesehen werden kann.

#### § 44.

##### Abteufbetrieb.

a) Für den Abteufbetrieb sind nur Leitungen zulässig, die den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen (Abteufleitungen)“ entsprechen. Die Metallbewehrung ist zu erden.

b) Beim Abteufbetrieb müssen alle nicht unter Spannung stehenden Metallteile elektrischer Maschinen und Apparate geerdet sein.

c) Vor jeder Abteufleitung und vor jedem Haspel müssen allpolig entweder Schalter und Sicherungen oder einstellbare selbsttätige Schalter eingebaut werden.

d) Steckvorrichtungen sind nur mit von Hand lösbarer Sperrung zu verwenden.

#### § 45.

Schießbetrieb (im Anschluß an Starkstromanlagen).

a) Es darf nur Niederspannung für die Schießleitung verwendet werden.

b) Der Anschluß der Schießleitung an eine Starkstromleitung darf nur mittels eines allpolig unter Verschuß befindlichen Schalters erfolgen. Zur Erhöhung der Sicherheit ist stets noch eine zweite, ebenfalls unter Verschuß befindliche Unterbrechungstelle zwischen Schalter und Schießleitung anzuordnen; entweder der Schalter oder die Unterbrechungstelle müssen so eingerichtet sein, daß ein Verharren im eingeschalteten Zustand ausgeschlossen ist.

Für die erwähnten Apparate ist die Verwendung von nicht feuchtigkeitsicherem Baustoff, wie Marmor, Schiefer u. dgl., als Isolierstoff unzulässig.

1. Es empfiehlt sich, eine Vorrichtung anzubringen, die das Vorhandensein von Spannung in der ortsfesten Hauptleitung erkennen läßt.

2. Empfohlen wird die Verwendung einer Kurzschlußvorrichtung in der Nähe des Zünderanschlusses, die eine Lösung des Kurzschlusses von gesicherter Stellung aus ermöglicht.

c) Die Schießleitung muß den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“ entsprechen.

Für die letzten 80 m kann Gummiaderleitung ohne besonderen Schutz oder in trockenen Grubenräumen isoliert verlegte blanke Leitung verwendet werden. Trockenes Holz ist für die Isolierung zulässig.

d) Im Abteufbetrieb ist bis auf die letzten 80 m (vgl. c) als Schießleitung nur Leitungstrosse zulässig. Die Schießleitung oder alle neben ihr verlegten Starkstromleitungen müssen bewehrt sein. Die Bewehrung muß geerdet sein.

e) Anderen Zwecken dienende Leitungen dürfen nicht als Schießleitung benutzt werden. Abweichungen können bei besonderen örtlichen Verhältnissen zugestanden werden, doch müssen die Forderungen unter b) erfüllt sein. Die Schießleitung darf nicht mit anderen Leitungen zu einer Mehrfachleitung vereinigt sein.

#### § 46.

#### Ortsveränderliche Betriebseinrichtungen.

a) Auf ausreichenden Schutz ortsveränderlicher Leitungen gegen Beschädigung ist ganz besonders zu achten.

1. Tragbare Elektromotoren (z. B. solche für Bohrmaschinen) sollen bei Wechselstrom mit höchstens 70 V Spannung gegen Erde (125 V verkettet) und bei Gleichstrom nur bei Niederspannung angeschlossen werden. In trockenen Grubenräumen ist auch Wechselstrom bis 220 V verkettet zulässig.

Für den Bohrbetrieb sind besondere Transformatoren kleinerer Leistung zu empfehlen, die gruppenweise den Betrieb vor Ort von dem gesamten übrigen Betrieb elektrisch trennen.

2. In ortsveränderlichen Betriebseinrichtungen sollen alle nicht unter Spannung gegen Erde stehenden Metallteile elektrischer Maschinen und Apparate nach Möglichkeit geerdet sein.

#### La. Leitsätze für Bagger mit zugehörigen Bahnanlagen im Tagebau.

#### § 47.

1. Die Mindesthöhe der Fahrleitungen soll bei Baggerstrecken 2,8 m, auf freier Fahrstrecke 3,0 m betragen. Im übrigen bestimmt sich die Höhe nach den Bahnvorschriften des VDE (siehe Ziffer 6).
2. Gleise und eiserne Fahrleitungsträger sind zu erden.
3. Die Fahrleitung ist vor jeder Bagger- und Kippstrecke abschaltbar einzurichten.
4. Es gelten sinngemäß die Bestimmungen des § 42 b, c, d, e, f mit Ausnahme der Bestimmungen über die Querverbindungen, ferner g und h sowie die Bestimmungen des Vorschriftenbuch. 13. Aufl.

- § 43 a bis h. Bei Spannungen über 500 V kann von den Forderungen des § 42 b abgesehen werden.
5. In Betrieben, in denen Dampflokomotiven zusammen mit elektrisch betriebenen Baggern verwendet werden, sind die Baggerschleifleitungen so weit außerhalb des Lokomotivprofils zu legen, daß bei neben diesem liegenden Leitungen der wagerechte Abstand zwischen dem Lokomotivprofil und der zunächst liegenden Schleifleitung wenigstens 1 m und bei oberhalb liegenden Leitungen der senkrechte Abstand wenigstens 0,5 m beträgt (siehe Ziffer 6).
  6. Für weitere Verwendung vorhandener Bagger, auch an anderen Betriebsorten, sind hinsichtlich der Fahrdrachhöhe und Fahrdrachanordnung Ausnahmen zulässig.

### M. Inkrafttreten der Errichtungsvorschriften.

#### § 48.

Diese Vorschriften gelten für Anlagen und Erweiterungen, soweit ihre Ausführung nach dem 1. Juli 1924 beginnt.

Für Apparate nach den §§ 10, 11, 13 bis 16 und 18 wird mit Rücksicht auf die Verarbeitung vorhandener Werkstoffvorräte und die Räumung von Lagervorräten eine Übergangsfrist bis zum 1. Januar 1926 eingeräumt. Bis zum 1. Juli 1926 dürfen noch Fassungen in den Handel gebracht werden, die den Vorschriften des § 16 c nicht entsprechen.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker behält sich vor, die Vorschriften den Fortschritten und Bedürfnissen der Technik entsprechend abzuändern.

---

## II. Betriebsvorschriften<sup>1)</sup>.

### § 1.

#### Erklärungen.

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

---

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

*Alle übrigen Starkstromanlagen gelten als Hochspannungsanlagen.*

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

2. Weitere Erklärungen siehe unter § 2 der Errichtungsvorschriften.

## § 2.

### Zustand der Anlagen.

a) Die elektrischen Anlagen sind den „Errichtungsvorschriften“ entsprechend in ordnungsmäßigem Zustande zu erhalten. Hervortretende Mängel sind in angemessener Frist zu beseitigen. In Anlagen, die vor dem 1. Juli 1924 errichtet sind, müssen erhebliche Mißstände, die das Leben oder die Gesundheit von Personen gefährden, beseitigt werden. Jede Änderung einer solchen Anlage ist, soweit es die technischen und Betriebsverhältnisse gestatten, den geltenden Vorschriften gemäß auszuführen.

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

2. Als Schutzmittel gelten gegen die herrschende Spannung isolierende, einen sicheren Stand bietende Unterlagen, Erdungen, Abdeckungen, Gummischuhe, Werkzeuge mit Schutzisolierung, Schutzbrillen und ähnliche Hilfsmittel.

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

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

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

## § 3.

### Warnungstafeln, Vorschriften und schematische Darstellungen.

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

Bei Niederspannung sind Warnungstafeln nur an gefährlichen Stellen erforderlich.

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

c) In jedem elektrischen Betriebe muß eine schematische Darstellung der elektrischen Anlage, entsprechend dem Anhang zu den Errichtungs- und Betriebsvorschriften, vorhanden sein.

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

2. Das kleinste Format für Warnungstafeln soll  $15 \times 10$  cm sein.

3. Warnungstafeln, Betriebsvorschriften und schematische Darstellungen sollen in leserlichem Zustand erhalten werden.

4. Wesentliche Änderungen und Erweiterungen der Anlage sollen in der schematischen Darstellung nachgetragen werden unter Berücksichtigung der Regel 2 des Anhanges.

#### § 4.

#### Allgemeine Pflichten der im Betriebe Beschäftigten.

Jeder im Betriebe Beschäftigte hat:

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

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

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

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

## § 5.

## Bedienung elektrischer Anlagen.

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

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

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

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

d) Die Schlüssel zu den abgeschlossenen elektrischen Betriebsräumen sind von den dazu Berufenen unter sicherer Verwahrung zu halten.

e) Abgeschlossene elektrische Betriebsräume, die den Anforderungen des § 29 der Errichtungsvorschriften nicht entsprechen, dürfen nur betreten werden, nachdem alle Teile spannungslos gemacht sind.

2. Es ist besonders darauf zu achten, daß der spannungsfreie Zustand nicht immer durch Herausnahme von Schaltern und dergleichen allein gewährleistet ist, da noch Verbindungen durch Meßschaltungen, Ring- und Doppelleitungen usw. bestehen können, oder eine Rücktransformierung, Induktion, Kapazität usw. vorhanden sein kann.

## § 6.

## Maßnahmen zur Herstellung und Sicherung des spannungsfreien Zustandes.

a) Ist die Abschaltung des Teiles der Anlage, an dem gearbeitet werden soll, und der in unmittelbarer Nähe der Arbeitsstelle befindlichen Teile nicht unbedingt sichergestellt, so muß zwischen Schalt- und Arbeitsstelle eine Kurzschließung und Erdung, an der Arbeitsstelle außerdem eine Kurzschließung und behelfsmäßige Verbindung mit der Erde zur Ableitung von Induktionsströmen vorgenommen werden.

*Bei Hochspannung muß zwischen Arbeit- und Trennstelle Erdung und Kurzschließung vorgenommen werden, nachdem sich der Arbeitende überzeugt hat, daß dieses ohne Gefahr geschehen kann.*

*Für die Dauer der Arbeit ist an der Schaltstelle ein Schild oder dergleichen anzubringen mit dem Hinweise, daß an dem zugehörigen Teil der elektrischen Anlage gearbeitet wird.*

1. Auch bei Niederspannung empfiehlt es sich, bei Schaltern, Trennstücken und dergleichen, die einen Arbeitspunkt spannungsfrei machen sollen, für die Dauer der Arbeit ein Schild oder dergleichen anzubringen mit dem Hinweise, daß an dem zugehörigen Teil der elektrischen Anlage gearbeitet wird

2. Zur Erdung und Kurzschließung sollen Leitungen unter 10 mm<sup>2</sup> nicht verwendet werden.

3. Erdungen und Kurzschließungen sollen auch bei Niederspannung erst vorgenommen werden, wenn es ohne Gefahr geschehen kann.

4. Zum Nachweise, daß die Arbeitstelle spannungsfrei ist, können dienen: Spannungsprüfungen, Kennzeichnung der beiderseitigen Leitungsenden, Einsicht in schematische Übersichts- oder Leitungsnetzpläne mit oder ohne Angabe der erforderlichen Reihenfolge der Schaltungen, die entweder an den Schaltstellen vorhanden sein oder dem Schaltenden mitgegeben werden können, wenn er nicht durch mündliche Anweisung oder in anderer Weise über die Anlage genau unterrichtet ist.

b) Die Vereinbarung eines Zeitpunktes, zu dem eine Anlage spannungsfrei gemacht werden soll, genügt nicht, es sei denn, daß es sich um regelmäßige Betriebspausen handelt.

## § 7.

### Maßnahmen bei Unterspannungsetzung der Anlage.

a) Waren zur Vornahme von Arbeiten Betriebsmittel spannungsfrei, so darf die Einschaltung erst dann erfolgen, wenn das Personal von der beabsichtigten Einschaltung verständigt worden ist.

b) Vor der Einschaltung sind alle Schaltungen und Verbindungen ordnungsgemäß herzustellen und keine Verbindungen zu belassen, durch die ein Übertreten der Spannung in außer Betrieb befindliche Teile herbeigeführt werden kann.

c) Die Vereinbarung von Zeitpunkten, zwischen denen die Anlage spannungsfrei sein oder bleiben soll, genügt nicht, es sei denn, daß es sich um regelmäßige Betriebspausen handelt.

1. Die Verständigung mit der Arbeitstelle durch Fernsprecher ist zulässig, jedoch nur mit Rückmeldung durch den mit der Leitung der Arbeiten Beauftragten.

2. Bei Aufhebung von Kurzschließungen soll die Erdverbindung zuletzt beseitigt werden.



## § 8.

## Arbeiten unter Spannung.

a) Arbeiten unter Spannung sind nur durch besonders damit beauftragte und mit der Gefahr vertraute Personen auszuführen. Zweckentsprechende Schutzmittel sind bereitzustellen und zu benutzen; sie sind vor Gebrauch nachzusehen (siehe § 2c und 2<sup>1</sup>).

b) Arbeiten unter Spannung sind nur gestattet, wenn es aus Betriebsrücksichten nicht zulässig ist, die Teile der Anlage, an denen selbst oder in deren unmittelbarer Nähe gearbeitet werden soll, spannungsfrei zu machen, oder wenn die geforderte Erdung und Kurzschließung an der Arbeitsstelle nicht vorgenommen werden kann.

c) Arbeiten müssen unter den für Arbeiten unter Spannung vorgeschriebenen Vorsichtsmaßregeln auch dann ausgeführt werden, wenn zwar ein Abschalten, Erden und Kurzschließen erfolgt ist, aber noch Unsicherheit darüber besteht, ob die Teile, an denen gearbeitet werden soll, wirklich mit den abgeschalteten oder geerdeten und kurzgeschlossenen Teilen übereinstimmen.

d) *Bei Hochspannung dürfen Arbeiten unter Spannung nur in Notfällen und nur in Gegenwart einer geeigneten und unterwiesenen Person, sowie unter Beachtung geeigneter Vorsichtsmaßnahmen ausgeführt werden (Ausnahmen siehe §§ 10a, 11a und 14c).*

## § 9.

Arbeiten in der Nähe von Hochspannung  
führenden Teilen.

a) Bei allen Arbeiten in der Nähe von Hochspannung führenden Teilen hat der Arbeitende darauf zu achten, daß er keinen Körperteil oder Gegenstand mit der Hochspannung in Berührung bringt. Da bei Arbeiten in Reichnähe von Hochspannung führenden Teilen die Aufmerksamkeit des Arbeitenden von der gefährlichen Stelle abgelenkt wird, so ist die Gefahrzone durch Schranken abzusperren oder es sind die gefährlichen Teile durch Isolierstoffe der zufälligen Berührung zu entziehen.

Bei allen Arbeiten in der Nähe von Hochspannung ist für einen festen Standpunkt Sorge zu tragen.

## § 10.

Zusatzbestimmungen für Akkumulatorenräume.

a) *An Akkumulatoren sind entgegen § 8d Arbeiten unter Spannung bei Beobachtung der geeigneten Vorsichtsmaßnahmen gestattet. Eine Aufsichtsperson ist nur bei Spannungen über 750 V erforderlich.*

b) Akkumulatorenräume müssen während der Ladung gelüftet werden.

c) Offene Flammen und glühende Körper dürfen während der Überladung nicht benutzt werden.

1. Die Gebäudeteile und Betriebsmittel einschließlich der Leitungen, sowie die isolierenden Bedienungsgänge sollen vor schädlicher Einwirkung der Säure nach Möglichkeit geschützt werden.

2. Die Akkumulatorenwärter sollen zur Reinlichkeit angehalten und auf die Gefahren, die Säure und Bleisalze mit sich bringen können, aufmerksam gemacht werden. Für ausreichende Wascheinrichtungen und Waschmittel soll Sorge getragen werden.

3. Essen, Trinken und Rauchen ist in Akkumulatorenräumen zu vermeiden.

### § 11.

Zusatzbestimmungen für Arbeiten in explosionsgefährlichen, durchtränkten und ähnlichen Räumen.

a) In explosionsgefährlichen, durchtränkten und ähnlichen Räumen sind Arbeiten unter Spannung (siehe § 8) verboten.

### § 12.

Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Kabeln.

*a) Arbeiten an Hochspannungskabeln, bei denen spannungsführende Teile freigelegt oder berührt werden können, dürfen im allgemeinen nur im spannungsfreien Zustande vorgenommen werden. Solange der spannungsfreie Zustand nicht einwandfrei festgestellt und gesichert ist, sind die Schutzmaßregeln zu treffen, unter denen diese Arbeiten gefahrlos ausgeführt werden können.*

1. Bei Arbeiten an Kabeln und Garniturteilen, insbesondere beim Schneiden von Kabeln und Öffnen von Kabelmuffen, sollen sich die Arbeitenden über die Lage der einzelnen Kabel zunächst vergewissern und alsdann geeignete Schutzvorrichtungen anwenden.

*Hochspannungskabel sollen vor Beginn der Arbeiten entladen werden.*

### § 13.

Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Freileitungen.

a) Arbeiten an Freileitungen einschließlich Bedienung von Sicherungen und Trennstücken sollen möglichst, besonders bei Hochspannung, nur in spannungsfreiem Zustande geschehen unter Berücksichtigung der in §§ 6 und 7 und, wenn unter Spannung gearbeitet werden muß, unter Berücksichtigung der in §§ 8 und 9 gegebenen Bestimmungen.

*b) Arbeiten an den Hochspannung führenden Leitungen selbst sind verboten. Bei Arbeiten an spannungsfreien Hochspannungsleitungen sind die Leitungen an der Arbeitsstelle kurzzuschließen und nach Möglichkeit zu erden.*

c) Arbeiten an Niederspannungs- und Fernmeldeleitungen in gefährlicher Nähe von Hochspannungsleitungen

sind nur gestattet, wenn die Hochspannungsleitungen geerdet und kurzgeschlossen oder sonstige ausreichende Schutzmaßregeln getroffen sind.

Hierbei ist nicht nur auf die Gefahr einer Berührung der Leitungen, sondern auch auf die durch Induktion in der Niederspannungs- oder Fernmeldeleitung möglichen Spannungen Rücksicht zu nehmen (siehe auch § 22i der Errichtungsvorschriften).

1. Die Bedienung von Sicherungen und Trennstücken in nicht spannungsfreien Freileitungen soll, wenn erforderlich, durch isolierende Werkzeuge oder Schaltstangen erfolgen.

2. Arbeiten auf Masten, Dächern usw. sollen nur durch schwindelfreie Personen, die mit feststehendem Schuhwerk und mit Sicherheitsgürtel ausgerüstet sind, vorgenommen werden.

#### § 14.

##### Zusatzbestimmungen für Arbeiten in Prüffeldern und Laboratorien.

a) Ständige Prüffelder und fliegende Prüfstände sind abzugrenzen, ihr Betreten durch Unbefugte ist zu verbieten.

b) *Mit Hochspannungsarbeiten in solchen Räumen dürfen nur Personen betraut werden, die ausreichendes Verständnis für die bei den vorzunehmenden Arbeiten auftretenden Gefahren besitzen und sich ihrer Verantwortung bewußt sind.*

c) *Die Bestimmungen des § 8d finden auf Arbeiten in Prüffeldern und Laboratorien keine Anwendung.*

#### § 15.

##### Inkrafttreten der Betriebsvorschriften.

Diese Vorschriften gelten vom 1. Juli 1924 ab.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker behält sich vor, sie den Fortschritten und Bedürfnissen der Technik entsprechend abzuändern.

---

## Anhang

### zu den

### Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstrom-Anlagen nebst Ausführungsregeln.

#### Schematische Darstellungen.

a) Für jede Starkstrom-Anlage muß bei Fertigstellung eine schematische Darstellung angefertigt werden; sie kann aus mehreren Teilen bestehen.

b) Die Darstellungen müssen enthalten:

- I. Stromarten und Spannungen,
- II. Anzahl, Art und Stromstärke der Stromerzeuger, Transformatoren und Akkumulatoren,
- III. Art der Abschaltung und Sicherung der einzelnen Teile der Anlage,
- IV. Angabe der Leitungsquerschnitte,
- V. die notwendigen Angaben über Stromverbraucher.

1. Für die schematischen Darstellungen und etwa anzufertigende Pläne sollen die in den Normblättern DIN VDE 710—717 festgelegten Schaltzeichen und Schaltbilder verwendet werden. Die Schaltzeichen sind die kürzere Darstellung, die in Schaltplänen zur Verwendung gelangen müssen. Für eingehendere Darstellungen dienen die Schaltbilder, wenn eine größere Übersichtlichkeit der Pläne erforderlich ist. Das Muster eines Schaltplanes zeigt das Normblatt DIN VDE 719.

Außerdem ist das Normblatt DIN VDE 705 „Kennfarben für blanke Leitungen in Starkstrom-Schaltanlagen“ zu beachten.

2. In den schematischen Darstellungen sollen die Angaben über Stromverbraucher so weit eingetragen werden, als sie zur sicherheits-technischen Beurteilung der einzelnen Teile der Anlage erforderlich sind. Im allgemeinen wird es genügen, wenn die schematischen Darstellungen bis zu den letzten Verteilungssicherungen durchgeführt und die Querschnitte der einzelnen Abzweigleitungen sowie die Zahl und die Art der an diesen angeschlossenen Stromverbraucher angegeben werden; bei Glühlicht-Stromkreisen genügt im allgemeinen die angenäherte Angabe der Lampenzahl.

3. Mehrpolige Leitungen und Apparate können im allgemeinen einpolig gezeichnet werden; in diesem Falle ist die Pol- oder Leiterzahl durch eine entsprechende Zahl von senkrecht zum Hauptleitungszug angeordneten Querstrichen kenntlich zu machen.

4. Wenn in den schematischen Darstellungen oder Plänen auf die Eigenart einzelner Räume hingewiesen werden soll, genügt die Eintragung der Nummer des für die Räume maßgebenden Paragraphen der Errichtungsvorschriften, z. B. „§ 35“ bedeutet „Explosionsgefährlicher Raum“.

Eine Zusammenstellung der Normblätter für Bildzeichen, Kennfarben, Schaltzeichen und Schaltbilder ist durch den Beuth-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 8, in Buchform herausgegeben und sowohl durch den genannten Verlag, wie auch durch die Geschäftsstelle des VDE und den Verlag Julius Springer zu beziehen.

## **2. Vorschriften für die Ausführung v. Schlagwetter- Schutzvorrichtungen an elektrischen Maschinen, Transformatoren und Apparaten.**

Gültig ab 1. Januar 1926.<sup>1)</sup>

### § 1.

Alle Maschinen, Transformatoren und Apparate, die in schlagwettergefährdeten Grubenräumen verwendet werden sollen, müssen den bestehenden Vorschriften, Regeln und Normen<sup>2)</sup> des VDE entsprechen, sofern nicht nachstehend Ausnahmen festgelegt sind.

### § 2.

Alle Teile von elektrischen Maschinen und Apparaten, an denen betriebsmäßig Funken auftreten können, sind schlagwettersicher einzukapseln. Als schlagwettersichere Kapselung gelten:

#### a) Geschlossene Kapselung.

Sie besteht in einem allseitig geschlossenen Gehäuse, das folgenden Anforderungen entspricht:

1. Alle Teile der Kapselung sind bei Maschinen und Apparaten mit einem größeren Luftinhalt als 1 l für einen Überdruck von 8 at, bei kleinerem Luftinhalt für einen Überdruck von 3 at zu bemessen. Unterteilungen des gekapselten Raumes, die durch enge Öffnungen verbunden sind und deshalb zu höherem Überdruck Anlaß geben könnten, sind zu vermeiden.

<sup>1)</sup> Angenommen durch den Vorstand im Oktober 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 1281 und 1669.

<sup>2)</sup> Neben den Errichtungsvorschriften kommen besonders in Betracht: „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen (R.E.M./1923)“; „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren (R.E.T./1923)“; „Leitsätze für die Konstruktion und Prüfung von Wechselstrom-Hochspannungsapparaten von einschließlich 1500 V Nennspannung aufwärts“; „Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Schaltgeräten bis 500 V Wechselspannung und 3000 V Gleichspannung (R.E.S./1928)“; „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen/1926“; „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial/1926“.

2. Die Stoßstellen zusammengepaßter Kapsel- und Gehäuseteile sowie die Auflageflächen von Deckeln, Türen und Klappen sind als breite, glatt bearbeitete Flansche auszubilden. Dichtungen sind tunlichst zu vermeiden; falls sie angewendet werden, müssen sie derart ausgeführt werden, daß sie durch den Explosionsdruck nicht herausgedrückt werden können. Dichtungen aus Gummi, Asbest und ähnlichen, wenig haltbaren Stoffen sind unzulässig. Die Schrauben und Nieten zum Verschließen solcher Deckel usw. dürfen nicht durch die Gehäusewandung hindurchgeführt werden, sondern müssen in Sacklöchern enden. Die Verschraubungen der Deckel sind so zu sichern, daß sie sich im Betriebe nicht lockern und nur mit besonderen Hilfsmitteln gelöst werden können.

3. Wellen und Betätigungsachsen sind an den Durchführungen durch die Kapselung in entsprechend langen Metallführungen zu verlegen, die mit dem Gehäuse fest verbunden sind. Die Leitungseinführungen müssen so abgedichtet werden, daß sie dem Explosionsdruck sicher standhalten.

#### b) Plattenschutzkapselung.

Sie besteht darin, daß an Gehäuseöffnungen Pakete von Metallplatten angeordnet werden, die durch Zwischenlagen in bestimmtem Abstände gehalten werden.

Die Plattenschutzkapselung muß folgenden Anforderungen entsprechen:

1. Die Metallplatten müssen mindestens 50 mm breit und 0,5 mm dick und durch geeignete Zwischenstücke so angeordnet sein, daß ihr Abstand (Schlitzweite) höchstens 0,5 mm beträgt und auch nicht infolge Durchbiegung der Platten überschritten werden kann. Bleche aus rostenden Metallen sind unzulässig.

2. Die Plattenpackungen sind gegen äußere Beschädigung zu schützen und so anzubringen, daß sie nur mit besonderen Hilfsmitteln abgenommen werden können.

3. Die Bedingungen unter a 1 und a 2 sind zu erfüllen.

#### c) Ölkapselung.

Sie besteht darin, daß der ganze Apparat, soweit an ihm betriebsmäßig Funkenbildung oder gefährliche Erhitzung durch elektrischen Strom möglich ist, in einen Behälter eingebaut wird, der mit harz- und säurefreiem Mineralöl gefüllt wird.

Der Ölstand ist so reichlich zu bemessen, daß das Auf-

treten von Funken über den Ölspiegel hinaus ausgeschlossen ist. Die hierfür erforderliche Höhe des Ölstandes ist durch eine Marke festzulegen. Die Ölstandhöhe muß von außen erkennbar sein.

### § 3.

Bei ortsveränderlichen Maschinen, Transformatoren und Apparaten ist Ölkapselung unzulässig.

### § 4.

Solche Teile von Maschinen, Transformatoren und Apparaten, an denen nur in außergewöhnlichen Fällen Funken oder gefährliche Erhitzungen auftreten können, erhalten eine erhöhte Sicherheit gegenüber normaler Ausführung, und zwar:

1. durch einen besonderen mechanischen Schutz der unter Spannung stehenden Teile gegen Berühren sowie gegen Beschädigungen und Eindringen von Fremdkörpern,

2. durch Herabsetzung der nach den oben aufgeführten Vorschriften, Regeln und Normen zulässigen Erwärmungsgrenze um  $10^{\circ}\text{C}$ .

Asynchrone Drehstrommotoren erhalten einen gegenüber der genormten Ausführung um 40 bis 60% erhöhten Luftspalt zwischen Ständer und Läufer (s. DIN VDE 2650 und 2651).

### § 5.

Bei Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufer sind die Stäbe und der Kurzschlußring durch Hartlötung oder ähnliche sichere Mittel miteinander zu verbinden.

### § 6.

Flüssigkeitsanlasser sind verboten.

### § 7.

Bei Metallwiderständen kann von besonderen Schutzvorrichtungen abgesehen werden, wenn gleichzeitig

1. die elektrische Beanspruchung des Baustoffes so gering ist, daß eine gefährliche Erwärmung ausgeschlossen ist;

2. der Widerstandsbaustoff so fest ist, daß im gewöhnlichen Betriebe ein Bruch nicht eintreten kann, und er so sicher befestigt ist, daß gegenseitiges Berühren ausgeschlossen ist;

3. durch geeignete Abdeckung das Hineinfallen von Fremdkörpern und Eindringen von Tropfwasser verhindert wird;

4. alle Drahtverbindungen verlötet oder gesichert verschraubt sind.

§ 8.

Alle Schraubkontakte, die nicht durch Kapselungen geschützt sind, müssen so gesichert sein, daß eine Lockerung der Verschraubung und damit ein schlechter Kontakt nicht eintreten kann (z. B. Anschlußklemmen von Motoren, Widerständen usw.).

§ 9.

Steckkontakte müssen so gebaut sein, daß die Stecker fest in den Dosen sitzen, so daß im Ruhezustande keine Funken auftreten können. Sie müssen mit schlagwettersicheren Schaltern derart zusammengebaut und verriegelt sein, daß das Einsetzen und Herausnehmen des Steckers nur in spannungslosem Zustande möglich ist.

§ 10.

Sicherungskasten müssen mit schlagwettersicher gebauten Schaltern derart zusammengebaut und verriegelt sein, daß das Einsetzen und das Herausnehmen der Patronen nur in spannungslosem Zustande möglich ist. Schraubstößelsicherungen dürfen nur in geschlossenen Gehäusen verwendet werden, die nach § 2a schlagwettersicher gebaut sein müssen, falls nicht die verwendeten Schraubstößel an sich schlagwettersicher sind.

§ 11.

Als biegsame Leitungen dürfen nur Gummischlauchleitungen starker Ausführung (NSH der „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“) verwendet werden.

§ 12.

Andere als die vorstehend angegebenen Bauarten von Maschinen, Transformatoren und Apparaten sind zulässig, sofern sie sich bei einer besonderen Prüfung auf einer behördlich anerkannten Schlagwetterversuchstrecke als schlagwettersicher erwiesen haben.



### **3. Elektrische Anlagen in der Landwirtschaft.**

#### **A. Leitsätze für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft.<sup>1)</sup>**

Gültig ab 1. Januar 1926<sup>2)</sup>

##### § 1.

##### Allgemeines.

a) Die Ausführung elektrischer Anlagen ist nur zuverlässigen Unternehmern zu übertragen. Nur gewissenhafte Arbeit unter Verwendung besten Materials ergibt störungsfreien Betrieb und Sicherheit gegen Brandgefahr und Unfälle.

b) Gut gebaute Anlagen ersparen häufige Reparaturen; sie sind daher die billigsten im Betriebe, auch wenn sie bei der ersten Einrichtung höhere Kosten erfordern.

c) Die Anlagen müssen den Vorschriften und Normen des VDE entsprechen.

Es empfiehlt sich, darauf zu dringen, daß nur Installationsmaterial verwendet wird, das mit dem Prüfzeichen des VDE versehen ist.

d) Vor Inbetriebnahme ist die ordnungsmäßige Beschaffenheit der Anlagen durch den Stromlieferer oder einen behördlich anerkannten Sachverständigen festzustellen.

e) Im einzelnen sind bei der Errichtung die nachstehenden Punkte besonders zu beachten.

##### § 2.

##### Leitungen im Freien und Leitungseinführungen.

a) Hauptleitungen sind tunlichst im Freien zu verlegen. Ihre Führung ist so einfach wie möglich zu gestalten.

b) Über Fahrwegen und Wirtschaftshöfen sind die Leitungen in solcher Höhe zu verlegen, daß beim Ver-

<sup>1)</sup> Freileitungsnetze fallen nicht unter diese Bestimmungen.

<sup>2)</sup> Angenommen durch den Vorstand im November 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 1320 und 1748.

kehr beladener Wagen die darauf befindlichen Personen nicht gefährdet werden.

c) Einführungstellen der Leitungen in die Gebäude mittels Dachständer oder Mauerdurchführungen sind so zu wählen, daß die Leitung zwischen der Einführung und der Hausanschlußsicherung möglichst kurz wird.

d) Dachständer-Einführungen dürfen nicht an solchen Teilen von Räumen münden, die zur Aufnahme leicht entzündlicher Stoffe bestimmt sind (z. B. Heu- und Strohlager).

e) Die Dachständer und ihre Tragkonstruktionen müssen kräftig ausgeführt sein. Die Durchführung muß gegen das Dach sorgfältig abgedichtet sein. Schutzrohre für Leitungen müssen so gebaut und verlegt sein, daß kein Wasser eindringen und das Schwitzwasser ablaufen kann.

f) Mauerdurchführungen sind so herzustellen, daß Wasser von außen nicht eindringen und das Schwitzwasser ablaufen kann.

### § 3.

#### Leitungen in Gebäuden.

a) Als Leitungsbaustoff ist Kupfer zu verwenden.

b) In ständig trockenen Räumen ist die Verlegung in Rohr oder Rohdraht die Regel.

c) Sind die Räume zeitweilig feucht (z. B. Haus- und Wohnküchen), so müssen Rohre einen Schutzanstrich erhalten.

d) Sind die Räume feucht (Stallungen, Molkeereien, Futterküchen usw.), so empfiehlt es sich, die Leitungen an der Außenseite der Gebäude zu verlegen und nur kurze Ableitungen zu den einzelnen Verbrauchstellen einzuführen.

e) In feuchten Räumen ist außerhalb des Handbereiches offene Verlegung auf Porzellanlocken oder Mantelrollen von mindestens 65 mm Höhe, sonst Verlegung in gut abgedichteten Panzerrohren auf Abstandschellen oder Verlegung in Kabeln oder kabelähnlichen Leitungen (gegen chemische und mechanische Beschädigungen geschützt) zulässig. Rohre müssen einen dauerhaften Schutzanstrich erhalten, der in angemessenen Zeiträumen zu erneuern ist.

f) Für spannungführende Leitungen, die innerhalb feuchter Betriebsräume offen verlegt werden, darf nur NGAW-Leitung nach den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“ verwendet werden. Für geerdete

Leiter ist NL-Leitung nach den „Normen für umhüllte Leitungen in Starkstromanlagen“ zu verwenden.

g) Für Wand- und Deckendurchführungen in feuchten Räumen sind, soweit nicht offene Durchführung oder Verlegung in Kabeln oder kabelähnlichen Leitungen verwendet wird, nur fabrikations- oder werkstattmäßig hergestellte Durchführungen zu verwenden. Durchführungen, die am Ort der Verwendung vergossen werden müssen, sind unzulässig. Die fabrikationsmäßig hergestellten Durchführungen müssen so ausgeführt sein, daß ein Niederschlag von Feuchtigkeit innerhalb der Durchführungen vollständig ausgeschlossen ist. Die Einführungsstellen der Leitungen in die Durchführungen müssen abdichtbar sein.

h) In Räumen mit leicht entzündlichem Inhalt (Heu- und Strohlager usw.) sollen Leitungen nur so weit verlegt werden, als sie dort benötigt werden. Die Leitungen sind in Stahlpanzerrohren, als Kabel oder kabelähnliche Leitungen zu verlegen und so anzuordnen, daß sie möglichst kurz sind. Im allgemeinen soll das Durchführen von Leitungen durch solche Räume, wenn in ihnen selbst keine Stromverbraucher angeschlossen sind, vermieden werden.

#### § 4.

##### Biegsame Leitungen.

a) Biegsame Leitungen für bewegliche Stromverbraucher müssen, soweit sie nicht in Wohnräumen Verwendung finden, besonders kräftige und dauerhafte Schutzhüllen besitzen, die nicht aus Metall bestehen dürfen.

#### § 5.

##### Abschaltbarkeit.

a) Die elektrische Anlage eines landwirtschaftlichen Betriebes muß im ganzen oder in ihren Teilen in allen unter Spannung gegen Erde stehenden Polen abschaltbar sein. Zur Abschaltung können Schalter, Sicherungen, Selbstschalter und Stecker dienen.

#### § 6.

##### Sicherungen, Schalter, Steckvorrichtungen und Lampen.

a) Schalter, Zähler und Sicherungen müssen leicht zugänglich angebracht und vor Beschädigungen geschützt sein.

b) Sicherungen sind in Räumen mit leicht entzünd-

lichem Inhalt (Heu- und Strohlager usw.) verboten (Über Zulassung von Sicherungen in Verbindung mit Motorschaltern siehe § 7).

c) Als Schalter sind in Stallungen und sonstigen feuchten Räumen Stangenschalter oder ähnliche Bauarten aus Isolierstoff zu verwenden.

d) Steckvorrichtungen sind in Räumen mit leicht entzündlichem Inhalt (Heu- und Strohlager usw.) nur ausnahmsweise und nur in feuersicher gekapselter Ausführung zulässig.

e) Lampen in feuchten Räumen (Stallungen, Molkerereien, Futterküchen usw.) sowie in Räumen mit leicht entzündlichem Inhalt (Heu- und Strohlager usw.) müssen Fassungen aus Isolierstoff haben und mit starken Überglocken, die auch die Fassungen abschließen, bei Gefahr der Beschädigung auch mit Schutzkörben versehen sein.

## § 7.

### Motoren und Zubehör.

a) In Räumen mit leicht entzündlichem Inhalt (Heu- und Strohlager usw.) ist das Aufstellen von Motoren mit ihren Anlassern, Schaltern und Sicherungen möglichst zu vermeiden

oder die Motoren nebst Zubehör sind innerhalb dieser Räume in besondere feuersichere Kammern einzubauen, die ausreichend zu bemessen oder durch besondere Lüftung zu kühlen sind,

oder die Motoren sind mit geschlossenen Anschlußklemmen auszurüsten. Dabei ist die Umgebung der Motoren nebst Zubehör von entzündlichen Stoffen freizuhalten. Anlasser, Schalter und Sicherungen sind in diesem Fall nur in geschlossener Ausführung zulässig.

b) In allen Fällen ist in Drehstromanlagen die Verwendung von Motoren mit Kurzschlußläufer zu empfehlen.

c) Ortsveränderliche Motoren fallen ebenfalls unter die vorstehenden Bestimmungen, wenn sie nicht mit ihrem Zubehör in Wagen oder dgl. eingebaut sind, die allseitig abgeschlossen werden können. § 6 c, Absatz 3 der Errichtungsvorschriften ist hierbei zu beachten.

Unter geschlossener Ausführung für die Anschlußklemmen, Anlasser, Schalter und Sicherungen ist zu verstehen:

Vollständige Abdeckung ohne ausgesprochene Öffnungen, die eine Berührung blanker, spannungführender Teile und das Eindringen von Fremdkörpern verhindert. Vollständiger Schutz gegen Staub, Feuchtigkeit oder Gasgehalt der Luft wird nicht erzielt.

## § 8.

## Erdung und Nullung.

a) Bezüglich der Erdung und Nullung von metallenen Bestandteilen der Gebäude und metallenen Schutzhüllen der elektrischen Einrichtungen sind die „Leitsätze für Erdungen und Nullung in Niederspannungsanlagen“ zu beachten.

**B. Merkblatt für die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft.**

Gültig ab 1. Januar 1926<sup>1)</sup>

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

<sup>1)</sup> Angenommen durch den Vorstand im November 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 1820 und 1748.

Laßt Euch durch einen Fachmann angeben, welche Sicherungen Ihr braucht.

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

Geflickte, d. h. wiederhergestellte Sicherungen sind unwirksam, schützen nicht vor Feuersgefahr und sind verboten.

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

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

Ersetzt beschädigte oder fehlende Teile sofort.

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

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

Laßt beschädigte Kabel unverzüglich ausbessern oder ersetzen.

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

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

11. Laßt neue Anlagen, Erweiterungen und Reparaturen nur von Installateuren ausführen, die vom Elektrizitätswerk zugelassen sind. Beachtet dabei die „Leitsätze für die Er-

richtung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft“.

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

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

### **C. Betriebsanweisung für die Bedienung elektrischer Starkstromanlagen für Hochspannung in der Landwirtschaft.**

Gültig ab 1. Januar 1926<sup>1)</sup>

#### I. Allgemeines.

Die Bedienung betriebsmäßig hochspannungsführender Teile, wie Masttransformatoren, Anschluß von beweglichen Transformatoren oder Anschluß von Hochspannungsmotoren, darf nur von besonders ausgebildeten Personen vorgenommen werden, die sich im Besitze eines schriftlichen, vom Elektrizitätswerk anerkannten Ausweises befinden.

An Transformator- und Motorwagen müssen die Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker über „Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe“ und diese Betriebsanweisung angeschlagen sein.

#### II. Inbetriebsetzung eines fahrbaren Transformators.

1. Stelle den Transformatorwagen nach dem Anfahren so auf, daß die einzuhängenden Anschlußleitungen zum Mastschalter möglichst straff sind und keinesfalls auf dem Wagendach aufliegen.

2. Bringe die Erdungen sehr gut an. Lege Wert auf guten Zustand der Klemmverbindungen.

3. Hänge bei offenem Mastschalter die Anschlußleitungen mittels Schaltstange ein.

4. Schließe das Kabel zum Motorwagen im Transformatorwagen an.

<sup>1)</sup> Angenommen durch den Vorstand im November 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 1320 und 1748.

5. Führe das Kabel über kleine Holzgabeln. Lasse es nicht auf der Erde liegen.

6. Friedige den Transformatorwagen ein und hänge die Warnungsschilder an.

7. Stelle den Isolierschemel neben den Schaltermast und schließe vom Schemel aus den Mastschalter mittels Schaltstange oder Winde. Einschalten ohne Benutzung des Schemels ist unter allen Umständen verboten.

8. Lasse nach der Schließung durch eine Winde die Kurbel in der Winde stecken.

### III. Außerbetriebsetzung eines fahrbaren Transformators.

1. Setze den Motor außer Betrieb.

2. Öffne den Mastschalter unter Benutzung des Isolierschemels mittels der Winde oder der Schaltstange.

3. Hänge die Schaltstange aus dem Mastschalterhebel aus bzw. nimm die Kurbel aus der Winde heraus.

4. Hänge die Hochspannung-Anschlußleitung vom Mastschalter nur mittels Schaltstange ab. Dann erst nimm den weiteren Abbau vor.

5. Rolle das Kabel auf und überzeuge dich, daß Türen und Steckdosen am Transformator- und Motorwagen gut verschlossen sind.



## **4. Leitsätze für Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen.**

Gültig ab 1. Januar 1924<sup>1)</sup>.

### I. Allgemeines.

Die Fassung der Leitsätze vom 1. VII. 1914 („ETZ“ 1913, S. 691 und 897, 1914, S. 604) entspricht nicht mehr dem heutigen Stand der Hochspannungstechnik; sie ist nicht ausführlich genug und kann verschieden gedeutet werden. Die wesentlich erweiterte Neufassung versucht diese Unklarheiten, die vielfach noch auf dem Gebiete der Schutzerdungen angetroffen werden, durch ausführlichere Behandlung zu beseitigen.

Bei der Vielseitigkeit der Gefahren und der Verschiedenartigkeit der Erdschlüsse lassen sich die Gefahrenmöglichkeiten und ihre Verhinderung nur schwer eng umschreiben. Für alle Möglichkeiten und jeden Einzelfall können keine genaue Regeln, die mit Sicherheit Gefahren vorbeugen, aufgestellt werden. Die Ansichten über die zu ergreifenden Maßnahmen werden in einzelnen Punkten so lange verschieden bleiben, bis weitere Erfahrungen vorliegen, die die Leitsätze, die vorläufig auf einer mittleren Linie gehalten werden mußten, schärfer zu begrenzen gestatten.

Verschiedene Fälle, in denen eine zuverlässige Erdung unerlässlich ist, sind besonders hervorgehoben; andererseits wurde versucht, die Fälle zu erläutern, in denen unter besonderen Umständen eine weniger gute Erdung noch zugelassen oder durch besondere Vorkehrungen eine solche entbehrt werden kann.

Die Wahl der Schutzvorrichtungen ist vom Gefährdungsgrad der Personen und dem Grad der Sicherheit, den die Schutzvorrichtung in dem gegebenen Fall bieten muß, abhängig.

Der Gefährdungsgrad ist abhängig von:

1. Häufigkeit der Störungen;
2. Dauer der Störungen;

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch den Technischen Hauptausschuß auf Grund einer von der Jahresversammlung 1922 erteilten Vollmacht im November 1923. Veröffentlicht ETZ 1923, S. 1063 und 1081.

3. Größe des Erdschlußstromes;
4. Erdwiderstand;
5. Spannungsverteilung in der Umgebung der Störungstelle;
6. Wahrscheinlichkeit, ob sich Menschen z. Z. der Störung an der Störungstelle befinden.

Die Art der anzuwendenden Schutzvorrichtung wird von der Bewertung und dem Einfluß der einzelnen, für den Gefährdungsgrad entscheidenden Punkte abhängig sein.

Der Sicherheitsgrad einer Erdung ist abhängig von:

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

Den höchsten Grad von Sicherheit muß die Erdung in den Fällen besitzen, in denen der Bedienende Metallteile, die gefährliche Spannung annehmen könnten, umfaßt. Ist dagegen die Wahrscheinlichkeit eines Durchschlages gleichzeitig mit der Berührung von Metallgriffen, Eisenkonstruktionen oder dgl., z. B. wie bei Hängeisolatoren mit zwei oder mehreren Gliedern, außerordentlich gering, so glaubte man, von Erdungen teilweise ganz absehen und sie durch besondere Isolation ersetzen zu können.

Im allgemeinen könnte man als Regel aufstellen, daß Schutzerdungen unbedingt dann zu verlangen sind, wenn Dauererdschlüsse auftreten können, also z. B. in allen Fällen, in denen Stützenisolatoren, Stützer und Durchführungen verwendet werden. Schutzerdungen sind aber auch selbst bei Verwendung von Hängeisolatoren an Stellen zu fordern, an denen Menschen häufig verkehren (an verkehrsreichen Wegen), sofern nicht durch besondere Mittel ein Stehenbleiben eines Lichtbogens, wenn auch nur für kurze Zeit, verhindert wird.

In gedeckten Räumen ist das Auftreten gefährlicher Spannungen unwahrscheinlich, wenn der Fußboden aus Isolierstoff besteht. Ist der Boden dagegen feucht oder leitend, so können in besonderen Fällen Spannungen auftreten, die vor allem beim Übergang vom Boden zu Metallteilen bei unrichtig bemessener Erdung gefährlich werden können.

Im Freien ist die Möglichkeit größer, daß bei unrichtiger Bemessung der Erdung Gefahren auftreten, weil hier der Boden mehr oder weniger leitend ist. Dabei ist die Gefahr am größten, wenn nur die oberen Schichten feucht sind.

Um Mastbrände zu vermeiden, hatte man früher die Er-

dung der Stützen gefordert. Mit der Verbesserung der Isolatoren treten aber bei ungeerdeten Stützen Mastbrände wesentlich seltener auf, so daß man neuerdings davon absieht, mit Ausnahme von besonderen Fällen, eine Erdung der Stützen zu verlangen. Von der Erdung hat man auch abgesehen, weil allgemein das Bestreben besteht, die an sich gute Isolation der Holzposte möglichst voll auszunutzen.

Um das Abbrennen eines Postes zu vermeiden, werden an Stellen, an denen das Abbrennen gefährlich werden könnte, die Isolatorstützen geerdet.

Statt Stützenisolatoren mit Erdungen zu verwenden, könnte man Hängeisolatoren benutzen, deren Gliederzahl so bemessen ist, daß nach Ausfall eines Gliedes die Überschlagspannung nicht niedriger wird als die Überschlagspannung der unbeschädigten Stützenisolatoren der anschließenden Strecken. Werden also Hängeisolatoren verwendet, die mindestens ein Glied mehr besitzen, als für die Betriebsspannung erforderlich ist, so kann die Erdung im allgemeinen unterbleiben.

Über die Behandlung der Eisenbetonposte bestehen noch Unstimmigkeiten, da ihre Konstruktion verschiedenartig ist und noch keine genügenden Erfahrungen vorliegen. Da unter Umständen die Eiseneinlagen die Querträger berühren können, so sollen Eisenbetonposte zunächst wie Eisenposte behandelt werden.

Gegen die bei Einzelerdschlüssen an der Fehlerstelle auftretenden Gefahren bieten lichtbogenlöschende Vorrichtungen insofern einen Schutz, als sie Höhe und Dauer eines Erdschlußstromes stark verringern, ihn dagegen an den Stellen stärker auftreten lassen, an denen die Löscheinrichtung geerdet ist. An dieser für den Stromübergang bestimmten Stelle ist die Erdung leicht zu überwachen.

Bleibt ein Einzelerdschluß bestehen, so kann durch Auftreten eines Erdschlusses an einer zweiten Phase Phasenschluß entstehen, der bereits vor Auslösung der Selbstschalter unabwendbare Folgen haben kann. Die Leitsätze für Schutzerdungen verlangen nur Maßnahmen gegen die Folgen von Einzelerdschlüssen. Nach Feststellung der Fehlerstelle sind die fehlerhaften Leitungen, sobald dieses der Betrieb irgend gestattet, abzuschalten. Hierbei ist besondere Rücksicht auf die Gefährdung der Fernmeldeanlagen durch Induktionswirkung zu nehmen.

Die Erdungen wurden früher oft nicht sorgsam genug hergestellt, obwohl gute Erdungen meistens durch Oberflächenleitungen, gegebenenfalls in Verbindung mit Rohr-

erdern, wenn auch oft nur unter Überwindung örtlicher Schwierigkeiten hergestellt werden können. Wie man aus den Werten im Anhang, Abschnitt B erkennt, die aus der alten Fassung der Leitsätze übernommen wurden, sind hierfür gegebenenfalls recht beträchtliche Kosten aufzuwenden. Nach den angegebenen Zahlen über die Größe des Widerstandes verschiedener Erder kann ungefähr bestimmt werden, welche Zusammenstellung von Erdern in den einzelnen Fällen zu verwenden ist. Von Fall zu Fall ist zu prüfen, ob die gewählte Anordnung ausreicht. Durch häufige Nachprüfungen sind Erfahrungen über die Brauchbarkeit der einzelnen Erdungsarten bei verschiedenen Bodenarten zu sammeln. Unter scheinbar gleichen Verhältnissen können recht verschiedene Werte des Erdwiderstandes auftreten.

Bei der Wahl und Bemessung der Erdung muß die Größe des Erdschlußstromes beachtet werden, damit nicht etwa auftretende Dauererdschlußströme das Erdreich an den Erdern austrocknen.

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

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

Immer sollte berücksichtigt werden, daß die Erdung nur zum Schutz bei auftretenden Störungen dient und, daß erhöhte Sicherheit im Betriebstromkreis und gute Anordnung aller Teile der Anlage die Gefahren und die Häufigkeit der Störungen ganz wesentlich herabmindern können.

Die Fortentwicklung brauchbarer Schutzvorkehrungen soll durch die Leitsätze nicht gehemmt werden.

## II. Zweck der Schutzerdung.

Die Schutzerdung soll, soweit es möglich ist, verhüten, daß Menschen oder andere Lebewesen bei einer Berührung leitender Gegenstände, die nicht zum Betriebstromkreis gehören, aber in seinem Bereich liegen, dadurch beschädigt werden, daß diese Gegenstände infolge einer Störung oder Induktion gegeneinander oder gegen Erde eine gefährliche Spannung führen.

Während sich Spannungen zwischen Metallteilen, also guten Leitern, am sichersten durch Kurzschluß-

verbindung verhindern lassen, soll die Schutzerdung auch zwischen Leitern und Halbleitern, feuchtem Erdreich, feuchten Mauern u. dgl. bei Stromübergang unvermeidliche Spannungen auf eine erträgliche Grenze herabsetzen.

Die Leitsätze gelten nicht für Anlagen, deren Nullpunkt unmittelbar geerdet ist

Bei Anlagen mit geerdetem Nullpunkt kann jeder Erdschluß zum Kurzschluß werden. Die auftretende Stromstärke ist abhängig von der Leistung und Spannung der Zentrale. Für diese meistens weit über dem Kapazitätstrom liegende Stromstärke kann die Schutzerdung aus wirtschaftlichen Gründen nicht hergestellt werden. Die dann auftretenden Spannungen können also gegebenenfalls über die für die Schutzerdung zugelassenen Spannungswerte steigen.

In besonderen Fällen (Bahnanlagen) beschränkt man die Gefahren durch doppelte Isolation und Verbindung der metallenen Teile mit dem geerdeten Pol.

Diese Leitsätze sollen die in den §§ 3, 4, 10, 11 und 13 der Errichtungsvorschriften niedergelegten allgemeinen Schutzmaßnahmen in Anlagen mit mehr als 250 V Spannung gegen Erde für die wichtigsten Fälle ergänzen.

Besondere „Leitsätze für Erdungen und Nullung in Niederspannungsanlagen“ siehe im anschließenden Abschnitt 5, S. 90 bis 96.

### III. Begriffserklärungen.

Erde im Sinne dieser Leitsätze ist ein mindestens 20 m von einem stromdurchflossenen Erder entfernter Ort der Erdoberfläche (in Bergwerken sinngemäß auch der Boden der Stollen) oder ein an dieser Stelle befindlicher stromloser Erder (Sonde). Für Messungen wird diesem Orte, der von Starkströmen aus Betriebsstromkreisen unbeeinflusst sein muß, daß Potential Null zugeschrieben. Daher wird von ihm aus gemessen.

Erder sind metallische Leiter, die mit dem Erdreich in unmittelbarer Berührung stehen und den Stromübergang an vorgeschriebener Stelle vermitteln.

Erdzuleitung ist die zum Erder führende Leitung, soweit sie über der Erdoberfläche liegt. Dazu zählen auch die in größeren Betriebsräumen häufig verlegten Sammelleitungen. Zuleitungen, die unisoliert in dem Erdreich liegen, sind Teile des Erders.

Erden oder an Erde legen heißt mit einem Erder oder seiner Zuleitung metallisch leitend verbinden.

Erdung im gegenständlichen Sinne bezeichnet die Gesamtheit von Zuleitung und Erder. Die Erdung tritt erst

dann in Wirkung, wenn ein Strom den oder die Erder durchfließt.

Erdschluß entsteht, wenn ein betriebsmäßig gegen Erde isolierter Leiter mit Erde in leitende Verbindung tritt, wobei in der Regel die Spannung anderer Netzteile gegen Erde erhöht wird.

- a) Einzelerdschluß liegt vor, wenn eine Phase des Netzes Erdschluß hat.
- b) Doppel- oder Mehrfachschluß liegt vor bei gleichzeitigem Erdschluß verschiedener Phasen, der an verschiedenen Stellen auftreten kann.
- c) Erdschlußstrom ist der an der Erdschlußstelle aus dem Betriebsstromkreis austretende Strom.

Bei Einzelerdschluß in Wechselstromanlagen fließt ein Erdschlußstrom, der im wesentlichen aus dem Ladestrom besteht. Er ist von der Kapazität der gesunden Netzteile gegen Erde abhängig. Gegenüber diesem Ladestrom ist der unvermeidliche schwache Ableitungstrom, der in Gleichstromanlagen allein als Erdschlußstrom in Betracht kommen könnte, sehr gering; er ist durch den Isolationszustand der gesunden Netzteile bestimmt.

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

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

Berührungsspannung im Sinne dieser Leitsätze ist die Spannung zwischen zwei geerdeten Punkten, die gleichzeitig durch einen Menschen berührt werden können. Gefährliche Berührungsspannungen treten in der Regel nicht auf, wenn die Erdung so bemessen ist, daß das Produkt aus ihrem Widerstand und der durch sie abzuleitenden Stromstärke 125 V nicht überschreitet.

Die an sich nicht ungefährliche Spannung von 125 V wurde zugelassen, da in der Regel nicht die volle an der Erdung auftretende Spannung durch den Berührenden überbrückt wird. In Fällen, in denen der Berührende in der Regel auf gut leitendem Boden steht und das Schuhwerk durchtränkt ist, empfiehlt es sich, nur geringere Werte für die Berührungsspannung zuzulassen. Unter besonders ungünstigen Umständen, z. B. in Stallungen, chemischen Betrieben usw., sollte man deshalb als Berührungsspannung höchstens 40 V annehmen.

#### IV. Schutzerdung in gedeckten Räumen.

In gedeckten Räumen sind alle betriebsmäßig keine Spannung führenden Metallteile, die in der Nähe von spannungsführenden Teilen liegen oder mit diesen in Verbindung (durch Lichtbogenbildung) kommen können, metallisch leitend untereinander und mit der Erdzuleitung zu verbinden.

Dazu gehören:

- a) Die betriebsmäßig nicht unter Spannung stehenden Metallteile von Maschinen, Transformatoren, Meßwandlern, Apparaten;

Die Erdung von ortsveränderlichen Apparaten bietet oft besondere Schwierigkeiten, so daß dafür allgemeine Vorschriften nicht erlassen werden können; die erforderliche Sicherheit muß in solchen Fällen durch andere, dem Einzelfalle angepaßte Mittel (Isolierung, Schutzgitter u. dgl.) erstrebt werden. Apparate, die auf zuverlässig geerdeten Gestellen befestigt sind, brauchen nicht besonders geerdet zu werden, wenn sie mit den Gestellen gut leitend verbunden sind.

- b) Sekundärstromkreise von Meßwandlern unmittelbar an den Klemmen der einzelnen Wandler, sofern es die Schaltung erlaubt;

Die sekundären Stromkreise von Meßwandlern sollen geerdet sein, um zu verhüten, daß sie durch Kriechströme oder Aufladung aus der Hochspannungswicklung auf eine hohe Spannung gegen Erde gebracht werden. Die Erdung soll in der Regel an einer Sekundärklemme eines jeden Meßwandlers vorgenommen werden; wenn jedoch durch Verbindung der Sekundärkreise mehrerer Meßwandler schaltungstechnische Schwierigkeiten entstehen, genügt eine gemeinsame Erdung der verbundenen Kreise.

Um die Gefahr eines Durchschlages zwischen Primär- und Sekundärwicklung von Stromwandlern, die sofort zu einem Erdschluß des Betriebstromkreises und meistens zum Verbrennen des Meßwandlers führt, möglichst einzuschränken, ist die Prüfspannung nach den Leitsätzen für Hochspannungsapparate vorgeschrieben (Regel für die Bewertung und Prüfung von Meßwandlern, § 26).

Von der grundsätzlichen Forderung der Erdung der Niederspannungswicklungen von Starkstrom-Transformatoren, die nicht zu Beleuchtungszwecken dienen, kann in Erzeugeranlagen aus betriebstechnischen Gründen, z. B. bei Einankerumformern während der Anlaufzeit, abgesehen werden. In Verteilungstromkreisen von Niederspannungsanlagen müssen dagegen die Neutralpunkte von Drehstrom-Transformatoren entweder unmittelbar oder durch Zwischenschaltung von Durchschlagsicherungen geerdet werden (vgl. § 4 der Errichtungsvorschriften).

- c) Gerüste von Schaltanlagen, Durchführungsflansche, Isolatorenträger, Kabelarmaturen;

Die Wagen und Stecker ausfahrbarer Schaltanlagen sind mit besonderen Erdungskontakten zu versehen, die die Wagen be-

reits sicher erden, bevor sich die Kontakte berühren, wenn nicht auf andere Weise, z. B. durch biegsame Leitungen, für eine dauernde Verbindung mit der Erdzuleitung gesorgt ist.

Durchführungen ohne geerdete Flansche und Einführungsfenster sollen entweder einzeln oder gemeinsam mit einem an die allgemeine Erdungsammelleitung angeschlossenen Metallrahmen umgeben sein.

- d) betriebsmäßig mit den Händen anzufassende Metallteile, wie Handräder, Hebel, Kurbeln von Schaltern, Apparate, Schutzgitter, Schaltanlagen usw.

Metallische Handgriffe der Schalter und Apparate brauchen nicht geerdet zu werden, wenn sich zwischen Betriebsstromkreis und Handgriff bereits eine zuverlässige Erdung befindet.

Schaltstangen und Schaltzangen, die ganz aus Isolierstoff bestehen, brauchen nach den Errichtungsvorschriften § 10 d nicht geerdet zu werden, wenn sie ausreichende und dauerhafte Isolation besitzen. Wird aber eine Erdung angebracht, z. B. in Anlagen mit höheren Spannungen, so ist dafür Sorge zu tragen, daß die Erdungslitze nicht mit spannungführenden Teilen in Berührung kommt. Sie ist deshalb möglichst kurz zu halten.

In gemauerten und Holzstationen sollen Gebäudekonstruktionsteile, wie Türgriffe, Türrahmen, eiserne Treppen, Leitern u. dgl., möglichst nicht mit geerdeten Teilen der Station leitend verbunden werden. Schaltgriffe, die von außen bedient werden, sollen entweder mit isolierenden Zwischenstücken (für Niederspannung) versehen sein oder die Stationserdung ist wie bei eisernen Transformatorenstationen (siehe unter Abschnitt VII, Absatz 4) auszuführen.

Schutzgitter u. dgl. sind besonders zu erden, wenn sie an sich nicht mit geerdeten Metallteilen in leitender Verbindung stehen.

Ähnlich wie bei Meßwandlern besteht auch bei Erregerwicklungen die Gefahr, daß sie hohe Spannungen annehmen, so daß z. B. die Kontaktbahn von Magnetreglern entweder geerdet oder aber auf irgendeine Weise der Berührung entzogen werden muß (Bei Erdung wird bei einem Körperschluß des anderen Poles das Aggregat durch Kurzschluß außer Betrieb gesetzt).

## V. Schutzerdung im Freien.

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

### Leitungen auf Holzmasten.

Alle Maßnahmen, die den Widerstand der Holzmaste herabsetzen, sollen vermieden werden. Stützen, Gestänge, Lyren oder sonstige Metallteile, die die Isolatoren tragen, sollen nicht geerdet werden.

Ankerdrähte sind, wenn irgend zugänglich, zu vermeiden. Kann von ihrer Verwendung nicht abgesehen werden, so sollen sie nicht direkt am Eisen der Traversen oder Stützen angreifen, sondern am Holz in möglichster Entfernung von den Eisenteilen;



sie sind außerdem mit Abspannisolatoren für die volle Betriebsspannung zu versehen und selbst für die Betriebsströme zu erden.

Auffangspitzen mit am Mast heruntergeführter Erdzuleitung sind nicht zulässig.

Stehen jedoch die Holzmaste an verkehrsreichen Wegen, so müssen die Isolatorenträger bei Verwendung von Stützenisolatoren geerdet werden.

Eisenmaste im Zuge von Holzmastleitungen brauchen nicht geerdet zu werden, wenn sie mit Ketten aus mindestens zwei Hängeisolatoren ausgerüstet sind und die Überschlagspannung der Kette doppelt so hoch ist wie die der Stützenisolatoren der gleichen Leitungstrecke.

Stehen jedoch diese Eisenmaste an verkehrsreichen Wegen, dann müssen sie geerdet werden, es sei denn, daß besondere Schutzmaßnahmen gegen einen Überschlag der Isolatoren und gegen das Herabfallen der Leitungen getroffen sind.

Die Eisenkonstruktionsteile der Streckenschalter auf Holzmasten sind im allgemeinen nur dann zu erden, wenn die Leitungsanlage mit einem Erdungseil versehen ist. Die Erdung soll erfolgen durch Anschluß an das Erdungseil, aber nicht durch eine am Mast herabgeführte Erdzuleitung. In das Betätigungsgestänge sind in diesem Falle mechanisch zuverlässige Isolatoren, z. B. Porzellaneier, einzuschalten. Wenn eine Erdung durch Anschluß an ein Erdungseil nicht möglich ist, soll sie für den vollen Ladestrom bemessen und besonders sorgfältig ausgeführt werden.

Werden die Konstruktionsteile des Streckenschalters nicht geerdet, dann müssen in das Betätigungsgestänge, wenn dieses aus Eisen hergestellt ist, Isolatoren für die volle Betriebsspannung eingebaut werden oder das Gestänge muß aus Isolierstoff bestehen. Bei Verwendung eines eisernen Betätigungsgestänges ist dieses unterhalb der Isolatoren durch Anschluß an einen Erder gegen Kriechströme über die Isolatoren zu schützen.

Die vielen an Mastschaltern vorgekommenen Unfälle zwingen dazu, diese Schalter möglichst sorgfältig zu isolieren. Deshalb sollen sie in der Regel auf Holzmasten angebracht werden. Die Isolation dieser Holzmaste darf dann möglichst nicht durch an den Masten heruntergeführte Erdzuleitungen überbrückt werden. Will man die Konstruktionsteile erden, so muß die Erdung unbedingt für den vollen Ladestrom vorgesehen werden, während die Erdung des Betriebsgestänges unterhalb der Isolatoren nur gegen Kriechströme zu erfolgen braucht. Zweckmäßig würde es sein, Teile des Betriebsgestänges aus wetterbeständigem Isolierstoff (gegebenenfalls imprägniertes Holz) herzustellen, und zwar mit Rücksicht darauf, daß es auch vorkommen kann, daß zwei hintereinander geschaltene Isolatoren versagen und dieser

Betriebzustand nicht beobachtet werden konnte. Die Durchschlagskanäle der Isolatoren sind oft, wenn nicht starke mechanische Zerstörungen (Absprengen) auftreten, so klein, daß sie vom Boden aus nicht bemerkbar werden.

Das Personal muß sich wegen der bei Streckenschaltern besonders hohen Gefahr vor der Bedienung stets davon überzeugen, ob noch die volle Isolation vorhanden ist, d. h. die Isolatoren äußerlich unbeschädigt sind. Bestehen Bedenken hiergegen, so muß dafür gesorgt werden, daß Vorkehrungen zum Schutze des Bedienungspersonales getroffen werden. Als solche können Isolierschemel u. dgl. benutzt werden oder es ist dafür zu sorgen, daß sich der Bedienende auf eine metallene Unterlage, z. B. Metallgewebe, stellt, die mit dem Gestänge leitend verbunden ist. Wird Metallgewebe verwendet, so muß der Bedienende unbedingt, ehe er das Gestänge oder die Anschlußteile berührt, mit beiden Füßen auf dem Metallgewebe stehen und die Verbindung zwischen Metallgewebe und Erdung hergestellt haben. Während die Verbindung hergestellt wird, darf der Bedienende den Mast bzw. das Gestänge nicht berühren, d. h. sich nicht zwischen das Gestänge und die Zuleitung zum Metallgewebe schalten.

Die Isolatorstützen für Leitungen an Wänden (Mauerwerk) müssen geerdet werden. Bei Verwendung von Hängeisolatoren gilt sinngemäß das über Eisenmaste Gesagte.

#### Leitungen auf Eisenmasten.

Eisenmaste mit Stützenisolatoren in Neuanlagen sind am besten unter Verwendung eines durchgehenden Erdungseiles zu erden, das entsprechend dem geforderten Erdungswiderstand an eine genügende Anzahl von Erdern anzuschließen ist.

An Stelle der Einzelerdungen empfiehlt sich meistens die Verwendung eines Erdung- oder Blitzseiles, das die einzelnen Maste ober- oder unterhalb der Leitungen metallisch miteinander verbindet. Gegebenenfalls ist es dann nicht nötig, daß jeder Mast einen Erder erhält. Man wird die Erder an die Maste anschließen, die günstige Bodenverhältnisse darbieten.

Bei Eisenmasten mit Hängeisolatoren wird eine Erdung der Maste nicht gefordert, wenn Isolatorketten mit einem oder mehreren Gliedern mehr, als für die Betriebsspannung notwendig ist (siehe Leitsätze für die Prüfung von Hängeisolatoren vom 17. Oktober 1922), verwendet werden und Vorkehrungen getroffen sind, die das Auftreten von Dauererdschlüssen an den Masten unmöglich oder unwahrscheinlich machen (z. B. selbsttätige Erdschlußabschaltung, oberste Traverse der Maste am weitesten ausladend).

Bisher war allgemein vorgeschrieben, daß Eisenmaste in Hochspannungsanlagen geerdet werden mußten. Bei diesen Erdungen ist jedoch nicht immer die nötige Sorgfalt verwendet worden, so daß in den seltenen Fällen, in denen die Erdung

schützen sollte, diese gegebenenfalls nicht den erforderlichen Schutz gewährte. Dieses zeigte sich besonders bei Verwendung von Einzelerdungen. Da die Erdung bei nicht sachgemäßer, den Verhältnissen angepaßter Ausführung versagen kann, so hat man jetzt auch bei Eisenmasten eine Erhöhung des Sicherheitsgrades der Anlage als ausreichende Schutzmaßnahme zugelassen. Wird die Zahl der Isolatoren der Ketten so vergrößert, daß selbst nach Verletzung oder Zerstörung eines bzw. mehrerer Isolatoren ein Überschlag nicht auftritt, und wird außerdem eine Anordnung der Leitungen getroffen, die die Möglichkeit der Entstehung von Erdschlüssen wesentlich herabsetzt (wenn z. B. die Leitungen beim Bruch der Ketten nicht auf unterhalb von diesen angebrachte Traversen fallen oder sonst beim Herabfallen mit den Masten in Berührung kommen können), oder wird das Stehenbleiben eines Erdschlusses auch nur für kurze Zeit unmöglich gemacht (selbsttätige Abschaltung bei Erdschluß), so kann auf die Erdung verzichtet werden. Die Erfahrung muß zeigen, ob die Maßnahmen, die als Ersatz für das Fortlassen der Erdung gefordert sind, in allen Fällen einen ausreichenden Schutz gewährleisten.

Wie weit bei einem bestimmten Sicherheitsgrad die Zahl der Isolatoren einer Kette vergrößert werden muß, um die verlangte erhöhte Isolation (Sicherheit gegen Überschläge bei Schadhafwerden eines Isolators) zu erreichen, hängt außer von der Art der Isolatoren auch von den klimatischen Verhältnissen ab (Luft, Verunreinigung). Wird bei sonst normalen Verhältnissen die notwendige Zahl der Isolatoren um je einen vergrößert, so kann die Isolation als erhöht gelten.

An verkehrsreichen Wegen (gesicherte Aufhängung) sind Eisenmaste entweder zu erden oder es ist eine über den Sicherheitsgrad der Strecke hinausgehende elektrische Sicherheit zu schaffen.

Bei verkehrsreichen Wegen (erhöhte Sicherheit) können Gefahren für Vorübergehende entstehen, wenn zufällig an den Isolatorketten ein Überschlag auftritt, während die Kreuzungstelle begangen wird. Daher muß entweder durch erhöhte elektrische Überschlagsfestigkeit der Ketten die Möglichkeit der Entstehung eines Überschlages an dieser Stelle wesentlich gemindert oder durch Erdung unschädlich gemacht werden.

Einen vollkommenen Schutz gegen höhere Gewalt, direkten Blitzschlag u. dgl. bietet diese Anordnung nicht.

Streckenschalter sind möglichst nicht auf Eisenmasten anzubringen. Ist dieses nicht zu vermeiden, so muß für die Isolatoren die nächst größere Type als bei Holzmasten gewählt werden. Die Erdung soll für den vollen Ladestrom ausgeführt und sorgfältig überwacht werden.

Eisenbetonmaste sind wie Eisenmaste zu behandeln.

## VI. Zuleitungen zu Erdern.

Die Zuleitungen zu dem oder den Erdern sind für die volle, bei Erdschluß zu erwartende Stromstärke zu bemessen mit der Maßgabe, daß hierfür Querschnitte über

100 mm<sup>2</sup> bei verzinktem und verbleitem Eisen oder über 50 mm<sup>2</sup> bei Kupfer nicht verwendet zu werden brauchen. Kupferquerschnitte unter 16 mm<sup>2</sup> und Eisenquerschnitte unter 35 mm<sup>2</sup> dürfen in Betriebsräumen nicht verwendet werden. In anderen Räumen darf der Kupferquerschnitt 4 mm<sup>2</sup> nicht unterschreiten

Als Zuleitung zu den Erdern sollten Leitungen unter 16 mm<sup>2</sup> Kupfer und 35 mm<sup>2</sup> Eisen nicht verwendet werden. Dann ist es nicht erforderlich, die früher vielfach vorgesehene doppelte Verlegung von Zuleitungen zu Erdern auszuführen.

Mit welcher Sicherheit dabei gerechnet ist, zeigen folgende Zahlen für wagerecht freigespannte Leitungen:

Querschnitt für Kupfer	Schmelzstrom nach 15 min.
Draht 4 mm <sup>2</sup>	220 A
"  6  "	330 "
" 10  "	430 "
" 16  "	610 "
Seil 25 "	890 "
" 35  "	1075 "
" 50  "	1330 "

Die Zuleitungen sollen so angebracht werden, daß sie möglichst vor mechanischen Zerstörungen und Durchrostern geschützt sind.

Die Zuleitungen sind gegen mechanische und chemische Zerstörung geschützt und möglichst sichtbar zu verlegen.

Um die Zuleitungen dem Auge nicht zu entziehen, empfiehlt es sich, diese nicht einzumauern. Gegen das Einmauern bestehen auch noch Bedenken wegen der beim Vorhandensein von Kalk im Mauerwerk hervorgerufenen chemischen Zersetzung.

Besonders ist auch darauf zu achten, daß nicht durch Übertritt von Gleichströmen elektrolytische Zerfressungen stattfinden können.

Hintereinanderschaltung der zu erdenden Teile ist unzulässig. Die Zuleitungen sind parallel an eine oder mehrere Sammelleitungen anzuschließen, die ihrerseits zu dem oder den Erdern führen.

Hintereinander geschaltete Konstruktionsteile dürfen nicht Teile von Erdzuleitungen bilden, weil diese bei deren zeitweisem oder gänzlichem Abbau unterbrochen sein würden.

Unterbrechungstellen in den Zuleitungen, z. B. Schalter, Sicherungen u. dgl., sind unzulässig.

Zuleitungsanschlüsse sollen mit der Sammelleitung und mit den Erdern selbst dauernd gut metallisch verbunden sein; die Verbindungstellen sollen zweckmäßig verlötet, verschweißt oder vernietet werden. Auch Schraubverbindungen sind zulässig, wenn ein Lockern der Muttern verhindert ist.

Die Verbindungstellen mit den Erdern sowie den zu erdenden Teilen sind um so sorgfältiger herzustellen, je größer der abzuleitende Erdstrom werden kann. Bei größeren Strom-

stärken wird selbst ein verhältnismäßig geringer Übergangswiderstand (Oxydbildung oder dgl.) den Wert einer guten Erdung stark beeinträchtigen. Eine bedeutende Steigerung der Berührungsspannung kann durch Erhitzung und dadurch bedingte weitere Verschlechterung der Verbindungsstellen eintreten. Aus diesem Grunde wird empfohlen, bei Erdungen für mehr als etwa 10 A die Anschlußstellen gut zu verzinnen und die fertige Verbindung durch Anstrich oder andere Schutzmittel gegen Oxydation zu schützen.

Die Anschlußstellen sollen auch der Nachprüfung zugänglich sein. Sind sie nicht derartig zugänglich, daß sich nach Lösung der Verbindung mit Sicherheit feststellen läßt, ob die Berührungstellen einwandfrei sind, so kann die Prüfung durch Widerstandsmessungen erfolgen, jedoch möglichst mit Meßströmen, die dem zu erwartenden Erdstrom etwa gleich sind.

Bei Verbindungsstellen innerhalb des Handbereiches, die nicht verschweißt, verlötet oder vernietet sind, ist eine zeitweise Besichtigung zu empfehlen.

Werden bei provisorischen Erdungen Erdungsketten verwendet, so sind sie nur mit größter Vorsicht zu benutzen. Als Zuleitungen zu Erdern selbst innerhalb des Handbereiches sind sie nicht zulässig.

## VII. Bemessung der Erdung.

Die Bemessung der Erdung richtet sich nach der durch sie abzuleitenden Stromstärke.

Ein Erder selbst ist als zuverlässig anzusehen, wenn er während zweier Stunden die nach Anhang, Abschnitt A ermittelte Stromstärke zum Erdreich überleitet, ohne den Anfangswiderstand zu überschreiten und damit die beginnende Austrocknung des Erdreiches durch Erwärmung anzuzeigen.

Die Erdung in der Erzeugerstelle muß ohne Rücksicht auf die Ausschaltstromstärke für Selbstschalter die volle zu erwartende Erdschlußstromstärke des gesamten Verteilungsnetzes während zweier Stunden aufnehmen können.

In Stationen, in denen Kabel mit Bleimantel angeschlossen sind, empfiehlt es sich, sämtliche Kabelarmaturen untereinander und ihre Erdung mit der Stationserdung zu verbinden. Dann braucht die Stationserdung nicht für die volle Erdschlußstromstärke bemessen zu sein, sondern nur für den Teil, der nicht auf das Kabelnetz entfällt.

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

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

Die Erdung eiserner Transformatorstationen, von Mastschaltern und Hochspannung-

schalttern in Schalthäusern, die von außen bedient werden, ist für die volle Erdschlußstromstärke des Netzes auszuführen.

Werden bei nicht eisernen Stationen die Schalter von innen bedient, so genügt eine Erdung für die durch die Selbstschalter in der Zuleitung begrenzte Stromstärke.

In Anlagen mit lichtbogenlöschenden Vorrichtungen brauchen die Erdungen an den Verbrauchsstellen nur für den höchst auftretenden Reststrom bemessen zu werden. In Stationen, in denen die Löschvorrichtungen selbst angebracht sind, müssen jedoch die Erdungen für den vollen Strom der Löschvorrichtung bemessen werden.

Bei Erdung des Nullpunktes in Niederspannungsnetzen ist zu beachten, daß ein Überschlag zwischen Ober- und Unterspannung im Transformator den Ladestrom des Hochspannungsnetzes durch die Erdung des Niederspannungsnetzes treibt. Sie muß daher mit mindestens der gleichen Sorgfalt hergestellt werden, wie bei der Schutzerdung des betreffenden Transformators. Schutzerdungen für Hochspannungsapparate sollen von den Niederspannungserdungen getrennt verlegt werden. Zweckmäßig wird dann der Nulleiter nicht in der Station geerdet, sondern an einem der ersten Maste des Niederspannungsnetzes. Gebäudeblitzableiter sollen mit der Schutzerdung des Hochspannungsnetzes nicht verbunden werden.

Erdungseile werden zweckmäßig mit der Hochspannungserdung der Station verbunden.

## Anhang.

### A. Feststellung der maßgebenden Erdschlußstromstärke.

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

$$\text{Erdschlußstrom: } \frac{\text{kV} \times \text{km Leitungslänge}}{300}$$

300

Unter Leitungslänge ist die Länge der mehrphasigen Einzelleitung zu verstehen. Parallel geschaltete Leitungen, z. B. 2 Leitungen aus je 3 Drähten oder Seilen beliebiger Querschnitte, zählen doppelt.

Bei der Berechnung ist Rücksicht auf Erweiterung und gegebenenfalls auch auf Zusammenschluß mit Nachbarleitungen zu nehmen.

## B. Ausführung der Erder.

Bei Ausführung der Erdungen ist darauf zu achten, daß die Erder, wenn sie nicht in Wasser eingelegt werden, einzuschlämmen bzw. fest in den Boden zu treiben sind, so daß die Berührung zwischen Material und Erde möglichst innig wird. Dazu gehört, daß das Erdreich in der nächsten Umgebung des Erders möglichst feinkörnig ist und dem Erder mit merklichem Druck anliegt. Grober Kies und Steine sind ebenso schlechte Vermittler des Stromüberganges wie fettige oder ölige Schichten, z. B. Farbanstriche; dagegen hindert Rost an Eisenteilen den Stromübergang ebenso wenig wie das Erdreich selbst. Innige Berührung kann durch fehlerhafte Einbettung bei Erdungsplatten und anderen Erdern größerer Abmessungen verhindert werden, wenn sie z. B. bei nicht gewachsenem Boden in wagerechter Lage in den Boden gelegt werden. Bei wagerecht liegenden Platten kann das Erdreich absinken, die Platte selbst aber durch Steine usw. in ihrer Lage festgehalten werden, so daß Luft-räume unter ihr entstehen; deshalb sollen Platten, besonders in aufgeschüttetem Boden, stets senkrecht in das Erdreich gestellt und von beiden Seiten fest eingestampft und eingeschlämmt sein.

Als Erder werden empfohlen:

a) Erdplatten, wenn der Grundwasserstand nicht zu tief ist (nicht tiefer als 2 bis 3 m) und keine zu großen Schwankungen aufweist. Die mindestens  $\frac{1}{2}$  m<sup>2</sup> großen und mindestens 3 mm starken verzinkten eisernen Platten sollen 1 m unter Grundwasserspiegel liegen und mit Rücksicht auf die Zerstörungen mindestens 3 mm starke Zuleitungen erhalten. An Stelle der Erdplatten kann man auch Altmaterial mit starkem Querschnitt und genügender Oberfläche unverzinkt verwenden, da infolge der Stärke das Material nicht so leicht durchrostet und die Gewähr für einen lange dauernden guten Zustand bietet, z. B. also Kesselbleche, Eisenbahnschienen u. dgl.

Platten von 1 m<sup>2</sup> einseitiger Oberfläche haben unter normalen Verhältnissen (Ackerboden) einen Widerstand von ungefähr 20 bis 30  $\Omega$ , in Sand und Kies ein Vielfaches davon.

b) Bänder und Drähte sind mindestens 30 cm unter der Erdoberfläche zu verlegen. Dabei ist ein Mindestquerschnitt von 50 mm<sup>2</sup>, entsprechend 8 mm Durchmesser bei Drähten, zulässig. Bei Bändern darf die Stärke nicht unter 3 mm betragen. Eisen ist gut feuerverzinkt oder verbleit zu verwenden. Die Länge, die mindestens 10 m betragen soll, richtet sich nach der Bodenart und Bodenfeuchtigkeit.

Als Anhaltspunkt für den Widerstand derartiger Oberflächenerder können die folgenden Werte bei Lehmboden (Ackerboden) dienen:

Länge in m . . . . .	10	20	30	50	100
Widerstand in $\Omega$ . . . . .	25	10	7	5	3

Bei feuchtem Sandboden ist mit Werten zu rechnen, die mindestens doppelt so hoch sind.

Sollten bei ungünstigsten Platzverhältnissen die Leitungen im Zickzack verlegt werden, so ist bei einem Mindestabstand der Windungen von ungefähr 1,5 m der Widerstand der Zickzackleitung einer ausgestreckten Leitung gleicher Länge fast gleichwertig.

c) Als Rohrerder werden zweckmäßig ein- bis zweiöllige verzinkte Rohrstücke von 2 bis 3 m Länge verwendet. Ihr Widerstand beträgt bei feuchtem Lehmboden (Ackerboden) etwa 30 bis 50  $\Omega$ . Bei schlechtem Boden (Sand und Kies) kann der Widerstand auf 200  $\Omega$  und mehr steigen.

Es empfiehlt sich, wenigstens zwei Rohre in einem Mindestabstand von 3 m zu verwenden. Können die Rohre in das Grundwasser eingetrieben werden, so sind weitere Maßnahmen nicht nötig. Anderenfalls empfiehlt es sich, das die Rohre umgebende Erdreich durch Salzlösung leitend zu machen und um die Rohre direkt unter der Erdoberfläche eine angemessene Menge Salz einzubetten.

d) Bei ungünstigsten Bodenverhältnissen empfiehlt es sich, mehrere Erder, z. B. Ringleitungen aus Bandeseisen, um den zu schützenden Raum mit angeschlossenen Rohrerdern in Abständen von je 3 bis 10 m, ferner auch mit Ausläufern nach feuchten Stellen und dort angebrachten Rohrerdern zu vereinigen. Bei Wasserläufen ist die Verlegung langgestreckter Leitungen im feuchten Ufer der Verwendung von Erdern im Wasser vorzuziehen.

Gleise und Wasserleitungen dürfen nur dann als Erder benutzt werden, wenn durch Messung nachgewiesen ist, daß ihr Widerstand gegen Erde sehr gering ist. Vermieden werden soll, daß durch Gleise Spannungen von der Zentrale nach außen übertragen werden und hierdurch Personen oder Tiere, die mit dem Gleise in Berührung kommen, die Berührungsspannung überbrücken.

Provisorische Erdungen können nicht als ausreichende Schutzvorrichtungen betrachtet werden. Daher ist die Erdung der ausgeschalteten Strecke und die Kurzschlußverbindung möglichst in der Nähe der Schaltstelle selbst vorzunehmen. Provisorische Erdungen können nur zur Abführung von Induktionsladungen dienen.



### C. Allgemeines über Messung von Erdungswiderständen.

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

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

Der gemessene Widerstand einer Erdung ist bei bestimmter Oberfläche des Erders ausschließlich durch die Leitfähigkeit des Erdreiches bedingt. Der Erdungswiderstand ist praktisch rein Ohmscher Art. Das Telephon als Nullinstrument bei Brückenmessungen läßt sich nicht vollständig zum Schweigen bringen und das Tonminimum ist um so schärfer, je größer der Meßstrom ist, mit dem die Widerstände bestimmt werden. Daher empfiehlt es sich, die Stromquellen kräftig genug zu wählen, um die Messung auch im freien Felde bei Störungen durch Wind und andere Geräusche bequem durchführen zu können, oder gegebenenfalls andere Nullinstrumente (Zeigerinstrumente) zu verwenden.

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

Einfach gestalten sich die Meßarten, bei denen Sonden — also stromlose Hilfserder — verwendet werden. Man mißt

dann den Widerstand des Erdreiches vom Erder bis zu einer Fläche, die durch die Sonde und alle die Punkte geht, die gleiche Spannung mit ihr haben. Dieser so gemessene Anteil an dem Gesamtwiderstand (der theoretische Grenzwert) hängt von dem Orte der Sonde ab und wird bei zweckmäßiger Wahl etwa 80 bis 90 % des Grenzwertes je nach Form und Ausdehnung des Erders ergeben. Gedrängte Anordnung des Erders (einzelne Platten, Rohre u. dgl.) bedingt geringsten Sondenabstand. Für zusammengesetzte verzweigte Erderformen wird man die Lage der Sonde mehrmals wechseln, um festzustellen, von welcher Stelle ab der Widerstand nicht merklich zunimmt.

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

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

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

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

#### D. Meßweisen.

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

Die Bestimmung des Widerstandes aus Spannung und Strom kann nur in Betracht kommen, wenn ausreichende Energiequellen zur Verfügung stehen. Für die Spannungsmessung müssen Instrumente mit hohem Widerstand benutzt werden. Der Hilfserder, der vom Spannungstrom durchflossen wird (am besten ein Rohr), ist soweit in den Boden einzutreiben, daß die angezeigte Spannung nicht mehr merklich ansteigt.

## E. Bewertung der Meßergebnisse.

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

## **5. Leitsätze für Erdungen und Nullung in Niederspannungsanlagen.**

Gültig ab 1. Dezember 1924<sup>1)</sup>.

### **I. Begriffserklärungen.**

Erde im Sinne dieser Leitsätze ist ein mindestens 20 m von einem stromdurchflossenen Erder entfernter Ort der Erdoberfläche (in Bergwerken sinngemäß auch der Boden der Stollen) oder ein an dieser Stelle befindlicher stromloser Erder (Sonde). Für Messungen wird diesem Orte, der von Starkströmen aus Betriebsstromkreisen unbeeinflusst sein muß, das Potential Null zugeschrieben. Daher wird von ihm aus gemessen.

Erder sind metallische Leiter, die mit dem Erdreich in unmittelbarer Berührung stehen und den Stromübergang an vorgeschriebener Stelle vermitteln.

Erdungswiderstand ist das Verhältnis der Spannung, gemessen zwischen der Erdzuleitung und der Erde (siehe oben) zu dem Strom, der durch den Erder in den Boden eintritt.

Messungen können mit Schwachstrom oder Starkstrom vorgenommen werden. Messungen an Betriebserdungen sind möglichst mit Starkstrom auszuführen.

Erdzuleitung ist die zum Erder führende Leitung, soweit sie über der Erdoberfläche liegt. Dazu zählen auch die in größeren Betriebsräumen häufig verlegten Sammelleitungen. Zuleitungen, die unisoliert in dem Erdreich liegen, sind Teile des Erders.

Erden oder an Erde legen heißt, mit einem Erder oder seiner Zuleitung metallisch-leitend verbinden.

Erdung im gegenständlichen Sinne bezeichnet die Gesamtheit von Zuleitung und Erder. Man unterscheidet hierbei: Betriebserdungen, Schutzerdungen und Stallerdungen (siehe unter Abschnitt III).

---

<sup>1)</sup> Angenommen auf Grund einer Vollmacht der Jahresversammlung 1924 durch die Kommission für Erdung am 11. Oktober 1924. Veröffentlicht ETZ 1924, S. 1225.

Erdschluß entsteht, wenn ein betriebsmäßig gegen Erde isolierter Leiter mit Erde in leitende Verbindung tritt, wobei in der Regel die Spannung anderer Netzteile gegen Erde erhöht wird:

- a) Einzelerdschluß liegt vor, wenn eine Phase des Netzes Erdschluß hat.
- b) Doppel- oder Mehrfacherschluß liegt vor bei gleichzeitigem Erdschluß verschiedener Phasen, der an verschiedenen Stellen auftreten kann.
- c) Erdschlußstrom ist der an der Erdschlußstelle aus dem Betriebsstromkreis austretende Strom.

Unter Nullen versteht man das Verbinden der metallenen Konstruktionsteile einer elektrischen Anlage mit dem Nulleiter.

Berührungsspannung im Sinne dieser Leitsätze ist die Spannung, die beim Stromdurchgang durch die Erdzu-  
leitung zwischen zwei Punkten auftritt, insoweit diese durch einen Menschen überbrückt werden können.

## II. Zweck der Schutzerdung.

Die vorliegenden Leitsätze sollen die in den §§ 3, 4, 10, 11, 13 und 31, Regel 3 der Errichtungsvorschriften niedergelegten, allgemeinen Schutzmaßnahmen für Anlagen mit einer effektiven Gebrauchsspannung von 40 bis 250 V zwischen 2 beliebigen Leitern und für Mehrleiteranlagen bis 250 V zwischen dem geerdeten Nulleiter und einem beliebigen Außenleiter ergänzen.

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

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

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

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

Man bezweckt durch die Nullung:

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

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

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

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

Falls nicht geerdet oder genullt wird, muß der Schutz durch andere gleichwertige Anordnungen hergestellt werden, wie:

- a) Isolierung der Umgebung innerhalb der Reichweite der Schalt- und Regelapparate, z. B. isolierender Fußbodenbelag mit Linoleum oder dgl.
- b) Abtrennende Vorrichtungen, die verhindern, daß zwischen der zu schützenden Berührungstelle und Erde eine unzulässige Berührungsspannung (siehe unter Abschnitt V) auftreten kann (Schutzschalter).
- c) Verwendung von Apparaten aus Isolierstoff oder von ganz in Isolierstoff eingebetteten Apparaten (also keine Metallgriffe).
- d) Verwendung einer Spannung, die niedriger als die zulässige Berührungsspannung ist (Herabsetzung der Spannung durch Transformatoren mit getrennten Wicklungen).

Immer sollte berücksichtigt werden, daß die Erdung nur

zum Schutz bei auftretenden Störungen dient, und daß erhöhte Sicherheit im Betriebsstromkreis und gute Anordnung aller Teile der Anlage die Gefahren und die Häufigkeit der Störungen ganz wesentlich herabsetzen können.

Nach den heutigen Erfahrungen erfüllt eine Schutzvorkehrung ihren Zweck nur, wenn sie entweder überhaupt verhindert, daß gefährliche Berührungsspannungen auftreten, oder wenn sie beim Auftreten gefährlicher Berührungsspannungen die Fehlerstelle sofort selbsttätig von der Stromquelle abtrennt.

### III. Erdungen bzw. Nullung werden angewendet:

- a) Um einen Teil des Betriebsstromkreises möglichst auf Erdpotential zu bringen. Diese Erdungen werden Betriebserdungen genannt. Sie bilden durch die Erde einen Parallelstromkreis zu dem Nulleiter oder einem betriebsmäßig geerdeten Außenleiter und führen infolgedessen Ausgleichströme.

Grundsätzlich soll an jedem Transformator eine der Hochspannungserdung gleichwertige Niederspannungserdung angebracht werden. Hierbei ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß unter Umständen der Erdschlußstrom längere Zeit fließen kann. Diese Erdung soll mit der Hochspannungserdung der Transformatorstation nicht in Verbindung stehen, sondern mindestens 20 m von dieser entfernt verlegt werden. Wenn der Nulleiter eines Mehrphasennetzes nur in der Transformatorstation geerdet wird, dann wird er an dieser Stelle das Erdpotential haben, wenn am anderen Ende des Netzes durch eine Störung eine Verbindung zwischen einer Phase und ihm hergestellt wird, solange seine Erdung stromlos ist. An der Störungstelle wird dagegen der Nulleiter eine Spannung gegen Erde aufweisen gleich dem durch den Störungsstrom im Nulleiter auftretenden Spannungsabfall. Diese Spannung kann durch Anbringung einer weiteren Betriebserdung am Ende des Nulleiters herabgesetzt werden. Weisen diese beiden Betriebserdungen den gleichen Übergangswiderstand auf, so wird die höchste auftretende Berührungsspannung halbiert. Hierbei ist es ziemlich gleichgültig, welchen Übergangswiderstand jede der Erdungen hat, wenn diese nur einander gleich sind (siehe unter Abschnitt V).

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

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

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

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

#### IV. Zuleitungen zu Erdern.

Die Zuleitungen zu dem oder den Erdern sind für die volle, bei Erdschluß zu erwartende Stromstärke mit der Maßgabe zu bemessen, daß hierfür im allgemeinen Querschnitte über  $100 \text{ mm}^2$  bei verzinktem und verbleitem Eisen oder über  $50 \text{ mm}^2$  bei Kupfer nicht erforderlich sind. Kupferquerschnitte unter  $16 \text{ mm}^2$  und Eisenquerschnitte unter  $35 \text{ mm}^2$  dürfen in elektrischen Betriebsräumen nicht verwendet werden. In anderen Räumen darf der Kupferquerschnitt  $4 \text{ mm}^2$  nicht unterschreiten. Bei beweglichen Leitungen ist es zulässig, bis auf den Querschnitt der Außenleiter herabzugehen.

Die Zuleitungen sind parallel an eine oder mehrere Sammelleitungen anzuschließen, die ihrerseits zu dem oder den Erdern führen. Unterbrechungstellen in den Zuleitungen, z. B. Schalter, Sicherungen u. dgl., sind unzulässig.

Der Widerstand ist bei der Berechnung der Erdung zu berücksichtigen.

Hintereinandergeschaltete Konstruktionsteile dürfen nicht Teile von Erdzuleitungen bilden, wenn bei deren zeitweisem oder gänzlichem Abbau die Erdzuleitungen unterbrochen sein würden.

Zuleitungsanschlüsse sollen mit der Sammelleitung und mit den Erdern selbst dauernd gut metallisch verbunden sein; die



Verbindungsstellen sollen zweckmäßig verschweißt oder vernietet werden. Auch Schraubverbindungen sind zulässig, wenn ein Lockern der Muttern verhindert ist.

Die Verbindungsstellen an Erdern sowie an zu erdenden Teilen sind um so sorgfältiger herzustellen, je größer der abzuleitende Erdschlußstrom werden kann. Bei größeren Stromstärken wird selbst ein verhältnismäßig geringer Übergangswiderstand (Oxydbildung oder dgl.) den Wert einer Erdung stark beeinträchtigen. Eine bedeutende Steigerung der Berührungsspannung kann durch Erhitzung und dadurch bedingte weitere Verschlechterung der Verbindungsstellen eintreten. Aus diesem Grunde wird empfohlen, bei Erdungen für mehr als etwa 10 A die fertige Verbindung durch Anstrich oder andere Schutzmittel gegen Oxydation zu schützen.

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

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

Die Zuleitungen sind gegen mechanische und chemische Zerstörungen geschützt und möglichst sichtbar zu verlegen.

Um die Zuleitungen dem Auge nicht zu entziehen, empfiehlt es sich, diese nicht einzumauern. Gegen das Einmauern bestehen auch noch Bedenken wegen der beim Vorhandensein von Kalk im Mauerwerk hervorgerufenen chemischen Zersetzung. Besonders ist auch darauf zu achten, daß nicht durch Übertritt von Gleichströmen elektrolytische Zerfressungen stattfinden können.

## V. Bemessung der Erdung.

Die Voraussetzung für die richtige Bemessung einer Erdung ist die Kenntnis der durch sie abzuleitenden Stromstärke.

In Anlagen mit geerdeten Nulleitern wird immer für die Bemessung der betreffenden Erdung mindestens die Nennstromstärke der nächsten vorgeschalteten Sicherung bzw. des Selbstschalters bestimmend sein.

Wenn man durch Anbringen mehrerer Erdungen eine Sicherheit gegen gefährliche Spannungen bei etwaigem Reißen des Nulleiters schaffen will, sind diese Erdungen so zu wählen, daß sie den vollen Betriebsstrom ableiten können.

In ausgedehnten Überlandleitungen, besonders bei offenen Stickleitungen mit blank verlegtem Nulleiter, genügt auch eine entsprechend geringere Zahl von Erdungen, wenn durch besondere Einrichtungen, z. B. selbsttätige Schutzschalter, die Leitungen sofort abgeschaltet werden, sobald der geerdete Leiter eine unzulässige Spannung gegen Erde erhält.

Als ungefährlich gilt eine Berührungsspannung von etwa 40 V für Menschen und eine solche von etwa 20 V für Vieh.

### **VI. Prüfung der Erdungen.**

Der Zustand der Erdungsanlage ist sowohl vor Inbetriebsetzung als auch in angemessenen Zeitabschnitten zu prüfen (Messung von Erdungswiderständen siehe „Leitsätze für Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen“).

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

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

## **6. Leitsätze für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen.**

Gültig ab 1. Oktober 1925.<sup>1)</sup>

Überspannung ist jede Spannungserhebung, die den Bestand oder Betrieb einer elektrischen Anlage gefährdet. Überspannungen können eine Anlage durch ihren hohen Betrag oder durch ihr räumliches Spannungsgefälle gefährden. Unter Höhe der Überspannung ist nicht die Differenz der Spannungserhebung gegen die Betriebsspannung, sondern der Höchstwert der Überspannung bzw. ihr Effektivwert zu verstehen. Die Ursachen gefährlicher Überspannungen sind zahlreich; im nachstehenden sind die wichtigsten herausgegriffen.

### **I. Ursprung und Verlauf der Überspannungen.**

#### 1. Schaltvorgänge.

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

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

Wird eine reflektierte Wanderwelle an einer anderen Stelle der Leitung wieder reflektiert, so läuft sie so lange auf der Leitung zwischen den Reflexionspunkten hin und

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht ETZ 1925, S. 472, 942 und 1526.

her, bis die in ihr aufgespeicherte Ladung in andere Netzteile abgeflossen ist oder sich in Joulesche Wärme umgesetzt hat. Derartig hin- und herlaufende Wanderwellen, die auch durch andere Schaltvorgänge erzeugt sein können, stellen einen Schwingungsvorgang (Wanderwellenschwingung) dar, dessen Wellenlänge annähernd gleich der vierfachen Länge des durch die beiden Reflexionspunkte eingegrenzten Leitungstückes ist.

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

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

Beim Abschalten leerlaufender Transformatoren und Asynchronmotoren treten beträchtliche Überspannungen auf. Die Erscheinung ist durch die starke Kühlung des Unterbrechungslichtbogens im Ölschalter bedingt, die ein schnelleres Absinken des Stromes bewirkt; die anormal starke zeitliche Änderung des Stromes  $\left(\frac{d_i}{d_t}\right)$  kann beträchtliche Überspannungen erzeugen. Bei Transformatoren können sie zu einem Überschlag an den Durchführungsklemmen führen. Bei Asynchronmotoren, die wegen des großen Luftspaltes eine wesentlich größere magnetische Energie enthalten, treten überdies noch Lichtbogenschwingungen hinzu, da jede Wicklung ein schwingungsfähiges Gebilde darstellt. Die

hohe Frequenz dieser Schwingungen bedingt eine Gefährdung der Windungsisolation.

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

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

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

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

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

Bei ausgedehnten Netzen mit großer Erdkapazität kann bei einem Erdschluß der Fall eintreten, daß die Induktivität der erdgeschlossenen Phase mit der Erdkapazität des gesamten Netzes einen Schwingungskreis bildet, dessen Eigenfrequenz der Netzfrequenz nahe kommt. Die Resonanzspannungen können je nach dem Leitungsquerschnitt (25 bis 95 mm<sup>2</sup>) den 1,5- bis 3-fachen Betrag der normalen verketteten Spannung und mehr erreichen. Sie sind gefährlich, da sie das ganze Netz in Mitleidenschaft ziehen und sehr starke Ströme erzeugen, die z. B. auch zu Schalterexplosionen führen können. In dieser Hinsicht ist der Anschluß von Freileitungstrecken an größere Kabelnetze wegen der großen Kapazität der Kabel besonders gefährlich.

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

Transformatoren mit Stern-Sternschaltung weisen selbst bei reiner Sinusform der verketteten Spannung in der Sternspannung und damit vor allen in der Spannung des Sternpunktes gegen Erde dritte Harmonische auf, die bei Transformatoren mit gutem magnetischen Rückschluß (z. B. Manteltransformatoren) für diese dritte Harmonische schädliche Beträge annehmen können. Infolge der eigentümlichen Form der Magnetisierungskurve des Eisens enthält bei zeitlich sinusförmig verlaufendem Kraftlinienfluß der zugehörnde Magnetisierungstrom zahlreiche Oberwellen ungerader Ordnung und besonders stark ausgeprägt die dritte Oberwelle. Da aber in einem Drehstromsystem alle durch 3 teilbaren Oberwellen in den drei Wicklungen gleiche Phasenlage besitzen, kann ein Strom 3-, 9-, 15- usw. -facher Frequenz ohne Nullpunktverbindung nicht fließen. Er fehlt also am Magnetisierungstrom, und infolgedessen werden Oberwellen 3-, 9-, 15-facher Frequenz in der Sternspannung des Transformators sowie zwischen Nullpunkt und Erde erzwungen. Wenn nun bei einem derartigen Transformator der Sternpunkt der Hochspannungsseite geerdet wird, so bildet die Induktivität jeder der drei Schenkel mit der Erdkapazität des zugehörnden Netzleiters des gesamten Netzes einen Schwingungskreis. Die drei Kreise liegen parallel an einer Spannung 3-, 9-, 15-facher Frequenz, die gleich der Nullpunktspannung des Transformators ist. Unter Umständen können Kipperscheinungen auftreten, die besonders dadurch lästig sind, daß sie dem gesamten Netz die Überspannung

aufdrücken und an den Spannungsmessern für die verkettete Spannung nicht wahrgenommen werden. Derartige Kipperscheinungen wurden z. B. in ausgedehnten Freileitungsnetzen durch eine größere Zahl von Spannungswandlern mit geerdetem Sternpunkt hervorgebracht. Solche Fälle dürften wohl zu den Ausnahmen gehören, jedoch können im Sternpunkt geerdete Spannungswandler (Ableitung-Drosselspulen) kippen, wenn durch zufällige Schaltungen sämtliche von einer Station ausgehenden Leitungen abgetrennt werden, so daß der Transformator nur noch mit der kleinen Kapazität der Schaltanlage und der Leistungstransformatoren allein belastet ist.

Zusatz- und Drehtransformatoren in Stern-Sternschaltung werden bei Erdschlüssen, besonders wenn diese in zwei getrennt von den Sammelschienen ausgehenden Strängen an zwei verschiedenen Netzleitern gleichzeitig auftreten (Doppelerdschlüsse), von dem einphasig fließenden Fehlerstrom derart magnetisiert, daß sie zahlreiche Oberwellen ungerader Ordnung bis zu sehr hohen Frequenzen erregen. Dann können hohe örtliche Überspannungen entstehen; bei Erdung des Nullpunktes der Erregerwicklung kann sogar die gesamte Anlage durch hohe Überspannungen gefährdet werden.

## 2. Aussetzender Erdschluß.

Ein gefährlicher Überspannungserreger ist der Lichtbogenerdschluß. Wird ein an sich gesunder Isolator überschlagen, so wird die Spannung des betreffenden Leiters gegen Erde Null und über den Lichtbogen fließt der Erdschlußstrom des Netzes, der im wesentlichen voreilender Blindstrom ist. Ähnlich wie beim Abschalten eines leerlaufenden Kabels erlischt der Lichtbogen zunächst wieder in dem Zeitpunkt, in dem der Strom durch Null geht, und auf dem gesamten Leitungsnetz bleibt eine Ladung liegen, die diesem bei Einphasennetzen eine Gleichspannung von der Höhe des normalen Scheitelwertes der Sternspannung erteilt. Da jedoch die ihr übergelagerte normale Sternspannung gegen Erde weiterhin ihren Sinusverlauf nimmt, herrscht eine Halbperiode später an der Erdschlußstelle eine Spannung von dem doppelten Scheitelwert der Sternspannung. Spätestens in diesem Zeitpunkt erfolgt die Rückzündung. Die dadurch angeregte Eigenschwingung des Netzes mit der doppelten Amplitude der normalen Sternspannung führt rechnerisch bei Vernachlässigung der Kapazität zwischen den Netzleitern und der Verlustdämpfung zu einer Vervierfachung der Spannung an dem gesunden Leiter. Beim Er-



reichen dieses Höchstwertes ist der Strom gerade Null, und wiederum kann in diesem Zeitpunkt der Erdschlußlichtbogen erlöschen, wodurch das Netz nun eine Ladung mit der Amplitude der doppelten Sternspannung annimmt. Eine halbe Periode später stellt sich an dem kranken Leiter die dreifache Spannung gegen Erde ein, und es erfolgt wiederum eine Rückzündung, als deren Folge sich das gesamte Netz an dem gesunden Leiter auf das Sechsfache, an dem kranken Leiter auf das Vierfache des Scheitelwertes der Sternspannung hinaufarbeitet. Bei Berücksichtigung der Kapazität zwischen den Leitern und der Verluste ergibt die Rechnung für Drehstromnetze hoher Spannung Höchstwerte der Spannung an den gesunden Leitern von dem 4,5-fachen, an dem kranken Leiter von dem 4-fachen des Scheitelwertes der Sternspannung, entsprechend dem 2,6- bis 3-fachen des Scheitelwertes der verketteten Betriebsspannung. Die schädlichste Wirkung übt der aussetzende Erdschluß jedoch durch die Sprungwellen aus, die Halbperiode für Halbperiode durch die Rückzündung ausgelöst werden. Sie haben ebenfalls an ihrer Stirn eine Höhe von dem 2,6-fachen des Scheitelwertes der verketteten Spannung und gefährden die Transformatorwicklungen durch ihr in jeder Halbperiode sich wiederholendes Aufprallen auf das äußerste. Der Erdschlußlichtbogen nimmt wegen der hohen Zündspannung beträchtliche Länge an, brennt infolgedessen lange Zeit und führt zwischen den Netzleitern, wenn die gestörte Leitung nicht rechtzeitig abgetrennt wird, in der Regel zu einem Kurzschluß. Die bei Gewittern beobachteten häufigen Abschaltungen von Leitungstrecken sind fast in allen Fällen auf Lichtbogenerdschlüsse zurückzuführen. Diese haben also nicht nur die Beanspruchung der Anlage durch Überspannungen, sondern auch noch die Beanspruchung der Transformatoren, Schalter und Maschinen durch Kurzschlußströme im Gefolge. Mit Überspannungen infolge aussetzenden Erdschlusses ist zu rechnen, sobald der Erdschlußstrom einen Betrag von etwa 5 A erreicht; bei kleineren Stromstärken pflegt der Lichtbogen schnell zu erlöschen.

### 3. Atmosphärische Störungen.

Die durch atmosphärische Einflüsse in Hochspannungsanlagen auftretenden Überspannungen sind der Vorausberechnung am wenigsten zugänglich. Die sanfteste und ungefährlichste Form der atmosphärischen Überspannung ist die sich auf Freileitungen nur langsam ausbildende statische Ladung, die bei ausgezeichnetem Isolationszustand der An-

lage zwar Spannungen von gefährlicher Höhe erzeugen würde, aber durch Ableitungsapparate mit verhältnismäßig hohem Widerstand sicher und gefahrlos abgeführt werden kann.

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

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

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

Ob der Vorgang der Blitzentladung selbst aperiodisch verläuft oder sich in Form einer Schwingung abspielt, ist hierbei unwesentlich<sup>1)</sup>. Die öfter beobachteten Isolatorüberschläge in Schalträumen lassen sich hiermit zwanglos erklären.

## **II. Maßnahmen zur Verhütung von Überspannungschäden in Hochspannungsanlagen.**

Am wichtigsten sind die vorbeugenden Maßnahmen, die durch zweckmäßige Gestaltung der Anlagen das Entstehen von Überspannungen von vornherein verhindern.

Ein wirksamer Schutz liegt vor allem in angemessener Isolierung sämtlicher durch Spannung beanspruchter Teile

---

<sup>1)</sup> Theoretische Untersuchungen von Emde ergaben unter plausiblen Annahmen eine Frequenz von 2000 bis 8000 Hertz.

der Anlage; das Einhalten der neuen vom VDE festgelegten Prüfvorschriften bietet ausreichende Sicherheit gegen die überwiegende Mehrzahl der in sachgemäß errichteten Anlagen noch auftretenden Überspannungen. Bei der Anordnung ist zu beachten, daß die Isolation nicht durch äußere Einflüsse in unzuverlässiger Weise vorübergehend oder dauernd herabgesetzt wird. Solche örtlichen Verschlechterungen des Isolationszustandes führen auch zu Störungen, die vielfach irrtümlich Überspannungen zugeschrieben werden oder diese erst hervorrufen.

Erst wenn die vorauszusehende Beanspruchung der Anlage durch Überspannungen diese Maßnahmen als nicht ausreichend erscheinen läßt, kommt die Verwendung besonderer Überspannungsschutzeinrichtungen für die Ableitung, Begrenzung und Vernichtung unvermeidlicher Überspannungen in Betracht.

## 1. Bau und Schaltung von Generatoren und Transformatoren.

### a) Generatoren.

Generatoren, die auf Netze großer Kapazität arbeiten, sollen zur Bekämpfung der bei einphasigem Kurzschluß auftretenden Überspannungen mit einer ausreichenden Quersfeldämpfung (z. B. mit Dämpferkäfigen) versehen sein.

In Maschinen mit Walzenläufern genügen die aus Messing oder Bronze hergestellten Nutenverschlußkeile.

Die Amplituden der Oberwellen in der Spannungskurve von Generatoren, die auf ausgedehnte Netze arbeiten, sollen auch im Belastungszustande nach Möglichkeit 3% der Amplitude der Grundwelle nicht überschreiten.

### b) Transformatoren.

Für Transformatoren in Kraftwerken empfiehlt sich Dreieck-Sternschaltung. Sie sichert dem Transformator eine ungezwungene Magnetisierung und verhindert infolgedessen das Auftreten von dreifachen Harmonischen.

Bei Transformatoren in Stern-Sternschaltung bestehen wesentliche Unterschiede zwischen den Transformatoren ohne freien magnetischen Rückschluß (Kerntransformatoren mit nur drei Schenkeln) und solchen mit freiem magnetischen Rückschluß (Manteltransformatoren, Vier- oder Fünfschenkeltransformatoren sowie drei zu einem Dreiphasensatz zusammengeschaltete Einphasentransformatoren).

Transformatoren mit freiem magnetischen Rückschluß in Stern-Sternschaltung führen in den Sternspannungen be-

trächtliche Oberschwingungen 3ter, 9ter, 15ter usw. Ordnung. Diese können bei höheren Spannungen von etwa 50 kV ab auch bei ungeerdetem Sternpunkt die Wicklung infolge ihrer Erdkapazität durch Resonanzüberspannungen gefährden.

Eine Tertiärwicklung in geschlossenem Dreieck macht sämtliche Formen in Stern-Sternschaltung der Dreieck-Sternschaltung gleichwertig. Durch Zickzackschaltung kann man zwar das Auftreten der dreifachen Oberwellen in ihrer Sternspannung unterdrücken, nicht aber im magnetischen Fluß und infolgedessen auch nicht in der in Stern geschalteten anderen Wicklung.

Was für Kraftwerkstransformatoren gesagt ist, gilt in gleicher Weise für Großtransformatoren in Unterwerken.

Spartransformatoren eignen sich ebensowenig für den Anschluß von Generatoren wie für das Kuppeln von Hochspannungsnetzen über 6 kV, wenn das Übersetzungsverhältnis den Wert von 1,25 übersteigt, weil dann im Falle eines Erdschlusses der Unterspannungsteil zu stark beansprucht wird.

Hochgesättigte Transformatoren können mittelbar zur Ausbildung höherer Harmonischer in der Spannung führen. Bei sehr hoher Spannung ist es wegen der Resonanzgefahr geboten, mit mäßiger Kraftliniendichte im Eisen zu arbeiten.

Für die Erdung des Sternpunktes eignen sich alle Transformatoren, die irgendeine Dreieckwicklung besitzen, sei es primär, sekundär oder tertiär. Fehlt diese Dreieckwicklung, so kann bei hohen Eisensättigungen die dritte Oberwelle in erheblicher Stärke auftreten.

Die unmittelbare Erdung des Hochspannungsternpunktes von Transformatoren mit freiem magnetischen Rückschluß in Stern-Stern- oder Stern-Zickzackschaltung ohne Tertiärwicklung ist zu vermeiden. Die dritte Oberwelle kann die Ursache von Kippüberspannungen werden. Weiterhin kann die Erdung des Sternpunktes derartiger Transformatoren zur Beeinflussung von Fernmeldeleitungen durch Oberwellen führen (siehe § 10 der „Leitsätze für Maßnahmen an Fernmelde- und an Drehstromanlagen im Hinblick auf gegenseitige Näherungen“). Bei großen Transformatoren empfiehlt es sich, wegen ihrer geringen Dämpfung für Wanderwellen die Isolatoren der Nullpunktdurchführungen (und ebenso die Stützer der Nullpunktsammelschienen) für die verkettete Spannung zu bemessen. Der Anschluß geerdeter Spannungswandler zur Erdschlußüberwachung und von Er-

dungsdrosselspulen zur Ableitung statischer Ladungen ist zulässig. Sie sollen jedoch betriebsmäßig mit höchstens 7000 Gauß gesättigt werden, weil dann unter dem Einfluß ihres hohen Widerstandes Kippüberspannungen im allgemeinen nicht auftreten.

c) Zusatztransformatoren.

Zusatztransformatoren mit fester Wicklung sollen möglichst mit einer in Dreieck geschalteten Erregerwicklung oder einer Dreiecktertiärwicklung versehen sein. Bei Drehtransformatoren sind wegen des Luftspaltes solche Maßnahmen nicht erforderlich.

## 2. Bau und Betrieb elektrischer Anlagen.

Fehlschaltungen sollen durch übersichtliche Anordnung der Schaltanlage, selbsttätige Schalterverriegelungen und zuverlässige Überwachung möglichst verhindert werden.

Zur Verhütung von Kippüberspannungen dürfen längere Leitungen nicht einpolig durch Trennschalter oder Sicherungen abgetrennt werden. Aus dem gleichen Grunde ist auf das Vermeiden von Leitungsbrüchen infolge Abbrandes Bedacht zu nehmen. Bei Mehrkesselölschaltern ist besonders darauf zu achten, daß sie zuverlässig in allen Polen zugleich schalten. Das Schalten mit einpoligen Trennschaltern ist nur bei kleinen Transformatoren und Spannungswandlern bis etwa 20 kV zulässig, wenn diese Schalter in unmittelbarer Nähe der kleinen Transformatoren oder Spannungswandler angeordnet sind. Es empfiehlt sich aber, auch hierfür dreipolige Trennschalter zu verwenden. Abschmelzsicherungen sollen bei Spannungen von mehr als 30 kV nicht verwendet werden.

Um Überspannungen atmosphärischer Herkunft nach Möglichkeit zu vermeiden, sind Freileitungen tunlichst in geringer Höhe über dem Erdboden zu führen, d. h. der für die Sicherheit gegen Berührung notwendige Mindestabstand der Leitung über dem Erdboden soll ohne Not nicht überschritten werden. In gebirgigen Gegenden muß die Führung von Hochspannungsleitungen über Bergrücken möglichst vermieden werden.

Leitungsanlagen und Schaltstationen sollen so ausgeführt werden, daß die über die Leitung eilenden Wanderwellen in ihrer Bahn möglichst ungehemmt sind. Eine Verzweigung von Leitungen verringert die Spannung der Wanderwellen und zerteilt ihre Energie. Diese setzt sich in den Wirkwiderständen der Leitungsbahnen in Wärme um.

Dementsprechend sind die Sammelschienen in Schaltanlagen so anzuordnen, daß auf einer Leitung ankommende Wanderwellen ungehindert von dieser Leitung über die Sammelschienen zu den übrigen Leitungen übergehen können. Daher sind Induktivitäten im Zuge der Leitungen möglichst zu vermeiden. Sofern sich im Zuge der Leitung Auslösespulen und Stromwandler nicht vermeiden lassen (z. B. in Schaltanlagen), sind sie durch induktionsfreie Widerstände oder, falls diese zu unzulässigen Übersetzungsfehlern führen würden, durch möglichst niedrig eingestellte Funkenstrecken oder durch Kondensatoren für die Wanderwellen zu überbrücken. Netzausläufer sind in der Regel durch Wanderwellen stärker als geschlossene Netze gefährdet. Im Interesse des Überspannungsschutzes sind daher grundsätzlich geschlossene Netze anzustreben, deren Betrieb allerdings einen zuverlässigen selektiv wirkenden Übertromschutz voraussetzt.

Bei der Planung von Freileitungsnetzen sind möglichst Orte zu meiden, an denen die Leitungen äußeren Einflüssen durch Baumzweige, Personen usw. besonders ausgesetzt sind. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, die Leitungen möglichst frei durch das Gelände, unbeschadet der ungünstigeren Zugänglichkeit bei Revisionen und Reparaturen, zu führen. Hierbei sind Geländeteile, die Neigung zu Rauhreifbildung zeigen, tunlichst zu meiden.

Auf eine zweckmäßige Anordnung der Querträger und auf hinreichenden Abstand der Leitung von geerdeten Teilen ist zu achten, um Erdschlüsse durch Vögel oder sonstige Fremdkörper möglichst zu vermeiden. Auf die Verwendung von Isolatoren mit hoher Durchschlagsicherheit und mechanischer Beständigkeit ist besonderer Wert zu legen.

### 3. Besondere Schutzvorrichtungen in Hochspannungsanlagen.

A. Einrichtungen, die das Entstehen von Überspannungen unterdrücken.

a) Schutzschalter. Die bei betriebsmäßigem Schalten auftretenden Gefährdungen werden wirksam durch den Schutzschalter mit Vorkontaktwiderstand bekämpft, der den Stromstoß beim Einschalten und die Überspannungen beim Ein- und Ausschalten begrenzt.

Der Widerstandsbaustoff darf kein labiles Verhalten in dem benutzten Strom- und Spannungsbereich aufweisen.

Die Wärmekapazität des Schutzwiderstandes muß so

groß sein, daß er die volle einzuschaltende Spannung an seinen Enden mindestens 2 s lang aushalten kann, ohne dauernde Veränderungen zu erleiden.

Bei Transformatoren ist ein Schutzwiderstand zu empfehlen:

bei Drehstrom von 50 Per/s bei Einzelleistungen über 2000 kVA,

bei Einphasenstrom von 15 Per/s bei Einzelleistungen über 250 kVA.

Der Schutzschalter soll die beim Einschalten auftretenden Sättigungstöße, vor allem in ihrer Wirkung auf die Betätigung der Auslöser, und die Überspannungen beim Abschalten des leerlaufenden Transformators verringern.

Der Widerstand für jeden Pol soll sein:

$$R = 10 \frac{E'}{J_N} \Omega,$$

wobei  $E'$  die Spannung je Pol (Phasenspannung) und  $J_N$  der Nennstrom des Transformators ist.

Bei Freileitungen und Kabeln ist ein Schutzwiderstand zu empfehlen:

bei allen Freileitungen über 50 kV Nennspannung,

bei allen Kabeln über 20 kV Nennspannung,

bei Spannungen unter diesen Werten, falls die Ladeleistung der geschalteten Leitung größer als ein Zehntel der kleinsten speisenden Kraftwerkleistung ist.

Der Schutzwiderstand soll die Spannungswellen, die beim Einschalten und vor allem beim Ausschalten auftreten, in angemessenen Grenzen halten.

Der Widerstand für jeden Pol soll sein:

$$R = \frac{E'}{J_l} \Omega,$$

wobei  $E'$  die Spannung je Pol und  $J_l$  der Ladestrom der geschalteten Leitungen ist.

Bei Asynchronmaschinen ist ein Schutzwiderstand zu empfehlen:

bei Spannungen über 3 kV, falls die Leistung in kW zahlenmäßig kleiner ist als  $10 E^2$  bei Dreiphasen- und  $6 E^2$  bei Einphasenmotoren,

wobei  $E$  die Nennspannung in kV ist.

Der Schutzwiderstand soll vor allem die Sprungwellen, die die Windungsisololation beim Einschalten beanspruchen, vermindern.

Der Ohmwert des Schutzwiderstandes für jeden Pol soll sein:

$$R = 4 \frac{E'}{J_N} \Omega,$$

wobei  $E'$  die Spannung je Pol und  $J_N$  der Nennstrom des Motors ist.

Im Gegensatz zu vorstehender Empfehlung sind bei Kurzschlußläufermaschinen mit synchroner Einschaltung und bei Leistungen über 200 kW für 50 Per/s stets Schutzwiderstände zu verwenden; bei geringerer Frequenz für eine proportional kleinere Grenzleistung.

Die Schutzwiderstände sollen die Stoßströme, die die Wicklung beim Einschalten mechanisch zerstören können, abschwächen. Da diese Ströme langsam abklingen, so muß der Widerstand ausreichend lange eingeschaltet bleiben.

Als Wert des Schutzwiderstandes für jeden Pol wird empfohlen:

$$R = 0,2 \frac{E'}{J_N} \Omega,$$

wobei  $E'$  die Spannung je Pol und  $J_N$  der Nennstrom des Motors ist.

Der Läuferkreis von Asynchronmaschinen muß (gemäß § 42 der R.E.A.) beim Abschalten für Motoren aller Leistungen und Spannungen stets geschlossen bleiben, da sonst durch das Abschalten des Magnetfeldes starke Überspannungen in der Ständerwicklung entstehen.

Als Höchstwert des Widerstandes für den Läuferkreis beim Abschalten empfiehlt sich:

$$R = 4 \frac{E'}{J_{\text{läufer}}} \Omega,$$

wobei  $R$  der Widerstand für jeden Pol,  $E'$  die Läuferspannung je Pol und  $J_{\text{läufer}}$  der Läuferstrom bei Nennleistung ist.

Der Schutzschalter im Ständer wird durch den geschlossenen Läuferkreis nicht entbehrlich.

Da sämtliche vorstehenden Widerstandswerte auf mittlere Verhältnisse zugeschnitten sind, können im Einzelfalle Abweichungen zwischen dem 0,5- und dem 2-fachen zugelassen werden.

b) Nullpunktwiderstand. Der Widerstand liegt zwischen dem Sternpunkt des Transformators und Erde. Die Gesamtheit der im Netz eingebauten Nullpunktwiderstände soll bei Erdschluß eines Leiters die Phasenverschiebung des Erdschlußstromes gegen die aufgedrückte Spannung auf möglichst  $45^\circ$  vermindern, so daß das Wiederspülen des Erdschlußlichtbogens erschwert und damit die Gefahren des aussetzenden Erdschlusses vermieden werden. Der Wider-



stand ist so zu bemessen, daß er seinen Strom mindestens  $\frac{1}{2}$  h lang aufnehmen kann, es sei denn, daß er vorher selbsttätig abgeschaltet wird. Der Nullpunktwiderstand führt ferner statische Ladungen von den Leitern zur Erde ab und verhindert bei Leitungsbruch das Auftreten von Kippüberspannungen an den geschützten Transformatoren.

c) Erdschlußkompensierung. Durch Verwendung einer Induktivität wird der kapazitive Erdschlußstrom des Netzes ganz oder teilweise durch induktiven Strom kompensiert. Hierdurch wird der Erdschlußlichtbogen zum Verlöschen gebracht und seine Neuzündung erschwert, so daß die gefährlichen Überspannungen des aussetzenden Lichtbogens nicht auftreten oder unschädlich bleiben. Diese Einrichtung muß den Erdschlußstrom mindestens  $\frac{1}{2}$  h lang aufnehmen können.

d) Fangstangen gegen Blitzschlag sind Holzposte mit kräftiger geerdeter Eisenspitze, die in geringem seitlichen Abstände  $a$  von der Freileitung aufgestellt sind und diese an ihrem Aufstellungsorte in der Höhe um einen Betrag  $h$  überragen. Ihre Anbringung empfiehlt sich bei Strecken, die wiederholt vom Blitz getroffen wurden. In der Praxis haben sich folgende Werte für  $a$  und  $h$  bewährt:

Seitlicher Abstand in m $a$	Überragende Höhe in m $h$
5	8
7	10
10	15

Es empfiehlt sich, an sehr gefährdeten Stellen diese Fangstangen in Abständen von etwa 300 m zu setzen.

e) Erdseile. Geerdete Seile werden oberhalb der Freileitung gezogen, um die Influenz atmosphärischer Entladungen auf die Freileitung herabzusetzen. Ihre Schutzwirkung gegen Überspannungen ist umstritten; in jedem Falle verbessern sie die Erdung der Masten.

#### B. Einrichtungen, die entstandene Überspannungen unschädlich machen.

Die nachstehend unter a bis c aufgeführten Schutzeinrichtungen werden empfohlen für Anlagen, die nicht nach den R.E.B., R.E.M. und R.E.T. sprungwellensicher gebaut sind oder, wenn in besonderen Fällen die sprungwellensichere Bauart nicht ausreichend erscheint.

a) Drosselspule ohne Eisenkern. Sie schützt gegen Sprungwellen durch das Zusammenwirken ihrer In-

duktivität mit der Erdkapazität des Transformators und der zwischen ihm und der Drossel liegenden Leiterteile. Je größer diese Induktivität und Kapazität sind, um so besser ist die Schutzwirkung. Die Induktivität der Drosselspule ohne Eisenkern muß mindestens die in der folgenden Tafel angegebenen Werte haben:

Nennstrom A	Nennspannung in kV			
	3—15	35	60	100
2	15 mH	20 mH	—	—
4	10 "	15 "	—	—
6	10 "	15 "	—	—
10	10 "	15 "	20 mH	30 mH
25	5 "	5 "	10 "	15 "

Die Isolation zwischen den Windungen der Drossel soll so bemessen sein, daß sie folgender Sprungwellenprobe standhält:

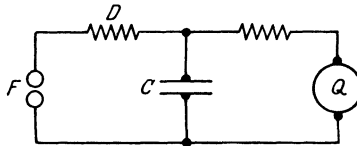


Abb. 1.

Die Drossel  $D$  für die Betriebsspannung  $E$  ist über die Funkenstrecke  $F$  aus massiven Kupferkugeln von mindestens 50 mm Durchmesser mit einem Kabel oder Kondensator  $C$  in Reihe geschaltet (Abb. 1), deren Kapazität folgendermaßen zu bemessen ist:

Prüfkapazität	
Nennspannung in kV	Kapazität $C$ mindestens $\mu F$
2,5 bis 6	0,025
bis 15	0,01
über 15	0,005

Der Kugelabstand der Funkenstrecke wird für einen Überschlag bei  $3 E$  eingestellt, die Kapazität  $C$  wird von der zweckmäßig durch eine weitere Drossel geschützten Stromquelle  $Q$  mit Wechselstrom normaler Frequenz auf  $1,8 E$  erregt. Die Funkenstrecke wird auf beliebige Weise gezündet (etwa durch vorübergehende Annäherung der Kugeln oder Überbrückung des Luftzwischenraumes) und ein Funkenspiel von 10 s Dauer wird aufrecht erhalten. Die

Funkenstrecke ist dabei mit einem Luftstrom von etwa 3 m/s Geschwindigkeit anzublasen.

b) Zwischenkabel. Die Kabel werden, besonders bei hohen Stromstärken, an Stelle der Drosseln angewendet. Sie verringern einfallende Sprungwellen; ihre Wirkung hängt nicht von der Erdkapazität und Induktivität des geschützten Transformators ab. Die Zwischenkabel sollen 10 bis 50 m lang sein; ihre Armaturen sind für die doppelte Betriebsspannung zu bemessen.

c) Kondensator. Von einigen Sonderfällen abgesehen (Unterbrechung-Überspannungen, Oberschwingungen und Verstimmung örtlicher Schwingungskreise) bietet der Kondensator Schutz gegen:

1. Sprung- oder Wanderwellen und Wanderwellenschwingungen beliebiger Herkunft,
2. atmosphärische Überspannungen.

Zu 1. Für den ausschließlichen Sprungwellenschutz von Transformatoren und Generatoren genügt eine Kapazität von 0,01 bis 0,02  $\mu\text{F}$  je Leiter, in Verbindung mit Drosselspulen von etwa 0,4 bis 0,1 mH je Leiter. Zweckmäßigste Schaltung: Leitung—Drosselspule—Kondensatorabzweig—geschützter Apparat.

Zu 2. Der Gewitterüberspannungsschutz erfordert größere Kapazitäten. Gute Erfahrungen sind mit folgenden Werten gemacht worden:

Schutzkapazität je Leiter für jede Freileitung:

0,06 bis 0,08 $\mu\text{F}$	bei 10 kV
0,04 „ 0,06 „ „	20 „
0,03 „ 0,04 „ „	50 „

Schaltungen des Gewitterüberspannungsschutzes:

- a) Die Kondensatoren werden unmittelbar an die abgehenden Freileitungen angeschlossen.
- β) Die Kondensatoren werden zusammengefaßt und an die Sammelschiene für die abgehenden Freileitungen gelegt. Zwischen dieser und der Schiene der Transformatoren- oder Generatorenanschlüsse wird eine Drosselspule mit 0,1 bis 1 mH angeordnet.

Die Erdzuleitung der Kondensatoren soll möglichst kurz und ohne Knicke geführt sein.

Örtliche durch die Kondensatoren verursachte Schwingungen werden durch Widerstände unterdrückt, die in Reihe

mit den Kondensatoren liegen und je  $1000 \Omega$  für  $0,01 \mu\text{F}$  betragen, d. h. z. B. bei

$$0,05 \mu\text{F} = \frac{1000}{5} = 200 \Omega.$$

Zum Schalten von Kondensatorbatterien dienen Trennschalter mit Vorkontakten, Schutzwiderständen und Erdungskontakten.

d) Überspannungsableiter mit Funkenstrecke. Sie führen Überspannungen aller Art über einen Dämpfungswiderstand nach Erde ab. Aus theoretischen Erwägungen würden sich für solche Widerstände je nach Lage des Falles Werte in der Größenordnung des 0,5- bis 2-fachen Wellenwiderstandes der angeschlossenen Leitung (Näheres siehe Rüdénberg „Elektrische Schaltvorgänge“, S. 360, 373 und 376) ergeben. Je höher die Betriebsspannung liegt, desto schwerer ist dieser Wert wegen der Höhe der beim Ansprechen auftretenden Stromstärken praktisch zu erreichen. Anzustreben ist, die Widerstände der theoretischen Forderung möglichst anzupassen und die Schwierigkeiten, die sich bei höheren Stromstärken ergeben, durch besondere Maßnahmen (z. B. Verkürzung der Einschaltdauer) zu überwinden. Bei Spannungen bis  $15 \text{ kV}$  läßt sich diese Bedingung mit den normalen Hörnerableitern ohne Schwierigkeiten erfüllen.

Die Widerstände sollen bei Erdschluß der Anlage die volle Betriebsspannung 2 min lang aushalten, ohne dauernde Veränderungen zu erleiden. Die Funkenstrecke ist so einzustellen, daß sie bei dem 1,5- bis 2-fachen der verketteten Spannung mit möglichst geringem Ladeverzug anspricht.

Die Ableiter sind am besten unmittelbar bei der Einföhrungstelle der Leitung anzuordnen. Die Leitungsföhrung im Ableiterkreise soll möglichst kurz sein.

### III. Maßnahmen zur Verhütung von Überspannungschäden in Niederspannungsanlagen.

#### 1. Vorbeugende Maßnahmen.

Ein großer Teil der Überspannungschäden in Niederspannungsnetzen läßt sich auf Überspannungen im Hochspannungsnetz zurückföhren. Hochspannungswanderwellen können sich über den Transformator auf das Niederspannungsnetz übertragen. Die hierdurch entstehenden schädlichen Einwirkungen können durch einen geeigneten Überspannungsschutz auf der Hochspannungsseite stark herabgesetzt werden.

Als weitere vorbeugende Maßnahme gegen Überspannungen atmosphärischen Ursprunges ist zweckmäßige Leitungsführung anzusehen. Dachständer sollen möglichst nicht auf dem First angebracht werden, sondern derart, daß sie vom Dach elektrostatisch abgeschirmt werden. Die Leitungen sollen nicht höher geführt werden, als aus anderen Gründen erforderlich ist. Stellen häufigen Blitzschlages [sogenannte Hauptentladung- und Einschlagstellen (siehe Erläuterungen und Ausführungsvorschläge zu „Leitsätze über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz“ vom 1. Juli 1901)] sind zu umgehen.

## 2. Schutzmaßnahmen.

Gegen direkte Blitzentladungen mit großer Energie gibt es kein Schutzmittel. Induzierte Überspannungen und statische Aufladungen können durch richtig gebaute und eingestellte Schutzapparate abgeführt werden.

a) Verteilung der Schutzapparate. Jedes Niederspannungsnetz soll mindestens mit einem Überspannungsschutz ausgerüstet sein, der in der Nähe der Transformatorstation eingebaut wird. Bei größeren Netzen werden als Einbaustellen zweckmäßig gewählt: Zentral gelegene Punkte von längeren Ausläufern. Als ungefährender Anhaltspunkt für die Zahl der einzubauenden Schutzapparate kann angenommen werden, daß auf 2 bis 3 km Streckenlänge des Netzes mindestens ein Überspannungsschutzapparat entfällt, in gewitterreichen Gegenden möglichst schon auf 1 km.

b) Erdung. Jeder Schutz ist unmittelbar zu erden. Die Erdung und ihre Zuleitungen sind nach den „Leitsätze für Erdungen und Nullung in Niederspannungsanlagen“ vom 1. Dezember 1924 auszuführen; im besonderen sollen die Zuleitungen zum Erder möglichst gradlinig geführt werden, um Reflexionspunkte auszuschließen. Diese Erdungen sind gemäß III d der obengenannten Leitsätze zur Nullung des Ortsnetzes mit zu verwenden.

Die Möglichkeit einer zuverlässigen Erdung wird in vielen Fällen maßgebend sein für die Auswahl der Stelle, an der ein Schutz eingebaut wird.

## 7. Vorschriften für elektrische Bahnen.

Gültig ab 1. Januar 1926.<sup>1)</sup>

### Inhaltsübersicht.

#### I. Bauvorschriften.

§ 1. Geltungsbereich.

##### A. Erklärungen.

§ 2.

##### B. Allgemeine Schutzmaßnahmen.

§ 3. Schutz gegen Berührung. Erdung.

§ 4. Übertritt von Hochspannung.

§ 5. Isolationszustand.

##### C. Maschinen, Transformatoren und Akkumulatoren.

§ 6. Elektrische Maschinen.

§ 7. Transformatoren.

§ 8. Akkumulatoren.

##### D. Schalt- und Verteilungsanlagen.

§ 9.

##### E. Apparate.

§ 10. Allgemeines.

§ 11. Schalter.

§ 12. Anlasser und Widerstände.

§ 13. Steckvorrichtungen.

§ 14. Stromsicherungen (Schmelzsicherungen und Selbstschalter).

§ 15. Andere Apparate.

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 239, 279, 321, 977 und 1526. Vorher haben drei andere Fassungen bestanden, von denen eine auch noch einer Änderung unterworfen wurde. Über die Entwicklung gibt nachstehende Tafel Aufschluß:

Fassung:	Beschlossen:	Gültig ab:	Veröffentl. ETZ;
Erste Fassung	18. 6. 00	1. 7. 00	00 S. 663
Änd. d. ersten Fassung	28. 6. 01	1. 7. 01	01 S. 796
Zweite Fassung	24. 6. 04	1. 1. 05	04 S. 684
Dritte Fassung	25. 5. 06	1. 10. 06	06 S. 798
Vierte Fassung	8. 9. 25	1. 1. 26	25 S. 239, 279, 321, 977 u. 1526.

## F. Lampen und Zubehör.

- § 16. Fassungen und Glühlampen.
- § 17. Bogenlampen.
- § 18. Beleuchtungskörper, Schnurpendel und Handleuchter.

## G. Beschaffenheit und Verlegung der Leitungen.

- § 19. Beschaffenheit isolierter Leitungen.
- § 20. Bemessung der Leitungen.
- § 21. Allgemeines über Leitungsverlegung.
- § 22. Freileitungen.
- § 23. Installationen im Freien.
- § 24. Leitungen in Gebäuden.
- § 25. Isolier- und Befestigungskörper.
- § 26. Rohre.
- § 27. Kabel.

## H. Behandlung verschiedener Räume.

- § 28. Elektrische Betriebsräume.
- § 29. Abgeschlossene elektrische Betriebsräume.
- § 30. Betriebstätten.
- § 31. Feuchte, durchtränkte und ähnliche Räume.
- § 32. Akkumulatorenräume.

J. Provisorische Einrichtungen, Prüffelder  
und Laboratorien.

- § 33.

## K. Vorschriften für die Strecke.

- § 34. Fahrleitungen und am gleichen Tragwerk verlegte Speiseleitungen bis 1650 V.
- § 35. Schienenrückleitungen.

## L. Fahrzeuge.

- § 36.

## II. Betriebsvorschriften.

- § 37. Zustand der Anlagen.
- § 38. Warnungstafeln, Vorschriften und schematische Darstellungen.
- § 39. Allgemeine Pflichten der im Betriebe Beschäftigten.
- § 40. Bedienung elektrischer Anlagen.
- § 41. Maßnahmen zur Herstellung und Sicherung des spannungsfreien Zustandes.
- § 42. Maßnahmen bei Unterspannungsetzung der Anlage.
- § 43. Arbeiten unter Spannung.

- § 44. Arbeiten in der Nähe von Hochspannung führenden Teilen.
- § 45. Zusatzbestimmungen für Akkumulatorenräume.
- § 46. Zusatzbestimmungen für Arbeiten in explosionsgefährlichen, durchtränkten und ähnlichen Räumen.
- § 47. Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Kabeln.
- § 48. Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Freileitungen.
- § 49. Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Fahr- und Speiseleitungen.
- § 50. Zusatzbestimmungen für Arbeiten in Prüffeldern und Laboratorien.

### III. Inkrafttreten dieser Vorschriften.

§ 51.

#### I. Bauvorschriften.

##### § 1.

##### Geltungsbereich.

Die hierunter stehenden Bestimmungen gelten für die elektrischen Starkstromanlagen, oder Teile solcher, von elektrischen Bahnen mit einer Gebrauchsspannung bis 1650 V an der Fahrleitung oder am Fahrzeuge gegen Erde mit Ausnahme elektrischer Streckenförderungen u. T. Diese Bestimmungen schließen die Stromerzeugung und zugehörige Energieübertragung ohne Begrenzung der Übertragungsspannung ein.

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

#### A. Erklärungen.

##### § 2.

a) *Elektrische Bahnanlagen oder Teile solcher, deren effektive Gebrauchsspannung zwischen irgendeiner Leitung und Erde 250 V überschreitet, sind als Hochspannungsanlagen zu betrachten.* Bahnanlagen unter 250 V gelten als Niederspannungsanlagen; bei Akkumulatoren ist die Entladespannung maßgebend.

In den vorliegenden Vorschriften sind die allgemein auf Nieder- und Hochspannung bezüglichen Abschnitte durch normale Drucktypen, die nur Hochspannung betreffenden Abschnitte durch Kursivdruck gekennzeichnet.



b) **Feuersichere, wärmesichere und feuchtigkeitsichere Gegenstände.**

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

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

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

c) **Freileitungen.**

Als Freileitungen gelten alle oberirdischen Leitungen außerhalb von Gebäuden, die weder eine metallene Schutzhülle noch eine Schutzverkleidung haben. Leitungen für Installation im Freien an Gebäuden, in Höfen, Gärten und dergleichen, bei denen die Entfernung der Stützpunkte 20 m nicht überschreitet, sind nicht als Freileitungen anzusehen.

Ferner gelten für die Fahrleitungen elektrischer Bahnen, sowie für am gleichen Tragwerk verlegte Speiseleitungen weder die „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen“ noch die „Vorschriften für Installationen im Freien“ (siehe § 34).

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.

Abgetrennte Führerstände, die Oberseite des Daches und die Unterseite des Fußbodens von Fahrzeugen sowie das Innere von Lokomotiven sind als elektrische Betriebsräume zu betrachten.

e) **Abgeschlossene elektrische Betriebsräume.**

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

f) **Betriebstätten.**

Als Betriebstätten werden die Räume bezeichnet, die im Gegensatz zu elektrischen Betriebsräumen auch anderen als

elektrischen Betriebsarbeiten dienen und nichtunterwiesenen Personal regelmäßig zugänglich sind.

g) Feuchte, durchtränkte und ähnliche Räume.

Als solche gelten Betriebsräume, in denen erfahrungsgemäß durch Feuchtigkeit oder Verunreinigungen (besonders chemischer Natur) die dauernde Erhaltung normaler Isolation erschwert oder der elektrische Widerstand des Körpers der darin beschäftigten Personen erheblich vermindert wird.

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

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

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

## B. Allgemeine Schutzmaßnahmen.

### § 3.

#### Schutz gegen Berührung. Erdung.

a) Die unter Spannung gegen Erde stehenden, nicht mit Isolierstoff bedeckten Teile müssen im Handbereich gegen zufällige Berührung geschützt sein. Bei Spannungen bis zu 40 V gegen Erde ist dieser Schutz im allgemeinen entbehrlich (weitere Ausnahmen siehe § 28a).

1. Abdeckungen, Schutzgitter u. dgl. sollen der zu erwartenden Beanspruchung entsprechend mechanisch widerstandsfähig sein und zuverlässig befestigt werden.

*b) Bei Hochspannung müssen sowohl die blanken als auch die mit Isolierstoff bedeckten Teile durch ihre Lage, Anordnung oder besondere Schutzvorkehrungen der Berührung entzogen sein (Ausnahmen siehe §§ 6c, 8c, 28b und 29a).*

*c) Bei Hochspannung müssen alle nicht spannungsführenden Metallteile, die Spannung annehmen können, miteinander gut leitend verbunden und geerdet werden, wenn nicht durch andere Mittel eine gefährliche Spannung vermieden oder unschädlich ge-*

*macht wird (siehe auch §§ 6b, 8a, 8b und 8c, Ausnahme siehe § 36).*

2. Als Erdung gilt eine gutleitende Verbindung mit der Erde. Sie soll so ausgeführt werden, daß in der Umgebung des geerdeten Gegenstandes (Standort für Personen) ein den örtlichen Verhältnissen entsprechendes, tunlichst ungefährliches, allmählich verlaufendes Potentialgefälle erzielt wird. Als der Erdung gleichwertig gilt die Verbindung mit der Fahrchiene oder den Radsätzen der Fahrzeuge.

Erdzuleitungen sollen für die zu erwartende Erdschlußstromstärke bemessen werden. Die Erdzuleitungen sollen möglichst sichtbar und geschützt gegen mechanische und chemische Zerstörungen verlegt und ihre Anschlußstellen der Nachprüfung zugänglich sein.

3. Die Erdungen sollen nach den „Leitsätze für Erdungen und Nullung in Niederspannungsanlagen“ bzw. nach den „Leitsätze für Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen“ ausgeführt werden.

#### § 4.

##### Übertritt von Hochspannung.

*a) Maßnahmen müssen getroffen werden, die bestimmt sind, dem Auftreten unzulässig hoher Spannungen in Verbrauchstromkreisen vorzubeugen.*

#### § 5.

##### Isolationszustand.

a) Die Anlage muß einen angemessenen Isolationszustand haben.

1. Isolationsprüfungen sollen mindestens mit der Betriebsspannung ausgeführt werden.

2. Wenn bei diesen Prüfungen nicht nur die Isolation zwischen den Leitungen und Erde, sondern auch die Isolation je zweier Leitungen gegeneinander geprüft wird, so sollen alle Stromverbraucher von ihren Leitungen abgetrennt, dagegen alle Beleuchtungskörper angeschlossen, alle Sicherungen eingesetzt und alle Schalter geschlossen sein.

3. Lackierung und Emaillierung von Metallteilen gilt nicht als Isolierung im Sinne des Berührungsschutzes.

*Als Isolierstoffe für Hochspannung gelten faserige oder poröse Stoffe, die mit geeigneter Isoliermasse getränkt sind, ferner feste feuchtigkeitsichere Isolierstoffe.*

### **C. Maschinen, Transformatoren und Akkumulatoren**

(mit Ausnahme der in Fahrzeugen verwendeten).

#### § 6.

##### Elektrische Maschinen.

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

b) *Bei Hochspannung müssen die Körper elektrischer Maschinen entweder geerdet und, soweit der Fußboden in ihrer Nähe leitend ist, mit diesem leitend verbunden sein oder sie müssen gut isoliert aufgestellt und in diesem Falle mit einem gut isolierenden Bedienungsgange umgeben sein.*

c) Die spannungführenden Teile der Maschinen und die zugehörigen Verbindungsleitungen unterliegen nur den Vorschriften über Berührungsschutz nach § 3a. *Bei Hochspannung müssen auch die mit Isolierstoff bedeckten Teile gegen zufällige Berührung geschützt sein.*

Soweit dieser Schutz nicht schon durch die Bauart der Maschine selbst erzielt wird, muß er bei der Aufstellung durch Lage, Anordnung oder besondere Schutzvorkehrungen erreicht werden.

Vorschläge für luftgekühlte Motoren müssen so beschaffen und bemessen sein, daß ihre Entzündung ausgeschlossen und die Kühlung der Motoren nicht behindert ist.

d) Die äußeren spannungführenden Teile der Maschinen müssen auf feuersicheren Unterlagen befestigt sein.

e) Elektrische Maschinen müssen ein Leistungsschild besitzen, auf dem die in den §§ 80 und 81 der „Regeln für die Bewertung und Prüfung elektrischer Maschinen (R. E. M/1923)“ geforderten Angaben vermerkt sind.

## § 7.

### Transformatoren.

a) *Bei Hochspannung müssen Transformatoren entweder in geerdete Metallgehäuse eingeschlossen oder in besonderen Schutzverschlüssen untergebracht sein. Ausgenommen von dieser Vorschrift sind Transformatoren in abgeschlossenen elektrischen Betriebsräumen (siehe § 29) und solche, die nur mit besonderen Hilfsmitteln zugänglich sind.*

Vorschläge für selbstgekühlte Transformatoren müssen so beschaffen und bemessen sein, daß ihre Entzündung ausgeschlossen und die Kühlung der Transformatoren nicht behindert ist.

b) *An Hochspannungstransformatoren, deren Körper betriebsmäßig nicht geerdet ist, müssen Vorrichtungen angebracht sein, die gestatten, die Erdung des Körpers gefahrlos vorzunehmen oder die Transformatoren allseitig abzuschalten.*

c) Die spannungführenden Teile der Transformatoren und die zugehörigen Verbindungsleitungen unterliegen nur den Vorschriften über Berührungsschutz nach § 3a.

d) Die äußeren spannungführenden Teile der Transformatoren müssen auf feuersicheren Unterlagen befestigt sein.

e) Transformatoren müssen ein Leistungsschild besitzen, auf dem die in den §§ 63—65 der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren (R. E. T./1923)“ geforderten Angaben vermerkt sind.

### § 8.

Akkumulatoren (siehe auch § 32).

a) Die einzelnen Zellen sind gegen das Gestell, dieses ist gegen Erde durch feuchtigkeitsichere Unterlagen zu isolieren.

*b) Bei Hochspannung müssen die Batterien mit einem isolierenden Bedienungsgange umgeben sein.*

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

*1. Bei Batterien, die 1000 V oder mehr gegen Erde aufweisen, empfiehlt es sich, abschaltbare Gruppen von nicht über 500 V zu bilden.*

d) Zelluloid darf bei Akkumulatorenbatterien für mehr als 16 V Spannung außerhalb des Elektrolyten und als Baustoff für Gefäße nicht verwendet werden.

## D. Schalt- und Verteilungsanlagen

(mit Ausnahme der in Fahrzeugen verwendeten).

### § 9.

a) Schalt- und Verteilungstafeln, Schaltgerüste und Schaltkasten müssen aus feuersicherem Isolierstoff oder aus Metall bestehen. Holz ist als Umrahmung, Schutzhülle und Schutzgeländer zulässig.

b) Bei Schalttafeln und Schaltgerüsten, die betriebsmäßig auf der Rückseite zugänglich sind, müssen die Gänge hinreichend breit und hoch sein und von Gegenständen freigehalten werden, die die freie Bewegung stören.

1. Die Entfernung zwischen ungeschützten, Spannung gegen Erde führenden Teilen der Schaltanlage und der gegenüberliegenden Wand soll bei Niederspannung etwa 1 m, *bei Hochspannung etwa 1,5 m* betragen. Sind beiderseits ungeschützte, Spannung gegen Erde führende Teile in erreichbarer Höhe angebracht, so sollen sie in der Wagerechten etwa 2 m voneinander entfernt sein.

*In Gängen sollen Hochspannung führende Teile besonders geschützt sein, wenn sie weniger als 2,5 m hoch liegen.*

c) Schalt- und Verteilungstafeln, -gerüste und -kasten

mit unzugänglicher Rückseite müssen so beschaffen sein, daß nach ihrer betriebsmäßigen Befestigung an der Wand die Leitungen derart angelegt und angeschlossen werden können, daß die Zuverlässigkeit der Leitungsanschlußstellen von vorn geprüft werden kann. Die Klemmstellen der Zu- und Ableitungen dürfen nicht auf der Rückseite der Tafeln oder Gerüste liegen.

2. Verteilungstafeln sollen durch eine Umrahmung oder ähnliche Mittel so geschützt sein, daß Fremdkörper nicht an die Rückseite der Tafel gelangen können.

3. Der Mindestabstand spannungsführender, rückseitig angeordneter Teile von der Wand soll bei Schalt- und Verteilungstafeln und -gerüsten nach c) 15 mm betragen.

Werden hinter diesen metallene oder metallumkleidete Rohre oder Rohrdrähte geführt, so gilt der gleiche Mindestabstand zwischen den genannten spannungsführenden Teilen und den Rohren oder Rohrdrähten.

d) In jeder Verteilungsanlage sind für die einzelnen Stromkreise Bezeichnungen anzubringen, die näheren Aufschluß über die Zugehörigkeit der angeschlossenen Leitungen mit ihren Schaltern, Sicherungen, Meßgeräten usw. geben.

4. Nachträglich zu der Schaltanlage hinzukommende Apparate sollen entweder auf die bestehenden Unterlagen und Umrahmungen oder auf ordnungsmäßig gebaute und isolierte Zusatztafeln oder -gerüste gesetzt werden.

5. Bei Schaltanlagen, die für verschiedene Stromarten und Spannungen bestimmt sind, sollen die Einrichtungen für jede Stromart und Spannung entweder auf getrennten und entsprechend bezeichneten Feldern angeordnet oder deutlich gekennzeichnet sein.

6. Bei Schaltanlagen, die von der Rückseite betriebsmäßig zugänglich sind, soll die Polarität oder Phase von Leitungsschienen und dergleichen kenntlich gemacht sein. Die Bedeutung der benutzten Farben und Zeichen soll bekanntgegeben werden.

## **E. Apparate.**

### § 10.

#### Allgemeines.

a) Die äußeren spannungsführenden Teile und, soweit sie betriebsmäßig zugänglich sind, auch die inneren müssen auf feuer-, wärme- und feuchtigkeitsicheren Körpern angebracht sein.

Abdeckungen und Schutzverkleidungen müssen mechanisch widerstandsfähig und wärmesicher sein, sowie zuverlässig befestigt werden. Solche aus Isolierstoff, die im Gebrauch mit einem Lichtbogen in Berührung kommen können, müssen auch feuersicher sein (Ausnahme siehe § 15 b).

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

c) Die Apparate müssen so gebaut oder angebracht sein, daß einer Verletzung von Personen durch Splitter, Funken, geschmolzenes Material oder Stromübergänge bei ordnungsmäßigem Gebrauch vorgebeugt wird (siehe auch § 3).

d) Die Apparate müssen so gebaut und angebracht sein, daß für die anzuschließenden Drähte (auch an den Ein-  
führungstellen) eine genügende Isolation gegen benachbarte Gebäudeteile, Leitungen und dergleichen erzielt wird.

1. Bei dem Bau der Apparate soll bereits darauf geachtet werden, daß die unter Spannung gegen Erde stehenden Teile der zufälligen Berührung entzogen werden können (Ausnahme siehe § 15 b).

2. Griffe, Handräder u. dgl. können aus Isolierstoff oder Metall bestehen. Bei Spannungen bis 1000 V sind metallene Griffe, Handräder u. dgl., die mit einer haltbaren Isolierschicht vollständig überzogen sind, auch ohne Erdung zulässig.

*Bei Spannungen über 1000 V sollen isolierende Griffe (entweder ganz aus Isolierstoff oder nur damit überzogen) so eingerichtet sein, daß sich zwischen der bedienenden Person und den spannungsführenden Teilen eine geerdete Stelle befindet. Ganz aus Isolierstoff bestehende Schaltstangen sind von dieser Bestimmung ausgenommen.*

e) Ortsfeste Apparate müssen für Anschluß der Leitungsdrähte durch Verschraubung oder gleichwertige Mittel eingerichtet sein (siehe auch § 21 <sup>13</sup>).

f) Metallteile, für die eine Erdung in Frage kommen kann, müssen mit einem Erdungsanschluß versehen sein.

g) Alle Schrauben, die Kontakte vermitteln, müssen metallenes Muttergewinde haben.

h) Bei ortsveränderlichen oder beweglichen Apparaten müssen die Anschluß- und Verbindungsstellen von Zug entlastet sein.

i) Der Verwendungsbereich (Stromstärke, Spannung, Stromart usw.) muß, soweit es für die Benutzung notwendig ist, auf den Apparaten angegeben sein.

k) Alle Apparate müssen am Hauptteil ein Ursprungszeichen tragen.

## § 11.

### Schalter.

(Die \*Vorschriften c, f, g und h gelten nicht für Fahrzeuge.)

a) Alle Schalter, die zur Stromunterbrechung dienen, müssen so gebaut und angebracht sein, daß beim ordnungs-

mäßigen Öffnen unter normalem Betriebsstrom kein Lichtbogen bestehen bleibt (Ausnahme siehe § 28 d).

Schalterabdeckungen mit offenen Betätigungsschlitten sind nur in elektrischen Betriebsräumen zulässig.

1. Schalter für Niederspannung bis 5 kW sollen in der Regel Momentschalter sein.

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

b) Nennstromstärke und Nennspannung sind auf dem Hauptteil des Schalters zu vermerken.

\*c) Der Berührung zugängliche Gehäuse und Griffe müssen, wenn sie nicht geerdet sind, aus nichtleitendem Baustoff bestehen oder mit einer haltbaren Isolierschicht ausgekleidet oder umkleidet sein.

d) Griffdorne für Hebelschalter, Achsen von Dosen- und Drehschaltern und diesen gleichwertige Betätigungsteile dürfen nicht spannungsführend sein.

Griffe für Hebelschalter müssen so stark und mit dem Schalter so zuverlässig verbunden sein, daß sie den auftretenden mechanischen Beanspruchungen dauernd standhalten und sich bei Betätigung des Schalters nicht lockern.

e) Ausschalter für Stromverbraucher müssen, wenn sie geöffnet werden, alle Pole ihres Stromkreises, die unter Spannung gegen Erde stehen, abschalten. Ausschalter für Niederspannung, die kleinere Glühlampengruppen bedienen, unterliegen dieser Vorschrift nicht.

Trennschalter sind so anzubringen, daß sie nicht durch das Gewicht der Schaltmesser von selbst einschalten können.

\*f) *An Hochspannungsschaltern muß die Schaltstellung erkennbar sein.*

*Kriechströme über die Isolatoren müssen bei Spannungen über 1500 V durch eine geerdete Stelle abgeleitet werden.*

*Hochspannungsölschalter in großen Schaltanlagen sind so einzubauen, daß zwischen ihnen und der Stelle, von der aus sie bedient werden, eine Schutzwand besteht.*

*3. Als große Schaltanlagen gelten solche, deren Sammelschienen mehr als 10000 kW abgeben. Die Schutzwand soll die Bedienenden gegen Flammen und brennendes Öl schützen.*

\*g) *Vor gekapselten Hochspannungsschaltern, die nicht ausschließlich als Trennschalter dienen, müssen bei Spannungen über 1500 V erkennbare Trennstellen vorgesehen sein.*

\*h) Nulleiter und betriebsmäßig geerdete Leitungen dürfen entweder gar nicht oder nur zwangsläufig zusammen mit den übrigen zugehörenden Leitern abtrennbar sein.



## § 12.

## Anlasser und Widerstände.

a) Anlasser und Widerstände, an denen Stromunterbrechungen vorkommen, müssen so gebaut sein, daß bei ordnungsmäßiger Bedienung kein Lichtbogen bestehen bleibt (vgl. „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten [R.E.A./1925]“, § 47 a).

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

1. In eingekapselten Steuerschaltern ist bis 1000 V Holz, das durch geeignete Behandlung feuchtigkeitsicher und wärme-sicher gemacht ist, auch außerhalb eines Ölbadcs zulässig, abgesehen von Räumen mit ätzenden Dünsten.

2. Die stromführenden Teile von Anlassern und Widerständen sollen mit einer Schutzverkleidung aus feuersicherem Stoff versehen sein (Ausnahme siehe § 28 l). Diese Apparate sollen auf feuersicherer Unterlage, und zwar freistehend oder an feuersicheren Wänden und von entzündlichen Stoffen genügend entfernt, angebracht werden.

c) Bei Apparaten mit Handbetrieb darf die Achse der Betätigungsvorrichtung nicht spannungsführend sein.

d) Kontaktbahn und Anschlußstellen müssen mit einer widerstandsfähigen, zuverlässig befestigten und abnehmbaren Abdeckung versehen sein; sie darf keine Öffnung enthalten, die eine unmittelbare Berührung spannungsführender Teile zuläßt (Ausnahmen siehe §§ 28 und 29).

## § 13.

## Steckvorrichtungen

(mit Ausnahme der in Fahrzeugen verwendeten).

a) Nennstromstärke und Nennspannung müssen auf Dose und Stecker verzeichnet sein.

Stecker dürfen nicht in Dosen für höhere Nennstromstärke und Nennspannung passen.

An den Steckvorrichtungen müssen die Anschlußstellen oder ortsveränderlichen oder beweglichen Leitungen von Zug entlastet sein.

Die Kontakte in Steckdosen müssen der unmittelbaren Berührung entzogen sein.

b) Soweit nach § 14 Sicherungen an der Steckvorrichtung erforderlich sind, dürfen sie nicht im Stecker angebracht werden.

1. Wenn an ortsveränderlichen Stromverbrauchern eine Steckvorrichtung angebracht wird, so soll die Dose mit der Leitung und der Stecker mit dem Stromverbraucher verbunden sein.

c) Der Berührung zugängliche Teile der Dosen und Steckerkörper müssen, wenn sie nicht für Erdung eingerichtet sind, aus Isolierstoff bestehen.

Erdverbindungen der Stecker müssen hergestellt sein, bevor sich die Polkontakte berühren.

*d) Bei Hochspannung müssen Steckvorrichtungen so gebaut sein, daß das Einstecken und Ausziehen des Steckers unter Spannung verhindert wird.*

*Bei Zwischenkupplungen ortsveränderlicher Leitungen genügt es, wenn ihre Betätigung durch Unberufene verhindert ist.*

#### § 14.

#### Stromsicherungen (Schmelzsicherungen und Selbstschalter).

a) Die Stärke der Stromsicherung muß der Betriebsstromstärke der zu schützenden Leitungen und der Stromverbraucher angepaßt werden. Sie darf jedoch nicht größer sein, als nach § 20 zulässig ist.

Geflickte Sicherungstöpsel sind verboten.

1. Bei Schmelzsicherungen sollen weiche, plastische Metalle und Legierungen nicht unmittelbar den Kontakt vermitteln, sondern die Schmelzdrähte oder Schmelzstreifen sollen mit Kontaktstücken aus Kupfer oder gleichgeeignetem Metall zuverlässig verbunden sein.

2. Schmelzsicherungen, die nicht spannungslos gemacht werden können, sollen so gebaut oder angeordnet sein, daß sie auch unter Spannung, gegebenenfalls mit geeigneten Hilfsmitteln, von unterwiesenem Personal ungefährlich ausgewechselt werden können.

b) Schmelzsicherungen für niedrigere Stromstärken müssen in Anlagen mit Betriebsspannungen bis 500 V so beschaffen sein, daß die fahrlässige oder irrtümliche Verwendung von Einsätzen für zu hohe Stromstärken durch ihre Bauart ausgeschlossen ist (Ausnahme siehe § 28 h). Für niedrigere Stromstärken dürfen nur Sicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz verwendet werden.

3. Als niedrigere Stromstärken gelten hier solche bis 60 A, doch soll für Stromstärken unter 6 A die Unverwechselbarkeit der Sicherungen nicht gefordert werden.

c) Nennstromstärke und Nennspannung sind sichtbar und haltbar auf dem Hauptteil der Sicherung sowie auf dem Schmelzeinsatz zu verzeichnen.

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

4. Bei Niederspannung sollen die Sicherungen an einer den Berufenen leicht zugänglichen Stelle angebracht werden; es empfiehlt sich, solche tunlichst auf besonderer gemeinsamer Unterlage zusammenzubauen.

e) Sicherungen sind an allen Stellen anzubringen, wo sich der Querschnitt der Leitungen nach der Verbrauchsstelle hin vermindert, jedoch sind da, wo davorliegende Sicherungen auch den schwächeren Querschnitt schützen, weitere Sicherungen nicht erforderlich.

Dieses gilt nicht für Bahnspiseleitungen und Fahrzeuge (siehe §§ 34 und 36).

Sicherungen müssen stets nahe an der Stelle liegen, wo das zu schützende Leitungstück beginnt. Dieses ist bei Schraubstöpselsicherungen stets mit den Gewindeteilen zu verbinden.

5. Bei Abzweigungen kann das Anschlußleitungstück von der Hauptleitung zur Sicherung, wenn seine einfache Länge nicht mehr als etwa 1 m beträgt, von geringerem Querschnitt sein als die Hauptleitung, wenn es von entzündlichen Gegenständen feuersicher getrennt und nicht als Mehrfachleitung hergestellt ist.

f) Betriebsmäßig geerdete Leitungen dürfen im allgemeinen keine Sicherung enthalten.

g) Die Vorschriften über das Anbringen von Sicherungen beziehen sich nicht auf Freileitungen, Leitungen an Schaltanlagen, ferner in elektrischen Betriebsräumen nicht auf die Verbindungsleitungen zwischen Maschinen, Transformatoren, Akkumulatoren, Schaltanlagen und dergleichen, sowie auch nicht auf alle Fälle, in denen durch das Wirken einer etwa angebrachten Sicherung Gefahren im Betriebe der betreffenden Einrichtungen hervorgerufen werden könnten (siehe auch § 20<sup>2</sup>).

6. Abzweigungen von Freileitungen nach Verbrauchstellen (Hausanschlüsse) sollen, wenn nicht schon an der Abzweigstelle Sicherungen angebracht sind, nach Eintritt in das Gebäude in der Nähe der Einführung gesichert werden.

## § 15.

### Andere Apparate.

*a) Bei ortsfesten Meßgeräten für Hochspannung müssen die Gehäuse entweder gegen die Betriebsspannung sicher isolieren oder sie müssen geerdet sein oder es müssen die Meßgeräte von Schutzkasten umgeben oder hinter Glasplatten derart angebracht sein, daß auch ihre Gehäuse gegen zufällige Berührung geschützt sind. Die an Meßwandler angeschlossenen Meßgeräte unterliegen dieser Vor-*

*schrift nicht, wenn ihr Sekundärstromkreis gegen den Übertritt von Hochspannung gemäß § 4 geschützt ist.*

b) Bei ortsveränderlichen Meßgeräten (auch Meßwandler) kann von den Forderungen der §§ 10 a, 10<sup>1</sup>, 10<sup>2</sup> und 10 f abgesehen werden.

c) Handapparate mit einer Aufnahme bis einschließlich 0,3 kW sind für Betriebsspannungen von mehr als 250 V nicht zulässig. Elektrisch betriebene Werkzeuge müssen den Regeln für die Prüfung und Bewertung derartiger Maschinen entsprechen.

1. Handapparate sollen besonders sorgfältig ausgeführt und ihre Isolierung soll derart bemessen sein, daß auch bei rauher Behandlung Stromübergänge vermieden werden. Die Bedienungsgriffe der Handapparate, mit Ausnahme der von Betriebswerkzeugen, sollen möglichst nicht aus Metall bestehen und im übrigen so gestaltet werden, daß eine Berührung benachbarter Metallteile erschwert ist.

## F. Lampen und Zubehör.

### § 16.

#### Fassungen und Glühlampen.

a) Jede Fassung ist mit der Nennspannung zu bezeichnen.

Bei Fassungen verwendete Isolierstoffe müssen wärme-, feuer- und feuchtigkeitsicher sein.

Die unter Spannung gegen Erde stehenden Teile der Fassungen müssen durch feuersichere Umhüllung, die jedoch nicht unter Spannung gegen Erde stehen darf, vor Berührung geschützt sein.

*In Stromkreisen, die mit mehr als 250 V betrieben werden, müssen die äußeren Teile der Fassungen aus Isolierstoffen bestehen und alle spannungsführenden Teile der Berührung entziehen. Fassungen für Edison-Lampensockel 14 (Mignonsockel) sind in solchen Stromkreisen nicht zulässig.*

*b) Schaltfassungen sind für alle Spannungen über 250 V unzulässig.*

Schaltfassungen müssen im Inneren so gebaut sein, daß eine Berührung zwischen den beweglichen Teilen des Schalters und den Zuleitungsdrähten ausgeschlossen ist. Handhaben zur Bedienung der Schaltfassungen dürfen nicht aus Metall bestehen. Die Schaltachse muß von den spannungsführenden Teilen und von dem Metallgehäuse isoliert sein.

c) Die unter Spannung gegen Erde stehenden Teile der Lampen müssen der zufälligen Berührung entzogen sein. Dieser Schutz gegen zufälliges Berühren muß auch während des Einschraubens der Lampen wirksam sein.

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

*e) In Hochspannungstromkreisen sind zugängliche Glühlampen und Fassungen nur für Gleichstrom und nur für Betriebsspannungen bis 1000 V gestattet.*

## § 17.

### Bogenlampen.

a) An Örtlichkeiten, wo von Bogenlampen herabfallende glühende Kohleteilchen gefahrbringend wirken können, muß dieses durch geeignete Vorrichtungen verhindert werden. Bei Bogenlampen mit verminderter Luftzufuhr oder bei solchen mit doppelter Glocke sind keine besonderen Vorrichtungen hierfür erforderlich.

b) Bei Bogenlampen sind die Laternen (Gehänge, Armaturen) gegen die spannungführenden Teile zu isolieren und bei Verwendung von Trageilen auch diese gegen die Laternen.

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 Bedacht zu nehmen, daß sich in ihnen kein Wasser ansammeln kann.

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

*Bei Hochspannung dürfen die Zuleitungen nicht als Aufhängevorrichtung dienen.*

*d) Bei Hochspannung muß die Lampe entweder gegen das Aufzugseil 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 V müssen beide Vorschriften gleichzeitig befolgt werden.*

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

## § 18.

### Beleuchtungskörper, Schnurpendel und Handleuchter.

a) In und an Beleuchtungskörpern müssen die Leitungen mit einer Isolierhülle gemäß § 19 versehen sein. Fassungsadern dürfen nicht als Zuleitung zu ortsveränderlichen Beleuchtungskörpern verwendet werden.

Wird die Leitung an der Außenseite des Beleuchtungs-

körpers geführt, so muß sie so befestigt sein, daß sie sich nicht verschieben und durch scharfe Kanten nicht verletzt werden kann. *Bei Hochspannung dürfen die Leitungen von zugänglichen Beleuchtungskörpern nur geschützt geführt werden.*

1. Die zur Aufnahme von Drähten bestimmten Hohlräume von Beleuchtungskörpern sollen so 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.

2. Bei Niederspannung sollen Abzweigstellen in Beleuchtungskörpern tunlichst zusammengefaßt werden.

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

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.

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

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

*d) Bei Hochspannung sind Schnurpendel unzulässig.*

e) Körper und Griff der Handlampen (Handleuchter) müssen aus feuer-, wärme- und feuchtigkeitsicherem Isolierstoff von großer Schlag- und Bruchfestigkeit bestehen. Die spannungführenden Teile müssen auch während des Einsetzens der Lampe, mithin auch ohne Schutzglas, durch ausreichend mechanisch widerstandsfähige und sicher befestigte Verkleidungen gegen zufällige Berührung geschützt sein.

Sie müssen Einrichtungen besitzen, mit deren Hilfe die Anschlußstellen der Leitungen von Zug entlastet und deren Umhüllungen gegen Abstreifen gesichert werden können. Die Einführungsöffnung muß die Verwendung von Werkstoffschnüren und Gummischlauchleitungen (siehe § 19 III) gestatten und mit Einrichtungen zum Schutze der Leitungen gegen Verletzung versehen sein.

Metallene Griffauskleidungen sind verboten.

Jeder Handleuchter muß mit Schutzkorb oder -glas versehen sein. Schutzkorb, Schirm, Aufhängevorrichtung aus Metall oder dergleichen müssen auf dem Isolierkörper befestigt sein. Schalter an Handleuchtern sind nur für Niederspannungsanlagen zulässig; sie müssen den Vorschriften für Dosenschalter entsprechen und so in den Körper oder Griff eingebaut werden, daß sie bei Gebrauch des Leuchters

nicht unmittelbar mechanisch beschädigt werden können. Alle Metallteile des Schalters müssen auch bei Bruch der Handhabungsteile der zufälligen Berührung entzogen bleiben.

Handleuchter für feuchte und durchtränkte Räume sowie solche zur Beleuchtung in Kesseln müssen mit einem sicher befestigten Überglas und Schutzkorb versehen sein und dürfen keine Schalter besitzen. An der Eintrittsstelle müssen die Leitungen durch besondere Mittel gegen das Eindringen von Feuchtigkeit und gegen Verletzung geschützt sein.

f) **Maschinenleuchter ohne Griffe.** Zur ortsveränderlichen Aufhängung an Maschinen und sonstigen Arbeitsgeräten und zum gelegentlichen Ableuchten von Hand müssen Körper, Schirm, Schutzkorb und Schalter den Bestimmungen für Handleuchter entsprechen. Die gleichen Bestimmungen gelten in Bezug auf Berührungsschutz spannungsführender Teile, Bemessung der Einführungsbohrung und hinsichtlich der Einrichtungen für Zugentlastung der Leitungsanschlüsse sowie des Schutzes der Leitungen an der Einführungsstelle.

g) **Ortsveränderliche Werktschleuchter.** Spannungführende Teile der Fassung und der Lampe, und zwar die Teile der letztgenannten, auch während diese eingesetzt wird, müssen durch sicher befestigte, besonders widerstandsfähige Schutzkörper gegen zufällige Berührung geschützt sein.

Zur Entlastung der Kontaktstellen und zum Schutz der Leitungsumhüllung gegen Abstreifen und Beschädigung an der Einführungsstelle sind geeignete Vorrichtungen vorzusehen. Die Einführungsöffnung muß in dauerhafter Weise mit Isolierstoff ausgekleidet sein. Die spannungführenden Teile der Fassung müssen gegen die übrigen Metallteile besonders sicher isoliert sein. Das Gehäuse der Fassung muß aus Isolierstoff bestehen.

Fassungen an Werktschleuchtern, die zum gelegentlichen Ableuchten aus dem Halter entfernt werden, müssen den Bedingungen für Maschinenleuchter entsprechen.

*h) Bei Hochspannung sind Handleuchter nicht zulässig (Ausnahme siehe § 28k).*

## **G. Beschaffenheit und Verlegung der Leitung.**

### **§ 19.**

Beschaffenheit isolierter Leitungen.

a) Isolierte Leitungen müssen den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“ entsprechen.

1. Leitungen, die nur durch eine Umhüllung gegen chemische Einflüsse geschützt sind, sollen den „Normen für umhüllte Leitungen in Starkstromanlagen“ entsprechen. Sie gelten nicht als isolierte Leitungen. Man unterscheidet folgende Arten:

Wetterfeste Leitungen.  
Nulleiterdrähte.  
Nulleiter für Verlegung im Erdboden.

2. Man unterscheidet folgende Arten von isolierten Leitungen:

#### I. Leitungen für feste Verlegung.

Gummiaderleitungen für Spannungen bis 750 V.  
Spezialgummiaderleitungen für alle Spannungen.  
Rohrdrähte für Niederspannungsanlagen zur erkennbaren Verlegung, die es ermöglicht, den Leitungsverlauf ohne Aufreißen der Wände zu verfolgen.  
Panzeradern nur zur festen Verlegung für Spannungen bis 1000 V.

#### II. Leitungen für Beleuchtungskörper.

Fassungsadern zur Installation nur in und an Beleuchtungskörpern in Niederspannungsanlagen.

#### III. Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Stromverbraucher.

Gummiaderschnüre (Zimmerschnüre) für geringe mechanische Beanspruchung in trockenen Wohnräumen in Niederspannungsanlagen.

Leichte Anschlußleitungen für geringe mechanische Beanspruchung in Werkstätten in Niederspannungsanlagen.

Werkstattschnüre für mittlere mechanische Beanspruchung in Werkstätten- und Wirtschaftsräumen in Niederspannungsanlagen.

Gummischlauchleitungen:

Leichte Ausführung zum Anschluß von Tischlampen und leichten Zimmergeräten für geringe mechanische Beanspruchungen in Niederspannungsanlagen.

Mittlere Ausführung zum Anschluß von Küchengeräten usw. für mittlere mechanische Beanspruchungen in Niederspannungsanlagen.

Starke Ausführung für besonders hohe mechanische Anforderungen für Spannungen bis 750 V.

Spezialschnüre, für raue Betriebe in Gewerbe, Industrie und Landwirtschaft in Niederspannungsanlagen.

Hochspannungsschnüre für Spannungen bis 1000 V.

Leitungstrossen, geeignet zur Führung über Leitrollen und Trommeln (ausgenommen Pflugeleitungen).

#### IV. Bleikabel.

Gummi-Bleikabel.

Papier-Bleikabel.

Einleiter-Gleichstrom-Bleikabel bis 750 V.

Verseilte Mehrleiter-Bleikabel.



## § 20.

## Bemessung der Leitungen.

a) Elektrische Leitungen sind so zu bemessen, daß sie bei den vorliegenden Betriebsverhältnissen genügende mechanische Festigkeit haben und keine unzulässigen Erwärmungen annehmen können (vgl. § 2h).

1. Bei Dauerbetrieb dürfen isolierte Leitungen und Schnüre aus Leitungskupfer mit den in nachstehender Tafel, Spalte 2, verzeichneten Stromstärken belastet werden:

1	2	3	4
Dauerbetrieb			Aussetzende Betriebe
Querschnitt in mm <sup>2</sup>	Höchstzulässige Dauerstromstärke in A	Nennstromstärke für entsprechende Abschmelzsicherung in A	Höchstzulässige Vollstromstärke in A
0,5	7,5	6	7,5
0,75	9	6	9
1	11	6	11
1,5	14	10	14
2,5	20	15	20
4	25	20	25
6	31	25	35
10	43	35	60
16	75	60	105
25	100	80	140
35	125	100	175
50	160	125	225
70	200	160	280
95	240	200	335
120	280	225	400
150	325	260	460
185	380	300	530
240	450	350	630
300	540	430	730
400	640	500	900
500	760	600	—
625	880	700	—
800	1050	850	—
1000	1250	1000	—

Blanke Kupferleitungen bis zu 50 mm<sup>2</sup> unterliegen gleichfalls den Regeln der Tafel (Spalte 2 und 3). Auf blanke Kupferleitungen über 50 mm<sup>2</sup>, sowie auf Fahrleitungen, ferner auf isolierte Leitungen jeden Querschnittes für aussetzende Betriebe finden die Bestimmungen der Spalten 2 und 3 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.

Für die Belastung von Kabeln gelten die in den „Vor-

schriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“ auf Kabel bezüglichen Bestimmungen.

2. Bei aussetzendem Betrieb ist die Erhöhung der Belastung der Leitungen von 10 mm<sup>2</sup> aufwärts auf die Werte des Vollaststromes für aussetzenden Betrieb der Spalte 4, die etwa 40% höher als die Werte der Spalte 2 sind, zulässig, falls die relative Einschaltdauer 40% und die Spieldauer 10 min nicht überschreiten. Bedingt die häufige Beschleunigung größerer Massen bei Bemessung des Motors einen Zuschlag zur Beharrungsleistung, so ist dementsprechend auch der Leitungsquerschnitt reichlicher als für den Vollaststrom im Beharrungsstande zu bemessen.

Bei aussetzenden Motorbetrieben darf die Nennstromstärke der Sicherungen höchstens das 1,5-fache der Werte der Spalte 4 betragen.

Der Auslösestrom der Selbstschalter ohne Verzögerung darf bei aussetzenden Motorbetrieben höchstens das 3-fache der Werte von Spalte 4 betragen. Bei Selbstschaltern mit Verzögerung muß die Auslösung bei höchstens 1,6-fachem Vollaststrom beginnen und die Verzögerungsvorrichtung bei dem 1,1-fachen Wert des Vollaststromes zurückgehen.

Diese Regel gilt nicht für Fahr- und Speiseleitungen (siehe § 34 o und Regel 3) sowie nicht für Leitungen in Fahrzeugen (siehe § 36 l und o, Regeln 5 und 7).

3. Bei kurzzeitigem Betrieb gelten die unter 2 genannten Regeln für aussetzenden Betrieb, jedoch sind Belastungen nach Spalte 4 nur zulässig, wenn die Dauer einer Einschaltung 4 min nicht überschreitet, anderenfalls gilt Spalte 2.

Diese Regel gilt nicht für Fahr- und Speiseleitungen (s. § 34 o und Regel 3) sowie nicht für Leitungen in Fahrzeugen (s. § 36 l und o, Regel 5 und 7).

4. Der geringstzulässige Querschnitt für Kupferleitungen beträgt:

für Leitungen an und in Beleuchtungskörpern, nicht aber für Anschlußleitungen an solche (siehe § 18 a)	0,5 mm <sup>2</sup>
für Pendelschnüre, runde Zimmerschnüre und leichte Gummischlauchleitungen . . . . .	0,75 „
für isolierte Leitungen und für umhüllte Leitungen bei Verlegung in Rohr, sowie für ortsveränderliche Leitungen mit Ausnahme der Pendelschnüre usw. 1 . . . . .	„
für isolierte Leitungen in Gebäuden und im Freien, bei denen der Abstand der Befestigungspunkte mehr als 1 m beträgt . . . . .	4 „
für blanke Leitungen bei Verlegung in Rohr . . . . .	1,5 „
für blanke Leitungen in Gebäuden und im Freien (vgl. auch § 3, Regel 4) . . . . .	4 „
für Freileitungen mit Spannweiten bis zu 35 m und Niederspannung . . . . .	6 „
für Freileitungen in allen anderen Fällen . . . . .	10 „

5. Bei Verwendung von Leitern aus Kupfer von geringerer Leitfähigkeit oder anderen Metallen, z. B. auch bei Verwendung der Metallhülle von Leitungen als Rückleitung, sollen die Querschnitte so gewählt werden, daß sowohl Festigkeit wie Erwärmung durch den Strom den im vorigen für Leitungskupfer gegebenen Querschnitten entsprechen.

## § 21.

## Allgemeines über Leitungsverlegung.

a) *Festverlegte Leitungen müssen durch ihre Lage oder durch besondere Verkleidung vor mechanischer Beschädigung geschützt sein; soweit sie unter Spannung gegen Erde stehen, ist im Handbereich stets eine besondere Verkleidung zum Schutze gegen mechanische Beschädigung erforderlich (Ausnahmen siehe §§ 8 c, 28 g und 30 a).*

1. Bei bewehrten Bleikabeln und metallumhüllten Leitungen gilt die Metallhülle als Schutzverkleidung.

Mechanisch widerstandsfähige Rohre (siehe § 26) gelten als Schutzverkleidung.

Panzerader soll gegen chemische und nach den örtlichen Verhältnissen auch gegen mechanische Angriffe geschützt werden.

b) *Bei Hochspannung müssen Schutzverkleidungen aus Metall geerdet, solche aus Isolierstoff feuersicher sein.*

c) Ortsveränderliche Leitungen und bewegliche Leitungen, die von festverlegten abgezweigt sind, bedürfen, wenn sie rauher Behandlung ausgesetzt sind, eines besonderen Schutzes.

2. In Betriebstätten sollen ungeschützte Schnüre nicht verwendet werden. Besteht der Schutz aus Metallbewehrung, so empfiehlt es sich, ihn zu erden.

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

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

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

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, wenn 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 (siehe § 21 2).

5. Bei Verbindungsleitungen zwischen Akkumulatoren, Maschinen und Schalttafeln, ferner bei Zellenschalterleitungen 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 sie durch geeignete Isolierkörper gewährleistet sind, die nicht mehr als 1 m voneinander entfernt sind.

6. Bei blanken Hochspannungsleitungen sollen als Abstände der Leitungen gegen andere Leitungen, gegen die Wand, Gebäudeteile und gegen die eigenen Schutzverkleidungen folgende Maße eingehalten werden:

Betriebsspannung in V	Mindestabstand in cm
bis 750	4
„ 3000	10
„ 5000	—
„ 6000	10
„ 10000	12,5
„ 15000	—
„ 25000	18
„ 35000	24
„ 50000	35
„ 60000	47
„ 100000	—

7. Hochspannungsleitungen sind längs der Außenseite von Gebäuden möglichst zu vermeiden. Ist dieses nicht möglich, so sollen die gleichen Abstände wie in Regel 6 eingehalten werden, jedoch bei einem Mindestabstand von 10 cm. Hierbei sind etwaige Schwingungen der gespannten Leitungen zu berücksichtigen (siehe auch § 22b). Ausgenommen hiervon sind bewehrte Kabel.

g) Isolierte Leitungen ohne metallene Schutzhülle dürfen entweder offen auf geeigneten Isolierkörpern oder in Rohren verlegt werden. Dieses gilt nicht für Fahrzeuge. Die feste Verlegung von Mehrfachleitungen ist unzulässig.

8. Leitungen sollen in der Regel so verlegt werden, daß sie ausgewechselt werden können (siehe § 26<sup>4</sup>). Rohrdrähte sollen nicht eingemauert oder eingeputzt werden.

9. Isolierte offen verlegte Leitungen sollen bei Niederspannung im Freien mindestens 2 cm, in Gebäuden mindestens 1 cm von der Wand entfernt gehalten werden.

10. Isolierte Leitungen mit metallener Schutzhülle (Rohrdrähte, Panzerader usw.) können im Freien an maschinellen Aufbauten und Apparaten, die ständiger Überwachung unterstehen (wie Krane, Schiebepöhlen usw.) unmittelbar auf Wänden, Maschinenteilen u. dgl. mit Schellen befestigt werden.

Gegen chemische und atmosphärische Angriffe soll die Schutzhülle gesichert sein.

11. Bei Einrichtungen, an denen ein Zusammenlegen von Leitungen in größerer Zahl unvermeidlich ist (z. B. Regelvorrichtungen, Schaltanlagen), dürfen isolierte Leitungen so verlegt werden, daß sie sich berühren, wenn eine Lagenveränderung ausgeschlossen ist.

12. Bei Hochspannung über 1000 V sollen auf Glocken, Rollen usw. verlegte isolierte Leitungen mit den für blanke Leitungen geforderten Mindestabständen verlegt werden, wenn ihre Isolierhülle nicht gegen Verwitterung geschützt ist. Bei Spannungen unter 1000 V gelten 2 cm als ausreichender Abstand.

h) Bei Leitungen oder Kabeln für Ein- und Mehrphasen-

strom, die eisenumhüllt oder durch Eisenrohre geschützt sind, müssen sämtliche zu einem Stromkreis gehörende Leitungen in der gleichen Eisenhülle enthalten sein, wenn bei Einzelverlegung eine bedenkliche Erwärmung der Eisenhüllen zu befürchten ist (siehe § 26 c).

i) Die Verbindung von Leitungen untereinander sowie die Abzweigung von Leitungen dürfen nur durch Lötung, Verschraubung oder gleichwertige Mittel bewirkt werden.

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

Schnüre oder Drahtseile bis zu  $6 \text{ mm}^2$  und Einzeldrähte bis zu  $16 \text{ mm}^2$  Kupferquerschnitt können mit angebogenen Ösen an den Apparaten befestigt werden. Drahtseile über  $6 \text{ mm}^2$  sowie Drähte über  $16 \text{ mm}^2$  Kupferquerschnitt sollen mit Kabelschuhen oder gleichwertigen Verbindungsmitteln versehen sein. Bei Schnüren und Drahtseilen jeder Art sollen die einzelnen Drähte jedes Leiters, wenn sie nicht Kabelschuhe oder gleichwertige Verbindungsmittel erhalten, an den Enden miteinander verlötet sein.

14. Verbindungen von Schnüren untereinander oder zwischen Schnüren und anderen Leitungen sollen nicht durch Verlötung, sondern durch Verschraubung auf isolierender Unterlage oder durch gleichwertige Vorrichtungen hergestellt sein. An und in Beleuchtungskörpern sind bei Niederspannung auch für Schnüre Lötungen zulässig.

k) Bei Verbindungen oder Abzweigungen von isolierten Leitungen ist die Verbindungsstelle in einer der übrigen Isolierung möglichst gleichwertigen Weise zu isolieren. Wo die Metallbewehrungen und metallenen Schutzverkleidungen geerdet werden müssen, sind sie an den Verbindungsstellen gut leitend zu verbinden.

l) Ortsveränderliche Leitungen dürfen an festverlegte nur mit lösbaren Verbindungen angeschlossen werden.

m) Jede ortsveränderliche Leitung muß ihren eigenen Stecker erhalten.

n) Jede ortsveränderliche Leitung muß an den Anschlußstellen ihrer beiden Enden von Zug entlastet und in ihrer Umhüllung sicher gefaßt sein.

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

p) Maßnahmen sind zu treffen, um die Gefährdung von Fernmeldeleitungen durch Starkstromleitungen zu verhindern.

15. Bezüglich der Sicherung vorhandener Fernsprech- und Telegraphenleitungen wird auf das Gesetz über das Telegraphenwesen des Deutschen Reiches vom 6. April 1892 und auf das Telegraphenwegesgesetz vom 18. Dezember 1899 verwiesen.

## § 22.

## Freileitungen.

a) Ungeerdete Freileitungen dürfen nur auf Porzellan-glocken oder gleichwertigen Isoliervorrichtungen verlegt werden.

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; wenn diese Stätten selbst nur durch besondere Hilfsmittel zugänglich sind, genügt es, bei Niederspannung die Leitungstrecken mit wetterfester Umhüllung auszuführen oder besondere Schutzwehren mit Warnungsschild anzuordnen. Bei Wegübergängen müssen die Leitungen einen angemessenen Abstand vom Erdboden oder einen geeigneten Schutz gegen Berührung erhalten.

1. Es empfiehlt sich solche Strecken von Freileitungen, die unter Umständen der Gefahr einer Berührung ausgesetzt sind, neben der Anwendung der gemäß b) verlangten Maßnahmen abschaltbar zu machen.

2. Als wetterfest imprägnierte Leitung gilt die in den „Normen für umhüllte Leitungen in Starkstromanlagen“ festgelegte Ausführung.

3. *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.*

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

d) Leitungen, Schutznetze und ihre Träger müssen genügend widerstandsfähig (auch gegen Winddruck und Schneelast) sein.

Die Ausführung und Bemessung von Freileitungen muß nach den „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen“ erfolgen.

4. Freileitungen können mit größeren Stromstärken belastet werden, als der Tafel in § 20<sup>1</sup> entspricht, wenn dadurch ihre Festigkeit nicht merklich leidet.

e) *Bei Freileitungen für Hochspannung müssen blanke Leitungen verwendet werden, wo ätzende Dünste zu befürchten sind, ist ein schützender Anstrich gestattet.*

f) *Bei Freileitungen für Hochspannung müssen Eisenmaste und Eisenbetonmaste mit Stützenisolatoren geerdet werden.*

*Werden dagegen Hängeisolatorenketten mit mehreren Gliedern verwendet, so wird unter der Voraussetzung die Erdung der Maste nicht gefordert, daß durch erhöhte Gliederzahl ein der nachstehenden Zahlentafel entsprechender Sicherheitsgrad gewährleistet*

ist und Vorkehrungen getroffen sind, die das Auftreten von Dauererdschlüssen an den Masten unmöglich oder unwahrscheinlich machen, z. B. umgekehrte Tannenform, selbsttätige Erdschlußabschaltung u. dgl.

Zahlentafel.

Verkettete Betriebsspannung in kV	Mindestüberschlagspannung der Kette unter Regen (nach den Leitsätzen für die Prüfung von Hängetisolatoren) in kV
50	130
60	150
80	190
100	230

Ferner müssen bei der Führung der Leitungen, an Wänden und solchen Holzmasten, die sich an verkehrsreichen Stellen befinden, Isolatorstützen und Träger geerdet werden.

g) In die Betätigungsgestänge von Schaltern an Holzmasten sind Isolatoren einzuschalten, wenn eine zuverlässige Erdung des Schalters nicht gewährleistet werden kann. In diesem Falle ist nicht das Gestell selbst, sondern das Betätigungsgestänge unterhalb der Isolatoren zu erden.

Ankerdrähte an Holzmasten sind, wenn irgend zugänglich, zu vermeiden. Kann von ihrer Verwendung nicht abgesehen werden, so sollen sie nicht unmittelbar am Eisen der Traversen oder Stützen, sondern am Holz in möglichst großer Entfernung von den Eisen teilen angreifen. Sie sind außerdem über Reichhöhe mit Abspannisolatoren für die volle Betriebspannung zu versehen und unterhalb dieser Isolatoren zu erden.

h) Bei parallel verlaufenden oder sich kreuzenden Freileitungen, die an getrenntem oder gemeinsamem Gestänge geführt sind, sind die Drähte so zu führen oder es sind Vorkehrungen zu treffen, daß eine Berührung der beiden Arten von Leitungen miteinander verhütet oder ungefährlich gemacht wird (siehe auch § 4a).

i) Fernmelde-Freileitungen, 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 Berührung zwischen den beiderseitigen Leitungen eine Gefahr für die Sprechenden ausgeschlossen ist.

5. Fernmelde-Freileitungen sollen entweder auf besonderem Gestänge oder bei gemeinsamem Gestänge in angemessenem Abstand unterhalb der Starkstromleitungen verlegt werden.

k) Wenn eine Hochspannungsleitung über Ortschaften, bewohnte Grundstücke und gewerbliche Anlagen geführt wird, oder wenn sie sich einem verkehrsreichen Fahrweg so weit nähert, daß die

*Vorübergehenden durch Drahtbrüche gefährdet werden können, so müssen Vorrichtungen angebracht werden, die das Herabfallen der Leitungen verhindern oder herabgefallene Teile selbst spannungslos machen, oder es müssen innerhalb der fraglichen Strecke alle Teile der Leitungsanlage mit entsprechend erhöhter Sicherheit ausgeführt werden.*

*6. Schutznetze für Hochspannungsleitungen sind möglichst zu vermeiden. Ist dieses nicht möglich, so sollen sie so gestaltet oder angebracht sein, daß sie auch bei starkem Winde mit den Hochspannungsleitungen nicht in Berührung kommen können und einen gebrochenen Draht mit Sicherheit abfangen.*

*Sie sollen, wenn sie nicht geerdet werden können, der höchsten vorkommenden Spannung entsprechend isoliert sein.*

*1) Hochspannung-Freileitungen zur Versorgung ausgedehnter gewerblicher Anlagen, größerer Anstalten, Gehöfte u. dgl. müssen während des Betriebes streckenweise spannungslos gemacht werden können.*

*7. Dieses soll auch bei Ortschaften den örtlichen Verhältnissen entsprechend beachtet werden.*

### § 23.

#### Installationen im Freien.

a) Im Freien verlegte Leitungen müssen abschaltbar sein.

b) Im Freien ist die feste Verlegung von ungeschützten Mehrfachleitungen unzulässig (vgl. § 21 g).

*c) Träger und Schutzverkleidungen von Hochspannungsleitungen im Freien, die mehr als 750 V gegen Erde führen, müssen durch einen roten Blitzpfeil sichtbar gekennzeichnet sein.*

1. Bei im Freien offen verlegten Leitungen ist der Schutz gegen Berührung besonders zu beachten.

2. Ungeschützte Niederspannungsleitungen im Freien sollen so verlegt werden, daß sie ohne besondere Hilfsmittel nicht berührt werden können, sie sollen jedoch mindestens 2½ m vom Erdboden entfernt sein.

3. Ungeschützte Hochspannungsleitungen im Freien sollen in der Regel mit ihrem tiefsten Punkt mindestens 6 m von der Erde entfernt sein.

4. Wenn bei Fahrleitungen (ausgenommen solche für Straßenbahnen und Industriebahnen über Tage) die in Regel 2 und 3 genannten Maße nicht eingehalten werden können oder diese Leitungen lose auf Stützpunkten ruhen müssen, so sollen den Betriebsverhältnissen entsprechend Vorsichtsmaßregeln getroffen werden.

5. Apparate sollen tunlichst nicht im Freien untergebracht werden; läßt sich dieses nicht vermeiden, so soll für besonders gute Isolierung, zuverlässigen Schutz gegen Berührung und gegen schädliche Witterungseinflüsse Sorge getragen werden.

### § 24.

#### Leitungen in Gebäuden.

a) Innerhalb von Gebäuden müssen alle unter Spannung gegen Erde stehenden Leitungen mit einer Isolierhülle im Sinne des § 19 versehen sein.



Nur in Räumen, in denen erfahrungsgemäß die Isolierhülle durch chemische Einflüsse rascher Zerstörung ausgesetzt ist, ferner für Kontakteleitungen u. dgl. dürfen blankespannungsführende Leitungen Verwendung finden, wenn sie vor Berührung hinreichend geschützt sind.

*b) Bei Hochspannung sind ungeerdete blanke Leitungen außerhalb elektrischer Betriebs- und Akkumulatorenräume nur als Kontakteleitungen gestattet. Sie müssen an geeigneter Stelle mit Schalter allpolig abschaltbar sein. Für Fahrleitungen (ausgenommen solche für Straßenbahnen und Industriebahnen über Tage) gilt § 23<sup>4</sup>.*

c) Bei Abzweigstellen muß den auftretenden Zugkräften durch geeignete Anordnungen Rechnung getragen werden.

d) Durch Wände, Decken und Fußböden sind die Leitungen so zu führen, daß sie gegen Feuchtigkeit, mechanische und chemische Beschädigung sowie Oberflächenleitung ausreichend geschützt sind.

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.

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.

Über Fußböden sollen die Rohre mindestens 10 cm vorstehen; sie sollen gegen mechanische Beschädigung sorgfältig geschützt sein. *Bei Hochspannung sollen die Rohre außerdem an Decken und Wandflächen mindestens 5 cm vorstehen.*

## § 25.

### Isolier- und Befestigungskörper.

a) Holzleisten sind unzulässig.

b) Krampen sind nur zur Befestigung von betriebsmäßig geerdeten Leitungen zulässig, wenn dafür gesorgt ist, daß der Leiter weder mechanisch noch chemisch durch die Art der Befestigung beschädigt wird.

c) Isolierlocken müssen so angebracht werden, daß sich in ihnen kein Wasser ansammeln kann.

d) Isolierkörper müssen so angebracht werden, daß sie die Leitungen in angemessenem Abstand voneinander, von Gebäudeteilen, Eisenkonstruktionen u. dgl. entfernt halten.

1. Bei Führung von Leitungen auf gewöhnlichen Rollen längs der Wand soll auf höchstens 1 m eine Befestigungsstelle kommen. Bei Führung an der Decke können den örtlichen Verhältnissen entsprechend ausnahmsweise größere Abstände gewählt werden.

2. Mehrfachleitungen sollen nicht so befestigt werden, daß ihre Einzelleiter aufeinandergepreßt sind.

### § 26.

#### Rohre.

a) Rohre und Zubehörteile (Dosen, Muffen, Winkelstücke usw.) aus Papier müssen imprägniert sein und einen Metallüberzug haben.

1. Dosen sollen entweder feste Stützen oder hinreichende Wandstärke zur Aufnahme der Rohre haben.

2. Rohrröhnlische Winkel-, T-, Kreuzstücke u. dgl. sollen als Teile des Rohrsystems in gleicher Weise ausgekleidet sein wie die Rohre selbst, scharfe Kanten im Inneren sind auf alle Fälle zu vermeiden.

*b) Rohre aus Metall oder mit Metallüberzug müssen bei Hochspannung in solcher Stärke verwendet werden, daß sie auch den zu erwartenden mechanischen und chemischen Angriffen widerstehen.*

*Bei Hochspannung sind die Stoßstellen metallener Rohre metallisch zu verbinden und die Rohre zu erden.*

c) In ein und dasselbe Rohr dürfen nur Leitungen verlegt werden, die zu dem gleichen Stromkreise gehören (siehe §§ 21 h und 28 i).

d) Drahtverbindungen und Abzweigungen innerhalb der Rohrsysteme sind nur in Dosen, Abzweigkasten, T- und Kreuzstücken und nur durch Verschraubung auf isolierender Unterlage zulässig.

3. Rohre sollen so verlegt werden, daß sich in ihnen kein Wasser ansammeln kann.

4. Bei Rohrverlegung sollen im allgemeinen die lichte Weite, sowie die Anzahl und der Halbmesser der Krümmungen so gewählt sein, daß man die Drähte einziehen und entfernen kann. Von der Auswechselbarkeit der Leitungen kann abgesehen werden, wenn die Rohre offen verlegt und jederzeit zugänglich sind. Die Rohre sollen an den freien Enden mit entsprechenden Armaturen, z. B. Tüllen, versehen sein, so daß die Isolierung der Leitungen durch vorstehende Teile und scharfe Kanten nicht verletzt werden kann.

5. Unter Putz verlegte Rohre, die für mehr als einen Draht bestimmt sind, sollen mindestens 11 mm lichte Weite haben.

### § 27.

#### Kabel.

a) Blanke und asphaltierte Bleikabel dürfen nur so verlegt werden, daß sie gegen mechanische und chemische Beschädigungen geschützt sind.

1. Bleikabel jeder Art, mit Ausnahme von Gummi-Bleikabeln bis 750 V, dürfen nur mit Endverschlüssen, Muffen oder gleichwertigen Vorkehrungen, die das Eindringen von Feuchtig-

keit verhindern und gleichzeitig einen guten elektrischen Anschluß gestatten, verwendet werden.

b) Es ist darauf zu achten, daß an den Befestigungsstellen der Bleimantel nicht eingedrückt oder verletzt wird; Rohrhaken sind unzulässig.

Bei freiliegenden Kabeln ist eine brennbare Umhüllung verboten.

c) Prüfdrähte sind wie die zugehörenden Kabeladern zu behandeln.

*Bei Hochspannung sind sie so anzuschließen, daß sie nur zur Kontrolle der zugehörenden Kabeladern dienen.*

## H. Behandlung verschiedener Räume.

Für die in den §§ 28—32 behandelten Räume treten die allgemeinen Vorschriften insoweit außer Kraft, als folgende Sonderbestimmungen Abweichungen enthalten.

### § 28.

#### Elektrische Betriebsräume.

a) Entgegen § 3a kann in Niederspannungsanlagen von dem Schutz gegen zufällige Berührung blanker, unter Spannung gegen Erde stehender Teile insoweit abgesehen werden, als dieser Schutz nach den örtlichen Verhältnissen entbehrlich oder der Bedienung und Beaufsichtigung hinderlich ist.

*b) Entgegen § 3b kann bei Hochspannung die Schutzvorrichtung insoweit auf einen Schutz gegen zufällige Berührung beschränkt werden, als ein erhöhter Schutz nach den örtlichen Verhältnissen entbehrlich oder der Bedienung und Beaufsichtigung hinderlich ist.*

*c) Bei Hochspannung sind auch solche blanke Leitungen gestattet, die nicht Kontakteitungen sind (siehe § 24b). Sie müssen jedoch nach § 3b der Berührung entzogen sein.*

d) Schalter, mit Ausnahme von Ölschaltern, brauchen der Bestimmung in § 11a, Absatz 1 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.

e) Entgegen § 11h können Nulleiter und betriebsmäßig geerdete Leitungen auch einzeln abtrennbar gemacht werden.

f) Entgegen § 12b sind auch bei nicht allpolig abschaltbaren Anlassern besondere Ausschalter nicht notwendig.

1. Entgegen § 12<sup>2</sup> sind Schutzverkleidungen für Anlasser und Widerstände nicht unbedingt erforderlich.

g) Die in § 21a geforderte Schutzverkleidung ist bei Niederspannung und bei *isolierten Hochspannungsleitungen*

*unter 1000 V* nur insoweit erforderlich, als die Leitungen mechanischer Beschädigung ausgesetzt sind.

h) Aus besonderen Betriebsrücksichten kann entgegen § 14b von der Unverwechselbarkeit der Schmelzeinsätze Abstand genommen werden.

i) Bei Schalt- und Signalanlagen ist es entgegen § 26c gestattet, Leitungen verschiedener Stromkreise in einem Rohr zu verlegen.

k) *Entgegen § 18i sind Handleuchter bei Gleichstrom bis 1000 V zulässig.*

### § 29.

Abgeschlossene elektrische Betriebsräume.

a) In solchen Räumen gelten die Bestimmungen für elektrische Betriebsräume *mit der Maßgabe, daß bei Hochspannung ein Schutz der unter Spannung stehenden Teile nur gegen zufällige Berührung durchgeführt werden muß.*

*1. Als Hilfsmittel gegen zufälliges Berühren spannungsführender Teile kommen in Betracht: Trennwände zwischen den Feldern der Schaltanlage, Trennwände zwischen den einzelnen Phasen, Schutzgitter, feste und zuverlässig befestigte Geländer, selbsttätige Ausschalt- oder Verriegelungsvorrichtungen.*

*2. Der Verschuß der Räume soll so eingerichtet sein, daß der Zutritt nur den berufenen Personen möglich ist.*

b) *Bei Hochspannung dürfen entgegen § 7a Transformatoren ohne geerdete Metallgehäuse und ohne besonderen Schutzverschlag aufgestellt werden, wenn ihr Körper geerdet ist.*

### § 30.

Betriebstätten.

a) Entgegen § 21a dürfen bei Niederspannung die im Handbereich liegenden Zuführungsleitungen zu Maschinen ungeschützt verlegt werden, wenn sie einer Beschädigung nicht ausgesetzt sind.

b) *Bei Hochspannung müssen ausgedehnte Verteilungsleitungen während des Betriebes für Notfälle ganz oder streckenweise spannungslos gemacht werden können*

### § 31.

Feuchte, durchtränkte und ähnliche Räume.

a) Die nicht geerdeten nach diesen Räumen führenden Leitungen müssen allpolig abschaltbar sein.

b) *Für Spannungen über 1000 V sind nur Kabel zulässig.*

c) Festverlegte Mehrfachleitungen sind nicht zulässig.

d) Ortsveränderliche Leitungen müssen durch eine schmiegsame Umhüllung gegen Beschädigungen besonders geschützt sein.

1. Bei offen verlegten Leitungen ist der Schutz gegen Berührung (siehe § 3) besonders zu beachten.

2. Offen verlegte ungeerdete blanke Leitungen sollen in einen Abstand von mindestens 5 cm voneinander und 5 cm von der Wand auf zuverlässigen Isolierkörpern verlegt werden (siehe § 244). Sie können mit einem der Natur des Raumes entsprechenden haltbaren Anstrich versehen sein.

Schutzrohre sollen gegen mechanische und chemische Angriffe hinreichend widerstandsfähig sein.

3. Motoren und Apparate sollen tunlichst nicht in solchen Räumen untergebracht werden; läßt sich dieses nicht vermeiden, so soll für besonders gute Isolierung, guten Schutz gegen Berührung und gegen die obwaltenden schädlichen Einflüsse Sorge getragen werden; die nicht spannungsführenden, der Berührung zugänglichen Metallteile sollen gut geerdet werden.

e) Stromverbraucher müssen so eingerichtet sein, daß sie zum Zweck der Bedienung spannungslos gemacht werden können.

f) Für Beleuchtung ist nur Niederspannung zulässig. Fassungen müssen aus Isolierstoff bestehen. Schaltfassungen sind verboten.

### § 32.

Akkumulatorenräume (siehe auch § 8).

a) Akkumulatorenräume gelten als abgeschlossene elektrische Betriebsräume.

b) Zur Beleuchtung dürfen nur elektrische Lampen verwendet werden, deren Leuchtkörper luftdicht abgeschlossen ist.

c) Für geeignete Lüftung ist zu sorgen.

## **J. Provisorische Einrichtungen, Prüffelder und Laboratorien.**

### § 33.

a) Für festverlegte Leitungen sind Abweichungen von den Bestimmungen über Stützpunkte der Leitungen und dgl. zulässig, doch ist dafür zu sorgen, daß die Vorschriften hinsichtlich mechanischer Festigkeit, zufälliger gefahrbringender Berührung, Feuersicherheit und Erdung für den ordnungsmäßigen Gebrauch erfüllt sind.

b) Provisorische Einrichtungen sind durch Warnungstafeln zu kennzeichnen und durch Schutzgeländer, Schutzverschlüsse oder dgl. gegen den Zutritt Unberufener abzugrenzen. *Bei Hochspannung sind sie nötigenfalls unter Verschuß zu halten.* Den örtlichen Verhältnissen ist dabei Rechnung zu tragen.

Die beweglichen und ortsveränderlichen Einrichtungen

sowie die Beleuchtungskörper, Apparate, Meßgeräte usw. müssen den allgemeinen Vorschriften genügen.

Bei Schalt- und Verteilungstafeln ist Holz als Baustoff, nicht aber als Isolierstoff zulässig.

c) Ständige Prüffelder und Laboratorien sind mit festen Abgrenzungen und entsprechenden Warnungstafeln zu versehen. Fliegende Prüfstände sind durch eine auffallende Absperrung (Schranken, Seile oder dgl.) kenntlich zu machen. Unbefugten ist das Betreten der Prüffelder und Prüfstände streng zu verbieten.

*1. In ständigen Prüffeldern und Laboratorien für Hochspannung über 1000 V sollen die Stände, in denen unter Spannung gearbeitet wird, gegen die Nachbarschaft abgegrenzt werden, wenn dort gleichzeitig Aufstellungs-, Vorbereitungsarbeiten u. dgl. vorgenommen werden.*

*2. Ständige Prüffelder und Laboratorien für sehr hohe Spannungen sollen in abgeschlossenen Räumen untergebracht werden, deren unbefugtes Betreten durch geeignete Einrichtungen verhindert oder ungefährlich gemacht wird.*

*3. Wenn in Prüffeldern, Laboratorien u. dgl. an den provisorischen Leitungen, an den Apparaten usw. der Schutz gegen zufällige Berührung Hochspannung führender Teile sich nicht durchführen läßt, sollen die Gänge hinreichend breit und der Bedienungsraum genügend groß sein.*

d) Versuchsschaltungen in Prüffeldern und Laboratorien, die während des Gebrauches unter sachkundiger Leitung stehen, unterliegen den allgemeinen Vorschriften nicht.

## K. Vorschriften für die Strecke.

### § 34.

Fahrleitungen und am gleichen Tragwerk verlegte Speiseleitungen bis 1650 V.

a) Außer blanken Leitungen sind auch wetterfest umhüllte mit einem Querschnitt von mindestens 10 mm<sup>2</sup> zulässig.

b) Fahrleitungen und Speiseleitungen (Verstärkungsleitungen usw.), die nicht auf Porzellanlocken verlegt sind, müssen gegen Erde doppelt isoliert sein. Holz ist als zweite Isolierung zulässig.

c) Querdrähte jeder Art (Tragdrähte), die im Handbereich liegen, müssen gegen spannungsführende Leitungen doppelt isoliert sein.

d) Die Höhe der Leitungen über öffentliche Straßen darf nicht unter 5 m betragen. Eine geringere Höhe ist bei Unterführungen zulässig, wenn geeignete Vorsichtsmaßregeln getroffen werden (z. B. Warnungstafeln).

e) Wenn Fahrleitungen unter oder neben Eisen- oder Eisenbetonbauten verlegt sind, müssen Einrichtungen dagegen getroffen sein, daß ein entgleister oder gebrochener Stromabnehmer eine stromleitende Verbindung mit dem Bauwerk herstellt.

f) Bei Bahnen auf besonderem Bahnkörper, der dem öffentlichen Verkehr nicht freigegeben ist, können die Leitungen in beliebiger Höhe verlegt werden, wenn bei der gewählten Verlegungsart

die Strecke von unterwiesenem Personal ohne Gefahr begangen werden kann. An Haltestellen und Übergängen sind die Leitungen gegen zufällige Berührung zu schützen und Warnungstafeln anzubringen.

g) Als Baustoff für die Fahrleitung, soweit diese aus Draht besteht, ist Kupfer zu verwenden oder ein diesem entsprechender Baustoff. Dieser Baustoff muß den „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen“ entsprechen.

h) Die Bauausführung der Leitungsanlagen hat sinngemäß nach den „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen“ zu erfolgen.

i) Die Fahrleitungen und Speiseleitungen (Verstärkungsleitungen usw.) sind in bebauten Straßen in Abschnitte zu teilen, die durch Ausschalter getrennt werden können. Die Länge der Abschnitte soll in stark bebauten Straßen nicht über 1 km betragen.

1. Jede Leitung soll für ihre mittlere Stromstärke (zeitlicher quadratischer Mittelwert) so bemessen werden, daß hierbei die in Spalte 2 der Tafel in § 20 zugelassenen Stromwerte nicht überschritten werden.

k) Die Streckenausschalter müssen, soweit sie ohne besondere Hilfsmittel erreichbar sind, mit geschlossen zu haltenden Schutzkasten versehen sein. Die Lage der Ausschalter muß leicht erkennbar gemacht werden.

2. Die Kenntlichmachung der Ausschalter erfolgt zweckmäßig durch einen roten Mastring bzw. eine rote rechteckige Scheibe am Querdraht.

l) In die Fahrleitungen und die Speiseleitungen sind in ausreichender Anzahl Überspannungsschutz-Vorrichtungen einzubauen, die auch bei wiederholten atmosphärischen Entladungen wirksam bleiben. Für gute Erdung ist Sorge zu tragen; hierbei dürfen eiserne Maste als Leiter benutzt werden; sie müssen aber mit den Fahr-schienen gut leitend verbunden werden. Gegen Berührung nicht geschützte Überspannungsschutz-Vorrichtungen dürfen nicht unter 5 m Höhe angebracht werden.

m) Entgegen § 22c ist die Kennzeichnung der Träger und Schutzverkleidungen von Freileitungen durch einen roten Blitzpfeil nicht erforderlich.

Notwendig ist der Blitzpfeil an Querdrähten, an denen die Außenleiter einer Dreileiteranlage zusammentreffen.

n) Speiseleitungen müssen im Kraftwerk von der Stromquelle und an den Speisepunkten von der Fahrleitung abschaltbar sein.

o) Die Hauptleitung muß durch Abschmelzsicherung oder Selbstschalter geschützt sein. Diese Schutzvorrichtung muß so bemessen oder eingestellt werden, daß bei Kurzschluß der Stromkreis abgeschaltet, daß er jedoch bei den höchsten betriebsmäßig auftretenden Belastungen nicht unterbrochen wird.

3. In diesen Stromkreisen soll die Nennstromstärke der Schmelzsicherung höchstens das 1,5fache, die Auslösestromstärke des Selbstschalters höchstens das 3fache der nach Spalte 4 der Tafel in § 20 für die Hauptleitung zugelassenen Stromwerte betragen.

p) Bei Kreuzungen und Näherungen der Bahnanlagen durch fremde Starkstromleitungen gelten die „Bahnkreuzungs-Vorschriften für fremde Starkstromanlagen“ (B.K.V. | 1921) des Reichsverkehrsministeriums.

## § 35.

## Schienenrückleitungen.

a) Sofern die Schienen zur Rückleitung des Stromes dienen, müssen die Stöße gut leitend verbunden sein.

b) Die „Vorschriften zum Schutze der Gas- und Wasserröhren gegen schädliche Einwirkungen der Ströme elektrischer Gleichstrombahnen, die die Schienen als Leiter benutzen“ sind einzuhalten.

**L. Fahrzeuge.**

## § 36.

a) Die elektrische Ausrüstung ist so anzuordnen, daß die Forderungen bezüglich Berührungsschutz nach § 3a und b erfüllt werden.

b) Die nicht spannungführenden Metallteile, die Spannung annehmen können, sind, soweit sie der zufälligen Berührung durch die Fahrgäste ausgesetzt sind, auch in abgeschlossenen Führerständen, gemäß § 3c zu erden oder anderweitig zu schützen. Dagegen kann auf der Oberseite des Wagendaches, der Unterseite des Fußbodens und im Inneren von Lokomotiven die Erdung oder der Schutz solcher Metallteile entfallen, soweit die Isolation der spannungführenden Teile dieses erfordert, mit Ausnahme der Körper der Maschinen und der Gehäuse der Transformatoren, die stets gemäß § 3c zu erden oder zu schützen sind.

c) Die elektrischen Maschinen und Transformatoren müssen ein Leistungsschild besitzen, auf dem die in den §§ 58 und 59 der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Bahnmotoren und sonstigen Maschinen und Transformatoren auf Triebfahrzeugen (R. E. B./1925)“ geforderten Angaben vermerkt sind.

d) Die Zellen elektrischer Akkumulatoren müssen sowohl gegeneinander als auch gegen das Fahrzeug gut isoliert aufgestellt sein.

e) Die Akkumulatorenbatterie ist so zu umkleiden, daß eine zufällige Berührung durch Unberufene verhindert ist.

f) Besondere Schalt- und Verteilungstafeln müssen aus feuersicherem Baustoff bestehen, Holz ist als Umrahmung zulässig. Sicherungen und Schalter sind mit einer Bezeichnung zu versehen, aus der hervorgeht, zu welchen Stromkreisen sie gehören.

g) Sämtliche Apparate und deren Anschlußstellen sind in kräftiger, stoß- und erschütterungsfester Ausführung herzustellen.

h) Die Handhaben der Fahrschalter sind in der Weise abnehmbar anzuordnen, daß das Abnehmen nur bei ausgeschaltetem Fahrstrom erfolgen kann.

i) Die Stromzuführung zu dem Fahrschalter muß auf jedem Führerstand durch einen Schalter unterbrochen werden können. Ein Ausschalten der Beleuchtung darf hierbei nicht erfolgen.

1. Sind andere Vorrichtungen vorgesehen, die den gleichen Zweck erreichen, so kann von dieser Vorschrift abgesehen werden.

k) Bremsstromkreise dürfen weder mit Schmelzsicherungen noch mit Selbstschaltern gesichert sein.



2. Bei Fahrzeugen für Oberleitungsbetrieb soll hinter dem Stromabnehmer ein Überspannungsschutz eingebaut werden. Die zugehörige Erdzuleitung ist auf dem kürzesten Wege zu dem Wagenuntergestell zu führen.

3. Stromkreise für Stromgewinnung gelten nicht als Bremsstromkreise im Sinne der Vorschrift k.

l) Die Bemessung der Leitungsquerschnitte in den Fahrzeugen erfolgt im allgemeinen nach § 20.

4. Der geringstzulässige Querschnitt ist  $1 \text{ mm}^2$ .

5. Jede Leitung des Fahrstromkreises soll für ihre mittlere Stromstärke (zeitlicher quadratischer Mittelwert) so bemessen werden, daß hierbei die in Spalte 2 der Tafel in § 20 zugelassenen Stromwerte nicht überschritten werden.

m) 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, wenn sie Wände oder Fußböden durchsetzen, durch Isoliermittel so zu schützen, daß sie sich an diesen Stellen nicht durchscheuern können.

n) 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 zu deren Verkleidung benutzt werden.

6. Zweckmäßig ist die Einzelverlegung der Leitungen in Kabelschellen, die die getrennte Lage der Leitungen sichern.

o) Die Hauptleitung des Fahrstromkreises muß durch Abschmelzsicherung oder Selbstschalter geschützt sein. Die Schutzvorrichtung muß so bemessen oder eingestellt werden, daß bei Kurzschluß der Stromkreis abgeschaltet, daß er jedoch bei den höchsten betriebsmäßig auftretenden Belastungen nicht unterbrochen wird.

7. Im Fahrstromkreis soll die Nennstromstärke der Schmelzsicherung höchstens das 1,5fache, die Auslösestromstärke des Selbstschalters höchstens das 3fache der nach Spalte 4 der Tafel in § 20 für die Hauptleitung zugelassenen Stromwerte betragen.

p) Bremskuppelungen müssen durch geeignete Vorrichtungen so gesichert werden, daß, abgesehen von Zugtrennungen, ein Herausfallen der Kabel vermieden wird.

## II. Betriebsvorschriften.

### § 37.

#### Zustand der Anlagen.

a) Die elektrischen Anlagen sind den vorstehenden „Bauvorschriften“ entsprechend in ordnungsmäßigem Zustande zu erhalten. Hervortretende Mängel sind in angemessener Frist zu beseitigen. In Anlagen, die vor dem 1. Januar 1926 errichtet sind, müssen erhebliche Mißstände, die das Leben oder die Gesundheit von Personen gefährden, be-

seitigt werden. Jede Änderung einer solchen Anlage ist, soweit es die technischen und Betriebsverhältnisse gestatten, den geltenden Vorschriften gemäß auszuführen.

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 Zustande erhalten werden.

1. Als Schutzmittel gelten gegen die herrschende Spannung isolierende, einen sicheren Stand bietende Unterlagen, Erdungen, Abdeckungen, Gummischuhe, Werkzeuge mit Schutzisolierung, Schutzbrillen und ähnliche Hilfsmittel.

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

2. Der Zugang zu Maschinen, Schalt- und Verteilungsanlagen soll soweit freigehalten werden, als es ihre Bedienung erfordert.

3. Maschinen und Apparate sollen in gutem Zustande erhalten und in angemessenen Zwischenräumen gereinigt werden.

### § 38.

#### Warnungstafeln, Vorschriften und schematische Darstellungen.

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

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

c) In jedem elektrischen Betriebe muß eine schematische Darstellung der elektrischen Anlage vorhanden sein.

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

2. Das kleinste Format für Warnungstafeln soll  $15 \times 10$  cm sein.

3. Warnungstafeln, Betriebsvorschriften und schematische Darstellungen sollen in leserlichem Zustande erhalten werden. Wesentliche Änderungen und Erweiterungen sollen in den schematischen Darstellungen nachgetragen werden.

4. Für die Anfertigung der schematischen Darstellungen sind die „Schaltzeichen und Schaltbilder für Starkstromanlagen“ nach DIN VDE 710 bis 717 sowie das Muster eines Gesamtschaltplanes nach DIN VDE 719 zugrunde zu legen.

„Kennfarben für blanke Leitungen in Starkstrom-Schaltanlagen“ sind nach DIN VDE 705 zu wählen.

### § 39.

#### Allgemeine Pflichten der im Betriebe Beschäftigten.

Jeder im Betriebe Beschäftigte hat:

a) Von den durch Anschlag bekanntgegebenen, sowie von den zur Einsichtnahme bereit liegenden, ihn betreffenden Betriebsvorschriften Kenntnis zu nehmen und ihnen nachzukommen.

b) Bei Vorkommnissen, die eine Gefahr für Personen oder für die Anlagen zur Folge haben können, geeignete Maßnahmen zu treffen, um die Gefahr einzuschränken oder zu beseitigen. Dem Vorgesetzten ist baldmöglichst Anzeige zu erstatten.

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

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

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

### § 40.

#### Bedienung elektrischer Anlagen.

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

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

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

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, d. h. nach allpoliger Abschaltung der Stromzuführungen, unter Berücksichtigung der in §§ 41 und 42 und, wenn unter Spannung gearbeitet werden muß, unter Berücksichtigung der in §§ 43 und 44 gegebenen Sonderbestimmungen vorzunehmen.

d) Die Schlüssel zu den abgeschlossenen elektrischen Betriebsräumen sind von den dazu Berufenen unter sicherer Verwahrung zu halten.

e) Abgeschlossene elektrische Betriebsräume, die den Anforderungen des § 29 der Bauvorschriften nicht entsprechen, dürfen nur betreten werden, nachdem alle Teile spannungslos gemacht sind.

2. Besonders ist darauf zu achten, daß der spannungsfreie Zustand nicht immer durch Herausnahme von Schaltern und dgl. allein gewährleistet ist, da noch Verbindungen durch Meßschaltungen, Ring- und Doppelleitungen usw. bestehen können oder eine Rücktransformierung, Induktion, Kapazität usw. vorhanden sein kann.

#### § 41.

##### Maßnahmen zur Herstellung und Sicherung des spannungsfreien Zustandes.

a) Ist die Abschaltung des Teiles der Anlage, an dem gearbeitet werden soll, und der in unmittelbarer Nähe der Arbeitsstelle befindlichen Teile nicht unbedingt sichergestellt, so muß zwischen Schalt- und Arbeitsstelle eine Kurzschließung und Erdung, an der Arbeitsstelle außerdem eine Kurzschließung und behelfsmäßige Verbindung mit der Erde zur Ableitung von Induktionsströmen vorgenommen werden.

*Bei Hochspannung muß zwischen Arbeit- und Trennstelle Erdung und Kurzschließung vorgenommen werden, nachdem sich der Arbeitende überzeugt hat, daß dieses ohne Gefahr geschehen kann.*

*Für die Dauer der Arbeit ist an der Schaltstelle ein Schild oder dgl. anzubringen mit dem Hinweise, daß an dem zugehörnden Teil der elektrischen Anlage gearbeitet wird.*

1. Auch bei Niederspannung empfiehlt es sich, bei Schaltern, Trennstücken und dgl., die einen Arbeitspunkt spannungsfrei machen sollen, für die Dauer der Arbeit ein Schild oder dgl. anzubringen mit dem Hinweise, daß an dem zugehörnden Teil der elektrischen Anlage gearbeitet wird.

2. Zur Erdung und Kurzschließung sollen Leitungen unter 10 mm<sup>2</sup> nicht verwendet werden.

3. Erdungen und Kurzschließungen sollen auch bei Niederspannung erst vorgenommen werden, wenn es ohne Gefahr geschehen kann.

4. Zum Nachweise, daß die Arbeitstelle spannungsfrei ist, können dienen: Spannungprüfungen, Kennzeichnung der beiderseitigen Leitungsenden, Einsicht in schematische Übersichts- oder Leitungsnetzpläne mit oder ohne Angabe der erforderlichen Reihenfolge der Schaltungen, die entweder an den Schaltstellen vorhanden sein oder dem Schaltenden mitgegeben werden können, wenn er nicht durch mündliche Anweisung oder in anderer Weise über die Anlage genau unterrichtet ist.

b) Die Vereinbarung eines Zeitpunktes, zu dem eine Anlage spannungsfrei gemacht werden soll, genügt nicht, es sei denn, daß es sich um regelmäßige Betriebspausen handelt.

#### § 42.

##### Maßnahmen bei Unterspannungsetzung der Anlage.

a) Waren zur Vornahme von Arbeiten Betriebsmittel spannungsfrei, so darf die Einschaltung erst dann erfolgen, wenn das Personal von der beabsichtigten Einschaltung verständigt worden ist.

b) Vor der Einschaltung sind alle Schaltungen und Verbindungen ordnungsgemäß herzustellen und keine Verbindungen zu belassen, durch die ein Übertreten der Spannung in außer Betrieb befindliche Teile herbeigeführt werden kann.

c) Die Vereinbarung von Zeitpunkten, zwischen denen die Anlage spannungsfrei sein oder bleiben soll, genügt nicht, es sei denn, daß es sich um regelmäßige Betriebspausen handelt.

1. Die Verständigung mit der Arbeitstelle durch Fernsprecher ist zulässig, jedoch nur mit Rückmeldung durch den mit der Leitung der Arbeiten Beauftragten.

2. Bei Aufhebung von Kurzschließungen soll die Erdverbindung zuletzt beseitigt werden.

#### § 43.

##### Arbeiten unter Spannung.

a) Arbeiten unter Spannung sind nur durch besonders damit beauftragte und mit der Gefahr vertraute Personen auszuführen. Zweckentsprechende Schutzmittel sind bereitzustellen und zu benutzen; sie sind vor Gebrauch nachzusehen (siehe §§ 37 c und 37 d).

b) Arbeiten unter Spannung sind gestattet, wenn es aus Betriebsrücksichten nicht zulässig ist, die Teile der Anlage, an denen selbst oder in deren unmittelbarer Nähe gearbeitet

werden soll, spannungsfrei zu machen oder, wenn die geforderte Erdung und Kurzschließung an der Arbeitsstelle nicht vorgenommen werden kann.

c) Arbeiten müssen unter den für Arbeiten unter Spannung vorgeschriebenen Vorsichtsmaßregeln auch dann ausgeführt werden, wenn zwar ein Abschalten, Erden und Kurzschließen erfolgt ist, aber noch Unsicherheit darüber besteht, ob die Teile, an denen gearbeitet werden soll, wirklich mit den abgeschalteten oder geerdeten und kurzgeschlossenen Teilen übereinstimmen.

*d) Bei Hochspannung dürfen Arbeiten unter Spannung nur in Notfällen und nur in Gegenwart einer geeigneten und unterwiesenen Person sowie unter Beachtung geeigneter Vorsichtsmaßnahmen ausgeführt werden (Ausnahmen siehe §§ 45 a, 46, 49 und 50 c).*

#### § 44.

##### Arbeiten in der Nähe von Hochspannung führenden Teilen.

a) Bei allen Arbeiten in der Nähe von Hochspannung führenden Teilen hat der Arbeitende darauf zu achten, daß er keinen Körperteil oder Gegenstand mit der Hochspannung in Berührung bringt. Da bei Arbeiten in Reichnähe von Hochspannung führenden Teilen die Aufmerksamkeit des Arbeitenden von der gefährlichen Stelle abgelenkt wird, so ist die Gefahrzone durch Schranken abzusperren oder es sind die gefährlichen Teile durch Isolierstoffe der zufälligen Berührung zu entziehen.

Bei allen Arbeiten in der Nähe von Hochspannung ist für einen festen Standpunkt Sorge zu tragen.

#### § 45.

##### Zusatzbestimmungen für Akkumulatorenräume.

*a) Bei Akkumulatoren sind entgegen § 43 d Arbeiten unter Spannung bei Beobachtung der geeigneten Vorsichtsmaßnahmen gestattet. Eine Aufsichtsperson ist nur bei Spannungen über 750 V erforderlich.*

b) Akkumulatorenräume müssen während der Ladung gelüftet werden.

c) Offene Flammen und glühende Körper dürfen während der Überladung nicht benutzt werden.

1. Die Gebäudeteile und Betriebsmittel einschließlich der Leitungen sowie die isolierenden Bedienungsgänge sollen vor schädlicher Einwirkung der Säure nach Möglichkeit geschützt werden.

2. Die Akkumulatorenwärter sollen zur Reinlichkeit angehalten und auf die Gefahren, die Säure und Bleisalze mit sich

bringen können, aufmerksam gemacht werden. Für ausreichende Wascheinrichtungen und Waschmittel soll Sorge getragen werden.

3. Essen, Trinken und Rauchen ist in Akkumulatorenräumen zu vermeiden.

#### § 46.

Zusatzbestimmungen  
für Arbeiten in explosionsgefährlichen, durchtränkten und ähnlichen Räumen.

a) In explosionsgefährlichen, durchtränkten und ähnlichen Räumen sind Arbeiten unter Spannung (siehe § 43) verboten.

#### § 47.

Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Kabeln.

a) *Arbeiten an Hochspannungskabeln, bei denen spannungsführende Teile freigelegt oder berührt werden können, dürfen im allgemeinen nur im spannungsfreien Zustande vorgenommen werden. Solange der spannungsfreie Zustand nicht einwandfrei festgestellt und gesichert ist, sind die Schutzmaßregeln zu treffen, unter denen diese Arbeiten gefahrlos ausgeführt werden können.*

1. Bei Arbeiten an Kabeln und Garniturteilen, insbesondere beim Schneiden von Kabeln und Öffnen von Kabelmuffen, sollen sich die Arbeitenden über die Lage der einzelnen Kabel zunächst vergewissern und alsdann geeignete Schutzvorrichtungen anwenden.

*Hochspannungskabel sollen vor Beginn der Arbeiten entladen werden.*

#### § 48.

Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Freileitungen.

a) Arbeiten an Freileitungen einschließlich Bedienung von Sicherungen und Trennstücken sollen möglichst, *besonders bei Hochspannung*, nur in spannungsfreiem Zustande geschehen unter Berücksichtigung der in §§ 41 und 42 und, wenn unter Spannung gearbeitet werden muß, unter Berücksichtigung der in §§ 43 und 44 gegebenen Bestimmungen.

b) *Arbeiten an den Hochspannung führenden Leitungen selbst sind verboten. Bei Arbeiten an spannungsfreien Hochspannungsleitungen sind die Leitungen an der Arbeitsstelle kurzzuschließen und nach Möglichkeit zu erden.*

c) Arbeiten an Niederspannungs- und Fernmeldeleitungen in gefährlicher Nähe von Hochspannungsleitungen sind nur gestattet, wenn die Hochspannungsleitungen geerdet und kurz geschlossen oder sonstige ausreichende Schutzmaßregeln getroffen sind.

Hierbei ist nicht nur auf die Gefahr einer Berührung der Leitungen, sondern auch auf die durch Induktion in der Niederspannungs- oder Fernmeldeleitung möglichen Spannungen Rücksicht zu nehmen (siehe auch § 22i der Bauvorschriften).

1. Die Bedienung von Sicherungen und Trennstücken in nicht spannungsfreien Freileitungen soll, wenn erforderlich, durch isolierende Werkzeuge oder Schaltstangen erfolgen.

2. Arbeiten auf Masten, Dächern usw. sollen nur durch schwindelfreie Personen, die mit festsitzendem Schulwerk und mit Sicherheitsgürtel ausgerüstet sind, vorgenommen werden.

#### § 49.

##### Zusatzbestimmungen für Arbeiten an Fahr- und Speiseleitungen.

*a) Arbeiten an Fahr- und Speiseleitungen dürfen unter Spannung ausgeführt werden, sofern die erforderlichen Schutzmaßnahmen (siehe § 43) angewendet werden.*

#### § 50.

##### Zusatzbestimmungen für Arbeiten in Prüffeldern und Laboratorien.

a) Ständige Prüffelder und fliegende Prüfstände sind abzugrenzen, ihr Betreten durch Unbefugte ist zu verbieten.

*b) Mit Hochspannungsarbeiten in solchen Räumen dürfen nur Personen betraut werden, die ausreichendes Verständnis für die bei den vorzunehmenden Arbeiten auftretenden Gefahren besitzen und sich ihrer Verantwortung bewußt sind.*

*c) Die Bestimmungen des § 43d finden auf Arbeiten in Prüffeldern und Laboratorien keine Anwendung.*

### III. Inkrafttreten dieser Vorschriften.

#### § 51.

Diese Vorschriften gelten für Anlagen und Erweiterungen, soweit ihre Ausführung nach dem 1. Januar 1926 beginnt, sowie für den Betrieb von Bahnanlagen vom 1. Januar 1926 ab.

Bis zum 1. Juli 1926 dürfen noch Fassungen in den Handel gebracht werden, die den Vorschriften des § 16 c nicht entsprechen.



## **8. Vorschriften zum Schutze der Gas- und Wasserröhren gegen schädliche Einwirkungen der Ströme elektrischer Gleichstrombahnen, die die Schienen als Leiter benutzen.<sup>1)</sup>**

Gültig ab 1. Juli 1910.<sup>2)</sup>

### § 1.

#### Geltungsbereich.

Die nachfolgenden Vorschriften regeln die Anlage von Gleichstrombahnen oder Gleichstrombahnstrecken, die die Schienen als Leiter benutzen. Die vorgeschriebenen oberen Grenzwerte für zulässige Spannungen gelten, soweit nichts anderes ausdrücklich gesagt ist, für die Projektierung der Anlage, wobei bezüglich des Widerstandes und der Stromleitung nur die Schienen und zugehörnden Überbrückungsleitungen in die Rechnung einzusetzen und der angenommene Widerstand der Schienen sowie der für seine Vermehrung durch die Stoßverbindungen angesetzte prozentuale Zuschlag anzugeben sind. Indessen dürfen sich diese Grenzwerte bei der rechnerischen sowohl wie bei der praktischen Nachprüfung an den in Betrieb stehenden Anlagen nicht als überschritten erweisen.

Von diesen Vorschriften bleiben Bahnen befreit, deren Gleise auf besonderem Bahnkörper isoliert verlegt sind. Als Beispiel wird die Verlegung auf Holzschwellen genannt, bei der im allgemeinen ein Luftzwischenraum zwischen den Gleisen und der eigentlichen Bettung gewährleistet ist. Erfüllt eine solche Bahn diese Bedingungen an einzelnen Stellen, z. B. Niveaureuzungen, nicht, so finden die Vorschriften sinngemäße Anwendung, falls nicht durch örtliche Maßnahmen eine gleichwertige Isolation dieser Stellen erreicht ist.

---

<sup>1)</sup> Aufgestellt von der Vereinigten Erdstrom-Kommission des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und des Vereins Deutscher Straßenbahn- und Kleinbahnverwaltungen. Erläuterungen hierzu siehe ETZ 1911, S. 511.

<sup>2)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1910. Veröffentlicht: ETZ 1910 S. 491.

Ferner finden diese Vorschriften keine Anwendung auf Schienenstränge, die an jedem Punkte wenigstens 200 m von dem nächstgelegenen Punkte eines Rohrnetzes entfernt sind.

## § 2.

### **Schienenleitung.**

Alle zur Stromleitung benutzten Schienen sind als möglichst vollkommene und zuverlässige Leiter auszubilden und dauernd zu erhalten.

Der Widerstand einer Gleisstrecke darf durch die Stoßverbindungen höchstens um den der Projektierung zugrunde gelegten Zuschlag (vgl. § 1, Abs. 1), der jedoch nicht mehr als 20% betragen darf, größer sein als der Widerstand eines ununterbrochenen Gleises von gleichem Querschnitt und gleicher spezifischer Leitfähigkeit. Die spezifische Leitfähigkeit der zur Verwendung gelangenden Schienen (vgl. § 1, Abs. 1) ist vor der Verlegung festzustellen.

Beim Entwurf der Stromleitungsanlage des Gleisnetzes darf bei der Verwendung von Schienen, die aus Haupt- und Nebenschienen zusammengesetzt sind, der volle Querschnitt beider Schienen nur dann in Rechnung gesetzt werden, wenn nicht nur die Stöße der Hauptschienen, sondern auch die Stöße der Nebenschienen und beide Schienen untereinander dauernd gut leitend verbunden bleiben.

Die Schienen zu beiden Seiten von Kreuzung- und Weichenstücken müssen durch besondere Überbrückungen in gut leitendem Zusammenhang stehen. Die Schienen eines Gleises sowie die mehrerer nebeneinander liegender Gleise müssen mindestens an jedem zehnten Stoße gut leitend verbunden sein. Diese Überbrückungs- und Querverbindungsleitungen müssen wenigstens die Leitfähigkeit einer Kupferverbindung von 80 mm<sup>2</sup> Querschnitt haben.

An beweglichen Brücken oder Anlagen ähnlicher Art, die eine Unterbrechung der Gleise zur Folge haben, ist durch besondere isolierte Leitungen der gut leitende Zusammenhang der Gleisanlage zu sichern. Hierbei darf der Spannungsabfall bei mittlerer Belastung (vgl. § 3, Abs. 2) 5 Millivolt je Meter Entfernung zwischen den Unterbrechungstellen nicht überschreiten.

Alle zur Stromführung dienenden, mit den Schienen verbundenen Leitungen sind gegen Erde zu isolieren. Ausgenommen hiervon sind kurze Verbindungsleitungen, wie Stoß- und Querverbindungen, Überbrückungen an Weichen, Schiebebühnen usw., die, falls sie nicht tiefer als 25 cm in dem Boden verlegt werden, blank ausgeführt werden dürfen.

## § 3.

**Schienenspannung.**

Hinsichtlich der Spannungsverhältnisse im Schienengebiet ist zwischen dem „inneren verzweigten Schienennetz“ und den „auslaufenden Strecken“ zu unterscheiden. Bei Überlandbahnen werden die Verbindungstrecken der Ortschaften als „auslaufende Strecken“ behandelt.

Im „inneren verzweigten Schienennetz“ und innerhalb eines anschließenden Gürtels von 2 km Breite soll bei mittlerem fahrplanmäßigen Betrieb der Anlage die sich rechnerisch ergebende Spannung zwischen zwei beliebigen Schienenpunkten 2,5 V nicht überschreiten. Unter den gleichen Bedingungen soll jenseits des Gürtels auf den „auslaufenden Strecken“ das größte Spannunggefälle nicht mehr als 1 V je Kilometer betragen. Der Verkehr einzelner Nachtwagen scheidet bei der Feststellung des mittleren fahrplanmäßigen Betriebes aus.

Ist in einer Ortschaft das Schienennetz unverzweigt, so soll die Spannung innerhalb des verzweigten Rohrnetzes 2,5 V nicht überschreiten.

Der Anschluß anderweitiger stromverbrauchender Anlagen an das Bahnnetz darf die Spannungen im Schienennetze nicht über die vorgeschriebenen Grenzen steigern.

Stehen verschiedene Bahnen miteinander in Verbindung, — sei es durch das Schienennetz oder durch die Kraftquelle —, so sind sie so anzulegen, daß sie zusammen diese Bedingungen erfüllen.

Gleisanlagen in Ortschaften mit selbständigen Röhrennetzen sollen für sich den vorstehenden Bestimmungen dieses Paragraphen genügen.

Abweichungen von diesen Vorschriften — und zwar nach beiden Richtungen — in Bezug auf Spannungsverhältnisse im Schienennetz können durch besondere örtliche Verhältnisse oder durch erheblich abweichende Betriebsweise begründet sein. So kann z. B., wenn die Betriebsdauer — wie dieses bei Güterbahnen oft der Fall ist — nur einen kleinen Bruchteil des Tages ausmacht, eine Überschreitung der angegebenen Spannungsgrenzen zugelassen werden: bei Bahnen bis zu 3 Stunden Betriebsdauer bis auf das Zweifache und bei Bahnen bis zu einer Stunde Betriebsdauer bis auf das Vierfache.

Wo das Schienennetz allein nicht genügt, die Rückleitung ohne Überschreitung der zulässigen Spannung im Netz zu bewirken, sind besondere Rückleitungen herzustellen. Bei der Wahl der Rückleitungspunkte sind solche Stellen auszusuchen, die möglichst günstig,

das heißt entfernt von den Röhren und möglichst in Gebieten mit trockenem, schlecht leitenden Boden liegen.

Zweckmäßig wird man bei Zweileiterbahnen abstufbare Widerstände in die Rückleitungen einbauen, durch die das Potential an allen Rückleitungspunkten auch unter veränderten Betriebsverhältnissen nach Möglichkeit gleichgehalten werden kann. Bei Dreileiterbahnen empfiehlt es sich, zum gleichen Zweck die Speisebezirke der beiden Dreileiterseiten umschaltbar einzurichten.

#### § 4.

#### Übergangswiderstand.

Der Widerstand zwischen dem zur Stromleitung benutzten Schienennetz und Erde muß möglichst hoch gehalten werden. Wo dieses durch die Bodenverhältnisse oder durch die Anlage in der Fahrbahnfläche an und für sich nicht genügend gewährleistet wird, ist eine Erhöhung des Widerstandes durch möglichst wirksame Isolation anzustreben.

Die Gleise und die mit ihnen metallisch verbundenen Stromleitungen dürfen weder mit den Röhren noch mit sonstigen Metallmassen in der Erde metallisch verbunden sein.

Außerdem ist darauf zu achten, daß der Abstand zwischen der nächst gelegenen Schiene und solchen Rohrnetzteilen (Wassertopf-Saugröhren, Hülsenröhren, Deckkasten, Spindelstangen, Hydranten oder dergleichen), die in die Oberfläche eingebaut sind oder nahe an sie herantreten und mit den Röhrenleitungen in metallischer Verbindung stehen, so groß wie möglich gehalten wird, wenn irgend möglich, wenigstens 1 m.

Feststehende Motoren oder Licht- oder andere Anlagen, die aus einer Bahnleitung gespeist werden, die die Schienen als Stromleitung benutzt, sind mit dem Schienennetz oder mit dessen Stromleitungen durch isolierte Leitungen zu verbinden. Ausgenommen hiervon sind kurze Anschlußleitungen bis zu 16 mm<sup>2</sup> Querschnitt, die weniger als 25 cm tief in der Erde und mindestens 1 m von der nächsten Röhrenleitung entfernt liegen; diese dürfen blank hergestellt werden.

Behufs Erhöhung des Widerstandes zwischen Schiene und Erde wird empfohlen, die Schiene auf möglichst schlecht leitender und gut entwässerter Unterbettung zu verlegen und diese gegen die Oberfläche der Fahrbahn in genügender Breite möglichst wasserdicht abzuschließen.

Die Verwendung von Salz zur Beseitigung von Schnee und Eis sollte auf die unumgänglich notwendigen Fälle beschränkt bleiben.

Wo sich durch die Schienenführung ein genügender Abstand zwischen den Schienen und den in die Oberfläche eingebauten Rohrnetzteilen nicht schaffen läßt, empfiehlt es sich, die Rohrnetzteile umzulegen oder durch geeignete Isolierschichten (Hülsenrohre aus Steinzeug, Schächte aus Mauerwerk und dergleichen) den Stromübergang zu hemmen.

## § 5.

### **Stromdichte.**

Die vorstehenden Vorschriften sollen das Auftreten von Rohrzerstörungen nach Möglichkeit verhindern. Maßgebend für die elektrolytische Rohrzerstörung ist die Dichte des Stromes, der aus den Röhren austritt.

Wo diese durch Bahnströme hervorgerufene Stromdichte den Mittelwert (vgl. § 3) von 0,75 Milliampere je  $\text{cm}^2$  erreicht, ist die Röhrenleitung unbedingt als durch die Bahn gefährdet zu bezeichnen und es sind weitere Schutzmaßnahmen zu treffen.

Für Güterbahnen mit außergewöhnlich kurzer Betriebszeit sind hier, wie in § 3, Ausnahmen zulässig.

Bei Richtungswechsel der aus den Röhren austretenden und in sie eintretenden Ströme sind, bis weitere Erfahrungen vorliegen, die letztgenannten bei der Bildung des Stromdichtemittels für die Betriebszeit gleich Null zu setzen.

## § 6.

### **Überwachung.**

Um die Potentiale an den Schienenanschlüßpunkten prüfen zu können, sind für jedes Stromabgabegebiet von diesen Punkten Prüfdrähte zu je einer Sammelstelle zu führen.

Bei jeder größeren dauernden Betriebsverstärkung soll die Spannungsverteilung im Schienennetz nachgeprüft werden.

Die Schienenstoßverbindungen sind alljährlich einmal mittels eines geeigneten Schienenstoßprüfers nachzuprüfen und derart instand zu setzen, daß sie die Vorschriften der §§ 1 und 2 erfüllen. Insbesondere sollen Stoßverbindungen, deren Widerstand bei der Prüfung sich größer als der einer 10 m langen ununterbrochenen Schiene erweist, alsbald vorschriftsmäßig instand gesetzt werden.

## **9. Leitsätze betreffend Anfressungsgefährdung des blanken Nulleiters von Gleichstrom- Dreileiteranlagen.**

Gültig ab 1. Oktober 1923<sup>1)</sup>).

1. Gefährdet ist der blank in die Erde gelegte Nulleiter durch unmittelbaren chemischen Angriff, durch Elementebildung, durch Eigen- und durch Fremdströme.
2. Angriffsfähige Boden sind insbesondere Schutt, Kohlen-schlacken, durchseuchter Boden in der Nähe undichter Aborte, Sulfate, Ätzkalke, frischer Zement, Moorboden. Angriffsfähig kann der Boden werden, wenn aus Ab-decksteinen, die wasserlösliche Bestandteile enthalten, diese ausgelaugt werden. Gefährdete Stellen sind ferner Einführungen durch feuchte Mauern und bei vorhandenen Gleichstrombahnen mit Stromrückleitung durch die Schienen eine große Annäherung an die Gleise im Anfressungsgebiete.
3. Am widerstandsfähigsten haben sich verzinnte Kupfer-leiter erwiesen. In angriffsfähigem Boden kann, wenn nicht Elektrolyse durch austretende Ströme stattfindet und der Boden nicht kalkhaltig oder moorig ist, Ver-bleien des Kupferleiters Vorteile bringen.
4. Reine Metalle sind legierten vorzuziehen. Schon ge-ringe Beimengungen fremder Metalle von wenigen Pro-zenten haben sich als schädlich erwiesen.
5. Aluminiumdrähte, Zinkdrähte, Eisendrähte, auch ver-bleit, haben sich nicht so bewährt wie reine Kupfer-drähte.
6. Dünne Drähte unterliegen der Anfressungsgefahr durch die Elektrolyse austretender Ströme in stärkerem Maße als dicke Drähte. Der Gesamtquerschnitt soll daher möglichst nicht unter 16 mm<sup>2</sup> gewählt werden. Seile

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die außerordentliche Ausschußsitzung am 30. August 1923. Veröffentlicht ETZ 1923 S. 345 und 953.

mit dünnen Einzelleitern sind mehr gefährdet als solche aus starken Drähten.

7. Zu vermeiden ist die gleichzeitige Verwendung verschiedenartiger Drähte, wie Eisen- und Kupferdrähte.
8. Sind verschiedenartige Drähte nicht zu umgehen, so sollen sie nicht in großer Nähe verlegt werden.
9. Ebenso wie Kabel sind die blanken Nulleiter vorteilhaft in reinen Sand zu betten. Durch allseitiges Abdecken wird das Eindringen gefährdender Streuströme vermindert.
10. An besonders gefährlichen Stellen ist Isolierung des Nulleiters zu empfehlen, falls nicht Kabel vorgezogen werden.
11. Isolierschichten auf dem Nulleiter müssen dauerhaft sein. Sie müssen das Eindringen von Feuchtigkeit verhindern, fest gegen chemische Angriffe der Bodenfeuchtigkeit und gegen zufällige mechanische Verletzungen sein. Handelt es sich um kurze Strecken, so genügt Einbetten des blanken Leiters in Asphaltteer, wenn durch einen Träger, wie Juteumhüllung, für dauerndes Haften gesorgt ist.
12. Lötstellen sind auf einer Strecke von mindestens 30 cm zu isolieren, wenn verschiedenartige Metalle verbunden sind.
13. Lose Berührung des Nulleiters mit den Außenleiterkabeln sowie bei Vorhandensein einer elektrischen Bahn auch lose Berührung mit Gas- und Wasserleitungen ist zu vermeiden.
14. Durch Verbindung des blanken Nulleiters mit den Bleimänteln der Außenleiterkabel kann ein gefährdender Stromausgleich zwischen Nulleiter und Kabelbewehrung durch den Erdboden als Elektrolyten (bei Kabelfehlern) vermieden werden, dafür wird die Gefährdung des Bleimantels verstärkt.
15. Die Belastung zwischen dem Nulleiter und den Außenleitern soll gut ausgeglichen sein, um dauernd in gleicher Richtung fließende Ströme im Nulleiter zu vermeiden.
16. Zweileiterabzweige von dem Nulleiter und einem Außenleiter sollen dort, wo der Nulleiter aus dem Erdboden austritt, isoliert sein. Werden solche Zweileiterabzweige im Erdboden weitergeführt, so ist der blanke Nulleiter durch austretende Ströme gefährdet, wenn der Spannungsverlust in der blanken Leitung etwa mehr als 2 V beträgt.

17. Fremdströme, die bei ihrem Austritt aus dem Nulleiter diesen anfreßen können, können von Fehlern der Außenleiter herrühren, wobei insbesondere Fehler des negativen Leiters oder von Streuströmen elektrischer Bahnen gefährdend wirken.
18. Falls der Nulleiter nicht mit den Bleimänteln der Außenleiter elektrisch leitend verbunden ist, ist von diesen ein Abstand von mindestens 10 cm zu halten.
19. Bei Verbindung des Nulleiters mit den Bleimänteln der Außenleiter sind die Bleimäntel an den Muffen und Kabelkasten fortlaufend leitend zu verbinden. Die Bleimäntel sind gegen etwa auftretende Kurzschlußströme zu sichern.
20. Der geringste Abstand des Nulleiters von stromführenden Gleisen soll 1 m sein. Bei Kreuzungen mit den Gleisen ist der Nulleiter zweckmäßig zu isolieren oder durch Isolierschichten, Abdeckungen zu trennen.
21. Erdungen des Nulleiters sind zweckmäßig nur im Anfreßungsgebiet, nicht im Einzugsgebiet vorzunehmen. Gegen Schäden durch Streuströme schützen solche Erdungen nur, wenn durch sie die Spannungen zwischen Gleisen und Nulleiter wesentlich herabgedrückt werden.
22. Absaugen eingedrungener Fremdströme durch Zinkplatten oder besondere Sauggeneratoren ist in den meisten Fällen unwirtschaftlich.
23. Unmittelbares Verbinden des Nulleiters mit den Gleisen oder dem negativen Pol des Generators vermehrt die Stärke des Fremdstromes im Nulleiter, wodurch anderweitige Gefährdungen entstehen können. Das Eindringen von Fremdströmen in den Nulleiter wird verstärkt, wenn er an verschiedenen Stellen mit den Gleisen verbunden wird. Die Spannungsschwankungen in den Gleisen können so in unzulässiger Weise auf das Lichtnetz übertragen werden.

### **Überwachungsmaßnahmen.**

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

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

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



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

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

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

## 10. Normen für Spannungen elektrischer Anlagen unter 100 V.<sup>1)</sup>

Gültig ab 1. Oktober 1920<sup>2)</sup>.

### § 1.

Die in diesen Normen aufgeführten Spannungen sind Nennspannungen. Als Nennspannung, gemessen in V, gilt:

- a) bei Verwendung von Bleiakkumulatoren als Stromerzeuger die doppelte Zellenzahl,
- b) in allen anderen Fällen die Spannung, für die der Stromverbraucher gebaut ist.

### § 2.

Nennspannungen sind festgelegt für die folgenden Fachgebiete:

1. Beleuchtung,
2. Elektromedizin,
3. Fernmeldung,
4. Motorenbetrieb.

### § 3.

Für die verschiedenen Fachgebiete und Stromarten gelten folgende Nennspannungen:

---

<sup>1)</sup> Erläuterungen hierzu siehe ETZ 1920 S. 443. — S. a. DIN VDE 1.

<sup>2)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1920. Veröffentlicht: ETZ 1920, S. 443.

Gleichstrom

Nennspannung in V	Fachgebiete:			
1,5	—	—	Fernmeldung	—
2	Beleuchtung	Elektromedizin	Fernmeldung	—
2,5	Beleuchtung (nur für Taschenlampen)	—	—	—
3,5	Beleuchtung (nur für Taschenlampen)	—	—	—
4	Beleuchtung	Elektromedizin	—	Motorenbetrieb
6	Beleuchtung	Elektromedizin	Fernmeldung	Motorenbetrieb
8	Beleuchtung	Elektromedizin	Fernmeldung	Motorenbetrieb(nur für Spielzeug- industrie)
12	Beleuchtung	Elektromedizin	Fernmeldung	Motorenbetrieb
16	Beleuchtung	Elektromedizin	—	—
24	Beleuchtung	—	Fernmeldung	Motorenbetrieb
32	Beleuchtung	—	—	—
36	—	—	Fernmeldung	—
40	Beleuchtung (nur für Elektromobile u. Eisenbahnwagen)	—	—	Motorenbetrieb
48	—	—	Fernmeldung	—
60	—	—	Fernmeldung	—
65	Beleuchtung	—	—	Motorenbetrieb
80	Beleuchtung (nur für Elektromobile u. Eisenbahnwagen)	—	—	Motorenbetrieb

Wechselstrom

Nennspannung in V	Fachgebiete:		
2	Für Beleuchtung mit Wechselstrom können alle in der Tafel für Gleichstrom genannten Nennspannungen verwendet werden.	Elektromedizin	—
3		—	Klingeltransformatoren
4		Elektromedizin	—
5		—	Klingeltransformatoren
6		Elektromedizin	—
8		Elektromedizin	Klingeltransformatoren
12		Elektromedizin	—
36		—	Fernmeldung
48		—	Fernmeldung
75		—	Fernmeldung

## 11. Normen für Betriebsspannungen elektrischer Anlagen über 100 V.<sup>1)</sup>

Gültig ab 1. November 1919.<sup>2)</sup>

### § 1.

Als Betriebsspannung wird die Spannung bezeichnet, die in leitend zusammenhängenden Netzteilen an den Klemmen der Stromverbraucher im Mittel vorhanden ist. Als Stromverbraucher gelten außer Lampen, Motoren usw. auch Primärwicklungen von Transformatoren.

### § 2.

Als Betriebsspannung gelten folgende Werte:

Gleichstrom.	
V	Verwendungsgebiet
<b>110</b>	normal für alle Fälle.
<b>220</b>	normal für alle Fälle.
<b>440</b>	normal für alle Fälle.
<b>550</b>	für Bahnen.
<b>750</b>	für Bahnen.
<b>1 100</b>	für Bahnen.
<b>1 500</b>	für Bahnen.
<b>2 200</b>	für Bahnen.
<b>3 000</b>	für Bahnen.
Drehstrom von 50 Per/s.	
V	Verwendungsgebiet
<b>125</b>	bei Neuanlagen nur, wenn die Anwendung von 220 V erhebliche Nachteile hat.
<b>220</b>	normal für alle Fälle.
<b>380</b>	normal für alle Fälle.
<b>500</b>	bei Neuanlagen nur für solche industriellen Betriebe, bei denen die Anwendung von 380 V erhebliche Nachteile hat.

<sup>1)</sup> Erläuterungen hierzu siehe ETZ 1919 S. 457. — S. a. DIN VDE 2.

<sup>2)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1919. Veröffentlicht: ETZ 1919, S. 457.

V	Verwendungsgebiet
<b>3 000</b>	bei Neuanlagen nur für solche industriellen Betriebe, bei denen die Anwendung von 6000 V erhebliche Nachteile hat.
<b>5 000</b>	bei Neuanlagen nur, wenn der Anschluß an ein bestehendes 5000 V-Netz wahrscheinlich ist.
<b>6 000</b>	normal für alle Fälle.
<b>10 000</b>	bei Neuanlagen nur, wenn der Anschluß an ein bestehendes 10000 V-Netz wahrscheinlich ist.
<b>15 000</b>	normal für alle Fälle.
<b>25 000</b>	bei Neuanlagen nur, wenn die Verwendung von 35000 V erhebliche Nachteile hat.
<b>35 000</b>	normal für alle Fälle.
<b>50 000</b>	bei Neuanlagen nur, wenn die Verwendung von 60000 V erhebliche Nachteile hat.
<b>60 000</b>	normal für alle Fälle.
<b>100 000</b>	normal für alle Fälle.

Die fettgedruckten Spannungen werden in erster Linie empfohlen sowohl für Neuanlagen als auch für umfangreiche Erweiterungen.

Einphasenstrom von  $16\frac{2}{3}$  Per/s.

Für Neuanlagen sollen nur fettgedruckte Werte aus der Drehstromtafel gewählt werden.

### § 3.

Wenn die Abweichungen von den Spannungswerten nach § 2 nicht mehr betragen als  $\pm 10\%$  auf der Erzeugerseite,  $\pm 5\%$  auf der Verbraucherseite der Leitungsanlagen, kann normal gefertigtes elektrisches Material ohne weiteres verwendet werden. Ausgenommen hiervon sind Maschinen, Transformatoren und Wicklungen bei Apparaten; für diese Gegenstände sollen in den betr. Sondervorschriften die nötigen Bestimmungen gegeben werden.

## **12. Normen für die Abstufung von Stromstärken bei Apparaten.<sup>1)</sup>**

Gültig ab 1. Januar 1912.<sup>2)</sup>

2, 4, 6, 10, 25, 60, 100, 200, 350, 600, 1000, 1500, 2000,  
3000, 4000, 6000 A.

---

<sup>1)</sup> Ausschließlich Zähler.

<sup>2)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1910. Veröffentlicht: ETZ 1910 S. 323. Vorher bestand eine Fassung, die im Jahre 1895 beschlossen und in der ETZ 1895, S. 594 veröffentlicht war. Erläuterungen siehe ETZ 1910 S. 354.

## 13. Kupfernormen.

Gültig ab 1. Juli 1914.<sup>1)</sup>

### § 1.

Leitungskupfer darf für 1 km Länge und 1 mm<sup>2</sup> Querschnitt bei 20° C keinen höheren Widerstand haben als 17,84 Ω.

Der Widerstand eines Leiters von 1 km Länge und 1 mm<sup>2</sup> Querschnitt wächst um 0,068 Ω für 1° C Temperaturzunahme.

### § 2.

Kupferleitungen müssen aus Leitungskupfer hergestellt sein. Die wirksamen Querschnitte von Kupferleitungen sind grundsätzlich aus Widerstandsmessungen zu ermitteln, wobei für 1 mm<sup>2</sup> ein kilometrischer Widerstand von 17,84 Ω (vgl. § 1) einzusetzen und für Litzen und Mehrfachleiter die Länge des fertigen Kabels, also ohne Zuschlag für Drall, zu nehmen ist.

### § 3.

Bei der Untersuchung, ob eine Kupferleitung aus Leitungskupfer hergestellt ist, beziehungsweise ob diese den Bedingungen des § 1 entspricht, ist der Querschnitt durch Gewichts- und Längenbestimmung eines einfachen gerade gerichteten Leiterstückes zu ermitteln, wobei, falls eine besondere Ermittlung des spezifischen Gewichtes nicht vorgenommen wird, für dieses der Wert 8,89 einzusetzen ist.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1914. Veröffentlicht: ETZ 1914 S. 366. Vor obenstehender Fassung haben mehrere andere Fassungen bestanden. Über die Entwicklung gibt nachstehende Tafel Aufschluß:

Fassung	Beschlussen	Gültig ab:	Veröffentl. ETZ
Erste Fassung	18. 2. 96	1. 7. 96	96 S. 402
Erste Änderung	8. 6. 03	1. 7. 03	03 S. 687
Zweite Änderung	24. 6. 04	1. 7. 04	04 S. 687
Zweite Fassung	25. 5. 06	1. 1. 07	06 S. 666
Dritte Fassung	26. 5. 14	1. 7. 14	14 S. 366

International ist folgendes vereinbart:

1. Bei der Temperatur von  $20^{\circ}\text{C}$  beträgt der Widerstand eines Drahtes aus mustergültigem, geglühten Kupfer von einem Meter Länge und einem gleichmäßigen Querschnitt von einem Quadratmillimeter  $\frac{1}{1000} \Omega = 0,017241 \dots \Omega$ .

2. Bei der Temperatur von  $20^{\circ}\text{C}$  beträgt die Dichte des mustergültigen geglühten Kupfers 8,89 g für das Kubikzentimeter.

3. Bei der Temperatur von  $20^{\circ}\text{C}$  beträgt der Temperaturkoeffizient für den Widerstand, der zwischen zwei fest an dem Draht angebrachten, zur Spannungsmessung bestimmten Ableitungen ermittelt wird (also bei gleichbleibender Masse),  $0,00393 = 1/254,45 \dots$  für  $1^{\circ}\text{C}$ .

4. Es folgt aus 1. und 2., daß bei der Temperatur von  $20^{\circ}\text{C}$  der Widerstand eines Drahtes aus mustergültigem, geglühten Kupfer von gleichmäßigem Querschnitt, von 1 m Länge und einer Masse von  $1 \text{ g } \frac{1}{58} \times 8,89 = 0,15328 \dots \Omega$  beträgt.



## 14. Vorschriften für die Prüfung von Eisenblech.

Gültig ab 1. Juli 1914.<sup>1)</sup>

1. Für die Messung der Eisenverluste und der Magnetisierbarkeit dient ein magnetischer Kreis, der nur Eisen der zu prüfenden Qualität enthält und den Ausführungsbestimmungen gemäß zusammengesetzt ist.

2. Die Probe soll 10 kg wiegen und mindestens 4 Tafeln entnommen sein. Der Eisenverlust soll bei 20° C gemessen werden.

3. Der Eisenverlust soll in W je Kilogramm, bezogen auf rein sinusförmigen Verlauf der induzierten Spannung, bei den Maximalwerten der magnetischen Induktion  $\mathfrak{B}_{\max} = 10000$  cgs-Einheiten und  $\mathfrak{B}_{\max} = 15000$  cgs-Einheiten angegeben werden. Diese Zahlen heißen Verlustziffern (Abgekürzte Bezeichnung:  $V_{10}$  und  $V_{15}$ ).

4. Unter „Alterungskoeffizient“ soll die prozentuale Änderung der Verlustziffer für  $\mathfrak{B}_{\max} = 10000$  cgs-Einheiten nach 600 Stunden erstmaliger Erwärmung auf 100° C verstanden werden.

5. Zur Beurteilung der Magnetisierbarkeit soll die Induktion  $\mathfrak{B}$  bei zwei verschiedenen Feldstärken im Eisen angegeben werden, und zwar bei zweien der Werte 25, 50, 100 oder 300 AW je Zentimeter (Abgekürzte Bezeichnung:  $\mathfrak{B}_{25}$ ,  $\mathfrak{B}_{50}$ ,  $\mathfrak{B}_{100}$ ,  $\mathfrak{B}_{300}$ ).

6. Für das spezifische Gewicht des Eisens sollen die Werte nach folgender Tafel gelten:

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1914. Veröffentlicht: ETZ 1914 S. 512.

Vorher haben schon andere Fassungen bestanden. Über die Entwicklung gibt nachstehende Tafel Aufschluß:

Fassung:	Beschlossen:	Gültig ab:	Veröffentl. ETZ
Erste Fassung	28. 6. 01	1. 7. 01/02	01 S. 801
Erste Änderung	8. 6. 03	1. 7. 03	03 S. 684
Zweite Änderung	5. 6. 05	1. 7. 05	05 S. 720
Zweite Fassung	26. 5. 10	1. 7. 10	10 S. 519 u. 740
Dritte Fassung	26. 5. 14	1. 7. 14	14 S. 512.

$V_{10}$ (garantierter Wert)		Spez. Gewicht
Blechstärke: 0,35 mm	Blechstärke: 0,5 mm	
über 2,60	über 3,00	7,80
„ 2,20 bis 2,60	„ 2,60 bis 3,00	7,75
„ 1,60 „ 2,20	„ 1,85 „ 2,60	7,65
1,60 und darunter	1,85 und darunter	7,55

Diese Gewichte verstehen sich für ungebeizte Bleche. Für gebeizte, also zunderfreie Bleche erhöhen sich die Gewichte um 0,05.

7. Als normale Blechstärken gelten 0,35; 0,5 und 1,0 mm; Abweichungen der Blechstärken dürfen an keiner Stelle  $\pm 10\%$  der vorgeschriebenen überschreiten (Dabei ist gemeint, daß es sich um Abweichungen von meßbarer Ausdehnung handelt, nicht um kleine Grübchen oder Wärzchen, wie sie bei der Fabrikation unvermeidlich sind).

8. In Zweifelsfällen gilt die Untersuchung durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

#### Ausführungsbestimmungen.

a) Die zur Prüfung verwendeten Blechstreifen, 500 mm lang und 30 mm breit, sollen zur Hälfte parallel und zur Hälfte senkrecht zur Walzrichtung mit einem scharfen Werkzeug gratfrei geschnitten werden und dürfen einer weiteren Behandlung nicht unterliegen. Für hinreichende Isolierung der Streifen gegeneinander durch Papierzwischenlagen ist Sorge zu tragen.

b) Zur Feststellung der Verlustziffern wird ein Apparat nach Epstein benutzt, an dem zwischen Eisen und Erregerwicklung gleichmäßig verteilte Hilfswicklungen angebracht sind<sup>1)</sup>.

c) Die Bestimmung der Magnetisierbarkeit wird nach dem Kommutierungsverfahren, ebenfalls in einem Apparat nach Epstein vorgenommen.

d) Wird eine Untersuchung durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt nach diesen Vorschriften gewünscht, so ist dieses in dem Prüfungsantrag ausdrücklich anzugeben, und zwar unter Hinzufügung der garantierten Verlustziffer  $V_{10}$ .

<sup>1)</sup> Literatur: Epstein ETZ 1900, S. 303; 1911, S. 334, 363, 1314; 1912, S. 1180; 1913 S. 147. Gumlich, Rose ETZ 1905, S. 403; Gumlich, Rogowski ETZ 1911, S. 613; 1912, S. 262; 1913, S. 146; Gumlich, Steinhaus ETZ 1913, S. 1022; Rogowski, Steinhaus, Arch. für Elektrot. I. S. 141. Lonkhuyzen ETZ 1911, S. 1131; 1912, S. 531. Goltze, Arch. für Elektrot. II S. 148.

## 15. Vorschriften für die Prüfung elektrischer Isolierstoffe.

Gültig ab 1. Oktober 1924.<sup>1)</sup>

### I. Allgemeines.

Die Untersuchung elektrischer Isolierstoffe erstreckt sich auf folgende Ermittlungen:

#### A. Mechanische und Wärmeprüfung.

1. Biegefestigkeit.
2. Schlagbiegefestigkeit.
3. Kugeldruckhärte.
4. Wärmebeständigkeit.
5. Feuersicherheit.

#### B. Elektrische Prüfung.

1. Oberflächenwiderstand.
2. Widerstand im Inneren.
3. Lichtbogensicherheit.

#### Probenform.

Für die Versuche sind Flachstäbe folgender Abmessungen anzuwenden:

Dicke . . . . .	a = 10 mm
Breite . . . . .	b = 15 „
ganze Länge . . . . .	L = 120 „

Für die Untersuchung eines Isolierstoffes sind insgesamt:  
für A Mechanische und Wärmeprüfung: mindestens  
30 Normalstäbe,  
für B Elektrische Prüfung: 12 Normalstäbe  
erforderlich.

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1924. Veröffentlicht ETZ 1922, S. 445, 1923, S. 577 u. 768, 1924, S. 964 u. 1068.

## II. Versuchsausführung.

### A. Mechanische und Wärmeprüfung.

#### 1. Biegefestigkeit.

- α) 5 Versuche mit dem Isolierstoff im Anlieferungszustand;
- β) 5 Versuche nach 30tägiger Lagerung in Petroleum bei Zimmertemperatur.

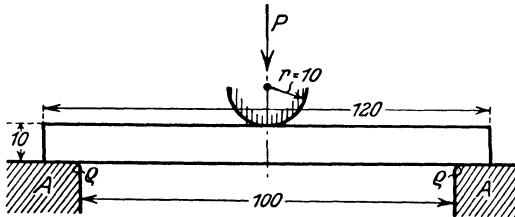


Abb. 1.

Versuchsausführung bei Zimmerwärme nach Abb. 1. Die Kraft  $P$  greift in der Mitte zwischen den beiden Auflagern  $AA$  mit einer Druckfinne an, deren Abrundung  $r=10$  mm beträgt. Die Druckfinne ist so anzuordnen, daß sie sich freiwillig satt auf die Probe auflegt. Die Kanten der Auflagers  $AA$  sind bei  $\varrho$  nach  $r=1$  mm zu brechen. Stützweite gleich 100 mm.

Für stoßfreie Belastung und einwandfreie Kraftmessung ist Sorge zu tragen. Ferner ist darauf zu achten, daß die Probe auf den Widerlagern  $AA$  satt aufliegt.

Die Belastung ist mit gleichmäßiger Geschwindigkeit, und zwar um  $250 \text{ kg/cm}^2$  in 1 min, bis zum Bruch zu steigern.

Für die Feststellung der Gesamtdurchbiegung ist Ablesung am Millimetermaßstab hinreichend.

#### 2. Schlagbiegefestigkeit.

- α) 5 Versuche bei Zimmerwärme,
- β) 5 Versuche in Kälte bei etwa  $-20^\circ \text{ C}$ .

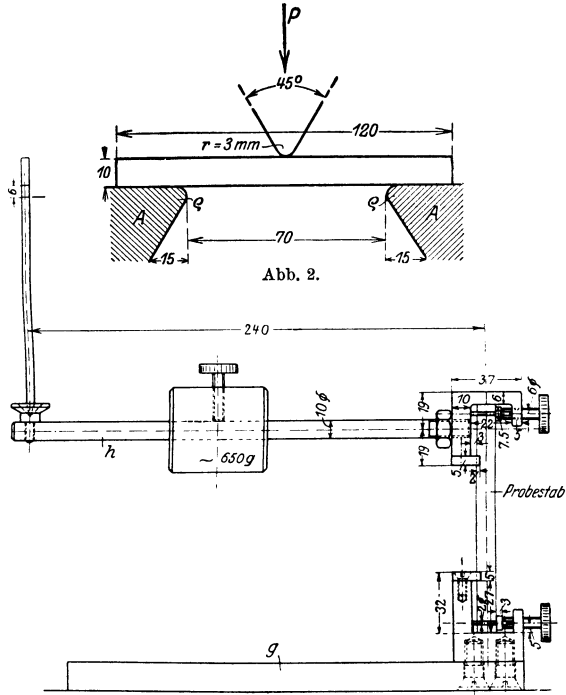
(Der Versuch  $\beta$  nur bei Stoffen, die im Freien verwendet werden).

Die Schlagbiegeversuche sind mit einem Normalpendelschlagwerk auszuführen.

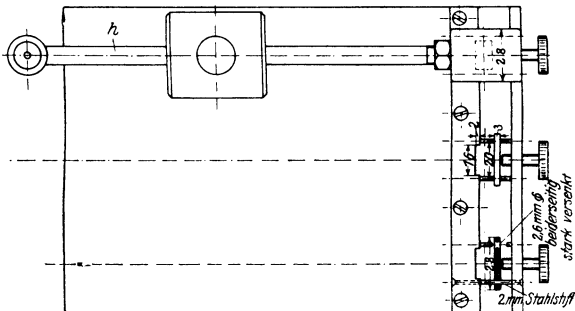
Die Schlagfinne soll einen Schneidenwinkel von  $45^\circ$  besitzen; sie ist nach  $r=3$  mm abzurunden.

Die Stützweite beträgt 70 mm.

Die Auflager *AA* müssen gemäß Abb. 2 nach einem Winkel von  $15^\circ$  hinterschnitten, die Auflagerkanten  $\rho$



Martens-Probe zur Wärmebeständigkeitsprüfung von Isolierstoffen. Aufriß.



nach  $r=3$  mm abgerundet werden, damit die Proben unbehindert durch die Auflager gehen können.

Die Ergebnisse sind in  $\text{cmkg}/\text{cm}^2$  anzugeben.

## 3. Kugeldruckhärte.

## 5 Versuche bei Zimmerwärme.

Eine Stahlkugel von 5 mm Durchmesser ( $D=0,5$  cm) wird mit einem konstanten Druck von 50 kg in die Probe stoßfrei eingedrückt. Gemessen wird die Eindringtiefe  $h$  nach 10 und 60 s. Aus dieser wird der Härtegrad  $H$  in  $\text{kg/cm}^2$  nach der Formel berechnet:

$$H = \frac{P}{\pi \cdot h \cdot D} = \frac{C}{h}.$$

Die Eindrücke sollen in der Mitte der 15 mm breiten Proben liegen.

## 4. Wärmebeständigkeit.

## 3 Versuche.

Die Wärmebeständigkeit ist durch die Martensprobe mit einem Normalapparat festzustellen.

Die in senkrechter Lage von der Grundplatte  $g$  (s. Abb. 3) festgehaltenen Proben werden durch angehängte Gewichtshebel  $h$  mit der konstanten Biegespannung  $\sigma = 50 \text{ kg/cm}^2$  belastet und langsam erwärmt. Die Geschwindigkeit der Temperatursteigerung soll  $50^\circ \text{ C}$  in 1 h betragen. Ermittelt wird der Wärmegrad  $A_g$ , bei dem der Hebel  $h$  um 6 mm auf 240 mm Länge absinkt bzw. die Probe bricht.

## 5. Feuersicherheit.

## 3 Versuche.

Ein wagerecht eingespannter Normalstab wird 1 min lang der Flamme eines mit Leuchtgas gespeisten Bunsenbrenners ausgesetzt. Die Brenneröffnung soll 9 mm, die Flammenhöhe bei senkrecht gestelltem Brenner 10 cm betragen.

Der Brenner ist unter  $45^\circ$  zu neigen und der Stab so in die Flamme zu bringen, daß sich die untere 15 mm breite Stabfläche 3 cm über der Brenneroberkante und seine Stirnfläche 1 cm in wagerechtem Abstand von der Brennerunterkante befindet (vgl. Abb. 4). Das Verhalten der Isolierstoffe ist nach folgenden drei Stufen zu beurteilen:

0. Der Stab brennt nach dem Entfernen der Flamme länger als  $\frac{1}{4}$  min weiter.
1. Der Stab brennt nach dem Entfernen der Flamme nicht länger als  $\frac{1}{4}$  min weiter.
2. Der Stab entzündet sich nicht in der Flamme.

## B. Elektrische Prüfung.

### 1. Oberflächenwiderstand.

Der Oberflächenwiderstand wird gemessen auf einer Fläche von  $10 \times 1$  cm bei 1000 V Gleichspannung:

- α) im Zustand der Einsendung, jedoch nach Abschleifen der Oberfläche;
- β) nach 24stündiger Einwirkung von Wasser;
- γ) nach 3wöchentlicher Einwirkung von 25prozentiger Schwefelsäure;
- δ) nach 3wöchentlicher Einwirkung von Ammoniakdampf.

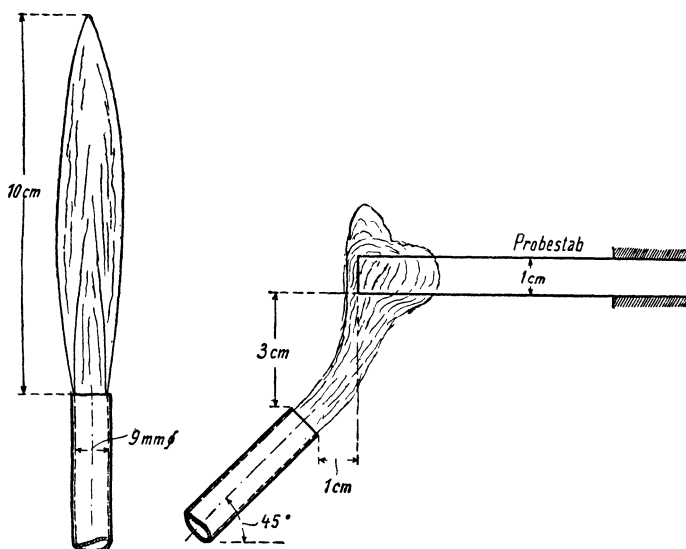
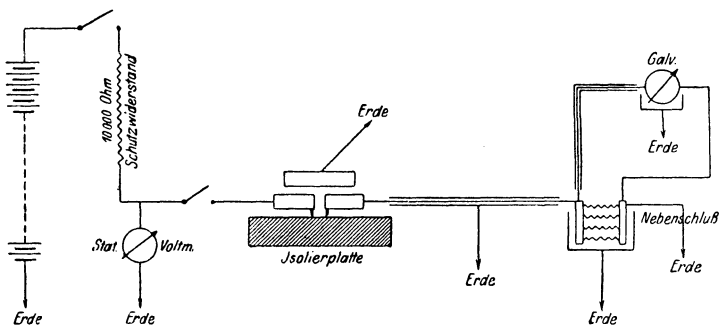
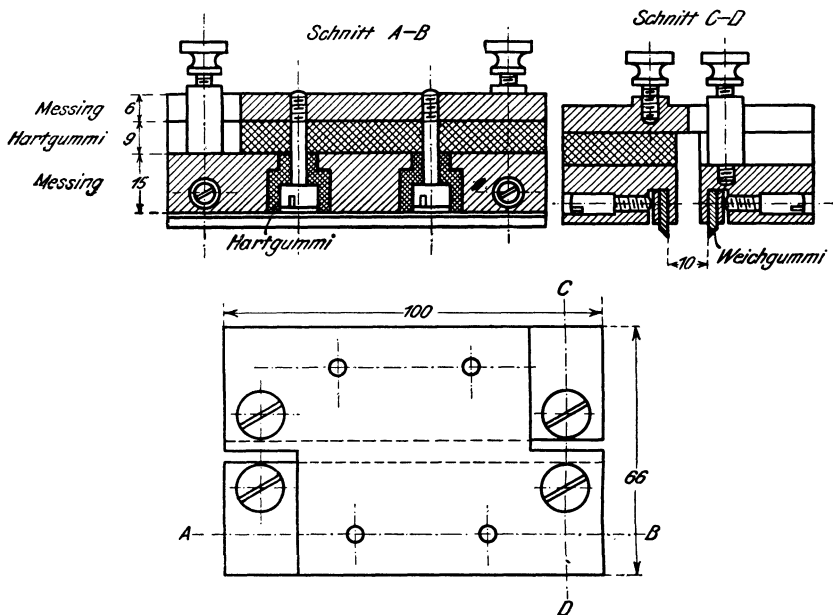


Abb. 4.

Bei den Versuchen β bis δ wird die unter der Einwirkung der Flüssigkeiten und Gase etwa eintretende Gewichtsänderung in Prozenten ermittelt.

Zur Messung des Oberflächenwiderstandes werden zwei gerade, 10 cm lange, mit Gummi und Stanniol gepolsterte Elektroden einander parallel in 1 cm Abstand auf die Platte gesetzt (Siehe den Normalapparat Abb. 5. Das Schaltschema zeigt Abb. 6). Die eine Elektrode wird über einen Schutzwiderstand von 10000 Ω mit dem negativen Pol der Gleichspannung von 1000 V verbunden, deren positiver Pol geerdet ist; die andere Elektrode wird mit einer Klemme des Galvanometernebenschlusses verbunden, dessen andere Klemme

an Erde liegt. Um Kriechströme von der Messung auszuschließen, ist die Zuleitung zum Nebenschluß und von da zum Galvanometer mit einer geerdeten Umhüllung zu ver-



sehen, z. B. als Panzerader auszuführen. Die Halteplatte der Elektroden ist zu erden, das Galvanometer und sein Nebenschluß sind auf geerdete Unterlagen zu stellen; die Empfindlichkeit des Galvanometers soll mindestens  $1 \times 10^{-9}$  A für 1 mm Ausschlag bei 1 m Skalenabstand



betragen; durch den Nebenschluß ist die Empfindlichkeit stufenweise auf  $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{1}{100}$ ,  $\frac{1}{1000}$ ,  $\frac{1}{10000}$  und  $\frac{1}{100000}$  herabzusetzen. Ein Kontakt des Nebenschlusses dient ferner zum Kurzschließen des Galvanometers; zur Eichung des Galvanometerausschlages wird beim Nebenschluß  $\frac{1}{10000}$  statt des Oberflächenapparates ein Drahtwiderstand von  $1 M\Omega$  eingeschaltet (Dieser wird aus 0,05 mm starkem Manganindraht unifilar aufgewickelt und braucht nur auf 3% abgeglichen zu sein). Der Schutzwiderstand besteht aus 0,1 mm starkem Manganindraht, der unifilar auf ein Porzellan- oder Glasrohr von etwa 6 cm Durchmesser und 50 cm Länge aufgewickelt ist, der Schutzwiderstand ist ebenfalls auf 3% genau abzugleichen. Ein statischer Spannungsmesser mißt die Spannung hinter dem Schutzwiderstand.

#### Gang der Messung.

Bei geöffnetem Schalter zwischen Schutzwiderstand und Oberflächenapparat wird mit Hilfe des statischen Spannungsmessers die Gleichspannung auf 1000 V eingestellt. Bei kurzgeschlossenem Galvanometer wird dann der Schalter zu dem Oberflächenapparat geschlossen; sinkt dabei die Spannung des Spannungsmessers unter 500 V, so beträgt der Oberflächenwiderstand des Isolierstoffes weniger als  $10000 \Omega$ ; bleibt die Spannung über 800 V, so kann mit dem Galvanometer gemessen werden.

Die Ablesung des Galvanometerausschlages erfolgt 1 min nach dem Anlegen der Spannung.

Die Vergleichszahlen stufen sich folgendermaßen ab:

Oberflächenwiderstand	Vergleichszahlen
unter $\frac{1}{100} M\Omega$ . . . . .	0
1 bis $\frac{1}{100} M\Omega$ . . . . .	1
100 bis $1 M\Omega$ . . . . .	2
10000 bis $100 M\Omega$ . . . . .	3
1 Mill. bis $10000 M\Omega$ . . . . .	4
über 1 Mill. $M\Omega$ . . . . .	5

Zu jeder Versuchsreihe sind drei Platten zu verwenden, an jeder Platte sind mindestens zwei Messungen vorzunehmen. Die zu dem Versuch  $\beta$  verwendeten Platten können zu dem Versuch  $\gamma$  weiter benutzt werden.

Zu  $\beta$ . Nach dem Herausnehmen aus dem Wasser werden die Platten mit einem Tuch abgerieben und senkrecht bei Zimmertemperatur in nicht bewegter Luft 2 h stehen gelassen, um die äußerlich anhaftende Feuchtigkeit zu entfernen. Danach wird die Messung vorgenommen.

Zu  $\gamma$ . Nach dem Herausnehmen aus der Schwefelsäure werden die Platten etwa 1 min in fließendem Wasser abgespült, danach wie unter  $\beta$  behandelt.

Zu  $\delta$ . Die Platten werden in großen Glasgefäßen aufgehängt, auf deren Boden sich eine gesättigte wässrige Ammoniaklösung befindet, die Gefäße werden mit Glasplatten abgedeckt. Von drei zu drei Tagen wird etwas Ammoniak zugefüllt, um die Verluste an Ammoniakdampf zu decken. Nach dem Herausnehmen aus den Gefäßen werden die Platten nach Feststellung des Aussehens mit einem trockenen Tuch abgerieben und gemessen.

### 2. Widerstand im Inneren.

Zwei Löcher von 5 mm Durchmesser und 15 mm Mittenabstand sind in die Platte auf etwa  $\frac{2}{3}$  der Plattenstärke tief zu bohren und mit Quecksilber zu füllen. Der Widerstand zwischen den beiden Quecksilberelektroden wird bei 1000 V Gleichspannung gemessen; ist dieser kleiner als der bei dem Versuch  $\alpha$  ermittelte Oberflächenwiderstand, so ist die Platte bis in tiefere Schichten abzdrehen und unmittelbar nach dem Abdrehen auf ihren Oberflächenwiderstand zu messen.

### 3. Lichtbogensicherheit.

Die Platte wird wagerecht gelegt und zwei angespitzte Reinkohlen von 8 mm Durchmesser werden in einem Winkel von etwas mehr als einem rechten gegeneinander, etwa um  $60^\circ$  gegen die Wagerechte geneigt, auf die Platte gesetzt. An die Kohlen wird eine Spannung von etwa 220 V unter Vorschalten eines Widerstandes von 20  $\Omega$  gelegt. Nach Bildung des Lichtbogens zwischen den Kohlen werden diese mit einer Geschwindigkeit, die 1 mm in 1 s nicht überschreiten soll, auseinander gezogen. Dann werden folgende vier Stufen der Sicherheit gegenüber dem Lichtbogen unterschieden:

0. Unter dem über 20 mm lang ausziehbaren Lichtbogen bildet sich eine leitende Brücke im Isolierstoff, die auch nach dem Erkalten leitend bleibt.
1. Unter dem über 20 mm lang ausziehbaren Lichtbogen bildet sich eine leitende Brücke im Isolierstoff, die aber nach dem Erkalten ihre Leitfähigkeit verliert.
2. Der Lichtbogen läßt sich weiter als 20 mm ausziehen, es bildet sich aber keine zusammenhängende leitende Brücke im Isolierstoff.
3. Der Lichtbogen läßt sich nicht über seine normale Länge von etwa 20 mm ausziehen.

## **Erläuterungen zu den Vorschriften für die Prüfung elektrischer Isolierstoffe.**

### **Einleitung.**

Die Vorschriften erstrecken sich auf die Prüfung von Isolierstoffen in besonders hergestellten normalen Formen. Diese Prüfung dient zur Beurteilung des Stoffes an sich, sie ist eine Materialprüfung. Die Festlegung bestimmter Prüfverfahren gibt die Möglichkeit, wesentliche Eigenschaften eines Isolierstoffes, obwohl sie nicht physikalische Konstanten sind, in reproduzierbarer Weise festzustellen und eindeutig anzugeben. Der Hersteller kann sich dadurch über die Güte seines Erzeugnisses und die Gleichmäßigkeit der Herstellung Rechenschaft geben; dem Konstrukteur bieten die Angaben der Eigenschaften Anhaltspunkte für die Auswahl des für seine Zwecke geeigneten Isolierstoffes.

Die im Preßverfahren zu verarbeitenden Isolierstoffe ergeben aber in den fertigen Isolierteilen für die spezifischen Eigenschaften Zahlen, insbesondere Festigkeitswerte, die von denen, die an Normalstäben und -platten aus dem gleichen Stoff festgestellt werden, je nach der Formgebung des betreffenden Stückes und dem Herstellungsdruck mehr oder weniger wesentlich abweichen; auch werden an verschiedenen Teilen des gleichen Isolierstückes verschiedene Zahlen gefunden. Die Untersuchung eines Isolierstoffes kann mithin nicht ohne weiteres dazu dienen, wie bei einem völlig homogenen Baustoffe zahlenmäßige Unterlagen für die Berechnung der zweckentsprechenden Formen und Abmessungen eines Isolierteiles zu liefern oder Abnahmebedingungen für Isolierteile aufzustellen. Daher ist neben der Materialprüfung an den Normalformen noch eine Prüfung des fertigen Isolierteiles in der Verwendungsform, die Stückprüfung, notwendig, um festzustellen, ob sich der gewählte Isolierstoff in dieser Form bewährt. An den Grundlagen zu den Vorschriften für die Stückprüfung arbeitet die vom VDE eingesetzte Untersuchungsstelle für fertige Isolierteile in Nürnberg.

Mit den vorliegenden Vorschriften für die Materialprüfung ist also nur ein Teil der Gesamtaufgabe erfüllt. Die Vorschriften enthalten nur die Versuche, die zur Charakterisierung des Isolierstoffes unbedingt notwendig sind. Sie sind aus der sehr viel größeren Zahl der Versuchsreihen ausgewählt, die zur Schaffung der Grundlagen von dem Materialprüfungsamt und der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt angestellt waren (Passavant, „ETZ“ 1912, S. 450).

Für manche Zwecke werden weitere Untersuchungen als die in den Vorschriften enthaltenen notwendig sein, z. B. bei Isolierstoffen, die für Spannungen über 750 V verwendet werden sollen, die Bestimmung der Durchschlagspannung. Empfohlen wird, sich in solchen Fällen nach den in dem genannten Aufsatz beschriebenen weitergehenden Versuchen zu richten.

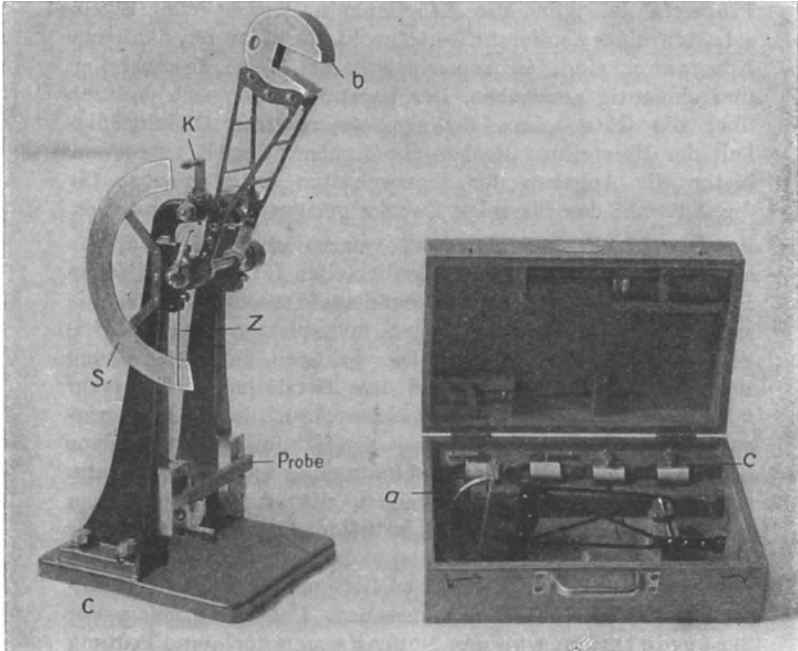


Abb. 7. Pendelschlagwerk.

### Allgemeines.

#### Die Probenform.

Für die Abmessungen der Prüflinge war in erster Linie maßgebend, daß einige Isolierstoffe nicht in geringerer Dicke als 10 mm hergestellt werden konnten. Für die mechanische Untersuchung ist die Stabform die geeignetste; für die elektrische Untersuchung war zuerst die Platte vorgesehen; da sich aber hierfür der Stab ebenfalls als geeigneter erwies, wurde dieser als Normalform für die gesamte Prüfung gewählt. Das Herausschneiden von Stäben aus einer Platte empfahl sich nicht, weil sich einige Preßstoffe schlecht

schneiden lassen und zum Teil die Festigkeitseigenschaften von der Preßhaut abhängig sein können.

Die Breite und die Länge des Stabes sind nun so gewählt, daß die Biegespannung in  $\text{kg/cm}^2$  nach A 1 zahlenmäßig zehnmal so groß wie die Belastung in Kilogramm ist.

#### Mechanische Prüfungen.

Die mechanischen Prüfungen suchen möglichst die Beanspruchungen zu erfassen, denen der Isolierstoff betriebsmäßig ausgesetzt ist, nämlich Biegung, Schlag und Druck.

Zu A 1. Biegefestigkeit: Die Biegespannung  $\sigma_b$  ist das Verhältnis des Biegemomentes  $M$  zum Widerstandsmoment  $W$ . Wirkt in der Mitte des auf zwei Auflagern im Abstände  $l$  voneinander aufliegenden Probestabes die Kraft  $P$ , so ist das Biegemoment  $M = \frac{Pl}{4}$ .

Das Widerstandsmoment  $W$  des rechteckigen Stabes ist  $W = \frac{b h^3}{6}$ , worin  $b$  die Breite und  $h$  die Höhe (= Dicke) des Stabes in cm bedeuten; bei genauer Einhaltung der gewählten Abmessungen  $l = 10$  cm,  $b = 1,5$  cm,  $h = 1$  cm ist  $\sigma_b = 10 P$  ( $\text{kg/cm}^2$ ).

Die ersten Vorschriften sahen stufenweise Belastung in Stufen von je etwa  $150 \text{ kg/cm}^2$  vor, die 2 min lang auf den Probestab wirken sollten. Diese Stufen sollten als Gütegrade für die Klasseneinteilung der Isolierstoffe dienen; sie erwiesen sich aber für die Bedürfnisse der Praxis als zu grob und deshalb wurden in der Ausgabe der Prüfvorschriften vom April 1922 Belastungsstufen in kleineren Abständen eingeführt. Nachdem aber einmal die Gütegrade verlassen waren, hatte die schrittweise Steigerung der Belastung keinen rechten Zweck mehr; daher wurde dazu übergegangen, die Belastung gleitend bis zum Bruch zu steigern, wie es bei Festigkeitsuntersuchungen allgemein üblich ist. Die Versuchsausführung ist dabei bequemer, weniger zeitraubend und ergibt die genaue Bruchlast. Um den Einfluß verschiedener Belastungsgeschwindigkeit auszuschalten, ist eine bestimmte Geschwindigkeit, nämlich  $250 \text{ kg/cm}^2$  in 1 min, festgesetzt worden, so daß ein Versuch mit einem Stoff mittlerer Festigkeit etwa 1 min dauert. Will man aus dem Biegeversuch einen Anhalt über die Nachwirkung gewinnen, so kann man den Versuch mit größerer oder kleinerer Geschwindigkeit wiederholen. Eine ausreichende Vorstellung über die Größe der Nachwirkung ergibt sich aber schon aus dem Versuch A 3, Kugeldruck-

härte, bei dem die Eindrucktiefe nach zwei verschiedenen Belastungszeiten bestimmt wird.

Von den chemischen Einflüssen, denen der Isolierstoff im Betriebe ausgesetzt ist, sind die Einwirkungen von Mineralölen, Säuren und Laugen die häufigsten.

Der Angriff von Mineralöl ist nur durch die mechanische Prüfung zu erfassen; der Angriff von Säuren und Laugen beeinflußt hingegen den elektrischen Oberflächenwiderstand des Isolierstoffes sehr viel stärker als die mechanische Festigkeit, er wird daher durch die elektrische Prüfung B 1,  $\gamma$  und  $\delta$  festgestellt.

Zu A2. Schlagbiegefestigkeit: Die Prüfung auf Schlagbiegefestigkeit dient zur Beurteilung der Sprödigkeit von Isolierstoffen, d. h. ihres Verhaltens gegenüber stoßweise auftretender Beanspruchung.

Das bisher verwendete Pendelschlagwerk von 150 cm/kg Arbeitsinhalt war nach den festesten Isolierstoffen (Hartpapiere u. dgl.) bemessen worden. Jedoch hat sich als zweckmäßig herausgestellt, die weniger festen Stoffe mit leichteren Pendelschlagwerken zu prüfen, um die Unterschiede bei kleinen Schlagarbeiten besser erkennen zu können. Die Firma Louis Schopper, Leipzig, hat auf Anregung der Kommission für Isolierstoffe des VDE das in Abb. 7 dargestellte Pendelschlagwerk gebaut, das mit zwei auswechselbaren Pendeln von 10 und 40 cm/kg Arbeitsinhalt versehen ist.

Die Firma hat die Genehmigung zur Bekanntgabe nachstehender Hauptabmessungen erteilt:

	Pendel für 10 cm/kg	Pendel für 40 cm/kg
Elevationswinkel . . . . .	160°	160°
Gesamtgewicht für pendelnde Masse. Abstand des Schwerpunktes von der Pendelachse . . . . .	304 g	1020 g
Fallhöhe des Schwerpunktes . . . . .	169,2 mm	202 mm
Abstand der Schneidmitte von der Pendelachse . . . . .	328,3 „	391,8 „
	225 „	225 „

Das 10 cm/kg Pendel wird bei gewöhnlichen gepreßten Isolierstoffen benutzt, das 40 cm/kg Pendel bei Hartgummi. Der Apparat ist außer mit Auflagern für Normalstäbe auch noch mit Auflagern für 5×10×60 mm Stäbe eingerichtet. Das 150 cm/kg-Pendelschlagwerk wird nur noch für Stoffe höchster Festigkeit benutzt.

Für genau senkrechte Aufstellung des Apparates auf genügend fester Unterlage ist Sorge zu tragen.

Das Pendel, Abb. 7, fällt bei einer Auslösung der Klinke K aus einem Elevationswinkel von  $160^\circ$ . In der tiefsten Stellung trifft es auf die Probe und schwingt, nachdem es die Probe durchschlagen hat, auf der anderen Seite durch. Die Größe der Durchschwingung (Steighöhe) wird in Winkelgraden an der Skala S mit Hilfe des Schleppzeigers Z abgelesen. Aus der Steighöhe ergibt sich der nach dem Bruch der Probe im Pendel noch vorhandene Arbeitsinhalt. Der Unterschied der Steig- gegen die Fallhöhe unter Berücksichtigung des Gesamtarbeitsinhaltes des Pendels ergibt die durch die Probe aufgenommene Schlagarbeit. Die Reibung des Pendels und des Schleppzeigers ist in den Teilungen der Skala für die Steighöhe bei dem  $10/40$  cm/kg-Pendelschlagwerk bereits berücksichtigt, so daß besondere Abzüge für den Leerlaufverlust nicht zu machen sind.

Zweckmäßig ist es, von Zeit zu Zeit festzustellen, ob sich die Reibung des Kugellagers und Schleppzeigers etwa geändert hat. Bei guter Instandhaltung des Apparates treten allerdings kaum Änderungen auf. Da die Fallarbeit nicht den Winkelgraden, sondern den Fallhöhen proportional ist, trägt man sich zweckmäßig zur Bestimmung der von den Proben aufgenommenen Schlagarbeiten eine Kurve auf.

Die Sprödigkeit nimmt im allgemeinen mit abnehmender Temperatur zu. Für Stoffe, die im Freien verwendet werden, ist daher noch der Schlagbiegeversuch bei Kälte vorgeschrieben. Die Temperatur von etwa  $-20^\circ$  läßt sich durch eine Viehsalzeismischung etwa im Verhältnis 1:2 bis 1:1 erreichen. Besonderes Augenmerk ist darauf zu richten, daß die Proben auch tatsächlich diese Temperatur annehmen; dieses wird am zuverlässigsten erreicht, wenn man sie etwa 20 min lang in die Kältemischung selbst legt. Jede Probe wird unmittelbar vor dem Versuch aus der Kältemischung herausgenommen, dabei möglichst nicht in der Mitte mit den Händen berührt, entweder gar nicht oder nur ganz oberflächlich von der anhaftenden Flüssigkeit befreit und so schnell wie möglich geprüft.

Zu A 3. Kugeldruckhärte: Zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit eines Stoffes gegen Druckbeanspruchung kann man verschiedene Verfahren anwenden. Die hier vorgesehene Kugeldruckprobe dient nicht zur Bestimmung der eigentlichen Druckfestigkeit, sondern der Härte, und zwar nach dem sogenannten Eindruckverfahren.

Nach den früheren Vorschriften wurde eine 5 mm-Kugel

aus glashartem Stahl 0,1 mm tief in die Probe eingedrückt und als Härtemaßstab die zur Erzeugung dieser Eindringtiefe erforderliche Kraft gewählt. Im Laufe der Zeit stellte sich heraus, daß dieses Verfahren für die Isolierstoffprüfung weniger geeignet ist, weil verschiedene Isolierstoffe starke Nachwirkung aufweisen, so daß man bei dem gleichen Stoff größere oder kleinere Kräfte zur Erzeugung einer bestimmten Eindringtiefe erhält, je nachdem man die Kraft schnell oder langsam anwachsen läßt. Ein zuverlässiger Maßstab für die Nachwirkung läßt sich aus dieser Ausführungsform der Kugeldruckhärteprobe aber nicht gewinnen. Die neuen Vorschriften greifen deshalb auf die ursprüngliche Ausführungsform der Brinellschen Kugeldruckprobe zurück. Die Kugel (5 mm Durchmesser) wird mit einer konstanten Belastung von 50 kg aufgedrückt; der Härtemaßstab ist ein Wert in  $\text{kg/cm}^2$  als reziproker Wert der Eindringtiefe  $h$  in cm (zu messen ist mindestens auf  $\frac{1}{100}$  mm genau) multipliziert mit einer Konstanten, deren Bestimmung sich aus der in den Prüfvorschriften mitgeteilten Formel ergibt. Hierbei kann bequem etwaige Nachwirkung beobachtet werden; für Isolierstoffe sind deshalb zwei Ablesungen festgesetzt worden, und zwar nachdem die schnell, aber stoßfrei aufgebrachte Belastung von 50 kg 10 und 60 s lang gewirkt hat.

Zu A 4. Wärmepfung: Da viele Isolierteile im Betriebe bei einer zum Teil weit über Zimmerwärme liegenden Temperatur noch ausreichende Festigkeit aufweisen müssen, ist eine dahin gehende Prüfung erforderlich. Von den verschiedenen sich hierfür bietenden Möglichkeiten hat man der Einfachheit der Versuchsausführung halber die Martensprobe in die Vorschriften aufgenommen.

Die schematische Abb. 8 stellt die Beanspruchung des Probestabes beim Martensschen Warmbiegeversuch dar. Das Gewicht  $G$  erzeugt am Hebelarm  $l$  das Moment  $M = G \cdot l$ . Die Beanspruchung des Probestabes ist die gleiche wie bei einem auf  $B$  und  $C$  als festen Stützpunkten gelagerten, an den überragenden Enden  $A$  und  $D$  im Abstände  $a$  von den Stützpunkten mit den Kräften  $P$  belasteten Biegebalken. Das Biegemoment steigt von  $A$  bis  $B$  und von  $D$  bis  $C$  auf seinen Höchstwert  $M = G \cdot l$ , der auf die ganze Länge  $b$  zwischen den Stützpunkten  $B$  und  $C$  konstant bleibt. Dem Moment  $G \cdot l$  entspricht an der Probe das Moment  $P \cdot a$ , also  $M = G \cdot l = P \cdot a$ . Man wird zweckmäßig den Hebelarm  $a$  für die Kraft  $P$  nicht zu klein wählen, damit  $P$  nicht zu groß wird und damit örtliche Eindrücke an



der Probe hervorruft. Die Länge  $b$  ist innerhalb weiter Grenzen gleichgültig. Bei zu großem  $b$  wird der Fehler nicht mehr vernachlässigbar, der durch Absinken des Belastungshebels  $H$  und seitliches Ausweichen der Probe eine Änderung des Momentes  $G \cdot l$  bedingt. Die Abmessungen des Normalstabes und des Normalapparates ergeben jedoch für  $b$  eine zweckmäßige Größe. Wählt man  $l$  nicht zu klein, so daß  $G$  nicht zu groß wird, so ist auch die durch das Gewicht  $G$  erzeugte, im Stabe senkrecht wirkende Druckkraft vernachlässigbar. Oben ist das wirksame Moment der Einfachheit halber als  $G \cdot l$  angegeben; es ist selbstverständlich nötig, das durch das Eigengewicht des Hebels  $H$  erzeugte Moment mit zu berücksichtigen; das auf die Probe wirkende Biegemoment  $M$  ist also  $M = G \cdot l + H \cdot l \cdot P \cdot a$ .

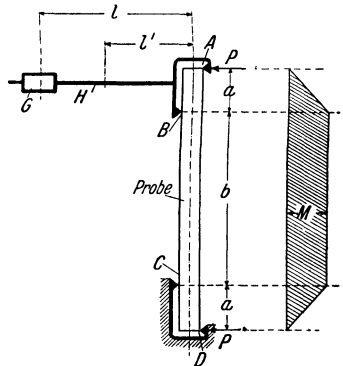


Abb. 8.

Bei der früher festgesetzten Geschwindigkeit der Temperatursteigerung von 125 bis 150° C in 1 h tritt, wie Nachprüfungen ergeben haben, ein unzulässig großer Unterschied zwischen der Wärme der Proben und der des umgebenden Luftbades auf. Deshalb ist die Geschwindigkeit der Temperatursteigerung auf etwa 50° C in 1 h herabgesetzt, da hierbei die Wärme der Proben nur 5 bis 6° C hinter der des umgebenden Luftbades zurückbleibt.

Bei der Anordnung der Heizquellen ist darauf zu achten, daß die Probestäbe auf die ganze Länge gleichmäßig erwärmt werden. Die Erfahrung hat gezeigt, daß das Außersichtlassen dieser Forderung zu Unstimmigkeiten führt.

Beim Einbau mehrerer Martens-Apparate in den Heizkasten sind dünne Trennwände zwischen den einzelnen Belastungshebeln und federnde Auffangvorrichtung anzu-

bringen, damit beim Bruch einer Probe die Nachbarproben nicht gestört werden. Von einer Festlegung der Konstruktion des Wärmekastens und der Anzeigevorrichtung für das Absinken des Hebels ist abgesehen worden, damit etwa vorhandene Wärmeschränke benutzt werden können; jedoch ist darauf zu achten, daß die Erwärmung der Proben gleichmäßig erfolgt und die Messung der Hebelstellung nicht durch Verschiebung des Nullpunktes beim Erwärmen ungenau wird. Um das Belastungsgewicht bei den unvermeidlichen Schwankungen des Widerstandsmomentes der einzelnen Proben schnell einstellen zu können, empfiehlt es sich, auf dem Hebel eine entsprechende Teilung anzubringen.

Zu A 5. **Feuersicherheit:** Die Prüfung ist der in den Errichtungsvorschriften gegebenen Definition der Feuersicherheit angepaßt worden. Die unter 45° geneigte, von der Probe seitlich etwas abgerückte Stellung des Brenners ist gewählt worden, um zu verhindern, daß bei Stoffen, die leicht erweichbare Bestandteile austropfen lassen, Verschmutzungen des Brenners vorkommen.

Die Prüfung auf Frostbeständigkeit ist in den neuen Vorschriften in Fortfall gekommen, weil eine mangelhafte Frostbeständigkeit nur durch Wassergehalt (bzw. Wasseraufnahme) bedingt ist und weil die Feuchtigkeitenaufnahme durch die elektrische Prüfung in schärferer Weise erfaßt wird.

#### Elektrische Prüfung.

Zu B 1. **Auf elektrische Festigkeit, also auf Durchschlag,** werden die isolierenden Baustoffe für Apparate und Installationsmaterial nicht in nennenswerter Weise beansprucht, verlangt wird nur, daß der Isolierstoff nicht merklich leitet. In völlig trockenem Zustande isoliert eine große Anzahl von Stoffen vortrefflich; viele von ihnen werden aber durch Zutritt von Feuchtigkeit merklich elektrolytisch leitend und somit unbrauchbar. Dieses macht sich naturgemäß zuerst und am stärksten an der Oberfläche des Isolierstoffes bemerkbar; in elektrischer Hinsicht wird daher für den vorliegenden Zweck ein Isolierstoff durch einen Oberflächenwiderstand unter verschiedenen Einflüssen geeignet gekennzeichnet.

Mehrfach hat man einen nicht feuchtigkeitsicheren Isolierstoff durch einen wasserdichten Anstrich zu verbessern gesucht. Abgesehen davon, daß im Gebrauch diese dünne Haut leicht verletzt und ihre Schutzwirkung in Frage

gestellt wird, soll hier der Stoff selbst und nicht der etwaige Anstrich untersucht und gekennzeichnet werden; daher ist vorgeschrieben, daß die Oberfläche der Platten vor der Prüfung abgeschliffen wird.

Der mit dem vorgeschriebenen Normalapparat gemessene Widerstand ist nun nicht rein der Oberflächenwiderstand, sondern Anteil an ihm hat auch das Innere des Isolierstoffes, da die elektrischen Feldlinien zwischen den beiden spannungführenden Scheiden nicht nur an der Oberfläche, sondern auch im Inneren verlaufen. Die Verhältnisse beim eingebauten Isolierstoff liegen aber in der Regel ganz ähnlich. Da der Apparat und die Proben in ihren Abmessungen vorgeschrieben sind, sind die Meßergebnisse völlig eindeutig; die Bezeichnung des gemessenen Widerstandes als „Oberflächenwiderstand“ ist lediglich eine Abkürzung, die den wesentlichsten Teil nennt.

Die Probeplatte darf bei der Prüfung nicht auf eine gerdete Metallfläche gelegt werden, da hierdurch die elektrische Feldverteilung eine andere wird und der gemessene Widerstandswert zu hoch ausfallen kann.

Der Isolationswiderstand, namentlich der Oberflächenwiderstand, hat nicht einen festen Wert wie etwa der Widerstand eines Drahtes, sondern er nimmt im allgemeinen etwa umgekehrt proportional der Spannung ab. Daher mußte eine einheitliche Meßspannung vorgeschrieben werden, die nicht zu niedrig gewählt werden durfte, um einerseits nicht zu günstig erscheinende Widerstände bei geringwertigen Stoffen zu erhalten und andererseits die hochwertigsten Stoffe erkennen zu können. Die Stromstärke ist durch den vorgeschalteten Schutzwiderstand von 10 000  $\Omega$  auf den Höchstwert von 0,1 A begrenzt, die Gleichstromquelle braucht daher nur 100 W zu leisten. Am bequemsten hierfür ist eine kleine Dynamo, deren Spannung mit der Erregung geregelt und durch deren Ausschalten auf wenige V herabgesetzt werden kann, so daß die Prüflinge ohne Gefahr ausgetauscht werden können. Man kann auch kleine Akkumulatoren von 0,1 A Entladestromstärke, in passenden Gruppen für die Ladung unterteilt, zu einer Batterie zusammensetzen; sie müssen in regelmäßigen Zeiträumen kräftig entladen und wieder aufgeladen werden, da die geringe Entladung beim Messen nicht genügt, das Verhärten der positiven Platten zu verhindern.

Ein anderer Weg ist, eine Wechselspannung heraufzutransformieren und mit einem Gleichrichter gleichzurichten, doch ist darauf zu achten, daß die so erzeugte

Gleichspannung nicht zu stark pulsiert. Ein Dreiphasen-Gleichrichter ist in dieser Hinsicht wegen der besseren Überlappung der Spannungshalbwellen wesentlich günstiger als ein einphasiger. Auf alle Fälle werden aber besondere Mittel zur Begrenzung der Pulsationen anzuwenden sein; am vollkommensten gelingt dieses, wenn man mit dem Gleichrichter eine Kapazität  $C$  aufladet. Soll bei Drehstrom von der Frequenz 50 Per/s die Pulsation der Gleichspannung von 1000 V bei einer Stromentnahme von  $i$  A durch den Oberflächenmeßapparat nicht mehr als 5% betragen, so muß:  $C$  in  $\mu\text{F}$  gleich  $1,3 > 10^{-1}$  sein. Für  $i = 1/10$  A würde sich hiernach  $C$  zu 13  $\mu\text{F}$  ergeben; nun würde man sich aber wohl an manchen Stellen damit begnügen können, die Oberflächenwiderstände, z. B. unter 1  $M\Omega$  (Grenze zwischen Vergleichzahl 1 und 2) mit geringerer Zuverlässigkeit zu messen; dann würde für  $i = 0,001$  die Kapazität  $C$  0,13  $\mu\text{F}$  groß sein müssen. Für 1000 V Gleichspannung ist ein solcher Kondensator gut herstellbar. Bei Messungen von Widerständen über 10  $M\Omega$  würden dann die Pulsationen unmerklich klein.

Statt des Kondensators kann man auch einen Widerstand (nicht eine Drosselspule) einschalten, der einen nicht zu geringen Strom, z. B. 0,5 bis 1 A, entnimmt und von dem man die Spannung zum Messen abzweigt; mit einer Drosselspule vor dem Widerstand kann man die Pulsationen des Stromes durch den Widerstand schwächen. Der Betrieb der Anordnung verzehrt aber nicht unbeträchtlich Energie.

Beim Oberflächenwiderstand interessiert nicht die genaue Größe, sondern nur die Größenordnung. Ihre Stufen sind von  $1/100$   $M\Omega$  ausgehend mit dem Faktor 100 fortschreitend festgesetzt und mit Vergleichszahlen bezeichnet.

Von chemischen Einflüssen macht sich der Angriff von Säuren und Alkali im Oberflächenwiderstand scharf bemerkbar. Für die abgekürzte Prüfung sind die praktisch am häufigsten vorkommenden Einwirkungen dieser Art ausgesucht: verdünnte Schwefelsäure, wie sie sich in Akkumulatorenräumen durch das Gasen der Zellen beim Laden überall hin verbreitet, und Ammoniakdampf, der sich in Viehställen und dergleichen entwickelt. Da sich der Angriff zeitlich nicht beschleunigen läßt, mußte die Dauer der Einwirkung auf 3 Wochen festgesetzt werden.

Zu B 2: Bei Isolierstoffen, die Kunstharze enthalten, kommt es als Folge ungenügender Durchführung des Herstellungsganges vor, daß sich im Inneren nachträglich

Wasser abspaltet, während die Oberfläche hervorragend isoliert. Um derartige Fehler zu erkennen, ist bei der Neubearbeitung der Vorschriften die Messung des Widerstandes im Inneren zugefügt.

Zu B 3: Die Anordnung der Kohlen bei der Prüfung der Lichtbogensicherheit ist so gewählt, daß die vom Lichtbogen aufsteigenden Flammengase frei nach oben entweichen können. An einem Haltegestell ist ein Isolierstück befestigt, das zwei, eine Gerade bildende, wagerechte Runden Eisenstäbe trägt; auf jedem gleitet ein Klotz, der eine um etwas mehr als  $45^\circ$  gegen den Stab geneigte Bohrung hat. In dieser wird der Kohlenstab festgeklemmt; die beiden Kohlen werden soweit durchgesteckt, daß ihre Ebene um etwa  $60^\circ$  gegen die wagerechte Ebene geneigt ist. Die Stromzuführungen werden mit Klemmschrauben an den Klötzen befestigt. Nach Zünden des Lichtbogens wird der eine Klotz mit der vorgeschriebenen Geschwindigkeit auf seinem Eisenstab entlanggeschoben, während der andere feststeht.

Die Lichtbogensicherheit wird danach beurteilt, in welchem Maß der Isolierstoff durch die Einwirkung des Lichtbogens dauernd oder vorübergehend an der Stromleitung teilnimmt. Bei der Neubearbeitung der Vorschriften sind die vier charakteristisch verschiedenen Fälle in ihrer Reihenfolge umgestellt und mit 0, 1, 2, 3 als Stufen der Lichtbogensicherheit bezeichnet. Die Gründe für das verschiedene Verhalten sind folgende:

0. Der Isolierstoff verkohlt und diese Kohle leitet auch nach dem Erkalten den Strom, so daß sie wieder zum Glühen kommt.
1. Am Isolierstoff bilden sich sogenannte Leiter II. Klasse (wie z. B. der Stift der Nernstlampe), die in glühendem Zustande gut, in kaltem jedoch nicht leiten.
2. Aus dem Isolierstoff entwickeln sich brennbare Gase, die ein Auseinanderziehen des Lichtbogens über die natürliche Länge von 22 mm gestatten, der Isolierstoff selbst jedoch wird leitend.

## 16. Vorschriften für Transformatoren- und Schalteröle<sup>1)</sup>.

### § 1.

Die Vorschriften treten am 1. Oktober 1924 in Kraft.

### § 2.

Die Vorschriften der §§ 3 bis 7 beziehen sich sowohl auf neues als auf im Apparat angeliefertes Öl. Die Vorschriften der §§ 8 bis 10 beziehen sich lediglich auf neues Öl, die Vorschrift des § 11 bezieht sich auf ein dem im Betriebe befindlichen Transformator oder Apparat entnommenes Öl.

### § 3.

Als Mineralöle sollen für Transformatoren und Schalter nur Raffinate verwendet werden. Auf Schiefer- und Braunkohlenteeröle beziehen sich diese Vorschriften nicht.

### § 4.

Das spezifische Gewicht darf nicht weniger als 0,85 und nicht mehr als 0,95 bei 20° C betragen.

### § 5.

Der Flüssigkeitsgrad (Viskosität) bezogen auf Wasser von 20° darf bei einer Temperatur von 20° C nicht über 8° Engler sein.

### § 6.

Der Flammpunkt, nach Marcusson im offenen Tiegel bestimmt, darf nicht unter 145° C liegen.

### § 7.

Der Stockpunkt des Schalteröles muß mindestens — 15° C betragen, der Stockpunkt des Transformatorenöles braucht nicht tiefer als bei — 5° C zu liegen.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1924. Veröffentlicht: ETZ 1923, S. 600 u. 1098; 1924, S. 346 u. 1068.

§ 8.

Das neue Öl muß bei 20° C vollkommen klar sein; es muß frei sein von Mineralsäure. Der Gehalt an organischer Säure darf höchstens 0,2 (berechnet als Säurezahl) betragen. Der Gehalt an Asche darf 0,01% nicht übersteigen.

§ 9.

Das neue Öl muß praktisch frei von mechanischen Beimengungen sein.

§ 10.

Die Verteerungszahl des neuen ungekochten Öles darf 0,2% nicht überschreiten.

§ 11.

Die dielektrische Festigkeit des dem im Betriebe befindlichen Transformator oder Apparat entnommenen Öles soll, gemessen nach den Prüfvorschriften, im Mittel 60 kV/cm nicht unterschreiten. Ist die dielektrische Festigkeit geringer, so muß das Öl gereinigt bzw. erneuert werden. Ergibt das Erhitzen des Öles im Reagenzglas auf rd. 150° C das Vorhandensein von Wasser durch knackendes Geräusch, so erübrigt sich die Untersuchung der dielektrischen Festigkeit und das Öl muß getrocknet werden.

Unter neuem Öl (§§ 8, 9, 10) ist ein Öl zu verstehen, wie es in Kesselwagen oder Eisenfässern von der Raffinerie angeliefert wird. Die Anlieferung darf nicht in Holzfässern erfolgen.

Die Untersuchung, ob die Öle diesen Vorschriften entsprechen, hat nach den nachstehenden Prüfvorschriften zu erfolgen:

**Prüfvorschriften.**

Aus den Kesselwagen oder Eisenfässern sollen Proben nach den folgenden Vorschriften entnommen werden:

a) Für Kesselwagen: Ein Glasrohr von 1½ bis 2 m Länge (etwa 15 mm l. W.), das auf der einen Seite rund abgeschmolzen ist, so daß man es gut mit dem Daumen verschließen kann, und auf der anderen Seite ein wenig stumpf ausgezogen ist, wird im geöffneten Zustande langsam durch den Dom des Wagens bis zum Boden des Kesselwagens eingeschoben, so daß beim Durchschieben aus allen Teilen des Wageninhaltes Teile in das Rohr eintreten. Wenn das Rohr den Boden berührt, wird es mit dem Daumen

verschlossen und aus dem Wagen herausgehoben. Der Inhalt des Rohres und das etwa außen anhaftende Öl wird in ein Gefäß gebracht. In gleicher Weise wird die Probeentnahme so oft wiederholt, bis mindestens eine Probemenge von 2 l vorhanden ist. Es wird nochmals gut umgerührt und die so entnommene Probe in zwei Teile geteilt, von denen der eine für eine Kontrollprüfung für den Fall der bei der Werkuntersuchung gefundenen Abweichung zurückgestellt wird. Wird die Probe als einwandfrei erachtet, so kann eine Gegenprobe höchstens für die Sammlung von Vergleichsmaterialien bzw. Beanstandungen, genau bezeichnet und einwandfrei verschlossen, zurückgehalten werden. Eine Verpflichtung hierzu besteht aber bei erfolgter Abnahme nicht.

b) Für Eisenfässer: Ein Glasrohr, gleicher Ausführung wie zu a) beschrieben, aber entsprechend kürzer, wird durch das geöffnete Spundloch eines jeden fünften Fasses eingeführt. Aus jedem dieser Fässer wird eine Probe entnommen oder doch jedenfalls soviel, daß aus der gesamten Sendung wieder eine Probemenge von rund 2 l gebildet werden kann. Auch hier wird wieder gut durchgemischt und im übrigen wie oben verfahren.

Über die Probeentnahme aus dem im Betriebe befindlichen Transformator oder Apparat siehe die Erläuterung zu § 11.

### Erläuterungen.

Zu § 4. Die Ausführung der Bestimmungen des spezifischen Gewichtes kann nach einer beliebigen Arbeitsweise vorgenommen werden. Für die Umrechnung auf 20° ist der Ausdehnungskoeffizient von 0,0007 zu benutzen (z. B. gefundenes spezifisches Gewicht

$$\begin{aligned} \text{bei } 15^\circ &= \dots\dots\dots 0,8700 \\ \text{Korrektur} &= 5 \times 0,0007 = \dots\dots -0,0035 \\ \text{Spezifisches Gewicht bei } 20^\circ &\dots\dots 0,8665. \end{aligned}$$

Zu § 5. Zur Viskositätsbestimmung wird der Apparat von Engler benutzt (siehe Holde, „Untersuchung der Kohlenwasserstoffe, Öle und Fette“, 4. Aufl., S. 139, 5. Aufl., S. 23).

Zu § 6. Zur Flammpunktbestimmung ist der im „Holde“ 4. Aufl., Abb. 74 und 75 (5. Aufl., Abb. 35) abgebildete Apparat mit wagerechter Flammenführung zu benutzen (Versuchausführung vgl. 4. Aufl., S. 178, bzw. 5. Aufl., S. 61/62). Hierzu sind die vorschriftsmäßigen, von der PTR geeichten Flammpunktthermometer zu verwenden, bei deren Eichung die Korrektur für den herausragenden Faden bereits berücksichtigt ist.

Zu § 7. Das Verhalten des Öles in der Kälte muß derart sein, daß es nach einstündigem Abkühlen auf  $-15^\circ \text{C}$  bzw.  $-5^\circ \text{C}$  noch fließt. Die Prüfung geschieht nach dem folgenden Verfahren:



Das Öl wird in ein 15 mm weites Reagenzglas 3 cm hoch mit der Pipette eingefüllt und zwar so, daß die Glaswand oberhalb des Ölspiegels nicht benetzt wird. Das Reagenzglas wird mittels eines Gestelles oder Halters senkrecht in das Kühlgefäß eingestellt und eine Stunde lang bei  $-15^{\circ}\text{C}$  abgekühlt. Die Abkühlung erfolgt in einer Salzlösung, die durch Auflösung von 25 Teilen Salmiak in 100 Teilen Wasser zu bereiten ist. Die Abkühlung dieses Bades wird durch Einstellung der Lösung in eine Mischung von Eis und Viehsalz bewirkt. Nach Ablauf einer Stunde wird das Reagenzglas, ohne es herauszunehmen, in eine schräge Lage gebracht und die Veränderung des Flüssigkeitspiegels beobachtet. Der flüssige Zustand des Öles zeigt sich nach dem Herausnehmen des Reagenzglases daran, daß die Glaswandung vom Öl einseitig benetzt ist.

#### Zu § 8.

a) Reinheit des Öles. Zur Feststellung, ob das Öl klar ist, wird eine frisch aus dem Versandgebinde entnommene Probe in einem Reagenzglase von 15 mm l. W. 1 h lang bei  $20^{\circ}\text{C}$  der Ruhe überlassen. Ist die Probe nach dieser Zeit klar, so entspricht sie den Anforderungen. Eine Trübung kann auch von zu hohem Wassergehalt herrühren, der sich durch Kochen beseitigen läßt.

Zum Nachweis von freier Mineralsäure werden (nach Holde) 100 cm<sup>3</sup> mit 200 cm<sup>3</sup> heißem destillierten Wasser im Scheidetrichter oder Kolben kräftig durchgeschüttelt, bis sich das Öl genügend im Wasser verteilt hat. Nach dem Absetzen filtriert man die wässrige Schicht durch ein angefeuchtetes Faltenfilter und versetzt das Filtrat mit einigen Tropfen Methylorange, wobei keine Rotfärbung eintreten darf.

b) Säurezahl. 10 g Öl werden in einen 200 cm<sup>3</sup> fassenden Erlenmeyer-Kolben eingewogen und in 75 cm<sup>3</sup> eines vorher neutralisierten Gemisches von zwei Teilen Benzol und einem Teil Alkohol aufgelöst. Hierbei wird nach Versetzen mit einigen Tropfen Phenolphthaleinlösung (bei dunkelgefärbten Ölen kann Alkaliblauf 6 B [2 cm<sup>3</sup>] zugesetzt werden) aus einer Bürette eine genau eingestellte,  $\frac{1}{10}$  normal alkoholische Kalilauge bis zur deutlichen Rotfärbung (bei Benutzung von Alkaliblauf bis zum Farbumschlag) zugegeben. Die Säurezahl ist der Verbrauch an mg KOH für 1 g angewandtes Öl. Wurden bis zum Farbumschlag beispielsweise  $\frac{3}{10}$  cm<sup>3</sup> KOH verbraucht, so errechnet sich die Säurezahl wie folgt:

$$\frac{0,3 \times 5,6}{10} = 0,168 \text{ mg KOH} \left. \vphantom{\frac{0,3 \times 5,6}{10}} \right\} \left. \begin{array}{l} (5,6 \text{ ist die Anzahl g KOH/Liter} \\ \text{in } \frac{1}{10} \text{ normaler Kalilauge).} \end{array} \right.$$

Die Säurezahl ist dann 0,168.

c) Aschegehalt. Etwa 20 g, besser etwa 100 g Öl werden in einem Tiegel aus Platin, Porzellan oder Quarz auf der Wage eingewogen (Schale ist vorher auszuglühen und für sich auf der analytischen Wage zu wiegen) und über freier Flamme langsam bis zum Brennpunkt erhitzt. Sobald sich die Öldämpfe entzündet haben, muß man mit dem Erhitzen vorsichtig fortfahren, um Verspritzungen zu vermeiden. Nachdem das Öl abgebrannt ist, wird der entstandene Ruß vorsichtig abgeglüht. Sollte sich schwer verbrennlicher Koks gebildet

haben, so ist die Asche mit heißem Wasser auszuziehen und durch ein quantitatives Filter zu filtrieren. Das Filtrat wird in dem vorher benutzten Tiegel, nachdem die Kohle und das Filter in diesem verbrannt sind, zur Trockne eingedampft. Der gesamte Rückstand wird dann vorsichtig bis zur beginnenden Rotglut erhitzt und nach dem Erkalten gewogen.

Zu § 9. Mit dem Ausdruck „praktisch frei“ ist gemeint, daß keine mikroskopisch sichtbaren Beimengungen vorhanden sein dürfen.

Zu § 10. Verteerungszahl. Es wird darauf hingewiesen, daß die Bestimmung der Verteerungszahl besonders schwierig ist und im Zweifelfalle von einem Spezialchemiker ausgeführt werden muß.

a) Allgemeine Methode, die bei Transformatoren- und Schalterölen im Zweifelfalle als Schiedsmethode gilt (70 h 120° O<sub>2</sub>) 150 g des frischen ungebrauchten, filtrierten Öles werden in einem 300 cm<sup>3</sup> fassenden Erlenmeyer-Kolben (Schott & Gen., Jena) in einem Ölbad 70 h ununterbrochen unter gleichzeitigem Durchleiten von Sauerstoff auf 120° C erwärmt. Der Sauerstoff passiert 2 Waschflaschen, von denen die erste mit Kalilauge (spez. Gewicht 1,32), die zweite mit konz. Schwefelsäure (spez. Gewicht 1,84) beschickt ist (die Waschflaschen sollen ein Fassungsvermögen von mindestens ¼ l bei hoher zylindrischer Form haben und etwa auf 1/5 ihrer Höhe mit der Waschflüssigkeit beschickt sein). Die Erwärmung wird in einem zuverlässig regelbar geheizten Ölbad ausgeführt. Die vorgeschriebene Temperatur ist in dem zu untersuchenden Öl zu überwachen. Das Ölbad ist mit einem Rührwerk auszustatten. Der Kolben ist durch einen Korkstopfen mit seitlicher Einkerbung verschlossen, durch den das 1 bis 2 mm über dem Boden des Kolbens mündende Einleitungsrohr führt (die lichte Weite des Einleitungsrohres soll genau 3 mm, die Anzahl der Blasen je s 2 betragen).

Nach der geschilderten 70stündigen Vorbehandlung werden 50 g des gut durchgerührten Öles in einem mit Rückflußkühler versehenen, 300 cm<sup>3</sup> fassenden Erlenmeyer nach Zusatz einiger Siedesteine 20 min lang auf siedendem Wasserbad mit 50 cm<sup>3</sup> einer Lösung erwärmt, die durch Auflösen von 75 g möglichst reinem Ätznatron in 1 l dest. Wasser und durch Hinzufügen von 1 l 96prozentigen Alkohols zu bereiten ist. Ohne den Rückflußkühler zu entfernen, wird hiernach das warme Gemisch 5 min lang kräftig geschüttelt, wobei der Kolben zweckmäßig mit einem Tuch umwickelt wird. Sein Inhalt wird nach dem Erkalten in einen Scheidetrichter übergeführt und nach eingetretener Schichtung ein möglichst großer Anteil der alkoholisch-wässrigen Lauge durch ein gewöhnliches Filter in einen Kolben filtriert. Von dem Filtrat werden 40 cm<sup>3</sup> abpipettiert, in einem zweiten Scheidetrichter mit einigen Tropfen Methyl-Orange versetzt und mit Salzsäure bis zur deutlichen Rotfärbung der Flüssigkeit angesäuert (hierzu sind etwa 6 cm<sup>3</sup> Salzsäure vom spez. Gewicht 1,124 erforderlich). Die durch das Ansäuern abgeschiedenen Teerstoffe werden in 50 cm<sup>3</sup> reinem Benzol vom Siedepunkt 80/82° C (das beim Eindampfen auf dem Wasserbad keine Spur eines Rückstandes hinterlassen darf) aufge-

nommen. Das Ausschütteln ist mit 50 cm<sup>3</sup> Benzol in einem dritten Scheidetrichter noch einmal zu wiederholen.

Nach dem Ablassen der wässerigen Schicht wird der erste Benzolauszug im Scheidetrichter Nr. 3 mit dem zweiten Benzolauszuge vereinigt, wobei der Scheidetrichter Nr. 2 mit etwas Benzol nachzuspülen ist. Der Benzolauszug wird dann im Scheidetrichter Nr. 3 zweimal mit je 50 cm<sup>3</sup> destilliertem Wasser sorgfältig ausgeschüttelt. Starkes Schütteln ist zu vermeiden, da sonst Emulsionsbildung eintritt.

Nach dem Ablassen der letzten sichtbaren Wasserreste wird die im Scheidetrichter zurückbleibende Benzollösung in einen Weithals-Stehkolben von 250 cm<sup>3</sup> Inhalt (Schott & Gen., Jena) übergeführt, der zuvor mit einigen Siedesteinen gemeinsam auf der analytischen Wage gewogen wurde. Dieser Kolben wird mit einem tadellosen, gut ausgepreßten und von jeglichem Korkstaub befreiten, durchbohrten Korken, in dem ein möglichst direkt über ihm abgelenktes weites Dampfableitungsrohr steckt, das in einen Kühler mündet, verschlossen und mittels eines Ringes, der Einkerbungen zum Durchleiten des Wasserbaddampfes besitzt, auf das Wasserbad gestellt. Kolben und Ableitungsrohr werden dann mit einem oben geschlossenen Blechmantel überdeckt, der an einer Seite zur Durchführung des Ableitungsrohres geschlitzt ist. Das Wasserbad wird dann so stark erhitzt, daß die in den Blechmantel steigenden Dämpfe diesen und damit auch Kolben und Ableitungsrohr mit erwärmen und so jegliches Dephlegmieren der Benzoldämpfe verhindern. Nach dem Eindampfen wird etwas Alkohol (absoluter oder 96prozentiger) zugegeben, um etwa vorhandenes Wasser zu verjagen, und der Kolben offen und liegend auf das mit gewöhnlichem Ringe versehene Wasserbad gestellt, so daß die schweren Dämpfe bequem abfließen können. Dann wird der Kolben in einem auf 105° eingestellten Trockenschrank 10 min lang getrocknet und nach dem Erkalten gewogen. Die gefundene Teermenge wird mit 2,5 multipliziert und die Verteerungszahl prozentual errechnet.

b) Abgekürzte oder Natriumsuperoxyd-Methode (Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Falls die Ergebnisse dieser Methode den Grenzwert überschreiten, muß zur Kontrolle die allgemeine Methode (a) verwendet werden.

Bei Ausführung der Natriumsuperoxyd-Methode kommt die 70stündige Vorbehandlung mit Sauerstoff in Fortfall. In den 400 cm<sup>3</sup> fassenden Erlenmeyer-Kolben, der absolut trocken sein muß, werden 3 g des Natriumsuperoxydes eingewogen. Dazu werden 50 g des frischen, filtrierten Öles gegeben und danach 50 cm<sup>3</sup> der oben beschriebenen alkoholisch-wässerigen Lauge hinzugefügt. Der Kolben wird mit Rückflußkühler verschlossen und auf dem Wasserbade vorsichtig unter häufigem Umschütteln 20 min lang erwärmt. Wird die Reaktion zu heftig, so muß zwischendurch der Kolben vom Wasserbade entfernt werden.

Die weitere Arbeitsweise ist die gleiche, wie oben geschildert, nur mit der Änderung, daß zum Ansäuern der Lauge eine größere Menge Salzsäure erforderlich ist.

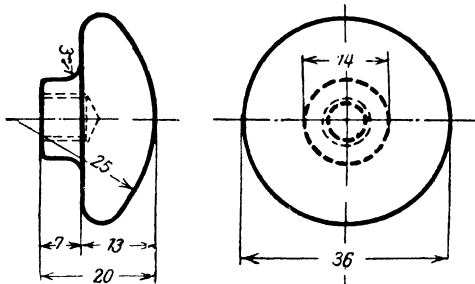
Zu § 11.

1. Entnahme der Probe. Das zu untersuchende Öl soll dem Apparat (z. B. Transformator oder Ölschalter) möglichst an einer Stelle entnommen werden, die dem tiefsten unter Spannung stehenden Teil nahe liegt. Die zur Entnahme der Probe dienenden Gefäße müssen peinlich sauber und trocken sein.

Die Temperatur des zu untersuchenden Öles soll 15 bis 25° C betragen.

2. Elektrodenform und Abstände innerhalb der Prüfapparate.

Als Elektroden werden Kupferkalotten von 25 mm Halbmesser nach untenstehender Skizze gewählt.



Der Abstand der Kalottenränder von der Gefäßwandung (Glas oder Porzellan) soll mindestens 12 mm betragen.

Bei Einführung beider Elektroden vom Ölspiegel aus soll der Mindestabstand zwischen den Zuleitungen 45 mm betragen. Die Zuleitungen selbst sollen einen Durchmesser von mindestens 5 mm haben.

3. Ölmenge. Die Ölmenge soll mindestens 0,25 l betragen.
4. Reinigung. Die Elektroden und das Gefäß sind vor jeder Versuchsreihe mit einem Lederlappen blank zu reiben und mit Benzol zu reinigen. Der gereinigte Apparat ist vor dem Versuch möglichst mit einem Teil des zu untersuchenden Öles auszuspülen.
5. Versuchsanordnung. Zwei Versuchsanordnungen sind zulässig:

- A. Fester Elektrodenabstand. Der Abstand der Kalotten soll bei dieser Versuchsanordnung 3 mm betragen.

Die Spannung wird variiert entweder durch feinstufige Änderung der Erregung, falls ein besonderer Generator vorhanden ist, oder durch Regeln von vor die Niederspannungswicklungen des Transformators geschalteten Widerständen.

- B. Variabler Elektrodenabstand bei konstanter Spannung. Auf der Hochspannungsseite soll ein fester Widerstand von etwa 30 000  $\Omega$  vorgeschaltet sein.

Der Prüftransformator soll bei beiden Versuchsanordnungen bei voller Erregung mindestens 30 kV auf der Hochspannungsseite geben. Die Leistung darf nicht weniger als 250 VA betragen. Bei größeren Transformatoren ist u. U. durch Vorschalten von Flüssigkeitswiderständen dafür zu sorgen, daß der Hochspannungstrom beim Ansprechen der Funkenstrecke nicht mehr als 0,5 A beträgt. Zur Regelung oder Dämpfung sind nur Metall- oder Flüssigkeitswiderstände zulässig.

6. Verlauf der Untersuchung. Beim Eingießen des Öles sind Luftblasen nach Möglichkeit zu vermeiden, indem man das Öl an der Gefäßwand langsam herunterlaufen läßt.

Vor Anlegen der Spannung soll das Öl 10 min im Prüfgefäß ruhig stehen.

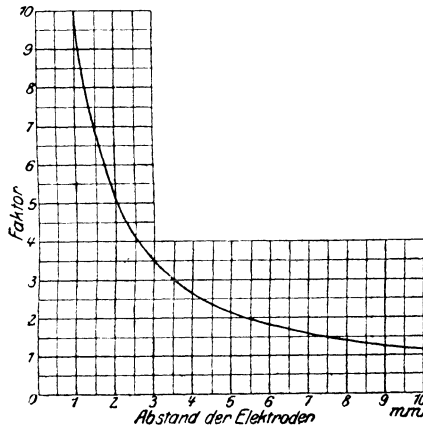
Die Regelung der Spannung bzw. des Elektrodenabstandes soll bis zum Durchschlag ungefähr 20 s erfordern. Die Spannung soll möglichst schnell nach dem Durchschlag abgeschaltet werden.

Im ganzen sind 6 Durchschlagsversuche anzustellen. Das Ergebnis des ersten Versuches darf zur Beurteilung des Öles nicht herangezogen werden. Maßgebend ist der Mittelwert der letzten 5 Durchschläge.

Nach jedem Durchschlag ist das Öl zwischen den Elektroden durch Umrühren mit einem reinen und trockenen Glasstäbchen zu erneuern.

Um die Durchschlagfestigkeit in kV/cm zu ermitteln, ist bei Methode A der gefundene Mittelwert der Durchschlagspannung mit dem Faktor 3,5 zu multiplizieren.

Bei Methode B ergibt sich der Faktor aus der nachstehenden Kurve:



## 17. Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen R. E. M. / 1923<sup>1)</sup>.

### Einteilung.

- I. Gültigkeit. § 1 bis 3.
- II. Begriffserklärungen. § 4 bis 19.
- III. Bestimmungen:
  - A. Allgemeines § 20 bis 27.
  - B. Betriebsart § 28 bis 30.
  - C. Erwärmung § 31 bis 41.
  - D. Überlastung, Kommutierung, Anlauf § 42 bis 47.
  - E. Isolierfestigkeit § 48 bis 52.
  - F. Wirkungsgrad § 53 bis 64.
  - G. Spannung und Spannungsänderung § 65 bis 75.
  - H. Drehzahl und Drehsinn § 76 bis 79.
  - J. Schild § 80 bis 86.
  - K. Toleranzen § 87.

### I.

#### Gültigkeit.

##### § 1. Geltungstermin.

Diese Regeln gelten für Maschinen, deren Herstellung nach dem 1. Januar 1923 begonnen wird.

##### § 2. Gültigkeit.

Diese Regeln gelten allgemein. Abweichungen hiervon sind ausdrücklich zu vereinbaren. Die Vorschriften über die Schilder müssen jedoch immer erfüllt sein.

##### § 3. Geltungsbereich.

Diese Regeln gelten für die nachstehend angeführten Arten von umlaufenden Maschinen — außer Bahn- und

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1922. Veröffentlicht: ETZ 1922, S. 657 u. 1442. Vorher hat eine andere mehrfach geänderte Fassung der Maschinen-normen bestanden. Über die Entwicklung gibt nachstehende Tafel Aufschluß:

Fassung:	Beschlossen:	Gültig ab:	Veröffentl. ETZ:
Erste Fassung	28. 6. 01	1. 7. 01	01 S. 798
Erste Änderung	13. 6. 02	1. 7. 02	02 S. 764
Zweite Änderung	8. 6. 03	1. 7. 03	03 S. 684
Dritte Änderung	7. 6. 07	1. 7. 07	07 S. 826
Vierte Änderung	3. 6. 09	1. 1. 10	09 S. 788
Zweite Fassung	19. 6. 13	1. 7. 14	13 S. 1038
Dritte Fassung	17. 10. 22	1. 1. 23	22 S. 657 u. 1442

anderen Fahrzeugmotoren — sowie Maschinensätzen, die aus solchen bestehen:

1. Gleichstromgeneratoren und -motoren,
2. Synchrongeneratoren, -motoren und -phasenschieber,
3. Einankerumformer,
4. Kaskadenumformer,
5. Asynchronmotoren und -generatoren sowie -umformer,
6. Wechselstrom-Kommutatormaschinen.

## II.

### Begriffserklärungen.

#### § 4. Bestandteile.

Ständer ist der feststehende Teil, Läufer der umlaufende Teil der Maschine.

Anker ist der Teil der Maschine, in dessen Wicklungen durch Umlauf in einem magnetischen Felde oder durch Umlauf eines magnetischen Feldes elektrische Spannungen erzeugt werden. Bei Asynchronmaschinen wird zwischen Primär- und Sekundäranker unterschieden.

Sofern nicht anders angegeben, wird in den folgenden Bestimmungen vorausgesetzt, daß der Ständer den Primäranker, der Läufer den Sekundäranker bildet.

#### § 5. Stromarten.

Der Ausdruck Wechselstrom umfaßt sowohl Einphasen- als auch Mehrphasenstrom.

Drehstrom ist verketteter Dreiphasenstrom.

#### § 6. Nennbetrieb.

Der Nennbetrieb ist gekennzeichnet durch die Größen, die auf dem Schild genannt sind und für die die Maschine gebaut ist. Diese Größen und die aus ihnen abgeleiteten werden durch den Zusatz „Nenn-“ gekennzeichnet (Nennleistung, Nennspannung, Nennstrom, Nennfrequenz, Nenndrehzahl, Nennleistungsfaktor usw.).

#### § 7. Spannung und Strom.

Spannung- und Stromangaben bei Wechselstrom bedeuten Effektivwerte.

Sofern nicht anders angegeben, bedeuten Spannungsangaben bei Drehstrom die verkettete Spannung.

Läuferspannung bei Asynchronmaschinen mit umlaufendem Sekundäranker ist die in der offenen Sekundärwicklung im Stillstand bei offenem Stromkreise auftretende Spannung zwischen zwei Schleifringen.

Läuferstrom bei Asynchronmaschinen mit umlaufendem Sekundäranker ist der bei Nennbetrieb auftretende Schleifringstrom.

Durchmesserspannung bei geschlossenen Gleichstromwicklungen ist die Wechselfspannung zwischen zwei um eine Polteilung entfernten Punkten der Wicklung.

### § 8. Arbeitsweise.

Generator (Stromerzeuger) ist eine umlaufende Maschine, die mechanische in elektrische Leistung verwandelt.

Motor ist eine umlaufende Maschine, die elektrische in mechanische Leistung verwandelt.

Umformer ist eine umlaufende Maschine oder ein Maschinensatz zur Umwandlung elektrischer Leistung in elektrische Leistung.

Einankerumformer ist ein Umformer, in dem die Umwandlung in einem Anker stattfindet.

Kaskadenumformer ist ein zur Umformung dienender Maschinensatz, der aus Asynchron- und Gleichstrommaschine mit elektrisch und mechanisch gekuppelten Läufern besteht.

Motorgenerator ist ein zur Umformung dienender Maschinensatz, der aus je einem oder mehreren direkt gekuppelten Motoren und Generatoren besteht.

Sofern nicht anders angegeben, wird in den folgenden Bestimmungen die Arbeitsweise Wechselstrom-Gleichstrom vorausgesetzt.

### § 9. Normale Nennspannungen.

Normale Nennspannungen in Volt sind für Maschinen:

Gleichstrom			Drehstrom 50 Per/s			Einphasenstrom 16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub> Per/s		
Normale Betriebsspannung nach DIN VDE 2	Nennspannung		Normale Betriebsspannung nach DIN VDE 2	Nennspannung		Normale Betriebsspannung nach DIN VDE 2	Nennspannung	
	für Generatoren	für Motoren		für Generatoren	für Motoren		für Generatoren	für Motoren
110	115	110	125	130	125	220	—	220
220	230	220	220	230	220	380	—	—
440	460	440	380	400	380	6 000	6 000	6 000
—	—	—	500	525	500	15 000	15 750	15 000
—	—	—	3 000	3 150	3 000	—	—	—
—	—	—	5 000	5 250	5 000	—	—	—
—	—	—	6 000	6 300	6 000	—	—	—
—	—	—	10 000	10 500	10 000	—	—	—
—	—	—	15 000	15 750	15 000	—	—	—

Für Gleichstrom-Bahngeneratoren 600, 825 und 1200 V (siehe auch § 65).



## § 10. Normale Drehzahlen.

Für Wechselstrommaschinen sind für 50 Per/s folgende Polzahlen und synchrone Drehzahlen normal:

Polzahl	Drehzahl	Polzahl	Drehzahl
2	3000	28	214
4	1500	32	188
6	1000	36	167
8	750	40	150
10	600	48	125
12	500	56	107
16	375	64	94
20	300	72	83
24	250	80	75

Für Gleichstrommaschinen gelten so weit als möglich die gleichen Drehzahlen.

Die schräg gedruckten Werte sind, wenn möglich, zu vermeiden.

## § 11. Leistung.

Abgabe ist die abgegebene Leistung an den Klemmen bei Generatoren, an der Welle bei Motoren und an den Sekundärklemmen bei Umformern.

Aufnahme ist die aufgenommene Leistung an der Welle bei Generatoren, an den Klemmen bei Motoren und an den Primärklemmen bei Umformern.

Die Einheit der Leistung ist das Kilowatt (kW) oder Watt (W).

## § 12. Leistungsfaktor.

Leistungsfaktor ( $\cos \varphi$ ) ist das Verhältnis von Leistung (in kW oder W) zu scheinbarer Leistung (in kVA oder VA).

## § 13. Wirkungsgrad.

Wirkungsgrad einer Maschine ist das Verhältnis von Abgabe zur Aufnahme.

## § 14. Kurvenform.

Eine Spannungswelle gilt als praktisch sinusförmig, wenn keiner ihrer Augenblickswerte  $a$  vom Augen-

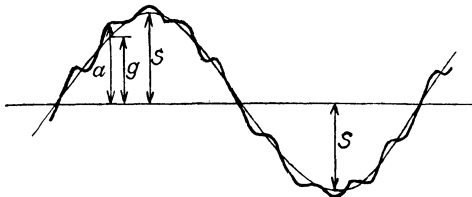


Abb. 1.

blickswerte gleicher Phase der Grundwelle  $g$  (1. Harmonische) um mehr als 5% des Grundwellenscheitelwertes  $S$  abweicht.

Zur Bestimmung der Grundwelle sollen mindestens 12 Punkte der Spannungskurve benutzt werden. Für Kurven, die in allen Viertelperioden symmetrisch sind, ist dann

$$S = \frac{a_0 + \sqrt{3} a_1 + a_2}{3}$$

wobei  $a_0$  der größte,  $a_1$  und  $a_2$  benachbarte Augenblickswerte sind, die von den erstgenannten um  $1/12$  und  $2/12$  der Periode entfernt sind.

### § 15. Symmetrie von Mehrphasensystemen.

Ein Mehrphasenstrom- oder -spannungssystem gilt als symmetrisch, wenn das gegenläufige System nicht mehr als 5% vom rechläufigen System beträgt.

Jedes unsymmetrische Drehstromsystem  $a, b, c$  läßt sich leicht in ein symmetrisches rechläufiges System  $a', b', c'$  und ein symmetrisches gegenläufiges System  $a'', b'', c''$  zerlegen. Umklappen der unsymmetrischen Spannungvektoren um  $120^\circ$  nach außen, entsprechend der linken Abbildung, liefert die rechläufige Spannung; Umklappen nach innen, entsprechend der rechten Abbildung, liefert die gegenläufige Spannung, beide in dreifacher Größe.

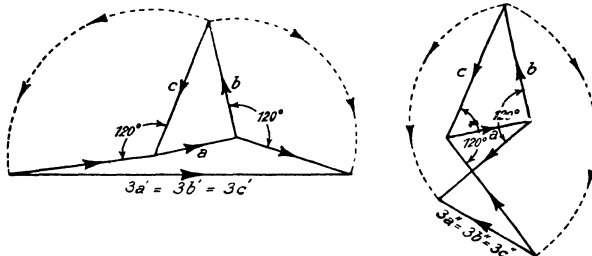


Abb. 2.

Das gegenläufige Spannungssystem erzeugt in fast allen Wechselstrommaschinen zusätzliche Ströme, die erhebliche Zusatzverluste und Bremsmomente bewirken können.

### § 16. Erregung.

Es werden unterschieden:

Selbsterregung, d. i. Erregung einer Maschine durch von ihr selbst erzeugten Strom,

Eigenerregung, d. i. Erregung einer Maschine durch eine mit ihr unmittelbar oder mittelbar gekuppelte Erregermaschine, die nur diesem Zwecke dient,

Fremderregung, d. i. Erregung einer Maschine durch eine andere als die vorstehend genannten Stromquellen.

Nenn-Erregerspannung bei Eigen- und Fremderregung ist

die auf dem Schilde der Maschine genannte Spannung, für die die Erregerwicklung bemessen ist.

### § 17. Drehzahlverhalten von Motoren.

Nach der Abhängigkeit der Drehzahl von der Abgabe werden unterschieden:

1. Motoren mit gleichbleibender Drehzahl. Die Drehzahl ist von der Leistungsabgabe unabhängig (z. B. Synchronmotoren).
2. Motoren mit Nebenschlußverhalten. Die Drehzahl ändert sich nur wenig mit zunehmender Abgabe (z. B. Gleichstrom-, Nebenschluß- und Asynchronmotoren).

Bei kleineren Motoren kann wegen des inneren Widerstandes ein Drehzahlabfall bis zu 20% erfolgen.

3. Motoren mit Reihenschlußverhalten. Die Drehzahl fällt mit zunehmender Abgabe stark ab (z. B. Reihenschlußmotoren, Repulsionsmotoren).
4. Motoren mit mehreren Drehzahlstufen. Der Motor kann mit einigen bestimmten Drehzahlen laufen. In der Regel ist jede dieser Drehzahlen annähernd gleichbleibend im Sinne von 2 (z. B. Asynchronmotoren mit Polumschaltung).
5. Motoren mit Drehzahlregelung. Die Drehzahl kann innerhalb eines bestimmten Bereiches fein eingestellt werden. Die eingestellte Drehzahl ist entweder:
  - 5a) annähernd gleichbleibend im Sinne von 2 (z. B. Gleichstrom-Nebenschlußmotoren mit Feldeinstellung) oder
  - 5b) mit zunehmender Abgabe abfallend im Sinne von 3 (z. B. Repulsionsmotoren und Drehstrom-Reihenschlußmotoren, beide mit Bürstenverstellung).

### § 18. Kühlungsart.

Es werden unterschieden:

1. Selbstkühlung. Die Kühlluft wird durch die umlaufenden Teile der Maschine bewegt — ohne Zuhilfenahme eines besonderen Lüfters.

2. Eigenlüftung. Die Kühlluft wird durch einen am Läufer angebrachten oder von ihm angetriebenen Lüfter bewegt, der nur dem Zwecke der Lüftung dient.

3. Fremdlüftung. Die Kühlluft wird durch einen Lüfter mit eigenem Antriebsmotor bewegt.

4. Wasserkühlung. Die Maschine wird durch fließendes Wasser gekühlt.

Eine Maschine, bei der nur die Lager wassergekühlt sind, fällt nicht in diese Gruppe.

### § 19. Schutzarten für Maschinen.

#### a) Offene Maschinen.

1. Offene Maschinen. Die Zugänglichkeit der stromführenden und inneren umlaufenden Teile ist nicht wesentlich erschwert.

#### b) Geschützte Maschinen.

2. Geschützte Maschinen. Die zufällige oder fahrlässige Berührung der stromführenden und inneren umlaufenden Teile sowie das Eindringen von Fremdkörpern ist erschwert. Das Zuströmen von Kühlluft aus dem umgebenden Raume ist nicht behindert. Gegen Staub, Feuchtigkeit und Gasgehalt der Luft ist die Maschine nicht geschützt.

3. Tropfwassersichere Maschinen. Schutz nach 2; außerdem ist das Eindringen senkrecht fallender Wassertropfen verhindert.

4. Spritz- oder schwallwassersichere Maschinen. Schutz nach 2; außerdem ist das Eindringen von Wassertropfen und Wasserstrahlen aus beliebiger Richtung verhindert.

#### c) Geschlossene Maschinen.

5. Geschlossene Maschinen mit Rohranschluß. Die Maschine ist bis auf die Zuluft- und Abluftstutzen geschlossen, an diese sind Rohre oder andere Luftleitungen angeschlossen.

Beim Fehlen eines oder beider Rohre fällt die Maschine unter Bauart b.

6. Geschlossene Maschinen mit Mantelkühlung. Die stromführenden und inneren umlaufenden Teile sind allseitig abgeschlossen. Die Maschine wird durch Eigenbelüftung der Außenfläche gekühlt.

7. Geschlossene Maschinen mit Wasserkühlung. Die stromführenden und inneren umlaufenden Teile sind allseitig abgeschlossen. Die Maschine wird durch fließendes Wasser gekühlt.

8. Gekapselte Maschinen. Die Maschine ist allseitig abgeschlossen. Die Wärme wird lediglich durch Strahlung, Leitung und natürlichen Zug abgeführt.

Ein völlig luft- und staubdichter Abschluß findet wegen der unvermeidlichen Atmung bei 5, 6, 7 und 8 nicht statt.

## d) Schlagwettergeschützte Maschinen.

9. Schlagwettergeschützte Maschinen. Die Maschine ist so gebaut, daß sie eine Explosion der in ihr Inneres gelangten schlagenden Wetter aushält und die Übertragung an die Umgebung verhindert.

10. Maschinen mit schlagwettergeschützten Schleifringen. Die Schleifringe sind in ein Gehäuse eingeschlossen, das so gebaut ist, daß es eine Explosion der in sein Inneres gelangten schlagenden Wetter aushält und die Übertragung der Explosion an die Umgebung verhindert.

Ohne besondere Angaben wird angenommen, daß der Explosionsdruck 8 at nicht übersteigt.

## e) Aufstellung.

Wenn die natürliche Lüftung einer Maschine durch Aufstellung in einem zu engen Raume oder durch einen nachträglich angebrachten Schutzkasten behindert wird, so kann die Maschine dauernd nur eine geringere Leistung oder ihre Nennleistung nur kurzzeitig abgeben.

**III.****Bestimmungen.****A. Allgemeines.**

## § 20. Kurvenform.

Die folgenden Bestimmungen gelten unter der Annahme einer praktisch sinusförmigen Wellenform der Wechselspannung. Synchronmaschinen sollen bei Leerlauf und bei Belastung auf einen induktionsfreien Widerstand eine praktisch sinusförmige Spannungswelle erzeugen.

Bei verzerrter Spannungskurve können Motoren und Umformer im allgemeinen nur den sinusförmigen Bestandteil der Spannungswelle ausnutzen. Die Oberwellen erzeugen dagegen schädliche Ströme, die erhebliche Zusatzverluste, Bremsmomente und Bürstenfeuer verursachen können.

## § 21. Mehrphasensysteme.

Die folgenden Bestimmungen gelten unter der Annahme, daß das Mehrphasensystem symmetrisch ist.

## § 22. Leistungsfaktor.

Als normale Leistungsfaktoren für Generatoren gelten:

1,0, 0,80, 0,70, 0,60.

Sofern nicht anders angegeben, wird vorausgesetzt, daß der Nenn-Leistungsfaktor — bezogen auf die Nennspannung an den Klemmen der Maschine — beträgt bei

Synchrongeneratoren . . . . .	0,80
Synchronmotoren . . . . .	1,0
Einankerumformern . . . . .	1,0

### § 23. Aufstellungsort.

Die folgenden Bestimmungen gelten unter der Annahme, daß der Aufstellungsort der Maschine nicht höher als 1000 m ü. M. liegt. Soll eine Maschine an einem höher als 1000 m ü. M. gelegenen Orte betrieben werden, so muß dieses besonders angegeben werden.

*Bei größeren Meereshöhen ändern sich Isolationsfestigkeit und Wärmeabgabe.*

### § 24. Gewährleistungen.

Gewährleistungen beziehen sich auf den Nennbetrieb.

### § 25. Bürstenstellung.

Bei Maschinen mit fester Bürstenstellung wird in den folgenden Bestimmungen vorausgesetzt, daß diese der für Nennbetrieb vorgeschriebenen Bürstenstellung entspricht und während der Probe unverändert bleibt.

### § 26. Betriebswarmer Zustand.

Sofern nicht anders angegeben, beziehen sich die folgenden Bestimmungen auf den betriebswarmen Zustand, d. i. die Temperatur, die die Maschine am Ende des Probelaufes annimmt, wenn während seiner Dauer die mittlere Raum- oder Kühlmitteltemperatur 20° C betragen hat.

Wird die Endtemperatur nicht unmittelbar durch Messung festgestellt, so ist sie für die Umrechnungen mit 75° C einzusetzen.

### § 27. Prüfungen.

Die Prüfungen nach diesen Regeln sind nach Möglichkeit in den Werkstätten des Herstellers an der neuen, trockenen, betriebsfertig eingelaufenen Maschine vorzunehmen. Prüfungen am Aufstellungsorte sind besonders zu vereinbaren.

Maschinen für Eigen- oder Fremdlüftung sind mit den Vorrichtungen für diese zu prüfen.

Die Schutzart der Maschine darf für den Probelauf nicht geändert werden.

## B. Betriebsarten.

### § 28. Dauerbetrieb (D B).

Bei Dauerbetrieb ist die Betriebszeit so lang, daß die dem Beharrungszustand entsprechende Endtemperatur erreicht wird.

Die Nennleistung (Dauerleistung) muß beliebig lange Zeit hindurch abgegeben werden können, Temperatur und Erwärmung dürfen hierbei die in § 39 angegebenen Grenzen nicht überschreiten; dabei müssen alle anderen Bestimmungen erfüllt werden.

#### § 29. Kurzzeitiger Betrieb (K B).

Bei kurzzeitigem Betriebe ist die durch Vereinbarung bestimmte Betriebszeit kürzer als die zum Erreichen der Beharrungstemperatur erforderliche Zeit. Die Betriebspause ist lang genug, um die Abkühlung auf die Temperatur des Kühlmittels zu ermöglichen.

Die Nennleistung (Zeitleistung) muß die vereinbarte Betriebszeit hindurch abgegeben werden können, Temperatur und Erwärmung dürfen hierbei die in § 39 angegebenen Grenzen nicht überschreiten, dabei müssen alle anderen Bestimmungen erfüllt werden.

Bei Wahl der Motorgrößen muß außer der Erwärmung auch die Größe des Anzugmomentes berücksichtigt werden.

#### § 30. Aussetzender Betrieb (A B).

Einschaltzeiten und stromlose Pausen wechseln ab und die gesamte Spieldauer, die sich aus Einschaltdauer und stromloser Pause zusammensetzt, beträgt höchstens 10 min.

Der aussetzende Betrieb wird durch die relative Einschaltdauer gekennzeichnet. Relative Einschaltdauer ist das Verhältnis von Einschaltdauer zur Spieldauer.

Als normale Werte der relativen Einschaltdauer gelten 15, 25, 40 %.

Die Nennleistung (Aussetzleistung) muß bei regelmäßigem Spiel mit der angegebenen relativen Einschaltdauer beliebig lange abgegeben werden können. Temperatur und Erwärmung dürfen hierbei die in § 39 angegebenen Grenzwerte nicht überschreiten. Dabei müssen alle anderen Bestimmungen erfüllt werden.

Bei unregelmäßig verteilter Einschalt- und Spieldauer ist als relative Einschaltdauer das Verhältnis der Summe der Einschalt Dauern zur Summe der Spieldauern über eine Betriebsperiode (jedoch höchstens 8 h) zu betrachten. Wiederholen sich gleichartige Spiele nach einer bestimmten Zeit, so genügt die Summierung über diese Zeit.

Der aussetzende Betrieb ist meistens auch noch hinsichtlich der Belastung des Motors unregelmäßig. Bei Wahl der Motorgrößen müssen die Einflüsse der wechselnden Drehmomente der Massenbeschleunigung, der Steuerung und etwaiger Wärmebestrahlung berücksichtigt werden.

## C. Erwärmung.

## § 31.

Erwärmung eines Maschinenteiles ist bei Dauer- und aussetzendem Betriebe der Unterschied zwischen seiner Temperatur und der des zutretenden Kühlmittels, bei kurzzeitigem Betriebe der Unterschied seiner Temperaturen bei Beginn und am Ende der Prüfung.

## § 32. Probelauf.

Die Erwärmungsprobe wird bei Nennbetrieb vorgenommen bzw. auf diesen bezogen. Bezüglich der Dauer gilt:

1. Maschinen für Dauerbetrieb. Der Probelauf kann bei kalter oder warmer Maschine begonnen werden. Er wird solange fortgesetzt, bis die Erwärmung nicht mehr merklich steigt, soll jedoch höchstens 10 h dauern.
2. Maschinen für kurzzeitigen Betrieb. Der Probelauf wird entweder bei kalter Maschine begonnen oder wenn die Temperatur der wärmsten Wicklung um nicht mehr als  $3^\circ \text{C}$ . höher ist als die Temperatur des Kühlmittels. Er wird bei Ablauf der vereinbarten Betriebszeit abgebrochen.
3. Maschinen für aussetzenden Betrieb. Die Maschine wird einem regelmäßig aussetzenden Betriebe von der vereinbarten relativen Einschaltdauer unterworfen. Der Probelauf kann bei kalter oder warmer Maschine begonnen werden. Er wird solange fortgesetzt, bis die Erwärmung nicht mehr merklich steigt und nach Ablauf der Hälfte der letzten Einschaltdauer abgebrochen. Die Spieldauer beträgt 10 min.

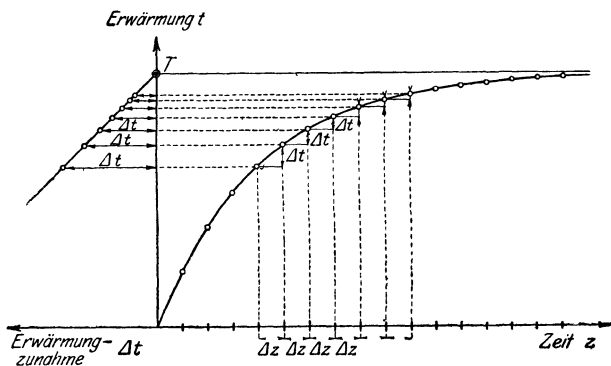


Abb. 3.



Die Erwärmung wird als nicht mehr merklich steigend betrachtet, wenn sie nicht um mehr als  $2^{\circ}\text{C}$  in 1 h zunimmt.

Zur Bestimmung der Enderwärmung benutzt man wenn möglich das nachstehend beschriebene Verfahren, weil die Messung der Erwärmung gegen Ende der Probe unregelmäßigen Schwankungen unterliegt.

Die Erwärmung ( $t$ ) wird in gleichen Zeitabständen ( $\Delta t$ ) gemessen und die Erwärmungszunahme ( $\Delta t$ ) in Abhängigkeit von der Erwärmung ( $t$ ) aufgetragen. Die Verlängerung der Geraden durch die so entstehende Punktschar schneidet auf der Erwärmungsachse ( $t$ ) die Enderwärmung ( $T$ ) ab.

Die Genauigkeit dieses Verfahrens ist mindestens so groß wie die des fortgesetzten Erwärmungsversuches.

### § 33.

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

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

Wenn die Widerstandsmessung untunlich ist, so wird die Thermometermessung allein angewendet, im allgemeinen gilt das im § 39 vorgeschriebene Meßverfahren.

### § 34.

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

$T_{\text{kalt}}$  die Temperatur der kalten Wicklung,  
 $R_{\text{kalt}}$  den Widerstand der kalten Wicklung,  
 $R_{\text{warm}}$  den Widerstand der warmen Wicklung

bedeutet:

1. bei Maschinen für Dauer- und aussetzenden Betrieb

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

2. bei Maschinen für kurzzeitigen Betrieb

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

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

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

Bei Maschinen für kurzzeitigen Betrieb ist die Betriebsdauer meistens so kurz und die Zeitkonstante der Maschine so groß, daß der Einfluß einer Änderung der Kühlmitteltemperatur auf die Er-

wärmung der Maschine während der Betriebszeit nur sehr gering ist. Ihre Berücksichtigung würde daher zu größeren Fehlern führen als ihre Nichtberücksichtigung.

### § 35.

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

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

### § 36.

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

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

Ist vom Augenblick des Ausschaltens bis zu den Messungen soviel Zeit verstrichen, daß eine merkliche Abkühlung anzunehmen ist, so sollen die Temperaturen im Augenblick des Ausschaltens durch Extrapolation ermittelt werden.

### § 37. Temperatur des Kühlmittels.

Als Temperatur des Kühlmittels gilt:

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

Es sind zwei oder mehr Thermometer zu verwenden, die, in 1 bis 2 m Entfernung von der Maschine (ungefähr in Höhe der Maschinenmitte) angebracht, die mittlere Zulufttemperatur messen sollen. Die Thermo-

meter dürfen weder Luftströmungen noch Wärmestrahlung ausgesetzt sein.

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

2. Bei Maschinen mit Eigen- oder Fremdlüftung, denen die Kühlluft durch besondere Leitungen zuströmt, und
3. Bei Maschinen mit Wasserkühlung der Durchschnittswert der während des letzten Viertels der Versuchzeit in gleichen Zeitabschnitten am Eintrittsstutzen gemessenen Temperatur des Kühlmittels.

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

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

Hierin bedeutet:

$T_L$  die Temperatur der Umgebungsluft,

$T_K$  die Temperatur des anderen Kühlmittels,

$W_L$  die Wärmeabgabe an die Umgebungsluft in kW,

$W_K$  die Wärmeabgabe an das andere Kühlmittel in kW.

### § 38. Wärmebeständigkeit der Isolierstoffe.

Hinsichtlich ihrer Wärmebeständigkeit werden folgende Klassen von Isolierstoffen unterschieden:

- I. Faserstoff ungetränkt, d. i. ungebleichte Baumwolle, natürliche Seide, Papier.
- II. Faserstoff getränkt (imprägniert), d. i. ungebleichte Baumwolle, natürliche Seide und Papier, die mit einem erstarrenden oder trocknenden Isoliermittel getränkt sind.
- III. Faserstoff in Füllmasse, d. i. eine Isolierung, bei der alle Hohlräume zwischen den Leitern durch Isoliermasse derartig ausgefüllt sind, daß ein massiver Querschnitt ohne Luftzwischenräume entsteht.
- IV. Lack zum wärmebeständigen Überzug für Lackdraht (sogen. Emaildraht).
- V. Präparate aus Glimmer und Asbest, d. s. aus Glimmer und Asbestteilchen aufgebaute Präparate, deren Bindemittel und Faserstoffe Veränderungen unterliegen können, ohne die Isolierung mechanisch oder elektrisch zu beeinträchtigen.

## VI. Rohglimmer, Porzellan und andere feuerfeste Stoffe.

### § 39. Grenzwerte.

Die höchstzulässigen Grenzwerte von Temperatur und Erwärmung sind nachstehend zusammengestellt (siehe Tafel auf Seite 158). Die Grenzwerte für die Erwärmung gelten unter der Voraussetzung, daß die Kühlmitteltemperatur  $35^{\circ}\text{C}$  nicht überschreitet.

Bei der Wahl oder Anordnung des Aufstellungsraumes ist auf die von der Maschine abgegebene Wärmemenge Rücksicht zu nehmen (vgl. auch § 19e).

Die Grenzwerte für die Temperatur gelten immer. Die Grenzwerte für die Erwärmung dürfen nur dann überschritten werden, wenn die Kühlmitteltemperatur stets so niedrig bleibt, daß die Grenztemperaturen nicht überschritten werden und über die Erfüllung dieser Voraussetzung eine Vereinbarung getroffen wird. Auf dem Schilde soll in diesem Fall außer den Größen, die für den Sondernennbetrieb bei der vereinbarten höchsten Kühlmitteltemperatur kennzeichnend sind, auch diese Temperatur angegeben werden. Alle Bestimmungen dieser Vorschriften müssen für diesen Sondernennbetrieb erfüllt sein.

### § 40. Zweierlei Isolierungen.

Wenn für verschiedene räumlich getrennte Teile der gleichen Wicklung zwei oder mehrere Isolierstoffe von verschiedener Wärmebeständigkeitsklasse verwendet werden, so gilt bei Temperaturbestimmung aus der mittleren Widerstandzunahme die für den wärmebeständigeren Stoff zulässige Grenztemperatur, sofern die Thermometermessung an den weniger wärmebeständigen Stoffen keine Überschreitung der für sie zulässigen Grenztemperaturen ergibt.

### § 41. Geschichtete Stoffe.

Bei mehreren geschichteten Stoffen verschiedener Wärmebeständigkeitsklassen gilt als Grenztemperatur die des weniger wärmebeständigen, falls seine Zerstörung den Betrieb der Maschine beeinträchtigt.

Dagegen gilt als Grenztemperatur die des wärmebeständigeren Stoffes, falls die Zerstörung des weniger wärmebeständigen Stoffes den Betrieb der Maschine nicht beeinträchtigt.

Tafel zu § 39.

Spalte	I	II	III	IV	V
Reihe Nr.	Isolierung	Maschinenteil	Grenztemperatur	Grenzerwärmung	Meßverfahren
1	Faserstoff ungetränkt Klasse I	In Nuten gebettete Wechselstrom-Ständerwicklungen	75° C	40° C	Widerstandszunahme. Nachprüfung durch Thermometer (siehe § 33)
2		Alle anderen Wicklungen mit Ausnahme von Reihe 9 u. 10	85° C	50° C	
3	Faserstoff getränkt Klasse II	In Nuten gebettete Wechselstrom-Ständerwicklungen	85° C	50° C	
4		Alle anderen Wicklungen mit Ausnahme von Reihe 9 u. 10	95° C	60° C	
5	Faserstoff in Füllmasse Klasse III	Alle Wicklungen mit Ausnahme von Reihe 9 u. 10	95° C	60° C	
6	Lackisolierung (Lackdraht) Klasse IV	Alle Wicklungen mit Ausnahme von Reihe 9 u. 10	95° C	60° C	
7	Glimmer und Asbestpräparate Klasse V	Alle Wicklungen mit Ausnahme von Reihe 9 u. 10	115° C	80° C	
8	Rohglimmer, Porzellan und feuerfeste Stoffe Klasse VI	Alle Wicklungen mit Ausnahme von Reihe 9 u. 10	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile		
9	Isolierung Klasse I bis VI	Einlagige blanke Feldwicklungen mit Papier-Zwischenlagen	100° C	65° C	
10		Dauernd kurzgeschlossene Wicklungen	5° mehr als Reihe 1 bis 7		
11	unisoliert	Dauernd kurzgeschlossene Wicklungen	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile		
12	—	Eisenkern ohne eingebettete Wicklungen			
13	—	Eisenkern mit eingebetteten Wicklungen	Wie Reihe 1 bis 7		
14	—	Kommutator und Schleifringe	95° C	60° C	
15	—	Lager	80° C	45° C	
16	—	Alle anderen Teile	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile		

Thermometer

**D. Überlastung, Kommutierung, Anlauf.****§ 42.**

Die folgenden Bestimmungen sollen nur die mechanische und elektrische Überlastbarkeit ohne Rücksicht auf Erwärmung feststellen.

**§ 43. Überlastung.**

Maschinen für Dauerbetrieb müssen im betriebswarmen Zustande während 2 min den 1,5-fachen Nennstrom ohne Beschädigung oder bleibende Formänderung aushalten. Diese Prüfung ist bei Motoren und Einankerumformern bei Nennspannung durchzuführen, bei Generatoren soll die Spannung so nahe als möglich der Nennspannung gehalten werden.

Motoren müssen bei Nennspannung, Wechselstrommotoren auch bei Nennfrequenz mindestens folgende Kippmomente entwickeln können:

1. Motoren für Dauer- und kurzzeitigen Betrieb:

Kippdrehmoment  $\geq 1,6 \times$  Nenndrehmoment.

2. Motoren für aussetzenden Betrieb:

Kippdrehmoment  $\geq 2 \times$  Nenndrehmoment.

Ist bei Niederspannung-Gleichstrommaschinen (Elektrolyt-Maschinen) der Kurzschlußstrom kleiner als der 1,5-fache Nennstrom, so muß dieser Kurzschlußstrom 2 min. ausgehalten werden.

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

**§ 44. Kommutierung.**

Maschinen mit Kommutator müssen bei jeder Belastung von Leerlauf bis Nennleistung praktisch funkenfrei arbeiten. Bei der Überlastungsprobe nach § 43 müssen sie derart kommutieren, daß weder die Betriebsfähigkeit von Kommutator und Bürsten beeinträchtigt wird noch Rundfeuer auftritt.

Es wird vorausgesetzt, daß

1. der Kommutator in gutem Zustande ist und die Bürsten gut eingelaufen sind,
2. bei Gleichstrommaschinen ohne Wendepole die Bürstenstellung im Belastungsbereiche von  $0,25 \times$  Nennleistung bis Nennleistung ungeändert bleibt, in den anderen Belastungsbereichen jedoch geändert werden kann,
3. bei Gleichstrommaschinen mit Wendepolen die Bürstenstellung im ganzen Belastungsbereiche des Nenndreh-sinnes ungeändert bleibt (vgl. § 76 und 77).

4. bei Einankerumformern, Kaskadenumformern und Kommutatormotoren die Wechselspannung praktisch sinusförmig ist.

Ein Betrieb gilt als praktisch funkenfrei, wenn Kommutator und Bürsten in betriebsfähigem Zustande bleiben.

Der wechselstromseitige Anlauf von Einankerumformern und der Anlauf von Wechselstrom-Kommutatormotoren verursacht vorübergehend stärkeres Bürstenfeuer, das aber den betriebsfähigen Zustand nicht beeinträchtigen darf.

#### § 45. Anlauf.

Wechselstrommotoren sollen bei Nennspannung und Nennfrequenz mit dem zugehörigen Anlasser in jeder Läuferstellung beim Anzuge und während des ganzen Anlaufes ein Drehmoment (Anlaufmoment) entwickeln, das mindestens  $0,3 \times$  Nenndrehmoment ist.

Liegen die Antriebsbedingungen fest oder sind über sie Vereinbarungen getroffen, so sind auch kleinere Werte zulässig.

#### § 46. Dauerkurzschlußstrom.

Als Dauerkurzschlußstrom eines Generators gilt der Strom, der sich bei Klemmenkurzschluß der Maschine und der dem Nennbetriebe entsprechenden Erregung einstellt.

#### § 47. Stoßkurzschlußstrom.

Als Stoßkurzschlußstrom gilt der höchste Augenblickswert des Stromes, der bei plötzlichem Klemmenkurzschluß der auf Nennspannung erregten Maschine im ungünstigsten Schaltaugenblick auftreten kann. Synchronmaschinen sollen eine Festigkeitsprobe mit Stoßkurzschlußstrom aushalten.

Der Stoßkurzschlußstrom von Synchronmaschinen soll das 15-fache des Scheitelwertes des Nennstromes nicht überschreiten.

### E. Isolierfestigkeit.

#### § 48. Allgemeines.

Die Isolation soll folgenden Spannungproben unterworfen werden:

1. Wicklungsprobe nach § 50.
2. Sprungwellenprobe für Wechselstromwicklungen über 2,5 kV nach § 51.
3. Windungsprobe nach § 52.

Die Prüfungen dürfen an der kalten Maschine vorgenommen werden, falls sie sich nicht im Anschluß an eine Dauerprobe ermöglichen lassen. Die Prüfungen sollen in der Reihenfolge 1, 2, 3 vorgenommen werden.

Betriebsmäßig nicht lösbare Verbindungen zwischen verschiedenen Wicklungen (z. B. Mehrphasenwicklungen) oder mit dem Körper brauchen nicht getrennt zu werden. Wicklungen, die betriebsmäßig nicht lösbar mit dem Körper verbunden sind, brauchen nur der Sprungwellenprobe und der Windungsprobe unterworfen zu werden.

Die Prüfungen gelten als bestanden, wenn weder Durchschlag noch Überschlag eintritt.

#### § 49.

Bei Asynchronmaschinen und Synchronmaschinen mit Walzenläufer ist die Spannungsprobe 1 bei eingebautem Läufer vorzunehmen. Bei Gleichstrommaschinen und Synchronmaschinen mit Schenkelpollläufer darf sie bei ausgebautem Läufer vorgenommen werden.

#### § 50. Wicklungsprobe.

Die Isolation von Wicklung gegen Wicklung und Wicklung gegen Körper wird mit einer fremden Wechselstromquelle geprüft.

Ein Pol der Stromquelle wird an die zu prüfende Wicklung, der andere an die Gesamtheit der untereinander und mit dem Körper verbundenen anderen Wicklungen gelegt.

Die Prüfspannung soll praktisch sinusförmig, ihre Frequenz soll gleich der Nennfrequenz oder 50 Per/s sein. Die Spannung wird so schnell als möglich auf den in nachstehender Tafel angegebenen Wert gesteigert und dieser während 1 min innegehalten. Gleitfunken dürfen vor Überschreitung der Nennspannung um 25 % nicht auftreten.

Wird die Prüfzeit über 1 min ausgedehnt, so soll die Prüfspannung herabgesetzt werden.

In der nachstehenden Tafel bedeutet  $E$

1. die Nennspannung der Maschine, bei Feldwicklungen die Nenn-Erregerspannung,
2. bei leitend verbundenen Wicklungen einer oder mehrerer Maschinen die höchste gegen Körper beim Erdschluß eines Poles auftretende Spannung,
3. bei Läuferwicklungen von Asynchronmotoren, die dauernd in einer Richtung umlaufen, die Läuferspannung und bei Umkehr-Asynchronmotoren  $1,5 \times$  Läuferspannung,
4. bei dauernd mit einem Außenpol geerdeten Maschinen  $1,1 \times$  Nennspannung.

Kurzschlußwicklungen brauchen nicht geprüft zu werden.

Der Erregerkreis von Einankerumformern und Synchronmotoren gilt als geschlossen, wenn der äußere Widerstand nicht mehr als das 10-fache des inneren beträgt.



Spalte	I	II	III	IV	
Reihe	Wicklung	Bereich	Prüfspannung in V (der größere der Werte)		
1	Alle Wicklungen mit Aus- nahme von Reihe 4 bis 7	Nennleistung kleiner als 500 W	$3 E$	$2 E + 500$	
2		Nennleistung größer als 500 W $E$ bis 5000 V	$3 E$	$2 E + 1000$	
3		$E$ über 5000 V	$2 E + 5000$		
4	Erreger- wicklungen von Ein- ankerum- formern und Synchron- motoren	mit stets geschlossenem Erregerkreise ohne oder mit Drehstromanlauf	$3 E$	$2 E + 1000$	
5		mit für den Anlauf unterteilter Erreger- wicklung ohne oder mit Drehstromanlauf	$10 E + 1000$	2000	
6		mit abschalt- barem Erreger- kreise	ohne Dreh- stromanlauf	$10 E + 1000$	2000
7			mit Dreh- stromanlauf	$20 E + 1000$	2000

## § 51. Sprungwellenprobe.

Die Sprungwellenprobe dient dazu, festzustellen, daß die Windungsisolation gegenüber den im normalen Betriebe auftretenden Sprungwellen ausreicht. Die Prüfung soll im Fabrikprüffelde an der fertigen Maschine nach Möglichkeit in einer Schaltung, die für Synchron- und Asynchronmaschinen nachstehend dargestellt ist, vorgenommen werden.

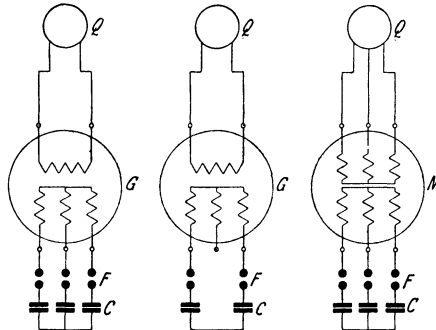


Abb. 4.

Die zu prüfende Wicklung der Maschine  $G$  oder  $M$  ist über Funkenstrecken  $F$  aus massiven Kupferkugeln von mindestens 50 mm Durchmesser auf Kabel oder Kondensatoren  $C$  geschaltet, deren Kapazität folgendermaßen zu bemessen ist:

Prüfkapazität.

Nennspannung in k V	Kapazität in jeder Phase mindestens $\mu F$
2,5 bis 6	0,05
bis 15	0,02
über 15	0,01

Beim Drehstromkabel ist die „Betriebskapazität“ (vgl. § 5 der Definition der Eigenschaften gestreckter Leiter, „ETZ“ 1909, S. 1155 und 1184. Vorschriftenbuch des VDE 1914, S. 386, in der 13. Ausgabe des Vorschriftenbuches nicht mitaufgenommen) gleich der angegebenen Kapazität zu wählen; das Kabel hat nach Abschaltung eines Leiters dann auch für die Einphasenschaltung die vorgeschriebene Kapazität.

Der Kugelabstand jeder Funkenstrecke wird für einen Überschlag bei  $1,1 E$  (vgl. § 50) eingestellt. Die Maschine ist von der Stromquelle  $Q$  mit Gleichstrom bei normaler Drehzahl bzw. mit Drehstrom bei normaler Frequenz auf etwa das 1,3-fache der Nennspannung zu erregen. Die Funkenstrecken werden auf beliebige Weise gezündet (etwa durch vorübergehende Annäherung der Kugeln oder Überbrückung des Luftzwischenraumes) und ein Funkenspiel von 10 s Dauer wird aufrechterhalten. Die Funkenstrecken sind dabei mit einem Luftstrom von etwa 3 m/s Geschwindigkeit anzublasen.

Durch die Funkenüberschläge werden die Kapazitäten von der Wicklungsspannung immer wieder umgeladen, bei jeder plötzlichen Umladung zieht eine Sprungwelle in die zu prüfende Wicklung ein.

Es empfiehlt sich, alle Zwischenleitungen möglichst kurz zu halten, da bei längeren Leitungen die Beanspruchung der Wicklung nicht eindeutig bestimmt ist.

Mehrphasenmaschinen können auch in der Einphasenschaltung geprüft werden; dabei sind die Phasenklammern so oft zu vertauschen, daß die Wicklung jeder Phase der Sprungwellenprobe ausgesetzt wird.

### § 52. Windungsprobe.

Die Windungsisolation wird im Leerlaufe durch Erhöhung der angelegten oder erzeugten Spannung (Motoren oder

Generatoren) auf die in nachstehender Tafel angegebenen Werte geprüft. Die Frequenz bzw. Drehzahl kann entsprechend erhöht werden. Die Prüfdauer beträgt 3 min.

Reihe	Wicklungsart	$\frac{\text{Prüfspannung}}{\text{Nennspannung}}$
1	Alle Wicklungen mit Ausnahme von Reihe 2 . . . . .	1,3
2	Mehrphasenwicklungen mit nicht lösbaren Verbindungen zwischen verschiedenen Wicklungsträngen . .	1,5

Die höhere Spannung der Reihe 2 soll ein Ersatz für die nicht durchführbare Wicklungsprobe von Strang zu Strang sein.

### F. Wirkungsgrad.

#### § 53. Allgemeines.

Es werden unterschieden:

1. Der direkt gemessene Wirkungsgrad. Er wird durch Messung von Abgabe und Aufnahme ermittelt.
2. Der indirekt gemessene Wirkungsgrad. Er wird aus den Verlusten, die als Unterschied von Aufnahme und Abgabe angesehen werden, ermittelt.

Bei Gewährleistungen für den Wirkungsgrad ist das Meßverfahren anzugeben.

Sofern nicht anders vereinbart, ist unter Wirkungsgrad der indirekt gemessene zu verstehen. Der direkt gemessene soll im allgemeinen nur bei solchen Maschinen oder Maschinensätzen angegeben werden, bei denen ein so beträchtlicher Unterschied zwischen Abgabe und Aufnahme besteht, daß die Meßfehler nicht ins Gewicht fallen.

Bei Generatoren und Motoren mit mehr als 80% Wirkungsgrad und bei Umformern mit mehr als 90% ist die direkte Messung unzweckmäßig, weil die wahrscheinlichen Meßfehler dann größer als die Ungenauigkeit der indirekten Messung sind.

#### § 54.

Wirkungsgradangaben beziehen sich auf den Nennbetrieb, sofern nicht anders angegeben.

Voraussetzung für die nachstehend beschriebenen Prüfungen ist, daß die Maschinen gut eingelaufen sind, insbesondere Kommutator und Bürsten, und daß diese in der für Nennbetrieb vorgeschriebenen Stellung sind.

Bei Leerlaufmessungen dürfen jedoch die Bürsten in die neutrale Stellung gebracht werden.

Der direkt gemessene Wirkungsgrad bezieht sich auf den betriebswarmen Zustand.

Bei indirekter Messung sind die mit Gleichstrom gemessenen Widerstände zur Bestimmung der Stromwärmeverluste auf 75 °C umzurechnen.

Bei den anderen Verlustmessungen ist keine Temperaturumrechnung vorzunehmen.

#### § 55.

Alle Verluste in den zur Maschine allein gehörenden Hilfsgeräten — jedoch nur diese — sind bei der Ermittlung des Maschinenwirkungsgrades einzubeziehen, insbesondere:

1. die Verluste in Regel-, Vorschalt-, Justier-, Abzweig- und ähnlichen Widerständen, Drosselspulen, Hilfs-Transformatoren u. dgl., die zum ordnungsmäßigen Betriebe notwendig sind (vgl. jedoch 3),
2. die Verluste in der Erregermaschine bei Eigenerrregung, aber nicht bei Fremderregung,
3. die Verluste in der Zusatzmaschine von Einankerumformern, wenn sie einen Bestandteil des Umformers bildet, aber nicht die Verluste in den zum Umformer gehörenden Transformatoren und Drosselspulen; diese Verluste sind getrennt anzugeben,
4. die Verluste in den mit der Maschine mitgelieferten Lagern, aber nicht in fremden Lagern,
5. der Verbrauch des Lüfters bei Eigenlüftung.

Der Verbrauch bei Fremdlüftung sowie von Wasser- und Ölpumpen ist nicht einzubeziehen, sondern getrennt anzugeben.

#### § 56.

Wird bei einem Maschinensatz, der aus zwei Maschinen oder Maschine und Transformator oder Generator und Kraftmaschine oder Motor und Arbeitsmaschine besteht, der Gesamtwirkungsgrad oder die Leistungsaufnahme angegeben, so brauchen die Einzelwirkungsgrade nicht angegeben zu werden. Wenn sie trotzdem angegeben werden, so gelten sie als angenähert.

#### § 57. Direkt gemessener Wirkungsgrad.

Der direkt gemessene Wirkungsgrad wird nach einem der folgenden Verfahren ermittelt:

1. Leistungsmessverfahren. Abgabe und Aufnahme werden mit elektrischen Meßgeräten festgestellt.
2. Bremsverfahren. Die mechanische Leistung wird

mit Bremse oder Dynamometer, die elektrische mit elektrischen Meßgeräten festgestellt.

3. Belastungsverfahren. Die mechanische Leistung wird mit einer geeichten Hilfsmaschine, die elektrische mit elektrischen Meßgeräten festgestellt.

#### § 58. Indirekt gemessener Wirkungsgrad.

- I. Rückarbeitsverfahren zur Messung des Gesamtverlustes. Zwei gleiche Maschinen werden mechanisch und elektrisch derart verbunden, daß sie, die eine als Generator, die andere als Motor, aufeinander arbeiten. Die Erregung wird so eingestellt, daß der Mittelwert der Abgaben gleich der Nennleistung und der Mittelwert der Spannung gleich der Nennspannung ist. Die zur Deckung der Verluste erforderliche Leistung wird elektrisch oder mechanisch oder teils elektrisch und teils mechanisch zugeführt. Diese Verlustleistung dient nach angemessener Verteilung auf beide Maschinen zur Berechnung der Wirkungsgrade.
- II. Einzelverlustverfahren. Hierbei werden unterschieden:
  1. Leerverluste:
    - A. Verluste im Eisen und in der Isolierung (Eisenverluste).
    - B. Verluste durch Lüftung, Lager- und Bürstenreibung (Reibungsverluste).
  2. Erregerverluste bei Maschinen mit besonderer Erregerwicklung:
    - C. Stromwärmeverluste in Nebenschluß- und fremd-erregten Erregerkreisen (vgl. auch § 55, 1 und 2).
    - D. Übergangsverluste an den Erreger-Schleifringen.
  3. Lastverluste:
    - E. Stromwärmeverluste in Anker- und Reihenschlußwicklungen.
    - F. Übergangsverluste an Kommutatoren und Schleifringen, die Laststrom führen.
    - G. Zusatzverluste, d. s. alle oben nicht genannten Verluste.

Als Gesamtverlust, der der Berechnung des Wirkungsgrades zugrunde gelegt wird, gilt die Summe aus den Verlusten A bis G.

Der Verlust beim Leerlauf (Leerlaufverlust) ist immer größer als der Leerverlust.

Die nachstehenden Tafeln zeigen die Aufteilung der Verluste.  
 Verlustverteilung bei Maschinen mit besonderer Erregerwicklung:  
 Verlustverteilung bei Maschinen ohne besondere Erregerwicklung:

Gesamtverlust						
Leerlaufverlust			Belastungsverlust			
Leerverlust		Erregerverlust	Lastverlust			
A	B	C	D	E	F	G

Gesamtverlust				
Leerlaufverlust		Belastungsverlust		
Leerverlust		Lastverlust		
A	B	E	F	G

### § 59. Leerverluste.

Die Leerverluste werden nach einem der folgenden Verfahren ermittelt:

1. **Motorverfahren:** Die Maschine wird leerlaufend als Motor betrieben, und zwar:  
 Wechselstrommaschinen bei Nennspannung, Nennfrequenz und Leerlaufdrehzahl,  
 Gleichstrommaschinen bei Nennspannung, bei Generatoren zuzüglich oder bei Motoren abzüglich des Ohmschen Spannungsabfalles, und bei Nenndrehzahl,  
 Synchronmaschinen werden hierbei auf geringste Stromaufnahme erregt. Die Leistungsaufnahme abzüglich der Stromwärme- und Erregerverluste gilt als Leerverlust.
2. **Generatorverfahren:** Die Maschine wird im Leerlauf mit Nenndrehzahl durch einen geeichten Hilfsmotor angetrieben und auf Nennspannung erregt. Ihre mechanische Leistungsaufnahme abzüglich der Erregerverluste gilt als Leerverlust. Bei Gleichstrom-Maschinen ist der Ohmsche Spannungsabfall wie unter 1 zu berücksichtigen.

Zur Trennung der Eisen- und Reibungsverluste ist außer dem Verfahren nach 1 auch das Auslaufverfahren geeignet.

### § 60. Erregerverluste.

Die Stromwärmeverluste im Erregerstromkreise werden aus den mit Gleichstrom gemessenen Widerständen berechnet. Bezüglich der Übergangsverluste vgl. § 61<sub>2</sub>.

### § 61. Berechnung der Lastverluste.

1. Die Laststromwärmeverluste werden aus den mit Gleichstrom bemessenen Widerständen errechnet. Bei Asynchronmaschinen kann der Stromwärmeverlust in der Sekundärwicklung auch aus der Schlüpfung berechnet werden. Bei Einankerumformern ist der ge-

gemessene Ankerwiderstand auf die Gleichstromseite zu beziehen; der hieraus berechnete Verlust ist mit folgenden Faktoren zu multiplizieren:

Phasenzahl:	1	2	3	6	12
Zahl der Schleifringe:	2	4	3	6	12
Faktor:	1,45	0,39	0,58	0,27	0,20

2. Die Übergangsverluste werden berechnet, indem man für den Spannungsabfall jeder Bürste

- 1 V bei Kohle- und Graphitbürsten,
- 0,3 V bei metallhaltigen Bürsten einsetzt.

### § 62. Messung der Lastverluste.

Die Zusatz- und Stromwärmeverluste bei Synchronmaschinen werden nach einem der folgenden Verfahren bestimmt:

1. Kurzschlußverfahren: Die Maschine wird bei kurzgeschlossener Ankerwicklung mit Nenn Drehzahl durch einen geeichten Hilfsmotor angetrieben und so erregt, daß der Kurzschlußstrom gleich dem Nennstrom ist. Die Leistungsaufnahme ausschließlich der Reibungs- und Erregerverluste gilt als Summe aus Stromwärme- und Zusatzverlust (Kurzschlußverlust). Die Kurzschlußverluste können auch durch das Auslaufverfahren ermittelt werden.
2. Übererregungsverfahren: Die Maschine wird leerlaufend als Motor mit Nennspannung bei Nennfrequenz betrieben und derart übererregt, daß sie den Nennstrom führt. Die Leistungsaufnahme ausschließlich Leer- und Erregerverluste gilt als Stromwärme- und Zusatzverlust.  
Zur Bestimmung der Leerverluste darf das bei der Prüfung vorhandene Feld zugrunde gelegt werden.

### § 63. Zusatzverluste.

Als Zusatzverluste für die übrigen Maschinenarten werden die nachstehend zusammengestellten Annäherungswerte eingesetzt. Die Prozentwerte beziehen sich bei Generatoren auf die Abgabe, bei Motoren auf die Aufnahme, bei Einankerumformern auf die Gleichstromseite. Es wird angenommen, daß sie proportional dem Quadrat der Stromstärke sind.

1. Kompensierte Gleichstrommaschinen . . . . . 1/2%
2. Nichtkompensierte Gleichstrommaschinen mit  
oder ohne Wendepole . . . . . 1%
3. Einankerumformer . . . . . 1/2%
4. Asynchronmaschinen . . . . . 1/2%
5. Kaskadenumformer . . . . . 1%

## § 64. Übersicht.

Nachstehende Zahlentafel zeigt die zur Ermittlung der Verluste bei den einzelnen Maschinenarten anzuwendenden Verfahren.

	Leer- verluste	Erregerverluste		Lastverluste		
		Strom- wärme	Strom- über- gang	Strom- wärme	Strom- über- gang	Zusatz- verluste
Gleichstrommaschinen .	§ 59	§ 60	—	§ 61	§ 61	§ 63
Synchronmaschinen . .	§ 59	§ 60	§ 61	§ 62	§ 61	§ 62
Asynchronmaschinen .	§ 59	—	§ 61	§ 61	§ 61	§ 63
Einankerumformer . .	§ 59	§ 60	§ 61	§ 61	§ 61	§ 63
Kaskadenumformer . .	§ 59	§ 60	—	§ 61	§ 61	§ 63

## G. Spannung und Spannungsänderung.

## § 65. Spannungsbereich.

Die Maschinen sollen bei Nennleistung und Nennfrequenz, Generatoren auch bei Nenndrehzahl und Nennleistungsfaktor, eine Spannung entwickeln oder mit ihr betrieben werden können, die bis zu  $\pm 5\%$  von der Nennspannung abweicht, ohne daß bei den Grenzwerten der Spannung die Erwärmungsgrenzen (siehe § 39) um mehr als  $5^\circ\text{C}$  überschritten werden.

Diese Bestimmung gilt nicht für Gleichstrom-Bahngeneratoren.

## § 66.

Wenn die vom Besteller verlangte Spannung um nicht mehr als  $\pm 5\%$  von einer der normalen Nennspannungen nach § 8 abweicht, ist die Maschine mit der normalen Nennspannung auszuführen.

## § 67.

Maschinen für Nennspannungen, die in weiteren Grenzen als  $\pm 5\%$  veränderlich sind, unterliegen nicht den Bestimmungen der §§ 65 und 66.

## § 68.

Alle Gewährleistungen beziehen sich auf die Nennspannung.

## § 69. Erregungsfähigkeit.

Generatoren müssen so reichlich bemessen sein, daß sie bei den Nennwerten von Drehzahl, Leistungsfaktor und Er-



regerspannung bei 25 % Stromüberlastung im betriebswarmen Zustande die Nennspannung erzeugen können.

#### § 70.

Spannungsänderung eines Gleichstromgenerators mit Nebenschluß- oder Fremdschlußwicklung ist die Spannungserhöhung, die bei Übergang von Nennbetrieb auf Leerlauf auftritt, wenn

1. die Drehzahl gleich der Nenndrehzahl bleibt,
2. die Bürsten in der für Nennbetrieb vorgeschriebenen Stellung bleiben,
3. bei Selbsterregung der Erregerwiderstand, bei Eigen- erregung oder Fremderregung der Erregerstrom ungeändert bleibt.

#### § 71.

Spannungsänderung eines Gleichstrom-Doppelschluß-Generators ist der Unterschied zwischen der höchsten und der niedrigsten Spannung, die während des Überganges von Nennbetrieb auf Leerlauf und zurück auf Nennbetrieb auftritt, wenn die im § 70 angegebenen Bedingungen eingehalten werden.

#### § 72.

Spannungsänderung eines Synchrongenerators mit Eigen- oder Fremderregung ist die Spannungserhöhung, die bei Übergang von Nennbetrieb auf Leerlauf eintritt, wenn

1. die Drehzahl gleich der Nenndrehzahl bleibt,
2. der Erregerstrom ungeändert bleibt.

Die Spannungsänderung soll 50% bei  $\cos \varphi = 0,8$  nicht überschreiten.

#### § 73.

Spannungsänderung eines Einanker- oder Kaskaden- umformers ist die Gleichspannungserhöhung, die bei Übergang von Nennbetrieb auf Leerlauf auftritt, wenn

1. die der Maschine zugeführte Wechselspannung gleich der Nennspannung bleibt,
2. die Frequenz gleich der Nennfrequenz bleibt,
3. die Bürsten in der für Nennbetrieb vorgeschriebenen Stellung bleiben,
4. bei Selbsterregung der Erregerwiderstand, bei Eigen- erregung und Fremderregung der Erregerstrom ungeändert bleibt.

#### § 74.

Die Spannungsänderung wird angegeben in Prozenten:

1. der Nennspannung bei Generatoren,
2. der Nenn-Gleichspannung bei Einankerumformern.

## § 75.

Falls die Spannungsänderung nicht gemessen werden kann, ist ihre Berechnung aus der magnetischen Charakteristik zulässig. Bei Umrechnung sind die Widerstände auf  $75^{\circ}\text{C}$  zu beziehen.

## H. Drehzahl und Drehsinn.

## § 76. Drehsinn.

Der Drehsinn einer Maschine, Rechtslauf im Uhrzeigersinn, Linkslauf entgegen dem Uhrzeigersinn, wird bestimmt:

- a) Von der dem Kommutator oder der den Schleifringen entgegengesetzten Seite aus, wenn nur ein Kommutator oder Schleifringe auf nur einer Maschinenseite vorhanden sind.
- b) Von der Antriebsseite (u. U. von der des stärkeren Wellenstumpfes aus), wenn die Bestimmung unter a) nicht eindeutig ist, also bei zwei Kommutatoren oder Schleifringen auf beiden Maschinenseiten und bei Motoren mit Kurzschlußläufern.
- c) Von der Schleifringseite aus, wenn Kommutator und Schleifringe gleichzeitig vorhanden sind und auf verschiedenen Maschinenseiten liegen.
- d) Nach besonderer Vereinbarung, wenn die Bestimmungen unter a), b) und c) nicht eindeutig sind.

Als normaler Drehsinn gilt der Rechtslauf. Bei Drehstrommaschinen soll der normale Drehsinn oder der etwa verabredete anormale Drehsinn der zeitlichen Phasenfolge *UVW* an den Klemmen entsprechen.

Die Vorschrift entbindet nicht von der Prüfung der Phasenfolge vor der Inbetriebsetzung.

## § 77.

Wenn Maschinen beliebig für beide Drehrichtungen verwendet werden sollen, so muß dieses besonders vereinbart werden. Für solche, die für beide Drehrichtungen verschiedene Bürstenstellungen erfordern, sind beide Bürstenstellungen dauerhaft kenntlich zu machen.

## § 78. Drehzahländerung.

Drehzahländerung eines Motors mit Nebenschlußverhalten ist die Drehzahlerhöhung bei Übergang von Nennbetrieb auf Leerlauf, wenn Spannung und Frequenz ungeändert bleiben.

## § 79. Schleuderprobe.

Nachstehende Tafel enthält die Schleuderdrehzahl für die Schleuderprobe; diese Drehzahl soll während 2 min aufrecht erhalten werden.

Die Schleuderprobe gilt als bestanden, wenn sich keine schädlichen Formänderungen zeigen und die Spannungsprobe nach § 50 nachträglich ausgehalten wird.

Reihe	Maschinengattung	Schleuderdrehzahl
1	Generatoren außer Reihe 2 u. 3	$1,2 \times$ Nenndrehzahl
2	Generatoren für Wasserturbinenantrieb	$1,8 \times$ Nenndrehzahl
3	Generatoren für Dampfturbinenantrieb	$1,25 \times$ Nenndrehzahl
4	Einanker- und Kaskadenumformer	$1,2 \times$ Nenndrehzahl
5	Motoren für gleichbleibende Drehzahl	$1,2 \times$ Leerlaufdrehzahl
6	Motoren mit Drehzahlstufen	$1,2 \times$ höchste Leerlaufdrehzahl
7	Motoren mit Drehzahlregelung	$1,2 \times$ höchste Leerlaufdrehzahl
8	Motoren mit Reihenschlußverhalten	$1,2 \times$ der auf dem Schild gestempelten Höchstdrehzahl, mindestens aber $1,5 \times$ Nenndrehzahl

Bei Dampfturbinen ist ein Dampfschnellschlußventil anzuwenden, das bei 10 % Überschreitung der Nenndrehzahl anspricht.

## J. Schild.

## § 80. Allgemeines.

Jede Maschine muß ein „Leistungsschild“ tragen, auf dem die nachstehend aufgezählten allgemeinen und die in § 81 zusammengestellten zusätzlichen Angaben deutlich lesbar sind. Das Schild soll so angebracht sein, daß es auch im Betriebe bequem abgelesen werden kann. Die allgemeinen Angaben sind:

1. Hersteller oder Ursprungszeichen (falls nicht ein besonderes Firmenschild angebracht wird).
2. Modellbezeichnung oder Listennummer.
3. Fertigungsnummer.

## § 81. Zusätzliche Angaben.

Die zusätzlichen Angaben auf dem Leistungsschild sind in der nachstehenden Tafel zusammengestellt und in § 82 erläutert.

Die hier nicht angeführten Maschinenarten müssen

solche zusätzlichen Angaben erhalten, daß ohne Nachmessung erkannt werden kann, ob sie für ein bestimmtes Netz und eine bestimmte Arbeitleistung geeignet sind.

Spalte	I	II	III	IV
Reihe	Gleichstrom- maschinen	Synchron- maschinen	Asynchron- maschinen	Einanker- u. Kas- kadenumformer
1	Verwendungs- art	Verwendungs- art	Verwendungs- art	Verwendungs- art
2	Nennleistung	Nennleistung	Nennleistung	Nennleistung
3	Betriebsart	Betriebsart	Betriebsart	Betriebsart
4	Nenn- spannung	Nenn- spannung	Nenn- spannung Läufer- spannung	Neungleich- spannung Nennwechsel- spannung
5	Nennstrom	Nennstrom	Nennstrom Läuferstrom	Neungleich- strom Nennwechsel- strom-
6	Nennndrehzahl	Nennndrehzahl	Nennndrehzahl	Nennndrehzahl
7	—	Nennfrequenz	Nennfrequenz	Nennfrequenz
8	—	Nennleistungs- faktor	Nennleistungs- faktor	Nennleistungs- faktor
9	Bei Eigen- und Fremd- erregung Nennerreger- spannung	Bei Eigen- und Fremd- erregung Nennerreger- spannung	—	Bei Eigen- und Fremd- erregung Nennerreger- spannung
10	Erregerstrom bei Nennbe- trieb bei Generatoren und bei Moto- ren für Dreh- zahlregelung	Erregerstrom bei Nenn- betrieb	—	Erregerstrom bei Nenn- betrieb
11	—	Schaltart der Ständer- wicklung	Schaltart der Ständer- wicklung	—
12	—	—	Schaltart der Läufer- wicklung	Schaltart der Läufer- wicklung

## § 82. Bemerkungen zu vorstehender Tafel.

Zu 1. Als Verwendungsart müssen Stromart und Arbeitsweise angegeben werden, wobei folgende Abkürzungen zulässig sind:

## A. Stromart

Gleichstrom . . . . .	G
Einphasenstrom . . . . .	E
Zweiphasenstrom . . . . .	Z
Drehstrom . . . . .	D
Sechsfphasenstrom . . . . .	S

## B. Arbeitsweise

Generator . . . . .	Gen.
Motor . . . . .	Mot.
Phasenschieber . . . . .	Phas.
Einankerumformer . . . . .	E. U.
Kaskadenumformer . . . . .	K. U.

Zu 2. Unter Nennleistung ist anzugeben:

A. Abgabe in kW bei sämtlichen Motoren,  
ferner bei

Gleichstrom- und Asynchrongeneratoren sowie Wechselstrom-Gleichstrom-Einankerumformern,

B. Scheinbare Leistung in kVA, d. h.  
Abgabe in kW

Nennleistungsfaktor

bei

Synchrongeneratoren,

Synchronphasenschiebern,

Gleichstrom/Wechselstrom-Einankerumformern.

Zu 3. Die Betriebsart wird in folgender Weise gekennzeichnet:

A. Dauerbetrieb: Kein Vermerk,

B. Kurzzeitiger Betrieb: KB und vereinbarte Betriebszeit,

C. Aussetzender Betrieb: AB und relative Einschalt-dauer.

Zu 4. Als Wechselspannung ist bei Wechselstrom-Gleichstrom-Einankerumformern die höchste Spannung zwischen zwei Schleifringen bei Nennbetrieb anzugeben.

Zu 5. Stromangaben können abgerundet werden (da sie nicht zur Bewertung der Maschine dienen). Angaben über den Strom von Motoren, Asynchrongeneratoren und Einankerumformern sind als angenähert zu betrachten.

Die Abrundung kann betragen:

bei kleineren Motoren etwa 2 bis 3  $\frac{0}{10}$ ,

bei größeren Maschinen höchstens 1  $\frac{0}{10}$ .

Zu 6 Angaben über die Drehzahl von Gleichstrom- und Asynchronmotoren sind als angenähert zu betrachten.

Bei Motoren, die nur in einer Drehrichtung benutzt werden sollen und bei denen eine Änderung der Drehrichtung nur durch konstruktive Änderungen oder Änderung der inneren Maschinenschaltung möglich ist, ist der Drehzahlangabe

ein Pfeil  $\rightarrow$  mit Spitze nach rechts für Rechtslauf,

ein Pfeil  $\leftarrow$  mit Spitze nach links für Linkslauf

hinzuzufügen.

Es empfiehlt sich, den Drehrichtungspfeil auch noch auf der Stirn des freien Wellenstumpfes anzubringen.

Umsetzen der Bürstenhalter ist als konstruktive Änderung anzusehen, nicht aber die Verschiebung der Bürsten.

Bei Motoren mit Reihenschlußverhalten ist die höchstzulässige Drehzahl anzugeben.

Bei Maschinen mit Wasserturbinenbetrieb ist die höchstzulässige Drehzahlsteigerung anzugeben, z. B.  $500 \pm 80 \%$ .

Zu 8. Bezüglich Leistungsfaktor vgl. § 22. Der Leistungsfaktorangabe ist das Zeichen „u“ (untererregt) hinzuzufügen bei:

Synchrongeneratoren, die voreilenden kapazitiven Blindstrom liefern sollen, und

Synchronmotoren und Phasenschiebern, die nacheilenden induktiven Blindstrom aufnehmen sollen.

Die Leistungsfaktorangaben von Asynchronmaschinen sind als angenähert zu betrachten.

Zu 10. Die Angaben für den Erregerstrom bei Nennbetrieb sind als angenähert zu betrachten, da sie nur zur Bemessung der Leistungen dienen. Nur Stromstärken über 10 A brauchen angegeben zu werden.

Zu 11. Die Kennzeichnung der Schaltart erfolgt durch die nachstehenden Zeichen:

Einphasen	
Einphasen mit Hilfsphase	⊥
Zweiphasen verkettet	└┘
Zweiphasen unverkettet (Vierphasen)	⊗
Dreiphasen-Stern	Y
Dreiphasen-Stern mit herausgeführtem Nullpunkt	Y
Dreiphasen-Dreieck	△
Dreiphasen offen	
Durchmesserspannung	⊙
n-phasig	<sup>n</sup>

Zu 12. Bei Dreiphasenläufern bleibt der Vermerk fort.

### § 83. Mehrfache Stempelungen.

Bei Maschinen, die für zwei oder mehr Nennbetriebe bestimmt sind, sind für alle Nennbetriebe entsprechende Angaben zu machen, nötigenfalls auf mehreren Schildern.

Wenn eine Maschine in einem Spannungsbereich arbeitet, der den im Abschnitt G §§ 65 und 66 festgesetzten Bereich überschreitet, so sind die Grenzspannungen und die zu ihnen gehörenden Angaben zu vermerken.

Bei Motoren für zwei Drehzahlen sind die Grenzdrehzahlen und die zu ihnen gehörenden Angaben zu vermerken.

### § 84. Umwicklung von Maschinen.

Wird die Wicklung einer Maschine von einem anderen als dem Hersteller der Maschine geändert (teilweise oder vollständige Umwicklung, Umschaltung oder Ersatz), so muß die ändernde Firma neben dem Ursprungsschild ein Schild anbringen, das den Namen der Firma, die neuen Angaben der Maschine nach § 80 u. f. und die Jahreszahl der Änderung enthält.

### § 85. Kleinmotoren.

Bei Motoren bis einschließlich 200 W Nennleistung sind nur folgende zusätzliche Angaben zu machen:

Verwendungsart,	Nennstrom,
Nennleistung,	Frequenz,
Nennspannung,	Nennzahl.

Bei Kleinmotoren, die mit der Arbeitsmaschine zusammengebaut sind, kann die Angabe der Nennleistung auf die Arbeitswelle bezogen werden oder wegfallen.

### § 86. Fremdlüftung und Wasserkühlung.

Bei Maschinen mit Fremdlüftung oder mit Wasserkühlung ist ein Schild mit folgenden Angaben anzubringen:

1. Erforderliche Menge des Kühlmittels bei Nennbetrieb, und zwar in  $\text{m}^3/\text{s}$  bei Luft, in  $\text{l}/\text{min}$  bei Wasser.
2. Luftdruck in mm Wassersäule, die für die Maschine selbst benötigt wird.
3. Höchstzulässige Eintrittstemperatur, falls sie nicht  $35^\circ\text{C}$  beträgt.

## K. Toleranzen.

### § 87. Allgemeines.

Toleranz ist die höchstzulässige Abweichung des festgestellten Wertes von dem nach den Bestimmungen dieser Regeln gewährleisteten Werte. Sie soll die unver-

meidlichen Ungleichmäßigkeiten in der Beschaffenheit der Rohstoffe, Ungenauigkeiten der Fertigung und Meßfehler decken.

Reihe	Gewährleistungen für	Toleranzen
1	Drehzahl von Gleichstrom-Nebenschlußmotoren	Nennleistung bis einschl. 1,1 kW $\pm 10\%$ über 1,1 bis einschl. 11 kW $\pm 7,5\%$ „ 11 kW $\pm 5\%$ der Nenndrehzahl
2	Drehzahl von Reihenschlußmotoren	Nennleistung bis einschl. 1,1 kW $\pm 15\%$ über 1,1 bis 11 kW $\pm 10\%$ „ 11 kW $\pm 7\%$
3	Drehzahländerung von Gleichstrommotoren	10% der gewährleisteten Drehzahländerung
4	Drehzahl von Asynchronmotoren	20% der Sollschrüpfung
5	Wirkungsgrad $\eta$	$\frac{1 - \eta}{10}$ aufgerundet auf $\frac{1}{1000}$ , mindestens aber 0,01
6	Leistungsfaktor $\cos \varphi$ von Asynchronmaschinen	$\frac{1 - \cos \varphi}{6}$ aufgerundet auf $\frac{1}{100}$ , mindestens aber 0,02
7	Spannungsänderung von Generatoren	$\pm 5\%$ der Nennspannung
8	Spannungsänderung von Einankerumformern von Kaskadenumformern	$\pm 1\%$ der Nennspannung $\pm 3\%$ „ „
9	Stoßkurzschlußstrom von Synchronmaschinen	20% des Sollwertes
10	Dauerkurzschlußstrom von Synchronmaschinen	15% des Sollwertes
11	Kippmoment von Motoren	10% dieses Momentes
12	Anlaufmoment von Motoren	10% des Sollwertes



## 18. Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren R.E.T./1923<sup>1)</sup>.

### Einteilung.

- I. Gültigkeit. § 1 bis 3.
  - II. Begriffserklärungen :
    - A. Wicklungen § 4 bis 8.
    - B. Elektrische Größen § 9 bis 16.
    - C. Betriebswarmer Zustand § 17.
    - D. Kühlungsarten § 56.
  - III. Bestimmungen:
    - A. Allgemeines § 19 bis 27.
    - B. Betriebsart § 28 bis 32.
    - C. Erwärmung § 33 bis 45.
    - D. Isolierfestigkeit § 46 bis 51.
    - E. Verluste § 52 bis 55.
    - F. Spannung § 56.
    - G. Kurzschlußfestigkeit § 57.
    - H. Schaltart § 58 bis 59.
    - I. Parallelbetrieb § 60 bis 62.
    - K. Schild § 63 bis 69.
- Anhang : Regeln für die Bewertung und Prüfung von Drehtransformatoren § 70 bis 82.

### I.

#### Gültigkeit.

##### § 1. Geltungstermin.

Diese Regeln gelten für Transformatoren, deren Herstellung nach dem 1. Januar 1923 begonnen wird.

##### § 2.

Diese Regeln gelten allgemein. Abweichungen hiervon sind ausdrücklich zu vereinbaren. Die Vorschriften über die Schilder müssen jedoch immer erfüllt sein.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1922. Veröffentlicht: ETZ 1922, S. 666 und 1443. — Änderung des § 48 angenommen durch die Jahresversammlung 1924. Veröffentlicht: ETZ 1924, S. 1068.

## § 3. Geltungsbereich.

Diese Regeln gelten für folgende Arten von Transformatoren, ausgenommen nicht ortsfeste Bahntransformatoren:

I. Transformatoren mit getrennten Primär- und Sekundärwicklungen (T), deren Wicklungen parallel zu den entsprechenden Netzen liegen, ausgenommen Prüftransformatoren, Spannungswandler, Klingel- und ähnliche Kleintransformatoren.

II. Spartransformatoren (SpT), mit gegeneinander festliegenden Wicklungen, bei denen beide Wicklungen in Reihe geschaltet sind, ausgenommen Anlaßtransformatoren.

Spartransformatoren werden angewendet, wenn eine gegebene Netzspannung erhöht oder erniedrigt werden soll und Primär- und Sekundärspannung nur geringe Unterschiede besitzen. In Hochspannungstromkreisen soll in der Regel der Unterschied nicht mehr als 25 % betragen.

III. Zusatztransformatoren mit gegeneinander festliegenden Wicklungen (ZT), deren Wicklungen nicht leitend verbunden sind und deren Sekundärwicklung zur Spannungserhöhung oder -erniedrigung eines Stromkreises dient.

Die Zusatztransformatoren können eine oder mehrere Stufen in der Zusatzwicklung besitzen. Die Umschaltung von einer Stufe auf die nächste kann entweder in spannungslosem Zustande vorgenommen werden oder auch bei Verwendung entsprechend durchgebildeter Regelschalter unter Spannung.

IV. Stromtransformatoren (ST), mit getrennten Primär- und Sekundärwicklungen, deren Primärwicklung in Reihe mit einem Netze liegt, ausgenommen Stromwandler.

Stromtransformatoren dienen zum Anschluß von Reglern, z. B. Schlupfreglern, die eine Leistung aufnehmen, die mit dem gewöhnlichen Meßwandlern nicht mehr aufgebracht werden kann. Die Primärwicklung liegt in Reihe mit einem Netz, das irgendeine beliebige Netzspannung haben kann und z. B. einen Motor speist. An die Sekundärwicklung ist der Regelapparat angeschlossen.

V. Drosselspulen (Dl). Ausgenommen sind Drosseln, die Zubehörteile bilden von Anlassern, Meßgeräten und anderen Apparaten, ebenso die in Reihe mit der Leitung liegenden Drosseln für Überspannungsschutzgeräte.

Allen Transformatoren (T, SpT, ZT, ST) ist gemeinsam, daß sie ohne mechanische Bewegung elektrische Leistung in elektrische Leistung umwandeln. Alle, mit Ausnahme der Stromtransformatoren, haben ein praktisch unveränderliches Wechselfeld, während der Stromtransformator ein veränderliches Wechselfeld besitzt, das

von dem Primärstrom und der in den sekundären Stromkreis eingeschalteten Impedanz abhängig ist.

Über die Regeln für die Bewertung und Prüfung von Drehtransformatoren siehe §§ 70 u. ff.

## II.

### Begriffserklärungen.

#### A. Wicklungen.

##### § 4.

Nach der Energierichtung werden unterschieden:

- I. Primärwicklung, die elektrische Leistung empfangende Wicklung.
- II. Sekundärwicklung, die elektrische Leistung abgebende Wicklung.

Ein Transformator kann mehrere Primär- und Sekundärwicklungen besitzen.

##### § 5.

Nach der Netzspannung werden unterschieden:

- I. Oberspannungswicklung, die mit dem Netz der höheren Spannung verbundene Wicklung.
- II. Unterspannungswicklung, die mit dem Netz der niederen Spannung verbundene Wicklung.

Wird bei einem Zusatztransformator für beispielsweise 5000/1000 V die 1000 V-Wicklung in Reihe mit einem Netz von 20 000 V geschaltet, die dazu dient, seine Spannung auf 21 000 V zu erhöhen, so ist in diesem Falle die 1000 V-Wicklung die Oberspannungswicklung, die 5000 V-Wicklung die Unterspannungswicklung.

##### § 6.

Anzapfungen sind Anschlüsse an Wicklungen, die die Benutzung einer geringeren Windungszahl als der vollen gestatten (siehe auch § 20).

Bei angezapften Wicklungen heißt der Anschluß für die volle Windungszahl Stufe I, für die nächstniedrige Windungszahl Stufe II usw.

##### § 7.

Normalstufe ist eine besonders ausgezeichnete Anzapfung. Sie ist mit der Stufe II identisch, wenn der Prozentsatz der insgesamt abschaltbaren Windungen nicht mehr als 10 % beträgt. Ist der Prozentsatz der insgesamt abschaltbaren Windungen größer als 10 %, so ist die Normalstufe besonders zu vereinbaren.

§ 8.

Schaltgruppen. Nach der Schaltung werden folgende Schaltgruppen unterschieden:

	Vektorbild		Schaltbild	
	Ober- spannung	Unter- spannung	Ober- spannung	Unter- spannung
I. Einphasentransformatoren: Schaltgruppe A				
Die Schaltart ist so, daß der Wickelsinn, von gleichbezeichneten Klemmen ausgegangen, gleichsinnig ist.				
II. Dreiphasentransformatoren:				
Schaltgruppe A	$A_1$			
	$A_2$			
	$A_3$			
Schaltgruppe B	$B_1$			
	$B_2$			
	$B_3$			
Schaltgruppe C	$C_1$			
	$C_2$			
	$C_3$			

	Vektorbild		Schaltbild	
	Ober- spannung	Unter- spannung	Ober- spannungen	Unter- spannungen
Schaltgruppe D				

Die Schaltgruppe bei Dreiphasentransformatoren wird nach dem Verwendungszwecke gewählt. Wenn keine besonderen Gründe vorliegen, wird gewöhnlich Stern-Stern-Schaltung vorgesehen. Diese Schaltung eignet sich jedoch nur für Betriebe, in denen der sekundäre Nullpunkt überhaupt nicht oder nur zu Erdungszwecken benutzt wird. Bei Kerntransformatoren ist außerdem noch eine Belastung des Nullpunktes von höchstens 10% des Nennstromes zulässig, bei Manteltransformatoren dagegen nicht. Zur Speisung von Verteilungsnetzen mit viertem (neutralem) Leiter eignet sich diese Schaltung somit meistens nicht; es wird dann vorteilhaft bei kleinen Leistungen Stern-Zickzack- und bei größeren Leistungen Dreieck-Stern-Schaltung vorgesehen. Diese beiden Schaltungen sind in dieser Beziehung gleichwertig. Es sind meistens Fragen konstruktiver Natur, die den Hersteller veranlassen, entweder Stern-Zickzack oder Dreieck-Stern zu empfehlen. Dreieck-Stern- oder Stern-Dreieck-Schaltung wird bei großen Transformatoren außerdem oft gewählt, um das Austreten eines magnetischen Flusses aus dem Kern und damit zusätzliche Verluste zu vermeiden.

Vorwiegend werden folgende Schaltgruppen angewendet:

$A_2$  bei kleinen Verteilungstransformatoren mit sekundär wenig belastbarem Nulleiter,

$C_1$  bei großen Verteilungstransformatoren mit sekundär voll belastbarem Nulleiter,

$C_2$  bei Haupttransformatoren großer Kraftwerke und Unterstationen, die nicht zur Verteilung dienen,

$C_3$  bei kleinen Verteilungstransformatoren mit sekundär voll belastbarem Nulleiter.

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

Von Transformatoren verschiedener Schaltgruppen können

nur die Gruppen C und D parallel laufen, wenn die Verbindung ihrer Klemmen nach folgendem Schema erfolgt:

Sammelschienen	R	S	T	r	s	t
Anschluß der	Oberspannung			Unterspannung		
Schaltgruppe C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	U	V	W	u	v	w
D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> D <sub>3</sub> { oder	U	W	V	w	v	u
	W	V	U	v	u	w
oder	V	U	W	u	w	v

Werden in Ausnahmefällen andere Kombinationen von Schaltungen der Ober- und Unterspannungswicklungen bei Dreiphasentransformatoren benutzt, so wird als Bezeichnung die Schaltgruppe ohne Zahlenindex gewählt, für die die Bedingung erfüllt ist, daß Parallellauf mit Transformatoren der gleichen Schaltgruppe bei Verbindung gleichnamiger Klemmen möglich ist. Beispielsweise wird die Schaltung

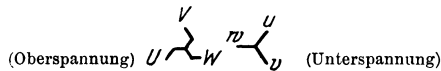


Abb. 1.

als Schaltgruppe C ohne Index bezeichnet.

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

### B. Elektrische Größen.

#### § 9.

Nennbetrieb heißt der Betrieb des Transformators mit der Primärspannung, der Frequenz, den Strömen und der Betriebsart, die auf dem Schilde angegeben sind. Die Nenn-Primärspannung ist hierbei die Spannung der Normalstufe und durch Vorsetzen von „Nenn“ auf dem Schilde gekennzeichnet.

Der Nennwert der Spannung muß als solcher gekennzeichnet sein, weil bei Transformatoren mit angezapften Wicklungen auch die diesen Anzapfungen entsprechenden Spannungen auf das Schild gestempelt werden. Es ist also aus dem Schilde genau ersichtlich, welche Spannung und damit welche Wicklungstufe für den Nennbetrieb maßgebend ist.

#### § 10.

Nennleistung des Transformators ist die auf dem Schilde angegebene scheinbare Leistung (in kVA oder VA).

## § 11.

Übersetzung ist das Verhältnis von Oberspannung zu Unterspannung bei Leerlauf. Sie ist unter Berücksichtigung der Schaltart gleich dem Verhältnis der Windungszahlen.

Das Verhältnis der Spannungen stimmt nur dann mit dem Verhältnis der Windungszahlen genau überein, wenn der durch den Leerlaufstrom bedingte Spannungsabfall vernachlässigbar ist. In den praktisch vorkommenden Fällen trifft dieses bei Transformatoren im allgemeinen zu.

## § 12.

Spannung ist bei Dreiphasenstrom immer die verkettete, bei Zweiphasenstrom die Spannung zwischen zwei Leitern einer Phase.

## § 13.

Nenn-Sekundärspannung ist die aus der primären Nennspannung und der Übersetzung berechnete Spannung.

## § 14.

Nennstrom ist der aus der Nennleistung und der Nennspannung berechnete Strom.

## § 15.

Kurzschlußspannung  $e_k$  ist die Spannung, die bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung an die Primärwicklung angelegt werden muß, damit sie den Nenn-Primärstrom aufnimmt. Die Nenn-Kurzschlußspannung wird aus der bei Schaltung auf Normalstufe gemessenen Kurzschlußspannung berechnet unter der Annahme, daß die Wicklung die gewährleistete Temperatur hat. Sie wird in Prozenten der Nenn-Primärspannung ausgedrückt.

Kurzschlußstrom ist der Primärstrom, der aufgenommen würde, wenn bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung die Nennspannung an die Primärwicklung angelegt wird. Er wird als Vielfaches des Nenn-Primärstromes ausgedrückt. Das Verhältnis Kurzschlußstrom : Nenn-Primärstrom ist gleich  $100 : \text{Nenn-Kurzschlußspannung}$ .

## § 16.

Spannungsänderung  $e_\varphi$  eines Transformators bei einem anzugebenden Leistungsfaktor ist die Erhöhung der Sekundärspannung, die bei Übergang von Nennbetrieb auf Leerlauf auftritt, wenn Primärspannung und Frequenz ungeändert bleiben.

Die Spannungsänderung wird in Prozenten der Nenn-Sekundärspannung ausgedrückt. Die Spannungsänderung  $e_\varphi$

wird ermittelt aus der prozentualen Kurzschlußspannung  $e_k$  und dem prozentualen Wicklungsverlust  $e_r$ .

Die Spannungsänderung  $e_\varphi$  wird nach folgender Formel berechnet:

$$e_\varphi = e'_{\varphi} + 100 - \sqrt{10000 - e''_{\varphi}{}^2}$$

Hierin bedeutet

$$\begin{aligned} e'_{\varphi} &= e_r \cos \varphi + e_s \sin \varphi \\ e''_{\varphi} &= e_r \sin \varphi - e_s \cos \varphi \end{aligned}$$

Die Streuspannung ist  $e_s = \sqrt{e_k^2 - e_r^2}$

Bei Streuspannungen  $e_s$  bis etwa 4 % ist die Annäherung  $e_\varphi = \int e'_{\varphi}$  ausreichend.

### C. Betriebswarmer Zustand.

#### § 17.

Als betriebswarm gilt der Zustand, den der Transformator bei 20 °C Raum- bzw. Kühlmitteltemperatur am Ende des durch seine Betriebsart gekennzeichneten Probeaufes mit Nennleistung hat.

### D. Kühlungsarten.

#### § 18.

Es werden folgende Kühlungsarten unterschieden:

TS Trockentransformatoren mit Selbstlüftung.

Der Transformator wird durch Strahlung und natürlichen Zug gekühlt.

TF Trockentransformatoren mit Fremdlüftung.

Die Kühlluft wird durch einen Lüfter oder künstlichen Zug bewegt.

TW Trockentransformatoren mit Wasserkühlung.

Einzelne Teile werden durch Wasser gekühlt.

OS Öltransformatoren mit Selbstlüftung.

Der Ölkasten wird durch Strahlung und durch natürlichen Zug gekühlt.

OF Öltransformatoren mit Fremdlüftung.

Der Ölkasten wird mit Luft gekühlt, die durch einen Lüfter oder künstlichen Zug bewegt wird.

OFU Öltransformatoren mit Fremdlüftung und Ölumlaufl.

Der Ölkasten wird durch Luft gekühlt, die durch einen Lüfter oder künstlichen Zug bewegt wird. Der Ölumlaufl erfolgt zwangweise.

OWI Öltransformatoren mit innerer Wasserkühlung.

Das Öl wird durch einen Wasserkühler im Inneren des Ölkastens gekühlt.



OWA Öltransformatoren mit Ölumlaufl und äußerer Wasserkühlung.

Das Öl wird in einem Wasserkühler außerhalb des Ölkastens gekühlt. Der Ölumlaufl erfolgt zwangweise.

OSA Öltransformatoren mit Ölumlaufl und äußerer Selbstlüftung.

Das Öl wird in einem Luftkühler außerhalb des Ölkastens gekühlt. Der Ölumlaufl erfolgt zwangweise.

OFA Öltransformatoren mit Ölumlaufl und äußerer Fremdlüftung.

Das Öl wird in einem Luftkühler außerhalb des Ölkastens gekühlt. Die Kühlluft wird durch einen Lüfter oder künstlichen Zug bewegt. Der Ölumlaufl erfolgt zwangweise.

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

### III.

#### Bestimmungen.

##### A. Allgemeines.

###### § 19.

Als normale Nennleistungen von Transformatoren (T) gelten:

I. Bei Drehstromtransformatoren:

5; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 125; 160; 200; 250; 320;  
400; 500; 640; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3200;  
4000; 5000; 6400; 8000; 10000 usw. kVA.

II. Bei Einphasentransformatoren:

1; 2; 3; 5; 7; 10; 13; 20; 35; 50; 70 kVA.

###### § 20.

Bei Transformatoren mit Anzapfungen, die nicht besonderen Zwecken dienen, sind drei Stufen normal. Die den Anzapfungen entsprechenden Spannungen sind, wenn der Prozentsatz der insgesamt abschaltbaren Windungen nicht mehr als 10 % beträgt, für die Wicklungsseite anzugeben, auf der die Anzapfungen liegen.

Bei Transformatoren für großen Regelbereich mit Anzapfungen, die so angeordnet sind, daß in der betreffen-

den Wicklung betriebsmäßig keine höhere als die Nennspannung auftreten kann, können die den Anzapfungen entsprechenden Spannungen für die Wicklungsseite angegeben werden, auf der keine Anzapfungen liegen; sie sind dann einzuklammern.

Hat z. B. ein Transformator das Übersetzungsverhältnis  $10000/384-400-416$  V und Anzapfungen in der  $10000$  V-Wicklung, so wird das Schild gestempelt  $10400-10000-9600/400$  V und der Normalstufe entspricht in diesem Falle  $10000/400$  V.

Hat ein Ofentransformator für  $25000/50-70-100$  V die Anzapfungen in der Mitte der  $25000$  V-Wicklung, so kann das Schild gestempelt werden  $25000/(50)-(70)-100$  V, falls als Normalstufe  $25000/100$  V vereinbart ist (siehe § 7).

### § 21.

Alle Prüfungen sind an dem neuen betriebsfertigen Transformator und nach Möglichkeit in den Werkstätten des Herstellers vorzunehmen. Prüfungen am Aufstellungsorte sind besonders zu vereinbaren. Transformatoren für Fremdlüftung sind mit den Vorrichtungen für diese zu prüfen.

Betriebsmäßige Abdeckungen, Ummantelungen, ferner Regendächer und dgl. dürfen bei den Prüfungen nicht geöffnet oder geändert werden.

Die Isolationsprüfung wird am besten in den Werkstätten des Herstellers vorgenommen, weil hier die beste Gewähr für die sachgemäße Durchführung gegeben ist. Bei öfterer Wiederholung ist zu befürchten, daß schließlich die Isolation leidet, besonders wenn am Aufstellungsorte nicht solche Einrichtungen zur Verfügung stehen, daß die Prüfung sachgemäß durchgeführt werden kann. Deshalb soll eine Wiederholung der Isolationsprüfung am Aufstellungsorte nicht ohne weiteres verlangt werden können.

### § 22.

Gewährleistungen beziehen sich auf den Nennbetrieb und die sich aus der Betriebsart ergebenden Überlastungen.

### § 23.

Die folgenden Bestimmungen gelten für den betriebswarmen Zustand.

Wird die Wicklungstemperatur nicht durch Messungen festgestellt, so ist für Umrechnungen die gewährleistete Temperatur einzusetzen.

### § 24.

Die Kurvenform der Primärspannung wird als praktisch sinusförmig vorausgesetzt; siehe R. E. M. § 14.

## § 25.

Mehrphasensysteme werden als praktisch symmetrisch vorausgesetzt; siehe R. E. M. § 15.

## § 26.

Die folgenden Bestimmungen gelten unter der Annahme, daß angezapfte Wicklungen auf Normalstufe geschaltet sind.

Bei Anzapfungen bis einschließlich  $\pm 5\%$  der Windungszahl der Normalstufe gelten die Bestimmungen über die Erwärmung für alle Stufen bei gleicher Nennleistung.

## § 27.

Die folgenden Bestimmungen gelten unter der Annahme, daß der Aufstellungsort des Transformators nicht mehr als 1000 m ü. M. liegt.

Soll ein Transformator an einem höher als 1000 m ü. M. gelegenen Orte betrieben werden, so muß dieses besonders angegeben werden.

Bei größeren Meereshöhen ändern sich Isolationsfestigkeit und Wärmeabgabe.

**B. Betriebsart.**

## § 28.

Es sind folgende Betriebsarten zu unterscheiden:

DB Dauerbetrieb, bei dem die Betriebszeit so lang ist, daß die dem Beharrungszustande entsprechende Endtemperatur erreicht wird (siehe § 29).

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

Die Betriebspause, während der die sekundäre Wicklung abgeschaltet ist, ist lang genug, um die Abkühlung auf die Beharrungstemperatur bei Leerlauf zu ermöglichen (siehe § 30).

DAB Dauerbetrieb mit aussetzender Belastung, bei dem Belastungszeiten von höchstens 5 min mit Leerlaufpausen abwechseln, deren Dauer nicht genügt, um die Abkühlung auf die Beharrungstemperatur bei Leerlauf zu ermöglichen (siehe § 31).

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

Die Betriebspause, während der der Transformator spannungslos ist, ist lang genug, um die Abkühlung auf die Temperatur des Kühlmittels zu ermöglichen (siehe § 30).

- AB Aussetzender Betrieb, bei dem Einschaltzeiten von höchstens 5 min mit stromlosen Pausen abwechseln, während der der Transformator spannungslos ist, und deren Dauer nicht genügt, um die Abkühlung auf die Temperatur des Kühlmittels zu ermöglichen (siehe § 31).
- LB Landwirtschaftlicher Betrieb, bei dem etwa 500 h im Jahre eine tägliche Überlastung von 100 % während 12 h zulässig ist (siehe § 32).

#### § 29.

Bei Dauerbetrieb DB muß die Nennleistung beliebig lange Zeit inne gehalten werden können, ohne daß die Temperatur und Erwärmung die im § 42 angegebenen Grenzen überschreiten.

#### § 30.

Bei den Betriebsarten DKB und KB muß die Nennleistung die vereinbarte Zeit hindurch abgegeben werden können, ohne daß die Temperatur und Erwärmung die im § 42 angegebenen Grenzen überschreiten.

#### § 31.

Bei den Betriebsarten DAB und AB muß die Nennleistung mit der angegebenen relativen Belastungsdauer beliebig lange abgegeben werden können, ohne daß die Temperatur und Erwärmung die im § 42 angegebenen Grenzen überschreiten. Relative Belastungsdauer ist das Verhältnis von Belastungsdauer zur Spieldauer. Spieldauer ist die Summe von Belastungsdauer und belastungsloser Pause.

Als normale Werte der relativen Belastungsdauer gelten: 15, 25, 40 und 50 %.

#### § 32.

Bei Sondertransformatoren für landwirtschaftlichen Betrieb LB (z. B. Sonderreihe der Einheitstransformatoren) muß eine den Sonderbedingungen dieses Betriebes entsprechende 60%-Überlast über die Nennleistung dauernd abgegeben werden können, ohne daß die Temperatur und Erwärmung die im § 42 angegebenen Grenzen überschreiten.

Die Erwärmung bei 100%-Überlast darf die im § 42 angegebenen Grenzen um 10 °C überschreiten.

Bei diesen Sondertransformatoren wird die Nennleistung nicht durch die Erwärmung, sondern durch den Spannungsabfall bestimmt.

**C. Erwärmung.****§ 33.**

Erwärmung eines Transformatorenteiles ist bei Dauer- und aussetzendem Betriebe der Unterschied zwischen seiner Temperatur und der des zutretenden Kühlmittels, Luft oder Wasser, bei kurzzeitigem Betriebe der Unterschied seiner Temperaturen bei Beginn und am Ende der Prüfung.

**§ 34.**

Die Erwärmungsprobe wird mit Ausnahme von § 28 Betriebsart LB bei Nennbetrieb vorgenommen, u. zw.:  
DB Transformatoren für Dauerbetrieb. Der Probelauf kann bei kaltem oder warmem Transformator begonnen werden; er wird so lange fortgesetzt, bis die Erwärmung nicht mehr steigt.

DKB Transformatoren für Dauerbetrieb mit kurzzeitiger Belastung. Der Probelauf wird begonnen, wenn der Transformator die Beharrungstemperatur bei Leerlauf besitzt; er wird nach Ablauf der vereinbarten Belastungszeit abgebrochen.

KB Transformatoren für kurzzeitigen Betrieb. Der Probelauf wird bei kaltem Transformator begonnen, d. h. wenn die Temperatur der Wicklung um nicht mehr als 3° höher als die Temperatur des Kühlmittels ist; er wird bei Ablauf der vereinbarten Betriebszeit abgebrochen.

DAB und AB Transformatoren für aussetzende Betriebe. Der Transformator wird einem regelmäßig aussetzenden Betriebe mit der vereinbarten relativen Belastungsdauer unterworfen. Der Probelauf kann bei kaltem oder warmem Transformator begonnen werden. Er wird so lange fortgesetzt, bis die Erwärmung nicht mehr steigt, und bei Ablauf der letzten Belastungszeit abgebrochen. Während der Probe beträgt die Spieldauer 10 min.

Die Probe für die Betriebsarten DB, AB, DAB kann als beendet angesehen werden, wenn die Erwärmung um nicht mehr als 1° in der h zunimmt und dabei mindestens 5°C unter der gewährleisteten Grenze liegt.

LB Transformatoren für landwirtschaftlichen Betrieb. Die 60%-Überlast wird wie Dauerlast behandelt; die 100%-Überlast wird bei einer Öltemperatur begonnen, die einem Dauerbetriebe mit der Nennleistung entspricht, und so lange fortgesetzt, bis die Erwärmung nicht mehr steigt, aber nicht länger als 12 h.

Der Abzug von  $5^{\circ}\text{C}$  von der zulässigen Grenzerwärmung  $t_{\max.}$  ergibt sich aus folgender Überlegung:

Die Erwärmung  $t$  eines wärmeaufnehmenden und wärmeabgebenden Körpers wird aus der Gleichung

$$t_{\max.} = Z \frac{dt}{dz} + t$$

berechnet, worin  $Z$  die Zeitkonstante des Körpers in h ist, d. h. die Zeit, nach deren Verlauf der Körper die Temperatur  $t_{\max.}$  des normalen Dauerbetriebes erreichen würde, wenn er keine Wärme abgeben würde. — Wenn der Dauerbetrieb in einem Zeitpunkt abgebrochen wird, in dem nach Verlauf der letzten  $h$  die Erwärmung um  $1^{\circ}\text{C}$  gestiegen ist, ist maximal

$$\frac{dt}{dz} = \frac{1^{\circ}}{1\text{ h}} = 1.$$

Die Zeitkonstante  $Z$  ist für Transformatoren ungefähr  $= 5\text{ h}$ . Dann ist der maximal mögliche Temperaturanstieg über die Temperatur  $T$  bei Abbrechen des Dauerbetriebes:

$$(t_{\max.} - t) = 5^{\circ}\text{C}.$$

Zur Bestimmung der Enderwärmung benutzt man zweckmäßig das nachstehend beschriebene Verfahren, weil die Messung der Erwärmung gegen Ende der Probe unregelmäßigen Schwankungen infolge von Änderungen der Kühlmitteltemperatur unterliegt.

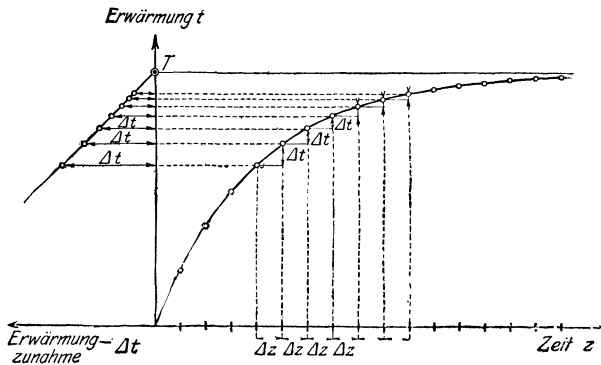


Abb. 2.

Die Erwärmung ( $t$ ) wird in gleichen Zeitabständen ( $\Delta z$ ) gemessen und die Erwärmungszunahme ( $\Delta t$ ) in Abhängigkeit von der Erwärmung ( $t$ ) aufgetragen. Die Verlängerung der Geraden durch die so entstehende Punktschar schneidet auf der Erwärmungsachse ( $t$ ) die Enderwärmung ( $T$ ) ab.

Die Genauigkeit dieses Verfahrens ist mindestens so groß wie die des fortgesetzten Erwärmungsversuches.

### § 35.

Als Erwärmung der Wicklung bei Trockentransformatoren gilt der höhere der beiden folgenden Werte:

- I. Mittlere Erwärmung errechnet aus der Widerstandszunahme während des Probelaufes.
- II. Örtliche Erwärmung an der heißesten zugänglichen Stelle, mit dem Thermometer gemessen.

Bei Öltransformatoren wird die Erwärmung aus der Widerstandszunahme ermittelt.

In manchen Fällen, z. B. bei Transformatoren für sehr hohe Ströme, wird es nicht immer möglich sein, aus der Widerstandszunahme einwandfrei die Temperaturzunahme zu ermitteln, weil die Messungen der sehr kleinen Widerstände zu ungenau sind. Auch wird es nicht möglich sein, wenn dieser Transformator ein Öltransformator ist, die Erwärmung mit einem Thermometer zu ermitteln. Hier muß entweder auf die einwandfreie Bestimmung der Erwärmung der Wicklung verzichtet oder es muß vorher schon ein anderes Meßverfahren vereinbart werden. Es empfiehlt sich in solchen Fällen, sich auf die Messung der Öltemperatur zu beschränken.

### § 36.

Die Erwärmung des Eisenkernes ist an der heißesten zugänglichen Stelle mit dem Thermometer zu bestimmen.

Die Erwärmung des Öles ist in der obersten Ölschicht des Kastens mit dem Thermometer zu bestimmen.

Zur Einführung eines Thermometers muß eine Einrichtung am Transformator vorhanden sein, deren Lochdurchmesser mindestens 12 mm beträgt.

### § 37.

Die Erwärmung  $t$  in °C von Kupferwicklungen wird aus der Widerstandszunahme nach folgenden Formeln berechnet, in denen

$R_{\text{kalt}}$  den Widerstand der kalten Wicklung,  
 $T_{\text{kalt}}$  die Temperatur der kalten Wicklung,  
 $R_{\text{warm}}$  den Widerstand der warmen Wicklung

bedeutet:

1. bei allen Transformatoren (ausgenommen DKB und KB):

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

2. bei Transformatoren für kurzzeitigen Betrieb unter einer Stunde (DKB und KB):

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

wobei die Werte  $R_{\text{kalt}}$ ,  $T_{\text{kalt}}$  für den Beginn der Prüfung gelten.

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

## § 38.

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

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

## § 39.

Die Messungen der Widerstandzunahme sind möglichst unmittelbar nach dem Ausschalten vorzunehmen.

Die Thermometermessungen sind ebenfalls unmittelbar nach dem Ausschalten, aber wenn möglich auch während der Prüfung vorzunehmen. Wenn auf dem Thermometer nach dem Ausschalten höhere Temperaturen abgelesen werden als während der Prüfung, so sind diese höheren Werte maßgebend.

Ist bei Widerstandsmessungen vom Augenblick des Ausschaltens bis zu den Messungen so viel Zeit verstrichen, daß eine merkliche Abkühlung zu vermuten ist, so sollen die Meßergebnisse durch Extrapolation auf den Augenblick des Ausschaltens umgerechnet werden.

## § 40.

Als Temperatur des Kühlmittels gilt bei den Transformatoren mit Selbstlüftung (TS, OS, OSA) der Durchschnittswert der während des letzten Viertels der Versuchzeit in gleichen Zeitabschnitten gemessenen Temperaturen der Umgebungsluft.

Es sind zwei oder mehr Thermometer zu verwenden, die in 1 bis 2 m Entfernung vom Transformator und ungefähr in Höhe der Transformatorenmitte angebracht sind. Die Thermometer dürfen weder Luftströmungen noch Wärmestrahlung ausgesetzt sein.

Transformatoren mit Fremdlüftung (TF, OF, OFU, OFA) der Durchschnittswert der während des letzten Viertels der Versuchzeit in gleichen Zeitabschnitten gemessenen Temperatur der zuströmenden Kühlluft.

Transformatoren mit Wasserkühlung (TW, OWI, OWA) der Durchschnittswert der während des letzten Viertels der Versuchzeit in gleichen Zeitabschnitten



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

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

hierin bedeutet:

$T$  die Temperatur der Umgebungsluft,

$T_K$  die Temperatur des anderen Kühlmittels,

$W_L$  die Wärmeabgabe an die Umgebungsluft in kW,

$W_K$  die Wärmeabgabe an das andere Kühlmittel in kW.

Die an die Luft abgegebene Wärmemenge kann bestimmt werden, z. B. dadurch, daß man die an das Kühlwasser abgegebene Wärmemenge feststellt und von den Gesamtverlusten abzieht. Für den Fall, daß beim Versuch die Temperatur des zufließenden Wassers geringer als 25° C und die der Kühlluft geringer als 35° C war, ist dann durch Umrechnung festzustellen, ob die Erwärmung bei 25° C des zufließenden Wassers und 35° C Umgebungstemperatur den Regeln entspricht.

#### § 41.

Große Transformatoren folgen den Temperaturschwankungen der Umgebungsluft nur langsam nach. Der dadurch bedingte etwaige Meßfehler ist durch geeignete Vorkehrungen auszugleichen, z. B. durch einen Vergleich mit einem ähnlichen, nicht angeschlossenen Transformator, der den gleichen Kühlungsverhältnissen ausgesetzt ist.

#### § 42.

Die höchstzulässigen Grenzwerte von Temperatur und Erwärmung sind nachstehend zusammengestellt. Sie gelten unter der Voraussetzung, daß:

- I. bei Luftkühlung die Kühlmitteltemperatur 35° C nicht überschreitet,
- II. bei Wasserkühlung die Kühlmitteltemperatur 25° C nicht überschreitet.

Die Grenzwerte für die Temperaturen dürfen in keinem Fall überschritten werden. Die Grenzwerte für die Erwärmung dürfen nur dann überschritten werden, wenn die Kühlmitteltemperatur stets so niedrig ist, daß die Grenztemperaturen nicht erreicht werden und über die Erfüllung dieser Voraussetzung eine Vereinbarung getroffen wird.

Auf dem Schild muß in diesem Falle auch die vereinbarte Kühlmitteltemperatur angegeben werden.

Bei Öltransformatoren darf die Öltemperatur (95° C) nicht ohne weiteres als Maßstab für die etwa zulässige Überlastung an-

gesehen werden. Es ist also nicht ohne weiteres zulässig, bei niedrigerer Kühlmitteltemperatur, als maximal vorgesehen, die Belastung zu steigern, bis die Ölgrenztemperatur erreicht ist. Die Beachtung dieser Regel ist notwendig, weil die Wicklungen gegenüber dem Öl Temperaturunterschiede aufweisen, die mit der Überlastung ungefähr quadratisch steigen. Bei der Wahl oder Anordnung des Aufstellungsortes ist auf die vom Transformator abgegebene Wärmemenge Rücksicht zu nehmen.

Spalte	I	II	III	IV	V
Reihe	Transformatorenteile		Grenztemperatur	Grenzerwärmung	Meßverfahren
1	Wicklungen, isoliert durch Faserstoffe z. B. Papiere, ungebleichte Baumwolle, natürliche Seide, Holz	Ungetränkt . . .	85° C	50° C	Errechnet aus Widerstandzunahme
2		Ungetränkt, jedoch Spule getaucht .	85° C	50° C	
3		Getränkt . . . . .	95° C	60° C	
4		Imprägniert oder in Füllmasse . . .	95° C	60° C	
5		In Öl . . . . .	105° C	70° C	
6	Präparate aus Glimmer oder Asbest		115° C	80° C	
7	Rohglimmer, Porzellan oder andere feuerfeste Stoffe		5° mehr als Reihe 1—6		
8	Einlagige blanke Wicklungen		5° mehr als Reihe 1—6		
9	Dauernd kurzgeschlossene Wicklungen		Wie andere Wicklungen b. Messung durch Widerstandzunahme		Thermometer
10	Eisenkern	bei Trockentransformatoren . . .	95° C	60° C	
11		bei Öltransformatoren . . . . .	105° C	70° C	
12	Öl in der obersten Schicht . . .		95° C	60° C	
13	Alle anderen Teile		Nur beschränkt durch benachbarte Isolierteile		

Die Grenzerwärmung, Spalte IV, gilt bei neuen Transformatoren sowohl für Luft- als auch für Wasserkühlung.

Die Grenztemperatur, Spalte III, gilt für luftgekühlte Transformatoren durchweg. Bei solchen mit Wasserkühlung (OWI OWA, TW) ist die Grenztemperatur des neuen Trans-

formators um  $10^{\circ}\text{C}$  niedriger als in Spalte III; sie darf während des Betriebes infolge der unvermeidlichen Verunreinigungen der Kühler auf die vorgenannten Grenztemperaturen anwachsen.

Wenn das Anwachsen der Grenztemperaturen von wassergekühlten Transformatoren  $5^{\circ}\text{C}$  überschreitet, empfiehlt es sich bereits, den Kühler zu reinigen.

#### § 43.

Unter einer getauchten Spule wird eine mit ungetränktem Draht gewickelte Spule verstanden, die nach der Herstellung nur in eine Isolierflüssigkeit ohne Anwendung von Druck oder Vakuum getaucht wurde.

Ein Faserstoff gilt als getränkt, wenn die Tränkmasse den Zwischenraum zwischen den Fasern ausfüllt.

Eine Faserstoff-Drahtisolierung gilt als getränkt, wenn die Tränkmasse den Zwischenraum zwischen Leiter und Isolierung und zwischen den Fasern ausfüllt.

Unter einer Spule mit Füllmasse wird eine Spule verstanden, bei der alle Luftzwischenräume durch die Masse ausgefüllt sind. Die Masse kann durch Bestreichen der einzelnen Lagen oder mittels Druck oder Vacuum eingebracht werden, so daß die Spule einen massiven Körper bildet.

#### § 44.

Bei Isolierungen, die aus verschiedenen Isolierstoffen zusammengesetzt sind, gilt im allgemeinen die für den weniger wärmebeständigen Stoff zulässige Grenztemperatur. Wenn jedoch der weniger wärmebeständige Stoff nur in kleinen Mengen zum Aufbau verwendet wird und im Betriebe der Zerstörung unterliegen darf, ohne die Isolation zu beeinträchtigen, so gilt die für den wärmebeständigeren Stoff zulässige Grenztemperatur.

#### § 45.

Wenn für verschiedene räumlich getrennte Teile der gleichen Wicklung zwei oder mehr Isolierstoffe von verschiedener Wärmebeständigkeitsklasse verwendet werden, so gilt bei Temperaturbestimmung aus der mittleren Widerstandzunahme die für den wärmebeständigeren Stoff zulässige Grenztemperatur, sofern die Thermometermessung an den weniger wärmebeständigen Stoffen keine Überschreitung der für sie zulässigen Grenztemperaturen ergibt.

**D. Isolierfestigkeit.****§ 46.**

Die Isolation soll folgenden Spannungsproben unterworfen werden:

I. Wicklungsprobe nach § 47,

II. Sprungwellenprobe für Wicklungen über 2,5 kV nach § 48,

III. Windungsprobe nach § 49.

Bei dauernd mit einem Außenpol geerdeten Transformatoren soll dieser Außenpol lösbar sein.

Die Prüfungen dürfen an dem kalten Transformator vorgenommen werden, falls sie sich nicht im Anschluß an eine Dauerprobe ermöglichen lassen.

Die Prüfungen sollen in der Reihenfolge I, II, III vorgenommen werden.

Die Prüfung auf Isolierfestigkeit bei Transformatoren mit abgestufter Isolation gegen Eisen ist besonders zu vereinbaren.

**§ 47.**

Die Wicklungsprobe (siehe § 46) dient zur Feststellung der ausreichenden Isolation von betriebsmäßig nicht leitend verbundenen Wicklungen gegeneinander und gegen Körper.

Ein Pol der Stromquelle wird an die zu prüfende Wicklung, der andere an die Gesamtheit der mit dem Eisen verbundenen anderen Wicklungen gelegt.

Die Frequenz der Prüfspannung soll im allgemeinen 50 Per/s sein. Ihre Kurvenform soll praktisch sinusförmig sein (siehe § 24).

Die Spannung soll allmählich auf die nachstehend angegebenen Werte gesteigert und alsdann 1 min innegehalten werden.

Alle Wicklungen von Transformatoren	Prüfspannung	
	kV	mindestens aber
bis 10 kV	3,25 E	2,5 kV
über 10 kV	1,75 E + 15	—

Bei Trockentransformatoren (TS, TF, TW) sind obige Werte um 15 % zu erhöhen, wenn die Probe in kaltem Zustande vorgenommen wird.

*E* bedeutet: bei Prüfung gegen Körper

a) bei einzelnen Wicklungen gegen Körper die Nennspannung der Wicklung,

- b) bei Wicklungen von Stromtransformatoren bzw. Zusatztransformatoren mit getrennten Wicklungen die Nennspannung des Stromkreises, mit dem die Wicklung in Reihe liegt,
- c) bei hintereinandergeschalteten Wicklungen die Summenspannung,
- d) bei Regeltransformatoren, bei denen die Unterspannung durch Zu- und Abschalten von Oberspannungswindungen geändert wird, die Spannung, die bei Erreichung der maximalen Unterspannung an der Oberspannungswicklung auftritt,
- e) bei dauernd mit einem Außenpol geerdeten Transformatoren (T, SpT, ZT, ST) die 1,1-fache Nennspannung.

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn weder Durchschlag noch Überschlag erfolgt, keine Gleitfunken auftreten und durch Verfolgung der Stromaufnahme festgestellt wurde, daß die Prüfspannung den Isolierstoff nicht angegriffen hat.

Bei konstanter Spannung darf nicht dauernd der Strom steigen und es sollen keine Zuckungen bemerkbar sein.

#### § 48.

Die Sprungwellenprobe (siehe § 46) dient dazu, festzustellen, daß die Windungsisolation gegenüber den im normalen Betriebe auftretenden Sprungwellen ausreicht. Die Prüfung soll im Fabrikprüffelde bei dem fertigen Transformator (T und SpT) an Wicklungen für Nennspannungen von 2,5 kV bis 60 kV in einer der dargestellten Schaltungen vorgenommen werden.

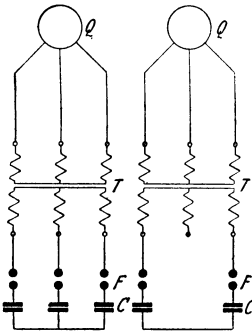


Abb. 3.

Die zu prüfende Wicklung des Transformators T ist über Funkenstrecken F aus massiven Kupferkugeln von mindestens 50 mm Durchmesser auf Kabel oder Kondensatoren

$C$  geschaltet, deren Kapazität folgendermaßen zu bemessen ist:

Prüfkapazität.

Nennspannung in kV	Kapazität in jeder Phase mindestens $\mu F$	Zweckmäßige Form der Kapazität
2,5 bis 6	0,05	Kabel oder Kondensator
„ 15	0,02	„ „ „
„ 35	0,01	„ „ „
„ 60	0,005	Kondensator

Bei Drehstromkabeln ist die Betriebskapazität (vgl. § 5 der Definition der Eigenschaften gestreckter Leiter, „ETZ“ 1909, S. 1155 und 1184. Vorschriftenbuch des VDE 1914, S. 386, in der 13. Auflage des Vorschriftenbuches nicht mit aufgenommen) gleich der angegebenen Kapazität zu wählen; das Kabel hat nach Abschaltung eines Leiters dann auch für die Einphasenschaltung die vorgeschriebene Kapazität.

Der Kugelabstand jeder Funkenstrecke wird für einen Überschlag bei 1,1 E (vgl. § 47) eingestellt. Der Transformator ist durch die Stromquelle  $Q$  mit normaler Frequenz auf etwa das 1,3fache der Nennspannung zu erregen.

Die Funkenstrecken werden auf beliebige Weise gezündet (etwa durch vorübergehende Annäherung der Kugeln oder Überbrückung der Luftzwischenräume) und ein Funkenspiel von 10 s Dauer wird aufrechterhalten. Die Funkenstrecken sind dabei mit einem Luftstrom von etwa 3 m/s Geschwindigkeit anzublasen.

Durch die Funkenüberschläge werden die Kapazitäten von der Wicklungsspannung immer wieder umgeladen; bei jeder plötzlichen Umladung zieht eine Sprungwelle in die zu prüfende Wicklung ein.

Es empfiehlt sich, alle Zwischenleitungen möglichst kurz zu halten, da bei längeren Leitungen die Beanspruchung der Wicklung nicht eindeutig bestimmt ist.

Mehrphasentransformatoren können auch in der Einphasenschaltung geprüft werden; dabei sind die Phasenklammern so oft zu vertauschen, daß die Wicklung jeder Phase der Sprungwellenprobe ausgesetzt wird.

§ 49.

Die Windungsprobe (siehe § 46) dient zur Feststellung der ausreichenden Isolation benachbarter Wicklungsgruppen gegeneinander und zum Auffinden von Wicklungsdurchschlägen, die durch die Sprungwellenprobe (siehe § 48) eingeleitet sind.

Die Prüfung erfolgt bei Leerlauf, u. zw. bei Leistungen bis 1000 kVA durch Anlegen einer Prüfspannung gleich  $2 \times$  Nennspannung, bei größeren Leistungen durch Anlegen einer Prüfspannung möglichst gleich  $2 \times$  Nennspannung, mindestens jedoch  $1,3 \times$  Nennspannung. Die Frequenz kann entsprechend erhöht werden; Prüfdauer 5 min.

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn weder Durchschlag noch Überschlag erfolgt und keine Gleitfunken auftreten.

Bei Drosselspulen wird sich im allgemeinen die Windungsprobe nicht vornehmen lassen.

#### § 50.

Vor und nach Vornahme der drei Spannungsproben wird empfohlen, die Widerstände der Wicklungen zu messen. Differenzen zwischen den beiden Widerstandsmessungen zeigen das Auftreten von Wicklungsschäden an.

#### § 51.

Die Durchführungsisolatoren müssen folgende Prüfspannung aushalten:

bis 3 kV	$8E + 2$ kV
über 3 kV	$2E + 20$ kV

Die Ausführung dieser Prüfung kann aber nur entweder an den zu den Transformatoren gehörenden Isolatoren vor Zusammenbau mit dem Transformator, jedoch mit zugehörendem Flansch, oder bei Verzicht auf diese Art der Prüfung an Isolatoren gleicher Type verlangt werden.

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn weder Durchschlag noch Überschlag erfolgt und keine Gleitfunken auftreten.

### E. Verluste.

Es sind folgende Verluste zu berücksichtigen:

- I. Leerlaufverluste,
- II. Wicklungsverluste.

#### § 52.

Leerlaufverlust ist die Aufnahme bei Nenn-Primärspannung, Nennfrequenz und offener Sekundärwicklung. Er besteht aus Eisenverlust, Verlusten im Dielektrikum und dem Stromwärmeverlust des Leerlaufstromes. Bei Transformatoren mit Anzapfungen ist die der benutzten Nenn-Primärspannung entsprechende Stufe zu wählen.

Die Messung wird im allgemeinen von der Unterspannungsseite aus vorgenommen.

#### § 53.

Wicklungsverlust ist die gesamte Stromwärmeverleistung bei Nennstrom und Nennfrequenz, die in allen

Wicklungen und Ableitungen (also zwischen den Klemmen) in betriebswarmem Zustande verbraucht wird. Wenn der betriebswarme Zustand nicht festgestellt ist, ist auf die gewährleistete Temperatur umzurechnen.

Der Wicklungsverlust wird ermittelt, indem bei kurzgeschlossenen Sekundärwicklungen an den Transformator die Kurzschlußspannung angelegt wird. Etwaige zusätzliche Verluste durch Wirbelströme sind hierbei im Wicklungsverluste enthalten.

Wenn das Verhältnis Sekundärspannung zu Sekundärstrom sehr klein ist, z. B. bei Transformatoren für hohe Stromstärken, kann der gemessene Verlust durch den Kurzschlußbügel wesentlich vergrößert werden. In solchen Fällen ist eine entsprechende Korrektur vorzunehmen, um den wirklichen Wicklungsverlust zu ermitteln.

#### § 54.

Die Verluste in Drosselspulen werden auf Grund besonderer Vereinbarungen, am besten kalorimetrisch, festgestellt.

#### § 55.

Die Leistungsaufnahme des Motors von Lüftern bei Fremdlüftung und Umlaufpumpen für Wasser oder Öl ist getrennt anzugeben.

### F. Spannung.

#### § 56.

Die Transformatoren sollen auch bei Spannungen, die bis zu  $\pm 5\%$  von der Nennspannung abweichen, die Nennleistung abgeben können. Bei um  $5\%$  verminderter Spannung dürfen die im § 42 angegebenen Grenzwerte für Temperatur und Erwärmung um höchstens  $5^\circ\text{C}$  überschritten werden.

### G. Kurzschlußfestigkeit.

#### § 57.

Die Transformatoren müssen einen plötzlichen Kurzschluß an den Sekundärklemmen bei Nenn-Primärspannung aushalten können, ohne daß ihre Betriebsfähigkeit beeinträchtigt wird.

Es ist hierbei angenommen, daß der Transformator einen Kurzschluß an den Sekundärklemmen vertragen muß, auch wenn die Stromquelle so groß ist, daß durch den Kurzschluß keine Verminderung der Primärspannung eintritt.

Die Prüfung auf Kurzschlußfestigkeit läßt sich im allgemeinen nicht in den Fabrikprüffeldern, sondern nur im Betriebe durchführen, da nur dort die nötigen Maschinengrößen zur Verfügung stehen.



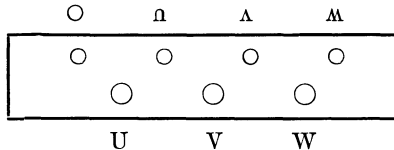
**H. Schaltart.****§ 58.**

Zur Kennzeichnung der Schaltart von Wechselstromwicklungen sollen folgende Schaltzeichen verwendet werden:

Einphasen:	
Dreiphasen-Stern:	Y
Dreiphasen-Stern mit herausgeführtem Nullpunkt:	Y
Dreiphasen-Dreieck:	△
Dreiphasen-Zickzack:	∩
Dreiphasen offen:	
Sechssphasen-Stern:	*
Sechssphasen-Doppeldreieck:	△*
Sechssphasen-Sechseck:	⬡
<i>n</i> -phasig:	<sup>n</sup>

**§ 59.**

Die Klemmenanordnung von Drehstromtransformatoren soll grundsätzlich nach folgendem Schema vorgenommen werden, sofern es sich überspannungseitig um drei, unterspannungseitig um vier Klemmen handelt.

**I. Parallelbetrieb.****§ 60.**

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

Es wird empfohlen, vom Dauer-Parallelbetriebe von Transformatoren, deren Nennleistungsverhältnis größer als 3 : 1 ist, abzusehen.

Es ist zu unterscheiden zwischen Sammelschienen- und Netzparallellauf.

Bei Sammelschienen-Parallellauf müssen die Kurzschlußspannungen den unter § 61 gegebenen Bedingungen genügen. Bei Netz-Parallellauf ist dieses im allgemeinen nicht notwendig, weil durch die zwischen den einzelnen Transformatoren liegenden längeren Netzstrecken ein Ausgleich geschaffen wird.

Bei Sammelschienen-Parallellauf ist darauf zu achten, daß die gute Verteilung der Last nicht durch verschieden lange Verbindungen zwischen Transformator und Speisepunkt oder durch Überstrom- und Überspannungsschutzgeräte nicht entsprechender Impedanz gestört wird (siehe auch die Erklärungen zu § 8).

## § 61.

Der einwandfreie Parallelbetrieb, d. h. die Verteilung der Belastungen entsprechend den Nennleistungen, gilt als erreicht, wenn die Nennkurzschlußspannungen nicht mehr als  $\pm 10\%$  von ihrem Mittel abweichen, sofern nicht andere Bestimmungen vorliegen.

Außerdem ist erforderlich:

1. gleiche Nennspannung primär und sekundär,
2. gleiche Schaltgruppe (siehe § 8),
3. Verbindung gleichnamiger Klemmen (siehe § 8),
4. Gleiche Nenn-Kurzschlußspannungen, die nicht mehr als  $\pm 10\%$  von ihrem Mittel abweichen (bei Einheitstransformatoren ist eine Abweichung von den für sie festgesetzten Nenn-Kurzschlußspannungen um  $+10$  und  $-20\%$  zulässig),
5. Verhältnis der Leistungen (siehe § 60).

Wenn verschieden große Transformatoren parallel arbeiten sollen, deren Kurzschlußspannungen voneinander abweichen, ist zu empfehlen, daß der kleinere Transformator die größere Kurzschlußspannung erhält (siehe auch die Erklärung zu § 8).

## § 62.

Bei Transformatoren mit angezapften Wicklungen kann der einwandfreie Parallelbetrieb nicht immer auf allen Stufen verlangt werden, wenn die Spannungsabstufungen nicht genügend gleich gewählt werden können.

Dieser Fall kann eintreten, wenn die Spannungen klein sind und die Spannung je Windung bei beiden Transformatoren verschieden groß ist.

## K. Schild.

## § 63.

Auf allen Transformatoren müssen Leistungsschilder befestigt sein, auf denen die nachstehend aufgezählten allgemeinen und die im § 64 zusammengestellten zusätzlichen Vermerke deutlich lesbar und in haltbarer Weise angebracht sind.

Das Leistungsschild soll so auf der Unterspannungsseite angebracht sein, daß es auch im Betriebe bequem abgelesen werden kann. Die allgemeinen Vermerke sind:

1. Hersteller oder Ursprungszeichen (falls nicht ein besonderes Firmenschild angebracht wird),
2. Modellbezeichnung oder Listennummer,
3. Fertigungsnummer.

## § 64.

Die zusätzlichen Vermerke auf dem Leistungsschild sind in der nachstehenden Tafel zusammengestellt:

Reihe	Trans- formator T	Spartrans- formator SpT	Zusatz- transformator ZT	Strom- transformator ST	Drossel- spule Dl
1	Nenn- leistung	Nenn- leistung	Nenn- leistung	Nenn- leistung	Nenn- leistung
2	Frequenz	Frequenz	Frequenz	Frequenz	Frequenz
3	Kühlungs- art	Kühlungs- art	Kühlungs- art	Kühlungs- art	Kühlungs- art
4	Betriebsart	Betriebsart	Betriebsart	Betriebsart	Betriebsart
5	—	—	Netz- spannung	Netz- spannung	Netz- spannung
6	Nenn- Primär- spannung	Nenn- Primär- spannung	Nenn- Primär- spannung	—	Nenn- Primär- spannung
7	Nenn- Sekundär- spannung	Nenn- Sekundär- spannung	Nenn- Sekundär- spannung	Nenn- Sekundär- spannung	—
8	Nenn- Primär- strom	Nenn- Primär- strom	Nenn- Primär- strom	Nenn- Primär- strom	Nenn- Primär- strom
9	Nenn- Sekundär- strom	Nenn- Sekundär- strom	Nenn- Sekundär- strom	Nenn- Sekundär- strom	—
10	Schalt- gruppe	—	Schalt- gruppe	—	—
11	Nenn- Kurzschluß- spannung	Nenn- Kurzschluß- spannung	Nenn- Kurzschluß- spannung	—	—

Bei Einphasentransformatoren ist die Stromart durch Hinzufügung des Buchstabens *E* hinter der Schaltgruppe anzugeben.

Transformatoren der unter § 47 d gekennzeichneten Art müssen auf dem Schilde einen Vermerk über die höchste zwischen den Klemmen auftretende Spannung erhalten, sofern diese Spannung die Nenn-Betriebsspannung um mehr als 20 % überschreitet.

Bei allen in Sparschaltung ausgeführten Transformatoren sind die der durchgehenden Leistung entsprechenden Werte anzugeben.

#### § 65.

**Nennleistung** (scheinbare Leistung): Die Nennleistung ist in kVA oder VA anzugeben.

**Betriebsart**: Über die Kennzeichnung der Betriebsart vgl. § 28.

Wenn ein Transformator für mehrere verschiedene Betriebsarten bestimmt ist, so sind die diesen entsprechenden Leistungs-, Strom- usw. Angaben auf dem Schilde bzw. mehreren Schildern zu machen.

**Spannung**: Wenn ein Transformator mit zwei oder drei Stufen versehen ist, so sind die diesen entsprechenden Spannungen auf dem Schilde zu vermerken.

Wenn mehr als drei Stufen vorgesehen sind, so brauchen nur die der Normalstufe und den Endstufen entsprechenden Spannungen auf dem Schilde vermerkt zu werden (siehe § 20).

Wenn ein Transformator für zwei verschiedene Spannungen umschaltbar eingerichtet ist, so sind die den beiden Spannungen entsprechenden Leistungs-, Strom- usw. Angaben auf dem Schilde bzw. den Schildern zu machen.

#### § 66.

Bei Transformatoren mit Fremdlüftung ist ein Schild anzubringen, auf dem anzugeben ist:

- a) erforderliche Luftmenge bei Nennbetrieb in  $\text{m}^3/\text{min}$ ,
- b) erforderliche Luftpressung in mm WS.

#### § 67.

Bei Transformatoren mit Wasserkühlung ist ein Schild mit folgenden Angaben anzubringen:

- a) erforderliche Wassermenge bei Nennbetrieb in  $\text{l}/\text{min}$ ,
- b) höchstzulässige Eintrittstemperatur, falls diese von  $25^\circ\text{C}$  abweicht.

#### § 68.

Bei Transformatoren mit Ölumlauflauf ist ein Schild mit Angabe der umlaufenden Ölmenge in  $\text{l}/\text{min}$  zur Bestimmung der Pumpenleistung anzubringen.

#### § 69.

Wird die Wicklung eines Transformators von einem anderen als dem Hersteller geändert (teilweise oder vollständige Umwicklung, Umschaltung oder Ersatz), so muß

die ändernde Firma neben dem Ursprungsschilde ein Schild anbringen, das den Namen der Firma, die neuen Angaben des Transformators nach §§ 63 u. ff. und die Jahreszahl der Änderung enthält.

## **Anhang.**

### **Regeln für die Bewertung und Prüfung von Drehtransformatoren.**

#### **I.**

##### **§ 70.**

Im allgemeinen werden die Regeln für Transformatoren angewendet, soweit sie nicht durch die nachstehenden Sonderbestimmungen ersetzt oder ergänzt sind.

##### **§ 71. (Ergänzung zu § 3.)**

Drehtransformatoren sind Transformatoren mit gegeneinander beweglichen Wicklungen (DrT). Sie werden in der Regel als Zusatztransformatoren oder als Spartransformatoren (siehe § 3) benutzt.

Drehtransformatoren sind nach Art der Asynchronmotoren gebaut. Die Größe oder die Phase der Sekundärspannung wird durch Verdrehung des Läufers geändert.

#### **II.**

### **Begriffserklärungen.**

##### **§ 72. (Ergänzung zu §§ 4 u. ff.)**

Ständer ist der feststehende, Läufer der drehbare Teil des Transformators.

##### **§ 73. (Änderung von § 11.)**

Übersetzung ist das Verhältnis der sekundären zur primären Windungszahl, nötigenfalls unter Berücksichtigung der Verschiedenheit der Wicklungsfaktoren.

Bei Drehtransformatoren sind die Verhältniswerte des Leerlaufstromes und der Streuung wesentlich größer als bei den übrigen Transformatoren. Infolgedessen ist die Übersetzung auch schon bei Leerlauf nicht mehr gleich dem Verhältnis von Sekundär- zu Primärspannung.

##### **§ 74. (Änderung von § 13.)**

Nenn-Sekundärspannung ist die höchste bei Leerlauf mit primärer Nennspannung erreichbare Spannung an der Sekundärwicklung.

##### **§ 75. (Änderung von § 15.)**

Kurzschlußspannung ist die bei Verdrehung des Läufers auftretende niedrigste Spannung, die an die Pri-

märwicklung angelegt werden muß, damit in der kurzgeschlossenen Sekundärwicklung der Nenn-Sekundärstrom fließt.

Nenn-Kurzschlußspannung ist die Kurzschlußspannung des Drehtransformators, wenn seine Wicklungen die gewährleistete Temperatur besitzen. Sie wird in Prozenten der Nenn-Primärspannung ausgedrückt.

Kurzschlußstrom ist der Primärstrom, den der Drehtransformator aufnehmen würde, wenn bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung und bei der Läuferstellung, bei der die Kurzschlußspannung gemessen wird, die Nennspannung an die Primärwicklung angelegt wird. Er wird als Vielfaches des Nenn-Primärstromes ausgedrückt. Das Verhältnis Kurzschlußstrom : Nenn-Primärstrom ist gleich 100 : Nenn-Kurzschlußspannung.

Drehtransformatoren, die als Zusatztransformatoren geschaltet sind, nehmen bei einem an den Klemmen des Sekundärnetzes entstehenden totalen Kurzschluß einen Stoßstrom auf, der — bei Vernachlässigung des dämpfenden Einflusses von Zwischentransformatoren und Leitungen — gleich werden kann dem

$$\text{Kurzschlußstrom} \times 2 \left[ 1 + \frac{1}{\text{Übersetzung}} \right].$$

### III.

#### Bestimmungen.

##### A. Allgemeines.

§ 76. (Ergänzung zu § 19.)

Die in § 19 angeführten Leistungen sind Eigenleistungen der Drehtransformatoren. Sie gelten nur als Anhaltswerte.

##### C. Erwärmung.

§ 77. (Änderung von § 42.)

Für luftgekühlte Drehtransformatoren gelten die gleichen Werte wie für Asynchronmotoren (R. E. M. § 39).

Für ölgekühlte Drehtransformatoren gelten die gleichen Werte wie für Öltransformatoren (R. E. T. § 42).

##### D. Isolierfestigkeit.

§ 78. (Änderung von § 47.)

Luftgekühlte Drehtransformatoren bis einschließlich 1000 V werden wie Asynchronmotoren geprüft (R. E. M. § 48).

Alle übrigen Drehtransformatoren werden nach R. E. T. (§§ 46 bis 51) geprüft.

#### E. Verluste.

##### § 79. (Zusatz zur Anm. § 52.)

Die Messung der Leerlaufverluste wird in vielen Fällen von der Oberspannungsseite aus vorzunehmen sein.

#### G. Kurzschlußfestigkeit.

##### § 80. (Änderung von § 57.)

Drehtransformatoren müssen, ohne betriebsunfähig zu werden, einen Stoß-Kurzschlußstrom aushalten können, dessen Höchstwert gleich dem nach § 75 (letzter Absatz) berechneten, höchstens aber gleich dem 50-fachen des Nennstromes ist.

Bei kleineren Werten der Übersetzung können sich im Falle eines totalen Kurzschlusses an den Klemmen des Sekundärnetzes höhere Stoßströme als das 50-fache des Nennstromes ergeben. Es ist jedoch nicht möglich, die Wicklungen der Drehtransformatoren gegen die sich bei solchen Stößen ergebenden Kräfte abzustützen. Es muß daher bei einer derartigen Sachlage ein Schutz für den Drehtransformator im Netz vorgesehen werden, falls der Spannungsabfall zwischen den Energiequellen und dem Drehtransformator nicht schon hierfür reicht.

#### J. Parallelbetrieb.

##### § 81. (Änderung von § 61.)

Die Abweichung der Kurzschlußspannungen vom Mittel kann größer als in § 61 angegeben sein, darf aber 25 % nicht übersteigen.

Bei Mehrphasen-Drehtransformatoren mit einem Läuferkörper wird bei Verdrehung des Läufers auch die Phase des Spannungsvektors verdreht. Hierauf ist bei Parallelschalten und Parallelbetrieb zu achten. In mehrfach verketteten Netzen oder in neuen Stationen, in denen mehrere Drehtransformatoren parallel laufen müssen, empfiehlt sich die Verwendung von Doppel-Drehtransformatoren, die nur die Größe, nicht aber die Phase der Spannung verändern.

#### K. Schild.

##### § 82. (Änderung von § 64.)

Es sind anzugeben: Gattung (DrT), Nenneigenleistung, Nennfrequenz, Kühlungsart, Betriebsart, Netzspannung, Nenn-Primärspannung, Nenn-Sekundärspannung, Primärstrom, Sekundärstrom, Nenn-Kurzschlußspannung.

Es sind (im Gegensatz zu den übrigen Transformatoren) nicht die der durchgeleiteten Leistung, sondern die der Eigenleistung entsprechenden Werte zu stempeln.

Die bei Belastung sich ergebende Sekundärspannung ist um einen von den Spannungsabfällen abhängigen Betrag von der Nenn-Sekundärspannung verschieden.

Die Berechnung des Spannungsabfalles ist für Drehtransformatoren, die nicht in Zusatzschaltung arbeiten, die gleiche wie in den Erklärungen zu § 16 angegeben.

Für Drehtransformatoren in Zusatzschaltung gilt angenähert folgende Formel:

$$e_{\varphi} = \frac{e'_{\varphi}}{a} + 100 - \sqrt{10^4 - \frac{e''_{\varphi}}{a^2}}, \text{ in der } a = \frac{1}{\ddot{u}} \pm 1 \text{ ist.}$$

Hierin ist  $\ddot{u}$  Übersetzung,  $e'_{\varphi}$  und  $e''_{\varphi}$  haben die in § 16 angegebene Bedeutung (prozentuale Werte, bezogen auf die Eigenleistung); das  $+$  oder  $-$  Zeichen wird gewählt, je nachdem, ob sich der Läufer in der Stellung der äußersten Spannungserhöhung oder -erniedrigung befindet.



## 19. Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Bahnmotoren und sonstigen Maschinen und Transformatoren auf Triebfahr- zeugen R. E. B. / 1925<sup>1)</sup>.

Diese Regeln sind in Anlehnung an die „Regeln zur Bewertung und Prüfung elektrischer Maschinen (R. E. M.)“ und an die „Regeln zur Bewertung und Prüfung von Transformatoren (R. E. T.)“ aufgestellt. Jedoch haben nur die Vorschriften und Bestimmungen, sowie Klassen von Isolierstoffen Aufnahme gefunden, die für die Bewertung und Prüfung von Motoren und Transformatoren auf Fahrzeugen in Betracht kommen. Abweichungen von den R. E. M. und den R. E. T. sind durch Kursivschrift hervorgehoben, während Anmerkungen in Kleinschrift gedruckt sind.

### Einteilung.

I. Gültigkeit . . . . .	§ 1—3
II. Begriffserklärungen . . . . .	§ 4—16
III. Bestimmungen:	
A. Allgemeines . . . . .	§ 17—22
B. Betriebsart . . . . .	§ 23—26
C. Erwärmung . . . . .	§ 27—37
D. Überlastung, Kommutierung . . . . .	§ 38—41
E. Isolierfestigkeit . . . . .	§ 42—46
F. Wirkungsgrad . . . . .	§ 47—56
G. Mechanische Festigkeit . . . . .	§ 57
H. Schild . . . . .	§ 58—66
I. Toleranzen . . . . .	§ 67

### I. Gültigkeit.

#### § 1. Geltungsbeginn.

*Diese Regeln gelten für die im § 3 genannten Maschinen und Transformatoren, deren Herstellung nach dem 1. Januar 1925 begonnen wird.*

\*) Angenommen durch die Jahresversammlung 1924. Veröffentlicht: ETZ 1923, S. 417, 439 und 719; 1924, S. 1068. — Änderungen der §§ 42 und 45 angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht ETZ 1925, S. 1526.

## § 2. Gültigkeit.

Diese Regeln gelten allgemein. Abweichungen hiervon sind ausdrücklich zu vereinbaren. Die Vorschriften über die Schilder müssen jedoch immer erfüllt sein.

## § 3. Geltungsbereich.

*Diese Regeln gelten für die nachstehend angeführten Arten von Maschinen und Transformatoren, die auf Bahn- und anderen Fahrzeugen verwendet werden:*

1. Gleichstrommotoren zum Antrieb des Fahrzeuges,
2. Wechselstrom-Kommutatormotoren zum Antrieb des Fahrzeuges,
3. Asynchronmotoren zum Antrieb des Fahrzeuges,
4. Generatoren und Umformer zum Speisen der Motoren 1 bis 3,
5. Hilfsmaschinen für Steuerung und Bremsung, wenn sie entweder vom Strom der Fahrmotoren durchflossen oder beeinflusst werden oder, wenn sie nicht dauernd belastet durchlaufen.

Hilfsmaschinen, die im wesentlichen wie Maschinen für Dauerbetrieb arbeiten, wie z. B. Maschinen für Lüftung und Beleuchtung, fallen unter die R. E. M.

6. Transformatoren aller Art, deren Wicklungen vom Strom der Fahrmotoren durchflossen oder beeinflusst werden, und zwar:
  - a. mit getrennter Primär- und Sekundärwicklung oder in Sparschaltung, ausgenommen Spannungwandler für Meßzwecke,
  - b. Hilfstransformatoren zur Steuerung der Motoren unter 2, auch genannt Spannungsteiler, Stromteiler oder Schaltrosselspulen, sowie Drehtransformatoren,
  - c. Stromtransformatoren, ausgenommen Stromwandler für Meßzwecke.

Andere Transformatoren, z. B. für Beleuchtung, Hilfsmotoren usw. fallen unter die R. E. T. Werden jedoch derartige Transformatoren oder solche für Meßzwecke im Ölkessel von Transformatoren, die unter 6a—c fallen, untergebracht, so fallen sie unter die R. E. B.

## II. Begriffserklärungen.

### § 4. Bestandteile.

Ständer ist der feststehende Teil, Läufer der umlaufende Teil der Maschine.

Anker ist der Teil der Maschine, in dessen Wicklungen durch Umlauf in einem magnetischen Felde oder durch Umlauf eines magnetischen Feldes elektrische Spannungen erzeugt werden. Bei Asynchronmaschinen wird zwischen Primär- und Sekundäranker unterschieden.

Bei Transformatoren werden unterschieden:

A. nach der Energierichtung:

1. Primärwicklung, die elektrische Leistung empfangende Wicklung;
2. Sekundärwicklung, die elektrische Leistung abgebende Wicklung.

Ein Transformator kann mehrere Primär- und mehrere Sekundärwicklungen haben.

B. nach der Netzspannung:

1. Oberspannungwicklung, die mit dem Netz der höheren Spannung verbundene Wicklung;
2. Unterspannungwicklung, die mit dem Netz der niederen Spannung verbundene Wicklung.

Anzapfungen sind Anschlüsse an Wicklungen, die die Benutzung einer geringeren Windungszahl als der vollen gestatten.

Übersetzung ist das Verhältnis von Oberspannung zu Unterspannung bei Leerlauf. Sie ist unter Berücksichtigung der Schaltart gleich dem Verhältnis der Windungszahlen

#### § 5. Stromarten.

Der Ausdruck Wechselstrom umfaßt sowohl Einphasenstrom als auch Mehrphasenstrom.

Drehstrom ist verketteter Dreiphasenstrom.

#### § 6. Nennwerte.

Die auf dem Maschinenschilder genannten Werte von Leistung, Spannung, Frequenz, Drehzahl, Betriebszeit, Leistungsfaktor usw. sind die Werte, für die die Maschine und der Transformator gebaut sind und bei denen sie den Vorschriften der R. E. B. genügen. Diese Werte werden durch den Zusatz „Nenn“ gekennzeichnet (Nennleistung, Nennspannung, Nennstrom, Nennfrequenz, Nenndrehzahl, Nennbetriebszeit, Nennleistungsfaktor usw.).

#### § 7. Spannung und Strom.

Spannung- und Stromangaben bei Wechselstrom bedeuten Effektivwerte.

Sofern nicht anders angegeben, bedeuten Spannungsangaben bei Drehstrom die verkettete Spannung.

Läuferspannung bei Asynchronmaschinen mit umlaufendem Sekundäranker ist die in der offenen Sekundärwicklung im Stillstand auftretende Spannung zwischen zwei Schleifringen.

Läuferstrom bei Asynchronmaschinen mit umlaufendem Sekundäranker ist der bei Nennbetrieb auftretende Schleifringstrom.

Nenn-Sekundärspannung bei Transformatoren ist die aus der primären Nennspannung und der Übersetzung berechnete Spannung.

Nennstrom ist der aus der Nennleistung und Nennspannung berechnete Strom.

### § 8. Arbeitsweise.

Generator (Stromerzeuger) ist eine umlaufende Maschine, die mechanische in elektrische Leistung verwandelt.

Motor ist eine umlaufende Maschine, die elektrische in mechanische Leistung verwandelt.

Umformer ist eine umlaufende Maschine oder ein Maschinensatz zur Umwandlung elektrischer Leistung in elektrische Leistung.

Einankerumformer ist ein Umformer, in dem die Umwandlung in einem Anker stattfindet.

Motorgenerator ist ein zur Umformung dienender Maschinensatz, der aus je einem oder mehreren direkt gekuppelten Motoren und Generatoren besteht.

Transformator ist ein Gerät, das ohne mechanische Bewegung elektrische Leistung in elektrische Leistung umwandelt.

### § 9. Normale Nennspannungen.

*a. Normale Nennspannungen in  $V$  sind für Gleichstrommotoren:*

*220 V, 550 V, 750 V, 1100 V, 1500 V, 2200 V, 3000 V.*

*Die Motoren müssen noch bei folgenden Spannungen betrieben werden können:*

*250 V, 625 V, 850 V, 1250 V.*

*Für Maschinen, die mit Akkumulatoren zusammenarbeiten, werden normale Nennspannungen nicht festgesetzt.*

*b. Normale primäre Nennspannung für Transformatoren für Wechselstrom von  $16\frac{2}{3}$  Per/s ist 15000 V, die Transformatoren sollen jedoch auch bei 16500 V noch betrieben werden können.*

*c. Für Hilfsmotoren für Wechselstrom von  $16\frac{2}{3}$  Per/s gilt 200 V als normal.*

### § 10. Leistung.

Abgabe ist die abgegebene Leistung an den Klemmen bei Generatoren, an der Welle bei Motoren und an den Sekundärklemmen bei Umformern sowie Transformatoren.

Aufnahme ist die aufgenommene Leistung an der Welle bei Generatoren, an den Klemmen bei Motoren und an den Primärklemmen bei Umformern sowie Transformatoren.

Die Einheit der Leistung ist das Kilowatt (kW) oder das Watt (W).

Bei Transformatoren ist die Leistung (Scheinleistung) in kVA anzugeben.

*Zahnradvorgelege, die zur unmittelbaren oder mittelbaren Übertragung der Leistung der Motoren, § 3, 1 bis 3, an die Triebachsen der Fahrzeuge dienen, sollen, auch wenn die Lager der Vorgelegewelle Teile des Motors sind, nicht als zum Motor gehörend angesehen werden. Die Abgabe des Motors ist daher an der Motorwelle selbst zu messen, die in den Zahnradvorgelegen entstehenden Verluste sind demnach in dem Wirkungsgrade des Motors nicht enthalten.*

#### § 11. Leistungsfaktor.

Leistungsfaktor ( $\cos \varphi$ ) ist das Verhältnis von Leistung in kW oder W zur scheinbaren Leistung in kVA oder VA.

#### § 12. Wirkungsgrad.

Wirkungsgrad einer Maschine ist das Verhältnis von Abgabe zur Aufnahme.

#### § 13. Erregung.

*Es werden unterschieden in Hinsicht auf die Schaltung:*

- a. *Reihenschlußerregung, d. i. Erregung durch den Ankerstrom,*
- b. *Reihenschlußerregung mit Feldschwächung.*

*Bei Erregerwicklungen ohne Anzapfung gilt der Wert:*

$$\frac{\text{Feldstrom}}{\text{Ankerstrom}}$$

*anzugeben in ‰ als Maß für die Erregung;*

*bei Erregerwicklungen mit Anzapfungen der Wert:*

$$\frac{\text{Stromdurchflossene Windungen}}{\text{Gesamt-Windungen}}$$

- c. *Nebenschlußerregung, d. i. Erregung durch einen Zweigstrom, unabhängig vom Ankerstrom.*
- d. *Verbunderregung, d. i. teils Reihenschluß-, teils Nebenschlußerregung.*

*Nennererregung ist die Erregung, bei der der Motor die Nennleistung und die Nennzahl hat.*

Nenn-Erregerspannung bei Fremderregung ist die auf dem Schilde der Maschine genannte Spannung, für die die Erregerwicklung bemessen ist.

## § 14. Drehzahlverhalten von Motoren.

Nach der Abhängigkeit der Drehzahl von der Abgabe werden unterschieden:

## 1. Motoren mit Reihenschlußverhalten.

*Die Drehzahl steigt bei Entlastung stark an (z. B. Reihenschlußmotoren).*

## 2. Motoren mit Nebenschlußverhalten.

*Die Drehzahl steigt bei Entlastung nur um einige Prozent an (z. B. Gleichstromnebenschluß- und Asynchronmotoren).*

*Durch Änderung der Spannung oder Schaltung oder durch Bürstenverschiebung können die Motoren nach 1. und 2. in verschiedenen Drehzahlstufen geregelt werden.*

## § 15. Kühlungsart.

Es werden unterschieden:

## A. Maschinen.

1. Maschinen ohne besonderen Lüfter.

2. Maschinen mit eigenem Lüfter.

Die Kühlluft wird durch einen am Läufer angebrachten oder von ihm angetriebenen besonderen Lüfter bewegt.

3. Maschinen mit fremdem Lüfter.

Die Kühlluft wird durch einen Lüfter mit eigenem Antriebsmotor bewegt.

## B. Transformatoren:

TS. Trockentransformatoren mit Selbstlüftung.

Der Transformator wird durch Strahlung und natürlichen Zug gekühlt.

TF. Trockentransformatoren mit Fremdlüftung.

Die Kühlluft wird durch einen Lüfter oder künstlichen Zug bewegt.

OS. Öltransformatoren mit Selbstlüftung.

Der Ölkasten wird durch Strahlung und natürlichen Zug gekühlt.

OF. Öltransformatoren mit Fremdlüftung.

Der Ölkasten wird durch Luft gekühlt, die durch einen Lüfter oder künstlichen Zug bewegt wird.

OFU. Öltransformatoren mit Fremdlüftung und Ölumlauf.

Der Ölkasten wird durch Luft gekühlt, die durch einen Lüfter oder künstlichen Zug bewegt wird. Der Ölumlauf erfolgt zwangsweise.

OSA. Öltransformatoren mit Ölumlaufl und  
äußerer Selbstlüftung.

Das Öl wird in einem Luftkühler außerhalb des Ölkastens gekühlt. Der Ölumlaufl erfolgt zwangweise.

OFA. Öltransformatoren mit Ölumlaufl und  
äußerer Fremdlüftung.

Das Öl wird in einem Luftkühler außerhalb des Ölkastens gekühlt. Die Kühlluft wird durch einen Lüfter oder künstlichen Zug bewegt. Der Ölumlaufl erfolgt zwangweise.

§ 16. Schutzarten für Maschinen.

A. Offene Maschinen.

1. Offene Maschinen. Die Zugänglichkeit der stromführenden und inneren umlaufenden Teile ist nicht wesentlich erschwert.

B. Geschützte Maschinen.

2. Geschützte Maschinen. Die zufällige oder fahrlässige Berührung der stromführenden und inneren umlaufenden Teile sowie das Eindringen von Fremdkörpern ist erschwert. Das Zuströmen von Kühlluft aus dem umgebenden Raum ist nicht behindert. Gegen Staub, Feuchtigkeit und Gasehalt der Luft ist die Maschine nicht geschützt.

3. Spritz- und schwallwassersichere Maschinen. Schutz nach 2., außerdem ist das Eindringen von Wassertropfen und Wasserstrahlen aus beliebiger Richtung verhindert.

C. Geschlossene Maschinen.

4. *Geschlossene Maschinen mit Rohranschlußstutzen. Die Maschine ist bis auf die Zuluft- und Abluftstutzen geschlossen, an diese sind Rohre oder andere Luftleitungen angeschlossen.*

Beim Fehlen eines oder beider Rohre fällt die Maschine je nach ihrer Bauart unter Schutzart A oder B.

5. Geschlossene Maschinen mit Mantelkühlung. Die stromführenden und inneren umlaufenden Teile sind allseitig abgeschlossen. Die Maschine wird durch Eigenbelüftung der Außenfläche gekühlt.

6. Gekapselte Maschinen. Die Maschine ist allseitig abgeschlossen. Die Wärme wird lediglich durch Strahlung, Leitung und natürlichen Zug abgeführt.

Ein völlig luft- und staubdichter Abschluß findet bei 5. und 6. nicht statt.

### III. Bestimmungen.

#### A. Allgemeines.

##### § 17. Kurvenform.

Die Kurvenform der Primärspannung von Transformatoren und Motoren wird als praktisch sinusförmig vorausgesetzt (siehe R. E. M. § 14).

##### § 18. Aufstellungsort.

Die folgenden Bestimmungen gelten unter der Annahme, daß die *Fahrstrecken* nicht höher als 1000 m ü. M. liegen. *Für höher gelegene Fahrstrecken sind besondere Vereinbarungen zu treffen.*

Bei größeren Höhen ändern sich Isolationsfestigkeit und Wärmeabgabe.

##### § 19. Gewährleistungen.

*Die Gewährleistungen beziehen sich auf die Nennleistungen.*

##### § 20. Bürstenstellung.

Bei Maschinen mit fester Bürstenstellung wird in den folgenden Bestimmungen vorausgesetzt, daß diese der für Nennleistung vorgeschriebenen entspricht und während der Probe unverändert bleibt.

##### § 21. Betriebswarmer Zustand.

Sofern nichts anderes angegeben, beziehen sich die Bestimmungen betr. Wirkungsgrad, § 48, auf einen mittleren betriebswarmen Zustand, und zwar soll die diesem entsprechende Temperatur einheitlich zu 75° C angenommen werden. Gemessene Wirkungsgrade oder Verluste sind auf diese Temperatur umzurechnen.

#### B. Prüfungs- und Betriebsarten.

##### § 22.

*Im planmäßigen Fahrbetriebe auf der Fahrstrecke kommt die dauernde Abgabe einer gleichbleibenden Leistung mit Ausnahme seltener Fälle nicht vor. Vielmehr arbeiten die Bahnmaschinen und -transformatoren häufig einen erheblichen Teil der Betriebszeit mit Leistungen, die größer als ihre Dauerleistung sind.*

*Die Eignung für die Überlastbarkeit läßt sich im Prüffelde feststellen. Es wird deshalb in den folgenden Paragraphen entsprechend § 6 unterschieden zwischen Prüfung im Dauerbetriebe und Prüfung im kurzzeitigen Betriebe.*

*Für den Fahrbetrieb selbst, der sich aus ständig wechselnden Leistungen zusammensetzt, werden Grenzen für die Temperatur-*



spitzen lediglich als Anhalt für die Bemessung der Bahnmaschinen bei der Entwurfsbearbeitung vorgeschrieben.

Als Nennleistungen gelten die Dauerleistungen und kurzzeitigen Leistungen.

### § 23. Prüfungen.

Die Prüfungen nach diesen Regeln sind in den Werkstätten des Herstellers an der neuen, trockenen, betriebsfertig eingelaufenen Maschine oder dem Transformator vorzunehmen.

Etwaige Proben im Fahrzeuge sind besonders zu vereinbaren.

Maschinen und Transformatoren sind mit ihren Lüftungsvorrichtungen zu erproben.

Der durch das Fahren entstehende Luftzug darf jedoch bei Motoren nicht nachgeahmt werden; bei Transformatoren oder hierzu gehörenden Kühleinrichtungen ist dieses erlaubt, worüber gegebenenfalls besondere Vereinbarungen getroffen werden können.

Die Schutzart der Maschine darf für den Probelauf nicht geändert werden.

### § 24. Prüfung im Dauerbetriebe (DB).

Die Prüfung im Dauerbetriebe erfolgt mit der Leistung, die dauernd hergegeben werden kann, ohne daß die im § 35 angegebenen Grenzerwärmungen überschritten werden, wobei alle anderen Bestimmungen erfüllt werden müssen.

Diese Dauerleistung ist die Nenn-Dauerleistung, die auf dem Leistungsschild vermerkt wird.

### § 25. Prüfung im kurzzeitigen Betriebe (KB).

Die Prüfung im kurzzeitigen Betriebe erfolgt mit der Leistung (Zweistundenleistung, Stundenleistung oder dgl.), die in der festgesetzten Zeit geleistet werden kann, ohne daß die **Erwärmung** die in § 35 angegebenen Grenzen überschreitet, wobei ebenfalls alle anderen Bestimmungen erfüllt werden müssen.

Diese kurzzeitigen Leistungen sind als kurzzeitige Nennleistungen auf dem Leistungsschild zu vermerken.

Wenn nichts anderes vereinbart, gilt für Fahrzeugantriebsmotoren die kurzzeitige Nennleistung (60-Minuten-Leistung).

### § 26. Fahrbetrieb.

Fahrbetrieb ist die planmäßig festgesetzte Benutzung der Maschinen und Transformatoren auf einer oder mehreren festgesetzten Fahrstrecken. Die hierbei auftretenden Grenzttemperaturen dürfen auch bei auftretenden Temperaturspitzen die in § 35, Spalte VI und VII festgesetzten Grenzwerte nicht überschreiten.

Die Grenzttemperaturen des § 35 müssen bei einer Temperatur der Außenluft (meteorologische Luft- oder Schattentemperatur) von 25° C eingehalten werden. Bei selten auftretenden höheren Temperaturen der Außenluft ist eine Überschreitung bis 10° C zulässig.

Werden geringere Grenzttemperaturen als in § 35 vereinbart, so sind auf dem Leistungsschild für Dauerleistung auch die entsprechend geringeren Leistungswerte anzugeben.

## C. Erwärmung.

## § 27.

Erwärmung eines Maschinen- oder Transformatorenteiles ist bei Dauerbetrieb und *Fahrbetrieb* der Unterschied zwischen seiner Temperatur und der des zutretenden Kühlmittels, bei kurzzeitigem Betriebe der Unterschied seiner Temperatur zu Beginn und am Ende der Prüfung.

## § 28. Probelauf.

Die Erwärmungsprobe wird bei *Nennbetrieb* vorgenommen bzw. auf diesen bezogen. Bezüglich der Dauer gilt:

1. Maschinen oder Transformatoren für Dauerbetrieb. Der Probelauf kann bei kalter oder warmer Maschine (Transformator) begonnen werden. Er wird so lange fortgesetzt, bis die Erwärmung nicht mehr merklich steigt, soll jedoch bei Maschinen höchstens 10 h dauern.

Die Erwärmung wird als nicht mehr merklich steigend betrachtet, wenn sie um nicht mehr als  $2^{\circ}\text{C}$  bei Maschinen, um nicht mehr als  $1^{\circ}\text{C}$  bei Transformatoren in 1 h zunimmt.

Zur Bestimmung der Enderwärmung benutzt man, wenn möglich, das nachstehend beschriebene Verfahren, weil die Messung der Erwärmung gegen Ende der Probe unregelmäßigen Schwankungen unterliegt.

Die Erwärmung ( $t$ ) wird in gleichen Zeitabschnitten ( $\Delta z$ ) gemessen und die Erwärmungszunahme ( $\Delta t$ ) in Abhängigkeit von der Erwärmung ( $t$ ) aufgetragen. Die Verlängerung der Geraden durch die so entstehende Punktschar schneidet auf der Erwärmungsachse ( $t$ ) die Enderwärmung ( $T$ ) ab.

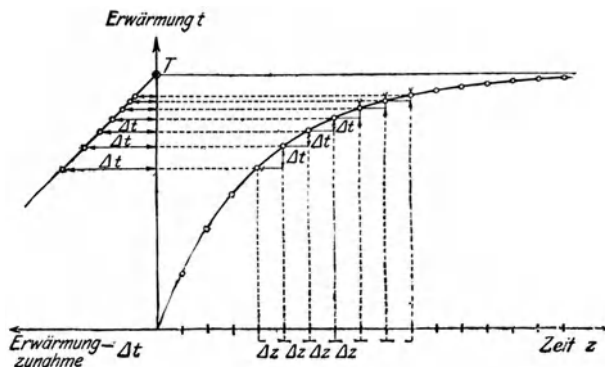


Abb. 1.

Die Probe kann abgebrochen werden, wenn die so bestimmte Enderwärmung nahezu erreicht ist.

2. Maschinen oder Transformatoren für kurzzeitigen Betrieb. Der Probelauf wird entweder bei kalter Maschine (Transformator) begonnen oder dann, wenn die Temperatur der wärmsten Wicklung um nicht mehr als 3° C höher als die Temperatur des Kühlmittels ist. Er wird bei Ablauf der *Nennbetriebszeit* abgebrochen.

### § 29.

Als Erwärmung einer Wicklung gilt der ungünstigere der beiden folgenden Werte:

1. Mittlere Erwärmung, errechnet aus der Widerstandszunahme.
2. *Örtliche Erwärmung an der heißesten zugänglichen Stelle der Oberfläche von Eisen oder Wicklungen, gemessen mit Thermometer.*

Wenn die Widerstandsmessung unzulässig ist, so wird die Thermometermessung allein angewendet. *Die Widerstandsmessung ist unzulässig bei Kommutatorankern mit mehr als 4 Polen, bei diesen ist daher die Thermometermessung maßgebend.*

Die Erwärmung des Öles von Transformatoren ist in der obersten Ölschicht des Kastens mit dem Thermometer zu bestimmen. Zur Einführung eines Thermometers muß eine Einrichtung am Transformator vorhanden sein, bei der der Lochdurchmesser mindestens 12 mm beträgt.

### § 30.

Die Erwärmung  $t$  in ° C von Kupferwicklungen wird nach folgenden Formeln aus der Widerstandszunahme berechnet, in denen:

$T_{\text{kalt}}$  die Temperatur der kalten Wicklung,  
 $R_{\text{kalt}}$  den Widerstand der kalten Wicklung,  
 $R_{\text{warm}}$  den Widerstand der warmen Wicklung bedeutet:

1. bei Maschinen oder Transformatoren im kurzzeitigen Betriebe:

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

wobei die Werte  $R_{\text{kalt}}$  und  $T_{\text{kalt}}$  für den Beginn der Prüfung gelten;

2. bei Maschinen oder Transformatoren im Dauer- oder Fahrbetrieb:

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

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

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

### § 31.

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

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

### § 32.

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

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

Ist vom Augenblick des Ausschaltens bis zu den Messungen so viel Zeit verstrichen, daß eine merkliche Abkühlung anzunehmen ist, so sollen die Temperaturen im Augenblick des Ausschaltens durch Extrapolation ermittelt werden.

## § 33. Temperatur des Kühlmittels.

Als Temperatur des Kühlmittels *für den Probelauf auf dem Prüfstande* gilt:

1. *Bei Maschinen § 15 A 1. und Transformatoren § 15 B. TS, OS und OSA:* Der Durchschnittswert der während des letzten Viertels der Versuchszeit in gleichen Abschnitten gemessenen Temperatur der Umgebungsluft.

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

2. *Bei allen anderen Maschinen und Transformatoren:* Der Durchschnittswert der während des letzten Viertels der Versuchszeit in gleichen Zeitabschnitten am Eintrittstutzen des Motors oder Transformators gemessenen Temperatur des Kühlmittels.

## § 34. Wärmebeständigkeit der Isolierstoffe.

Hinsichtlich ihrer Wärmebeständigkeit werden folgende Klassen von Isolierstoffen unterschieden:

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

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

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

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

Klasse VI. Rohglimmer, Porzellan und andere feuerfeste Stoffe.

## § 35. Grenzwerte.

Die höchstzulässigen Grenzwerte von Temperatur und Erwärmung sind nachstehend zusammengestellt:

## A. Maschinen nach § 3 Nr. 1 bis 5.

Spalte	I	Grenzerwärmung auf dem Prüfstande				Grenztemperatur bei Fahrbetrieb (§ 26)	
		Prüfungen im kurzzeitigen Betriebe (KB § 25)		Prüfungen im Dauerbetriebe (DB § 24)		VI	VII
Reihe Nr.	Maschinenteil und Isolierung	nach Therm.	aus Wid.-Zun.	nach Therm.	aus Wid.-Zun.		
1	Wicklungen Klasse II u. III	70° C	90° C	70° C	80° C	95° C	105° C
2	Wicklungen Klasse V	90° C	110° C	90° C	100° C	115° C	125° C
3	Alle Teile Klasse VI	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile					
4	Eisenkerne	Wie eingebettete Wicklungen					
5	Kommutatoren und Schleifringe	80° C	—	80° C	—	105° C	—
6	Lager	55° C	—	55° C	—	—	—

Bei Wicklungen für Gleichstrom-Nebenschlußerregung müssen die Grenzerwärmungen und -temperaturen Reihe Nr. 1 um 20° C niedriger sein.

Bei Ausführungen nach § 16 Nr. 6 der Straßenbahnmotorenbauart (Tatzenlagermotoren) für Schmalspur dürfen die Grenzerwärmungen der Reihe 6 bis um 20° C überschritten werden.

## B. Transformatoren nach § 3 Nr. 6.

Die Werte, Spalte II, gelten für Dauerbetrieb und für kurzzeitigen Betrieb.

Diese, gegenüber den bei ortsfesten Maschinen zugelassenen höheren **Erwärmungen** bezwecken eine schärfere Erprobung der Motoren im Prüffeld.

Damit wird auch der Tatsache Rechnung getragen, daß auch im Betriebe die Beanspruchung der Bahnmotoren verhältnismäßig größer sein kann als die gleich großer, ortsfester Maschinen, und zwar einmal, weil die Außenkühlung dann wirksamer in Erscheinung tritt, außerdem weil anhaltende hohe Kühlmitteltemperaturen bis zu 35°, wie sie bei ortsfesten Maschinen häufig sind, im Bahnbetriebe bei Ländern der gemäßigten Zone nur ausnahmsweise vorkommen.

Die im Betriebe meistens erreichten **Temperaturen** der Bahnmotoren entsprechen dann denen, die laut R. E. M. bei ortsfesten Maschinen dauernd zugelassen werden. Wenn auch hin und wieder, dem Wesen des Bahnbetriebes entsprechend,

Spalte	I	II	III	IV
Reihe Nr.	Transformatorenteil und Isolierung	Grenz- erwärmung bei Prüfung auf dem Prüfstande (§ 24 u. 25)	Grenz- temperatur im Fahrbetrieb (§ 26)	Meß- ver- fahren
1	Wicklungen Klasse II oder Klasse III	80° C	105° C	Errechnet aus Wider- stand- zunahme
2	Wicklungen in Öl	80° C	105° C	
3	Wicklungen Klasse V	100° C	125° C	
4	Alle Teile Klasse VI	5° mehr als Reihe 1 bis 3		
5	Einlagige blanke Wicklungen	5° mehr als Reihe 1 bis 3		Thermo- meter
6	Eisenkern	80° C	105° C	
7	Öl in der obersten Schicht	70° C	95° C	
8	Alle anderen Teile	Nur beschränkt durch be- nachbarte Isolationsteile		

diese Temperaturen überschritten werden, so ist die durchschnittliche Lebensdauer der Motoren im Bahnbetriebe deshalb nicht geringer.

Das Maß der zugelassenen Überschreitung ist abhängig von deren Häufigkeit, d. h. von der Betriebsart und den Streckenverhältnissen. Vorschriften können hierfür nicht gegeben werden, sie sind besonderen Vereinbarungen von Fall zu Fall vorzubehalten.

### § 36. Zweierlei Isolierungen.

Wenn für verschiedene räumlich getrennte Teile einer Wicklung zwei oder mehr Isolierstoffe von verschiedener Wärmebeständigkeitsklasse verwendet werden, so gilt bei Temperaturbestimmung aus der mittleren Widerstandzunahme die für den wärmebeständigeren Stoff zulässige Grenztemperatur, sofern die Thermometermessung an den weniger wärmebeständigen Stoffen keine Überschreitung der für sie zulässigen Grenztemperaturen ergibt.

### § 37. Geschichtete Stoffe.

Bei mehreren geschichteten Stoffen verschiedener Wärmebeständigkeitsklassen gilt als Grenztemperatur die des weniger wärmebeständigen, falls seine Zerstörung den Betrieb der Maschine oder des Transformators beeinträchtigt.

Dagegen gilt als Grenztemperatur die des wärmebeständigeren Stoffes, falls die Zerstörung des weniger

wärmebeständigen Stoffes den Betrieb der Maschine oder des Transformators nicht beeinträchtigt.

#### D. Überlastung. Kommutierung.

##### § 38.

Die Bestimmungen der §§ 39 bis 41 sollen nur die mechanische und die elektrische Überlastbarkeit von Maschinen ohne Rücksicht auf Erwärmung feststellen.

##### § 39. Überlastung.

Motoren nach § 3 Nr. 1 und 3 müssen ohne Beschädigung und bleibende Formveränderung während 2 min den 1,5fachen Stundenleistungstrom, stoßweise den 2fachen Stundenleistungstrom, Motoren nach § 3 Nr. 2 während 2 min den 1,5fachen Stundenleistungstrom, bei Maschinen nach § 3 Nr. 4 und 5 während 2 min den 1,5fachen Nennstrom aushalten.

*Die Prüfung darf nur mit einer solchen Temperatur der Maschine begonnen werden, daß die Grenztemperaturen des § 35 (A. Spalte VI und VII, B. Spalte III) nicht überschritten werden.*

##### § 40. Kommutierung.

Maschinen mit Kommutator müssen bei jeder Belastung bis zur Nennleistung praktisch funkenfrei arbeiten. Bei der Überlastungsprobe nach § 39 müssen sie derart kommutieren, daß weder die Betriebsfähigkeit von Kommutator und Bürsten beeinträchtigt wird noch Rundfeuer auftritt.

Es wird vorausgesetzt, daß:

1. der Kommutator in gutem Zustande ist und die Bürsten gut eingelaufen sind;
2. bei Gleichstrommotoren mit oder ohne Wendepole, die zum Fahrzeugantrieb dienen, die Bürsten in der neutralen Zone stehen.
3. bei sonstigen Gleichstrommaschinen mit oder ohne Wendepole die Bürstenstellung im ganzen Belastungsbereiche des Nenndrehsinnes unverändert bleibt;
4. bei Wechselstrommotoren die Probe sich nur auf den Leistungsbeereich erstreckt, der bei der betreffenden Bürstenstellung zulässig ist.

Ein Betrieb gilt als praktisch funkenfrei, wenn Kommutator und Bürsten in betriebsfähigem Zustande bleiben. Bei den Wechselstrom-Kommutatormotoren kann beim Anlauf vorübergehend stärkeres Bürstenfeuer auftreten, das aber den betriebsfähigen Zustand nicht beeinträchtigen darf.

##### § 41. Kurzschlußfestigkeit.

Die Transformatoren nach § 3 Nr. 6a müssen einen plötzlichen Kurzschluß an den Sekundärklemmen bei Nenn-



Primärspannung aushalten können, ohne daß ihre Betriebsfähigkeit beeinträchtigt wird.

Es ist hierbei angenommen, daß der Transformator einen Kurzschluß an den Sekundärklemmen vertragen muß, auch wenn die Stromquelle so groß ist, daß durch den Kurzschluß keine Verminderung der Primärspannung eintritt.

Die Prüfung auf Kurzschlußfestigkeit läßt sich im allgemeinen nicht in den Fabrikprüffeldern, sondern nur im Betriebe durchführen, da nur dort die nötigen Maschinen-Größen zur Verfügung stehen.

### E. Isolierfestigkeit.

#### § 42. Allgemeines.

Die Isolation soll folgenden Spannungproben unterworfen werden:

1. Wicklungsprobe nach § 43 bei allen Maschinen und Transformatoren nach § 3, ausgenommen Transformatorwicklungen, die betriebsmäßig nicht lösbar mit dem Körper verbunden sind;
2. Sprungwellenprobe nach § 44 *bei Transformatoren nach § 3 Nr. 6a, sofern sie die Fahrleitungsspannung führen.*
3. Windungsprobe nach § 45 bei Transformatoren nach § 3 Nr. 6a bis c.

Die Prüfungen dürfen an der kalten Maschine oder dem kalten Transformator vorgenommen werden, *falls die Maschine oder der Transformator im warmen Zustande nicht zur Verfügung steht.* Die Prüfungen sollen in der Reihenfolge 1, 2, 3 vorgenommen werden; sie gelten als bestanden, wenn weder Durchschlag noch Überschlag erfolgt und keine Gleitfunken auftreten.

Bei Maschinen und Transformatoren brauchen betriebsmäßig nicht lösbare Verbindungen zwischen verschiedenen Wicklungen oder mit dem Körper nicht getrennt zu werden. Wicklungen, die betriebsmäßig nicht lösbar mit dem Körper verbunden sind, brauchen nur der Windungsprobe unterworfen zu werden.

*Als betriebsmäßig nicht lösbare Verbindungen gelten Verbindungen der Erdseite der Hochspannungswicklungen von Transformatoren nach § 3 Nr. 6a dann, wenn die Isolation der Wicklungen und Klemmen nur entsprechend dem Potentialgefälle gegen Erde ausgeführt ist.*

#### § 43. Wicklungsprobe.

Die Isolation von Wicklung gegen Wicklung und von Wicklung gegen Körper wird mit einer fremden Wechselstromquelle geprüft.

Ein Pol der Stromquelle wird an die zu prüfende Wicklung, der andere an die Gesamtheit der untereinander und mit dem Körper verbundenen anderen Wicklungen gelegt (vgl. § 42 vorletzten Absatz).

Die Prüfspannung soll praktisch sinusförmig, ihre Frequenz soll gleich der Nennfrequenz oder 50 Per/s sein. Die Spannung soll *allmählich* auf die nachstehenden Werte gesteigert und alsdann während 1 min innegehalten werden.

Wird die Prüfzeit über 1 min ausgedehnt, so soll die Prüfspannung herabgesetzt werden.

In der Tafel bedeutet  $E$ :

1. Die Nennspannung der Maschine, bei *fremderregten Feldwicklungen* die Nenn-Erregerspannung;
2. bei leitend verbundenen Wicklungen einer oder mehrerer Maschinen die höchste gegen Körper bei Erdschluß eines Poles auftretende Spannung;
3. bei Läuferwicklungen von Asynchronmotoren, die dauernd in einer Richtung umlaufen, die Läufer­spannung und bei Umkehrasynchronmotoren  $1,5 \times$  Läufer­spannung; Kurzschlußwicklungen brauchen nicht geprüft zu werden;
4. bei Transformatoren nach § 3 Nr. 6a das 1,1fache der Nennspannung der Wicklungen;
5. bei Transformatoren nach § 3 Nr. 6b und c die Nennspannung der Stromkreise, mit denen die Wicklung in Reihe liegt.

Spalte I		II	III	IV
Reihe	Wicklung	Bereich	Prüfspannung in V, der größere der Werte	
1	Wicklungen von Ma- schinen	Nennleistung kleiner als 500 W	3 $E$	2 $E$ + 500
2		Nennleistung größer als 500 W, $E$ bis 5000 V	3 $E$	2 $E$ + 1000
3		$E$ über 5000 V	2 $E$ + 5000	
4		dauernd mit einem Außen- pol geerdete Maschinen über 5000 V	2 $E$ + 10000	
5		<i>bis 1000 V</i>	3,25 $E$	1000
6		von 1000 bis 10000 V	3,25 $E$	
7		über 10000 V	1,75 $E$ + 15000	

#### § 44.

Die Sprungwellenprobe (siehe § 42) dient dazu, festzustellen, daß die Windungs­isolation gegenüber den im

normalen Betriebe auftretenden Sprungwellen ausreicht. Die Prüfung soll im Fabrikprüffeld bei dem fertigen Transformator an Wicklungen für eine Nennspannung über 2,5 kV in einer der dargestellten Schaltungen vorgenommen werden.

Die zu prüfende Transformatorwicklung  $TW$ , die im Punkte  $G$  bzw.  $G_1$ , der betriebsmäßigen Schaltung entsprechend, geerdet wird, ist über Funkenstrecken  $F$  aus massiven Kupferkugeln von mindestens 50 mm Durchmesser auf Kabel oder Kondensatoren  $C$  geschaltet, deren Kapazität folgendermaßen zu bemessen ist:

*Prüfkapazität.*

Nennspannung in kV	Kapazität in jeder Phase mindestens $\mu F$	Zweckmäßige Form der Kapazität
2,5 bis 6	0,05	Kabel od. Kondensator
über 6 bis 20	0,02	" " "

Bei Drehstromkabeln ist die Betriebskapazität (vgl. § 5 der Definition der Eigenschaften gestreckter Leiter, „ETZ“ 1909, S. 1115 und 1184, Vorschriftenbuch des VDE 1914, S. 386; in der 13. Ausgabe des Vorschriftenbuches nicht mit aufgenommen) gleich der angegebenen Kapazität zu wählen; das Kabel hat nach Abschaltung eines Leiters dann auch für die Einphasenschaltung die vorgeschriebene Kapazität.

Der Kugelabstand der Funkenstrecke wird für einen Überschlag bei 2,2  $E$  eingestellt. Der Transformator ist durch die Stromquelle  $Q$  mit der Frequenz 50 Per/s auf etwa das 1,3fache der Nennspannung zu erregen.

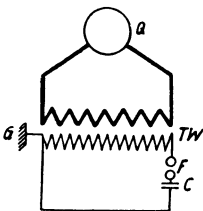


Abb. 2.

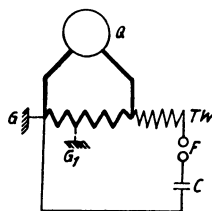


Abb. 3.

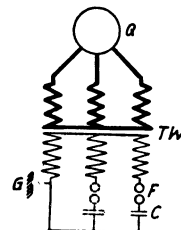


Abb. 4.

Die Funkenstrecke wird auf beliebige Weise gezündet (etwa durch vorübergehende Annäherung der Kugeln oder Überbrückung der Luftzwischenräume) und ein Funkspiel von 10 s Dauer wird aufrechterhalten (Abb. 2—4). Die Funkenstrecke ist dabei mit einem Luftstrom von etwa 3 m/s Geschwindigkeit anzublasen.

Durch die Funkenüberschläge werden die Kapazitäten von der Wicklungsspannung immer wieder umgeladen, bei jeder plötzlichen Umladung zieht eine Sprungwelle in die zu prüfende Wicklung ein.

Es empfiehlt sich, alle Zwischenleitungen möglichst kurz zu halten, da bei längeren Leitungen die Beanspruchung der Wicklung nicht eindeutig bestimmt ist.

Mehrphasentransformatoren können auch in der Einphasenschaltung geprüft werden; dabei sind die Phasenklammern so oft zu vertauschen, daß die Wicklung jeder Phase der Sprungwellenprobe ausgesetzt wird.

#### § 45.

Die Windungsprobe (siehe § 42) dient zur Feststellung der ausreichenden Isolation benachbarter Wicklungsgruppen gegeneinander und zum Auffinden von Wicklungsdurchschlägen, die bei Transformatoren durch die Sprungwellenprobe (siehe § 44) eingeleitet sind.

Die Prüfung erfolgt bei Leerlauf durch Aufdrücken einer Prüfspannung mindestens gleich  $2 \times$  Nennspannung. Die Frequenz kann entsprechend erhöht werden; Prüfdauer 5 min.

Bei Transformatorenwicklungen, die betriebsmäßig nicht lösbar mit dem Körper verbunden sind und infolgedessen nach § 42 nur der Windungsprobe zu unterwerfen sind, hat der oben angegebenen Prüfung noch eine verschärfte Windungsprobe von 1 min Dauer voranzugehen, während der die Prüfspannung auf einen Wert zu steigern ist, der durch die 5. bis 7. Reihe der in § 43 angegebenen Zahlentafel festgelegt ist.

#### § 46.

Die Durchführungsisolatoren von Transformatoren müssen folgende Prüfspannung aushalten:

von 1 bis 3 kV . . .	8 E + 2 kV
über 3 kV . . . . .	2 E + 20 kV

Die Ausführung dieser Prüfung kann aber nur entweder an den zu den Transformatoren gehörenden Isolatoren vor Zusammenbau mit dem Transformator, jedoch mit dem zugehörenden Flansch oder bei Verzicht auf diese Art der Prüfung an Isolatoren gleicher Type verlangt werden.

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn weder Durchschlag noch Überschlag erfolgt und keine Gleitfunken auftreten.

**F. Wirkungsgrad.**

## § 47. Allgemeines.

Es werden unterschieden:

1. der direkt gemessene Wirkungsgrad. Er wird durch Messung von Abgabe und Aufnahme ermittelt;
2. der indirekt gemessene Wirkungsgrad. Er wird aus den Verlusten, die als Unterschied von Aufnahme und Abgabe angesehen werden, ermittelt.

Bei Gewährleistungen für den Wirkungsgrad ist das Meßverfahren anzugeben.

Sofern nicht anderes vereinbart, ist bei Maschinen nach § 3 Nr. 1 bis 5 unter Wirkungsgrad der direkt gemessene zu verstehen, bei Transformatoren nach § 3 Nr. 6 der indirekt gemessene.

## § 48.

Wirkungsgradangaben beziehen sich auf den Nennbetrieb (*kurzzeitige Leistung oder Dauerleistung oder beides*), sofern nicht anderes angegeben.

Voraussetzung für die nachstehend beschriebenen Prüfungen ist, daß die Maschinen gut eingelaufen sind, insbesondere Kommutator und Bürsten, und daß diese in der für Nennbetrieb vorgeschriebenen Stellung sind.

Der direkt gemessene Wirkungsgrad bezieht sich auf den betriebswarmen Zustand.

Bei indirekter Messung sind die mit Gleichstrom gemessenen Widerstände zur Bestimmung der Stromwärmeverluste auf 75° C umzurechnen (siehe § 21).

Bei anderen Verlustmessungen ist keine Temperaturumrechnung vorzunehmen.

## § 49.

Alle Verluste in den zur Maschine allein gehörenden Hilfsgeräten — jedoch nur diese — sind bei der Ermittlung des Maschinenwirkungsgrades einzubeziehen, insbesondere:

1. die Verluste in Regel-, Vorschalt-, Justier-, Abzweig- und ähnlichen Widerständen, Drosselpulen, Hilfstransformatoren und dergleichen, die zum ordnungsmäßigen Betriebe notwendig sind;
2. die Verluste in der Erregermaschine bei Eigenerregung, aber nicht bei Fremderregung;
3. die Verluste in den mit der Maschine mitgelieferten Lagern, aber nicht in fremden Lagern;
4. der Verbrauch des Lüfters bei Eigenlüftung.

Der Verbrauch bei Fremdlüftung sowie von Ölpumpen ist nicht einzubeziehen, sondern gegebenenfalls getrennt anzugeben.

Nicht einzubeziehen sind die Verluste in Zahnrädern und Lagern von Vorgelegewellen.

Für Motoren nach Straßenbahnbauart (Tatzenlagermotoren) ist es allgemein üblich, in Kurvenblättern und Druckschriften die Zugkräfte und Geschwindigkeiten am Umfange des Laufrades für verschiedene Zahnradübersetzungen anzugeben. Eine eindeutige Messung der Zahnradverluste ist nicht möglich, da bei dem gleichen Motor diese Verluste je nach dem Zustande der Zahnräder und der Art der Schmierung verschieden sind. Zwecks einheitlicher Bewertung der Verluste in Zahnrädern und Vorgelegelagern sollen für Motoren mit einfacher Zahnradübersetzung die folgenden Werte, die sich als Mittelwerte vieler Versuche ergeben haben, verwendet werden:

*Verluste des einfachen Vorgeleges und der  
Tatzengleitlager.*

<i>Aufnahme in % der Aufnahme bei 1 Stundenleistung</i>	<i>Verluste in % der Aufnahme</i>
200	3,5
150	3,0
125	2,7
100	2,5
75	2,5
60	2,7
50	3,2
40	4,4
30	6,7
25	8,5

Die mit Hilfe dieser Zahlentafel ermittelten Werte gelten nicht als Gewährleistungen.

Sollten jedoch bei Motoren nach Straßenbahnbauart die Wirkungsgrade einschließlich der Verluste der Zahnräder und der Vorgelegelager gemessen werden, so sind die zu gewährleistenden Wirkungsgrade für die Abgabe an der Ankerwelle unter Verwendung der vorstehenden Werte zu berücksichtigen.

#### § 50. Direkt gemessener Wirkungsgrad.

Der direkt gemessene Wirkungsgrad wird nach einem der folgenden Verfahren ermittelt:

1. Leistungsmeßverfahren. Abgabe und Aufnahme werden mit elektrischen Meßgeräten festgestellt;
2. Bremsverfahren. Die mechanische Leistung wird mit Bremse oder Dynamometer, die elektrische mit elektrischen Meßgeräten festgestellt;
3. Belastungsverfahren. Die mechanische Leistung wird mit einer geeichten Hilfsmaschine, die elektrische mit elektrischen Meßgeräten festgestellt.

*Als geeichte Hilfsmaschine kann auch eine Maschine gleicher Bauart verwendet werden, die mechanisch gekuppelt wird. Als Wirkungsgrad einer Maschine darf dann der Wurzelwert aus dem Gesamtwirkungsgrad angenommen werden.*

### § 51. Indirekt gemessener Wirkungsgrad.

- I. Rückarbeitsverfahren zur Messung des Gesamtverlustes. Zwei gleiche Maschinen werden mechanisch und elektrisch derart verbunden, daß sie, die eine als Generator, die andere als Motor, aufeinander arbeiten. Die Erregung wird so eingestellt, daß der Mittelwert der Abgaben gleich der Nennleistung und der Mittelwert der Spannung gleich der Nennspannung ist. Die zur Deckung der Verluste erforderliche Leistung wird elektrisch oder mechanisch oder teils elektrisch und teils mechanisch zugeführt. Diese Verlustleistung dient nach angemessener Verteilung auf beide Maschinen zur Berechnung der Wirkungsgrade. *Dieses Verfahren ist bei Wechselstrom-Kommutatormaschinen nicht anzuwenden.*
- II. Einzelverlustverfahren. Hierbei werden unterschieden:
  1. Leerverluste:
    - A. Verluste im Eisen (Eisenverluste);
    - B. Verluste durch Lüftung, Lager- und Bürstenreibung (Reibungsverluste).
  2. Erregerverluste bei Maschinen mit besonderer Erregerwicklung:
    - C. Stromwärmeverluste in Nebenschluß- und fremd-erregten Erregerkreisen (vgl. auch § 49 Nr. 1 und 2).
  3. Lastverluste:
    - D. Stromwärmeverluste in Anker- und Reihenschlußwicklungen;
    - E. Übergangsverluste an Kommutatoren und Schleifringen, die Laststrom führen;
    - F. Zusatzverluste, d. s. alle oben nicht genannten Verluste.

Als Gesamtverlust, der der Berechnung des Wirkungsgrades zugrunde gelegt wird, gilt die Summe aus den Verlusten A—F.

### § 52. Leerverluste.

Die Leerverluste werden nach einem der folgenden Verfahren ermittelt:

1. Motorverfahren: Die Maschine wird leerlaufend als Motor betrieben, und zwar: *Gleichstrom-Reihenschlußmotoren bei einer Ankerspannung, die der Nennspannung abzüglich des Ohmschen Spannungsabfalles entspricht und*

derart fremd erregt ist, daß die Nenndrehzahl entsteht. Die Leistungsaufnahme abzüglich der Stromwärme- und der Erregerverluste gilt als Leerverlust;

2. Generatorverfahren. *Gleichstromreihenschlußmaschinen werden im Leerlauf mit Nenndrehzahl durch einen geeichten Hilfsmotor angetrieben und auf Nennspannung abzüglich des Spannungsabfalles erregt.* Ihre mechanische Leistungsaufnahme gilt als Leerverlust.
3. *Wechselstrom-Reihenschluß- (Kommutator-) Motoren werden ebenfalls im Leerlauf mit Nenndrehzahl und abgehobenen Bürsten durch einen geeichten Hilfsmotor angetrieben. Die Hauptfeldwicklung wird mit Nennfrequenz und der Spannung (Kraftfluß) erregt, die bei Nennleistung an dieser Wicklung gemessen wird. Der Leerverlust ist die Summe der mechanischen Leistungsaufnahme und der elektrischen Leistungsaufnahme der Feldwicklung abzüglich der Stromwärmeverluste.*

#### § 53. Erregerverluste.

Die Stromwärmeverluste im Erregerstromkreise werden aus den mit Gleichstrom gemessenen Widerständen berechnet.

#### § 54. Berechnung der Lastverluste.

1. Die Laststromwärmeverluste werden aus den mit Gleichstrom gemessenen Widerständen errechnet. Bei Asynchronmaschinen kann der Stromwärmeverlust in der Sekundärwicklung auch aus der Schlüpfung berechnet werden.
2. Die Übergangsverluste werden berechnet, indem man für den Spannungsabfall jeder Bürste im Stromweg 1 V bei Kohle- und Graphitbürsten einsetzt.

#### § 55. Zusatzverluste.

Als Zusatzverluste werden die nachstehend zusammengestellten Annäherungswerte eingesetzt. Die Prozentwerte beziehen sich bei Generatoren auf die Abgabe, bei Motoren auf die Aufnahme. Es wird angenommen, daß bei *Reihenschlußmotoren die Prozentwerte bei der Nennspannung unabhängig von der Belastung sind*, bei den übrigen Maschinen proportional dem Quadrat der Stromstärke:

1. Kompensierte Gleichstrommaschinen mit  $\frac{1}{2}\%$ ;
2. nichtkompensierte Gleichstrommaschinen mit oder ohne Wendepole mit 1%;
3. *Wechselstrom-Kommutatormotoren mit 2%*,
4. Asynchronmaschinen mit  $\frac{1}{2}\%$ .



## § 56. Verluste von Transformatoren.

Bei Transformatoren sind folgende Verluste zu berücksichtigen:

1. Leerlaufverluste,
2. Wicklungsverluste.

Leerlaufverlust ist die Aufnahme bei Nenn-Primärspannung, Nennfrequenz und offener Sekundärwicklung. Er besteht aus Eisenverlust, Verlusten im Dielektrikum und dem Stromwärmeverlust des Leerlaufstromes.

Wicklungsverlust ist die gesamte Stromwärmeleistung bei Nennstrom und Nennfrequenz, die in allen Wicklungen und Abteilungen (also zwischen den Klemmen) in betriebswarmem Zustande verbraucht wird. Wenn der betriebswarme Zustand nicht festgestellt ist, so ist auf die *zulässige Grenztemperatur* umzurechnen.

Der Wicklungsverlust wird ermittelt, indem bei kurzgeschlossenen Sekundärwicklungen dem *Transformator der Nennstrom zugeführt wird*. Etwaige zusätzliche Verluste durch Wirbelströme sind hierbei im Wicklungsverluste enthalten.

Wenn das Verhältnis: Sekundärspannung zu Sekundärstrom sehr klein ist, z. B. bei Transformatoren für hohe Stromstärken, kann der gemessene Verlust durch den Kurzschlußbügel wesentlich vergrößert werden. In solchen Fällen ist eine entsprechende Korrektur vorzunehmen, um den wirklichen Wicklungsverlust zu ermitteln.

## G. Mechanische Festigkeit.

## § 57. Schleuderprobe.

Nachstehende Tafel enthält die Prüfdrehzahl für die Schleuderprobe; diese Drehzahl soll während 2 min aufrechterhalten werden.

Die Schleuderprobe gilt als bestanden, wenn sich keine schädlichen Formveränderungen zeigen und die Spannungprobe nach § 43 nachträglich ausgehalten wird.

Reihe	Maschinengattung	Schleuderdrehzahl
1	Fahrzeug-Antriebsmotoren	$1,25 \times$ höchste Betriebsdrehzahl
2	Hilfsmaschinen mit Nebenschlußverhalten	$1,2 \times$ Leerlaufdrehzahl
3	Hilfsmaschinen mit Reihen-schlußverhalten	$1,5 \times$ Nenndrehzahl

Zu 1: Fahrzeug-Antriebsmotoren bis 100 kW Stundenleistung, für die die höchste Betriebsdrehzahl (z. B. Straßenbahnmotoren) nicht bekannt oder unsicher ist, sind mindestens mit  $2,5 \times$  Stundendrehzahl zu prüfen.

**H. Schild.**

## § 58. Allgemeines.

Auf jeder Maschine und jedem Transformator muß ein Leistungsschild befestigt sein, auf dem die nachstehend aufgezählten allgemeinen und die in § 59 bzw. 60 zusammengestellten zusätzlichen Angaben deutlich lesbar sind. Die allgemeinen Angaben sind:

1. Hersteller und Ursprungszeichen (falls nicht ein besonderes Firmenschild angebracht wird);
2. Modellbezeichnung;
3. Fertigungsnummer.

## § 59. Zusätzliche Angaben.

Die zusätzlichen Angaben auf dem Leistungsschild von Maschinen nach § 3 Nr. 1 bis 5 sind in der nachstehenden Tafel zusammengestellt und in § 60 erläutert:

Zeile	Gleichstrommaschinen	Wechselstrom-Kommutatormotoren	Asynchronmaschinen
1	Verwendungsart	Verwendungsart	Verwendungsart
2	Nennleistung	Nennleistung	Nennleistung
3	Betriebsart	Betriebsart	Betriebsart
4	Nennspannung	Nennspannung	Nennspannung Läuferspannung
5	Nennstrom	Nennstrom	Nennstrom Läuferstrom
6	Nenndrehzahl	Nenndrehzahl	Nenndrehzahl
7	—	Nennfrequenz	Nennfrequenz
8	—	Nennleistungsfaktor	Nennleistungsfaktor
9	Bei Eigen- und Fremderregung Nenn-Erreger- spannung	—	—
10	Bei Reihenschlußerregung, wenn von 100% abweichend, Nennererregung	—	—
11	—	—	Schaltart der Ständerwicklung
12	—	—	Schaltart der Läuferwicklung

Die hier nicht angeführten Maschinenarten müssen solche zusätzlichen Angaben erhalten, daß ohne Nach-

messung erkannt werden kann, ob sie für ein bestimmtes Netz und eine bestimmte Arbeitsleistung geeignet sind.

§ 60. Bemerkungen zu vorstehender Tafel.

Zu 1. Als Verwendungsart müssen Stromart und Arbeitsweise angegeben werden, wobei folgende Abkürzungen zulässig sind:

A. Stromart:

Gleichstrom . . . . .	G
Einphasenstrom . . . . .	E
Zweiphasenstrom . . . . .	Z
Drehstrom . . . . .	D
Sechsphasenstrom . . . . .	S

B. Arbeitsweise:

Generator . . . . .	Gen.
Motor . . . . .	Mot.

Zu 2. Unter Nennleistung ist anzugeben:

Abgabe in kW.

Zu 3. Die Betriebsart wird in folgender Weise gekennzeichnet:

A. Dauerbetrieb DB;

B. Kurzzeitiger Betrieb KB und vereinbarte Betriebszeit.

Zu 5. Stromangaben können abgerundet werden (da sie nicht zur Bewertung der Maschine dienen). Angaben über den Strom von Motoren sind als angenähert zu betrachten.

Die Abrundung kann betragen:

bei kleineren Motoren etwa 2 bis 3%,

bei größeren Maschinen höchstens 1%.

Zu 6. Angaben über die Drehzahl von Gleichstrom- und Asynchronmotoren sind als angenähert zu betrachten (vgl. § 67).

Bei Motoren, die nur in einer Drehrichtung benutzt werden sollen und bei denen eine Änderung der Drehrichtung nur durch konstruktive Änderungen oder Änderung der inneren Maschinenschaltung möglich ist, ist der Drehzahlangabe

ein Pfeil ← mit der Spitze nach links für Linkslauf,

ein Pfeil → mit der Spitze nach rechts für Rechtslauf hinzuzufügen.

Es empfiehlt sich, den Drehrichtungspfeil auch noch auf der Stirn des freien Wellenstumpfes anzubringen.

Umsetzen der Bürstenhalter ist als konstruktive Änderung anzusehen, nicht aber die Verschiebung der Bürsten.

Zu 8. Die Leistungsfaktorenangaben von Asynchronmaschinen und Kommutatormotoren sind als angenähert zu betrachten.

Zu 11. Die Kennzeichnung der Schaltart erfolgt durch die nachstehenden Zeichen:

- | Einphasen,
- └ Einphasen mit Hilfsphase,
- ┌ Zweiphasen verkettet,
- × Zweiphasen unverkettet (Vierphasen),
- Y Dreiphasen — Stern,
- Y Dreiphasen — Stern mit herausgeführtem Nullpunkt,
- △ Dreiphasen — Dreieck,
- ||| Dreiphasen offen.

Zu 12. Bei Dreiphasenläufern bleibt der Vermerk fort.

### § 61. Mehrfache Stempelungen.

Bei Maschinen, die für zwei oder mehr Nennbetriebe bestimmt sind, sind für alle Nennbetriebe entsprechende Angaben zu machen, nötigenfalls auf mehreren Schildern.

*Bei Fahrzeug-Antriebsmotoren (§ 3 Nr. 1 bis 3) kann das Leistungsschild für Zeilleistung und Dauerleistung gestempelt werden. Die Spannung bei Dauerleistung braucht nicht mit der Nennspannung bei Zeilleistung übereinzustimmen.*

### § 62.

Die zusätzlichen Angaben auf dem Leistungsschilder von Transformatoren nach § 3 Nr. 6 a bis c sind in nachstehender Tafel zusammengestellt:

Reihe	Transformator nach § 3		
	Nr. a	Nr. 6 b	Nr. 6 c
1	Nennleistung	Nennleistung	Nennleistung
2	Frequenz	Frequenz	Frequenz
3	Kühlungsart	Kühlungsart	Kühlungsart
4	Betriebsart	Betriebsart	Betriebsart
5	—	Netzspannung	Netzspannung
6	Nennprimärspannung	Nennprimärspannung	—
7	Nennsekundärspannung	—	Nennsekundärspannung
8	Nennprimärstrom	Nennprimärstrom	Nennprimärstrom
9	Nennsekundärstrom	—	Nennsekundärstrom
10	Schaltart	—	—
11	Nennkurzschlußspannung	—	—

Bei Einphasentransformatoren ist die Stromart durch Hinzufügung des Buchstabens E anzugeben.

### § 63.

**Nennleistung (Scheinleistung):** Die Nennleistung ist in kVA anzugeben.

**Betriebsart:** Über die Kennzeichnung der Betriebsart vgl. § 60 Nr. 3.

Wenn ein Transformator für mehrere verschiedene Betriebsarten bestimmt ist, so sind die diesen entsprechenden Leistungs-, Strom- usw. Angaben auf dem Schilde bzw. auf mehreren Schildern zu machen.

**Spannung:** Wenn ein Transformator mit zwei oder drei Stufen versehen ist, so sind die diesen entsprechenden Spannungen auf dem Schilde anzugeben.

Wenn mehr als drei Stufen vorgesehen sind, *so brauchen nur die den Endstufen entsprechenden Spannungen* auf dem Schilde angegeben zu werden.

Wenn ein Transformator für zwei verschiedene Spannungen umschaltbar eingerichtet ist, so sind die den beiden Spannungen entsprechenden Leistungs-, Strom- usw. Angaben auf dem Schilde bzw. auf den Schildern zu machen.

### § 64.

Bei Transformatoren mit Fremdlüftung ist ein Schild anzubringen, auf dem anzugeben ist:

- a. erforderliche Luftmenge bei Nennbetrieb in  $\text{m}^3/\text{min}$ ,
- b. erforderliche Luftpressung in mm WS.

### § 65.

Bei Transformatoren mit Ölumlauft ist ein Schild mit Angabe der umlaufenden Ölmenge in  $\text{l}/\text{min}$  zur Bestimmung der Pumpenleistung anzubringen.

### § 66. Änderung von Maschinen und Transformatoren.

Wird die Wicklung einer Maschine von einem anderen als dem Hersteller geändert (teilweise oder vollständige Umwicklung, Umschaltung oder Ersatz), so muß die ändernde Firma neben dem vorhandenen Leistungsschild ein Schild anbringen, das den Namen der Firma, die neuen Angaben der Maschine nach §§ 58 u. ff. und die Jahreszahl der Änderung enthält.

**I. Toleranzen.**

## § 67. Allgemeines.

Toleranz ist die höchstzulässige Abweichung des festgestellten Wertes von dem nach den Bestimmungen dieser Regeln gewährleisteten Werte. Sie soll die unvermeidlichen Ungleichmäßigkeiten in der Beschaffenheit der Rohstoffe, Ungenauigkeiten der Fertigung und Meßfehler decken.

Reihe	Gewährleistungen für	Toleranzen
1	Drehzahl von Reihenschlußmotoren	Nennleistung über 1,1 bis 11 kW $\pm 10\%$ über 11 kW $\pm 7\%$
2	Drehzahl von Asynchronmotoren	20% der Sollschlüpfung
3	Wirkungsgrad $\eta$	$\frac{1-\eta}{10}$ aufgerundet auf $\frac{1}{1000}$ , mindestens aber 0,01
4	Leistungsfaktor $\cos \varphi$	$\frac{1-\cos \varphi}{6}$ aufgerundet auf $\frac{1}{100}$ , mindestens aber 0,02

## 20. Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten R. E. A. / 1925<sup>1)</sup>.

### I. Gültigkeit.

#### § 1. Geltungstermin.

Diese Bestimmungen treten am 1. Juli 1925<sup>2)</sup> in Kraft.

#### § 2. Geltungsbereich.

Diese Regeln gelten für:

1. Anlasser,
2. Anlaßschalter,
3. Regler,
4. Hilfschalter.

Die Regeln gelten nur für Geräte zur Steuerung von Maschinen für Dauerbetrieb (nicht für kurzzeitige und aussetzende Betriebe, siehe R.E.M./1923, §§ 28 bis 30, und R.A.B./1926, Abschnitt 21 dieses Buches).

### II. Begriffserklärungen.

#### § 3. Geräte.

1. Anlasser sind Geräte, mittels deren während des Anlassens Widerstände in den Haupt- oder Läuferkreis von Motoren eingeschaltet werden.
  - a) Flüssigkeitsanlasser,
  - b) Metallanlasser.
2. Anlaßschalter sind Schaltgeräte ohne Widerstand oder mit einem einstufigen Metallwiderstand oder mit einem Transformator.
  - a) Anwurfschalter,
  - b) Stern-Dreieck-Schalter,
  - c) Stufenschalter zu Anlaßtransformatoren.
3. Regler sind Geräte, die zur Regelung der Drehzahl oder Spannung durch Einschaltung von Widerständen dienen.
  - a) Feldregler, bei denen Widerstände in den Erregerstromkreis elektrischer Maschinen geschaltet werden.

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1922. Veröffentlicht ETZ 1922, S. 627.

<sup>2)</sup> Geändert durch Beschluß der Jahresversammlung 1924. Veröffentlicht ETZ 1924, S. 600 und 1068.

1. Spannungregler zur Regelung der Spannung von Generatoren.
  2. Drehzahlfeldregler zur Drehzahlerhöhung von Motoren.
- b) Regelanlasser sind Geräte, die sowohl zum Anlassen wie zum Regeln der Drehzahl von Motoren dienen.
1. Hauptstrom-Regelanlasser, bei denen zur Drehzahlverminderung in den Haupt- oder Läufer-Stromkreis Widerstände eingeschaltet werden, die auch zum Anlassen dienen.
  2. Feld-Regelanlasser, bei denen ein Anlasser mit einem Drehzahlfeldregler vereinigt ist.
  3. Haupt- und Feldregelanlasser, bei denen die vorstehend unter 1 und 2 genannten Geräte vereinigt sind.

#### § 4. Hilfschalter.

- a) Betätigungschalter sind Schalter zur elektrischen Fernsteuerung (Druckknöpfe, Schwimmerschalter usw.).
- b) Endschalter sind Schalter, die bei Überschreitung von Endlagen in Tätigkeit treten.
- c) Schützen sind elektromagnetisch betätigte Schalter, die durch Stromgebung ein- bzw. ausgeschaltet werden.
- d) Wächter sind elektromagnetisch oder mechanisch betätigte Schalter, die bei Abweichung von dem zu überwachenden Zustande selbsttätig ansprechen (Stromwächter, Spannungwächter, Druckwächter, Drehzahlwächter usw.).

#### § 5. Bestandteile der Metallanlasser und Regler.

- a) Gehäuse.
- b) Widerstandskörper, bestehend aus dem Widerstandsleiter und seinem Träger.
- c) Innere Verbindungen.
- d) Stufenschalter.
- e) Klemmen zum Anschluß der äußeren Leitungen.
- f) Auslöser zur Selbstabstellung des Motors bei Eintritt nicht ordnungsgemäßer Zustände (Auslösung bei Spannungsrückgang, Überstrom usw.).
- g) Bedienungsteil.

#### § 6. Ausführungsarten der Stufenschalter.

- a) Flachbahn: Die feststehenden Kontakte liegen in einer Ebene und werden von einem beweglichen Kontakt bestrichen.



- b) **Trommelbahn:** Die feststehenden Kontakte bilden einen Zylinder und werden von einem beweglichen Kontakt bestrichen.
- c) **Walzenbahn:** Die Kontaktfläche wird durch eine bewegliche zylindrische Walze gebildet; der feststehende Kontaktkörper besteht aus mehreren Einzelfingern, die auf den zugehörigen Ringsegmenten der beweglichen Walze schleifen.
- d) **Steuerschalter:** Er besteht aus einer Reihe von Einzelschaltern, die durch Kurvenscheiben mechanisch betätigt werden.
- e) **Schützensteuerung:** Sie besteht aus einer Reihe von Schützen; diese werden durch einen Betätigungsschalter, der in Walzenform (Meisterwalze) ausgeführt werden kann, betätigt.

### § 7. Schutzarten.

#### Ausführung 1: Offen.

Keine Abdeckung oder eine Abdeckung mit so großen Öffnungen, daß Berührung spannungsführender Teile nicht verhindert wird.

#### Ausführung 2: Geschützt.

Abdeckung (z. B. gelochtes Blech od. dgl.), die nur Öffnungen für Zuleitungen oder Kühlluft enthält. Zufällige oder fahrlässige Berührung spannungsführender Teile ist verhindert.

#### Ausführung 3: Geschlossen.

Vollständige Abdeckung ohne ausgesprochene Öffnungen, die eine Berührung spannungsführender Teile und das Eindringen von Fremdkörpern verhindert. Vollständiger Schutz gegen Staub, Feuchtigkeit oder Gasgehalt der Luft wird nicht erzielt.

#### Ausführung 4: Gekapselt.

Gedichteter Abschluß ohne Öffnung. Die Berührung spannungsführender Teile, Eindringen von Staub und Wasser ist verhindert. Ein vollständiger Abschluß wird nicht erzielt. Das Innere kann bei Temperatur- und Druckwechsel atmen.

#### Ausführung 5: Gasgeschützt.

Alle spannungsführenden Teile mit Ausnahme der Anschlußklemmen liegen unter Öl.

Bei Flüssigkeitsanlassern bezieht sich diese Vorschrift nur auf die Kurzschlußkontakte, nicht auf die Elektroden. Diese dürfen jedoch nicht aus der Flüssigkeit austauchen

können. Anlasser mit Ölkühlung sind gemäß der Schutzart ihrer Stufenschalter nach Ausführung 1—5 zu bewerten.

Die Schutzarten 2 und 3 werden auch als tropfwasser-sicher ausgeführt. Hierbei sind Einrichtungen vorzusehen, die ein Eindringen fallender Wassertropfen verhindern. Sie erhalten dann den Kennbuchstaben t (2t, 3t).

Abdeckungen dürfen nicht entflammbar sein.

### § 8.

Die vorstehenden Schutzarten werden in der Regel gemäß nachstehender Tafel kombiniert. Hierin bedeuten:

*S* Stufen- oder Anlaßschalter,

*W* Widerstand,

*T* Anlaßtransformator,

*E* Elektroden bzw. Behälter des Flüssigkeitsanlassers,

*K* Kurzschlußkontakt für Flüssigkeitsanlasser,

mit den Kennziffern der Schutzart des § 7.

Stufen- schalter	Zusammengebaut mit			Flüssigkeitsanlasser		Getrennte Anordnung	
	Widerstand mit Luft- kühlung	mit Öl- kühlung	Anlaß- trans- formator	Elektroden und Behälter	Kurz- schluß- kontakt	Stufen- o. Anlaß- schalter	Wider- stand
<i>S</i> 1	<i>W</i> 2	<i>W</i> 5	<i>T</i> 1 <i>T</i> 2 <i>T</i> 5	<i>E</i> 1	<i>K</i> 1	<i>S</i> 1	—
—	—	—	—	<i>E</i> 2	<i>K</i> 2	—	<i>W</i> 2 <i>W</i> 2t
<i>S</i> 3	<i>W</i> 2 <i>W</i> 3	<i>W</i> 5	<i>T</i> 2 <i>T</i> 5	<i>E</i> 3	<i>K</i> 3	<i>S</i> 3	<i>W</i> 3
<i>S</i> 3t	<i>W</i> 2t <i>W</i> 3t	—	<i>T</i> 2t	—	—	<i>S</i> 3t	<i>W</i> 3t
<i>S</i> 4	<i>W</i> 2 <i>W</i> 2t <i>W</i> 3 <i>W</i> 3t <i>W</i> 4	<i>W</i> 5	<i>T</i> 3 <i>T</i> 4 <i>T</i> 5	—	—	<i>S</i> 4	—
<i>S</i> 5	—	<i>W</i> 5	<i>T</i> 5	<i>E</i> 5	<i>K</i> 5	<i>S</i> 5	<i>W</i> 5

Beispiel: Anlasser mit Ölkühlung, Schutzart *S* 3 *W* 5.

Zu § 7 und 8. Für die Schutzarten der Anlaß- und Steuergeräte sind zwei Gesichtspunkte maßgebend: Schutz der Bedienung und Schutz der Geräte selbst.

Der Schutz der Bedienung vor den unmittelbaren Wirkungen des elektrischen Stromes wird durch Verhinderung der Berührung spannungsführender Teile erreicht. Diese Bedingung erfüllen alle Schutzarten mit Ausnahme der offenen (1).

Die Schutzarten 3 bis 5 bewirken außerdem mittelbaren Schutz der Bedienung, indem sie Entzündungen brennbarer Stoffe verhindern.

Die Bauart „geschlossen“ (3) vermeidet das Eindringen größerer

Fremdkörper wie Putzlappen, Holzspäne, Papier, die durch Entzündung Feuergefahr hervorrufen können.

Die Bauart „gekapselt“ (4) und der Einbau „in ein Ölbad“ (5) verhindern auch das Eindringen kleiner Fremdkörper, wie Sägemehl, Baumwollfasern, Staub, und damit deren Entzündung.

Die allmähliche Ansammlung von explosiven Gasen im Inneren, wie sie infolge Atmens bei Temperatur- und Druckdifferenzen bei Aufstellung der Geräte in Räumen mit solchen Gasen eintritt, kann auch mit der Schutzart 4 auf die Dauer nicht verhindert werden.

Der Schutz der Geräte selbst wird durch die Schutzarten 2 bis 5 ausreichend gewährleistet.

Die Bauart „geschützt“ (2) verhindert Beschädigungen durch das vorübergehende oder dauernde Eindringen größerer Fremdkörper, wie z. B. Stangen, Drehspähne Schrauben usw. Die weitergehenden Schutzarten, die das Eindringen auch kleinerer Fremdkörper verhindern, schützen die Geräte gegen Verschlechterung der Isolation durch Ablagerung von Metallstaub, Wasser u. dgl.

Die Abdeckungen sind als nicht entflammbar vorgeschrieben, wobei in erster Linie an Metallabdeckungen gedacht ist. Abdeckungen aus Pappe genügen dieser Forderung nicht, wohl aber können Abdeckungen aus keramischem Material oder flammensicheren Preßstoffen Verwendung finden.

Die „Tropfwassersichere Ausführung (t)“ ist nicht als besondere Schutzart aufgeführt worden, da sie für sich allein eine genügende Abdeckung der Geräte nicht gewährleistet. Sie ist absichtlich auf die Bauart „geschützt“ und „geschlossen“ beschränkt worden, weil sie einerseits bei der offenen Bauart praktisch insofern nicht in Anwendung kommt, als in Räumen, in denen Tropfwasser auftritt, offene Bauarten aus Sicherheitsgründen nicht zulässig sind, andererseits die Bauart „gekapselt“ von selbst tropfwassersicher ist,

Bei der Bauart „gasgeschützt“ (5) ist die Tropfwassersicherheit durch die Bauart selbst nicht ohne weiteres gegeben. Es erscheint aber notwendig, das Ölbad vor dem Eindringen von Wasser zu schützen, weshalb Tropfwassersicherheit für die Schutzart 5 zu empfehlen ist.

Für Flüssigkeitsanlasser wird mitunter die Aufstellung in Räumen mit brennbaren Gasen unvermeidlich, so daß die Bildung von Funken in der Luft verhindert werden muß. Dieses kann dabei durch die Abdeckung allein nicht geschehen, sondern es muß neben der Anwendung des Ölbadetes für den Kurzschlußkontakt dafür gesorgt werden, daß zwischen den Elektroden und der Flüssigkeit Lichtbogen nicht entstehen können, d. h. der Anlasser muß so gebaut sein, daß die Elektroden nicht aus der Flüssigkeit austauschen können.

### § 9. Kühlungsarten für Anlasser.

1. Flüssigkeitsanlasser,
  - a) mit Selbstkühlung,
  - b) mit zusätzlicher Wasserkühlung.
2. Metallanlasser,
  - a) mit Luftkühlung,
  - b) mit Ölkühlung;
    1. mit Selbstkühlung,
    2. mit Wasserkühlung.
  - c) mit Sandkühlung.

## § 10. Betätigungsarten.

Es werden unterschieden:

## 1. Handbetätigung u. zwar:

- a) unmittelbare Handbetätigung durch ein Bedienungsteil,
- b) mittelbare Handbetätigung durch ein Getriebe oder Gestänge.

Die Langsamschaltung kann zur zwangweisen Verzögerung des Anlaßvorganges benutzt werden.

## 2. Elektrische Betätigung u. zwar:

- a) Der Vorgang wird von Hand willkürlich eingeleitet und willkürlich unterbrochen.
- b) Der Vorgang wird von Hand willkürlich eingeleitet und selbsttätig vollendet.

Bemerkung zu a und b: Regler mit elektrischem Antrieb und Druckknopf-Betätigung.

- c) Der Vorgang wird selbsttätig eingeleitet und durchgeführt (Selbstanlasser bzw. -regler).

Unmittelbare Handbetätigung ist der mittelbaren vorzuziehen. Mittelbare Handbetätigung wird verwendet, wenn mehrere Geräte von einer Betriebsstelle aus betätigt werden müssen oder, wenn die Geräte infolge ihrer Bauart und Größe eine entfernte Aufstellung erfordern.

Langsam-Schaltung (Schneckenantrieb, ruckweise Schaltung) ist nur in solchen Fällen zu fordern, in denen durch unsachmäßige Bedienung das Auftreten unzulässiger Stromstöße zu befürchten ist.

Elektrische Betätigung wird angewendet, wenn

- a) die mechanische Verbindung zwischen dem Betätigungsorgan und dem Gerät sich zu umständlich gestaltet oder
- b) die Betätigung des Gerätes der Einwirkung des Bedienenden ganz oder zeitweise entzogen werden soll.

## § 11. Betätigungssinn.

Als Betätigungssinn gilt der Drehsinn, der eine Erhöhung der Drehzahl oder Spannung hervorruft; er wird auf die Bedienungsseite bezogen.

## § 12. Anschlußarten.

Es werden folgende Anschlußarten unterschieden:

- A 1 Geeignet zum Anschluß von isolierten Leitungen in Isolierrohren oder offen.
- A 2 Geeignet zum Anschluß von Stahlpanzer- oder Gasrohren.
- A 3 Geeignet zum Anschluß von Bleikabeln.

Bei allen Anschlußarten müssen Vorkehrungen zur geschützten Einführung der Leitungen getroffen werden.

**III. Allgemeine Bestimmungen.****§ 13. Erwärmung.**

Die Erwärmung der Anlasser und Regler darf bei ordnungsgemäßer Benutzung folgende Werte nicht überschreiten:

1. Widerstände mit Luftkühlung. Die Übertemperatur soll, an der Austrittsstelle der Luft gemessen, nicht höher als 175° C sein, und keine Stelle des Gehäuses soll eine höhere Übertemperatur als 125° C zeigen.
2. Widerstände mit Ölkühlung. Das Öl soll an der wärmsten Stelle zwischen den Widerstandselementen nicht mehr als 80° C Übertemperatur zeigen.
3. Widerstände mit Sandkühlung. Der Sand soll zwischen den Widerstandselementen keine höhere Übertemperatur als 150° C haben.
4. Wasserwiderstände mit Zusatz von Soda u. dgl. Die Übertemperatur des Elektrolyten soll 60° C nicht überschreiten.
5. Stufenschalter. Der Übertemperatur der Kontakte von Stufenschaltern in Luft soll an keiner Stelle 40° C überschreiten. Solche unter Öl dürfen die für das Öl zulässige Temperatur erreichen.

Für Magnetwicklungen gelten nach R.E.M./1923, §§ 38 bis 41, für Isolierung durch Faserstoff

	ungetränkt	getränkt
als Grenzwerte der Temperatur . . .	75° C	85° C
als Grenzwerte der Erwärmung (Übertemperatur) . . . . .	40° C	50° C

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

Betr. Hilfsmotoren siehe R.E.M./1923, § 41, betr. Transformatoren R.E.T./1923, § 42.

Die zugelassenen Übertemperaturen werden durch Thermometer oder Thermolemente gemessen.

Da die Erwärmung der einzelnen Widerstandstufen schwer zu messen ist, soll bei luftgekühlten Widerständen die Temperatur der abstreichenden Luft an ihrer Austrittsstelle gemessen werden. Hierbei muß unter Umständen das Thermometer in die Öffnungen der Abdeckung eingeführt werden.

Bei Anlassern mit Öl- oder Sandkühlung soll die Messung an der wärmsten Stelle zwischen den Widerstandselementen erfolgen, die bei Öl meistens in etwa  $\frac{2}{3}$  der Höhe des Kühlmittels auftritt, während die Temperatur an der Oberfläche und besonders am Gefäßboden stets erheblich niedriger, am Draht selbst dagegen höher ist. Bei Anlassern mit Sandkühlung ist zu berücksichtigen, daß die Wärme-Aufnahmefähigkeit des Sandes viel geringer als die des Oles ist.

Bei Metallwiderständen ist darauf zu achten, daß die Verbindungsstellen der Widerstandselemente untereinander und mit den Verbindungsleitungen der auftretenden Temperatur widerstehen (Verschraubungen, schwer schmelzende Lötungen, Schweißungen, Anbringung der Verbindungsstellen an den untersten kühlfesten Stellen des Widerstandskörper).

Da die zulässige Übertemperatur der Stufenschalter geringer als die der Widerstände ist, so ist durch genügenden Abstand dieser Schalter von dem Widerstandskörper oder durch andere Maßnahmen dafür zu sorgen, daß die Wärmeübertragung vom Widerstand zum Stufenschalter eingeschränkt wird. Dieses gilt besonders für Feldregler und Regelanlasser.

#### § 14. Betätigungsspannung.

Geräte für elektrische Betätigung müssen noch einwandfrei arbeiten, wenn die Betätigungsspannung vom Nennwert um  $\pm 10\%$  abweicht. Weitergehende Spannungsabweichungen sind auch vorübergehend nicht zulässig.

Als Betätigungsspannung gilt die Spannung an den Klemmen des Gerätes.

#### § 15. Selbsttätige Abststellungen.

##### 1. Spannungsrückgangsabststellung.

Das Gerät muß ausgelöst werden, wenn die Spannung auf 50% des Nennwertes zurückgeht. Bei 80% des Nennwertes darf sie nicht eintreten.

##### 2. Überstromabststellung.

Die Auslösung muß innerhalb eines dem Verwendungszweck des Anlassers entsprechenden Bereiches einstellbar sein.

Anlasser mit den unter 1 genannten Abststellungen oder gleichwertige Anordnungen (Selbstschalter, Schützen u. dgl.) sind geeignet für Motoren, die in der Betriebsstellung des Anlassers nicht anlaufen können und deren Anlaßvorrichtung während des Betriebes nicht dauernd überwacht werden.

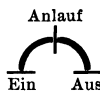
#### § 16. Kennzeichnung des Schaltweges.

Auf jedem Gerät (Anlasser, Anlaßschalter, Regler) soll die Stellung, in der das Gerät eingeschaltet und die, in der es ausgeschaltet ist, sowie der Schaltweg deutlich gekennzeichnet sein, z. B. durch einen Kreisbogen



Bei Anlaßschaltern (z. B. Stern-Dreieck-Schaltern) ist außerdem die Anlaufstellung gegenüber der Betriebsstellung

zu kennzeichnen, z. B.



Bei Regelanlassern sind der Anlaß- und der Regelbereich zu kennzeichnen.

#### § 17. Schaltfolge der Anlaßschalter.

Bei Anlaßschaltern, die außer der Ausschalt- und Betriebstellung noch eine Anlaufstellung besitzen, z. B. Stern-Dreieck-Schaltern und Anlaßtransformatoren für Kurzschlußmotoren, ist als Reihenfolge der Stellungen entweder

a) Ausschalt — Anlauf — Betriebstellung oder

b) Anlauf — Ausschalt — Betriebstellung

zu wählen. Bei der Stellungsfolge b) sind Vorkehrungen empfehlenswert, die einen unmittelbaren Übergang von der Ausschalt- in die Betriebstellung verhüten.

#### IV. Sonderbestimmungen für Anlasser.

##### § 18.

Stufe bedeutet den Teil des Widerstandes, der bei Weiterbewegen des Kontaktkörpers jeweilig kurz geschlossen wird.

Stellungen sind die Ruhelagen des Kontaktkörpers.

(Zahl der Stromstellungen = Stufenzahl + 1).

Vorstufen sind die Stufen, auf denen der Strom den Anlaßspitzenstrom (vgl. § 19) nicht erreicht; solange sie eingeschaltet sind, braucht der Anlauf noch nicht stattzufinden.

Anlaßstufen sind die Stufen, deren aufeinanderfolgendes Kurzschließen den Anlauf herbeiführt.

##### § 19

Nennstrom  $J$  ist die Stromaufnahme des Motors bei Vollast.

Einschaltstrom  $J_e$  ist der Strom auf der ersten (Vor-) Stellung.

Anlaß-Spitzenstrom  $J_2$  ist der Stromstoß, der bei Kurzschließen einer Anlaßstufe auftritt.

Schaltstrom  $J_1$  ist der Strom, bei dem das Weiterschalten, also das Kurzschließen, erfolgen soll (vgl. die Diagramme am Kopf der Tafel 1 und 2).

Bei Drehstrom sind die Ständerströme mit großen, die Läuferströme mit kleinen Buchstaben zu bezeichnen.

Die Einschalt- und Anlaufströme sind mittels eines Strommessers mit vorgeschobenem Zeiger zu messen. Stromstöße, die wegen ihrer kurzen Dauer von diesen Meßgeräten nicht angezeigt werden, sind praktisch ohne Bedeutung.

## § 20.

Als Mittlerer Anlaßstrom  $J_m$  gilt:

$$J_m = \sqrt{\text{Schaltstrom} \cdot \text{Anlaßspitzenstrom}} = \sqrt{J_1 \cdot J_2}$$

Die mittlere Anlaßaufnahme, in kW, d. i. die dem Netz entnommene Leistung, ist das Produkt aus

$$\frac{\text{Nennspannung} \cdot \text{mittlerer Anlaßstrom}}{1000} = \frac{E \cdot J_m}{1000}$$

Anlaßzeit  $t$  (in s) ist die Zeit, während der die Anlaßstufen Strom führen.

Anlaßarbeit, in kWh, ist das Produkt

$$\text{mittlere Anlaßaufnahme} \cdot \text{Anlaßzeit} = \frac{E \cdot J_m t}{1000}$$

Die Formel  $J_m = \sqrt{J_1 \cdot J_2}$  gilt allgemein für Gleichstrom- wie für Drehstromanlasser, gleichviel ob bei diesen der Strom im Ständer oder Läufer festgestellt wird.

## § 21.

Anlaßzahl  $z$  ist die Zahl der hintereinander — mit einer Pause  $= 2 \times \text{Anlaßzeit}$  — bis zur Erreichung der Endtemperatur zulässigen Anlaßvorgänge.

Anlaßhäufigkeit  $h$  ist die Zahl der je  $h$  in gleichmäßigen Abständen dauernd zulässigen Anlaßvorgänge.

Die Prüfung wird zweckmäßig so vorgenommen, daß erst die Anlaßzahl und in unmittelbarem Anschluß daran die Anlaßhäufigkeit geprüft wird. Abb. 1 zeigt als Beispiel den Temperaturverlauf bei einem Anlasser mit einer Anlaßzahl  $z = 3$  ( $t = 14$  s) und einer Anlaßhäufigkeit  $h = 2$  i. d. St. (Pause 30 min).

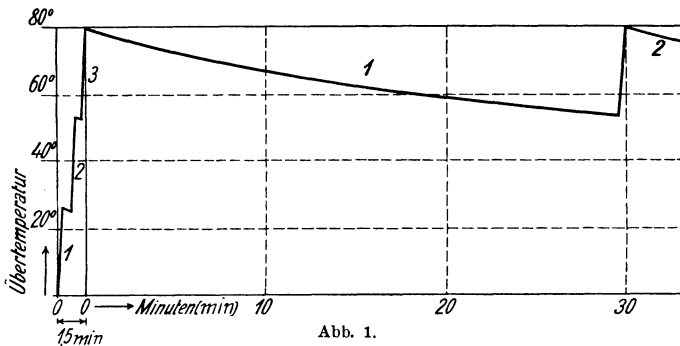


Abb. 1.

## § 22.

Die Schwere des Anlaufes wird durch das Verhältnis

$$\frac{\text{Mittlere Anlaßaufnahme}}{\text{Leistungsaufnahme des Motors bei Vollast}} = \frac{E \cdot J_m}{E \cdot J} = \frac{J_m}{J}$$

gekennzeichnet.



Additional material from *Vorschriftenbuch des Verbandes  
Deutscher Elektrotechniker*,  
978-3-642-52573-5 (978-3-642-52573-5\_OSFO1),  
is available at <http://extras.springer.com>



Normalwerte dieses Verhältnisses sind:

Ausführung des Anlassers	Halblast- anlauf $h$ -Anlauf	Vollast- anlauf $\varphi$ -Anlauf	Schwer- anlauf $s$ -Anlauf
Flüssigkeitsanlasser, Flach- und Trommelbahnanlasser $\frac{J_m}{J}$ . . .	0,65	1,3	1,7
Walzenbahnanlasser $\frac{J_m}{J}$ . .	0,75	1,5	2,0

### § 23.

Als ordnungsmäßiger Anlaßvorgang gilt ein solcher, bei dem von einer Stellung auf die nächste weitergeschaltet wird, wenn der Strom mindestens auf den Schaltstrom  $J_1$  des Anlassers gesunken ist.

### § 24.

Die Anlasser werden auf Grund folgender Angaben bewertet:

- A. Nennleistung des Motors  $N$  und die ihr entsprechende Leistungsaufnahme  $E J$ ,
- B. Mittlere Anlaßaufnahme  $E J_m$ ,
- C. Anlaßzeit  $t$ ,
- D. Anlaßzahl  $z$ ,
- E. Anlaßhäufigkeit  $h$ ,
- F. Zulässige Belastung des Endkontaktes.

### § 25.

Für die Bemessung des Anlassers ist in erster Linie die für die Beschleunigung der anzutreibenden Maschine erforderliche mittlere Anlaßaufnahme, also die Schwere des Anlaufes (s. § 22) und die Anlaßzeit maßgebend.

Unter Berücksichtigung vorstehender Bestimmungen sind die in Tafel 1 u. 2 enthaltenen Reihen von normalen Flachbahnanlassern für Gleichstrom und Drehstrom entwickelt.

Zu Tafel I, Gleichstromanlasser.

Für die Bemessung des Anlassers ist der mittlere Anlaßstrom  $J_m$  bzw. die mittlere Anlaßaufnahme maßgebend. Zur Bestimmung des Anlaß-Spitzenstromes  $J_2$  und des Schaltstromes  $J_1$  sind die Verhältnisse von  $J_2$  oder  $J_1$  zum mittleren Anlaßstrom  $J_m$  oder zum Nennstrom  $J$  des Motors bei Vollast unter Berücksichtigung der Stufenzahl  $m$  und des Ankerwiderstandes  $R$  (einschließlich des Widerstandes der Zuleitungen) festgelegt. Diese Werte werden der Rechnung am besten zugänglich, wenn man den mittleren Anlaßstrom

$$J_m = \sqrt{J_1 \cdot J_2} \quad \text{oder} \quad \frac{J_m}{J_1} = \frac{J_2}{J_m} = \sqrt{\lambda} \quad \left( \text{worn } \lambda = \frac{J_2^1}{J_1} \text{ ist} \right)$$

setzt. Drückt man ferner den Spannungsverlust im Anker + Zuleitungen in Prozenten ( $p$ ) der Netzspannung aus und setzt den Ankerwiderstand

$$R = \frac{p}{100} \cdot \frac{E}{J} \text{ oder } p = 100 \cdot \frac{RJ}{E}, \text{ so ergibt sich}$$

$$\sqrt{\lambda} = \frac{J_m}{J_1} = \frac{J_2}{J_m} = \left( \frac{100}{p} \cdot \frac{J}{J_m} \right)^{\frac{1}{2m+1}};$$

$$\frac{J_2}{J} = \frac{J_m}{J} \left( \frac{100}{p} \cdot \frac{J}{J_m} \right)^{\frac{1}{2m+1}};$$

$$\lambda = \frac{J_2}{J_1} = \left( \frac{100}{p} \cdot \frac{J}{J_m} \right)^{\frac{1}{m+0,5}}.$$

Hierin bedeutet  $\frac{J_m}{J} = \frac{\text{Mittlere Anlaßaufnahme}}{\text{Aufnahme des Motors bei Vollast}}$

das Verhältnis, das die Schwere des Anlaufes darstellt (siehe § 22).

In der Zahlentafel ist der in der Praxis besonders häufige Anlauf mit Vollast (und Halblast) besonders berücksichtigt, und es sind für die Nennleistungen des Motors und die Normalspannungen 110, 220, 440 V bei Gleichstrom die Ströme  $J$ ,  $J_m$ ,  $J_1$ ,  $J_2$  berechnet. Für Anlaufverhältnisse, die zwischen diesen Normalwerten liegen, z. B. Dreiviertellast, sind passende Anlasser aus den Normalreihen zu wählen.

Es empfiehlt sich, bei größeren Anlassern (etwa über 10 kW) in den Betriebsanweisungen den Schaltstrom und seine Bedeutung anzugeben oder die Bestimmung aufzunehmen, daß erst dann weitergeschaltet werden darf, wenn der Strom auf der betreffenden Stufe nicht mehr merklich sinkt.

Die Abstufung der Leistungen der Anlasser mit Ölkühlung ist mit dem Verhältnis 1 : 2 festgesetzt. Dadurch kann der gleiche Stufenschalter bei 220 V für die doppelte Leistung, wie bei 110 V, benutzt werden und entsprechend bei 440 bzw. 220 V. Die Endkontakte werden vorteilhaft, soweit nicht die Stromstärken zu groß werden (bei 110 V), für den doppelten Nennstrom des Anlassers bemessen, damit die gleichen Anlasser für die doppelte Motorleistung bei Halblast benutzt werden können.

Bei Anlassern mit Luftkühlung ist die Zahl der Modelle verdoppelt entsprechend einer Leistungsabstufung 1 :  $\sqrt{2}$ .

Wenn unter den Anlassern der Tafel kein Anlasser vorhanden ist, dessen Nennleistung mit der des Motors übereinstimmt, so sind der nächstgrößere Anlasser und die dadurch bedingten größeren Spitzenströme zuzulassen.

Bei der Stempelung des Anlassers ist zur Erleichterung der Auswahl nicht die mittlere Anlaßaufnahme, sondern die Nennleistung des Motors zugrunde zu legen, wobei noch die doppelten Leistungen für Halblast gestempelt werden können.

Die Aufnahme des Motors ist unter Berücksichtigung des voraussetzlichen ungünstigsten Wirkungsgrades  $\eta_{\min}$  bestimmt. Bei der Bestimmung des Ankerwiderstandes wurde angenommen, daß  $\frac{2}{3}$  der Gesamtverluste auf den Anker + Zuleitungen entfallen.

Die mittlere Anlaßaufnahme bei Vollastanlauf, die die Grundlage für die Bestimmung der Anlasser ist, ist gemäß § 22 gleich

Additional material from *Vorschriftenbuch des Verbandes  
Deutscher Elektrotechniker*,  
978-3-642-52573-5 (978-3-642-52573-5\_OSFO2),  
is available at <http://extras.springer.com>



1,3  $\times$  Leistungsaufnahme des Motors angenommen. Wenn die bei der Projektierung berechnete Anlaßleistung nicht mit einem Tafelwert übereinstimmt, so ist der nächstgrößere Anlasser zu wählen.

Für die Bestimmung der Anlaßzeit wurde die empirische Formel

$$t = 4 + 2 \sqrt{N}$$

( $N$  ist die Motorleistung in kW) benutzt. Über 200 kW hinaus ist die Formel nicht zu empfehlen. Da die Anlasser ein mehrmaliges Anlassen kurz nacheinander gestatten, so genügen sie auch zur Beschleunigung größerer Schwungmassen bei einmaligem Anlassen. Bei Antrieben mit außergewöhnlich großen Schwungmassen ist die erforderliche Anlaßzeit rechnerisch zu ermitteln.

Die Anlaßzeit und die Anlaßhäufigkeit beruhen auf Erfahrungswerten. Die Anzahl der Anlaßstufen ist so gewählt, daß der Schaltstrom wenig höher als der Nennstrom liegt.

Zu Tafel II, Drehstromanlasser.

Die Leistungsabstufung der Anlasser, die mittlere Anlaßaufnahme, die Anlaßzeit, die Anlaßzahl, die Anlaßhäufigkeit und die Anlaßarbeit sind gleich denen für Gleichstromanlasser eingesetzt. Für die Abschaltung der Widerstandstufen in den drei Läuferkreisen nach einander — als  $uvw$ -Schaltung bezeichnet — ist die Anzahl der Vor- und Anlaßstufen geringer gewählt als bei gleichzeitiger Abschaltung, da sich bei dieser Anordnung nahezu die dreifache Zahl von Stellungen ergibt. Anlasser für zweiphasige Läufer sind nicht genormt.

Für die Herstellung der Anlasser kommen je nach Größe der Läuferspannung verschiedene Widerstandsbezüge in Frage. Zu deren

Normung ist für die Werte  $\frac{e}{i} = \frac{\text{Läuferspannung}}{\text{Läuferstrom}}$  ( $e$  = Läufer-

spannung zwischen zwei Schleifringen), eine Normalreihe 1,0; 1,8; 3,2; 5,6; 10 aufgestellt, die unter 1,0 und über 10 entsprechend den Bedürfnissen erweitert ist. Es ist als zulässig zu erachten, daß z. B.

ein Anlasser, der für das Verhältnis  $\frac{e}{i} = 10$  berechnet ist, für  $\frac{e}{i}$  Werte des Motors zwischen 7,5 und 13 benutzt wird, wobei die auftretenden Spitzenströme um 25% höher bzw. um 30% niedriger werden. Tatsächlich werden höhere Stromspitzen meistens nicht auftreten, da die Vorstufen z. T. als Anlaßstufen wirken.

Um die Auswahl der Anlasser zu erleichtern, sind die Grenzen der Läuferspannungen und -ströme in den einzelnen Feldern der Zahlentafel angegeben. Es sind aber nur die Felder ausgefüllt, die für die genormten Grenzen der Läuferspannungen der Drehstrommotoren nach DIN VDE 2651 in Frage kommen. Für anormale Läuferspannungen sind die Anlasser unter sinngemäßer Erweiterung der Tafel zu bestimmen. Die Grenzen des Verhältnisses  $\frac{e}{i}$  ( $\Omega$ ) der Läuferströme sind auf den Anlasserschildern anzugeben.

## V. Sonderbestimmungen für Regelanlasser.

### § 26.

Grunddrehzahl ist die Drehzahl des Motors bei kurzgeschlossenem Regler.

Regelbereich ist der Drehzahlbereich von der Grunddrehzahl bis zu der (durch den Regler herstellbaren) höchsten oder niedrigsten Grenzdrehzahl. Er wird ausgedrückt, indem die Grunddrehzahl mit 100 % bezeichnet und die Abweichungen von ihr in Prozenten der Grunddrehzahl angegeben werden, z. B. — 25 % (bei Hauptstromregelung) oder + 200 % (bei Feldschwächung).

### § 27.

Drehmoment-Drehzahllinie stellt die Abhängigkeit der Drehzahl vom Drehmoment im Regelbereich (Drehmoment als Ordinate) dar. Es werden folgende Hauptarten der Drehzahlregelung unterschieden:

- a) Bei gleichbleibendem Drehmoment. Das Drehmoment ist unabhängig von der Drehzahl (z. B. Kolbenpumpe).
- b) Bei gleichbleibender Leistung. Das Produkt Drehmoment  $\times$  Drehzahl ist unabhängig von der Drehzahl (z. B. Drehbank).
- c) Bei quadratisch mit der Drehzahl steigendem Drehmoment (z. B. Ventilator).

### § 28.

Bei allen Reglern wird Dauereinschaltung angenommen. Verträgt der Regler nur kurzzeitige Beanspruchung, so ist er entsprechend zu kennzeichnen. Für Feldregelung sind jedoch solche Regler unzulässig.

### § 29.

Drehzahlfeldregler für Gleichstrommotoren dürfen nicht ausschaltbar sein.

### § 30.

Bei Antrieben mit gleichbleibendem Drehmoment (§ 27 a) oder mit gleichbleibender Leistung (§ 27 b) gelten als normale Regelbereiche:

- a) Für Drehzahlverminderung bei Nennstrom, d. h. bei normalem Drehmoment mittels Hauptstrom-Regelanlasser:  
— 25 %, — 50 % und — 75 %.
- b) Für Drehzahlvermehrung mittels Drehzahlfeldregler oder Feldregelanlasser (§ 27 a und b):  
+ 15 %, + 50 %, + 100 % und + 200 %.

c) Für Drehzahlverminderung und -vermehrung mittels Haupt- und Feld-Regelanlasser:

+ 15 %	neben	— 25 %	bzw.	— 50 %	und	— 75 %
+ 50 %	„	— 25 %				
+ 100 %	„	— 25 %				
+ 200 %	„	— 25 %				

### § 31.

Bei mit steigender Drehzahl wachsendem Drehmoment (§ 27 c) gelten als normale Regelbereiche für Drehzahlverminderung und -vermehrung mittels Haupt- und Feldregler:

+ 15 %	neben	— 10 %	,	— 25 %	,	— 50 %
--------	-------	--------	---	--------	---	--------

### § 32.

Bei Drehzahlverminderung mittels Hauptstromregler ist zu beachten, daß der Regelbereich im hohen Maße von der Belastung (d. h. dem Drehmoment) abhängt und z. B. schon bei  $\frac{3}{4}$  Drehmoment

von	— 25	— 50	— 75 %
auf	— 19	— 37	— 56 % fällt.

Daher ist zur Berechnung des Reglers außer der Arbeitscharakteristik nach § 27 die Kenntnis des Drehmomentes bei einer bestimmten Drehzahl erforderlich. Wenn nichts anderes angegeben, wird das Drehmoment auf die Grunddrehzahl des Motors (100 %) bezogen.

Zu § 26 bis 32. Bei Drehzahlreglern sind zu unterscheiden: die Hauptstrom-Regelanlasser zur Drehzahlverminderung durch Spannungsvernichtung in Vorschaltwiderständen (bei Gleichstrommotoren) bzw. in Läuferwiderständen (bei Drehstrommotoren mit Schleifringen) und die Drehzahlfeldregler oder Feldregelanlasser zur Drehzahlerhöhung durch Feldänderung (bei Gleichstrom-Nebenschlußmotoren).

Bei der Drehzahlerhöhung durch Feldschwächung ist die Drehzahl nahezu unabhängig von dem erforderlichen Drehmoment der anzutreibenden Maschine, bei der Drehzahlverminderung durch Hauptstromregler ist sie dagegen vom Drehmoment stark abhängig. Es muß daher bei Drehzahlverminderung für jede Drehzahl das Drehmoment genau bekannt sein. Die dabei vom Motor abgegebene Leistung (proportional dem Produkt aus Drehzahl und Drehmoment) ist sehr verschieden. Daher ist die Nennleistung des Motors für die Bestimmung des Reglers nicht maßgebend. Außerdem gibt die Angabe der Nennleistung oft zu Mißverständnissen Anlaß, wenn die abgegebene oder die dem Netz entnommene Leistung verwechselt wird. Eindeutig bestimmt ist der Regler dagegen, wenn für jede Drehzahl das erforderliche Drehmoment, d. h. die Drehmoment-Drehzahllinie angegeben ist. In der Praxis kommen zumeist die in § 27 aufgezählten drei Belastungsfälle in Frage. Für diese genügt es, den Buchstaben des Belastungsfalles (*a*, *b* oder *c*) zu kennzeichnen, wobei

nur das für den Antrieb erforderliche Drehmoment bei der Grunddrehzahl hinzuzufügen ist. Ist für diese Grunddrehzahl die abgegebene Leistung bekannt, so kann daraus auch das Drehmoment

$$M \text{ (in mgk)} = 973 \frac{N}{n} \text{ (} N \text{ in kW)}$$

$$\text{oder} \quad M \text{ (in mgk)} = 716 \frac{N}{n} \text{ (} N \text{ in PS)}$$

berechnet werden. Sowohl für Drehzahlverminderung wie für Drehzahlerhöhung sind normale Bereiche festgelegt, um die Zahl der Reglermodelle nach Möglichkeit einzuschränken.

## VI. Sonderbestimmungen für Spannungregler.

### § 33.

Nach der Betätigungsart werden Handregler und Selbstregler unterschieden. Als Selbstregler gelten:

1. Trägregler,
2. Eilregler,
3. Schnellregler.

Je nach dem Zweck der Regelung werden unterschieden:

- a) Regler für Gleichhaltung der Spannung,
- b) Regler für Veränderung der Spannung (z. B. für Lade- und Zusatzmaschinen),
- c) Regler für mit der Stromstärke veränderliche Spannung.

### § 34.

Wenn Spannungregler für Generatoren ausschaltbar sind, so müssen sie bei Erregerspannungen von 50 V an mit Einrichtungen versehen sein, die ein Unterbrechen des Feldstromes ohne Gefahr für die Feldwicklungen der zu regelnden Maschine oder für den Regler selbst gestatten (z. B. durch Kurzschließen des Feldes vor dem Ausschalten).

### § 35.

Spannungregler für Gleichhaltung der Spannung müssen bei unveränderter oder um 10 % erhöhter Drehzahl und kalter Magnetwicklung die Spannung zwischen Vollast und Leerlauf gleichhalten können.

Bei Generatoren von 100 kW aufwärts muß die Spannung außerdem unter den gleichen Bedingungen bei Leerlauf um 50 % vermindert werden können.

### § 36.

Als normale Regelgenauigkeit gelten folgende Abweichungen von der Nennspannung:



	bis 100 kW	über 100 kW
Für Gleichstrom-Nebenschlußgeneratoren . . . . .	$\pm 2\%$	$\pm 1\%$
„ Wechselstromgeneratoren mit Regelung in der Haupterregung . . . . .	$\pm 2\%$	$\pm 1\%$
„ Wechselstromgeneratoren mit Regelung im Feld der Erregermaschine:		
bei Selbsterregung der Erregermaschine	$\pm 3\%$	$\pm 2\%$
„ Fremderregung der Erregermaschine	$\pm 2\%$	$\pm 1\%$

Bei Selbstreglern gelten diese Werte nur für die Einstellung nach Beendigung des Regelvorganges.

### § 37.

#### Regelgeschwindigkeit der Selbstregler.

Bei Träg- und Eilreglern darf die Regelgeschwindigkeit einen gewissen Höchstbetrag nicht überschreiten, um Überregeln zu vermeiden. Als Mittelwerte für das Durchlaufen des gesamten Regelbereiches gelten:

bei Trägreglern etwa 45 s  
und „ Eilreglern „ 10 s.

## VII. Schaltung und Klemmenbezeichnung.

### § 38.

Alle der Berührung zugänglichen Metallteile müssen untereinander dauernd leitend verbunden und mit einem gemeinsamen Erdanschluß versehen sein, damit die Geräte nach § 3 und 4 der „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen“ geerdet werden können. Die Erdungsklemme des Gehäuses muß metallisch blank sein und ist mit (E) oder „Erde“ zu bezeichnen.

### § 39.

Die Anschlußklemmen der Geräte für die Netz- und Motorverbindungen müssen entsprechend den Normen für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen, Anlassern, Reglern und Transformatoren kenntlich gemacht werden. Sind Widerstand und Stufenschalter getrennt, so sind die zusammengehörenden Anschlußklemmen beider mit gleichen arabischen Ziffern zu bezeichnen.

### § 40.

Jedem Gerät ist ein Schaltbild mitzugeben, aus dem sich die Anschlüsse und die innere Schaltung erkennen lassen. Es empfiehlt sich, dieses Schaltbild fest mit dem Gerät zu verbinden.

## § 41.

Bei Anlassern für Gleichstrom-Nebenschlußmotoren ist dafür zu sorgen, daß beim Ausschalten der Induktionsstrom der Nebenschlußwicklung über den Anker oder geeignete Nebenschlußwiderstände verlaufen kann. Ein geeigneter höchster Widerstandswert für diese ist bei 440 V der 3fache, bei 110 und 220 V der 6fache Widerstandswert der Nebenschlußwicklung.

## § 42.

Die Läuferanlasser aller Einphasen- und Drehstrommotoren müssen so gebaut sein, daß sie die Läuferkreise nicht unterbrechen können.

## VIII. Schild.

## § 43. Allgemeine Angaben.

Anlasser, Anlaßschalter, Anlaßtransformatoren, Regler, Schützen und elektromagnetisch betätigte Wächter sollen ein Leistungsschild haben, auf dem die nachstehend aufgezählten allgemeinen und die im § 44 zusammengestellten zusätzlichen Angaben deutlich lesbar sind. Das Schild soll so angebracht werden, daß es auch im Betriebe bequem abgelesen werden kann. Der Verwendungszweck des Gerätes braucht nicht verzeichnet zu werden

Die allgemeinen Angaben sind:

1. Hersteller oder Ursprungszeichen (falls nicht ein besonderes Firmenschild angebracht wird).
2. Modellbezeichnung oder Listennummer.
3. Fertigungsnummer (kann bei Massenerzeugnissen fortfallen).

## § 44. Zusätzliche Angaben.

Die zusätzlichen Angaben auf dem Leistungsschild für die einzelnen Gerätearten betreffen:

a) für Anlasser:

1. die Stromart (Gleichstrom  $G$ , Einphasenstrom  $E$ , Drehstrom  $D$ ),
2. die Vollbelastung,  $\frac{1}{1}$ , des zugehörigen Motors (kW), unter Umständen daneben die Halblastleistung,  $\frac{1}{2}$ , z. B.  $\frac{1}{1}$  4,4 kW,  $\frac{1}{2}$  8,8 kW oder eine beliebige Minderleistung, z. B.  $\frac{3}{4}$  5,9 kW,
3. bei Gleichstromanlassern die Netzspannung ( $V$ ), bei Einphasen- und Drehstromanlassern für Schleifringmotoren die Grenzwerte  
des zulässigen Läuferstromes  $i$  ( $A$ ) und

des zulässigen Verhältnisses  $\frac{e}{i} = \frac{\text{Läuferspannung}}{\text{Läuferstrom}} (\Omega)$

Ist mit dem Anlasser auch ein Ständerschalter verbunden, so ist auch die Netzspannung  $E$  ( $V$ ) und der Ständerstrom  $J$  ( $A$ ) anzugeben.

- b) Für Anlaßschalter und Anlaßtransformatoren:
  1. Die Stromart ( $G$  bzw.  $E$  oder  $D$ ),
  2. Die Leitung des zugehörigen Motors (kW), z. B.  $\frac{1}{3}$  100 kW.
- c) Für Nebenschlußregler:
  1. Die Grenzwerte des Stromes ( $A$ ),
  2. die Ohmzahl ( $\Omega$ ).
- d) Für Schützen:
  1. Die Stromart ( $G$  bzw.  $E$  oder  $D$ ),
  2. die Stromstärke der Hauptkontakte für aussetzenden Betrieb ( $a$ ) bzw. für Dauerbetrieb ( $d$ ),
  3. die Spannung der Erregerwicklung  $e$  ( $V$ ).
- e) Für Wächter:
  1. Für Spannungswächter Stromart ( $G$  bzw.  $E$  oder  $D$ ) und Spannung ( $V$ ),
  2. für Stromwächter Stromart ( $G$  bzw.  $E$  oder  $D$ ) und Stromstärke ( $A$ ).

## IX. Isolierfestigkeit.

### § 45.

Die Spannungprobe der Anlasser und Regler hat den Zweck, die Isolierfestigkeit aller voneinander isolierten Teile des Gerätes einschließlich der Wicklungen zu erproben.

Sie besteht darin, daß die beiden Pole einer Prüfstromquelle an die zu erprobende Isolation gelegt werden, und zwar:

- a) ein Pol an die untereinander verbundenen Klemmen, der andere an das metallische Bedienungsteil oder an die Stanniolumwicklung des isolierten Bedienungsteiles,
- b) ein Pol an die untereinander verbundenen Klemmen, der andere an die zur Erdung bestimmte Klemme und an sämtliche von außen zugänglichen Metallteile. Vorher ist die leitende Verbindung aller von außen zugänglichen Metallteile, sowie der Achse mit der Erdungsschraube mittels Niederspannung festzustellen (siehe auch Bauvorschriften). Diese Vorschrift gilt nicht für Geräte, bei denen sämtliche Metallteile durch Isolierstoff abgedeckt sind.

Die Prüfspannung soll eine praktisch sinusförmige Wech-

selspannung von der Frequenz 50 Per/s sein; sie wird allmählich auf die nachstehend angegebenen Werte gesteigert, und diese werden während 1 min innegehalten:

Nennspannung V	50—440	500—750
Prüfspannung V	2000	2500

Angebaute Hilfsmotoren sind nach den R.E.M./1923, § 50, 1 min lang zu prüfen bei Spannungen E bis 500 V und Leistungen bis 500 W mit dreifacher Spannung (3 E), bei Leistungen über 500 W mit . 1220, 1440, 1880, 2000 V bei einer Netzspannung von . . 110, 220, 440, 500 V.

Meßgeräte sind nach den „Regeln für Meßgeräte“ 1923, § 29 zu prüfen.

Hiernach werden Meßgeräte, die nicht an Meßwandler angeschlossen sind, bei einer Höchstspannung gegen Gehäuse von 101 bis 650 V mit 2000 V 1 min lang geprüft.

Die Spannungsprobe gilt als bestanden, wenn kein Durch- oder Überschlag eintritt und die Isolierstoffe sich nicht merklich erwärmen.

## X. Bauregeln.

### § 46.

Die §§ 10 und 12 der „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen“ über Ausschalter, Umschalter, Anlasser und Widerstände sind zu beachten.

### § 47.

a) Geräte, an denen Stromunterbrechungen vorkommen, müssen so gebaut sein, daß bei ordnungsmäßiger Bedienung kein Lichtbogen bestehen bleibt. Für Gleichstrom wird die Möglichkeit der Ausschaltung des stillstehenden Motors durch den Anlasser jedoch nur bei Flüssigkeitsanlassern und Anlaßwalzen gefordert.

b) Die Kontaktbahn muß mit einer nicht entflammaren, zuverlässig befestigten und abnehmbaren Abdeckung versehen sein; diese darf keine Öffnungen (Schlitze) enthalten, die eine unbeabsichtigte Berührung spannungsführender Teile zulassen (Ausnahmen siehe §§ 28 und 29 der Errichtungs-vorschriften). Die Anschlußstellen müssen gegen zufällige Berührung geschützt sein (Ausnahmen siehe § 7, 1).

### § 48.

Anlasser mit Ölkühlung sind mit einer Einrichtung zu versehen, mittels deren sich das Vorhandensein des normalen Ölstandes erkennen läßt.

## § 49.

Bei Geräten mit Handbetrieb darf die Achse der Betätigungsvorrichtung nicht spannungsführend sein. Sie muß mit dem Gehäuse leitend verbunden sein, sofern dieses aus Metall besteht.

## § 50.

Anlasser müssen derart gebaut sein, daß die Widerstände (Spiralen, Bleche usw.) bei den betriebsmäßigen Beanspruchungen nicht mit Metallteilen des Gehäuses oder miteinander in Berührung kommen können. Hierbei sind Größe des Anlaßstromes, Dauer und Häufigkeit des Anlassens besonders zu berücksichtigen.

## § 51.

a) Alle Verbindungsleitungen sind so zu verlegen, daß sie bei den im Betriebe auftretenden Erschütterungen ihre Lage nicht verändern.

b) Verbindungsleitungen mit nicht feuchtigkeitsicherer Isolierung dürfen nicht mit dem Gehäuse in Berührung kommen.

c) Verbindungsleitungen mit nicht wärmebeständiger Isolierung müssen einer schädlichen Einwirkung der im Gerät entwickelten Wärme entzogen sein.

d) Blanke Verbindungsleitungen sind mit den erforderlichen Abständen derart zu verlegen, daß eine Berührung mit dem Gehäuse oder anderen Teilen sicher verhindert wird.

## § 52.

Die Widerstandsleiter müssen von wärme- und feuersicherer Unterlage getragen sein. Falls diese nicht feuchtigkeitsicher ist, muß sie noch besonders vom Gehäuse isoliert sein.

## § 53.

Schrauben, die Kontakte vermitteln, müssen in metallinem Muttergewinde gehen. Klemmkontakte dürfen nicht unter Vermittelung von Isolierstoff hergestellt werden.

**XI. Widerstandsbaustoff für Anlasser und Regler.**

## § 54.

Als normale gezogene Widerstandsbaustoffe gelten:

- a) Legierungen mit einem spezifischen Widerstand von (0,48 bis) 0,50 (bis 0,52)  $\Omega$  mm<sup>2</sup>/m. Sie müssen frei von Zink und Eisen sein. Bezeichnung *W M 50*.
- b) Legierungen mit einem spezifischen Widerstand von

(0,85 bis) 1,0 (bis 1,1)  $\Omega$  mm<sup>2</sup>/m. Sie müssen frei von Zink sein. Bezeichnung: *W M 100*.

- c) Eisendraht, verzinkt oder verzinnt, mit einem spezifischen Widerstand von (0,12 bis) 0,13 (bis 0,14)  $\Omega$  mm<sup>2</sup>/m. Bezeichnung: *W M 13*.

Außerdem gelten als zulässig:

- d) Legierungen mit einem spezifischen Widerstand von (0,28 bis) 0,30 (bis 0,32)  $\Omega$  mm<sup>2</sup>/m. Sie müssen frei von Eisen sein. Bezeichnung: *W M 30*.

*W M 50* ist für alle Zwecke, z. B. für Anlasser und besonders für Regler aller Art, verwendbar.

*W M 100* ist für hochohmige Widerstände (Vorschalt- und Parallelwiderstände von Magnetwicklungen usw.) bestimmt.

*W M 13* (Eisen) ist für Anlasser, dagegen nicht für den Regelbereich der Regelanlasser und Feldregler zulässig.

*W M 30* ist nur für größere Stromstärken (Feldregler, Hauptstrom-Regelanlasser usw.) zulässig.

### § 55.

Als normale Drahtdurchmesser gelten die in der nachfolgenden Zahlentafel angegebenen Nenndurchmesser, die gegenüber den tatsächlichen Durchmessern Abweichungen entsprechend den Grenzwerten des spezifischen Widerstandes zeigen dürfen.

Für den spezifischen Widerstand gelten die eingeklammerten Grenzwerte des § 54.

Die zulässigen Abweichungen der Ohmzahl für 1 m betragen bei den Legierungen „a, b, d“

bis 0,25 mm Nenndurchmesser  $\pm 6\%$ ,

$$\text{darüber } \pm p\% = 2 \left( 1 + \frac{1}{\sqrt{d}} \right),$$

worin *d* in mm gemessen wird.

Für *W M 13*, Eisen, sind  $\pm 7\frac{1}{2}\%$  zulässig.

Die Widerstandsdrähte sind außer mit der *W M*-Kennziffer nur nach dem Nenndurchmesser, dem eine bestimmte Ohmzahl für 1 m entspricht, zu bezeichnen. Es empfiehlt sich, für die Bewertung des Baustoffes die Sonderbezeichnung des Lieferers hinzuzufügen.

*W M 13* (Eisendraht) ist nur für Drähte von 0,5 mm Durchmesser an,

*W M 30* (Neusilber) ist nur für Drähte von 1,6 mm Durchmesser an zulässig.

Für die genormten Widerstandsbaustoffe gilt nachstehende Zahlentafel:

Nenn- durch- messe:	WM 13		WM 30		WM 50		WM 100	
	Soll- wert in $\Omega$	Zu- lässige Abwei- chung $\pm \Omega$	Soll- wert in $\Omega$	Zu- lässige Abwei- chung $\pm \Omega$	Soll- wert- in $\Omega$	Zu- lässige Abwei- chung $\pm \Omega$	Soll- wert in $\Omega$	Zu- lässige Abwei- chung $\pm \Omega$
	mm für 1 m	für 1 m	für 1 m	für 1 m	für 1 m	für 1 m	für 1 m	für 1 m
0,1	—	—	—	—	63,7	3,9	127,0	7,6
0,11	—	—	—	—	52,6	3,1	105,0	6,3
0,12	—	—	—	—	44,2	2,6	88,5	5,3
0,14	—	—	—	—	32,5	2,0	65,0	3,9
0,16	—	—	—	—	24,9	1,5	50,0	3,0
0,18	—	—	—	—	19,6	1,2	39,2	2,3
0,20	—	—	—	—	15,9	0,90	31,8	1,9
0,22	—	—	—	—	13,16	0,79	26,3	1,6
0,25	—	—	—	—	10,20	0,61	20,4	1,2
0,28	—	—	—	—	8,12	0,47	16,2	0,94
0,30	—	—	—	—	7,08	0,40	14,2	0,81
0,35	—	—	—	—	5,20	0,28	10,4	0,56
0,40	—	—	—	—	3,97	0,21	7,94	0,41
0,45	—	—	—	—	3,14	0,16	6,28	0,32
0,5	0,662	0,050	—	—	2,55	0,12	5,10	0,25
0,55	0,550	0,039	—	—	2,10	0,099	4,20	0,20
0,6	0,460	0,034	—	—	1,77	0,083	3,55	0,17
0,65	0,396	0,030	—	—	1,51	0,068	3,02	0,14
0,7	0,339	0,026	—	—	1,30	0,057	2,60	0,11
0,8	0,259	0,020	—	—	0,995	0,042	1,99	0,084
0,9	0,204	0,016	—	—	0,786	0,032	1,57	0,064
1,0	0,166	0,013	—	—	0,637	0,025	1,27	0,051
1,1	0,137	0,011	—	—	0,526	0,020	1,05	0,041
1,2	0,115	0,009	—	—	0,442	0,017	0,886	0,034
1,4	0,085	0,007	—	—	0,325	0,012	0,650	0,024
1,6	0,065	0,005	0,150	0,0054	0,249	0,0085	0,498	0,018
1,8	0,051	0,004	0,118	0,0041	0,196	0,0069	0,392	0,014
2,0	0,041	0,003	0,0958	0,0033	0,159	0,0054	0,318	0,011
2,2	0,034	0,003	0,0792	0,0026	0,131	0,0044	0,262	0,0088
2,5	0,026	0,002	0,0614	0,0020	0,102	0,0033	0,204	0,0067
2,8	0,021	0,002	0,0489	0,0016	0,0812	0,0026	0,162	0,0052
3,0	0,018	0,002	0,0426	0,0013	0,0708	0,0022	0,142	0,0045
3,5	—	—	0,0313	0,00096	0,0520	0,0016	0,104	0,0031
4,0	—	—	0,0240	0,00072	0,0397	0,0012	0,0794	0,0024

Zu § 54 und 55. Die Normung der Widerstandsbaustoffe bezweckt eine leichtere Beschaffung technisch gleichartigen Baustoffes für die Herstellung und Ausbesserung von Geräten. Um Fortschritte in der Entwicklung neuer Legierungen nicht zu hindern, sind nicht bestimmte Legierungen, sondern nur ihre spezifischen Widerstände unter Zulassung eines ausreichenden Spielraumes genormt. Je nach dem Verwendungszweck kommen in Frage:

- a) Zink- und eisenfreie Legierungen, *WM 50*, besonders Kupfer-Nickel-Legierungen und Kupfer-Mangan-Legierungen, die sich durch große Wärmebeständigkeit und geringen Temperaturkoeffizienten auszeichnen und einen spezifischen Widerstand von 0,48 bis 0,52 besitzen. Diese Legierungen sind für solche Geräte vorgeschrieben, bei denen die größten Anforderungen an die Betriebssicherheit und Unabhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur zu stellen sind.
- b) Für Widerstände hoher Ohmzahl ist *MW 100* vorgesehen. Hierher gehören z. B. die Legierungen aus Chrom und Nickel, Chrom, Nickel und Eisen sowie Eisen und Nickel, die auch vielfach für Heiz- und Kochgeräte benutzt werden. Bei diesen muß der höhere Temperaturkoeffizient in Kauf genommen werden.
- c) Eisendraht verzinkt oder verzinkt (als Rostschutz). Dieser darf für Anlasser bei einem Drahtdurchmesser von 0,5 mm an verwendet werden. Der hohe Temperaturkoeffizient ist aber für die Bemessung der Ohm- und Stufenzahl zu beachten, Verzinkte Drähte sind nur für Schraubverbindungen, verzinnete auch für Lötverbindungen zu empfehlen.
- d) Für größere Stromstärken sind zinkhaltige Kupfer-Nickel-Legierungen genormt. Wegen ihrer geringeren Festigkeit bei starker Erwärmung sind aber nur Drähte von 1,6 mm Durchmesser an zugelassen.

Da für die Berechnung und Herstellung der Geräte die Ohmzahl für 1 m maßgebend, die genaue Einhaltung des spezifischen Widerstandes und des Drahtdurchmessers aber weniger wichtig ist, sind nur die Ohmzahlen für 1 m festgelegt. Diese Werte sind in der nebenstehenden Zahlentafel für die genormten Nenndurchmesser der Drähte berechnet. Die tatsächlichen Durchmesser dürfen entsprechend dem Spielraum des spezifischen Widerstandes abweichen und die Widerstandsdrähte sollen nur nach dem Nenndurchmesser und dem nicht eingeklammerten Wert des spez. Widerstandes, u. U. unter Hinzufügung der Sonderbezeichnung, bezeichnet werden, z. B. *WM 50*, 1,0 mm Durchmesser (Ia Ia).

Widerstandsbänder sind aus den gleichen Widerstandsbaustoffen herzustellen. Ihre Abmessungen sind nicht genormt. Ebenso sind auch Gußeisenwiderstände nicht genormt, aber zulässig.



## 21. Regeln für die Bewertung und Prüfung von Steuergeräten, Widerstandsgeräten und Bremslüftern für aussetzenden Betrieb R.A.B./1926<sup>1)</sup>.

### I. Gültigkeit.

#### § 1.

Geltungstermin.

Diese Bestimmungen treten am 1. Juli 1926 in Kraft.

#### § 2.

Geltungsbereich.

Diese Regeln gelten für:

1. Steuergeräte,
2. Widerstandsgeräte,
3. Bremslüfter

zu Maschinen, die einem aussetzenden Betriebe unterworfen sind.

### II. Begriffserklärungen.

#### § 3.

Arbeitsbedingungen.

Die Arbeitsbedingungen der Steuergeräte, Widerstandsgeräte und Bremslüfter für aussetzenden Betrieb sind durch die Anlaß- und Regelvorgänge, die relative Einschaltdauer und die Schalthäufigkeit gekennzeichnet. Zur Erfassung der Arbeitsbedingungen dienen die Begriffe in § 4.

#### § 4.

Kennzeichnende Begriffe.

1. Relative Einschaltdauer eines aussetzenden Betriebes (ED) ist das hundertfache Verhältnis von Ein-

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 856, 1017 und 1526.

schaltdauer zu Spieldauer (Beispiel: bei 20% ED entfallen auf die Einschaltung 20%, auf die Pause 80% der Spieldauer).

2. Anlaßzeit  $t_a$  (in s) ist die Zeit, in der die Anlaßstufen (siehe unten) bei normalem Beschleunigungsvorgang Strom führen.

3. Regelzeit  $t_r$  (in s) ist die Zeit, während der das Steuergerät auf einer Zwischenstellung steht, um eine Regelung der Geschwindigkeit zu erzielen.

4. Anlaßhäufigkeit  $h_a$  ist die Zahl der je Stunde vorkommenden Anlaßvorgänge.

5. Regelhäufigkeit  $h_r$  ist die Zahl der je Stunde vorkommenden Regelvorgänge.

6. Schaltheufigkeit ist die Gesamtzahl der je Stunde vorkommenden Einschaltungen des Steuergerätes für Anlassen, Regeln und Zurücklegen kurzer Wege.

7. Schallleistung des Steuergerätes ist die vom Motor abgegebene Leistung (siehe § 8).

Nennschallleistung des Steuergerätes ist die in § 8 mit 100% bezeichnete Leistung.

8. Nennstrom des Steuergerätes ist der zur Nennschallleistung gehörende Strom.

9. Nennstrom des Widerstandsgerätes ist der der Leistungsaufnahme des Motors entsprechende Strom.

10. Vorstufen sind die Stufen, auf denen der entstehende Strom kleiner als der Motornennstrom ist.

11. Anlaßstufen sind die Stufen, auf denen der mit seiner Nennleistung belastete Motor beschleunigt wird.

### III. Steuergeräte.

#### § 5.

#### Ausführungsarten.

Drei Gruppen von Steuergeräten werden unterschieden:

1. Steuerwalzen. Bei diesen ist auf einer drehbaren Walze eine Reihe elektrisch entsprechend verbundener Kontaktringe verschiedener Länge angeordnet, die zwischen feststehenden Kontaktfingern (Kontakthämmern) die jeweils erforderliche Verbindung herstellen.

2. Steuerschalter. Bei diesen wird eine Reihe von Einzelschaltern durch Kurvenscheiben mechanisch geöffnet oder geschlossen.

3. Schützensteuerungen. Bei diesen wird durch eine Meisterwalze oder durch Druckknöpfe eine Reihe elektromagnetisch betätigter Schalter — Schützen — gesteuert.

## § 6.

## Schützen.

Unterschieden werden: Schützen für geringe Schaltbeanspruchung (geringe Schalthäufigkeit und Abschaltung bei laufendem Motor), die bei Aufzügen benutzt werden, und Schützen für große Schaltbeanspruchung, wie sie bei Kranen und Rollgängen für große Schaltleistungen und Beschleunigungsbetrieb benötigt werden.

Diese Regeln gelten nur für Schützen mit großer Schaltbeanspruchung.

## § 7.

## Betriebsarten.

Für die Anzahl und Bewertung der Steuergeräte ist die Betriebsart, vor allem die Schalthäufigkeit je Stunde maßgebend. Man kann die Betriebe in 3 Klassen unterteilen:

1. Gewöhnlicher Betrieb: Der Motor wird stoßfrei ohne besonders feine Regelung angelassen. Eine Schalthäufigkeit bis höchstens 30 Schaltungen je Stunde liegt bei Kranen in Kraftstationen, bei Drehscheiben und Schiebebühnen, ferner bei Kleinhebezeugen vor. Transportkrane weisen eine größere Schalthäufigkeit, bis 120 Schaltungen, auf.

2. Anlaufregulierbetrieb: Für den Motor wird ein sanftes Anlaufen mit feiner Regelung gefordert, wobei die Benutzung der ersten Stufen besonders häufig ist. Dieser Betrieb liegt z. B. bei Gießerei-, Montage- und Nietkranen vor.

3. Beschleunigungsbetrieb: Der meistens mit größeren Massen gekuppelte Motor wird rasch beschleunigt. In der Regel wird schnell bis in die letzte Schaltstellung geschaltet, wie z. B. bei Hüttenkranen und Walzwerkshilfsantrieben.

## § 8.

## Schaltleistungen.

Für die drei Betriebsarten nach § 7 sind in nachstehender Zahlentafel die höchstzulässigen Schaltleistungen in Prozenten der Nennschaltleistung angegeben. Die „Nennschaltleistung“ des Steuergerätes entspricht einer Leistungsabgabe des Motors, bei der das Verhältnis

$$\frac{\text{Leistungsaufnahme in kVA}}{\text{Leistungsabgabe in kW}}$$

= 1,3 bei Drehstrom und 1,2 bei Gleichstrom ist.

Schaltbetrieb	Schaltbäufigkeit je Stunde	Höchstzulässige Schaltleistung in % der Nennschaltleistung	
		Steuerwalzen %	Steuerschalter und Schützensteuerungen %
Gewöhnlicher Betrieb	bis 30	120	—
	„ 120	110	—
Anlaufregulierbetrieb	bis 120	100	—
	„ 240	80	120
Beschleunigungsbetrieb	bis 240	60	115
	„ 300	—	110
	„ 600	—	100
	„ 1000	—	80

## § 9

## Prüfung.

Die Steuergeräte sind für die volle (100%) Nennschaltleistung und Nennspannung bei betriebsmäßiger Abdeckung zu prüfen, wobei ein Widerstand benutzt wird, der bei der Nennspannung einen Einschaltstrom von mindestens 75% des Nennstromes ergibt. Bei geringstufigen Steuergeräten mit höherem Einschaltstrom ist die Prüfung mit einem Widerstand von entsprechend geringerer Ohmzahl auf der ersten Schaltstellung vorzunehmen. Bei der Prüfung ist ein Motor zu verwenden, dessen Nennleistung und Nenndrehzahl der Normtafel für 25% ED entspricht (siehe DIN VDE 2010 und 2660).

Das Drehstrom-Steuergerät ist bei Anschluß eines Magnetbremslüfters um  $\frac{1}{3}$  der Leistungsaufnahme beim Einschalten ( $W_s$ , siehe § 18) reichlicher zu wählen.

Bei der Prüfung ist der Motor mit der Nennschaltleistung des Steuergerätes zu belasten und wie folgt zu schalten:

## 1. Bei Fahrschaltungen.

a) Der Motor wird festgebremst und das Steuergerät so weit eingeschaltet, daß der zweifache Strom (bezogen auf die Nennschaltleistung des Steuergerätes) fließt, worauf sofort rasch auszuschalten ist. Dieser Versuch wird in Abständen von 1,5 min 10mal ausgeführt.

b) Der Motor wird auf die 1,5fache Nenndrehzahl gebracht und dann mit dem Steuergerät schnell bis zu einer Schaltstellung umgesteuert, in der mindestens der zweifache Gegenstrom entsteht. Aus dieser Stellung wird so-

fort ausgeschaltet. Dieser Versuch ist 3mal in Abständen von 1,5 min auszuführen.

## 2. Bei Fahrbremsschaltungen.

a) Versuch wie unter 1a.

b) Der Motor wird auf die 1,5fache Nenndrehzahl gebracht, sodann wird das Steuergerät schnell in die Schaltstellung für die größte Bremswirkung gestellt und hierauf sofort in die Stellung geführt, in der der Bremsstrom unterbrochen wird. Anzahl und Zeitabstände der Versuche wie unter 1b.

## 3. Bei Hubwerkschaltungen.

a) Versuch wie unter 1a.

b) Der Motor wird auf die doppelte Nenndrehzahl im Senksinne gebracht, worauf das Steuergerät schnell über die Senkstellung für kleinste Senkgeschwindigkeit hinweg in die Nullstellung geschaltet wird. Anzahl und Zeitabstände der Versuche wie unter 1b.

Nach Beendigung der Versuche unter a und b darf an den Schaltkontakten der Steuergeräte kein nennenswerter Kontaktabbrand festzustellen sein. Bei keinem der Versuche darf das Schaltfeuer stehen bleiben oder ein Überschlag erfolgen.

## § 10.

### Bauregeln.

Die dem natürlichen Verschleiß unterworfenen Kontaktteile (Segmente und Finger) müssen auf metallener Unterlage befestigt und leicht auswechselbar sein; ihre Lebensdauer ist von der Schalthäufigkeit abhängig.

Werden bei Steuergeräten Funkenbläser vorgesehen, so sind diese für 40% ED zu bemessen.

Stromführende, der Bedienung zugängliche Teile müssen durch Abdeckung gegen zufällige Berührung geschützt sein. Abdeckungen, die zur Instandhaltung der Steuergeräte häufig abgenommen werden, sind leicht lösbar anzuordnen (durch Krampen, Knebel, Schrauben oder dgl.), wobei Vorsorge zu treffen ist, daß die Befestigungsteile nicht verloren gehen können. Mit Rücksicht auf die Erschütterungen sind Schraubverbindungen möglichst zu sichern.

Die einzelnen Anlaß- und Regelstellungen der Steuergeräte sind durch Rastenscheiben fühlbar zu machen, so daß die richtige Einstellung bei der Bedienung gut fest-

stellbar ist. Als Antriebsorgan ist vorzugsweise ein Handrad mit angegossenem Knopf nach DIN VDE 6050 zur Kenntlichmachung der Schaltstellungen zu verwenden. Zulässig sind auch Seilradantrieb, Kurbel nach DIN VDE 6051 und Hebel; sie sind aber weniger zu empfehlen, da bei diesen Antrieben die Schaltstellungen nicht so gut wie bei einem Handrade fühlbar zu machen sind. Zulässig ist ferner die Bedienung mehrerer Steuergeräte durch ein Antriebsorgan (Universalantrieb, Zahnradkupplung usw.).

### § 11.

#### Schildaufschriften.

##### a) Gleichstrom.

Firma  
 Type  
 Schaltung  
 Nennschaltleistung in kW bei 220 V, 440/550 V.  
 Fertigungsnummer.

##### b) Drehstrom.

Firma  
 Type  
 Schaltung  
 Nennschaltleistung in kW bei 220 V, 380 V und 500 V  
 und 50 Per/s.  
 Läuferstrom  
 Fertigungsnummer.

## IV. Widerstandsgeräte.

### § 12.

#### Arbeitsbedingungen.

Bei Bemessung der Widerstandsgeräte sind nicht nur die Anlaßhäufigkeit je Stunde, sondern auch die Anlaß- und Regelzeit, d. h. die relative Einschaltdauer des Widerstandsgerätes zu berücksichtigen. Die Arbeitsbedingungen der Widerstandsgeräte der Selbstanlasser (für Aufzüge) sind durch Anlaßzeit und Anlaßhäufigkeit allein sicher begrenzt, dagegen müssen Kranwiderstandsgeräte, die außerdem zur Regelung der Lastgeschwindigkeit benutzt werden, auch noch während einer zusätzlichen Regelzeit eingeschaltet werden können, die in festgesetzten Abständen in den aussetzenden Betrieb eingeschaltet wird. Dementsprechend werden folgende drei Reihen geführt:

Reihe	Relative Einschalt-dauer ED in %	Anlaß-häufig-keit $h_a$ je Std.	Anlaß-zeit $t_a$ in s	Strom-lose Pause in s	Regelungen		
					Ab-stand in min	Regel-häufig-keit $h_r$ je Std.	Regel-zeit $t_r$ in s
I	12,5	82	4	35	10	6	20
II	20	105	4	23,8	6	10	30
III	40	285	4	7,5	6	10	30

Die Beziehungen zwischen den Tafelwerten sind durch folgende Formeln gegeben:

$$\begin{aligned} \text{relative Einschalt-dauer (ED)} &= 100 \cdot \frac{h_a t_a + h_r t_r}{3600} \\ \text{stromlose Pause} &= \frac{3600 - (h_a t_a + h_r t_r)}{h_a + h_r} \\ \text{Anlaßhäufigkeit } (h_a) &= \frac{36 \text{ ED} - h_r t_r}{t_a} \\ \text{Anlaßzeit } (t_a) &= \frac{36 \text{ ED} - h_r t_r}{h_a} \end{aligned}$$

Eine Vergrößerung der Anlaßhäufigkeit bedingt bei gleicher relativer Einschalt-dauer eine Herabsetzung der Anlaßzeit. Wird z. B. ein Widerstandsgerät der Reihe III für eine Anlaßhäufigkeit  $h_a = 600$  je Stunde benutzt, so ist die Anlaßzeit ( $t_a$ ) = 1,9 s.

Bedingt die Leistungsaufnahme des Motors infolge häufiger Beschleunigung größerer Massen einen Zuschlag zur Beharrungsleistung, so entspricht der Nennstrom des Widerstandsgerätes dieser erhöhten Leistung.

### § 13.

#### Erwärmung.

Die abstreichende Luft darf an der Austrittsstelle aus dem Gehäuse an der wärmsten Stelle 200° C Übertemperatur nicht überschreiten, falls die Raumtemperatur  $\leq 35^\circ \text{C}$  ist. Für Aufstellung in heißeren Räumen sind die Widerstandsgeräte entsprechend reichlicher zu bemessen. Bei Widerstandsgeräten, die mit dem Steuergerät zusammengebaut werden (z. B. Kleinststeuerwalzen), darf die Übertemperatur 175° C nicht überschreiten. Keine Stelle des Gehäuses soll eine höhere Übertemperatur als 125° C zeigen.

### § 14.

#### Bauregeln.

Stromführende, der Bedienung zugängliche Teile müssen durch Abdeckung gegen zufällige Berührung geschützt sein.

Schraubverbindungen sind mit Rücksicht auf Erschütterungen möglichst zu sichern.

Bei Aufstellung der Widerstandsgeräte in Führerständen wird eine Abdeckung empfohlen, die das Hereinfallen von Fremdkörpern verhindert.

### § 15.

#### Prüfung.

Die Widerstandsgeräte werden bei abgeklemmter Vorstufe mit dem Motornennstrom unter Einhaltung der Anlaß- und Regelzeit der betreffenden Reihe (siehe Abb. 1) so

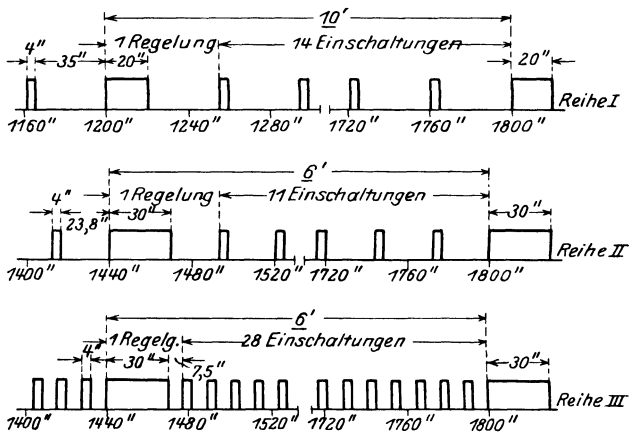


Abb. 1. Reihen von Widerstandsgeräten für aussetzende Betriebe.

lange geschaltet, bis die Erwärmung der abströmenden Luft nicht mehr über einen Höchstwert steigt. Zulässig ist, die für das Erreichen dieses Zustandes erforderliche Zeit durch Vorerwärmung abzukürzen. Die Versuchsdauer nach der Vorerwärmung darf nicht kürzer als 30 min sein. Der Höchstwert der Erwärmung ist am Ende einer Regelzeit festzustellen und darf die in § 13 angegebenen Werte nicht überschreiten. Für die Vorstufe gilt der Strom als Prüfstrom, der bei gänzlich eingeschaltetem Widerstand fließt, wenn der stehende Motor und der Widerstand an Spannung gelegt werden.

Wird ein Widerstandsgerät aus mehreren Einzelkasten zusammengebaut, so ist die Prüfung bei betriebsmäßig zusammengebauten Widerstandsgeräten durchzuführen.

Diese Prüfvorschriften gelten für Widerstandsgeräte für aussetzende Betriebe, bei denen eine Regelung der Lastge-



schwindigkeit durch das Steuergerät möglich ist. Bei Widerstandsgeräten für Selbstanlasser (z. B. bei Aufzügen), bei denen die Einschaltzeit sicher begrenzt ist, kann die Prüfung nur für die relative Einschaltdauer und Anlaßzeit ohne Berücksichtigung der zusätzlichen Regelzeit vorgenommen werden. Hierbei ist entsprechend dem Anlaßvorgang ein fortschreitendes Abschalten der Stufen zulässig.

## § 16.

## Schildaufschriften.

## a) Gleichstrom.

Firma

Type mit Angabe der Anzahl der Kasten für das Widerstandsgerät und deren Bezeichnung (z. B. 3 K 44 XII, A — C, Kasten C)

Reihe

Leistung

Spannung

Nennstrom

Ohm

Fertigungsnummer

Type und Schaltung des Steuergerätes.

## b) Drehstrom.

Firma

Type mit Angabe der Anzahl der Kasten für das Widerstandsgerät und deren Bezeichnung (z. B. 3 K 44 XII, A — C, Kasten C)

Reihe

Leistung

Bürstenspannung

Läuferstrom

Ohm ( $2 \times \dots$  oder  $3 \times \dots$ )

Fertigungsnummer

Type und Schaltung des Steuergerätes.

## V. Bremslüfter.

## § 17.

## Ausführungsarten.

Es werden Bremslüfter mit magnetischer Wirkung, Magnetbremslüfter, und solche mit motorischer Betätigung, Motorbremslüfter, ausgeführt. Jene werden für alle Stromarten, diese vorwiegend für Drehstrom benutzt.

## § 18.

## Arbeitsbedingungen und Prüfung.

Die Wicklungen der Bremslüfter sind wie die Wicklungen elektrischer Maschinen für aussetzenden Betrieb (§ 30 der R. E. M./1923) zu bemessen; die Bewertung der Bremslüfter erfolgt nach der relativen Einschaltdauer (ED). Als normale Werte der relativen Einschaltdauer gelten 15, 25 und 40% (in seltenen Fällen ist 100% ED = Dauereinschaltung erforderlich).

Bei der Prüfung ist die Spieldauer auf höchstens 5 min zu bemessen, im übrigen gelten die Vorschriften des § 32 Abs. 3 und folgende der R. E. M./1923. Die Erwärmung der Wicklungen der Motorbremslüfter ist betriebsmäßig (bei stillstehendem Läufer) zu ermitteln und darf die in den R. E. M./1923, § 39 angegebenen Grenzen nicht überschreiten.

Die Nennzugkraft muß bei einem Spannungsabfall von 10% noch vorhanden sein.

Bei den Einphasen-, Zweiphasen- und Drehstrom-Magnetbremslüftern ist für die Erwärmung neben der relativen Einschaltdauer auch noch die Schalthäufigkeit je Stunde maßgebend, da der Einschaltstrom bedeutend größer als der nach Beendigung des Hubes sich einstellende Haltestrom ist. Deshalb gelten für die letztgenannten Bremslüfter außer obigen Vorschriften noch folgende:

Einphasen-, Zweiphasen- und Drehstrom-Magnetbremslüfter sollen mindestens 120 Schaltungen je Stunde bei fortgesetzten Schaltungen (8 Stunden und mehr) bei vollem Hub aushalten. Für größere Schalthäufigkeiten ist der Hub zu verringern, wobei sich je nach der Magnetgröße folgende Beziehungen zwischen Schalthäufigkeit und Hub ergeben:

Fortgesetzte Schaltungen 8 Stunden lang und mehr Schalthäufigkeit je Stunde höchstens	Hub des vollen Wertes in %
120	100
300	etwa 65
600	„ 45

Für größere Schalthäufigkeiten ist die Verwendung von Magnetbremslüftern der genannten Stromarten nicht zu empfehlen.

Dehnt sich der Betrieb über weniger als 8 Stunden aus, so kann die Schalthäufigkeit der Zahlentafel erhöht werden, und zwar bei einem Betrieb von

6 Stunden um 10%,

4 Stunden um 20%.

Die scheinbare Aufnahme  $W_s$  dieser Magnetbremslüfter beim Einschalten ist in den Listen anzugeben, damit bei Berechnung des Spannungsverlustes in den Zuleitungen der beim Einschalten auftretende Strom

$$J_\varepsilon = \frac{W_s}{\sqrt{3} \cdot E}$$

berücksichtigt werden kann.

Dieser Einschaltstrom und der Haltestrom sind auf dem Leistungsschild anzugeben.

### § 19.

#### Bauregeln.

Beim Gleichstrom-Nebenschluß-Magnetbremslüfter sind Mittel vorzusehen, um die beim Ausschalten auftretende Spannungserhöhung unschädlich zu machen.

Die Abfallzeit soll je cm Hub 0,05 bis 0,1 s für 1 cm Hub betragen. Bremslüfter über etwa 50 cm/kg Hubleistung sollen mit einstellbarer Dämpfung versehen sein.

### § 20.

#### Schildaufschriften.

##### a) Gleichstrom-Magnetbremslüfter.

Firma

Type

Zugkraft (Ankergewicht, Zusatzgewicht)

Hub

Relative Einschaltdauer

Spannung (bei Hauptstrom-Magnetbremslüfter: Strom und Anzugstrom)

Widerstand hierzu

Fertigungsnummer.

##### b) Drehstrom-Magnetbremslüfter.

Firma

Type

Zugkraft (Ankergewicht, Zusatzgewicht)

Hub

Relative Einschaltdauer

Stündl. Schaltungen

Spannung, Frequenz

Einschaltstrom — Haltestrom

Fertigungsnummer.

## c) Drehstrom-Motorbremslüfter.

Firma

Modell

Zugkraft (Kurbelgewicht, Zusatzgewicht)

Hub

Relative Einschaltdauer

Spannung, Frequenz

Widerstand hierzu

Fertigungsnummer.

## **22. Normen für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen, Anlassern, Reglern und Transformatoren.**

Gültig ab 1. Juli 1909.<sup>1)</sup>

### **A. Allgemeines.**

Es wird empfohlen, auf den Maschinen, den dazu gehörenden Apparaten und Transformatoren der im allgemeinen üblichen Bauart (Gleichstrommaschinen mit Nebenschluß-, Reihenschluß- und Verbundwicklung mit oder ohne Wendepole bzw. Kompensationswicklung, Ein- und Mehrphasen-Maschinen, Umformer, Doppelgeneratoren, Transformatoren, Anlasser, Regler usw.) einheitliche Bezeichnungen an den Klemmen anzubringen. Bei Sonderausführungen (z. B. Zweikommutatormaschinen, Kommutatormaschinen für Wechselstrom, Sonderanlasser usw.) werden für die notwendigen Ergänzungen vorläufig keine einheitlichen Bezeichnungen festgelegt.

Die normale Klemmenbezeichnung soll das Schaltungs-schema nicht ersetzen.

Eine Klemme kann bzw. muß unter Umständen mehrere Buchstaben erhalten.

### **B. Maschinen und dazu gehörende Apparate.**

Der Drehsinn (Rechtslauf: im Uhrzeigersinn, Linkslauf: entgegen dem Uhrzeigersinn) ist bei Maschinen stets von der Riemenscheiben- bzw. Kupplungsseite aus gesehen zu verstehen.

---

<sup>1)</sup> Die erste, am 12. 6. 1908 beschlossene, ETZ 1908 S. 874 veröffentlichte Fassung, die ab 1. 7. 1908 galt, wurde am 3. 6. 1909 ergänzt. Die Ergänzungen sind abgedruckt ETZ 1909 S. 506 und gelten ab 1. 7. 1909. S. a. DINVE 2960, Vorschriftenbuch. 13. Aufl.

## I. Gleichstrom.

Die einheitliche Bezeichnung der Klemmen von Gleichstrommaschinen, Anlassern und Reglern soll sein:

Anker . . . . .	mit	$A-B$
Nebenschlußwicklung . . . . .	„	$C-D$
Reihenschlußwicklung . . . . .	„	$E-F$
Wendepolwicklung bzw. Kompensationswicklung . . . . .	„	$G-H$
Fremderregte Magnetwicklung . . . . .	„	$J-K$
Leitung, unabhängig von Polarität . . . . .	„	$L$
Netz, Zweileiter . . . . .	„	$N-P$
„ Dreileiter . . . . .	„	$N-0-P$
„ Nulleiter . . . . .	„	0
Anlasser . . . . .	„	$L, M, R,$

wobei

$L$  mit  $N$  oder  $P$  verbunden werden kann,

$M$  „  $C$  „  $D$  (u. U. über einen Regler),<sup>1</sup>

$R$  „  $A$  „  $B, E, F, G, H$  je nach Schaltung.

Bei Umkehranlassern sind die Klemmen, deren Vertauschung zur Änderung des Motordrehsinnes erwünscht ist, doppelt zu bezeichnen, wobei die für einen der beiden Drehsinne gültige Gruppe in Klammern zu setzen ist, z. B. bei Stromumkehrung im Anker  $A$  ( $B$ ) und  $B$  ( $A$ ).

Es empfiehlt sich, nach Montage die nicht benutzten Bezeichnungen ungültig zu machen.

Bei Magnet-Reglern sind die Klemmen, die mit dem Widerstand verbunden sind, . . mit  $s-t$  zu bezeichnen, wobei  $s$  mit dem Schleifkontakt unmittelbar in Verbindung steht und mit

$C$  oder  $D$  bei Selbsterregung,

$J$  „  $K$  „ Fremderregung

zu verbinden ist.

Wenn eine mit dem Ausschaltkontakt verbundene Klemme vorhanden ist, wird sie . . mit  $q$  bezeichnet.

Wiederholen sich Bezeichnungen an der gleichen Maschine, so sind diese durch Richtzahlen zu unterscheiden, z. B. bei

Doppelkommutatormaschinen mit  $A_1-B_1, A_2-B_2$

bei Maschinen mit Wendepol- und Kompensationswicklung

für die erstgenannte . . . . . mit  $G_1-H_1,$

„ „ letzterwähnte . . . . . „  $G_2-H_2.$

II. Wechselstrom (ausschl. Kommutatormaschinen)  
(Einphasen- und Mehrphasenstrom).

Die einheitliche Bezeichnung von Wechselstrommaschinen, Anlassern und Reglern soll sein:

Anker bzw. Primäranker . . . . .	mit $U, V, W$ bei verketteter Schaltung. (bei Einphasenstrom $U-V$ )
Anker bzw. Primäranker . . . . .	„ $U, V, W, X, Y, Z$ bei offener Schaltung, wobei $U-X,$ $V-Y, W-Z$ je zu einer Phase gehören.
Bei Zweiphasenstrom ist die Bezeichnung (bei Verkettung erhält der Verkettungs- punkt die Bezeichnung $X, Y$ .)	$U-X, Y-V$
Bei Einphasenmotoren mit Hilfsphase wird die Hauptwicklung . . . . .	„ $U-V$
die Hilfswicklung . . . . .	„ $W-Z$ bezeichnet.
Nullpunkt und bei Einphasenstrom der Nulleiter . . . . .	„ $O$
Sekundäranker (dreiphasig) . . . . .	„ $u, v, w$
Sekundäranker (zweiphasig) . . . . .	„ $u-x, y-v$
Magnetwicklung (Gleichstrom) . . . . .	„ $J-K$
Leitung, unabhängig von Polarität bzw. Phase	„ $L$
Netz, Drehstrom mit drei Leitungen . . .	„ $R, S, T$
Netz, Drehstrom mit vier Leitungen (Null- leitung) . . . . .	„ $O, R, S, T$
Netz, Einphasenstrom, Zweileiter . . . . .	„ $R-T$
Netz, Einphasenstrom, Dreileiter . . . . .	„ $R-O-T$
Netz, Zweiphasenstrom . . . . .	„ $Q-S, R-T$
Bei Reglern für Generatoren sind die Klemmen, die mit dem Widerstand ver- bunden sind . . . . .	„ $s-t$ zu bezeichnen, wobei $s$ mit dem Schleif- kontakt in unmittelbarer Verbindung steht und mit $J$ oder $K$ zu verbinden ist. Wenn eine mit dem Ausschalt- kontakt verbundene Klemme vorhanden ist, wird sie . . . . .
bezeichnet.	„ $q$
Bei Anlassern werden die Klemmen bezeichnet:	
am Sekundäranlasser	
bei dreiphasiger Ausführung . . . . .	„ $u, v, w$
„ zweiphasiger „ . . . . .	„ $u-x, y-v$
an Primäranlassern für Drehstrom . . . . .	„ $X, Y, Z,$

wenn sie im Nullpunkt angeschlossen werden.

an Primäranlassern . . . . . mit  $U_1-U_2, V_1-V_2, W_1-W_2$ ,

wenn sie zwischen Netz und Motor angeschlossen werden.

Bei Umkehranlassern werden die Netzanschlüsse mit R, S, T, die Anschlüsse an den Primärankern mit U (W), V, W (U) bezeichnet.

Es empfiehlt sich, nach Montage die nicht benutzten Bezeichnungen ungültig zu machen.

Es wird empfohlen, daß bei Drehstromgeneratoren die Reihenfolge der Buchstaben U, V, W bei Rechtslauf und beim Netz die Buchstaben R, S, T die zeitliche Reihenfolge der Phasen angibt.

### C. Transformatoren.

Die einheitliche Bezeichnung der Klemmen von Transformatoren soll sein:

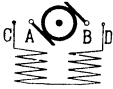
Drehstromwicklung höherer Spannung (Oberspannungswicklung) . . . . .	mit $U, V, W$
bei verketteter Schaltung,	
Drehstromwicklung niederer Spannung (Unterspannungswicklung) . . . . .	„ $u, v, w$
bei verketteter Schaltung,	
Drehstromwicklung höherer Spannung (Oberspannungswicklung) . . . . .	„ $U, V, W, X, Y, Z$
bei offener Schaltung,	
Drehstromwicklung niederer Spannung (Unterspannungswicklung) . . . . .	mit $u, v, w, x, y, z$
bei offener Schaltung,	
Einphasenstrom, Wicklung höherer Spannung (Oberspannungswicklung), . . . . .	„ $U-V$
Einphasenstrom, Wicklung niederer Spannung (Unterspannungswicklung), . . . . .	„ $u-v$
Nullpunkt und bei Einphasenstrom, Mittelleiter	
für Oberspannung . . . . .	„ $O$
für Unterspannung . . . . .	„ $o$
Stromwandler,	
Netzseite . . . . .	„ $L_1-L_2$
Apparatseite . . . . .	„ $l_1-l_2$

Die alphabetische Reihenfolge der Buchstaben, die an den Klemmen der Primär- und Sekundärwicklung angebracht sind, muß den gleichen Drehsinn ergeben.

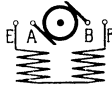
Beispiele für die Bezeichnung der Klemmen nach vorstehenden Normen:



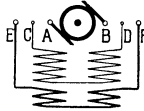
**Gleichstrom-Generatoren und -Motoren.**



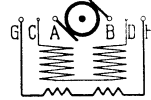
Mit Nebenschluß-Wicklung  
Abb. 1.



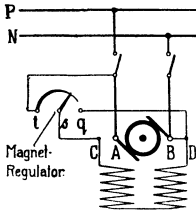
Mit Reihenschluß-Wicklung  
Abb. 2.



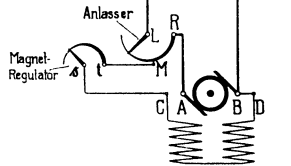
Mit Verbund-Wicklung  
Abb. 3.



Mit Nebenschluß- und Wendepol-Wicklung  
Abb. 4.



Gleichstrom-Dynamo mit Magnetregler  
Abb. 5.



Gleichstrom-Motor mit Anlasser und Magnetregler  
Abb. 6.



Dreileiter-Gleichstrom-Dynamo  
Abb. 7.

**Wechselstrom-Generatoren und Synchron-Motoren.**

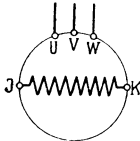
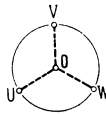


Abb. 8.



Drehstrom-Generator und Synchron-Motor.  
Abb. 9.

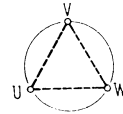
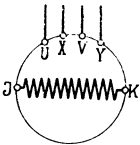


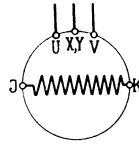
Abb. 10.



unverkettet  
Zweiphasen-Wechselstrom-Generator  
Abb. 11.



Abb. 12.



verkettet  
Zweiphasen-Wechselstrom-Generator und Synchron-Motor.  
Abb. 13.

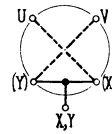
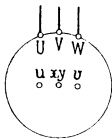


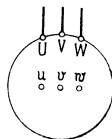
Abb. 14.

**Asynchrone Wechselstrom-Motoren.**



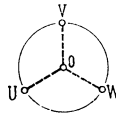
zweiphasigem

Abb. 15.



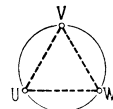
mit Anker  
dreiphasigem

Drehstrom-Motor, Stator verkettet.  
Abb. 16.



Stern-Schaltung

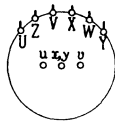
Abb. 17.



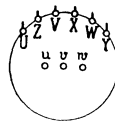
Dreieck-Schaltung

Abb. 18.

Klemmen-Bezeichnungen.



zweiphasigem



dreiphasigem

mit Anker Drehstrom-Motor, Stator unverkettet.

Abb. 19.

Abb. 20.

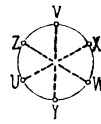
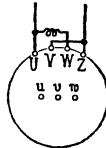


Abb. 21.



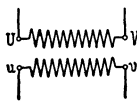
Einphasen-Motor mit Hilfsphase.

Abb. 22.



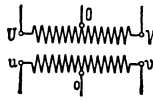
Abb. 23.

Spannung-Transformatoren.



Ohne

Abb. 24.



Mit

Abb. 25.

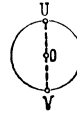


Abb. 26.

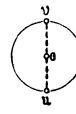


Abb. 27.

Nulleiter.

Für einphasigen Wechselstrom.

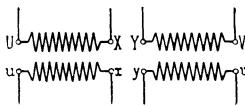


Abb. 28.



Abb. 29.



Abb. 30.

Für zweiphasigen unverketteten Wechselstrom.

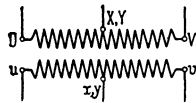


Abb. 31.



Abb. 32.

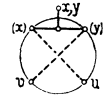
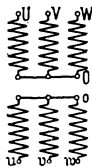


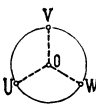
Abb. 33.

Für zweiphasigen verketteten Wechselstrom.



Stern-Schaltung.

Abb. 34.



Stern-Schaltung.

Abb. 35.

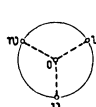
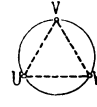


Abb. 36.



Dreieck-Schaltung.

Abb. 37.

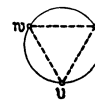


Abb. 38.

Für Drehstrom, Transformator in verketteter Schaltung.



Für Drehstrom, Transformator in offener Schaltung.

Abb. 39.

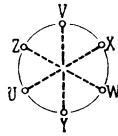


Abb. 40.

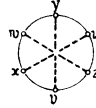
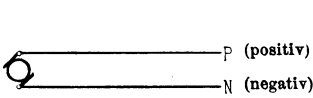


Abb. 41.

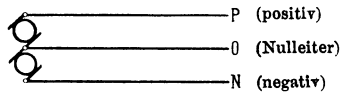
**Netz-Bezeichnungen.**

Gleichstrom.



Zweileiter-Netz.

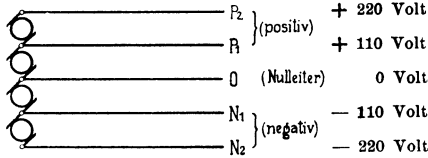
Abb. 42.



Dreileiter-Netz.

Abb. 43.

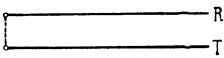
Beispiel:



Fünfleiter-Netz.

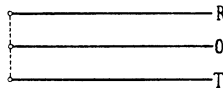
Abb. 44.

Wechselstrom.



Zweileiter-Netz.

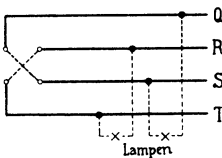
Abb. 45.



Dreileiter-Netz.

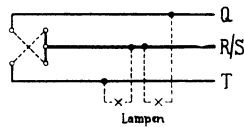
Abb. 46.

Einphasig.



Unverkettet.

Abb. 47.



Verkettet.

Abb. 48.

Zweiphasig.

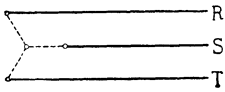
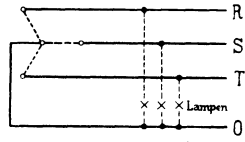


Abb. 49.

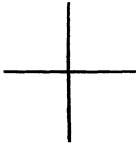
Dreiphasig



Mit besonderem Nulleiter

Abb. 50.

**Kreuzende Leitungen.**



Ohne Verbindung

Abb. 51

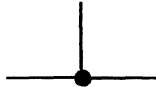


Abb. 52.

Mit Verbindung

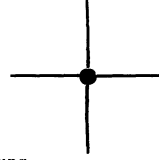


Abb. 53.

## 23. Normalbedingungen für den Anschluß von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke<sup>1)</sup>.

### I.

#### Geltungstermin und Geltungsbereich.

##### § 1. Geltungstermin.

Diese Bedingungen treten am 1. Januar 1923 in Kraft

##### § 2. Geltungsbereich.

Motoren und Anlasser, die diesen Bedingungen entsprechen, können an öffentliche Elektrizitätswerke angeschlossen werden, sofern nicht örtliche Schwierigkeiten dem im Wege stehen (s. a. § 6).

Die Bedingungen gelten für Gleichstrom- und Drehstrommotoren bis einschl. 100 kW Nennleistung und Nennspannungen bis einschl. 500 V bei 50 Per/s.

##### § 3.

Der Anschluß anderer Motoren, als in § 2 angegeben ist, ferner solcher, die mit Rücksicht auf die Antriebsverhältnisse diesen Bedingungen nicht entsprechen, unterliegt besonderer Vereinbarung. Solche Motoren sind u. a.

- a) Kran- und Aufzugmotoren,
- b) Drehstrommotoren für Drehzahlen unter 500 in der min,
- c) Synchronmotoren,
- d) Motoren für Antriebe, deren Anlaufverhältnisse schwerer sind, als in § 5 „Vollastanlauf“ gekennzeichnet ist, oder bei denen aus besonderen Gründen eine von der normalen abweichende Bauart gefordert wird (z. B. vergrößerter Luftspalt, Kapselung usw.).

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1922. Veröffentlicht: ETZ 1922, S. 700.

#### Frühere Fassungen:

	Beschlissen	Gültig ab	Veröffentlicht ETZ
1. Fassung	15. 6. 06.	1. 7. 06.	06 S. 663
1. Änderung	3. 6. 09.	1. 7. 09.	09 S. 506
2. Änderung	6. 6. 12.	1. 7. 12.	12 S. 94

## II.

### Begriffserklärungen.

#### § 4. Nenngrößen.

Nennleistung ist die auf dem Schilde des Motors verzeichnete Abgabe mechanischer Leistung in kW, die er bei der angegebenen Betriebsart, bei der angegebenen Nennspannung und Nennfrequenz entwickeln kann.

Nennmoment ist das bei Nennleistung und kurzgeschlossenem Anlasser entwickelte Drehmoment.

Nennaufnahme ist die bei Abgabe der Nennleistung aufgenommene elektrische Leistung in kW.

Nennstrom ist der auf dem Schild angegebene, bei Nennleistung, Nennspannung und Nennfrequenz dem Netz entnommene Strom.

#### § 5. Anlaßgrößen.

Anlaß-Spitzenstrom ist der während des Anlaßvorganges dem Netz entnommene höchste Strom.

Schaltstrom ist der Strom, bei dem das Weiterschalten erfolgen soll.

Als ordnungsgemäßer Anlaßvorgang gilt ein solcher, bei dem das Weiterschalten von einer Anlaßstellung auf die nächste erfolgt, wenn der Strom auf den Schaltstrom gesunken ist.

Als mittlerer Anlaßstrom gilt

$$\sqrt{\text{Anlaß-Spitzenstrom} \times \text{Schaltstrom}}.$$

Vollastanlauf ist ein Anlauf, bei dem der Motor mindestens sein Nennmoment während des ganzen Anlaßvorganges entwickelt. Hierbei soll das Verhältnis  $\frac{\text{mittl. Anlaßstrom}}{\text{Nennstrom}}$  den Wert 1,3 nicht überschreiten.

## III.

### Bestimmungen.

#### § 6. Allgemeines.

Der Anschlußnehmer oder sein Vertreter soll für jeden anzuschließenden Motor dem Elektrizitätswerke angeben, ob der Motor diesen Bedingungen entsprechen soll oder zu

den in § 3 aufgezählten Sondermotoren gehört. Ist das letztgenannte der Fall, so sollen angegeben werden:

- a) Nennleistung und Betriebsart,
- b) Art des Motors,
- c) Art des Antriebes bzw. der Arbeitsmaschine.

Ergeben sich bezüglich des Anschlusses eines Motors hierbei Schwierigkeiten, so soll der Anschlußnehmer oder sein Vertreter hiervon dem Lieferer des Motors Kenntnis geben.

**§ 7. Verbandsvorschriften.**

Die Motoren müssen den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen“ (R.E.M./1923) entsprechen.

Die Anlasser müssen ab 1. Juli 1925 den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten“ (R.E.A./1925) entsprechen.

Die Schaltgeräte müssen den Vorschriften für Niederspannung- bzw. Hochspannung-Schaltgeräte entsprechen.

**§ 8. Anlaßstrom von Gleichstrommotoren.**

Das Verhältnis Anlaß-Spitzenstrom zu Nennstrom soll bei Vollastanlauf nicht überschreiten:

Nennleistung . . . . . kW	1,5 bis 5	über 5 bis 100
$\frac{\text{Anlaß-Spitzenstrom}}{\text{Nennstrom}}$ . . . . .	1,75	1,6

**§ 9. Anlaßstrom von Drehstrommotoren.**

a) Bei Schleifringmotoren und Vollastanlauf soll das Verhältnis Anlaß-Spitzenstrom zu Nennstrom nicht überschreiten:

Nennleistung . . . . . kW	1,5 bis 5	über 5 bis 100
$\frac{\text{Anlaß-Spitzenstrom}}{\text{Nennstrom}}$ . . . . .	1,75	1,6

b) Bei Kurzschlußmotoren soll das Verhältnis Anlaß-Spitzenstrom zu Nennstrom nicht überschreiten:

Nennleistung . . . . . kW	1,5 bis 15
$\frac{\text{Anlaß-Spitzenstrom}}{\text{Nennstrom}}$	
bei 3000 und 1500 Umdr/min	2,4
„ 1000 „ 750 „	2,1
„ 600 „ 500 „	1,7

§ 10. Messung des Anlaßstromes.

Alle Anlaßströme sind mit einem Strommesser mit vorgeschobenem Zeiger zu messen.

§ 11. Leistungsgrenze von Kurzschlußmotoren.

Im Anschluß an Niederspannungsverteilungsnetze sind Kurzschlußmotoren im allgemeinen bis zu Leistungen von 4 kW einschließlich zulässig, wenn das vom Motor beim Anlauf zu überwindende Drehmoment nicht größer als ein Drittel seines Nenndrehmomentes ist; Kurzschlußmotoren größerer Leistung nur dann, wenn das vom Motor beim Anlauf zu überwindende Drehmoment nicht größer als ein Sechstel seines Nenndrehmomentes ist und der Anlaßstrom nicht größer ist, als 10 kVA entspricht.

In Anlagen, die aus einem besonderen Transformator bis zu 100 kVA gespeist werden, sind Kurzschlußmotoren bis zu 15 kW zulässig.

Übersteigt die Leistung des Einzeltransformators 100 kVA, so können mit dem Elektrizitätswerke auch höhere Leistungen für Kurzschlußmotoren vereinbart werden.

§ 12. Anlaßvorrichtungen.

Bei Gleichstrommotoren und Drehstrom-Kurzschlußmotoren bis einschließlich 1,1 kW Nennleistung sind Anlaßschalter ohne Anlaßstufe an Stelle eines Anlassers zulässig.

Bei Kurzschlußmotoren von 2 kW Nennleistung an müssen Anlaßgeräte verwendet werden, die während des Überganges von der Anlaß- zur Betriebstellung zwangsläufig einen Drehzahlabfall verhindern. Dieses kann beispielsweise durch sprungweise Überschaltung oder durch Überschaltung ohne Stromunterbrechung erreicht werden.

§ 13. Motoren mit selbsttätigem Anlauf.

Bei Gleichstrommotoren bis 3 und Drehstrommotoren bis 4 kW, die durch selbsttätige Vorrichtungen angelassen werden, soll der Anlaßstrom nicht größer sein, als 10 kVA entspricht.

§ 14. Leistungsfaktor.

Für den Leistungsfaktor normaler Drehstrommotoren bei Nennleistung, Nennspannung und Nennfrequenz gilt die folgende Zahlentafel:



Anschluß von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke. 349

Normale Leistung		KurzschluBanker						Schleifringanker						Normale Leistung	
		Leistungsfaktor für Umdr/min						Leistungsfaktor für Umdr/min							
kW	PS	3000	1500	1000	750	600	500	3000	1500	1000	750	600	500	kW	PS
0,125	0,17	0,78	0,70	0,66										0,125	0,17
0,2	0,27	0,80	0,73	0,69	0,6									0,2	0,27
0,33	0,45	0,82	0,76	0,71	0,64									0,33	0,45
0,5	0,7	0,84	0,79	0,73	0,67									0,5	0,7
0,8	1,1	0,86	0,80	0,75	0,70									0,8	1,1
1,1	1,5	0,87	0,82	0,77	0,72					0,71	0,66			1,1	1,5
1,5	2	0,88	0,83	0,78	0,74				0,8	0,74	0,69			1,5	2
2,2	3	0,89	0,85	0,80	0,76			0,86	0,82	0,76	0,72			2,2	3
3	4	0,89	0,86	0,81	0,78			0,86	0,83	0,78	0,75			3	4
4	5,5	0,89	0,87	0,82	0,80			0,86	0,84	0,80	0,77			4	5,5
5,5	7,5	0,89	0,87	0,84	0,82			0,87	0,84	0,82	0,79			5,5	7,5
7,5	10	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81		0,87	0,85	0,83	0,81	0,79		7,5	10
11	15	0,89	0,87	0,85	0,84	0,82	0,79	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80	0,77	11	15
15	20	0,89	0,87	0,85	0,84	0,82	0,79	0,89	0,87	0,85	0,84	0,81	0,78	15	20
22	30	0,90	0,88	0,86	0,85	0,82	0,79	0,90	0,88	0,86	0,85	0,82	0,79	22	30
30	40	0,90	0,89	0,87	0,86	0,83	0,80	0,90	0,89	0,87	0,86	0,83	0,81	30	40
40	55	0,90	0,90	0,88	0,87	0,84	0,81	0,90	0,90	0,88	0,87	0,84	0,82	40	55
50	68	0,91	0,90	0,88	0,87	0,85	0,82	0,91	0,90	0,88	0,87	0,85	0,83	50	68
64	87	0,91	0,90	0,89	0,88	0,86	0,83	0,91	0,90	0,89	0,88	0,86	0,84	64	87
80	110	0,91	0,90	0,89	0,88	0,86	0,85	0,91	0,90	0,89	0,88	0,86	0,85	80	110
100	136	0,91	0,90	0,89	0,88	0,86	0,85	0,91	0,90	0,89	0,88	0,86	0,85	100	136

Die Bestimmung des Leistungsfaktors geschieht durch gleichzeitige Leistung-, Strom- und Spannungsmessung bei Nennleistung. Die Messungen sind bei Nennspannung durchzuführen. Toleranz für den Leistungsfaktor nach den R.E.M. 1923.

## 24. Leitsätze für die Konstruktion und Prüfung elektrischer Starkstrom-Handapparate für Niederspannungsanlagen (ausschließlich Koch- und Heizgeräte)<sup>1)</sup>.

(Massageapparate, Heißluftapparate, Tischventilatoren, Haushaltsmotoren, Staubsauger, Handmagnete, Spannfutter, sowie ähnliche elektrische Betriebswerkzeuge u. dgl.)

Gültig ab 1. Juli 1914.<sup>2)</sup>

### A. Allgemeines.

1. Jeder Apparat soll ein Ursprungszeichen haben, das den Hersteller erkennen läßt.
2. Auf jedem Apparat sollen Spannung, Stromstärke, Stromart und Frequenz verzeichnet sein.
3. Alle einzelnen Teile der Apparate und Zuleitungen sollen den jeweils in Betracht kommenden Vorschriften und Normen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker entsprechen.
4. Jeder Apparat muß Abweichungen vom Nennwert der Spannung bis zu  $\pm 10\%$  schadlos aushalten können.
5. Im allgemeinen sollen Apparate eine vorübergehende Stromüberlastung von mindestens 25 % aushalten.  
„vorübergehend“: etwa 5 bis 15 min, je nach der normalen Benutzungsart der Apparate.
6. Handapparate mit Ausnahme der Betriebswerkzeuge sollen bei normaler Belastung und ordnungsmäßiger Benutzung an den äußeren Teilen, deren Berührung betriebsmäßig in Frage kommen kann, keine höhere Über-temperatur als 35° C, an den Handgriffen nicht mehr als 20° C annehmen.
7. Handapparate mit einer Aufnahme bis einschließlich 0,3 kW sind für Betriebsspannungen von mehr als 250 V nicht zulässig.

<sup>1)</sup> Für Koch- und Heizgeräte gelten die hierfür besonders aufgestellten Vorschriften (s. S. 371).

<sup>2)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1914. Veröffentlicht: ETZ 1914, S. 71 u. 478.

### B. Berührungsschutz.

1. Spannungführende Teile der Apparate dürfen ohne besondere Maßnahmen nicht berührt werden können.
2. Die spannungführenden Teile sollen von den nicht spannungführenden Metallteilen und insbesondere von metallenen Gehäuseteilen dauernd zuverlässig isoliert sein.
3. Die Hüllen und Abdeckungen spannungführender Teile sollen mechanisch widerstandsfähig, stoßfest und besonders zuverlässig befestigt sein.
4. Innere Verbindungen sollen so geführt und befestigt sein, daß sie durch Erwärmung oder Erschütterungen nicht gelockert werden und mit den Gehäuseteilen nicht in leitende Berührung kommen können.
5. Die Bedienungsriffe der Handapparate mit Ausnahme der von Betriebswerkzeugen sollen möglichst nicht aus Metall bestehen und im übrigen so gestaltet sein, daß eine Berührung benachbarter Metallteile erschwert ist.  
Für das Äußere der Apparate ist möglichst weitgehende Verwendung von Isolierstoffen anzustreben.
6. An Apparaten, für die Erdung notwendig ist, soll ein besonderer Anschluß für die Erdzuleitung vorhanden sein.

### C. Anschlüsse und Verbindungstellen.

1. Die Enden von Litzen sollen in sich verlötet sein.
2. Anschlüsse und Verbindungstellen sind derartig anzuordnen, daß sie äußerer Beschädigung und schädlichen Einflüssen nach Möglichkeit entzogen sind. Sie müssen mechanisch fest und gegen Lockerung genügend sicher sein.
3. Die Anschluß- und Verbindungstellen sollen von Zug entlastet sein.

### D. Zuleitungen.

1. Die Zuleitungen müssen an beiden Enden mit Zugentlastung versehen sein.
2. Bei Anschluß von Apparaten, bei denen Erdung nötig ist, muß ein Erdungsleiter in der Zuleitung vorhanden sein.

### E. Prüfung.

1. Alle Apparate sind mit mindestens 1000 V Wechselstrom 1 min lang auf Isolation zu prüfen. Die Stromquelle, die die Prüfspannung hergibt, soll eine Leistung von mindestens 3 kW besitzen.  
Beabsichtigt ist, diese Prüfspannung in einiger Zeit noch zu erhöhen.

## **25. Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Stehlampen (Stehleuchter).**

Gültig ab 1. Juli 1926.<sup>1)</sup>

Bis zum 31. Dezember 1926 dürfen noch Stehlampen in den Verkehr gebracht werden, die diesen Vorschriften nicht entsprechen.

### § 1.

Die Vorschriften gelten für Stehlampen, die in Wohnräumen und trockenen Wirtschaftsräumen benutzt werden. Für Handleuchter, Maschinenleuchter und ortsveränderliche Werkstattleuchter gelten besondere Vorschriften (§ 18 der Errichtungsvorschriften).

### § 2.

Die elektrische Ausrüstung der Stehlampe umfaßt folgende Bestandteile:

1. Fassung,
2. Fassungsrippel,
3. Anschlußklemmen,
4. Schalter,
5. Zuleitung,
6. Stecker.

### § 3.

Fassungen müssen den Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial entsprechen und das VDE-Prüfzeichen tragen.

### § 4.

Alle Fassungen müssen mit dem Lampenkörper zuverlässig befestigt sein. Alle Bohrungen, durch die die Leitungen geführt werden, müssen einen Durchmesser von mindestens 6 mm haben.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 1322 und 1526.

### § 5.

Wenn besondere Schalter am Lampenkörper verwendet werden, so müssen sie so eingebaut sein, daß sie mechanischen Beschädigungen bei Gebrauch der Lampe nicht ausgesetzt sind. Die Schalter müssen den Vorschriften für Handgeräte-Einbauswitcher entsprechen und das VDE-Prüfzeichen haben. Die Nennstromstärke der Einbauswitcher muß mindestens 2 A betragen; im übrigen ist für jede Fassung 1 A zu berücksichtigen.

### § 6.

In allen Fällen, in denen innerhalb des Lampenkörpers von der Zuleitungsschnur auf Fassungsader übergegangen wird, oder eine Aufteilung auf mehrere Brennstellen stattfindet, sind Verbindungsklemmen anzuwenden.

Die Metallteile der Klemmen müssen auf feuer-, wärme- und feuchtigkeitsicheren Körpern angebracht und gegen zufällige Berührung geschützt sein.

Die Verbindungsklemmen müssen fest gelagert sein. Der Abstand zwischen den spannungführenden Teilen und dem Lampenkörper muß mindestens 3 mm betragen.

### § 7.

Als Zuleitungsschnüre dürfen nur Zimmerschnüre (NSA) oder leichte Gummischlauchleitungen (NLHG) verwendet werden. Zum Einziehen in den Lampenkörper können Fassungsadern (NFA) benutzt werden. Die Verwendung der Fassungsadern als Zuleitungen ist verboten. Alle bei Stehlampen verwendeten Schnüre müssen den Vorschriften des VDE für isolierte Leitungen entsprechen und einen von der Prüfstelle des VDE zugewiesenen Kennfaden enthalten.

Die Einführung der Schnur muß durch eine isolierte Buchse erfolgen, die im Lampenkörper durch Gegenmutter, Sprengring oder dgl. gesichert befestigt ist. Die Anschlußstellen der Zuleitungsschnur innerhalb des Lampenkörpers müssen von Zug entlastet sein.

### § 8.

Stecker an der Zuleitungsschnur müssen den „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial“ entsprechen und das VDE-Prüfzeichen haben. Die Anschlußschnur muß an den Anschlußstellen von Zug entlastet, sowie ihre Umhüllung sicher gefaßt und gegen Verdrehung gesichert sein.

§ 9.

Wird die Zuleitung durch ein Gelenk geführt, so muß sie in dem Gelenk gegen Verletzung geschützt sein.

**Erläuterungen.**

1. Allgemeines.

Die Gründe, die zur Schaffung besonderer Vorschriften für Stehlampen geführt haben, sind vom Messeausschuß des VDE in den Ausführungen in der ETZ 1924, Heft 48 eingehend dargelegt worden. Der Ausdruck „Stehlampe“ (unter Stehlampen sind auch sämtliche Tischlampen verstanden) wurde zunächst beibehalten, weil er dem Handelsgebrauch entspricht und auch bei dem Publikum allgemein eingeführt ist. Immerhin erschien es zweckmäßig, auf den dem Gebrauchszweck sehr entsprechenden Ausdruck „Stehleuchter“ hinzuweisen, da unter Lampe allgemein die Glühbirne verstanden wird, während man mit Leuchter künftig das Haltegerät für die Glühbirne bezeichnen soll.

Gültigkeitstermin für die Vorschriften soll der 1. Juli 1926 sein. Bei der Besonderheit der Fabrikation und des Vertriebes erschien es jedoch notwendig, eine Karenzzeit von mindestens 6 Monaten zuzulassen, während der auch noch Stehlampen, die nicht den Vorschriften genügen, zugelassen werden sollen. Indessen darf die Herstellung von Stehlampen alter Ausführung nach dem 1. Juli 1926 nicht mehr vorgenommen werden. Die Übergangszeit wurde nur deswegen erlassen, um Halbfabrikate und fertige Lampen aufzubrauchen. Es kann angenommen werden, daß hierzu die vorgesehene Frist von 6 Monaten genügt.

2. Besondere Vorschriften.

Zu § 3. Durch die Vorschrift, daß die Fassungen das VDE-Prüfzeichen haben müssen, erübrigt es sich, über die Bauart besondere Vorschriften zu erlassen. Ausführungen, die von den genannten Vorschriften abweichen und denen daher das VDE-Prüfzeichen nicht erteilt werden kann, dürfen grundsätzlich in Stehlampen nicht eingebaut werden.

Zu § 4. Die Vorschrift, daß alle Bohrungen mindestens 6 mm Durchmesser haben müssen, ist dadurch begründet, daß zur Montage der Lampen nur solche Leitungen verwendet werden dürfen, die den Normen des VDE für den vorliegenden Zweck genügen. Es soll aber auch dadurch die Möglichkeit gewährt werden, die Zuleitungsschnüre, z. B.

runde NSA-Schnüre oder NLHG-Leitungen, bis an die Fassung heranzuführen.

Zu § 5. Schaltfassungen bei Stehlampen sind zulässig. Soweit Zugketten verwendet werden, ist darauf zu achten, daß die vorgeschriebene doppelte Isolierung vorhanden ist. Erwünscht ist jedoch, möglichst bei allen Lampen anstatt der Schaltfassungen besondere Schalter vorzusehen. Diese Schalter müssen entweder oberhalb des Schirmes oder im Sockel der Lampe eingebaut werden. Die bisher hierfür verwendeten mechanisch vielfach ungenügenden Bauarten sind nicht brauchbar, vielmehr gelten für diese Lampen die „Vorschriften für Handgeräte-Einbauschalter“. Da in Stehlampen häufig Abzweigstecker eingeschraubt werden, um Heizgeräte anzuschließen, soll der Schalter mindestens für eine Nennstromstärke von 2 A bestimmt sein. Bei Stehlampen für mehrere Fassungen (Korpusfassungen) ist für jede Lampenfassung die Nennstromstärke von 1 A vorzusehen, also für einen Korpus von 4 Lampen 4 A. Sind bei großen Klublampen mehr als 4 Fassungen vorhanden, so müssen die Schalter den „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial“ entsprechen, da Handgeräte-Einbauschalter nur bis 4 A zulässig sind.

Zu § 6. Es ist gestattet, die Zuleitungsschnur durch den Lampenträger bis an die Fassung zu führen, so daß dann eine einheitliche Leitungsart von der Fassung bis an den Wandstecker verwendet wird. Hierfür dürfen aber nicht Fassungsadern, sondern nur die vorgeschriebenen Zuleitungsschnüre (siehe § 7) verwendet werden. An den Stellen, an denen ein Übergang von der Zuleitungsschnur zur Fassungsader oder eine Aufteilung der Fassungsadern stattfindet, sind besondere Klemmen anzuordnen. Eine Abzweigung durch Lötung oder Verdrillung ist nicht gestattet. Es ist in Aussicht genommen, für die Klemmen Normalausführungen zu schaffen und besondere Normblätter aufzustellen. Dadurch soll verhindert werden, daß von der Beleuchtungskörper-Industrie verschiedenartige, nur wenig voneinander abweichende Konstruktionen verlangt und durch eine überflüssige Mannigfaltigkeit die Herstellung der Klemmen erschwert und verteuert wird.

Zu § 7. Fast bei allen Stehlampen sind bisher mißbräuchlich und entgegen den Vorschriften Fassungsadern auch als Zuleitungsschnüre benutzt worden. Die Fassungsader ist aber ihrer ganzen Bauart nach für die rauhe Beanspruchung, der die Zuleitungsschnüre unterworfen werden, ungeeignet. Besonders zu empfehlen ist als Zuleitungsschnur

die außerordentlich haltbare NLHG-Leitung (handelsübliche Bezeichnung der mit Glanzgarn beflochtenen NLH-Leitungen), die auch ästhetisch einen bedeutend gefälligeren Eindruck als die dünne Fassungsader macht. Die Befestigung der isolierenden Buchse, durch die die Schnur hindurchgeht, am Lampenkörper ist eine wichtige Vorschrift. Bei Lampen alter Ausführung, bei der die Buchse lediglich in eine Bohrung des Lampenkörpers hineingesteckt ist, verliert sie nach kurzer Zeit ihren Halt und streift sich auf die Schnur über. Diese ist dann an der meistens scharfkantigen Bohrung sehr leicht Verletzungen ausgesetzt, wodurch ein großer Prozentsatz der Kurzschlüsse bei Stehlampen entsteht. Damit die mechanischen Beanspruchungen aufgenommen werden, soll die Zuleitungsschnur am Lampenkörper so befestigt werden, daß einerseits ein Herausziehen aus der Verbindungsklemme unmöglich ist, sodann aber auch die Schnur selbst gegen Verdrehungen gesichert ist.

Zu § 8. Der Stecker gehört zu dem wichtigsten Zubehör der Stehlampe. Mangelhafte Stecker machen die beste Stehlampe unbrauchbar und bilden eine Quelle fortwährender Störungen. Deswegen dürfen nur solche Stecker benutzt werden, die auf Grund ihrer einwandfreien Bauart das VDE-Zeichen tragen. Besonders wichtig ist ferner, daß auch am Stecker die Anschlußschnur unter Zugentlastung montiert ist.

Zu § 9. Gelenklampen sind besonders gefährdet, wenn bei unzureichender Führung der Fassungsadern durch das Gelenk hindurch Stromschlüsse mit dem Lampenkörper oder Kurzschlüsse entstehen. Es wurde indessen davon abgesehen, besondere Vorschriften für die Bauart zu erlassen, da verschiedene Lösungen möglich sind.



## **26. Vorschriften für Christbaum-Beleuchtungen<sup>1)</sup>**

### § 1.

Die Vorschriften sind gültig vom 1. Januar 1926 (Bis zum 1. Juli 1926 dürfen noch Christbaum-Beleuchtungen in den Verkehr gebracht werden, die diesen Vorschriften nicht entsprechen).

### § 2.

Christbaum-Beleuchtungen sind nur zum Anschluß an Niederspannung (bis 250 V) gestattet.

### § 3.

a) Zum Anschluß der Christbaum-Beleuchtung an die Steckdose sind Steckvorrichtungen zu verwenden, die gegen eine Berührung spannungsführender Teile schützen.

1. Zwischen der Christbaum-Beleuchtung und der an der Wand befindlichen Steckdose ist eine besondere Anschlußleitung zu verwenden. Hierfür sind runde NSA-Leitungen oder NLHG-Leitungen zu benutzen.

### § 4.

a) Als Leitung innerhalb der Christbaum-Beleuchtung sind mehrdrähtige Fassungsadern NFA mit mindestens 0,5 mm<sup>2</sup> Querschnitt zu verwenden.

1. Die Leitungslänge zwischen den einzelnen Fassungen soll mindestens 50 cm betragen.

### § 5.

a) Die unter Spannung stehenden Teile der Fassungen müssen bei eingeschraubter Lampe vor Berührung geschützt sein (Diese Bestimmung entspricht zur Zeit nicht den Forderungen der Errichtungsvorschriften, § 16 c).

b) Die der Berührung zugänglichen Teile der Fassungen müssen aus Isolierstoff bestehen.

c) Die an Fassungen verwendeten Isolierstoffe müssen wärme-, feuer- und feuchtigkeitsicher sein.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 864, 1323 und 1526.

1. Für die Prüfung gelten die „Leitsätze für Installationsmaterial“, ETZ 1924, S. 1389 (Druckschrift VDE 315), jedoch wird für Vergußmassen der Lötstellen eine Wärme-sicherheit von 50° C als ausreichend erachtet.

d) Die kürzeste Kriechstrecke zwischen spannungführenden Teilen verschiedener Polarität oder zwischen solchen und nicht spannungführenden Metallteilen darf bei Fassungen 3 mm nicht unterschreiten.

1. Die Kontaktteile der Fassungen sollen aus Kupfer oder Kupferlegierung bestehen.

### § 6.

Der Anschluß der Fassungsadern an die Fassungen muß durch Lötung oder Verschraubung erfolgen.

### § 7.

Die Lampensockel müssen nach DIN VDE 9610 „Edison-Lampensockel 10 für Spannungen bis 24 V“ (frühere Bezeichnung: Sockel mit Edison-Zwerggewinde) und DIN VDE 9615 „Edison-Lampensockel 14“ (frühere Bezeichnung: Sockel mit Edison-Mignongewinde) ausgeführt werden.

### § 8.

Doppelpolige Steckvorrichtungen müssen das VDE-Zeichen haben. Die Anschlußleitung muß an der Anschlußstelle von Zug entlastet, sowie ihre Umhüllung sicher gefaßt und gegen Verdrehen gesichert sein.

### § 9

Christbaum-Beleuchtungen müssen haltbar und sichtbar ein Ursprungszeichen besitzen, das den Hersteller erkennen läßt, sowie, falls erteilt, das VDE-Prüfzeichen. Ursprung- und VDE-Zeichen auf dem Stecker genügen nicht.

## 27. Regeln für die Bewertung und Prüfung von Handbohrmaschinen<sup>1)</sup>

### § 1.

Nachstehende Regeln sind gültig vom 1. Januar 1923.

### § 2.

Die Handbohrmaschinen müssen den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen“ (R.E.M./1923) entsprechen, wenn in nachstehenden Regeln keine anderen Bestimmungen getroffen sind.

### § 3.

Begriffserklärungen.

Elektrische Handbohrmaschine ist eine Bohrmaschine mit eingebautem elektrischen Antrieb, die zur Verrichtung von Bohr-, Aufreibe- und ähnlichen Arbeiten durch das Bedienungspersonal von Hand an die Bearbeitungsstelle gebracht wird.

Stundenleistung ist die Leistung, die die Maschine bei voller Belastung unter dem vorgeschriebenen Axialdruck bei der gekennzeichneten Schutzart 1 h lang ununterbrochen abgibt.

Gekapselt ist eine Maschine, die keinerlei Öffnungen besitzt. Die äußere Wärmeabfuhr erfolgt lediglich durch Strahlung, Leitung und natürlichen Zug.

Geschützt ist eine Maschine, bei der die zufällige oder fahrlässige Berührung der stromführenden und innen umlaufenden Teile, sowie das Eindringen von Fremdkörpern erschwert ist. Das Zuströmen von Kühlluft aus dem umgebenden Raum ist nicht behindert. Gegen Staub, Feuchtigkeit und Gasehalt der Luft ist die Maschine nicht geschützt, sie kann aber gegen Spritzwasser geschützt sein.

Axialdruck ist der Druck, der in der Achsenrichtung der Bohrspindel zur Verrichtung von Arbeit ausgeübt werden muß.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1922. Veröffentlicht: ETZ 1922, S. 1396 und 1924, S. 106.

## § 4.

In den Preislisten und Angeboten soll der höchst zulässige Bohrdurchmesser für Werkstoffe von 50 kg Zugfestigkeit sowie die Leistung der Maschine als Stundenleistung an der Bohrspindel in W angegeben werden. Ferner ist die Schutzart anzugeben.

## § 5.

Die Messung der Stundenleistung erfolgt durch Bremsung der Bohrspindel unter folgendem Axialdruck:

Bohrdurchmesser: 6 mm	Axialdruck: 50 kg
10 „	75 „
15 „	150 „
23 „	300 „
32 „	500 „
50 „	750 „

## § 6.

In Bezug auf mechanische Festigkeit müssen die Maschinen folgende Druckbelastungen aushalten können:

Bohrdurchmesser: 6 mm	Axialdruck: 100 kg
10 „	150 „
15 „	300 „
23 „	500 „
32 „	800 „
50 „	1200 „

## § 7.

Spannungen für normale Maschinen sind:

- für Gleichstrom 110, 220 V,
- „ „ 550 V bei einer abgegebenen Leistung von 200 W und darüber,
- „ Drehstrom 125, 220, 380 V,
- „ Wechselstrom 125, 220 V.

Die Normalfrequenz ist 50 Per/s.

## § 8.

Als Zuführungsleitungen zu der Maschine dürfen drahtbeflochtene Leitungen nicht verwendet werden.

Die Zuführungsleitung muß einen zur Erdung dienenden Leiter besitzen, der mit dem Körper der Maschine dauernd oder bei lösbarer Verbindung zwangläufig vor Unterspannungsetzen der Maschine leitend verbunden wird. Bauart und Querschnitt des Erdungsleiters müssen den Bestimmun-

gen unter A II 3 c der „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“ entsprechen.

Bei Handbohrmaschinen mit einer Leistungsabgabe bis 100 W und für Spannungen unter 250 V ist eine zwangsläufige Erdung nicht erforderlich; es ist dann aber am Körper jeder Maschine eine Erdungsklemme vorzusehen und als solche zu kennzeichnen, um nötigenfalls die Erdung zu ermöglichen.

#### § 9.

Jede Maschine ist mit einem Schalter zu versehen, durch den die Wicklungen und sonstigen stromführenden Teile des Motors spannunglos gemacht werden können. Bei Maschinen bis zu 100 W Leistungsabgabe und unter 250 V sind auch Schalter zulässig, durch die die Maschinen nur stromlos gemacht werden.

Der Schalter und die Steckvorrichtung müssen gegen mechanische Beschädigungen durch Metallkapselung geschützt sein und, wenn sie nicht an sich mit dem Körper der Maschine leitend verbunden sind, ebenfalls geerdet sein.

#### § 10.

Alle Maschinen bis einschl. 10 mm Bohrdurchmesser sind mit einem zentrisch spannenden Bohrfutter auszurüsten, die größeren Maschinen mit Bohrung für Morse- oder Metrischen Kegel.

Beabsichtigt ist, die Abmessungen des Kegels für die Befestigung des Bohrfutters festzulegen.

#### § 11.

Jede Maschine muß mit einem Ursprungszeichen versehen sein.

#### § 12.

An jeder Maschine ist ein Schild anzubringen, das folgende Angaben enthält:

1. Fertigungsnummer,
2. Stundenleistung in W an der Bohrspindel,
3. Schutzart,
4. Höchst zulässiger Bohrdurchmesser für Werkstoffe von 50 kg Zugfestigkeit bei dieser Leistung,
5. Stromart,
6. Spannung,
7. Frequenz,
8. Drehzahl der Bohrspindel bei obiger Leistung.

**Erläuterungen.****Zu § 4 u. 5.**

Die nach § 4 in den Preislisten und Angeboten anzugebende Leistung der Maschine ist durch Bremsung an der Bohrspindel unter dem angegebenen Axialdruck zu ermitteln, und zwar ist hierbei die Maschine gekapselt zu prüfen, je nach der auf dem Schilde angeführten Schutzart. Die Bremsung an der Bohrspindel ist vorgesehen, damit auch der Wirkungsgrad des Getriebes bei der Messung Berücksichtigung findet.

**Zu § 6.**

Die Druckprobe ist als reine mechanische Festigkeitsprüfung aufzufassen, um festzustellen, ob die einzelnen Konstruktionsteile durch diesen Druck keine unzulässige Formveränderung erleiden. Die Probe kann bei stillstehender Maschine ausgeführt werden.

**Zu § 8.**

Die in § 8 vorgesehene Erdung dient zum Schutze des Arbeiters und soll aus einem in der Zuführungsleitung liegenden Erdungsleiter bestehen.

**Zu § 11.**

Das Ursprungszeichen an der Maschine kann entweder der Firmenname oder irgendein Musterzeichen sein, an Hand dessen einwandfrei der Hersteller der Maschine erkannt werden kann. Dieses Ursprungszeichen muß unlösbar mit der Maschine verbunden sein (eingegossen oder eingeschlagen usw.). Das Zeichen kann nach Belieben innen oder außen an der Maschine angebracht werden.

**Zu § 12.**

Die aufgeführten Angaben für das Maschinenschild sind unbedingt einzuhalten; weitere Angaben bleiben dem Belieben der einzelnen Hersteller überlassen.

**Muster für das Leistungsschild.**

o		o
	STROMART	■■■■■■
	MOD	■■■■■■■■■■■■
	NR	■■■■■■■■■■■■
	ABGABE	■■■■■■ ■■■■ W 60'
	SCHUTZART	■■■■■■
	V	■■■■■■ PER/S ■■■■
	Bohrsp.	■■■■■■ U.P.M.
	BOHR Ø	■■■■■■ m/m
o		o

## **28. Regeln für die Bewertung und Prüfung von Hand- und Support-Schleifmaschinen<sup>1)</sup>.**

### § 1.

Nachstehende Regeln sind gültig vom 1. Januar 1926.

### § 2.

Die Schleifmaschinen müssen den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen“ R.E.M./1923 entsprechen, wenn in nachstehenden Regeln keine anderen Bestimmungen getroffen sind.

### § 3.

Begriffserklärungen.

Elektrische Handschleifmaschine ist eine Schleifmaschine mit eingebautem elektrischen Antrieb, die zur freihändigen Verrichtung von Schleif-, Polier- und ähnlichen Arbeiten durch das Bedienungspersonal von Hand an die Bearbeitungstelle gebracht wird.

Elektrische Supportschleifmaschine ist eine Schleifmaschine mit eingebautem elektrischen Antrieb, die zur Ausführung von Maschinenschliff auf dem Support oder dergleichen von Arbeitsmaschinen befestigt wird, so daß die Spananstellung mechanisch erfolgt.

Stundenleistung ist die Leistung, die die Maschine an der Schleifspindel gemäß den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen“ 1 h lang ununterbrochen abgeben kann.

Gekapselt ist eine Maschine, die keinerlei Öffnungen besitzt. Die äußere Wärmeabfuhr erfolgt lediglich durch Strahlung, Leitung und natürlichen Zug.

### § 4.

In den Preislisten und Angeboten sollen die Stundenleistung der Schleifmaschinen in W, abgegeben an der

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlungen 1924 und 1925. Veröffentlichung: ETZ 1924, S. 105, 600 und 1068; 1925, S. 787 und 1526.

Schleifspindel, die minutliche Drehzahl sowie Durchmesser und Breite der größten zulässigen Schleifscheibe bei dieser Leistung und Drehzahl angegeben werden.

§ 5.

Die Messung der Stundenleistung an Schleifmaschinen soll durch Bremsung der Schleifspindel erfolgen.

§ 6.

Alle Hand- und Support-Schleifmaschinen sind zu kapseln.

§ 7.

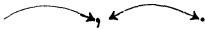
Hand- und Supportschleifmaschinen sind mit einer Schutzvorrichtung zu versehen, die den Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften entspricht und möglichst  $\frac{2}{3}$  des Umfanges ( $240^\circ$ ) der Schleifscheibe umfaßt. Die Schutzvorrichtung muß aus Schmiedeeisen oder einem gleich zähen Werkstoff bestehen. Diese Schutzvorrichtung darf nur in solchen Fällen fortgelassen werden, in denen die Eigenart des Werkstückes oder der Schleifarbeit bei etwaigen Zerspringen der Schleifscheibe jede Gefährdung von Personen ausschließt.

§ 8.

Hand- und Supportschleifmaschinen müssen so gebaut sein, daß die Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe in keinem Fall (auch bei Leerlauf) die in den Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes deutscher Berufsgenossenschaften festgesetzte Grenze überschreitet. Z. Z. dürfen folgende sekundlichen Umfangsgeschwindigkeiten bei Schmirgelscheiben nicht überschritten werden:

- a) bei Scheiben mineralischer Bindung 15 m;
- b) bei Scheiben vegetabilischer oder keramischer Bindung und Zuführung des Arbeitstückes mit der Hand (Handschleifmaschinen) 25 m;
- c) bei Scheiben vegetabilischer oder keramischer Bindung und mechanischer Zuführung des Arbeitstückes (Supportschleifmaschinen) 35 m.

§ 9

Schleifmaschinen müssen mit einem Drehsinnzeichen versehen sein . Die Befestigung der Schleifscheibe muß so ausgestaltet sein, daß ein unbeabsichtigtes Lockern ausgeschlossen ist.



## § 10.

Als Zuführungsleitung zu der Maschine dürfen Leitungen mit Drahtbewicklung und Drahtbeflechtung nicht benutzt werden. Die Zuführungsleitung muß einen zur Erdung dienenden Leiter besitzen, der mit dem Körper der Maschine dauernd oder bei lösbarer Verbindung zwangsläufig vor Unterspannungsetzen der Maschine leitend verbunden wird. Bauart und Querschnitt des Erdungsleiters müssen den Bestimmungen unter A II 3 c der „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“ entsprechen.

Bei Schleifmaschinen mit einer Leistungsabgabe bis 100 W und für Spannungen unter 250 V ist eine zwangsläufige Erdung nicht erforderlich; es ist dann aber am Körper jeder Maschine eine Erdungsklemme vorzusehen und als solche zu kennzeichnen, um nötigenfalls die Erdung zu ermöglichen.

## § 11.

Spannungen für normale Maschinen sind:

für Gleichstrom	125, 220 V.
	550 V bei einer abgegebenen Leistung von 200 W und darüber,
für Drehstrom	125, 220, 380 V,
für Wechselstrom	110, 220 V.

Die Normalfrequenz ist 50 Per/s.

## § 12.

Für jede Maschine ist ein in Reichweite des Arbeiters liegender Schalter vorzusehen, durch den die Wicklungen und sonstigen stromführenden Teile des Motors spannungslos gemacht werden können. Bei Maschinen bis zu 100 W Leistungsabgabe und für Spannungen unter 250 V sind auch Schalter zulässig, durch die die Maschinen nur stromlos gemacht werden. Der Schalter und die Steckvorrichtung müssen gegen mechanische Beschädigungen durch Metallkapselung geschützt sein und, wenn nicht an sich mit dem Körper der Maschine leitend verbunden, ebenfalls geerdet sein.

## § 13.

Jede Maschine muß mit einem Ursprungszeichen versehen sein.

## § 14.

An jeder Maschine ist ein Schild anzubringen, das folgende Angaben enthält:

1. Fertigungsnummer,
2. Stundenleistung in W an der Schleifspindel,
3. Drehzahl der Schleifspindel in der Minute bei Stundenleistung,
4. Größter zulässiger Durchmesser der Schleifscheibe in mm,
5. Größte zulässige Breite der Schleifscheibe in mm,
6. Stromart,
7. Spannung,
8. Frequenz.

## **29. Regeln für die Bewertung und Prüfung von Schleif- und Poliermaschinen<sup>1)</sup>.**

### § 1.

Nachstehende Regeln treten am 1. Januar 1926 in Kraft.

### § 2.

Die Maschinen müssen den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen“ R.E.M./1923 entsprechen, wenn in nachstehenden Regeln keine anderen Bestimmungen getroffen sind.

### § 3.

Elektrische Schleifmaschine und Poliermaschine ist eine Elektrowerkzeugmaschine, bei der der elektrische Antrieb ein Konstruktionselement bildet, also ein organischer Zusammenhang zwischen Werkzeugmaschine und elektrischem Antrieb besteht. Sie dient zur Aufnahme von Schleifscheiben mit vegetabilischer oder keramischer Bindung (nicht mineralische Bindung) und Polierscheiben. Unter Schleifscheiben sind Scheiben zu verstehen, über die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften bestehen (Normalunfallverhütungsvorschriften für gleichartige Gefahren in gewerblichen Betrieben, Berlin, Carl Heymanns Verlag).

Geschlossene Maschinen können folgendermaßen ausgeführt sein:

1. Mit Rohranschluß. Die Maschine ist bis auf die Zuluft- und Abluftstutzen geschlossen, an diese sind Rohre oder andere Luftleitungen angeschlossen.

2. Mit Mantelkühlung. Die stromführenden und inneren umlaufenden Teile sind allseitig geschlossen. Die Maschine wird durch Eigenbelüftung der Außenfläche gekühlt.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 320, 787 und 1526.

3. Mit Wasserkühlung. Die stromführenden und inneren umlaufenden Teile sind allseitig abgeschlossen. Die Maschine wird durch fließendes Wasser gekühlt.

4. Gekapselt. Die Maschine ist allseitig geschlossen. Die Wärme wird lediglich durch Strahlung, Leitung und natürlichen Zug abgeführt.

Leistung: Die Leistungsmessung und -angabe erfordert eine Berücksichtigung des dem Schleifen eigentümlichen Betriebsspielles (aussetzender Betrieb bei dauernd eingeschaltetem Feld).

Die Motoren sind so zu bemessen, daß sie nach zwei-stündigem Leerlauf 15 min lang die Nennleistung abgeben können.

#### § 4.

In den Preislisten und Angeboten soll die Leistung der Maschinen in Watt bzw. Kilowatt abgegeben an der Arbeitswelle, die minutliche Nenndrehzahl sowie Durchmesser und Breite der größten zulässigen Schleifscheibe bei dieser Leistung angegeben werden.

#### § 5.

Die Leistungsmessung soll durch Bremsung der Arbeitswelle erfolgen.

#### § 6.

Alle Schleif- und Poliermaschinen sind geschlossen auszuführen, damit ein Eindringen von Schleif- und Polierstaub unbedingt verhindert wird. Dieses gilt auch für eingebaute Schalt- und Anlaßgeräte sowie für die Anschlüsse.

#### § 7.

Elektrische Schleifmaschinen sind mit einer Schutzvorrichtung zu versehen, die den Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften entspricht und mindestens  $\frac{2}{3}$  des Umfanges ( $240^\circ$ ) der Schleifscheibe umfaßt. Die Schutzvorrichtung muß aus Schmiedeeisen oder gleich zähem Werkstoff bestehen.

#### § 8.

Elektrische Schleifmaschinen müssen so gebaut sein, daß die Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe in keinem Fall (auch bei Leerlauf) die in den Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes deutscher Berufsgenossenschaften festgesetzte Grenze überschreitet. Z. B. dürfen folgende sekundlichen Umfangsgeschwindigkeiten bei Schmirgelscheiben nicht überschritten werden:

a) bei Scheiben mineralischer Bindung 15 m;  
b) bei Scheiben vegetabilischer oder keramischer Bindung und Zuführung des Arbeitstückes mit der Hand (Handschleifmaschinen) 25 m;

c) bei Scheiben vegetabilischer oder keramischer Bindung und mechanischer Zuführung des Arbeitstückes (Supportschleifmaschinen) 35 m. Elektrische Poliermaschinen müssen so gebaut sein, daß ihre Drehzahl in keinem Fall (auch bei Leerlauf) höher als 20% über die auf dem Leistungsschild angegebene Nenndrehzahl ansteigt.

Falls Poliermaschinen mit Schleifscheiben ausgerüstet werden, darf ihre zulässige Umfangsgeschwindigkeit auch bei Leerlauf nicht überschritten werden. Außerdem sind gemäß § 7 Schutzhauben vorzusehen.

#### § 9.

Alle Schleif- und Poliermaschinen müssen mit einem Drehsinnzeichen versehen sein. Die Befestigung der Schleifscheibe muß so ausgestaltet sein, daß ein unbeabsichtigtes Lockern der Schleifscheibe ausgeschlossen ist.

#### § 10.

Am Körper jeder Maschine ist eine Messingschraube vorzusehen, durch die eine Erdung oder Nullung der Maschine möglich ist, und als solche zu kennzeichnen, sofern die Erdung oder Nullung nicht durch die Zuleitung erfolgt.

#### § 11.

Spannungen für Normalmaschinen sind:

für Gleichstrom 110, 220, 440, 550 V,

für Drehstrom 125, 220, 380 V,

für Wechselstrom 125, 220 V.

Die normale Frequenz ist 50 Per/s.

#### § 12.

Für jede Maschine ist ein in Reichweite des Arbeiters angebrachter Schalter vorzusehen, durch den Wicklungen und sonstige stromführende Teile des Motors spannungslos gemacht werden können.

#### § 13.

Jede Maschine muß mit einem Ursprungszeichen versehen sein.

§ 14.

An jeder Maschine ist ein Schild anzubringen, das folgende Angaben enthält:

1. Fertigungsnummer bzw. Seriennummer,
2. Leistung in Watt bzw. Kilowatt an der Arbeitswelle,
3. Drehzahl der Arbeitswelle bei der angegebenen Leistung,
4. Bei Schleifmaschinen der größte zulässige Durchmesser und die Breite der Schleifscheibe in mm,
5. Stromart,
6. Spannung,
7. Frequenz.

## **30. Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen V. E. Hz./1925<sup>1)</sup>**

### **A. Einleitung.**

#### § 1.

Nachstehende Vorschriften sind gültig vom 1. Januar 1925.

#### § 2.

Die Vorschriften gelten für alle elektrisch beheizten Geräte und Einrichtungen sowie auch für die Heizkörper solcher Geräte, deren übrige Bestandteile in den Geltungsbereich anderer VDE-Vorschriften fallen, wie z. B. die Motoren und die Schalter der Heißluftduschen.

#### § 3.

Geräte und Einrichtungen müssen den nachstehenden Vorschriften sowie den „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen“ entsprechen. Für Geräte und Einrichtungen gelten die Normen des Normenausschusses der Deutschen Industrie, sofern nicht Fachnormen des VDE vorhanden sind.

#### § 4.

Soweit Gerätegattungen zur Prüfung durch die VDE-Prüfstelle zugelassen sind, gelten die betreffenden Geräte nur dann als verbandsmäßig, wenn sie die Berechtigung zur Führung des VDE-Prüfzeichens besitzen.

### **B. Begriffserklärungen.**

#### § 5.

##### Werkstoffe.

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

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1924. Veröffentlicht: ETZ 1924. S. 665, 695, 964 und 1068.

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

Feuchtigkeitsicher ist ein Gegenstand, der nach Liegen in feuchter Luft während der in den Prüfvorschriften angegebenen Zeitdauer die vorgeschriebene Prüfspannung aushält.

Lackierung und Emaillierung von Metallteilen gilt nicht als Isolierung im Sinne des Berührungsschutzes.

Als Isolierstoffe für Hochspannung gelten faserige oder poröse Stoffe, die mit geeigneter Isoliermasse getränkt sind, ferner feste feuchtigkeitsichere Isolierstoffe.

## § 6.

### Geräte.

Ortsfest sind die Geräte, die mit ihrem Verwendungsort so verbunden sind, daß sie nicht ohne besondere Maßnahmen oder Werkzeuge von ihrem Platze entfernt und anderenorts benutzt werden können.

Als ortsfest gelten auch Heizgeräte und Heizkörper, die in Maschinenteilen fest eingebaut, aber mit diesen beweglich (z. B. schwingend) sind, sowie in Fahrzeuge eingebaute Heizgeräte.

Ortsveränderlich sind alle anderen Geräte.

Spülbar ist ein Gerät, wenn es in betriebswarmem Zustande unter Wasser gebracht werden kann, ohne daß das Wasser in den Heizraum dringt.

Nicht spülbar sind alle anderen Geräte.

Nenninhalt ist die Wassermenge, die im Gerät praktisch zum Sieden gebracht werden kann, ohne daß ein Überkochen stattfindet.

## § 7.

### Heizkörper.

Heizkörper ist der Geräteteil, in dem unmittelbar die elektrische Energie in Wärme umgesetzt wird und der aus dem Heizleiter und seiner Einfassung besteht.

Einfassung ist der den Heizleiter aufnehmende bzw. haltende Heizkörperteil.

Auswechselbare Heizkörper sind solche, die ohne Werkzeug vom Gerät getrennt werden können, z. B. Heizpatronen.

Abnehmbare Heizkörper sind solche, die nur durch Schrauben, Splinte, Sprengfedern oder dergleichen leicht lösbar befestigt sind und nur mittels einfachen Werkzeuges



ohne Niet-, Löt-, Schweiß- oder Falzarbeit angebracht oder abgenommen werden können.

Eingebaute Heizkörper sind mit dem Gerät durch Nieten, Löten, Schweißen, Einpressen, Umgießen, Falzen, Sicken oder dergleichen fest verbunden.

Innere Verbindungen sind Leitungen zwischen Heizkörpern untereinander und zwischen Heizkörper und Anschlußstelle am Gerät.

#### § 8.

##### Geräte-Anschlußschnüre.

Die Geräteanschlußschnur verbindet das Gerät mit der fest verlegten Leitung und besteht aus Gerätesteckdose, Schnur und Wandstecker.

#### § 9.

##### Elektrische Bezeichnungen.

Nennspannung ist die Spannung in V, für die das Gerät gebaut ist.

Nennspannungsbereich liegt zwischen den Spannungsgrenzen, innerhalb deren die Geräte betriebsmäßig verwendbar sind.

Nennaufnahme ist die vom Gerät in betriebswarmem Zustande bei der Nennspannung aufgenommene Leistung in W.

Nennstrom ist der unter den gleichen Umständen aufgenommene Strom in A.

Kriechstrecke ist der kürzeste Weg, auf dem ein Stromübergang auf der Oberfläche eines Isolierkörpers zwischen Metallteilen eintreten kann, wenn zwischen diesen ein Spannungsunterschied möglich ist.

#### § 10.

##### Thermische Bezeichnungen.

Betriebswarm ist ein Gerät, wenn es die Temperatur erreicht hat, die es bei seinem normalen Verwendungszweck hat.

Siedezeit ist die Zeitdauer, in der der Nenninhalt Wasser von 20° auf die Temperatur von 95° mit der Nennaufnahme gebracht wird.

Fortkochzahl ist das Verhältnis der Nennaufnahme des Gerätes in der untersten Regelstufe zu der Aufnahme, die zur Konstanthaltung des Nenninhaltes auf 95° bei einer Raumtemperatur von 20° erforderlich ist.

Anheizwirkungsgrad ist das Verhältnis der bei der Nennaufnahme vom Nenninhalt (Wasser) bei seiner Erwärmung von der Normaltemperatur von 20° auf eine Temperatur von 95° nutzbar aufgenommenen Wärmemenge, umgerechnet in elektrische Arbeit, zu der dem Gerät in der gleichen Zeit mit der Nennaufnahme zugeführten elektrischen Arbeit.

### C. Bestimmungen.

#### § 11.

##### Verwendung.

Normale Nennspannungsbereiche sind:

110—120—130 V,  
210—220—240 V.

Die vorstehenden Angaben geben Aufschluß über:

1. Nennspannung, für die das Gerät gebaut ist (mittlere Zahl),
2. den Nennspannungsbereich, für den das Gerät betriebsmäßig Verwendung finden kann,
3. die der Nennaufnahme zugrunde gelegte Nennspannung.

Für die Nennaufnahme ist ein Spiel von  $\pm 10\%$  zulässig. Für Heizgeräte mit weniger als 125 W Nennaufnahme ist ein Spiel von  $\pm 20\%$  zulässig.

Nicht normale Spannungen sollen einen Nennspannungsbereich von  $\pm 10\%$  haben.

#### § 12.

Es werden folgende Abstufungen für Normaltypen vorgeschlagen:

	Wasserkocher					
Nenninhalt in l:	0,5	1	1,5	2	3	
	Kochtöpfe (Gußeisen und gezogen)					
Nenninhalt in l:	1	2	3	4	6	
	Kochplatten (auch Bratpfannen)					
Durchmesser in mm:	130	180	220			
	Öfen					
W:	1000	1500	2000	3000	4000	6000
	Lampenöfen und Strahlöfen					
Lampenzahl:	2	3	4			
W:	500	750	1000			
	Bügeleisen					
Gewicht in kg:	1	2	2,5	3	4	6 8 10

§ 13.

Für Betriebsspannungen von mehr als 250 V sind nicht zulässig:

1. ortsveränderliche Geräte,
2. ortsfeste Geräte mit einer Nennaufnahme von weniger als 1500 W, sofern sie nicht unter fachmännischer Aufsicht stehen.

§ 14.

Spülbare Geräte müssen als solche gekennzeichnet werden (siehe § 44).

Geräte, die nur zum Wasserkochen bestimmt sind, brauchen nicht spülbar zu sein.

Nicht spülbare Geräte müssen so hergestellt sein, daß überlaufendes Wasser nicht in den Heizraum eindringen und Flüssigkeit nicht durch den Boden aufgesaugt werden kann.

§ 15.

Geräte, bei denen spannungsführende Teile unmittelbar mit dem zu erhitzenden Wasser in Berührung kommen können, dürfen in Gleichstromanlagen wegen der elektrolytischen Wirkungen und der damit verbundenen Explosionsgefahr nicht verwendet werden. Sie müssen deshalb als nur für Wechselstrom verwendbar gekennzeichnet sein. Sie dürfen ferner nur dort Verwendung finden, wo sichere Gewähr für gute Erdung vorhanden ist.

Schutzmaßnahmen und Haltbarkeit.

§ 16.

Die Geräte müssen so gebaut und bemessen sein, daß bei ordnungsmäßigem Gebrauch durch die bei ihrem Betriebe auftretende Erwärmung weder die Wirkungsweise und Handhabung beeinträchtigt wird noch eine für die Umgebung gefährliche Temperatur entstehen kann.

§ 17.

Die Geräte müssen so gebaut oder angebracht sein, daß einer Verletzung von Personen durch Splitter, Funken, geschmolzenes Material oder Stromübergänge bei ordnungsmäßigem Gebrauch vorgebeugt wird.

§ 18.

Die spannungsführenden Teile müssen auf feuer-, wärme- und feuchtigkeitsicheren Körpern angebracht sein. Zur

Abdichtung gegen Feuchtigkeit und zur Isolation dürfen nur wärme- und feuchtigkeitsichere Stoffe verwendet werden.

Die Widerstandsleiter müssen von wärme- und feuchtigkeitsicherer Unterlage getragen sein. Falls diese nicht feuchtigkeitsicher ist, muß sie noch besonders vom Gehäuse isoliert sein.

Abdeckungen und Schutzverkleidungen müssen mechanisch widerstandsfähig und wärmesicher, und wenn sie mit spannungführenden Teilen in Berührung stehen, auch feuchtigkeitsicher sein. Solche aus Isolierstoff, die im Gebrauch mit einem Lichtbogen in Berührung kommen können, müssen auch feuersicher sein. Sie müssen zuverlässig befestigt werden und so ausgebildet sein, daß die Schutzumhüllungen der Leitungen in diese Schutzverkleidungen eingeführt werden können.

#### § 19.

Die nicht polierten Flächen von Steinplatten und dergleichen müssen durch einen geeigneten Anstrich gegen Feuchtigkeit geschützt werden.

Werkstoffe, wie Holz oder Fiber, dürfen nur unter Öl und nur mit geeigneter Isoliermasse getränkt als Isolierstoff angewendet werden.

#### § 20.

Die auf Wärme beanspruchten Isolierstoffe müssen wärmesicher sein bis zu Temperaturen, die um mindestens 50° höher sind, als die Temperatur des sie umgebenden und ihre Temperatur bestimmenden Geräteteiles bei  $\frac{1}{2}$ stündiger Überlastungsprobe mit der 1,4fachen Nennaufnahme, die nach Erreichung der betriebsmäßigen Endtemperatur vorzunehmen ist. Isolierstoffe für die Gerätesteckdosen müssen die Mindesttemperatur von 350° während 3 h aushalten, ohne praktisch an elektrischer und mechanischer Festigkeit einzubüßen.

#### § 21.

Alle Schrauben, die Kontakte vermitteln, müssen metallenes Muttergewinde haben

Der Kontakt zwischen stromführenden Teilen soll so ausgeführt sein, daß er sich durch die betriebsmäßige Erwärmung, die unvermeidliche Veränderung der Isolierstoffe sowie durch die betriebsmäßigen Erschütterungen nicht lockert (z. B. darf der Kontaktdruck bei festen Verbindungen — Schrauben- oder Nietkontakt — nicht über eine Zwischenlage aus Isolierstoff übertragen werden).

§ 22.

Innere Verbindungen müssen so geführt und befestigt sein, daß sie durch Erwärmung oder Erschütterungen nicht gelockert werden und mit den Gehäuseteilen nicht in leitende Berührung kommen können. Eiserner Verbindungen sind vor Rost zu schützen.

§ 23.

Kriechstrecken, die der Möglichkeit einer Verschmutzung und Feuchtigkeitseinflüssen völlig entzogen sind, dürfen bei Spannungen unter 250 V 3 mm nicht unterschreiten.

Alle anderen Kriechstrecken dürfen folgende Maße nicht unterschreiten:

V	250	500	750	1000
mm	4	6	8	10

§ 24.

Für Anschlußbolzen und Schraubkontakte gelten die „Normen für Anschlußbolzen und ebene Schraubkontakte für 10 bis 1500 A“.

§ 25.

Für normale Heizleiter gilt DIN VDE 6388 und 6389.

Äußere Anschlüsse.

§ 26.

Der Anschluß darf nur bei Geräten bis 250 V und bis zu einer Nennaufnahme von 2000 W bei höchstens 20 A durch eine Geräteanschlußschnur, in anderen Fällen nur durch Verschraubung oder Lötung am Gerät erfolgen. Normale Nennstromstärken für Gerätesteckvorrichtungen sind:

	6	10	20 A
Querschnitt der Zuleitung in mm <sup>2</sup>	0,75	1	2,5
Wandstecker für A . . . . .	6	10	25

§ 27.

Bei Geräten bis 250 V und bis zu einem Nennstrom von höchstens 10 A darf die Gerätesteckvorrichtung zum Ein- und Ausschalten dienen. Bei Stromstärken über 10 bis 20 A soll die Gerätesteckvorrichtung nur zum Anschluß und nicht zur Ausschaltung dienen; in letztem Falle muß das Gerät durch Schalter am Gerät oder an der Wand stromlos gemacht werden können.

Ist bei Geräten bis 250 V und bis 1 A Nennstromstärke die Zuleitung fest mit dem Gerät verbunden, so dürfen

378 Vorschriften für elektrische Heizgeräte und Heizeinrichtungen.

Regelschalter in die Zuleitung eingebaut werden, wenn die Betriebsweise den Einbau in die fest verlegte Leitung nicht zuläßt.

§ 28.

Bei Verwendung von Regelschaltern müssen die Schaltstellungen durch Worte oder Zahlen bezeichnet sein. Dabei muß der höheren Aufnahme die höhere Zahl und der Ausschaltstellung die Zahl Null entsprechen.

§ 29.

Zum Einschalten von Geräten mit mehr als 750 W Nennaufnahme, deren Einschaltstromstärke mehr als das Doppelte der Nennstromstärke betragen würde, muß ein Anlasser verwendet werden. Als Anlasser im Sinne dieser Vorschriften gelten auch Regelschalter (Gruppen- oder Reihen-Parallelschalter).

§ 30.

Alle Schalter an Heizgeräten müssen den VDE-Vorschriften für Schalter entsprechen.

§ 31.

Schalter an den Geräten müssen gegen überfließendes Kochgut geschützt sein.

§ 32.

Anschluß- und Verbindungsstellen sind derart anzuordnen, daß sie äußerer Beschädigung und schädlichen Einflüssen entzogen sind. Sie müssen mechanisch fest und gegen Lockerung und Berührung genügend gesichert sein.

§ 33.

Eine unbeabsichtigte Berührung spannungführender Metallteile der Gerätesteckvorrichtung (Dose und Stecker) muß unmöglich sein.

§ 34.

Gerätesteckvorrichtungen sowie Zwischenstecker sind in ihren Grundabmessungen nach DIN VDE 9490 auszuführen. Die den Zeichnungen beigefügten Anweisungen sind zu erfüllen. Die Gerätedose muß so ausgeführt sein, daß sie von Hand bequem mit dem Gerätestecker verbunden werden kann.

§ 35.

Hülsen und Stifte dürfen in dem Körper nicht drehbar befestigt sein. Sie müssen gegen Verdrehen gesichert sein. Die Anschlußleitungen dürfen nicht mittels der Hülsen oder Stifte festgeschraubt werden.

## Leitungen.

### § 36.

Alle Leitungen für ortsveränderliche Stromverbraucher müssen den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“ entsprechen und von runder Ausführung sein (z. B. Gummischlauchleitungen).

### § 37.

Jede Geräteanschlußschnur muß an den Anschlußstellen ihrer beiden Enden von Zug entlastet, sowie ihre Umhüllung sicher gefaßt und gegen Verdrehung gesichert sein.

### § 38.

Die Enden der Litzen müssen in sich verlötet oder mit einer besonderen Umkleidung versehen sein, die das Abplatzen einzelner Drähte zuverlässig verhindert.

### § 39.

Am Gerät fest angeschlossene Leitungen müssen sinngemäß den Bestimmungen der §§ 26, 36 bis 38 sowie dem § 20 der Errichtungsvorschriften genügen.

## Erdung.

### § 40.

Die unter Spannung gegen Erde stehenden Teile müssen der zufälligen Berührung entzogen sein. Bei Geräten für Spannungen über 250 V gegen Erde müssen die blanken und die mit Isolierstoff bedeckten, unter Spannung gegen Erde stehenden Teile durch ihre Lage, Anordnung oder besondere Schutzvorrichtungen der Berührung entzogen sein.

### § 41.

Bei Geräten für Spannung über 250 V gegen Erde sowie bei einer Aufnahme über 2 kW bei allen Spannungen müssen alle nichtspannungführenden Metallteile, die Spannung annehmen können, miteinander gut leitend verbunden und geerdet werden, wenn nicht durch andere Mittel eine gefährliche Spannung vermieden oder unschädlich gemacht wird.

### § 42.

Metallteile, für die eine Erdung in Frage kommen kann, müssen mit einem Erdungsanschluß versehen sein. Bei den in § 41 aufgeführten Geräten muß der Erdungsanschluß als solcher gekennzeichnet („Erde“ oder „Schaltzeichen für

Erde“) und als kräftiger Schraubkontakt mit mindestens 6 mm Messingschrauben ausgebildet sein. Die Erdung der Geräte muß bei Betriebsspannungen bis zu 250 V in den Räumen, in denen sie nach den Errichtungsvorschriften notwendig ist, zwangsläufig vor unter Spannungsetzen erfolgen.

§ 43.

Bei Spannungen über 1000 V müssen isolierende Griffe so eingerichtet sein, daß sich zwischen der bedienenden Person und den spannungführenden Teilen eine geerdete Stelle befindet.

Schild.

§ 44.

Auf dem Gerät sind anzugeben:

- Ursprungszeichen (und Fertigungsnummer),
- Nennspannungsbereich oder Nennspannung in V,
- Nennaufnahme in W,
- Etwaige Angaben über Spülbarkeit (S),
- Stromart (falls erforderlich, § 15),
- VDE-Prüfzeichen (falls erteilt).

Bei Drehstrom ist die verkettete Spannung anzugeben und die Schaltung der Heizkörper durch das Stern- und Dreieckzeichen anzudeuten.

§ 45.

Heizkörper müssen mit haltbarem Ursprungszeichen und Angabe des Widerstandes bei 20° oder der Nennaufnahme oder der Nennspannung versehen sein.

§ 46.

An jeder Gerätedose sind ein Ursprungszeichen und VDE-Prüfzeichen (falls erteilt) anzubringen.

**D. Prüfbestimmungen.**

§ 47.

In Geräten für Flüssigkeitserhitzung, jedoch mit Ausnahme der Durchlauferhitzer muß der Nenninhalt mit dem 1,4fachen der Nennaufnahme 4mal hintereinander mit dazwischenliegender Abkühlung auf Normaltemperatur von 20° zum Sieden gebracht werden können.

Alle übrigen Geräte müssen 1/2 h lang mit dem 1,4fachen der Nennaufnahme nach Erreichung der Betriebstemperatur gebrauchsmäßig betrieben werden können.



Nach diesen Versuchen müssen die Geräte die in § 48 vorgeschriebene Spannungprüfung aushalten.

#### § 48.

Die Heizleiter müssen in kaltem und im Anschluß an die Prüfung nach § 47 in betriebswarmem Zustande gegen die Metallteile des Gerätes und die Adern der Geräteanschlußschnüre gegeneinander ohne Vorschaltung von Widerständen dem 2,5fachen der Nennspannung, mindestens aber 1000 V Wechselstrom, Frequenz 50 Per/s 1 min lang widerstehen können. Die dazu benutzte Stromquelle soll eine Leistung von wenigstens 0,5 kW besitzen.

Die Prüfung muß auch noch nach 24stündigem Liegen des Gerätes in feuchter Luft erfolgen (vgl. „Leitsätze für Untersuchung der Isolierkörper von Installationsmaterial“, § 55, siehe ETZ 1924, S. 1389).

#### § 49.

Nicht spülbare Geräte werden gegen die Wirkung überkochenden Kochgutes in der Weise geprüft, daß man Wasser von oben her in das Gerät füllt und 1 min lang ein Überlaufen herbeiführt. Das Gerät ist während des Versuches in ein Wasserbad von 2 mm Tiefe zu stellen. Das Gerät soll mit seinem eigenen Heizkörper auf Kochtemperatur gehalten werden. Nach dieser Behandlung muß das Gerät in warmem und kaltem Zustande der Prüfung nach § 48 genügen.

#### § 50.

Zur Prüfung der als „spülbar“ gekennzeichneten Geräte werden diese in Wasser von 50° Übertemperatur gegenüber dem Gerät 5 min lang so eingetaucht, daß sich alle Lötnähte und Durchführungen unter Wasser befinden. Innerhalb dieser Zeit darf keine Luft in Gestalt von Luftblasen aus dem Gerät entweichen. Nach dieser Behandlung muß das Gerät in warmem und kaltem Zustande der Prüfung nach § 48 genügen.

#### § 51.

Die Prüfungen der Gerätesteckvorrichtungen erstrecken sich auf:

- a) Isolationsprüfung (§ 52),
- b) Schaltleistungsprüfung (§ 53),
- c) Mechanische Haltbarkeit (§ 54),
- d) Wärme- und Feuersicherheit (§ 55).

§ 52.

Die spannungsführenden Teile müssen gegen die geerdeten Teile oder eine an der Steckdose angebrachte Stanniolumwicklung sowie die Kontakte gegeneinander eine Spannung von 1500 V 1 min lang aushalten, nachdem das Gerät mindestens 24 h lang in feuchter Luft gelegen hat, ohne daß Durch- oder Überschlag eintritt.

§ 53.

Die Gerätesteckvorrichtung muß bei Anschluß an 275 V Gleichstrom und bei einer Belastung mit 12,5 A im Gebrauchszustande und in der Gebrauchslage 20mal nacheinander, jedoch mit Pausen von mindestens 10 s ein- und ausgeschaltet werden können, ohne daß sich ein dauernder Lichtbogen oder ein Überschlag nach dem geerdeten Gehäuse bzw. Ring bildet. Die Schaltung der Prüfanordnung ist die gleiche wie bei der Prüfung von Doseschaltern (Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial, § 13).

§ 54.

Zur Prüfung der mechanischen Haltbarkeit der Gerätesteckvorrichtungen ist die Gerätesteckdose ohne Strombelastung 1000mal vollständig ein- und auszuführen.

§ 55.

Die Untersuchung der Wärme- und Feuersicherheit hat nach den „Leitsätze für Untersuchung der Isolierkörper von Installationsmaterial“ (siehe ETZ 1924, S. 1389) zu erfolgen, sobald diese in Kraft getreten sind.

§ 56 bis 59 (Vorschriften über Bestimmung des Wirkungsgrades und der Fortkochzahl in Vorbereitung).

## **E. Sonderbestimmungen.**

### **Bügeleisen.**

§ 60.

Wegen der thermischen Beanspruchung der Kontakte soll die Gerätesteckdose nicht zum Ein- und Ausschalten benutzt werden.

Da Bügeleisen einer rauen Behandlung ausgesetzte Arbeitsgeräte sind, sind möglichst Gummischlauchleitungen zu verwenden.

§ 61.

Neben der Prüfung nach § 48 soll das Bügeleisen nach einer 100stündigen Betriebsdauer bei einer 1,4fachen Nennaufnahme freihängend bei 20° Raumtemperatur die vorgeschriebene Prüfspannung aushalten. Darauf muß nach 24stündigem Liegen in feuchter Luft das Gerät der Prüfung nach § 48 genügen.

Heizkissen.

§ 62.

Der geringste Durchmesser des Heizleiters darf 0,08 mm nicht unterschreiten. Der Heizleiter muß allseitig von einer mechanisch haltbaren Asbestschicht umgeben sein.

§ 63.

Heizkissen müssen eine Aufschrift besitzen, die darauf hinweist, daß sie bei Schweißbildung und nassen Kompressen nicht ohne feuchtigkeitsichere Unterlage verwendet werden dürfen, sofern sie nicht bereits mit einem Feuchtigkeitsschutz versehen sind.

Heizkissen müssen in jeder Schaltstellung durch Temperaturbegrenzer in solcher Zahl und Verteilung geschützt werden, daß sie auch nicht stellenweise, selbst bei teilweiser Abdeckung, gefährliche Temperaturen annehmen können.

Die Metallteile des Temperaturbegrenzers müssen, soweit sie spannungsführend sind, von Isolierstoffen umgeben sein, so daß sie eine Isolierung gegen die Gewebe des Heizkissens bilden.

§ 64.

Temperaturbegrenzer müssen bei der eingestellten Temperatur sicher ausschalten.

§ 65.

Die Prüfung des Heizkissens hat sich auf das ganze Gerät, soweit es durch die Lieferung der Fabrik umschrieben ist, zu erstrecken. Hierbei ist zu beachten, daß der feste, nicht abnehmbare Kissenbezug die in § 44 vorgeschriebene Schildbezeichnung enthalten muß; auf weiteren abnehmbaren Bezügen genügt die Angabe der Spannung.

§ 66.

Bei der Prüfung der Heizkissen ist die Leistungsaufnahme festzustellen; sie darf nicht mehr als  $\pm 20\%$  von der auf dem Schild angegebenen Nennaufnahme abweichen.

Zur Prüfung der mechanischen Haltbarkeit der Heizwicklung und des inneren Kissenaufbaues wird das Kissen 100mal scharf gefaltet und zwar je 25mal nach jeder Richtung auf zueinander senkrecht stehenden, der Mitte nahe liegenden Linien des Kissens.

Bei der darauffolgenden Prüfung des Kissens auf Sicherheit gegen Überhitzung wird dieses in eine Wolledecke eingeschlagen und zwischen Holzwolle oder Sägespäne derart in einen Kasten eingelegt, daß es an allen Seiten und Kanten von einer mindestens 4 cm starken wärmeisolierenden Schicht umgeben ist. Zwischen Wolledecke und Kissen werden oberhalb und unterhalb des Heizkissens 0,5 mm starke Kupferplatten von je etwa 40 cm<sup>2</sup> Fläche eingelegt, die metallisch mit der Platte verbundene elektrische oder Glasthermometer tragen. Die Zahl der einzulegenden Platten soll derart bemessen sein, daß durch die Kupferplatten etwa  $\frac{1}{6}$  jeder Kissenseite bedeckt wird. Während einer dreistündigen Prüfzeit mit der normalen Nennaufnahme darf kein Thermometer die Temperatur von 85° überschreiten; Anheizspitzen bis 110° sind zulässig.

Es folgt die Prüfung auf Überlastung unter den gleichen Verhältnissen mit der 1,4fachen Nennaufnahme, wobei innerhalb dreistündiger Prüfzeit ebenfalls obige Temperaturgrenzen gelten.

#### § 67.

Bei der im Anschluß an § 66 stattfindenden Spannungsprüfung ist zwischen Heizkissen mit Feuchtigkeitsschutz und solchen ohne Feuchtigkeitsschutz zu unterscheiden.

Heizkissen ohne Feuchtigkeitsschutz sind zwischen zwei schmiegsame Metallbelege (Metallgewebe oder dergleichen) in trockenem Zustande einzulegen. Durch geeignete Beschwerung ist dafür zu sorgen, daß der Metallbelag auf der ganzen Fläche gleichmäßig fest anliegt. Es ist dann der eine Pol am Heizleiter, der andere an die Metallbelege anzuschließen und das Kissen 1 min lang einer Spannung von 1000 V auszusetzen.

Heizkissen mit Feuchtigkeitsschutz werden 24 h vor Beginn der Spannungsprüfung in ausgebreitetem Zustande zwischen nasse Tücher gelegt, dann in gleicher Weise mit schmiegsamen Metallbelegen eingedeckt und 5 min lang der Spannung von 1000 V ausgesetzt.

Nach Beendigung der Spannungsprüfung ist das Kissen zu öffnen und zu prüfen, ob der innere Aufbau den Vorschriften entsprechend ausgeführt ist und durch die Prüfung keinen Schaden erlitten hat.

§ 68.

Die Temperaturbegrenzer sind darauf zu untersuchen, daß sie bei der Temperatur, auf die sie eingestellt sind, sicher abschalten, ohne daß ein Lichtbogen stehen bleibt. Die Temperatur ist zu verringern, bis Wiedereinschaltung unter gleicher Bedingung erfolgt. Diese Prüfung ist 50mal zu wiederholen.

Tauchsieder.

§ 69.

Abgeschaltete Tauchsieder dürfen unmittelbar nach Herausnehmen aus dem Kochgut nicht auflöten oder unbrauchbar werden. Die größte Eintauchtiefe ist durch eine Marke zu kennzeichnen, bis zu der die Tauchsieder warmwasserdicht auszuführen sind.

Als Anschlußschnüre dürfen nur Gummischlauchleitungen verwendet werden.

Kochplatten.

§ 70.

Kochplatten müssen nach einer 100stündigen Betriebsdauer mit der 1,4fachen Nennaufnahme ohne Aufsetzen von Kochgefäßen die vorgeschriebene Isolationsprüfung aushalten.

Durchlauferhitzer.

§ 71.

Durchlauferhitzer müssen so eingerichtet und installiert sein, daß Dampfbildung unter erhöhtem Druck nicht möglich ist. Es muß ferner Vorkehrung getroffen sein, daß Strom- und Wasserdurchgang derart zwangläufig geregelt werden, daß Wasser durch das Gerät fließt, bevor der Strom eingeschaltet ist.

Elektroden-Heizgeräte.

§ 72.

Elektroden-Heizgeräte, bei denen die Flüssigkeit selbst den Heizleiter bildet, sind nur dann zulässig, wenn die Elektroden mit einem geerdeten Schutzgehäuse versehen sind, das sowohl die Berührung spannungsführender Teile verhindert als auch im Gebrauch die Erdung der Flüssigkeit bewirkt, so daß außerhalb dieses Gehäuses Spannungsunterschiede gegen Erde nicht mehr auftreten können.

§ 73.

Elektroden-Heizeinrichtungen sind ohne Inhalt auf Isolierfestigkeit zu prüfen.

Öfen.

§ 74.

Die unter Spannung gegen Erde stehenden Teile der Heizlampen und Heizkörper müssen der zufälligen Berührung entzogen sein. Dieser Schutz gegen zufälliges Berühren muß auch während des Einschraubens der Lampen und Heizkörper wirksam sein.

§ 75.

In Glühlampenfassungen für Edison-Lampensockel 27 (Normal-Edisonsockel) dürfen nur Heizlampen und Heizkörper bis 500 W Nennaufnahme eingesetzt werden.

Küchengeräte.

§ 76.

Bei Verwendung der Geräte in Küchen ist ein leicht lösbarer schnurloser Anschluß zu erstreben (siehe Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke 1919, S. 95).

---

Anhang.

Ausführung und Betrieb elektrischer Raumheizung mittels freigespannter Heizleiter (elektrische Linearheizung).  
(Aufgestellt vom Elektrotechnischen Verein in Wien).

§ 77.

1. Für die Ausführung und den Betrieb von elektrischen Heizanlagen mit freigespanntem Heizleiter (elektrische Linearheizung) gelten die „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen“, soweit nicht nachstehend Sondervorschriften festgelegt sind.
2. Heizanlagen nach dieser Bauart sind nur in gewerblichen Betriebsräumen zulässig, sofern bei Einhaltung dieser Vorschriften eine Gefährdung der persönlichen Sicherheit und eine Feuergefahr durch ihren Bestand und Betrieb verhütet werden kann.

3. Die Spannung zwischen zwei Heizleitern darf im allgemeinen höchstens 220 V, bei Anlagen mit geerdetem Sternpunkt höchstens 380 V betragen. Bei Anlagen, die nicht während der Betriebsstunden — also nur zu einer Zeit, wo zu dem betreffenden Raume lediglich die Aufsichtsorgane Zutritt haben, — in Betrieb genommen werden, sind Spannungen zwischen zwei Heizleitern bis 500 V zulässig.
4. Für die Heizleiter dürfen nur Drähte, Seile oder Bänder aus Werkstoff mit mindestens 36 kg/mm<sup>2</sup> Bruchfestigkeit verwendet werden. Der geringstzulässige Querschnitt beträgt bei Anlagen mit uneingeschränkter Benutzungzeit 16 mm<sup>2</sup>, bei Anlagen für Benutzung in den Betriebsstunden 10 mm<sup>2</sup>.
5. Die Heizleiter müssen allgemein so verlegt werden, daß eine zufällige Berührung ohne besondere Hilfsmittel ausgeschlossen ist; der Abstand vom Boden oder von anderen Standorten muß mindestens 2,5 m betragen.

Die Heizleiter müssen von Transmissionen und sonstigen, zu bedienenden Betriebseinrichtungen in solcher Entfernung geführt werden, daß sie für die mit Arbeiten an den Betriebseinrichtungen beschäftigten Personen außer Reichweite sind; wo dieses nicht möglich ist, sind Schutzvorrichtungen anzubringen, die bei Ausführung in Metall geerdet werden müssen.

In der Längsrichtung über Verkehrsgängen dürfen Heizleiter nicht verlegt werden; an den Kreuzungstellen mit solchen Gängen sind unter den Heizleitern Schutzvorrichtungen anzubringen, die, wenn sie in Reichweite sind und aus Metall bestehen, geerdet werden müssen, oder die Heizleiter müssen so aufgehängt werden, daß beim Reißen der Leiter herabhängende Stücke nicht in Reichweite gelangen können.

6. Heizleiter, die Spannung gegeneinander führen, dürfen im allgemeinen nur nebeneinander und nicht übereinander verlegt werden; der Abstand von Mitte zu Mitte der Heizleiter oder von anderen metallenen Gegenständen muß mindestens 150 mm betragen. Die Führung solcher Heizleiter übereinander ist nur zulässig, wenn ihre gegenseitige Berührung sicher vermieden ist.
7. Die Heizleiter müssen so verlegt werden, daß die Zugspannung bei 10°  $\frac{1}{6}$  der Bruchfestigkeit des Leiterbaustoffes keinesfalls überschreitet und sind, sofern sie aus einzelnen Stücken zusammengesetzt sind, derartig zu verbinden, daß eine einwandfreie elektrische Ver-

bindung erzielt wird und die Stoßstellen mindestens 85% der Festigkeit des verwendeten Leiters aufweisen.

Die Heizleiter sind in Entfernungen von höchstens 2,5 m zu stützen bzw. aufzuhängen. Die Entfernung der Stützpunkte kann bis höchstens 5 m erhöht werden, wenn durch Spannvorrichtungen, die entweder auf die einzelnen Heizleiter oder auf Heizleitergruppen wirken können, ein unzulässiges Nachgeben der Leiter, durch die der Bodenabstand merklich verringert würde, verhindert ist.

8. Die Strombelastung jedes Heizleiters darf nur so groß sein, daß er bei höchster Raumtemperatur auf höchstens 130° erwärmt wird. Zur Verhütung einer Überschreitung der damit begrenzten Höchststromstärke ist jeder Heizleiter-Verteilstromkreis allpolig zu sichern.
9. In jedem Raume ist ein Hauptausschalter vorzusehen, mit dem die ganze Heizanlage des Raumes allpolig ausgeschaltet werden kann. Der Ausschalter ist an einer gut sichtbaren, rasch zu erreichenden und jederzeit zugänglichen Stelle in unmittelbarer Nähe des Haupteinganges anzuordnen und durch eine Tafel mit der entsprechenden Weisung für die Betätigung zu bezeichnen. In großen Räumen wird die Einrichtung einer Fernbetätigung des Hauptschalters von mehreren Stellen aus empfohlen.
10. An geeigneten Stellen sind gut sichtbare, rote elektrische Warnungslampen anzuordnen, die bei eingeschalteter Heizanlage leuchten. Die Warnungslampen-Stromkreise müssen von der Heizanlage des Raumes hinter dem Hauptschalter abgezweigt werden. Außerdem sind — allenfalls mit den Warnungslampen zusammengebaut — Warnungstafeln anzubringen, die auf die Gefährlichkeit der Berührung von Teilen der Heizanlage aufmerksam machen.
11. Alle Personen, die in Räumen mit elektrischer Linearheizung beschäftigt sind oder solche Räume im Dienste zu betreten haben, sind über ihr Verhalten und über die Gefährlichkeit der Berührung von Teilen der Heizanlage nachweisbar zu belehren. Am Eingang zu Räumen mit einer solchen Heizung ist eine besonders auffällige Warnungstafel anzubringen.
12. Der Instandhaltung und Überwachung der Heizanlage ist besondere Sorgfalt zuzuwenden. Die Anlage muß alljährlich zu Beginn der Heizzeit und noch mindestens einmal während dieser in allen Teilen eingehend über-



prüft werden, wobei auch eine Isolationsmessung vorzunehmen ist.

Während der Heizzeit muß eine entsprechend oftmalige Reinigung der Heizleiter und Stützen vorgenommen werden. Die Reinigung muß bei ausgeschalteter Heizanlage besorgt werden.

13. Soweit Heizanlagen dieser Bauart bereits bestehen und nur außerhalb der Betriebstunden benutzt werden, ist bei bereits gegebener Bewährungszeit deren Weiterbetrieb auch dann zulässig, wenn die Ausführung den vorstehenden Bestimmungen nicht vollkommen entspricht.

## 31. Regeln für die Bewertung von Licht, Lampen und Beleuchtung<sup>1)</sup>.

Gültig ab 1. Januar 1926.

A. Licht.

Photometrische Grundgrößen und  
Einheiten.

Zwischen den verschiedenen photometrischen Grundgrößen und Einheiten bestehen folgende Beziehungen:

Größe		Einheit	
Name	Zeichen	Name	Zeichen
1. Lichtmenge	$Q$	Lumenstunde	Lmh
2. Lichtstrom	$\Phi = \frac{Q}{T}$	Lumen	Lm
3. Lichtstärke	$J = \frac{\Phi}{\omega}$	Hefnerkerze	HK
4. Beleuchtungsstärke	$E = \frac{\Phi}{F} = \frac{J}{r^2} \cos i$	Lux	Lx
5. Leuchtdichte (Flächenhelle)	$e = \frac{J \varepsilon}{f \cos \varepsilon}$	Hefnerkerze für den Quadratzentimeter	HK/cm <sup>2</sup>

Hierin bedeuten:

- $T$  die Zeit in Stunden,  
 $\omega$  den Raumwinkel = dem Verhältnis eines Stückes der  
 Kugeloberfläche zum Quadrat ihres Halbmessers,  
 $F$  eine Fläche in m<sup>2</sup>,  
 $f$  eine Fläche in cm<sup>2</sup>,  
 $r$  eine Länge (Entfernung) in m,  
 $i$  den Einfallswinkel (Inzidenzwinkel),  
 $\varepsilon$  den Ausstrahlungswinkel (Emissionswinkel).

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 471 und 1526.

Bei Vergleichen mit ausländischen Einheiten sind Lumen und Lux als Hefnerlumen und Hefnerlux genauer zu kennzeichnen.

#### Erklärungen.

Lichtmenge ist die von einem Körper abgegebene oder aufgenommene, nach ihrer Lichtwirkung auf das Auge bewertete Strahlungsenergie.

Lichtstrom ist das Verhältnis der Lichtmenge zur Zeitdauer des Strahlungsvorganges.

Lichtstärke einer punktförmigen Lichtquelle in einer bestimmten Richtung ist der Quotient aus dem Lichtstrom in dieser Richtung und dem durchstrahlten Raumwinkel (Raumwinkel-Lichtstromdichte). Ausgedehnte Lichtquellen lassen sich für ihre Wirkung in hinreichend großer Entfernung als punktförmig ansehen.

Statt des Lichtstromes ( $\Phi$ ) wird in der Praxis noch oft die mittlere räumliche Lichtstärke ( $J_0$ ) in  $Hk_0$  angegeben. Sie ist der Mittelwert aus den Lichtstärken in allen Richtungen des Raumes und ergibt sich aus dem Gesamtlichtstrom  $\Phi$  durch Division mit  $4\pi$ :

$$\left[ J_0 = \frac{\Phi}{4\pi} \right].$$

Beleuchtungsstärke einer Fläche ist der Quotient aus dem auf die Fläche fallenden Lichtstrom und der Größe der Fläche (Flächen-Lichtstromdichte).

Hierbei wird die Fläche als klein vorausgesetzt, andernfalls ist der Quotient die mittlere Beleuchtungsstärke der Fläche.

Leuchtdichte (früher Flächenhelle) einer Fläche in einer bestimmten Richtung ist der Quotient aus der Lichtstärke der Fläche in dieser Richtung und der senkrechten Projektion der Fläche auf eine zu dieser Richtung senkrechte Ebene.

Neben der Leuchtdichte finden sich in der lichttechnischen Literatur Angaben über die „spezifische Lichtausstrahlung“. Sie ist der Quotient aus dem Lichtstrom und der gesamten Emissionsfläche und wird in  $Lm/cm^2$  angegeben.

Die Grundeinheit für alle photometrischen Messungen ist die Einheit der Lichtstärke, die Hefnerkerze. Sie wird dargestellt durch die horizontale Lichtstärke der Hefnerlampe.

#### B. Lampen.

1. Lampen sind photometrisch in erster Linie nach ihrem Lichtstrom zu bewerten. Er ist die für die Bewertung wichtigste Größe.

2. Die Lampen sind in betriebsmäßigem Zustande zu messen. Die wesentlichen Betriebsbedingungen und die Art der Ausrüstung der Lampe sind zu kennzeichnen.

3. Die Lichtausstrahlung der Lampen in Abhängigkeit von der Ausstrahlungsrichtung wird durch die Lichtverteilungskurve und die Lichtstromkurve gekennzeichnet.

Die Lichtverteilungskurve gibt die mittleren Lichtstärken unter den verschiedenen Ausstrahlungswinkeln gegen die Vertikale an. Sie wird in Polarkoordinaten winkelgetreu und mit gleichmäßig geteilter Lichtstärkenskala dargestellt; die Ausstrahlungswinkel sind von der nach unten gerichteten Vertikalachse aus zu rechnen. In besonderen Fällen können die Lichtstärken unter Hinweis hierauf logarithmisch aufgetragen werden.

Bei Lampen mit stark axialunsymmetrischer Lichtausstrahlung ist die Lichtverteilung in verschiedenen Meridianebenen anzugeben.

Die Lichtstromkurve gibt in rechtwinkligen Koordinaten die Lichtströme in kegelförmige Räume, deren Achse die Vertikale ist, abhängig von dem halben Öffnungswinkel an.

4. Die Lichtausbeute einer Lampe ist das Verhältnis des von ihr ausgestrahlten Gesamtlichtstromes in Lumen zur zugeführten Leistung in Watt oder Kalorien für die Stunde.

Statt der Lichtausbeute in Lumen/Watt wird bisher gewöhnlich der spezifische Verbrauch in  $W/Hk_0$  angegeben. Die Lichtausbeute ist das  $4\pi$  fache des reziproken Wertes des spezifischen Verbrauches.

Die Lichtausbeute wird daher in Lumen für 1 W oder Lumenstunden für die Wärmeeinheit angegeben. Soweit die Angaben für Lampen mit gasförmigen, flüssigen oder festen Brennstoffen in Lumenstunden für 1 Liter oder 1 Gramm erfolgen, ist der Heizwert des Brennstoffes mit anzugeben. Hierbei ist die in etwa notwendigen Hilfsvorrichtungen verbrauchte Leistung mit in Rechnung zu setzen.

5. Unter Wirkungsgrad einer betriebsmäßigen Lampenausrüstung versteht man das Verhältnis der Lichtströme der Lampe mit und ohne Ausrüstung. Zur Vergleichung des Wirkungsgrades verschiedener Ausrüstungen sind zusätzliche Angaben über die Art der Ausrüstung und die mit ihr erzielte Lichtverteilung und Leuchtdichte zu machen.

6. Eine Lichtquelle wird gekennzeichnet durch  
a) den Verbrauch (Watt, Liter/Stunde, Gramm/Stunde),

- b) den Lichtstrom oder die Lichtausbeute,
- c) die Betriebsspannung des elektrischen Stromes; den Druck, die Beschaffenheit und den Heizwert des Brennstoffes,
- d) die Lebens- oder Nutzbrenndauer bei elektrischen Lampen und Glühkörpern.

Die Nutzbrenndauer ist die Zeit, in der der Lichtstrom um einen zu vereinbarenden Teil seines Anfangswertes abgenommen hat.

### C. Beleuchtung.

1. Zur photometrischen Beurteilung der Beleuchtung dient die Beleuchtungsstärke auf der Arbeits- oder Gebrauchsfläche. Fehlen besondere Angaben über die Arbeits- oder Gebrauchsfläche, so ist die Beleuchtungsstärke auf der wagerechten Fläche maßgebend, die in 1 m Höhe über dem Fußboden anzunehmen ist.

2. Die Angabe der mittleren Beleuchtungsstärke dieser Fläche genügt in den meisten Fällen. Zur näheren Kennzeichnung ist daneben noch die geringste und die höchste Beleuchtungsstärke anzugeben (Minimal- und Maximalbeleuchtung).

3. Als Gleichmäßigkeit der Beleuchtung wird das Verhältnis der geringsten zur größten Beleuchtungsstärke in Form eines echten Bruches angegeben. Schatten- und Lichtflecke werden in die Messung einbezogen, wenn sie durch die Lampe oder ihr Zubehör unmittelbar hervorgerufen werden.

4. Die Lichtausbeute einer Anlage für die Beleuchtung einer Fläche ist das Verhältnis des gesamten auf die Fläche fallenden Lichtstromes zur gesamten aufgewandten Leistung. Dieser Lichtstrom ist gleich dem Produkt aus der mittleren Beleuchtungsstärke in Lux und der beleuchteten Fläche in  $m^2$ .

5. Der Wirkungsgrad einer Anlage für die Beleuchtung einer Fläche ist das Verhältnis des gesamten auf die Fläche fallenden Lichtstromes zu dem gesamten Lichtstrom der Lampen ohne Ausrüstung.

## 32. Regeln für Meßgeräte<sup>1)</sup>

### Einleitung.

#### § 1. Geltungstermin.

Diese Regeln treten am 1. Juli 1923 in Kraft.

#### § 2. Geltungsbereich.

Diese Regeln gelten für nachbenannte Arten von zeigenden Meßgeräten bis 1000 A und 20000 V, und zwar sowohl für Gleichstrom als auch für Wechselstrom von der Frequenz  $15 \div 90$ :

Strommesser,  
Spannungsmesser,  
Leistungsfaktor- und Phasenmesser,  
Leistungsmesser,  
Frequenzmesser.

Sie gelten nicht für zeigende Meßgeräte, die mit Vorrichtungen zum Schreiben, Kontaktgeben u. dgl. versehen sind.

#### § 3. Klasseneinteilung.

Meßgeräte, die diesen Regeln entsprechen, erhalten ein Klassenzeichen. Es darf nur angebracht werden, wenn sämtliche Bestimmungen dieser Regeln für die betreffende Klasse erfüllt sind:

Klassenzeichen E Feinmeßgeräte 1. Kl.  
„ F Feinmeßgeräte 2. Kl.  
„ G Betriebsmeßgeräte 1. Kl.  
„ H Betriebsmeßgeräte 2. Kl.

### Begriffserklärungen.

#### Meßgeräte und ihre Bestandteile.

Meßwerk ist die Einrichtung zur Erzeugung und Messung des Zeigerausschlages.

Bewegliches Organ ist der Zeiger einschließlich der sich mit ihm bewegenden Teile.

Instrument ist das Meßwerk zusammen mit dem Gehäuse und gegebenenfalls eingebautem Zubehör.

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1922. Veröffentlicht: ETZ 1922, S. 290 u. 858. Erläuterungen ETZ 1922, S 518.

Bei dem Instrument mit eingebautem Zubehör ist das Zubehör in das Gehäuse des Instrumentes eingebaut oder an ihm untrennbar befestigt.

Meßgerät ist das Instrument zusammen mit sämtlichem Zubehör, also auch mit solchem, das nicht untrennbar mit dem Instrument verbunden, sondern getrennt gehalten ist. Getrennt gehaltene Meßwandler gelten nicht als Zubehör.

Die Austauschbarkeit von Instrumenten und Zubehör bezieht sich nur auf bestimmte Typen gleichen Ursprunges.

Der Strompfad des Meßwerkes führt unmittelbar oder mittelbar den ganzen Meßstrom oder einen bestimmten Bruchteil von ihm.

Der Spannungspfad des Meßgerätes liegt unmittelbar oder mittelbar an der Meßspannung.

Nebenwiderstand ist ein Widerstand, der parallel zu dem Strompfad und diesem etwa zugeschalteten Stromvorwiderstand liegt.

Vorwiderstand ist ein Widerstand, der im Spannungspfad liegt.

Drossel ist ein induktiver Widerstand (Vor- und Nebendrossel).

Kondensator ist ein kapazitiver Widerstand (Vor- und Nebenkondensator).

Meßleitungen sind Leitungen im Strom- und Spannungspfad des Meßgerätes, die einen bestimmten Widerstand haben müssen.

### § 5.

Schalttafelinstrumente sind zum festen Anbringen an Wänden, Pulten, Wandarmen u. dgl. eingerichtet.

Tragbare Instrumente sind zum Tragen eingerichtet, um sie leicht an verschiedenen Aufstellplätzen verwenden zu können.

### Bezeichnung der Instrumente.

#### § 6.

Die Bezeichnung der Instrumente ergibt sich aus der Art des Meßwerkes; man unterscheidet:

**M 1:** Drehspulinstrumente besitzen einen feststehenden Magnet und eine oder mehrere Spulen, die bei Stromdurchgang elektromagnetisch abgelenkt werden.

**M 2:** Dreheiseninstrumente (Weicheiseninstrumente) besitzen ein oder mehrere bewegliche Eisenstücke,

die von dem Magnetfeld einer oder mehrerer feststehender, stromdurchflossener Spulen abgelenkt werden.

**M 3:** Elektrodynamische Instrumente haben feststehende und elektrodynamisch abgelenkte bewegliche Spulen. Allen Spulen wird Strom durch Leitung zugeführt. Man unterscheidet:

- a) eisenlose elektrodynamische Instrumente,
- b) eisengeschirmte elektrodynamische Instrumente,
- c) eisengeschlossene elektrodynamische Instrumente.

Eisenlose elektrodynamische Instrumente sind ohne Eisen im Meßwerk gebaut und besitzen keinen Eisenschirm.

Eisengeschirmte elektrodynamische Instrumente sind ohne Eisen im eigentlichen Meßwerk gebaut und besitzen zur Abschirmung von Fremdfeldern einen besonderen Eisenschirm. Ein Gehäuse aus Eisenblech gilt nicht als Schirm im Sinne dieser Begriffs-erklärung.

Eisengeschlossene elektrodynamische Instrumente besitzen Eisen im Meßwerk in solcher Anordnung, daß dadurch eine wesentliche Steigerung des Drehmomentes erzielt wird. Sie können mit oder ohne Schirm ausgeführt werden.

**M 4:** Induktionsinstrumente (Drehfeldinstrumente u. a.) besitzen feststehende und bewegliche Stromleiter (Spulen, Kurzschlußringe, Scheiben oder Trommeln); mindestens in einem dieser Stromleiter wird Strom durch elektromagnetische Induktion induziert.

**M 5:** Hitzdrahtinstrumente. Die durch Stromwärme bewirkte Verlängerung eines Leiters stellt unmittelbar oder mittelbar den Zeiger ein.

**M 6:** Elektrostatische Instrumente. Die Kraft, die zwischen elektrisch geladenen Körpern verschiedenen Potentials auftritt, stellt den Zeiger ein.

**M 7:** Vibrationsinstrumente. Die Übereinstimmung der Eigenfrequenz eines schwingungsfähigen Körpers mit der Meßfrequenz wird sichtbar gemacht.

Zur Kennzeichnung der Art des Meßwerkes dienen die im Anhang zusammengestellten Symbole.

## § 7.

Instrumente für bestimmte Lage erhalten Lagezeichen zur Kennzeichnung der Gebrauchslagen, d. h. der Lagen, in denen die Bestimmungen eingehalten werden.



Bei Instrumenten, ohne Lagezeichen müssen die Bestimmungen in jeder Gebrauchslage eingehalten sein.

### § 8.

Bei gepolten Strom- und Spannungsmessern hängt die Ausschlagrichtung von der Stromrichtung ab.

Instrumente mit beiderseitigem Ausschlag haben Skalenteile für zwei Ausschlagrichtungen.

### § 9. Schutzart durch das Gehäuse.

- S 1: **Schaufrei.** Die ganze Ableseseite ist durch Glas oder einen anderen durchsichtigen Stoff abgedeckt.
- S 2: **Geschützt.** Die Ableseseite ist bis auf ein mit einem durchsichtigen Stoff abgedecktes Fenster vor der Skala geschützt.
- S 3: **Spritzwassersicher.** Gelegentlich auftretendes Spritzwasser darf nicht in das Innere des Instrumentes eindringen.
- S 4: **Druckwassersicher.** Nach  $\frac{1}{2}$ stündigem Liegen in Süß- oder Seewasser unter  $0,7 \text{ kg/cm}^2$  Druck darf kein Wasser in das Innere des Instrumentes eingedrungen sein.
- S 5: **Schlagwettersicher:** Das Gehäuse hält die Explosion von schlagenden Wettern, die in das Innere gelangen, aus und es wird die Übertragung der Explosion an die Umgebung verhindert.

Im übrigen gelten die „Vorschriften für die Ausführung von Schlagwetter-Schutzvorrichtungen an elektrischen Maschinen, Transformatoren und Apparaten“<sup>1)</sup>.

- S 6: **Tropensicher.** Das Instrument hält der dauernden Einwirkung von feuchtwarmer Luft stand. Das Gehäuse schützt gegen das Eindringen von feinem Staub und Insekten.

### Skale.

#### § 10.

Meßgröße ist die Größe, zu deren Messung das Meßgerät bestimmt ist. (Strom, Spannung, Leistung usw.).

Anzeigebereich ist der Bereich, in dessen Grenzen die Meßgröße ohne Rücksicht auf Genauigkeit angezeigt wird.

Meßbereich ist der Teil des Anzeigebereiches, für den die Bestimmungen über Genauigkeit eingehalten werden.

Skalenlänge ist der in mm gemessene Weg der Zeigerspitze vom Anfang bis zum Ende der Skale.

<sup>1)</sup> S. Seite 59 u. ff.

Nullpunkt ist der Teilstrich, auf den der Zeiger einspielen soll, wenn die Meßgröße Null ist.

Skalen mit unterdrücktem Nullpunkt beginnen nicht mit dem Teilstrich Null, sondern mit einem höheren Wert.

Erweiterte Skalen sind über den Meßbereich hinaus fortgesetzt.

#### § 11.

Der Meßbereich umfaßt:

- a) bei Instrumenten mit durchweg genau oder angenähert gleichmäßiger Teilung den ganzen Anzeigebereich vom Anfang bis zum Ende der Skale.
- b) bei Instrumenten mit ungleichmäßiger Teilung den besonders gekennzeichneten Teil des Anzeigebereiches, der zusammengedrückte Teile am Anfang und am Ende der Skale ausschließen darf.

### Nenn- und Bezugsgrößen.

#### § 12.

Nennfrequenz bei Strom-, Spannung-, Leistungs- und Leistungsfaktormessern ist die auf dem Instrument angegebene Frequenz.

Nennfrequenzbereich bei Strom-, Spannung-, Leistungs- und Leistungsfaktormessern ist der auf dem Instrument angegebene Frequenzbereich.

Ist nur eine Nennfrequenz angegeben, so gilt der Bereich  $0,9 \times$  Nennfrequenz bis  $1,1 \times$  Nennfrequenz als Nennfrequenzbereich.

#### § 13.

Nennspannung bei Leistungs-, Leistungsfaktor- und Frequenzmessern ist die auf dem Instrument angegebene Spannung.

Nennspannungsbereich bei Leistungs-, Leistungsfaktor- und Frequenzmessern ist der Bereich zwischen der niedrigsten und höchsten Spannung, für die das Meßgerät den Bestimmungen über Genauigkeit entspricht.

Ist nur eine Nennspannung angegeben, so gilt der Bereich  $0,9 \times$  Nennspannung bis  $1,1 \times$  Nennspannung als Nennspannungsbereich.

Höchstspannung gegen Gehäuse ist die höchste Spannung, die zwischen Strom- bzw. Spannungspfad und Gehäuse betriebsmäßig zulässig ist.

## § 14.

**Nennstrom** bei Leistungs- und Leistungsfaktormesser ist der auf dem Instrument angegebene Strom.

Nennstrom beim Nebenwiderstand ist der auf ihm angegebene Strom. Er entspricht bei Strommessern dem Ende des Meßbereiches, bei Leistungs- und Leistungsfaktormessern dem Nennstrom des Meßgerätes.

**Instrumentstrom** beim Nebenwiderstand ist der in den Strompfad des Instrumentes abgezweigte Teil des Nennstromes.

**Nennspannungsabfall** beim Nebenwiderstand ist der auf ihm angegebene Spannungsabfall, der entsteht, wenn das Meßgerät vom Nennstrom durchflossen wird.

## § 15.

**Kriechstrecke** ist der kürzeste Weg, auf dem ein Stromübergang längs der Oberfläche eines Isolierkörpers zwischen Metallteilen eintreten kann, wenn zwischen ihnen eine Spannung besteht.

## § 16.

Als **Bezugstemperatur** gilt die Raumtemperatur von 20° C.

## § 17. Beruhigungszeit.

**Beruhigungszeit** ist die Zeit in s, die der vorher auf Null stehende Zeiger braucht, um bis auf etwa 1% der gesamten Skalenlänge auf einen etwa in der Mitte der Skala liegenden Teilstrich einzuspielen, wenn plötzlich eine ihm entsprechende Meßgröße eingeschaltet wird.

## § 18. Genauigkeit.

**Anzeigefehler** ist der Unterschied zwischen der Anzeige und dem wahren Wert der Meßgröße, der lediglich durch die mechanische Unvollkommenheit des Meßgerätes und durch die Unvollkommenheit der Eichung, also in der richtigen Lage, bei Bezugstemperatur, bei Abwesenheit von fremden Feldern (Ausnahme siehe § 31 Ziff. 6), bei der Nennspannung und bei der Nennfrequenz verursacht wird. Er wird in Prozenten des Endwertes des Meßbereiches angegeben, sofern nicht anderes (§ 31) bestimmt ist. Ist der angezeigte Wert größer als der wahre Wert, so ist der Anzeigefehler positiv.

## § 19. Einflußgrößen.

Die **Einflußgrößen** werden, wenn nichts anderes bestimmt ist, in Prozenten des Endwertes des Meßbereiches angegeben.

Temperatureinfluß ist bei Strom-, Spannung-, Leistungs-, Leistungsfaktor- und Frequenzmessern die Änderung der Anzeige, die lediglich dadurch verursacht wird, daß sich die Raumtemperatur um  $\pm 10^\circ$  von der Bezugstemperatur unterscheidet.

Frequenzeinfluß ist bei Strom-, Spannung-, Leistungs- und Leistungsfaktormessern die größte Änderung der Anzeige, die lediglich durch eine Frequenzänderung innerhalb des Nennfrequenzbereiches verursacht wird.

Spannungseinfluß ist bei Leistungs-, Leistungsfaktor- und Frequenzmessern die größte Änderung der Anzeige, die lediglich durch eine Spannungsänderung innerhalb des Netzspannungsbereiches verursacht wird.

Fremdfeldeinfluß ist die Änderung der Anzeige, die lediglich durch ein Fremdfeld von 5 Gauß Feldstärke bei gleicher Stromart und Frequenz, bei ungünstiger Phase des Fremdfeldes und ungünstigster gegenseitiger Lage verursacht wird, u. zw. für Strom- und Spannungsmesser bei Einstellung auf das Ende des Meßbereiches, für Leistungs- und Leistungsfaktormesser bei Anlegen der Nennspannung.

Lageeinfluß ist die Änderung der Anzeige, die lediglich durch eine Neigung um  $\pm 5^\circ$  aus der gekennzeichneten Gebrauchslage entsteht. Hat das Instrument kein Lagezeichen, so ist der Lagefehler die Änderung der Anzeige zwischen senkrecht und wagerecht gestellter Skalenebene in Stellungen, die dem Gebrauch entsprechen.

Die Grenzen, die die Einflußgrößen nicht überschreiten dürfen, sind in den §§ 32 bis 36 festgelegt; sie gelten im allgemeinen als Zusätze zu den durch § 31 festgelegten Anzeigefehlergrenzen.

Die Wechselstromprüfungen sind mit praktisch sinusförmiger Kurvenform vorzunehmen; der Einfluß verzerrter Wellen wird nicht festgestellt.

## Bestimmungen.

### Gehäuse.

#### § 20.

Das Gehäuse muß das Meßwerk und empfindliche Teile von eingebautem Zubehör vor Beschädigung bei gewöhnlichem Gebrauch schützen und das Meßwerk staubsicher umschließen.

#### § 21. Erdung.

Gehäuse, die geerdet werden sollen, müssen mit Vorrichtungen versehen sein, die den sicheren Anschluß an Erd-

zuleitungen von 16 mm<sup>2</sup> ermöglichen. Hierfür genügt z. B. eine Schraube von 6 mm Durchmesser.

### § 22. Klemmenbezeichnung.

Bei Meßgeräten, deren Ausschlag von der Stromrichtung abhängig ist, muß die Stromrichtung deutlich und dauerhaft gekennzeichnet sein.

Bei Meßgeräten mit mehreren Klemmen sind Bezeichnungen anzubringen, die die richtige Art des Anschlusses erkennen lassen.

### Skale.

#### § 23.

Wenn das Skalenblech oder die Zeigeranschlüge metallisch mit dem Gehäuse verbunden sind, so ist der Zeiger von den Teilen des beweglichen Organes, denen Strom durch Leitung zugeführt wird, zu isolieren.

Der Abstand des Zeigers von der Skale soll nicht größer als  $0,02 \times$  Zeigerlänge + 1 mm sein.

#### § 24. Nullstellung.

Instrumente der Klasse E und F müssen eine Vorrichtung besitzen, mit der man den Zeiger verstellen kann, ohne das Gehäuse zu entfernen. Die Vorrichtung soll bei Instrumenten für Höchstspannungen über 40 V gefahrlos betätigt werden können, ohne daß eine Berührung spannungsführender Teile eintritt; sie muß also durch eine ausreichende Isolation von diesen getrennt sein. Es wird empfohlen, auch Instrumente der Klasse G mit einer solchen Einstellungsrichtung zu versehen, sofern sie Federrichtkraft besitzen.

Wenn die Isolierung nicht ausreichend ist, muß ein Warnungsschild angebracht werden.

#### § 25.

Es wird empfohlen, die Skale von links nach rechts (bzw. von unten nach oben) zu beziffern und Ausnahmen von dieser Regel auch bei Instrumenten mit zwei Ableseseiten zu vermeiden.

Bei Instrumenten mit beiderseitigem Ausschlag soll der nach § 22 gekennzeichneten Stromrichtung der rechte Skalenteil entsprechen.

Der Abstand zweier Teilstriche soll 1 oder 2 oder 5 Einheiten der Meßgröße oder einem dezimalen Vielfachen bzw. einem dezimalen Bruchteil dieser Werte entsprechen.

**Belastbarkeit.****§ 26.**

Strom- und Spannungmeßgeräte der Klassen E und F müssen dauernd innerhalb ihres Meßbereiches belastet werden können. Eine Ausnahme ist nur bei Instrumenten zulässig, die mit einem Schalter versehen sind, der beim Loslassen zurückfedert und nicht feststellbar ist.

Strom- und Spannungmeßgeräte der Klassen G und H müssen dauernd den dem 1,2-fachen Endwert des Meßbereiches entsprechenden Betrag der Meßgröße aushalten.

Leistungs- und Leistungsfaktormesser müssen dauernd die 1,2-fachen Werte ihres Nennstromes bzw. ihrer Nennspannung aushalten. Ausgenommen von dieser Bestimmung sind Instrumente mit Bandaufhängung.

Frequenzmesser müssen dauernd den 1,2-fachen Betrag ihrer Nennspannung aushalten.

Diese Bestimmungen gelten sinngemäß auch für das Zubehör.

Durch vorstehend angegebene Überlastungen dürfen keine bleibenden Veränderungen hervorgerufen werden, durch die die Erfüllung dieser Bestimmungen aufgehoben wird.

**§ 27. Überlastprobe.**

Schalttafelstrommesser und -leistungsmesser der Klassen G und H, mit Ausnahme der Instrumente der Art M 3 und M 5, sollen in einem praktisch induktionsfreien Stromkreis stoßweise Überlastungen der Strompfade ohne merklichen mechanischen und thermischen Schaden bei einmaliger Probe aushalten:

Zahl und Dauer der Stöße:

9 Stöße von 0,5 s in Intervallen von je 1 min, anschließend 1 Stoß von 5 s Belastungsdauer;

Stärke der Stöße:

bei Strommessern mit dem 10-fachen Endwert des Meßbereiches,

bei Leistungsmessern mit dem 10-fachen Nennstrom.

**§ 28. Beruhigungszeit.**

Die Beruhigungszeit darf nicht überschreiten:

Bei Instrumenten der Klassen E und F:  $3 + \frac{L}{100}$  s,

„ „ „ „ G:  $3 + \frac{L}{50}$  s,

„ „ „ „ H:  $4 + \frac{L}{40}$  s,

wobei  $L$  die in mm gemessene Zeigerlänge ist.

Von diesen Bestimmungen sind die Instrumente der Art M 5, M 6 und M 7 ausgenommen, ebenso solche mit Bandaufhängung.

### § 29. Durchschlagprobe.

Die Durchschlagprobe ist am fertigen Instrument bzw. Zubehör vorzunehmen.

Für die Ausführung der Prüfung gelten folgende Vorschriften:

Die Frequenz der Prüfspannung soll zwischen 15 und 60 liegen und die Kurvenform praktisch sinusförmig sein. Die Prüfspannung soll allmählich auf die Werte der folgenden Tafel gesteigert und 1 min lang gehalten werden. Ein Pol der Spannungsquelle wird an die untereinander leitend verbundenen betriebsmäßig unter Spannung stehenden Teile, der andere an die metallene Grundplatte gelegt, mit der alle sonstigen außen am Gehäuse vorhandenen Metallteile verbunden sein müssen. Sind Grundplatte oder Gehäuse nicht leitend, so ist der eine Pol an eine Metallplatte anzuschließen, auf die das Instrument bzw. Zubehör gelegt wird und mit der alle sonstigen außen am Gehäuse vorhandenen Metallteile sowie alle anderen gefährdeten Stellen leitend zu verbinden sind.

Für Meßgeräte, die nicht an Meßwandler angeschlossen werden, gelten folgende Prüfspannungen:

Höchstspannung*) gegen Gehäuse	Prüfspannung	Prüfspannungszeichen
nicht über 40 V	500 V	schwarzer Stern
41 bis 100 V	1000 V	brauner Stern
101 bis 650 V	2000 V	roter Stern
651 bis 900 V	3000 V	blauer Stern
901 bis 1500 V	5000 V	grüner Stern

\*) im folgenden kurz mit Höchstspannung bezeichnet.

Diese Prüfspannungen gelten sowohl für das Instrument als auch für das Zubehör. Sie sind der Höchstspannung des gesamten Meßgerätes entsprechend zu wählen.

Instrumente für Nennspannungen bis 1500 V können für größere Höchstspannungen verwendet werden, wenn sie entsprechend den Leitsätzen für die Konstruktion von Hochspannungsapparaten isoliert werden. Das Gehäuse des Instrumentes ist dabei mit einem Pol außen sichtbar leitend zu verbinden und mit einem roten Blitzpfeil als hochspannungsführend zu kennzeichnen.

Wenn bei Meßgeräten für Spannungen über 1500 V das

Instrument betriebsmäßig derart geerdet wird, daß im Instrument selbst nur ein Teil der Betriebsspannung auftreten kann, so ist dieser Teil als Höchstspannung im Sinne der Tafel zu betrachten und die Prüfspannung des Instrumentes danach zu bemessen. Als Erdspannung für das Zubehör gilt dabei die des Meßgerätes.

Elektrostatische Meßgeräte (M 7) müssen Vorwiderstände oder Vorkondensatoren erhalten, die bei Überbrückung des Meßwerkes einen Kurzschluß verhüten.

Bei Instrumenten zum Anschluß an Meßwandler, deren Sekundärwicklung von der Primärwicklung isoliert ist, beträgt die Prüfspannung mindestens 2000 V.

Tragbare Instrumente mit Metallgehäuse sind mit der der Höchstspannung entsprechenden Prüfspannung zu prüfen, maximal mit 2000 V.

### § 30. Mindestkriechstrecken.

Als Spannungen, nach denen die Kriechstrecken bei Instrumenten und Zubehör zu bemessen sind, gelten:

- a) für Kriechstrecken gegen das Gehäuse die Höchstspannung des Meßgerätes,
- b) für Kriechstrecken zwischen Teilen, die nicht mit dem Gehäuse leitend verbunden und die innerhalb des Instrumentes und des Zubehöres liegen, die betriebsmäßig zwischen diesen Punkten bestehende Spannung.

Für diese Spannungen nach a) und b) werden folgende Mindestkriechstrecken vorgeschrieben:

Spannung	Mindestkriechstrecke
nicht über 40 V	1 mm
41 bis 100 „	3 „
101 „ 650 „	5 „
651 „ 900 „	8 „
901 „ 1500 „	12 „

Für Instrumente zum Anschluß an Meßwandler, deren Sekundärwicklung von der Primärwicklung isoliert ist, beträgt die Mindestkriechstrecke gegen das Gehäuse 5 mm.

### § 31. Anzeigefehler.

(siehe § 18).

Folgende Anzeigefehler dürfen im Meßbereich von Strom-, Spannung- und Leistungsmessern nicht überschritten werden:



### Feinmeßgeräte Klasse E und F mit eingebautem Zubehör.

Art des Meßgerätes	Art der Meßwerke	Anzeigefehler in % des Endwertes des Meßbereiches	
		Klasse E	Klasse F
Strom- und Spannungsmesser . . . . .	M 1	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$
Spannung- u. Leistungsmesser . . . . .	M 2 $\div$ M 6	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$
Strommesser . . . . .	M 2 $\div$ M 5	$\pm 0,4$	$\pm 0,6$

Der zulässige Anzeigefehler der Meßgeräte der Klasse E und F vergrößert sich:

- bei Meßbereichen für mehr als 250 V am Spannungspfad um 0,1 %,
- bei Meßgeräten mit austauschbaren Vorwiderständen um weitere 0,1 %,
- bei Meßgeräten mit austauschbaren Nebenwiderständen um 0,2 %.

### Betriebsinstrumente der Klasse G.

Art des Meßgerätes	Anzeigefehler
Strom-, Spannung-, Leistungs- messer . . . . .	$\pm 1,5$ % des Endwertes des Meßbereiches
Leistungsfaktormesser . . . . .	$\pm 2$ Winkelgrade der Skale
Zungenfrequenzmesser . . . . .	$\pm 1$ % des Sollwertes
Zeigerfrequenzmesser . . . . .	$\pm 1$ % des Skalenmittelwertes

Für die Betriebsinstrumente der Klasse H gelten die doppelten Werte der Tafel für Klasse G.

Diese Fehlergrenzen beziehen sich auf folgende Verhältnisse:

1. Bei Strom-, Spannung-, Leistungs- und Leistungsfaktormessern auf die Nennfrequenz.
2. Bei Leistungs-, Leistungsfaktor- und Frequenzmessern auf die Nennspannung.
3. Bei Leistungsfaktormessern auf eine Strombelastung zwischen 20 und 100 % des Nennstromes.
4. Auf die Bezugs-temperatur von 20 °C.
5. Bei Spannung- und Strommessern der Klasse E und F auf kurz- und langdauernde Einschaltung,  
bei Leistungsmessern der Klasse E und F auf Dauer-einschaltung des Spannungspfad und kurz- oder

langdauernde Einschaltung des Strompfades mit den Nennwerten der Spannung bzw. des Stromes.

6. Aus den Prüfergebnissen ist der Einfluß etwa wirksamer Fremdfelder auszuschließen. E- und F-Instrumente der Art M 1 sind dabei in der durch den Nord-Süd-Pfeil gekennzeichneten Lage im Erdfeld aufzustellen. Fehlt dieser Pfeil, so muß das Instrument in jeder Lage zum Erdfeld den Genauigkeitsvorschriften entsprechen. Bei E- und F-Instrumenten der Art M 3 ist der Erdfeldeinfluß durch Stromwenden auszuschließen.
7. Instrumente der Klassen G und H sollen vor der Prüfung bis zum Beharrungszustand vorgewärmt werden, und zwar:
  - a) Strom- und Spannungsmesser mit 80 % des Endwertes des Meßbereiches,
  - b) Leistungs- und Leistungsfaktormesser mit 100% der Nennspannung und 80% des Nennstromes. Ist ein Nennspannungsbereich angegeben, so ist das Instrument mit der mittleren Spannung zu belasten.
8. Die Prüflage soll möglichst genau mit der durch die Lagezeichen gekennzeichneten übereinstimmen.

### Einflußgrößen.

#### § 32.

Der Temperatureinfluß darf nicht überschreiten:

bei Strommessern der Klasse E und F . . . . .	0,5%
„ Spannung- und Leitungsmessern der Klasse E u. F 0,3%	
„ Meßgeräten der Klasse G . . . . .	2 %
„ „ „ „ H . . . . .	3 %

#### § 33.

Der Frequenzeinfluß von Strom-, Spannung-, Leistungs- und Leistungsfaktormessern darf nicht überschreiten:

- bei Meßgeräten der Klassen E und F 0,1%,
- bei Meßgeräten der Klasse G 1%, bei Leistungsfaktormessern 2 Winkelgrade,
- bei Meßgeräten der Klasse H 2%, bei Leistungsfaktormessern 4 Winkelgrade.

## § 34.

Der Spannungseinfluß darf nicht überschreiten:

Klasse	Leistungs- messer	Leistungsfaktor- messer	Zeigerfrequenzmesser
E	0,2 %	—	—
F	0,5 %	—	—
G	1 %	1,0 Winkelgrad der Skale	0,5 % der Skalenmitte
H	2 %	2,0 Winkelgrad der Skale	1,0 % der Skalenmitte

## § 35.

Der Fremdeinfluß darf nicht überschreiten:

bei Instr. d. Kl. E u. F Art M 1, M 2, M 3 b, M 3 c, M 5

3% v. Endwert des Meßbereiches,

bei Instr. d. Kl. G Art M 1 ÷ M 7 3% v. Endwert d. Meß-  
bereiches,bei Instr. d. Kl. H Art M 1 ÷ M 7 5% v. Endwert d. Meß-  
bereiches,Instrumente der Art M 3 a sind ausgenommen, weil sie in  
hohem Maße dem Fremdfeldeinfluß unterliegen.

## § 36.

Der Lagefehler soll bei Instrumenten ohne Libelle  
oder Senkel nicht überschreiten:

bei Klasse E und F . . 0,2% der Skalenlänge,

„ „ G . . . . . 1 % „ „ „

„ „ H . . . . . 2 % „ „ „

**Aufschriften.**

## § 37.

Auf Strommessern muß angegeben sein:

Ursprungszeichen,

Fertigungsnummer (nur bei Klasse E und F),

Einheit der Meßgröße,

Klassenzeichen,

Stromartzeichen,

Zeichen für die Art des Meßwerkes,

Lagezeichen,

Prüfspannungzeichen,

Nennfrequenz (Nennfrequenzbereich),

Übersetzung des zugehörigen Stromwandlers,

Nennspannungsabfall (nur bei Gleichstrominstrumenten der Klasse E),  
 Wirkwiderstand und Induktivität bei der Frequenz 50  
 (nur bei Wechselstrominstrumenten der Klasse E).

### § 38.

Auf Spannungsmessern muß angegeben sein:

Ursprungzeichen,  
 Fertigungsnummer (nur bei E und F),  
 Einheit der Meßgröße,  
 Klassenzeichen,  
 Stromartzeichen,  
 Zeichen für die Art des Meßwerkes,  
 Lagezeichen,  
 Prüfspannungzeichen,  
 Nennfrequenz oder Nennfrequenzbereich,  
 Übersetzung des zugehörigen Spannungswandlers,  
 Widerstand des Spannungpfades (nur bei Klasse E).

### § 39.

Auf Leistungsmessern muß angegeben sein:

Ursprungzeichen,  
 Fertigungsnummer,  
 Einheit der Meßgröße,  
 Klassenzeichen,  
 Stromartzeichen,  
 Zeichen für die Art des Meßwerkes,  
 Lagezeichen,  
 Prüfspannungzeichen,  
 Nennspannung (Nennspannungsbereich),  
 Nennfrequenz (Nennfrequenzbereich),  
 Nennstrom,  
 Übersetzung des zugehörigen Spannungswandlers,  
 Übersetzung des zugehörigen Stromwandlers,  
 Wirkwiderstand und Induktivität des Strompfades bei  
 der Frequenz 50 (nur bei Klasse E),  
 Widerstand des Spannungpfades (nur bei Klasse E).

### § 40.

Auf Leistungsfaktormessern muß angegeben sein:

Ursprungzeichen,  
 Fertigungsnummer,  
 Meßgröße,  
 Klassenzeichen.

Stromartzeichen,  
 Zeichen für die Art des Meßwerkes,  
 Lagezeichen,  
 Prüfspannungzeichen,  
 Nennfrequenz (Nennfrequenzbereich),  
 Nennspannung (Nennspannungsbereich),  
 Nennstrom.

## § 41.

Auf Frequenzmesser muß angegeben sein:

Ursprungzeichen,  
 Fertigungsnummer,  
 Klassenzeichen,  
 Zeichen für die Art des Meßwerkes,  
 Lagezeichen,  
 Prüfspannungzeichen,  
 Nennspannung und Nennspannungsbereich.

## § 42.

Auf getrennten Nebenwiderständen ist anzugeben:

Ursprungzeichen,  
 Fertigungsnummer, ausgenommen bei austauschbaren  
 Nebenwiderständen der Klassen G und H.

Außerdem bei austauschbaren Nebenwiderständen:

Klassenzeichen,  
 Nennstrom und — durch schrägen Bruchstrich ge-  
 trennt —  
 Instrumentstrom, wenn dieser mehr als 0,1% des Nenn-  
 stromes beträgt,  
 Nennspannungsabfall,  
 gegebenenfalls Prüfspannungzeichen.

## § 43.

Auf getrennten Vorwiderständen ist anzugeben:

Ursprungzeichen,  
 Fertigungsnummer,  
 Meßbereich des Instrumentes mit diesem Vorwiderstand,  
 gegebenenfalls bei jeder Klemme,  
 Widerstand (nur bei austauschbaren Vorwiderständen  
 der Klasse E, gegebenenfalls für jeden Abschnitt).  
 Die Angabe der Meßbereiche und der Widerstände darf  
 durch ein Schaltungschema ersetzt oder ergänzt werden.

Außerdem bei austauschbaren Vorwiderständen:

Klassenzeichen,  
 Prüfspannungzeichen.

## § 44.

Auf getrennten Drosseln und Kondensatoren ist anzugeben:

Ursprungszeichen,  
Fertigungsnummer des Zubehöres,  
bei Drosseln Nennfrequenz (Nennfrequenzbereich),  
Prüfspannungzeichen.

Auf den Meßgeräten der §§ 37 bis 40 darf Frequenz und Frequenzbereich weggelassen werden, wenn sie für den Frequenzbereich 15 bis 60 bestimmt sind.

## § 45.














Für die nach den §§ 37 bis 44 anzuwendenden Zeichen und Abkürzungen gilt:

a)	für	Einheit	Abkürzung
	Stromstärke	Ampere	A
	„	Milliampere	mA
	Spannung	Volt	V
	„	Millivolt	mV
	„	Kilovolt	kV
	Leistung	Watt	W
	„	Kilowatt	kW
	Widerstand	Ohm	$\Omega$
		Kiloohm	k $\Omega$
		Megohm	M $\Omega$

- b) **Klassenzeichen.** Als Klassenzeichen werden die Kennbuchstaben E, F, G und H verwendet.
- c) **Stromartzeichen.** Als Stromartzeichen wird für Gleichstrom das Gleichheitszeichen, für Wechselstrom das Wellenzeichen verwendet.
- d) **Art des Meßwerkes.** Es werden die im Anhang zusammengestellten Symbole benutzt.
- e) **Lagezeichen.** Instrumente mit bestimmter Lage werden durch einen Strich oder ein Winkelzeichen beim Meßwerksymbol gekennzeichnet.
- f) **Prüfspannungzeichen.** Die in § 29 angegebenen farbigen Sterne werden zu dem Kennbuchstaben des Klassenzeichens gesetzt.
- g) **Übersetzung der Meßwandler.** Sie wird in Form eines Bruches ausgedrückt, dessen Zähler die primäre und dessen Nenner die sekundäre Nenngröße ist.

- h) Auf Betriebsinstrumenten der Klassen G und H mit mehr als zwei Klemmen oder getrenntem Zubehör ist ein Schaltbild zu befestigen, das die Außenschaltung zeigt und in dem die Fertigungsnummer des nicht austauschbaren Zubehöres eingetragen ist.

## Symbole der Meßwerke.

Lfd. Nr.	Art der Meßwerke	Symbole	
		mit Richtkraft	ohne Richtkraft (Kreuzspule)
M 1	Drehspule		
M 2	Dreheisen (Weicheisen)		
M 3	Elektrodynamisch eisenlos		
	eisengeschirmt		
	eisengeschlossen		
	M 4	Induktion	
M 5	Hitzdraht		
M 6	Elektrostatisch		
M 7	Vibration		

## Klassenzeichen, Stromart, Lagezeichen.

Bezeichnung	Zeichen	bedeutet	
Klassenzeichen:	E	Feinmeßgerät	1. Kl.
	F	"	2. "
	G	Betriebsmeßgerät	1. "
	H	"	2. "

Bezeichnung	Zeichen	bedeutet
Stromart:		Gleichstrom
		Wechselstrom
		Gleich- und Wechselstrom
		Zweiphasenstrom
		Drehstrom gleiche Belastung
		Drehstrom ungleiche Belastung
		Vierleitersysteme
Lagezeichen: (am Symbol für Meßwerk anfügen)		Senkrechte Gebrauchslage
		Schräge „
		Wagerechte „
Beispiele:		Dreheisen (Weicheisen) Klasse F Wechselstrom senkrechte Gebrauchslage
		Dreheisen (Weicheisen) Klasse G Gleichstrom schräge Gebrauchslage
		Elektrodynamisch Klasse E Gleich- und Wechselstrom wagerechte Gebrauchslage



## 33. Regeln für die Bewertung und Prüfung von Meßwandlern<sup>1)</sup>.

### Einleitung.<sup>2)</sup>

Geltungstermin.

#### § 1.

Diese Regeln treten am 1. Juli 1922 in Kraft.

Geltungsbereich.

#### § 2.

Diese Regeln gelten für Stromwandler und Spannungswandler, die für Frequenzen von 15 bis 60 bestimmt sind und zum Anschluß von folgenden Instrumenten dienen sollen:

Strommesser,	Frequenzmesser,
Spannungsmesser,	Elektrizitätzähler,
Leistungsmesser,	Relais und ähnliche Vor-
Leistungsfaktormesser,	richtungen.

Die genannten Instrumente können zeigend, zählend oder schreibend sein.

Klassenzeichen.

#### § 3.

Meßwandler, die diesen Regeln entsprechen, erhalten ein Klassenzeichen.

Hierfür werden mit dem Vorsatz „Klasse“ folgende Buchstaben verwendet:

für Stromwandler E, F, G, H, J;  
für Spannungswandler E, F, H.

Weitere Zusätze zum Klassenzeichen sind in den §§ 21 und 27 angegeben.

Die Klassenbezeichnung darf nur angebracht werden, wenn alle Bestimmungen dieser Regeln für die betreffende Klasse erfüllt sind.

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1921. Veröffentlicht: ETZ 1921 S. 209 und 836.

<sup>2)</sup> Erläuterungen ETZ 1921, S. 212.

### **Begriffserklärungen.**

#### **Wandlerarten.**

##### **§ 4.**

Meßwandler im Sinne dieser Regeln haben voneinander isolierte Primär- und Sekundärwicklungen. An die letzten sind die in § 2 genannten Vorrichtungen angeschlossen.

Stromwandler sind Meßwandler, deren Primärwicklung von dem Strom durchflossen wird, dessen Stärke gemessen oder beherrscht werden soll.

Spannungswandler sind Meßwandler, deren Primärwicklung an die Spannung gelegt wird, die gemessen oder beherrscht werden soll.

#### **Bauart.**

##### **§ 5.**

Die Meßwandler werden, je nachdem ihre Wicklungen in Luft, Öl oder Masse liegen, als Luftwandler, Öl-wandler oder Massewandler bezeichnet.

#### **Nenngrößen.**

##### **§ 6.**

Primäre und sekundäre Nennstromstärke sind bei einem Stromwandler die auf dem Schild angegebenen Werte der primären und sekundären Stromstärke, für die er gebaut ist. Die sekundäre Nennstromstärke beträgt in der Regel 5 A. Ausnahmen hiervon sind zugelassen bei Stromwandlern für Summenschaltung, bei Stromwandlern mit sehr hoher primärer Nennstromstärke und bei großer Leitungslänge im Sekundärkreis. Im letzten Falle ist möglichst 1 A zu wählen.

Primäre und sekundäre Nennspannung sind bei einem Spannungswandler die auf dem Schild angegebenen Werte der primären und sekundären Spannung, für die er gebaut ist.

##### **§ 7.**

Nennbürde ist bei Stromwandlern der auf dem Schild in  $\Omega$  angegebene resultierende Scheinwiderstand, der an die Sekundärseite angeschlossen werden kann, ohne daß die Bestimmungen für die betreffende Klasse verletzt werden.

Grenzbürde ist bei Stromwandlern der auf dem Schild in  $\Omega$  angegebene Höchstwert des resultierenden Scheinwiderstandes der anzuschließenden Apparate, bei dem ohne Rücksicht auf die Genauigkeit die Erwärmungsvorschriften noch eingehalten werden.

### § 8.

Nennleistung ist bei Spannungwandlern die auf dem Schild in VA angegebene Scheinleistung, die der Wandler abgeben kann, ohne daß die Bestimmungen für die betreffende Klasse verletzt werden.

Grenzleistung ist bei Spannungwandlern die auf dem Schild in VA angegebene Scheinleistung, bei der ohne Rücksicht auf Genauigkeit die Erwärmungsvorschriften noch eingehalten werden.

### § 9.

Nennfrequenz ist die auf dem Schild angegebene Frequenz, für die alle Anforderungen der betreffenden Klasse erfüllt sein sollen.

Nennfrequenzbereich ist der auf dem Schild angegebene Frequenzbereich, in dem alle Anforderungen der betreffenden Klasse erfüllt sein sollen.

### Bezugstemperatur.

### § 10.

Die Bezugstemperatur ist 20° C. Die Angaben gelten für den Fall, daß der umgebende Raum die Bezugstemperatur hat und der Beharrungszustand der Temperaturverteilung erreicht ist.

### Übersetzung und Genauigkeit.

### § 11.

Der Nennwert des Übersetzungsverhältnisses (kurz Übersetzung genannt) ist

- a) bei Stromwandlern das Verhältnis des primären Nennstromes zum sekundären,
- b) bei Spannungwandlern das Verhältnis der primären Nennspannung zur sekundären.

Er wird als ungekürzter gewöhnlicher Bruch angegeben.

Der Stromfehler eines Stromwandlers bei einer gegebenen primären Stromstärke ist die prozentische Abweichung der sekundären Stromstärke von ihrem Sollwert, der sich aus der primären Stromstärke durch Division mit dem Nennwert des Übersetzungsverhältnisses ergibt.

Der Spannungsfehler eines Spannungswandlers bei einer gegebenen primären Spannung ist die prozentische Abweichung der sekundären Spannung von ihrem Sollwert, der sich aus der primären Spannung durch Division mit dem Nennwert des Übersetzungsverhältnisses ergibt.

Der Fehler wird positiv gerechnet, wenn der tatsächliche Wert der sekundären Größe den Sollwert übersteigt.

Der Fehlwinkel ist

- a) bei Stromwandlern die Phasenverschiebung des Sekundärstromes gegen den Primärstrom,
- b) bei Spannungwandlern die Phasenverschiebung der Sekundärspannung gegen die Primärspannung.

Die Ausgangsrichtungen sind so zu wählen, daß sich beim fehlerfreien Meßwandler eine Verschiebung von  $0^\circ$  (nicht  $180^\circ$ ) ergibt.

Der Fehlwinkel wird in min angegeben. Bei Voreilung der sekundären Größe erhält der Fehlwinkel das Pluszeichen.

Richtungssinn der Klemmbezeichnung.

#### § 12.

Die Anschlüsse der Wicklungen sind durch Zahlen oder Buchstaben zu bezeichnen. Diese Bezeichnungen sollen so gewählt sein, daß an ihrer natürlichen Aufeinanderfolge ein bestimmter Richtungssinn zu erkennen ist.

Die Anschlußbezeichnung zweier Wicklungen ist

- a) gleichsinnig, wenn die Wicklungen im Richtungssinn der Bezeichnungen hintereinander geschaltet in der gleichen Wicklungsrichtung verlaufen,
- b) gegensinnig, wenn sie dabei in entgegengesetzter Wicklungsrichtung verlaufen.

Zubehör.

#### § 13.

- a) Als Meßzubehör gelten:

Widerstände, Kondensatoren oder sonstige Apparate, die zur Einhaltung der Genauigkeit erforderlich sind.

- b) Als Schutzzubehör gelten:

Widerstände, Kondensatoren, Funkenstrecken oder sonstige Apparate, die zum Schutz gegen Überspannungserscheinungen dienen sollen, sofern ihre Lieferung vereinbart ist.

### Allgemeine Bestimmungen.

#### Erwärmung.

#### § 14.

Die Übertemperatur ist bei den in §§ 25 und 31 angegebenen Belastungen zu messen.

Bei der Prüfung dürfen die betriebsmäßig vorgesehenen Umhüllungen und Abdeckungen nicht entfernt werden.

### § 15.

Über die zulässigen Übertemperaturen und ihre Ermittlung gelten allgemein die „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren“ (R. E. T./1923).

Im besonderen wird bestimmt:

Die Temperatur der Wicklungen ist in der Regel aus der Widerstandzunahme festzustellen. Nur bei dicken Kupferschienen von geringem Widerstand kann, wenn sie zugänglich sind, die Messung mit dem Thermometer angewendet werden.

### Isolierung der Wicklungen.

### § 16.

Primär- und Sekundärwicklungen sollen stets voneinander und in der Regel auch vom Eisenkern isoliert sein, doch darf bei Stromwandlern, die ohne sonstige Befestigung von den primären Zuleitungen getragen werden (z. B. Schienenstromwandlern), eine der Wicklungen betriebsmäßig mit dem nicht geerdeten Eisenkern verbunden werden.

Ein den Meßwandler umgebendes Gehäuse soll gegen beide Wicklungen isoliert sein. Ausnahmsweise darf bei Spannungswandlern für sehr hohe Spannung die Primärwicklung einseitig mit dem geerdeten Gehäuse verbunden sein.

### Erdung.

### § 17.

Das Gehäuse ist mit einer kräftigen Schraube von wenigstens 8 mm  $\varnothing$  zum Anschluß der Erdzuleitung zu versehen.

Fehlt das Gehäuse, so ist diese Erdungsschraube an dem Eisenkern oder den mit ihm zu verbindenden Befestigungsteilen aus Metall anzubringen.

Die Erdungsschraube fällt bei Stromwandlern nach dem Ausnahmefall des § 16, Absatz 1, fort.

### Prüfung auf Isolierfestigkeit.

### § 18.

Die Höhe der Prüfspannungen ist in den §§ 26 und 32 angegeben.

Für die Ausführung der Prüfung gelten im allgemeinen die „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren“ (R. E. T./1923).

Im besonderen wird bestimmt:

a) Bei der Prüfung der Primärwicklung sind zu verbinden:

alle Primäranschlüsse untereinander,

alle Sekundäranschlüsse untereinander und mit dem Eisenkern bzw. dem Gehäuse, das den Wandler umschließt.

Die Prüfspannung ist zwischen Primär- und Sekundäranschlüsse zu legen.

- b) Bei der Prüfung der Sekundärwicklung sind alle Sekundäranschlüsse untereinander zu verbinden. Die Prüfspannung ist zwischen diese und den Eisenkern zu legen.
- c) Ist eine Wicklung betriebsmäßig mit dem Gehäuse oder dem Eisenkern leitend verbunden (vgl. § 16), so tritt die Überspannungsprüfung nach § 32, Absatz 3 an die Stelle der vorbezeichneten Prüfung.

### Schutzzubehör.

#### § 19.

Bei Stromwandlern mit Schutzzubehör sind 3 Fälle zu unterscheiden:

- a) Das Schutzzubehör ist vom Meßwandler getrennt.
- b) Es ist am Meßwandler lösbar befestigt.
- c) Es ist unlösbar an den Meßwandler angebaut oder in ihn eingebaut.

Im Fall c) sollen die Zubehörteile so beschaffen sein, daß ihre Unveränderlichkeit in etwa dem gleichen Maße wie die des Wandlers selbst gewährleistet ist.

#### § 20.

Das Schutzzubehör darf in den Fällen a) und b) einen zusätzlichen Fehler hervorrufen, der in den Bestimmungen über die Genauigkeit (§§ 23 und 30) enthalten ist. Dabei soll aber der Wandler, für sich (ohne das Zubehör) geprüft, den Genauigkeitsbedingungen der betr. Klasse entsprechen.

Im Fall c) ist, bei der Prüfung mit dem unlösbaren Zubehör der Zusatzfehler nicht zulässig; für den Wandler ohne sein Schutzzubehör werden keine besonderen Bedingungen gestellt.

#### § 21.

Zur Kennzeichnung der Wandler mit angebautem Schutzzubehör dient die Kennziffer  $s$  am Klassenzeichen, zur Kennzeichnung des Zusatzfehlers die weitere Kennziffer  $z$ .

Für den Gebrauch der Zeichen gilt folgende Tafel:

Anbau des Schutzzubehöres	Kennziffer
Fall a (vom Meßwandler getrennt)	—
Fall b (lösbar am Meßwandler befestigt)	
Schutzzubehör ohne Funkenstrecke	sz
Schutzzubehör mit Funkenstrecke	s
Fall c (unlösbar am Meßwandler befestigt)	s

## Mehrere Übersetzungen.

## § 22.

Bei Meßwandlern für mehrere Übersetzungen sollen im allgemeinen für jede von diesen alle Bestimmungen einer Klasse erfüllt werden. Ist dieses nicht erreichbar, so ist zu jeder Übersetzung die zugehörige Klasse anzugeben (z. B. durch Anbringung mehrerer Schilder).

**Besondere Bestimmungen für Stromwandler.**

## Klasseneinteilung und Genauigkeit.

## § 23.

Folgende Klassen werden unterschieden:

## Klasse E.

Stromwandler dieser Klasse sollen den von der Phys.-Techn. Reichsanstalt für beglaubigungsfähige Stromwandler vorgeschriebenen Bedingungen genügen.

## Klasse F

Bei Bürden zwischen Null und der Nennbürde und einem sekundären Leistungsfaktor zwischen 0,6 und 1,0 dürfen die Fehler folgende Grenzwerte nicht überschreiten:

Stromstärke	Fehler des Wandlers für sich		Fehler des Wandlers mit Zubehör	
	Stromfehler	Fehlwinkel	Stromfehler	Fehlwinkel
von $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{5}$ Nennstrom	$\pm 2 \text{ ‰}$	$\pm 120 \text{ min}$	$\pm 2,5 \text{ ‰}$	$\pm 130 \text{ min}$
„ $\frac{1}{5}$ „ $\frac{1}{2}$ „	$\pm 1,5 \text{ ‰}$	$\pm 100 \text{ „}$	$\pm 2,0 \text{ ‰}$	$\pm 110 \text{ „}$
„ $\frac{1}{2}$ „ $\frac{1}{1}$ „	$\pm 1 \text{ ‰}$	$\pm 80 \text{ „}$	$\pm 1,5 \text{ ‰}$	$\pm 90 \text{ „}$

## Klasse G.

Stromfehler und zusätzlicher Stromfehler wie bei Klasse F, Fehlwinkel nicht begrenzt.

## Klasse H.

Bei Bürden zwischen Null und der Nennbürde und einem sekundären Leistungsfaktor von 1,0 darf der Stromfehler bei der primären Nennstromstärke den Betrag von  $\pm 5 \text{ ‰}$  nicht

überschreiten, vom 10-fachen primären Nennstrom ab soll der Sekundärstrom gegenüber dem aus der Übersetzung errechneten stark abfallen.

Der Fehlwinkel ist nicht begrenzt.

#### Klasse I.

Bei Bürden zwischen Null und der Nennbürde und einem sekundären Leistungsfaktor von 1,0 darf der Stromfehler folgende Grenzen nicht überschreiten:

bei primären Nennstrom  $\pm 5\%$ ,

bei 40-fachem primären Nennstrom  $\pm 10\%$ .

Der Fehlwinkel ist nicht begrenzt.

#### § 24.

Vor der Prüfung der Genauigkeit ist eine Entmagnetisierung des Stromwandlers vorzunehmen.

#### § 25.

Die Erwärmungsvorschriften der §§ 14 und 15 sollen bei Anschluß der Grenzbürde und Dauerbelastung mit der 1,2-fachen Nennstromstärke eingehalten werden.

#### Hauptmaße und Prüfspannungen.

#### § 26.

Für die Lichtmaße und Prüfspannungen der Primärseite gelten die „Leitsätze für die Konstruktion und Prüfung von Wechselstrom-Hochspannungsapparaten von einschließlich 1500 V Nennspannung aufwärts“.

Die Prüfspannung für die Sekundärseite beträgt 2000 V.

#### Kurzschlußsicherheit.

#### § 27.

Die Kurzschlußsicherheit wird abgestuft; die Stufe wird durch eine Ziffer hinter dem Klassenbuchstaben gekennzeichnet.

Ohne Kurzschlußziffer. An den Stromwandler werden bezüglich Kurzschlußsicherheit keine besonderen Anforderungen gestellt.

Kurzschlußziffer 1. Bei kurzgeschlossenem Sekundärkreis sollen Stromwandler eine erste Stromamplitude vom 75-fachen Betrage der Amplitude des Nennstromes aushalten können, ferner 1 s einen stationären Strom vom 50-fachen Betrage des Nennstromes. Dabei dürfen weder mechanische noch thermische Einflüsse bleibende Veränderungen hervorrufen. Die erste Bedingung soll besonders die



mechanische, die zweite die thermische Kurzschlußsicherheit bestimmen. Die zweite Bedingung kann daher auch als erfüllt betrachtet werden durch einen kürzeren Versuch mit höheren Stromstärken, bei dem mindestens die gleiche Wärmemenge in der Wicklung erzeugt wird.

Kurzschlußziffer 2. Wie bei 1, jedoch soll die erste Stromamplitude den 150-fachen Betrag haben und der stationäre Strom mit dem 60-fachen Betrage 1 s andauern.

### Anschlüsse.

#### § 28.

Die Anschlüsse sind gleichsinnig zu bezeichnen (vgl. § 12).

Die Anschlüsse der Primärwicklung werden durch den Buchstaben *L*, die der Sekundärwicklung durch *l* bezeichnet. Die einzelnen Anschlüsse einer Wicklung erhalten der Reihe nach die Kennziffern 1, 2 usw. Sind mehrere untereinander gleiche Wicklungen vorhanden, die einander parallel geschaltet werden können, so erhält die erste die Kennziffer *a*, die zweite *b* usw. zu den im übrigen gleichlautenden Bezeichnungen.

Wenn gleichzeitig alle Wicklungsanfänge mit den zugehörigen Wicklungsenden vertauscht werden können (z. B. bei Wicklungen ohne Anzapfungen), empfiehlt es sich, die sich dafür ergebenden Anschlußbezeichnungen in Kreise eingeschlossen neben die ursprünglichen zu setzen.

Der Erdungsanschluß ist mit *E* zu bezeichnen.

### Aufschriften.

#### § 29.

Auf dem Schilde ist anzugeben:

Hersteller (Herkunftzeichen) oder Lieferer,

Klassenbezeichnung,

Formbezeichnung,

Fertigungsnummer,

Primäre und sekundäre Nennstromstärken, durch Schrägstrich getrennt,

Nennbürde und (in Klammern) Grenzbürde,

Reihennummer oder primäre Prüfspannung,

Frequenz bzw. Frequenzbereich,

Bei den Klassen G, H, I kann von der Angabe der Fertigungsnummer abgesehen werden.

Beispiel für ein Stromwandlerschild:

Firma. Klasse F <sub>2sz</sub> . DW.-Nr. 265765. Prüfspannung 50000 V 150/5 A. 1,2 (3,6) Ω. f = 40–60.
--

Wenn bei offenem Sekundärkreise und Belastung mit der primären Nennstromstärke zwischen den sekundären Klemmen eine höhere Spannung als 250 V entsteht, so ist die Aufschrift anzubringen:

„Achtung! Hochspannung bei offenem Sekundärkreise.“

### Besondere Bestimmungen für Spannungswandler.

Klasseneinteilung und Genauigkeit.

#### § 30.

Folgende Klassen werden unterschieden:

#### Klasse E.

Spannungswandler dieser Klasse müssen den von der Phys.-Techn. Reichsanstalt für beglaubigungsfähige Spannungswandler vorgeschriebenen Bedingungen genügen.

#### Klasse F.

Unter Belastung mit der Nennleistung bei Leistungsfaktoren zwischen 0,6 und 1,0 und Spannungen zwischen dem 0,9- und 1,1-fachen Betrage der Nennspannungen darf der Spannungsfehler nicht mehr als  $\pm 1,5\%$ , der Fehlwinkel nicht mehr als 60 min betragen.

Über zusätzliche Spannungsfehler und Fehlwinkel werden vorläufig keine Bestimmungen getroffen.

#### Klasse H.

Unter Belastung mit der Nennleistung bei dem Leistungsfaktor 1,0 und bei Spannungen zwischen dem 0,9- und 1,1fachen Betrage der Nennspannung darf der Spannungsfehler nicht mehr als  $\pm 5\%$  betragen.

Der Fehlwinkel ist nicht begrenzt.

### Grenzleistung und Erwärmung.

#### § 31.

Die Erwärmungsvorschriften der §§ 14 und 15 sollen unter Dauerbelastung mit der Grenzleistung bei der 1,2-fachen primären Nennspannung eingehalten werden.

## Prüfspannungen.

## § 32.

Bezüglich der Prüfspannung für die Primärseite gelten die „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren“ (R. E. T./1923).

Die Prüfspannung für die Sekundärseite beträgt 2000 V.

Zur Prüfung der Isolation der Windungen gegeneinander sollen Spannungswandler außerdem bei offener Sekundärwicklung 5 min lang an die doppelte Nennspannung gelegt werden. Bei dieser Probe darf die Frequenz bis zum doppelten Betrage der Nennfrequenz gesteigert werden, wenn die Stromaufnahme bei der Nennfrequenz unzulässig hoch wird.

## Anschlüsse.

## § 33.

Die Anschlüsse sind gleichsinnig zu bezeichnen. Für die primäre Seite werden große, für die sekundäre Seite unterstrichene kleine Buchstaben verwendet.

Entsprechend den „Normen für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen usw.“ erhalten einphasige Wandler die Bezeichnung  $U, V$  ( $\underline{u}, \underline{v}$ ); dreiphasige Wandler und Wandlergruppen bei geschlossener Schaltung die Bezeichnungen  $U, V, W$  ( $\underline{u}, \underline{v}, \underline{w}$ ), bei offener Schaltung die Bezeichnungen  $U, V, W, X, Y, Z$  ( $\underline{u}, \underline{v}, \underline{w}, \underline{x}, \underline{y}, \underline{z}$ ).

Nullpunkte werden mit  $\underline{O}$  ( $\underline{o}$ ) bezeichnet.

Treten mehrere Anzapfungen an die Stelle eines Anschlusses, so werden sie in der Richtung abnehmender Spannung der Reihe nach mit den Kennziffern 1, 2, 3 usw. versehen.

Sind mehrere untereinander gleiche Wicklungen vorhanden, die einander parallelgeschaltet werden können, so erhält die erste die Kennziffer  $a$ , die zweite  $b$  usw. zu den im übrigen gleichlautenden Bezeichnungen.

Wenn gleichzeitig alle Wicklungsanfänge mit den zugehörigen Wicklungsenden vertauscht werden können (z. B. bei unverketteten Wicklungen ohne Anzapfungen), empfiehlt es sich, die sich dafür ergebenden Anschlußbezeichnungen in Kreise eingeschlossen neben die ursprünglichen zu setzen.

Der Erdungsanschluß ist mit  $F$  zu bezeichnen.

## Mehrphasenwandler.

## § 34.

Dreiphasige Spannungswandler sollen für die drei verketteten Spannungen die Bedingungen über Genauigkeit er-

füllen, wenn sie an ein symmetrisches Drehstromnetz angeschlossen werden. Sind die Nullpunkte in geschlossener oder offener Schaltung herausgeführt, so gilt die Bestimmung auch für die Phasenspannungen.

Diese Bestimmung ist sinngemäß auch auf andere Phasenzahlen zu übertragen.

Zu den Mehrphasenwandlern werden auch Gruppen von einphasigen Wandlern gerechnet, die einen Mehrphasenwandler ersetzen sollen und konstruktiv zu einem Ganzen vereinigt sind.

Dreiphasige Spannungswandler sind nach Schaltungsgruppe  $A_2$  (vgl. „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren“ [R. E. T./1923], § 2) zu schalten, wenn nichts anderes vereinbart ist.

#### Aufschriften.

##### § 35.

Auf dem Schilde ist anzugeben:

Hersteller (Herkunftzeichen) oder Lieferer.

Klassenbezeichnung.

Formbezeichnung,

Fertigungsnummer,

Primäre und sekundäre Nennspannung, durch Schrägstrich getrennt.

Nennleistung und (in Klammern) Grenzleistung,

Frequenz bzw. Frequenzbereich.

Schaltungsgruppe (bei dreiphasigen Wandlern).

Bei der Klasse H kann von der Angabe der Fertigungsnummer abgesehen werden.

Beispiel für ein Spannungwandlerschild:

Firma.
Klasse E.
WTU Nr. 24929.
15000/100 V.
15 (30) VA, $f$ —50.
Schaltungsgruppe: $A_2$ .

## 34. Regeln und Normen für Elektrizitätszähler<sup>1)</sup>.

### § 1. Geltungstermin.

Diese Regeln enthalten Zusätze zu den bereits am 1. Oktober 1921 in Kraft gesetzten Normen für Elektrizitätszähler, sowie einige Abänderungen von diesen. Sie gelten vom 1. Juli 1922 ab, sofern nicht bei einzelnen Bestimmungen andere Termine festgesetzt wurden (vgl § 3 und 4).

### § 2. Stromstärke.

Als normale Nennstromstärken für Elektrizitätszähler gelten:

Ampere			
1,5	15	150	1 500
—	20	200	2 000
3	30	300	3 000
5	50	500	5 000
—	75	750	7 500
10	100	1000	10 000

Die Zähler müssen nach Maßgabe folgender Zahlentafel gelegentlich überlastbar sein:

	Nennstromstärke des Zählers	Überlastung während	
		2 min	2 h
Wechsel- und Drehstromzähler Gleichstrom-Ah-Zähler	1,5 und 3 A	um 200%	um 100%
Gleichstrom-Wh-Zähler		um 100%	um 50%
Alle Zähler	5 bis 30 A	um 100%	um 50%
	50 bis 10 000 A	um 50%	um 25%

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1922. Veröffentlicht: ETZ. 1922, S. 519 u. 1369. — S. a. DIN VDE 5800.

Die Überlastung gilt auch für getrennt angeordnete Zähler-Nebenwiderstände, jedoch nicht für getrennt angeordnete Stromwandler.

Für elektrische Apparate gelten nach den Regeln des VDE die Abstufungen:

4, 6, 10, 25, 60 und 100 A

als normal.

Für Elektrizitätszähler wird im allgemeinen eine größere Unterteilung verlangt, ferner die Berücksichtigung der Größen, die seit Jahren bei den Elektrizitätswerken in Gebrauch sind. Insbesondere mußten die Größen 3 und 5 A beibehalten werden, da diese für die Betriebsspannungen von 220 bzw. 120 V nahezu die gleiche Belastbarkeit besitzen und unter Zugrundelegung einer vorübergehenden Überlastbarkeit zum Gebrauch in Anlagen bis zu 1 kW-Anschlußwert dienen. Die Abstufung der Stromstärken 5, 10, 15, 20 und 30 A ist die gleiche wie bei den Meßwandlern. Die Größe 1,5 A mußte mit Rücksicht auf die Verwendung von Amperestundenzählern in kleinen Gleichstromanlagen beibehalten werden. Für Wechselstromanlagen 220 V ist als kleinste Form 3 A, bei 120 V 5 A vorgeschlagen worden. Die Überlastbarkeit für Zähler für 3 A um 100% läßt allgemein die Verwendung von 6 A-Sicherungs Patronen als schwächste Sicherung für Anlagen mit 3 A-Zählern zu.

### § 3. Gewinde.

Als Normalgewinde für Elektrizitätszähler gilt bis 10 mm das Metrische Gewinde (DIN 13).

### § 4. Anschlußklemmen.

Die Anschlußklemmen für Elektrizitätszähler werden aus Messing hergestellt. Als normale Hauptstromklemme für 1,5 bis 30 A gilt eine Klemme, die gerade Leitungen bis 25 mm<sup>2</sup> Querschnitt einzuführen gestattet. Die Bohrung bzw. die Öffnung für die Einführung der Leitung beträgt 6 mm. Jede Leitung wird mittels zweier Druckschrauben mit 5 mm Gewinde angeschlossen. Bei Verwendung von nur einer Druckschraube muß der Anschluß in anderer Weise gesichert werden.

Die Spannungsklemmen erhalten Schrauben mit 3 oder 5 mm Gewinde. Für die Klemmen gelten folgende Regeln:

Zwei nebeneinanderliegende, nicht durch einen Isoliersteg getrennte Klemmen dürfen keinen nennenswerten Spannungsunterschied aufweisen. Jede Spannungsklemme liegt neben oder zwischen den zugehörigen Stromklemmen.

Für den Hauptstrom ist die Einführungsklemme — von vorn gesehen — stets von links die erste, die Ausführungsklemme die zweite Hauptstromklemme (bei Schaltung Nr. 2 umgekehrt).

Bei Zählern, die zum Anschluß an Meßwandler bestimmt sind, müssen die Spannungsklemmen zwischen den Hauptstromklemmen liegen und von diesen durch isolierende Stege getrennt sein.

Die Klemmen und Anschlußpunkte für größere Schaltanlagen können im Schaltbild bezeichnet werden; es sind dann die Klemmen mit arabischen Zahlen von links nach rechts, mit 1 anfangend, fortlaufend zu versehen.

Die Klemmen selbst werden nicht bezeichnet.

Die Bestimmung für Anschlußklemmen gilt vom 1. Oktober 1923 ab.

Die Stärke der in den Zähler einzuführenden Leitungen entspricht, mit Rücksicht auf die Spannungsverluste, vor dem Zähler angebrachte Sicherungen oder dgl. durchaus nicht immer den Nennstromstärken, für die der Zähler gebaut ist. Um deshalb für stärkere Leitungen Platz zu haben, wurden die Bohrungen der Anschlußklemme für 25 mm<sup>2</sup> Leitungen zu 6 mm Durchmesser festgelegt und für die Druck- oder Befestigungsschrauben 5 mm Gewinde gewählt. Es ist nicht unbedingt erforderlich, Büchsenklemmen mit je 2 Druckschrauben zu verwenden, eine gleichwertige Anschlußart mit einer Druckschraube und entsprechender Sicherung ist zulässig. Als Voraussetzung gilt jedoch die Einführung eines geraden Leiters, also ohne Kabelschuh oder Öse. Für Zähler, die zum Anschluß an Meßwandler bestimmt sind, wurde ein besonderes Klemmenstück festgelegt. Dieses gestattet einen besseren und betriebsichereren Anschluß der Spannungsdrähte, ohne Gefahr des Überschlages von den Spannungs- zu den Stromklemmen.

Die Anordnung der einzelnen Klemmen entspricht den vorgeschriebenen Schaltungen.

## § 5. Klemmendeckel

(für Stromstärken bis 30 A).

- a) Einfacher Klemmendeckel, nur zur Abdeckung der Klemmen,
- b) verlängerter Klemmendeckel, der mit der Auflagefläche des Zählers abschließt, zur Abdeckung der Anschlußleitungen.

Die Befestigung des Klemmendeckels erfolgt durch plombierbare Schrauben oder Muttern mit 5 mm Gewinde. Der Abstand des unteren Randes des verlängerten Klemmendeckels von der unteren Klemmenstückkante wird mit 30 mm festgelegt.

Die Festlegung des Zwischenraumes von dem Klemmenstück bis zum verlängerten Klemmendeckelrand — 30 mm — gestattet in Zukunft die Verwendung der gleichen Zähleraufhängung und Anschlußleitungen beim Austausch von Zählern verschiedener Fertigung.

### § 6. Zählerkappe.

Die Zählerkappe wird durch plombierbare Schrauben mit 5 mm Gewinde befestigt. Die Zählerklappe trägt ein Schild, das ohne Entfernung der Gehäuseplomben nicht ausgewechselt werden kann, es sei denn durch besondere Fertigungseinrichtungen.

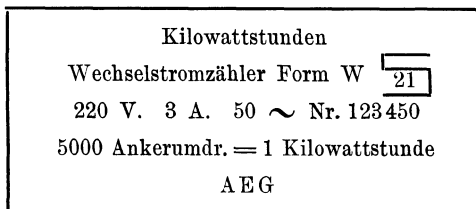
Infolge der allgemein vorgeschriebenen Anordnung eines Aufschriftschildes auf der Zählerkappe kommen sämtliche Aufschriften und Bezeichnungen auf dem Zifferblatt des Zählwerkes, mit Ausnahme der Stellenzahlbezeichnung, in Fortfall.

### § 7. Aufschriften.

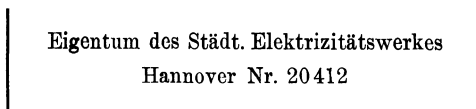
Die Grundplatte ist mit der Fertigungsnummer zu versehen. Das Schild auf der Zählerkappe erhält nachstehende Angaben:

Ableseeinheit (Kilowattstunde), Art und Form des Zählers, Systemnummer, Betriebsspannung, Nennstromstärke, Frequenz, Fertigungsnummer, Zahl der Ankerumdrehungen für eine kWh und Name mit Wohnort des Herstellers oder ein Ursprungszeichen.

#### Beispiel eines Schildes.



Das Wort „Kilowattstunde“ ist unverkürzt anzugeben. Das Schild auf der Zählerkappe kann außerdem einen Eigentumsvermerk, den Namen oder das Warenzeichen des Herstellers, sowie die Werknummer tragen, z. B.



Die Zählergrundplatte ist — innen oder außen — lediglich mit der Fertigungsnummer zu versehen. Aus fertigungstechnischen Gründen mußte von weiteren Bezeichnungen der Grundplatte, wie Ampere und Volt, abgesehen werden. Um die Be-



zeichnung kWh für Kilowattstunden auf dem Aufschriftschild zu vermeiden, ist dieses Wort unverkürzt anzugeben.

### § 8. Ankerdrehrichtung.

Für Motorzähler gilt als Drehrichtung des Ankers (von links nach rechts) „Rechtslauf“.

Die Drehrichtung wird durch einen Pfeil angegeben.

### § 9. Isolationsprüfung.

Die Isolationsprüfung der stromführenden Teile gegen das Gehäuse ist bei Wechsel- und Drehstromzählern mit 1500 V, bei Gleichstromzählern mit 1000 V Wechselstrom vorzunehmen, und zwar mit praktisch sinusförmigem Wechselstrom von 50 Per/s.

Die Spannung ist allmählich auf die Höhe der Prüfspannung zu steigern und dann 1 min auf dieser Höhe zu halten.

### § 10. Drehfeldrichtung.

Die drei Hauptleitungen eines Drehstromnetzes werden mit  $RST$ , die Hauptspannungen mit  $R-S$ ,  $S-T$  und  $T-R$  bezeichnet. Bei der Eichung eines Drehstromzählers ist die Richtung des Drehfeldes so, daß die Spannung  $R-S$  der Spannung  $S-T$  um  $120^\circ$  und der Spannung  $T-R$  um  $240^\circ$  voreilt. Mit dieser Drehfeldrichtung ist der Zähler auch anzuschließen.

Die eindeutige Festlegung der Drehfeldrichtung für die Eichung von Drehstromzählern war sowohl für den Anschluß als auch für die Kontrolle, insbesondere von Hochspannungszählern, erforderlich. Im allgemeinen zeigen Niederspannung-Drehstromzähler für kleinere Stromstärken auch ohne Rücksicht auf die Drehfeldrichtung beim Anschluß keine unzulässigen Abweichungen.

### § 11. Erdung.

Elektrizitätzähler, die für Betriebsspannungen über 250 V gegen Erde bestimmt sind, erhalten eine Vorrichtung für die Erdung des Gehäuses, die den Anschluß einer Leitung von mindestens  $16 \text{ mm}^2$  Querschnitt gestattet.

Durch die Vorschrift der Erdung von Gehäusen bei Betriebsspannungen über 250 V kann die Erdung des Gehäuses bei Betriebsspannungen unter 250 V (z. B. 380/220 V mit geerdetem Nulleiter) unterbleiben.

Spannungswandler sind einheitlich an der  $v$ -Klemme zu erden, während die Erdung der Stromwandler an den  $I_1$ -Klemmen erfolgt. Eine Erdung der Spannungswandler an den  $u$ -Klemmen wäre falsch, da dadurch — bei der Verbindung der  $v$ -Klemmen untereinander — die Spannungswandler- und Zählerspannungsspulen durch die Erdzuleitung kurzgeschlossen würden.

## § 12. Zähleraufhängung.

Für die einheitliche Aufhängung von Elektrizitätszählern bis zu 30 A gelten nachstehende Maße (Abb. I—III):

	b in mm	h in mm	k in mm
I	80 bis 120	130 bis 160	60
II	100 „ 180	220 „ 280	60
III	100 „ 200	220 „ 360	60

Die Spalte „b“ gibt die kleinste und größte Entfernung für die Mittelpunkte der unteren Befestigungslaschen des Zählers an.

Die Spalte „h“ gibt die kleinste und größte Entfernung der Mittelpunkte von der oberen Befestigungslasche bis zu den beiden unteren Befestigungslaschen des Zählers an.

Die Spalte „k“ gibt die Entfernung von der Mittellinie der unteren Befestigungslaschen bis zum unteren Rand des verlängerten Klemmendeckels des Zählers an.

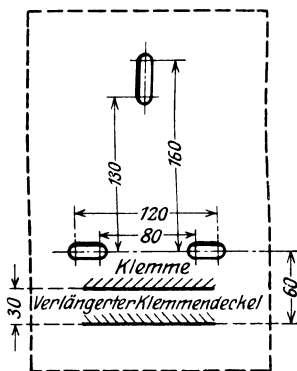


Abb. I

Die Angabe der Maßtafel bezweckt die Zusammenfassung der Aufhängepunkte für die jetzt verwendeten Zähler sowie für neue Formen, unter Berücksichtigung des genormten Anschlußklemmenstückes und des verlängerten Klemmendeckels hierzu.

## § 13. Schaltungen.

Als Normalschaltungen für Elektrizitätszähler gelten die Schaltbilder Nr. 1 bis 25 b. Das numerierte Schaltbild wird im Klemmendeckel des betreffenden Zählers angeordnet. Das Zeichen  $\odot$  in den Schaltbildern bedeutet allgemein — ohne Rücksicht auf die Betriebsspannung —

einen Verbrauchsapparat. Müssen aus meßtechnischen Gründen Abweichungen von den Normalschaltungen vorgenommen werden, so ist durch eine besondere Aufschrift auf dem Zähler darauf hinzuweisen.

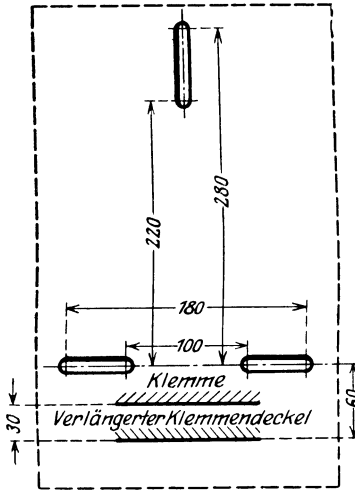


Abb. II

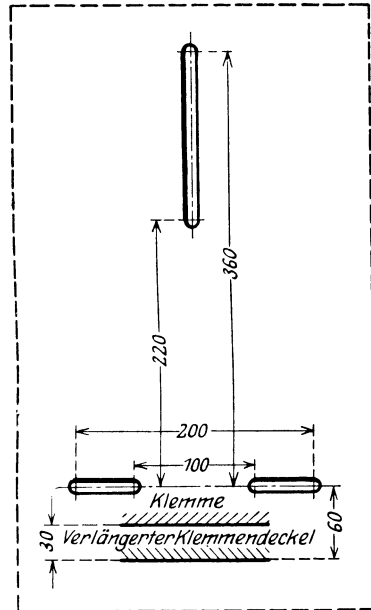
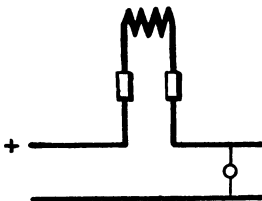


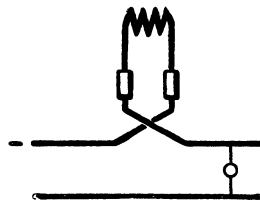
Abb. III

„Die Schaltbilder 15 a u. b, 19, 20 a u. b, 24, 25 a u. b haben nicht nur für Zähler nach Schaltung 9, sondern sinngemäß auch für solche nach Schaltung 10 Geltung.



Nr. 1

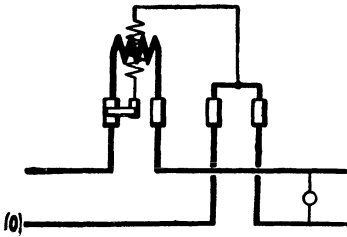
Für Gleichstrom-Amperestunden-zähler im + Leiter.



Nr. 2

Für Gleichstrom-Amperestunden-zähler im -- Leiter,

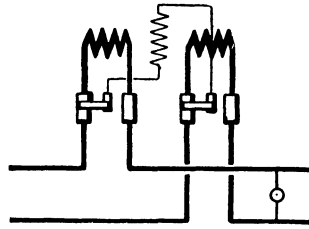
Die Schaltbilder 1 und 2 werden gleichzeitig mitgegeben.



Nr. 3

Für Wattstunden-Zweileiterzähler.

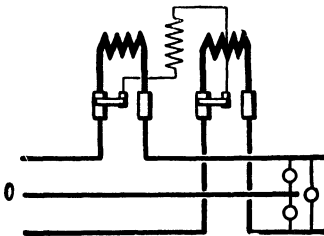
*Der Spannungskreis kann anstatt durch zwei Drähte auch durch einen Draht von außen angeschlossen werden.*



Nr. 4

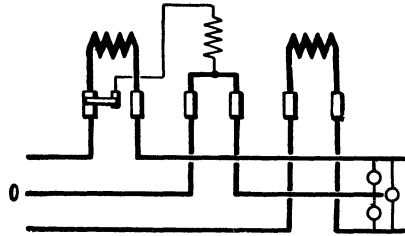
Für Wattstunden-Zweileiterzähler doppelpolig, in Anlagen ohne geerdeten Nullleiter (Sonderschaltung nur für Ausnahmefälle).

Als allgemeine Schaltung für Gleich- und Wechselstrom-Zweileiter-Wattstundenzähler gilt die Schaltung Nr. 3. Die Schaltung Nr. 4 gilt nur für Ausnahmefälle. In Zweileiteranlagen ohne geerdeten Nullleiter könnte bei Verwendung der Schaltung Nr. 3 durch die Erdung der durch die Hauptstromspule führenden Hauptleitung vor und hinter dem Zähler in betrügerischer Absicht kurzgeschlossen werden. Bei Schaltung Nr. 4 ist dieses nur zur Hälfte möglich. Die Schaltung Nr. 4 stellt sich in der Herstellung teurer, da sie in der Regel eine Sonderanfertigung bedeutet.



Nr. 5

Für Wattstunden-Dreileiterzähler  
(Außenleiteranschluß).

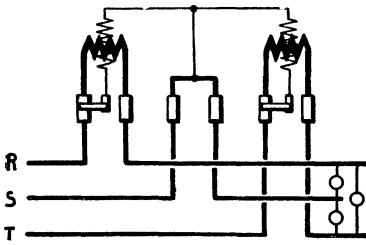


Nr. 6

Für Wattstunden-Dreileiterzähler.  
(Nullleiteranschluß)

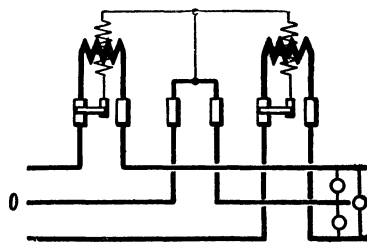
*Der Spannungskreis kann anstatt durch zwei Drähte auch durch einen Draht von außen angeschlossen werden.*

Bei Schaltung Nr. 3, 4, 5 und 6 ist die normale Bezeichnung der einzelnen Hauptleiter mit Rücksicht auf ihre verschiedene Bezeichnung in Gleich- und Wechselstromanlagen bzw. Zwei- und Mehrleiteranlagen allgemein nicht angegeben. Sofern bei älteren Zählerbauarten in Gleichstromanlagen die Polarität beim Anschluß eines Zählers berücksichtigt werden muß, ist durch eine Bemerkung im Schaltbild besonders darauf hinzuweisen.



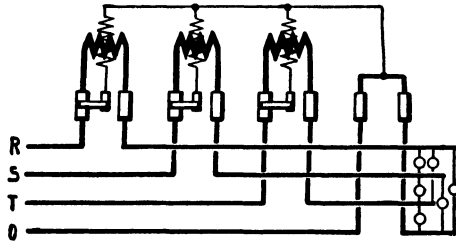
Nr. 7

Für Drehstromzähler ohne Nulleiter.  
*Der Spannungskreis kann anstatt durch zwei Drähte auch durch einen Draht von außen angeschlossen werden.*



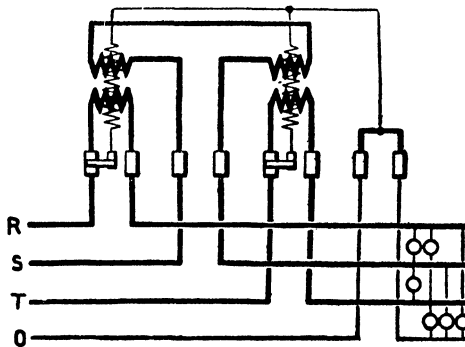
Nr. 8

Für Zähler zum Anschluß an ein Vierleiternetz, wobei nur zwei Außenleiter und der Nulleiter benutzt werden.  
*Der Spannungskreis kann anstatt durch zwei Drähte auch durch einen Draht von außen angeschlossen werden.*



Nr. 9

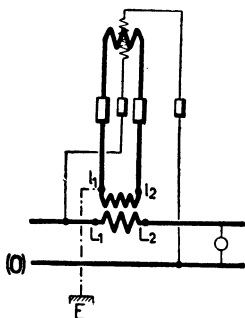
Für Drehstromzähler mit Nulleiter.  
*Der Spannungskreis kann anstatt durch zwei Drähte auch durch einen Draht von außen angeschlossen werden.*



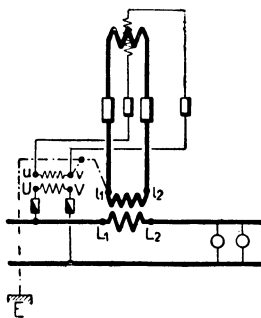
Nr. 10

Für Drehstromzähler mit Nulleiter (mit nur zwei Spannungspulen).  
*Der Spannungskreis kann anstatt durch zwei Drähte auch durch einen Draht von außen angeschlossen werden.*

Bei Schaltung Nr. 8, die einen Anschluß nach dem Drehfeld voraussetzt, sind die Bezeichnungen der Hauptleiter dementsprechend verschieden. Die Leiter sind im Bild wie folgt von oben nach unten zu bezeichnen und zu suchen: *ROT* oder *SOR* oder *TOS*.

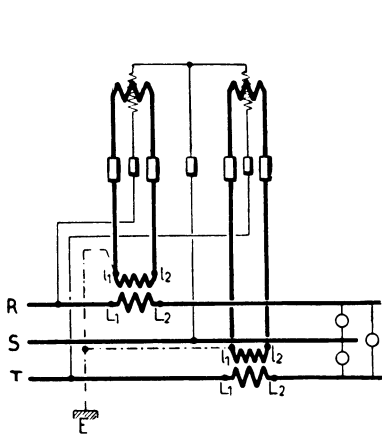


Nr. 11  
Für Wechselstrom-Einphasenzähler mit Stromwandler.



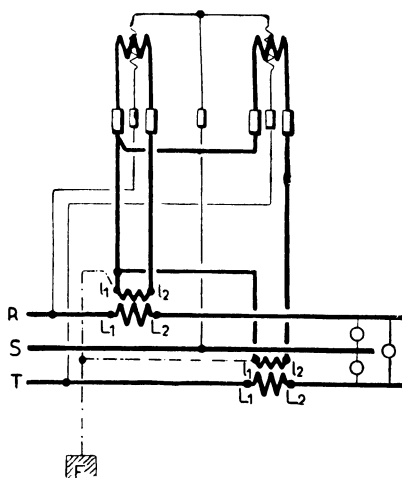
Nr. 12  
Für Wechselstrom-Einphasenzähler mit Strom- und Spannungswandler.

Bei Schaltung Nr. 11 wurde die normale Bezeichnung der Hauptleiter mit Rücksicht auf die verschiedene Bezeichnung



Nr. 13a

Für Drehstromzähler ohne Nulleiter mit zwei Stromwandlern.

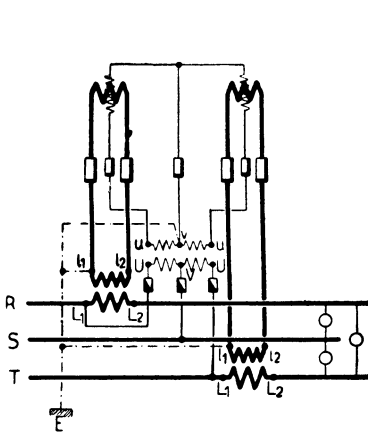


Nr. 13b

Für Drehstromzähler ohne Nulleiter mit zwei Stromwandlern. Die sekundären Stromleitungen sind zusammengefaßt.

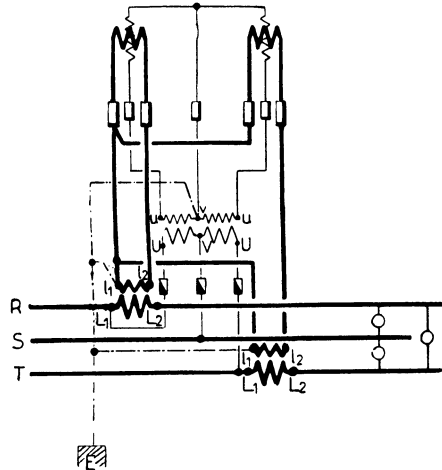
bei Verwendung für Wechselstrom-Zwei- oder -Mehrleiteranlagen fortgelassen.

Bei Schaltung Nr. 12 ist die normale Leiterbezeichnung des Einphasenstromes nicht angegeben mit Rücksicht auf wechselnde Bezeichnungen bei zyklischer Vertauschung in Drehstromanlagen.



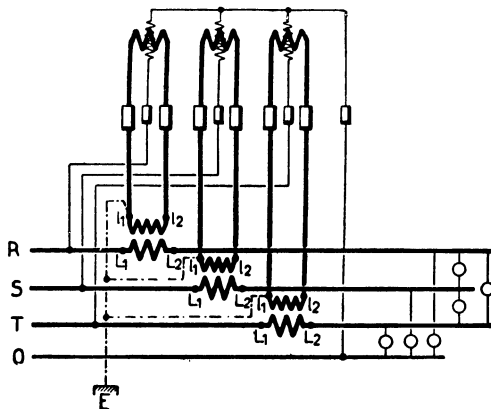
Nr. 14 a

Für Drehstromzähler mit zwei Strom- und zwei Spannungswandlern.



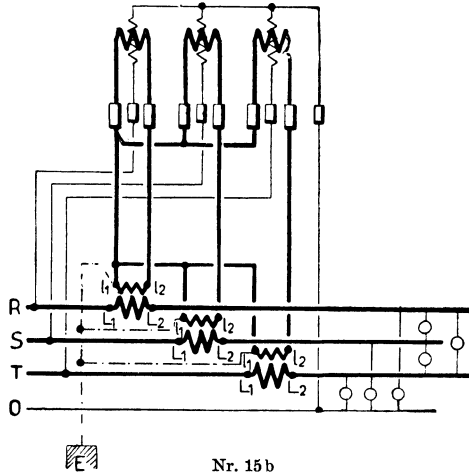
Nr. 14 b

Für Drehstromzähler mit zwei Strom- und zwei Spannungswandlern. Die sekundären Stromleitungen sind zusammengefaßt.



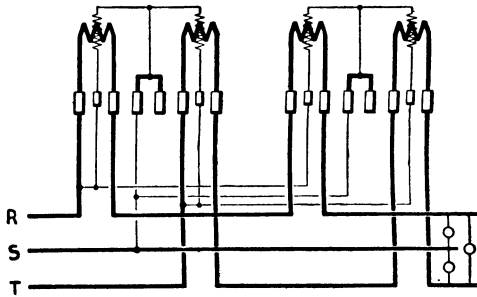
Nr. 15 a

Für Drehstromzähler mit Nulleiter und drei Stromwandlern.



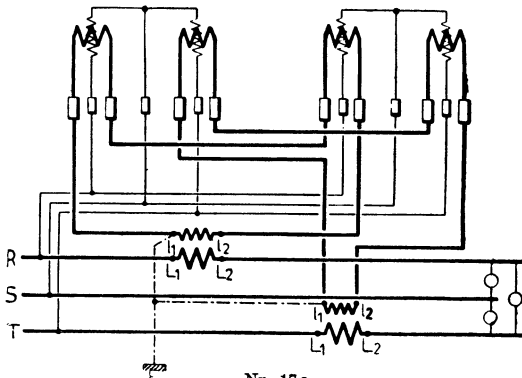
Nr. 15 b

Für Drehstromzähler mit Nulleiter und drei Stromwandlern. Die sekundären Stromzuleitungen sind zusammengefaßt.



Nr. 16

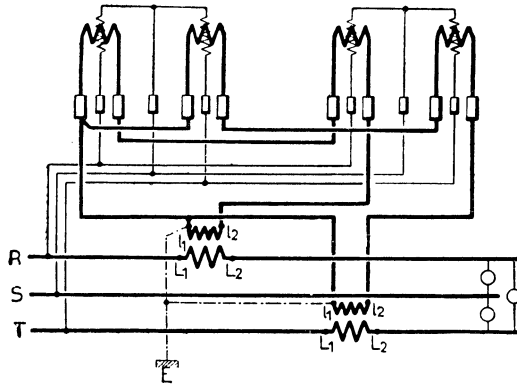
Für zwei Drehstromzähler ohne Nulleiter in Kontrollschaltung.



Nr. 17 a

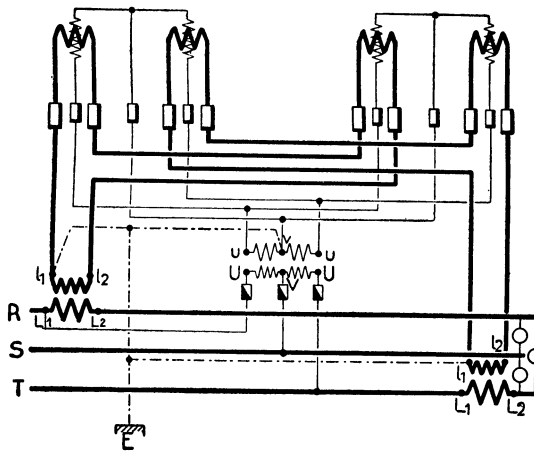
Für zwei Drehstromzähler ohne Nulleiter mit zwei Stromwandlern in Kontrollschaltung.





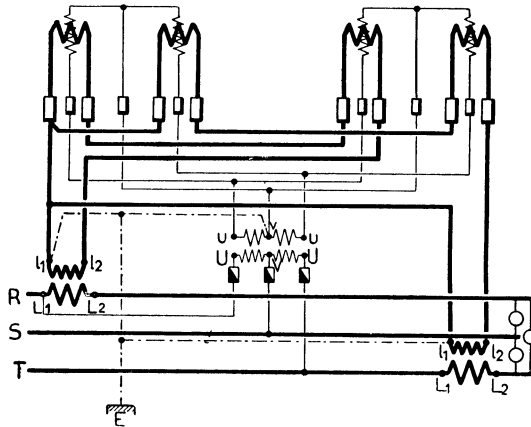
Nr. 17b

Für zwei Drehstromzähler ohne Nulleiter mit zwei Stromwandlern in Kontrollschaltung. Die sekundären Stromzuleitungen sind zusammengefaßt.



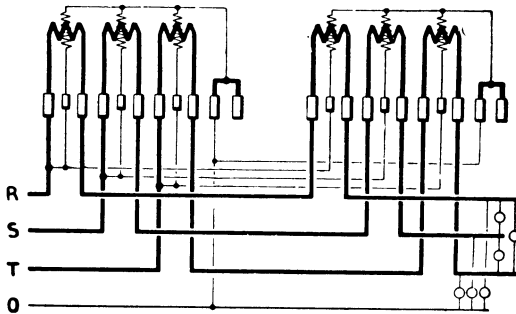
Nr. 18a

Für zwei Drehstromzähler mit zwei Strom- und zwei Spannungwandlern in Kontrollschaltung.



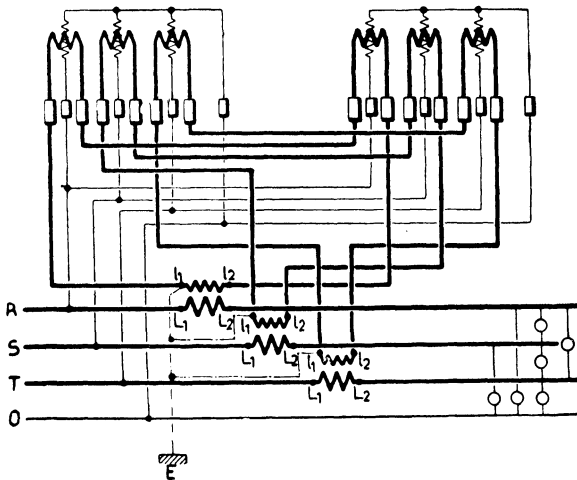
Nr. 18b

Für zwei Drehstromzähler mit zwei Strom- und zwei Spannungswandlern in Kontrollschaltung. Die sekundären Stromzuleitungen sind zusammengefaßt.



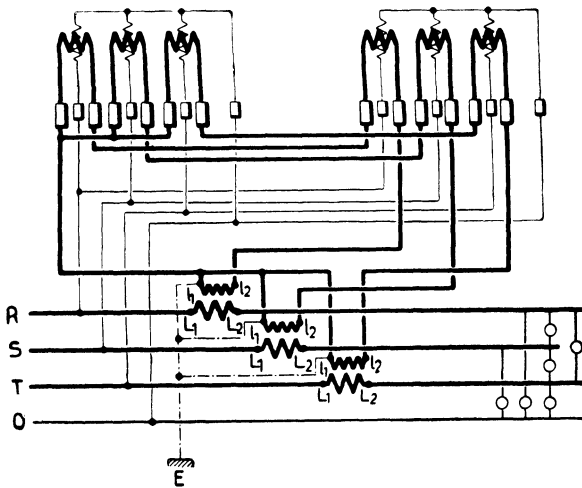
Nr. 19

Für zwei Drehstromzähler mit Nulleiter in Kontrollschaltung.



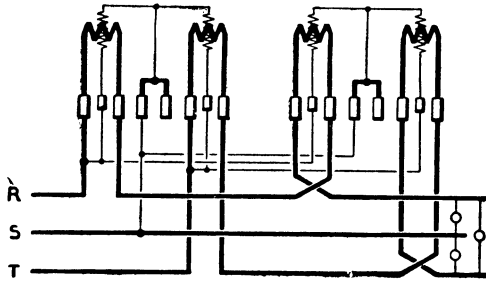
Nr. 20 a

Für zwei Drehstromzähler mit Nulleiter mit drei Stromwandlern in Kontrollschaltung



Nr. 20 b

Für zwei Drehstromzähler mit Nulleiter mit drei Stromwandlern in Kontrollschaltung. Die sekundären Stromzuleitungen sind zusammengefaßt.

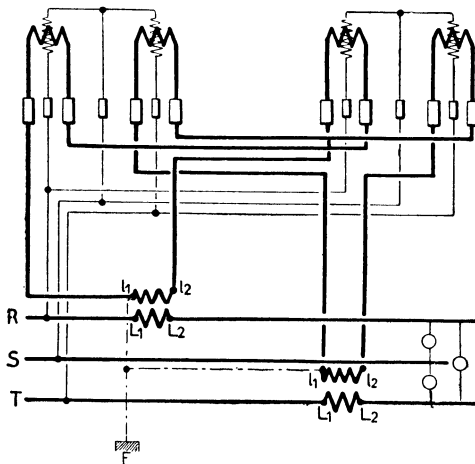


Nr. 21

Für zwei Drehstromzähler ohne Nulleiter mit Rücklaufhemmungen für Vor- und Rückstrom.

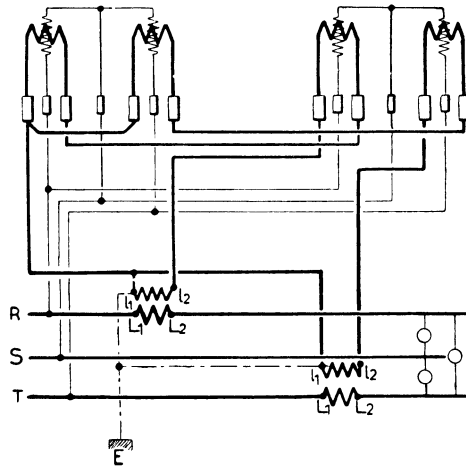
Die Schaltungen für Zweiphasenzähler, d. h. mit Verschiebung der Hauptspannungen um  $90^\circ$  zueinander, verkettet oder unverkettet, sind wegen des seltenen Vorkommens in der Praxis nicht in die Normen aufgenommen.

Bei allen Drehstromzählerschaltungen ist der Anschluß nach der Drehfeldrichtung angegeben. Die Bezeichnungen der Hauptleiter dürfen also nur zyklisch vertauscht werden, z. B. im Bild von oben nach unten, statt *RST* nur *STR* bzw. *TRS*.



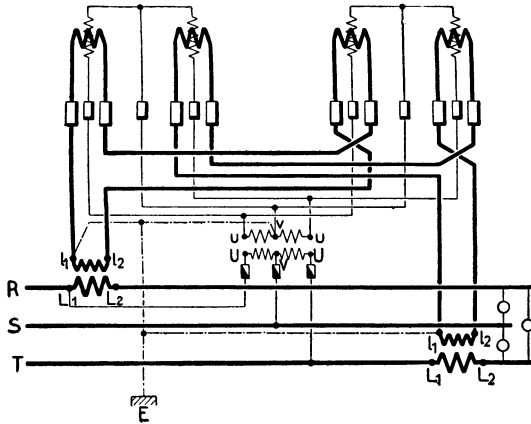
Nr. 22a

Für zwei Drehstromzähler ohne Nulleiter mit Rücklaufhemmungen mit zwei Stromwandlern für Vor- und Rückstrom.



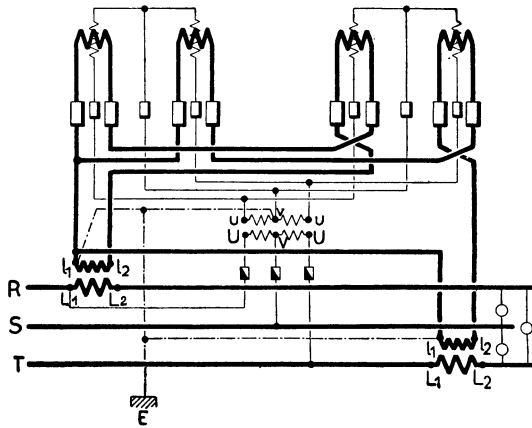
Nr. 22 b

Für zwei Drehstromzähler ohne Nulleiter mit Rücklaufhemmungen mit zwei Stromwandlern für Vor- und Rückstrom. Die sekundären Stromzuleitungen sind zusammengefaßt.



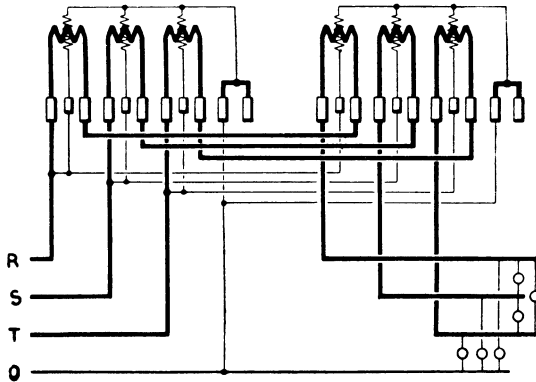
Nr. 23 a

Für zwei Drehstromzähler mit Rücklaufhemmungen mit zwei Strom- und zwei Spannungwandlern für Vor- und Rückstrom.



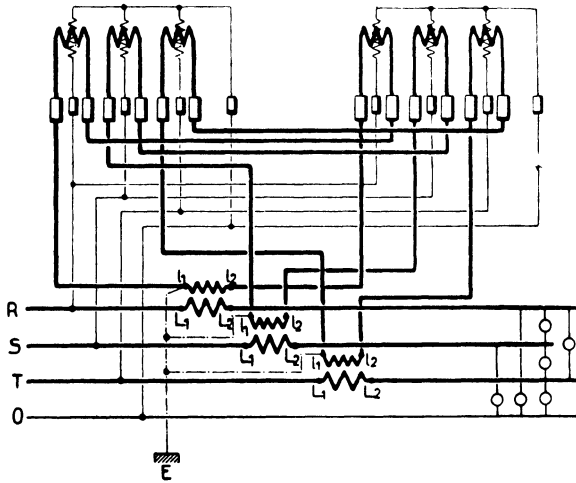
Nr. 23 b

Für zwei Drehstromzähler mit Rücklaufhemmungen mit zwei Strom- und zwei Spannungwandlern für Vor- und Rückstrom. Die sekundären Stromzuleitungen sind zusammengefaßt.



Nr. 24

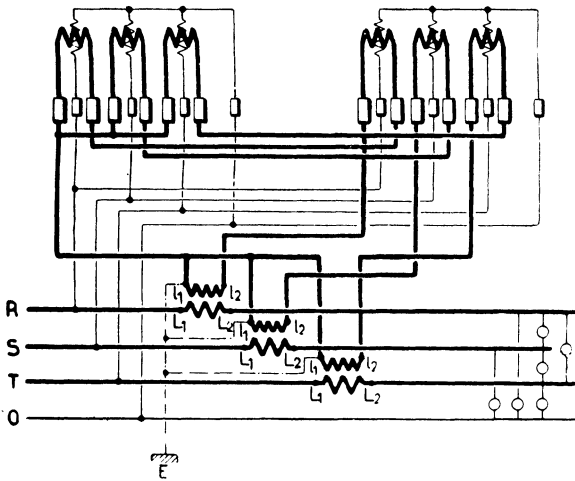
Für zwei Drehstromzähler mit Nulleiter mit Rücklaufhemmungen für Vor- und Rückstrom.



Nr. 25 a

Für zwei Drehstromzähler mit Nulleiter mit Rücklaufhemmungen mit drei Stromwandlern für Vor- und Rückstrom.

Für Gleichstromzähler mit getrennt angeordneten Nebengewichten wurden Schaltbilder nicht festgelegt, da die



Nr. 25 b

Für zwei Drehstromzähler mit Nulleiter mit Rücklaufhemmungen mit drei Stromwandlern für Vor- und Rückstrom. Die sekundären Stromleitungen sind zusammengefaßt.

Ausführungsformen dieser Zähler noch nicht zusammengefaßt werden können.

Für Drehstromzähler in Verbindung mit Meßwandlern wurden je zwei Schaltbilder festgelegt, u. zw. a) mit getrennten und b) mit zusammengefaßten sekundären Stromzuleitungen.

Die Verlegung farbiger Verbindungsleitungen von den Meßwandlern zum Zähler ist sehr zweckmäßig und wird deshalb empfohlen.



## 35. Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen<sup>1)</sup>.

Gültig ab 1. Oktober 1923<sup>2)</sup>.

### I. Leitungen.

#### a) Geltungsbereich.

Von den folgenden Bestimmungen werden alle blanken und isolierten Freileitungen betroffen. Ausgenommen sind Fahr- und Schleifleitungen sowie Leitungen für Installationen im Freien, bei denen die Entfernung der Stützpunkte 20 m nicht überschreitet.

Auch Hausanschlußleitungen fallen unter die Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen.

Die grundsätzliche Verschiedenheit der Anwendungsart von Fahr- und Schleifleitungen gegenüber anderen Freileitungen (z. B. bezüglich der Drahtdurchmesser) macht es notwendig, die Baustoff- und Berechnungsvorschriften beider Gebiete völlig zu trennen.

#### b) Normale Querschnitte.

Die Leitungen sollen nach folgenden Normen hergestellt werden:

##### 1. Eindrängige Leitungen.

Querschnitt mm <sup>2</sup>		Durchmesser d mm	Gewicht kg/1000 m ≈ Kupfer
Nennwert	Istwert		
6	5,9	2,75	52,86
10	9,9	3,55	88,09
16	15,9	4,5	141,55

S. a. DIN VDE 8201.

Eindrängige Leitungen sind nur bis 80 m Spannweite zulässig, eindrängige Eisen- oder Stahlleitungen nur für Niederspannung.

<sup>1)</sup> Für die Errichtung von Freileitungen gelten außerdem die Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen sowie die Leitsätze für Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen und die Leitsätze für Maßnahmen an Fernmelde- und an Drehstromanlagen im Hinblick auf gegenseitige Näherungen.

<sup>2)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlungen 1921 und 1922 und die außerordentliche Ausschusssitzung 1923. Veröffentlicht: ETZ 1921, S. 529 und 836; 1922, S. 700; 1923, S. 693 und 953. — Änderungen der Abschnitte Ib und Ic angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht: ETZ 1924, S. 1156 und 1226; 1925, S. 1054 und 1526.

Eindrätige Leitungen sind durch Baustofffehler stärker gefährdet als mehrdrätige. Nur Metalle mit mehr als 7,5 spezifischem Gewicht, wie Kupfer, Bronzen, Eisen usw., dürfen unter den Regeln der Abschnitte b) und c) in Einzeldrähten aufgehängt werden. Aluminium ist eindrätigt nicht gestattet.

## 2. Leitungseile aus Kupfer, Aluminium und Stahl.

Querschnitt mm <sup>2</sup>		Drähte nach DIN VDE 8200		Seildurch- messer d in mm	Gewicht kg/1000 m	
Nenn- wert	Istwert	Anzahl	Durchm.	Nennwert	Kupfer	Aluminium
10	10	7	1,35	4,1	von 84 bis 99	— —
16	15,9	7	1,7	5,1	" 135 " 155	von 41 bis 47
25	24,2	7	2,1	6,3	" 206 " 235	" 63 " 72
35	34	7	2,5	7,5	" 295 " 330	" 91 " 101
50	49	7	3	9	" 430 " 475	" 132 " 144
50	48	19	1,8	9	" 413 " 470	" 127 " 144
70	66	19	2,1	10,5	" 562 " 644	" 170 " 195
95	93	19	2,5	12,5	" 802 " 905	" 245 " 275
120	117	19	2,8	14	" 1018 " 1130	" 310 " 340
150	147	37	2,25	15,8	" 1265 " 1435	" 385 " 440
185	182	37	2,5	17,5	" 1570 " 1765	" 480 " 525
240	228	37	2,8	19,6	" 1975 " 2200	" 605 " 670
240	243	61	2,25	20,3	" 2080 " 2360	" 635 " 720
300	299	61	2,5	22,5	" 2590 " 2900	" 790 " 885

S. a. DIN VDE 8201.

Für Fernmelde-Freileitungen an Hochspannungsgestängen wird Bronzedraht von 60 bis höchstens 70 kg/mm<sup>2</sup> Bruchfestigkeit und Doppelmetalldraht von mindestens 60 kg/mm<sup>2</sup> Bruchfestigkeit bei Spannweiten bis zu 120 m zugelassen. Bei größeren Spannweiten dürfen auch Fernmelde-Freileitungen nur als Seil verlegt werden.

Die Schlaglänge soll das 11- bis 14-fache des jeweiligen Seilnennendurchmessers betragen.

Als kleinster Querschnitt ist für Kupfer 10 mm<sup>2</sup>, für Aluminium 25 mm<sup>2</sup>, für andere Metalle ein Querschnitt von 380 kg Tragfähigkeit (Zuglast, die beim Prüfen mindestens 1 min lang wirken soll, ohne zum Bruch zu führen) erlaubt. In Ortsnetzen und für Hausanschlüsse werden bei Niederspannung und kleineren Mastentfernungen bis zu 35 m Kupferleitungen von 6 mm<sup>2</sup> Querschnitt, Leitungen aus Aluminiumseil von 16 mm<sup>2</sup> Querschnitt und für andere Metalle ein Querschnitt von 228 kg Tragfähigkeit (Zuglast, die beim Prüfen mindestens 1 min lang wirken soll, ohne zum Bruch zu führen) zugelassen.

Leitungen, die stark angreifenden Dämpfen ausgesetzt sind, können bei Verwendung feindrätiger Litzen unter Umständen gefährdet sein. Daher empfiehlt es sich, für solche Leitungen Querschnitte unter 35 mm<sup>2</sup> nicht zu verwenden.

Die Zulassung von Querschnitten von 380 kg Tragfähigkeit ermöglicht beispielsweise auch die Verwendung von Bronze, Doppelmetall, Eisen und Stahl mit Querschnitten unter 10 mm<sup>2</sup> für Fernmeldeleitungen auf Hochspannungsgestänge.

Die Zulassung von Querschnitten von 228 kg Tragfähigkeit ermöglicht beispielsweise auch die Verwendung von Bronze, Doppelmetall, Eisen und Stahl mit Querschnitten unter 6 mm<sup>2</sup>.

### 3. Stahlaluminiumseile.

Seil Nr.	Außendurchmesser mm	Gesamtquerschnitt mm <sup>2</sup>	Gewicht kg/1000 m	Querschnittsverhältnis	
				Al Cu	Al St
35	11,3	73,3	238 bis 286	1,79	5,74
50	13,5	105,1	341 „ 404	1,8	5,91
70	15,8	143,5	474 „ 550	1,75	5,78
95	18,3	193,7	644 „ 730	1,75	5,88
120	20,6	244,9	816 „ 930	1,74	5,78
150	23,1	309,3	1034 „ 1165	1,76	5,87
185	25,7	382,9	1293 „ 1440	1,77	5,75
240	29,1	491,7	1634 „ 1845	1,76	6,10

S. a. DIN VDE 8202.

Die Stahlaluminiumseile sind nach den Kupferquerschnitten gleicher elektrischer Leitfähigkeit benannt. Hierbei ist nur der Aluminiummantel als leitend angesehen.

Die Zusammensetzung der Stahlaluminiumseile ist folgende:

Seil Nr.	Stahlseil				Aluminiummantel			
	Drähte		Seil		Drähte		Seil	
	Anzahl	Durchmesser mm	Durchmesser mm	Querschnitt mm <sup>2</sup>	Anzahl	Durchmesser mm	Drahtlagen Anzahl	Querschnitt mm <sup>2</sup>
35	7	1,40	4,25	10,8	26	1,75	2	62,5
50	7	1,65	4,95	15,0	26	2,10	2	90,1
70	7	1,95	5,85	20,9	26	2,45	2	122,6
95	7	2,25	6,75	27,8	26	2,85	2	165,9
120	7	2,55	7,65	35,8	26	3,20	2	209,1
150	7	2,85	8,55	44,6	26	3,60	2	264,7
185	7	3,20	9,60	56,2	26	4,00	2	326,7
240	19	2,15	10,75	68,9	26	4,55	2	422,8

S. a. DIN VDE 8202.

### c) Baustoffe.

1. Als normale einfache Baustoffe gelten Kupfer und Aluminium, deren Beschaffenheit folgenden Bedingungen entspricht:

Durchmesser mm		Zuglast in kg		Widerstand in $\Omega/\text{km}$ bei $20^\circ\text{C}$ Größtwert		Gewicht für den Nennwert $\text{kg}/1000\text{ m}$ $\approx$	
Nennwert	Zulässige Abweichungen	Kupfer	Alumi- nium	Kupfer	Alumi- nium	Kupfer	Alumi- nium
1,35	$\pm 0,05$	60	—	12,7	—	12,74	—
1,7	$\pm 0,05$	90	41	8,0	14	20,20	6,20
1,75	$\pm 0,05$	—	43	—	13,2	—	6,57
1,8	$\pm 0,05$	100	46	7,15	12,5	22,65	6,95
2,1	$\pm 0,06$	140	63	5,25	9,0	30,83	9,46
2,25	$\pm 0,06$	160	72	4,6	7,9	35,39	10,85
2,45	$\pm 0,06$	—	85	—	6,7	—	12,87
2,5	$\pm 0,06$	200	88	3,7	6,4	43,69	13,40
2,75	$\pm 0,06$	240	—	3,1	—	52,86	—
2,8	$\pm 0,06$	250	111	3,0	5,0	54,81	16,81
2,85	$\pm 0,06$	—	115	—	4,9	—	17,42
3,0	$\pm 0,06$	270	127	2,6	4,4	62,91	19,30
3,2	$\pm 0,08$	—	145	—	3,9	—	21,96
3,55	$\pm 0,08$	380	—	1,85	—	88,09	—
3,6	$\pm 0,08$	—	183	—	3,07	—	27,79
4,0	$\pm 0,08$	—	214	—	2,48	—	34,31
4,5	$\pm 0,08$	600	—	1,15	—	141,55	—
4,55	$\pm 0,08$	—	276	—	1,9	—	44,39

S. a. DIN VDE 8200.

Als normale Baustoffe für Freileitungen sind die Metalle anzusehen, deren physikalische Beschaffenheit als völlig erforscht und nur in engen Grenzen als veränderlich gelten kann, wie Kupfer und Aluminium.

Bei gegebenem Drahtdurchmesser ist der Stoff durch den Leitungswiderstand, sein Bearbeitungszustand und sein im Betrieb nutzbares Tragvermögen durch die Bruchlast zur Genüge festgelegt. Um Zweifel über die Meßarbeit auszuschließen, wird bestimmt, daß die vorgeschriebene Mindestzuglast mindestens 1 min lang wirken muß, ehe sie zum Bruch führt. Die Sicherheit eindrähtiger Kupferleitungen ist absichtlich größer als die verseilter Drähte gewählt.

Die Werte für die Mindestzuglast sind unter Zugrundelegung eines mittleren Wertes von  $40\text{ kg}/\text{mm}^2$  für Kupfer und  $18\text{ kg}/\text{mm}^2$  für Aluminium errechnet.

Außerdem sollen die Drähte bei dem Festigkeitsversuch in Form eines ausgeprägten Fließkegels zerreißen.

Das Vorhandensein des Fließkegels ist ein einfacheres Bewertungsmittel für die Zähigkeit des Baustoffes als die früher geforderte Dehnungsmessung. Als ausgeprägt soll ein Fließkegel gelten, wenn er mindestens 30% Querschnittsverjüngung enthält. Eine solche Querschnittsverjüngung prägt sich dem Auge nach kurzer Übung ein; es wird sich also sogar die Messung in der Mehrzahl der Fälle erübrigen, zumal die tatsächliche Querschnittsverjüngung der zähen Metalle 30% merklich zu übersteigen pflegt und somit zuverlässige Schätzungen ermöglicht.

Die auftretenden Höchstzugspannungen sollen bei normalem Baustoff, u. zw. bei eindrätigen Kupferleitern nicht mehr als  $12 \text{ kg/mm}^2$ , bei Kupferseilen nicht mehr als  $19 \text{ kg/mm}^2$ , bei Aluminiumseilen nicht mehr als  $9 \text{ kg/mm}^2$  betragen.

Bei Verwendung von Aluminium, dessen Festigkeit die Werte der Tafel bis zu 10% unterschreitet, darf eine Höchstzugspannung von  $8 \text{ kg/mm}^2$  nicht überschritten werden. Bei noch geringerer Festigkeit treten die Bestimmungen unter 3 in Kraft.

2. Als aus normalem zusammengesetzten Baustoff gefertigt gelten Stahlaluminiumseile, deren Aluminiumdrähte den Bedingungen unter c1 und deren Stahldrähte folgenden Bedingungen entsprechen:

Durchmesser mm		Zuglast in kg	Gewicht für den Nennwert kg/1000 m
Nennwert	Zulässige Ab- weichungen		
1,4	$\pm 0,1$	185	12,1
1,65	$\pm 0,1$	256	16,9
1,95	$\pm 0,1$	358	23,6
2,15	$\pm 0,1$	435	28,7
2,25	$\pm 0,1$	477	31,4
2,55	$\pm 0,1$	613	40,3
2,85	$\pm 0,1$	766	50,4
3,2	$\pm 0,1$	963	63,5

S. a. DIN VDE 8203

Die Werte für die Mindestzuglast sind unter Zugrundelegung eines mittleren Wertes von  $120 \text{ kg/mm}^2$  errechnet.

Außerdem sollen die Drähte bei den Festigkeitsversuchen in Form eines Fließkegels zerreißen.

Die auftretenden Höchstzugspannungen sollen bei Stahlaluminiumseilen, die außerdem den Bedingungen unter Absatz b3 entsprechen, nicht mehr als  $11 \text{ kg/mm}^2$  des Gesamtquerschnittes betragen.

Diese Höchstzugspannung darf sowohl bei  $-20^\circ \text{ C}$  als auch bei  $-5^\circ \text{ C}$  und Zusatzlast nicht überschritten werden. Die Höchstzugspannung von  $11 \text{ kg/mm}^2$  ist ermittelt unter der Voraussetzung, daß der Aluminiummantel nicht über  $9 \text{ kg/mm}^2$  beansprucht wird bei einer mindestens 2,5fachen Bruchsicherheit des Stahlaluminiumseiles.

Bezüglich der Bruchfestigkeit und der Verteilung der Zugspannungen auf die einzelnen Querschnitte, der Durchhangsberechnung, der Ermittlung des Elastizitätsmodul und der

Wärmedehnungszahl von Stahlaluminiumseilen wird auf „ETZ“ 1924, S. 1143 verwiesen.

3. Nichtnormale einfache Baustoffe sind unter den Beschränkungen des Abschnittes b) mit der Maßgabe zugelassen, daß im ungünstigsten Belastungsfalle folgende Sicherheit vorhanden ist:

für eindrätige Starkstromleitungen mindestens eine 4-fache,

für eindrätige Fernmelde-Freileitungen, sofern sie aus Bronzedraht bestehen, der nachweislich eine Tragfähigkeit von wenigstens 380 kg aufweist, mindestens eine 2,5-fache,

für verseilte Leitungen mindestens eine 2,5-fache.

Außerdem sollen die Drähte bei dem Festigkeitsversuch in Form eines Fließkegels zerreißen.

Leitungen aus Eisen oder Stahl müssen zuverlässig verzinkt sein.

Nichtnormale Leitungsbaustoffe, z. B. Eisen, Stahl, Doppelmetalle sowie Legierungen, wie Bronzen usw., sind zwar zugelassen und grundsätzlich den gleichen Festigkeitsrechnungen unterworfen wie Kupfer; in Bezug auf Zähigkeit und chemische Beständigkeit ist jedoch Vorsicht geboten.

Bei Eisen oder Stahl muß der Zinküberzug eine glatte Oberfläche haben, den Draht überall zusammenhängend bedecken und so fest daran haften, daß der Draht in eng aneinanderliegenden Spiralwindungen um einen Zylinder von dem 10-fachen Durchmesser des Drahtes fest umgewickelt werden kann, ohne daß der Zinküberzug Risse bekommt oder abblättert.

Der Zinküberzug muß eine solche Dicke haben, daß Drähte über 2,5 mm Durchmesser 7 Eintauchungen von je 1 min Dauer, Drähte von 2,5 mm Durchmesser und darunter 6 Eintauchungen von je 1 min Dauer in eine Lösung von 1 Gewichtsteil Kupfervitriol in 5 Gewichtsteilen Wasser vertragen, ohne sich mit einer zusammenhängenden Kupferhaut zu bedecken. Vor dem ersten sowie nach jedem weiteren Eintauchen muß hierbei der Draht mittels einer Bürste in klarem Wasser von anhaftendem Kupferschlamm befreit werden.

4. Bei nichtnormalen zusammengesetzten Baustoffen sind die gleichen Bestimmungen wie für nichtnormale einfache Baustoffe anzuwenden.

Für Seile aus zusammengesetzten Baustoffen sind die zulässige Höchstzugspannung, der Elastizitätsmodul und die Wärmedehnungszahl aus den entsprechenden Werten der verwendeten einfachen Baustoffe zu errechnen.

## d) Durchhang.

Der Durchhangsberechnung sind zugrunde zu legen:

- a) eine Temperatur von  $-5^{\circ}\text{C}$  und eine zusätzliche Belastung, hervorgerufen durch Wind bzw. Eis,
- $\beta$ ) eine Temperatur von  $-20^{\circ}$  ohne zusätzliche Belastung.

Wegen der Durchhangsberechnungen wird verwiesen auf:

## 1. für Stützenisolatoren:

Nikolaus: „Über den Durchhang von Freileitungen“ (ETZ 1907, S. 896 ff.).

Weil: „Beanspruchung und Durchhang von Freileitungen“ (Verlag von Jul. Springer, Berlin. — ETZ 1910, S. 1155).  
Besser: (ETZ 1910, S. 1214 ff.).

## 2. Für Abspannisolatorenketten:

Kryzanowski: (E. u. M. 1917, S. 489, 505 u. 604).

Guerndt: (ETZ 1922, Heft 5, S. 137 ff.).

Werte für den Durchhang der Freileitungen bei verschiedenen Spannweiten, Temperaturen und Höchstzugspannungen sind in Jaegers Hilfstabellen für Freileitungen, im Verlag M. Jaeger, Berlin, Ramlersstraße 38, enthalten. Diese Tafeln sind zwar nach den früheren Seiltafeln berechnet, sie dürfen aber, da die Abweichungen nur gering sind, doch noch benutzt werden.

Die zusätzliche Belastung ist in der Richtung der Schwerkraft wirkend anzunehmen. Diese Zusatzlast ist mit  $180\sqrt{d}$  in  $g$  für 1 m Leitungslänge einzusetzen, wobei  $d$  den Leitungsdurchmesser, bei isolierten Leitungen den Außendurchmesser in mm bedeutet. In keinem Falle darf die Materialspannung der Leitung die unter c) festgesetzte Höchstspannung überschreiten.

Die nach den ersten Vorschriften bis zum 1. I. 1914 gültige Berechnungsformel  $0,015g$ , die ein Vielfaches des Querschnittes als Zusatzlast bei  $-5^{\circ}\text{C}$  annahm, wurde verworfen, da sie zur Sicherung kleinerer Querschnitte nicht genügte, die großen Querschnitte jedoch zu ungünstig belastete. Darauf wurde 1914 die empirische Formel  $190 + 50d$  eingeführt, die die ungünstigsten Fälle für Eis und Wind einbegriff und bei  $35\text{ mm}^2$  Querschnitt (wobei Drahtbrüche infolge Überlastung durch Eislast oder Winddruck nicht bekannt geworden waren) etwa die gleiche Zusatzlast wie nach  $0,015g$  ergibt. Für die kleineren Querschnitte ergibt sie eine geringere Zusatzlast. Nach dieser Formel wird für Kupferleitungen das Gewicht durch die Zusatzlast z. B. bei  $95\text{ mm}^2$  auf das Zweifache, bei  $15\text{ mm}^2$  auf das Vierfache, bei  $10\text{ mm}^2$  auf das Fünffache des Eigengewichtes vermehrt, während diese Gewichtszunahme nach den ersten Vorschriften bei allen Querschnitten dem 2,65-fachen Eigengewicht entsprach.

Auch diese Formel hat sich aus technischen und wirtschaftlichen Gründen als unzweckmäßig herausgestellt. Aus technischen, weil sie bei kleineren Querschnitten zwar eine größere mechanische Sicherheit ergibt, die elektrische Sicherheit aber vermindert, weil infolge der großen Durchhänge die Gefahr des Zusammenschlagens bedenklich erhöht ist; aus wirt-

schaftlichen Gründen, weil sich bei den jetzt gebräuchlichen großen Spannweiten zu hohe Maste ergeben. Deshalb wurde eine neue Formel für die Zusatzlast eingeführt, bei deren Verwendung sich kleinere Durchhänge errechnen, wodurch das Zusammenschlagen der Leitungen erschwert, gleichzeitig aber die mechanische Sicherheit der Leitungen nicht zu stark herabgesetzt wird. Es wurde die Formel  $180 \sqrt{d}$  gewählt, die bei Querschnitten über  $35 \text{ mm}^2$  einen Mittelwert der in der „ETZ“ 1918 Heft 48, S. 475 für Berücksichtigung der Eislast aufgestellten Formeln  $325 + 30,3 d$  bzw.  $416 + 16,2 d$  (je nach Annahme des spezifischen Gewichtes des Eises zu 0,9 bzw. 0,2) ergibt, bei Querschnitten unter  $35 \text{ mm}^2$  eine nur wenig stärkere Beanspruchung gegenüber der bisherigen Formel  $190 + 50 d$  zuläßt. Es wurde ferner untersucht, ob die Windbelastung nicht eine höhere Zusatzlast erfordert. Unter Zugrundelegung eines Winddruckes von  $125 \text{ kg/m}^2$  und eines Abrundungswertes von 0,5 ergibt sich, wenn man nach den Angaben meteorologischer Institute (wonach in Deutschland im allgemeinen nur warme Stürme vorkommen) diese Windlast bei  $+5^\circ \text{ C}$  wirken läßt, daß die Spannung der Seile bei  $+5^\circ \text{ C}$  und dieser Windlast unter der Spannung bei  $-5^\circ \text{ C}$  und der gleichzeitigen Eislast  $180 \sqrt{d}$  bleibt.

Bei Berechnung von Freileitungen mit Schutzhülle ist das Mergewicht entsprechend zu berücksichtigen.

Bei Ermittlung der größten Durchhänge sind sowohl  $-5^\circ \text{ C}$  und zusätzliche Belastung als auch  $+40^\circ \text{ C}$  ohne Zusatzlast zugrunde zu legen.

In Gegenden, in denen nachweislich außergewöhnlich große Zusatzlasten zu erwarten sind, muß die Sicherheit der Anlage durch zweckdienliche Maßnahmen erhöht werden. Als solche werden empfohlen: Verringerung des Mastabstandes, Vergrößerung des Durchhanges bei gleichzeitiger Vergrößerung der Leiterabstände und Vermeidung massiver Leiter.

Werden Leitungen verschiedenen Querschnittes auf einem Gestänge verlegt, so sind sie nach dem Durchhang des schwächsten Querschnittes zu spannen, sobald die gegenseitige Lage der Drähte ein Zusammenschlagen möglich erscheinen läßt.

Liegen die Stützpunkte nicht auf gleicher Höhe, so wird unter Spannweite die Entfernung der Stützpunkte, wagerecht gemessen, und unter Durchhang der Abstand zwischen der Verbindungslinie der Stützpunkte und der dazu parallelen Tangente an die Durchhangslinie, senkrecht gemessen, verstanden.

Die Durchhangsberechnung kann für normale Stahlaluminiumseile für Höchstzugspannungen bis zu  $11 \text{ kg/mm}^2$  wie für Seile aus einfachen Baustoffen vorgenommen werden. Es ist zu setzen: Der Elastizitätsmodul  $E = 7450 \text{ kg/mm}^2$ ,



die Wärmedehnungszahl  $\vartheta = 1,918 \cdot 10^{-5}$  (siehe ETZ. 1924 S. 1143 ff.).

Spannweite  $x$  und Durchhang  $f$  bei Stützpunkten verschiedener Höhe ergeben sich aus der folgenden Abb. 1.

Die Leitungen sind so zu spannen, daß die Durchhänge nicht kleiner oder die Leitungzüge nicht größer werden als die in den Tafeln von Jaeger angegebenen Werte. Dieses kann erreicht werden einmal dadurch, daß man die Durchhänge an den Stützpunkten von der Rille des Isolators aus abmißt und die Leitung entsprechend der durch diese Punkte festgelegten Visierlinie spannt, oder dadurch, daß man den erforderlichen Zug mit Hilfe eines Federdynamometers einstellt.

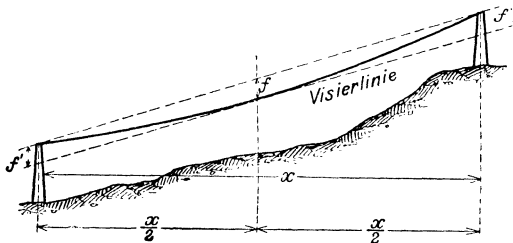


Abb. 1.

#### e) Leitungsverbindungen.

Mechanisch beanspruchte Leitungsverbindungen müssen mindestens 90% der Festigkeit (vgl. S. 448) der zu verbindenden Leitungen besitzen. Verbindungen mit kleinerer Festigkeit sowie Lötverbindungen müssen von Zug entlastet sein. Abspannklemmen sind ebenso wie Leitungsverbindungen zu behandeln.

Die Vorschrift, daß Leitungen nicht unmittelbar durch Lötung miteinander verbunden werden dürfen, wenn die Lötstelle nicht von Zug entlastet ist, rechtfertigt sich durch den Umstand, daß die Festigkeit hartgezogener Drähte durch die bei der Lötung eintretende Erwärmung erheblich verringert wird, so daß ohne Entlastung schwache Stellen in der Leitung vorhanden sein würden, die zum Bruch führen können, sowie dadurch, daß Lötstellen in hohem Maße von der Zuverlässigkeit der Herstellung der Lötstellen abhängig sind.

#### f) Fernmelde-Freileitungen.

Bezüglich Fernmelde-Freileitungen, die an einem Freileitungsgestänge für Hochspannung verlegt sind, siehe § 22 der Errichtungsvorschriften (insbesondere § 22 i und Regel 4 dieses Paragraphen).

Bezüglich des geringsten zulässigen Querschnittes der Fernmelde-Freileitungen siehe unter b) sowie § 20 Regel 4 der Errichtungsvorschriften.

## II. Gestänge.

### A. Allgemeines.

1. Die Gestänge sind für die höchsten, nach ihrem Verwendungszwecke gleichzeitig zu erwartenden äußeren Kräfte zu bemessen. Als solche kommen in Frage:

- a) Eigengewicht der Gestänge mit Querträgern, Leitungen, Isolatoren und dergleichen, einschließlich der Eisbelastung.
- b) Winddruck auf die vorgenannten Teile.

Dieser ist mit 125 kg auf 1 m<sup>2</sup> senkrecht getroffener Fläche ohne Eisbehang anzusetzen. Bei Körpern mit Kreisquerschnitt bis höchstens 0,5 m mittlerem Durchmesser ist die Fläche mit 50 %, bei größeren mittleren Durchmessern mit 60 % der senkrechten Projektion der wirklich getroffenen Fläche anzusetzen.

Für Windbelastung ist auch die für Bauwerke festgesetzte Belastung von 125 kg/m<sup>2</sup> senkrecht getroffener Fläche zugrunde zu legen.

Die Kommission war der Ansicht, daß der Abrundungswert von 0,5 mit Rücksicht auf die vorliegenden Versuchsergebnisse (s. Hütte 22. Aufl., Teil I, S. 363) auch auf Maste bis 0,5 m Durchmesser ausgedehnt werden kann. Dieses gilt selbstverständlich nicht für gekuppelte Maste mit Kreisquerschnitt, wenn der Wind senkrecht zur Ebene, die durch die Längsachsen beider Stangen geht, wirkt.

Im übrigen ist der wirkliche Winddruck zu berücksichtigen. Bei Fachwerk sind die im Windschatten liegenden Teile mit 50 % der Vorderfläche in Rechnung zu stellen. Dieses gilt auch für fachwerkartige Querträger.

Wird ein Draht unter einem Winkel getroffen, so ist der Winddruck, der sich bei rechtwinkligem Auftreffen des Windes ergibt, mit dem Sinus des Winkels zu multiplizieren; für ebene Flächen ist mit dem Quadrate des Sinus zu rechnen.

- c) Leitungszug, hervorgerufen durch das Eigengewicht der Leitungen und Isolatorenketten und die zusätzliche Last (Eis, Wind).

Dieser ist für jeden Leiter der für den betreffenden Fall zugrunde gelegten Höchstzugspannung multipliziert mit dem Leitungsquerschnitt gleichzusetzen.

Diese Annahme ist zur Vereinfachung der Rechnung gemacht, weil sonst besondere Rechnungen für — 20° C ohne Zusatzlast und — 5° mit Zusatzlast durchgeführt werden müßten. Bei den üblichen Querschnitten und Spannweiten tritt die Höchstzugspannung nur selten bei — 20° C ein. Für — 5° C und Zusatzlast ergeben sich annähernd die gleichen Spannungen,

wenn man die Zusatzlast einmal als Eis oder das andere Mal nur als Wind rechnet. Hierbei ist berücksichtigt, daß die Eislast in gleicher Richtung wie das Eigengewicht, der Wind senkrecht zu dieser wirkt.

Für Isolatorenketten ist die Eislast mit 2,5 kg für 1 m Kette anzunehmen. Der Winddruck ist entsprechend Punkt b) zu berechnen.

- d) Widerstand des Bodens oder der Fundamente (siehe Abschnitt G).
2. Nach dem Verwendungszweck sind zu unterscheiden:
- a) Tragmaste, die lediglich zur Stützung der Leitung dienen und nur in gerader Strecke verwendet werden dürfen;
- b) Winkelmaste, die bestimmt sind, die Leitungszüge in Winkelpunkten aufzunehmen;
- c) Masten in gerader Linie, die den Unterschied ungleicher Züge in entgegengesetzter Richtung aufnehmen sollen, werden wie Winkelmaste berechnet;
- c) Abspannmaste, die Festpunkte in der Leitungsanlage schaffen sollen;
- d) Endmaste, die zur vollständigen Aufnahme eines einseitigen Leitungszuges dienen;
- e) Kreuzungsmaste, wie sie bei bruchsicherer Kreuzung von Reichstelegraphenanlagen, von Reichseisenbahnen oder Reichswasserstraßen aufzustellen sind.

Für einen bestimmten Verwendungszweck berechnete Masten dürfen für andere Zwecke nur verwendet werden, wenn sie auch den hierfür geltenden Anforderungen genügen.

## B. Ermittlung des Winddruckes und Leitungszuges für die Mastberechnung.

Soweit nicht besondere Verhältnisse eine genauere Ermittlung erfordern, sind für Winddruck und Leitungszug die nachstehend aufgeführten äußeren Kräfte als wirksam anzunehmen.

Die bei den einzelnen Mastarten unter a), b) und c) angeführten Fälle sind nicht gleichzeitig anzunehmen, sondern es sind für die Mastberechnungen die Fälle auszuwählen, die die für die einzelnen Bauteile ungünstigste Beanspruchung ergeben.

### I. Tragmaste:

- a) Winddruck senkrecht zur Leitungsrichtung auf den Mast mit Kopfausrüstung und gleichzeitig auf die halbe Länge der Leitungen der beiden Spannfelder;
- b) Winddruck in der Leitungsrichtung auf den Mast mit Kopfausrüstung (Leitungsträger, Isolatoren);

- c) Wagerechte Kräfte, die in der Höhe und in der Richtung der Leitungen angenommen werden und gleich einem Viertel des senkrechten Winddruckes auf die halbe Länge der Leitungen der beiden Spannungsfelder zu setzen sind.

Die Kräfte unter c) brauchen nur bei Masten von mehr als 10 m Länge berücksichtigt zu werden.

Würde diese Bestimmung entsprechend den früheren Vorschriften auf alle Masthöhen angewendet werden, so würde es aus wirtschaftlichen Gründen nicht möglich sein, U-Eisenmaste zu verwenden. Die neuerdings getroffene Beschränkung auf Maste über 10 m Höhe ist angängig, da die vollen Windstärken nur in größerer Höhe erreicht werden.

## II. Winkelmaste :

- a) Die Mittelkräfte der größten Leitungszüge und gleichzeitig der Winddruck auf Mast- und Kopfausrüstung für Wind in Richtung der Gesamtmittelkraft ;  
 b) die Mittelkräfte der Leitungszüge bei einer Windrichtung senkrecht zu dem größten Leitungszug und gleichzeitig der Winddruck auf Mast- und Kopfausrüstung für diese Windrichtung.

Diese Bestimmung gilt nur für Maste, die senkrecht zur Mittelkraft ein geringeres Widerstandsmoment haben als in Richtung dieser Kräfte.

Um die Leitungszüge, die sich aus Eigengewicht und Winddruck ergeben, nicht in jedem einzelnen Falle ermitteln zu müssen, ist der Zug einer Leitung, die nicht senkrecht vom Wind getroffen wird, näherungsweise zu berechnen aus Leitungsquerschnitt mal gewählter höchster Zugspannung mal dem Sinus des Winkels, unter dem die Leitung vom Wind getroffen wird. Für die senkrecht getroffenen Leitungen gilt als Leitungszug: Leitungsquerschnitt mal gewählte höchste Zugspannung.

## III. 1. Abspannmaste in gerader Linie :

- a) wie Ia ;  
 b)  $\frac{2}{3}$  der größten einseitigen Leitungszüge und gleichzeitig der Winddruck auf Mast mit Kopfausrüstung senkrecht zur Leitungsrichtung.

Dieser Zug entspricht ungefähr der beim Spannen der Leitungen auftretenden Beanspruchung.

## 2. Abspannmaste in Winkelpunkten :

- a) wie II a) ;  
 b) wie II b) ;  
 c)  $\frac{2}{3}$  der größten einseitigen Leitungszüge und gleichzeitig der Winddruck auf Mast- und Kopfausrüstung für eine Windrichtung parallel den größten Leitungszügen.

Die Kopfausrüstung aller Abspannmaste muß den ganzen einseitigen Leitungszug aufnehmen können.

#### IV. Endmaste :

Der gesamte größte einseitige Leitungszug und gleichzeitig der senkrecht zur Leitungsrichtung wirkende Winddruck auf Mast mit Kopfausrüstung.

#### V. Kreuzungsmaste :

Bezüglich der Kreuzungsmaste siehe besondere Vorschriften.

VI. Als Stützpunkte benutzte Bauwerke müssen die durch die Leitungsanlage eintretenden Beanspruchungen aufnehmen können.

### C. Berechnung von Gittermasten.

Bei quadratischen Gittermasten ist zu beachten, daß das größte Widerstandsmoment in den zu den Querschnittseiten parallelen Achsen liegt. Ist die Mittelkraft aus Leitungszügen und Winddruck nicht parallel zu einer Mastseite, so muß sie in zwei zu den Mastseiten parallele Kräfte zerlegt werden. Die Eckeisen sind für die arithmetische Summe dieser beiden Teilkräfte zu berechnen. Die Streben sind für die Teilkräfte zu berechnen.

Bei Gittermasten mit rechteckigen Querschnitten ungleicher Seitenlänge ist die Berechnung für die Beanspruchung in Richtung der längeren und der kürzeren Seite je für sich auszuführen. Eine schräg zu den Mastseiten liegende Mittelkraft ist in zwei zu den Mastseiten parallele Teilkräfte zu zerlegen. Für jede der beiden Teilkräfte ist zu bestimmen, welche Beanspruchung sie in den Eckeisen hervorruft. Die arithmetische Summe dieser Beanspruchungen ergibt die Kraft, für die die Eckeisen zu berechnen sind. Die Streben sind für die Teilkraft zu berechnen, die der betreffenden Mastseite parallel läuft.

### D. Beanspruchung der Baustoffe.

1. Flußeisen: Die Spannung (Zug, Druck- und Biegung) der Eisenkonstruktionen darf im ungünstigsten Falle 1500 kg/cm<sup>2</sup>, die Zugspannung der Schrauben 750 kg/cm<sup>2</sup>, die Scherspannung der Niete 1200 kg/cm<sup>2</sup>, die der Schrauben 900 kg/cm<sup>2</sup>, der Lochleibungsdruck der Niete 3000 kg/cm<sup>2</sup>, der der Schrauben 1800 kg/cm<sup>2</sup> nicht überschreiten. Die auf Druck beanspruchten Glieder müssen eine zweifache Sicherheit gegen Knicken nach der Tetmajerschen Formel haben, wenn:

$$\lambda = \frac{l}{i} = \frac{\text{Knicklänge in cm}}{\text{Trägheitshalbmesser}} < 105$$

ist. Der Sicherheitsgrad wird durch das Verhältnis  $\frac{\text{Knickspannung}}{\text{Normalspannung}}$  bestimmt, worin nach Tetmajer die Knick-

spannung  $= 3100 - 11,41 \cdot \frac{l}{i}$  ist. Im Vorstehenden ist  $i$  der

Trägheitshalbmesser, gegeben durch die Gleichung  $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ .

Ist  $\lambda > 105$ , so müssen die auf Druck beanspruchten Glieder nach der Eulerschen Formel

$$P = \frac{J \cdot \pi^2 \cdot E}{n \cdot l^2}$$

berechnet werden, worin der Sicherheitsgrad  $n = 3$  zu setzen ist.

$P$  bedeutet hierin die zulässige Belastung in kg,

$F$  die ungeschwächte Querschnittsfläche des gedrückten Stabes in  $\text{cm}^2$  und

$E$  den Elastizitätsmodul  $= 2\,150\,000 \text{ kg/cm}^2$ .

$J$  ist in beiden Fällen das kleinste Trägheitsmoment ( $J_{\min}$ ) des gedrückten Stabes in  $\text{cm}^4$ .

Ist die Ausknickung eines Stabes durch Anschlüsse innerhalb der Knicklänge an eine bestimmte Richtung gebunden, so ist das Trägheitsmoment auf die zu dieser Richtung senkrecht stehende Achse zu beziehen.

Sind bei einem Gittermast aus Winkelisen die in der Abwicklung der Mastseiten in gleicher Höhe liegenden Streben

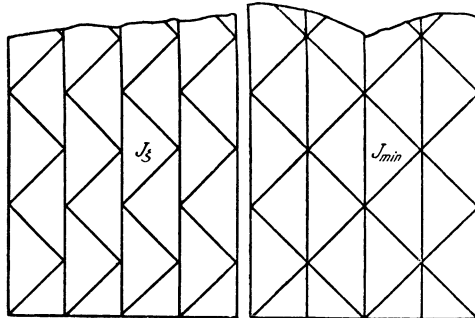


Abb. 2.

parallel gerichtet, so kann bei der Berechnung der Eckständer das Trägheitsmoment auf die zu einem Winkelschenkel parallele Achse bezogen werden ( $J_{\xi}$ ). Bei nicht parallel gerichteten Streben ist das kleinste Trägheitsmoment ( $J_{\min}$ ) einzusetzen (siehe Abb. 2).

Die Abstände für die Anschlußniete der Streben an den Knotenpunkten sind so klein wie möglich zu bemessen.

Für sämtliche Konstruktionsteile sind Anschlußniete

unter 13 mm Durchmesser und Eisenstärken unter 4 mm, außerdem Profildbreiten unter 35 mm, sofern sie durch einen Niet geschwächt sind, unzulässig.

Die größten zulässigen Durchmesser der geschlagenen Niete sind durch die Profildbreiten bestimmt und der folgenden Aufstellung zu entnehmen:

Mindestprofilbreite in mm . . . . .	35	45	55	60	70	80
Nietdurchmesser in mm . . . . .	13	16	18	20	23	26

Bei Zuggliedern ist die Nietschwächung zu berücksichtigen.

Bei vorstehenden Bestimmungen ist vorausgesetzt, daß alle Eisenteile einen ausreichenden Schutz gegen Rosten erhalten.

2. Holzgestänge. Die zulässigen Biegungsspannungen für hölzerne Bauteile ergeben sich aus nachstehender Zahlentafel:

	bei fäulnis- gefährdeten Bauteilen kg/cm <sup>2</sup>	bei nicht fäul- nisgefährdeten Bauteilen kg/cm <sup>2</sup>
Mit Teeröl durchtränkte Hart- hölzer . . . . .	280	330
Mit Teeröl durchtränkte Kiefern und Lärchen . . . . .	190	220
Nach einem anderen als zuverlässig anerkannten Verfahren getränkte Harthölzer . . . . .	190	280
Nach einem anderen als zuverlässig anerkannten Verfahren getränkte Nadelhölzer . . . . .	145	190
Ungetränkte Hölzer in Hochspan- nungsanlagen . . . . .	unzu ässig	80
Ungetränkte Hölzer in Niederspan- nungsanlagen . . . . .	80	100

Als fäulnisgefährdet sind vor allem hölzerne Bauteile anzusehen, die ganz oder teilweise eingegraben sind oder mit der Erdoberfläche in Berührung kommen. Unter Umständen können aber auch solche hölzernen Bauteile fäulnisgefährdet sein, die mit Pflanzenwuchs in Berührung kommen oder von Spritzwasser (wegen der von diesem mitgeführten Keime) erreicht werden, besonders wenn bei diesen hölzernen Bau-

teilen das Austrocknen durch mangelnden Luftzutritt erschwert ist. Das Gleiche gilt für solche hölzernen Bauteile, die dieser Gefährdung selbst nicht ausgesetzt sind, aber gefährdete hölzerne Bauteile unmittelbar berühren. Bereits eingebaute Holzmasten, die nachträglich mit besonderen Füßen ausgerüstet werden, gelten als fäulnisgefährdet.

Bei der Instandsetzung ist darauf zu achten, daß die bereits angegriffenen Holzteile entfernt werden. Es empfiehlt sich, auch noch einen Teil des anscheinend gesunden Holzes wegzuschneiden, um alle möglicherweise eingedrungenen Fäulniskeime zu beseitigen.

Unter Durchtränkung mit Teeröl im Sinne dieser Vorschriften ist zu verstehen:

das Einbringen von mindestens 180 kg Teeröl je m<sup>3</sup> bei Buche,  
 „ „ „ „ 60 „ „ „ „ „ Eiche,  
 „ „ „ „ 90 „ „ „ „ „ Kiefer  
 (auch Lärche),

wobei alle durchtränkenden Teile von Teeröl durchzogen sein müssen.

Bei Verwendung von Mastfüßen muß die Beanspruchung des Fußes und der Verbindung des Mastes mit dem Fuß der zulässigen Beanspruchung des betreffenden Baustoffes entsprechen.

Bei Berechnung der Maste ist gerader Wuchs und eine Zunahme des Stangendurchmessers von 0,7 cm je Meter Stangenlänge anzunehmen.

Zur Beurteilung des geraden Wuchses von Holzmasten gilt als Anhalt, daß eine zwischen Erdaustritt und Zopfende an den Mast gelegte Schnur in keinem Punkte größeren Abstand vom Mast haben darf, als der Masthalbmesser an dieser Stelle beträgt.

Für einfache Tragmasten kann die Berechnung nach der Formel:

$$Z = 0,65 \cdot H + k \sqrt{\Delta s}$$

erfolgen.

Hierin ist:

$H$  = Gesamtlänge des Mastes in m,

$k$  = eine Zahl, die aus der nachstehenden Tafel zu entnehmen ist,

$\Delta$  = Summe der Durchmesser aller an dem Mast verlegten Leitungen in mm,

$s$  = Spannweite in m.

Zulässige Biegungsspannung in kg/cm <sup>2</sup> . . . . .	80	100	145	190	220	280	330
$k$	0,32	0,28	0,22	0,19	0,17	0,14	0,12



A-Maste für Hochspannungsleitungen müssen am oberen Ende durch wenigstens einen Hartholzdübel oder eine nachweislich mindestens gleichwertige Ausführung miteinander verbunden werden. Die Scherspannung darf für Hartholz  $20 \text{ kg/cm}^2$ , sonst  $18 \text{ kg/cm}^2$  nicht überschreiten. In der freien Länge ist wenigstens eine Querversteifung in einer Mindeststärke des Zopfdurchmessers der einzelnen Stangen vorzusehen mit dicht darunterliegendem Bolzen von nicht unter  $\frac{3}{4}$ " Durchmesser. Am unteren Ende ist eine Zange anzuordnen, deren Hölzer in den Mast einzulassen und mit ihm durch Bolzen von mindestens  $\frac{3}{4}$ " Durchmesser zu verbinden sind.

Das in halber Knicklänge vorhandene Trägheitsmoment  $J$  in  $\text{cm}^4$  muß mindestens sein:

$$J = n \cdot 5 \cdot P \cdot l^2$$

Hierin ist:

- $P$  = die Druckkraft in t,
- $l$  = die Knicklänge in m,
- $n$  = die Knicksicherheit.

Für die Knicksicherheit  $n$  ist einzusetzen bei Hölzern mit einer zulässigen Biegungsspannung von  $80$  und  $100 \text{ kg/cm}^2$  die Zahl  $5$ , von  $145 \text{ kg/cm}^2$  die Zahl  $4$ , von  $190$ ,  $220$ ,  $280$  und  $330 \text{ kg/cm}^2$  die Zahl  $3$ .

Als Knicklänge gilt die Entfernung von Mitte Dübel bzw. Schraubenbolzen bis zur halben Eingrabetiefe.

Bei Doppelmasten ist das doppelte Widerstandsmoment einer Stange einzusetzen, wenn die Maste nicht verdübelt oder sonst gleichwertig miteinander verbunden sind. Bei verdübelten Masten und solchen Doppelmasten, die durch eine nachweislich mindestens gleichwertige Ausführung miteinander verbunden sind, darf als größtes Widerstandsmoment das 3-fache Widerstandsmoment des einfachen Mastes eingesetzt werden, wenn die Krafrichtung in der Ebene wirkt, die in der Längsachse der beiden Stangen liegt.

Solche Maste sind je nach ihrer Länge vier- bis sechsmal zu verdübeln und zu verschrauben oder gleichwertig miteinander zu verbinden, und zwar einmal an den beiden Enden und im übrigen auf die Mastlänge so verteilt, daß im gefährlichen Querschnitt oder in dessen Nähe keine Querschnittschwächung durch Schrauben- oder Dübellöcher verursacht wird.

Bei verdübelten Masten ist von den erforderlichen Verbindungsbolzen wenigstens je einer dicht neben den Dübeln anzuordnen. Die Verbindungsbolzen müssen bei Doppel-

masten bis zu 13 cm Zopfstärke mindestens  $\frac{1}{2}$ " , von 14 bis 16 cm Zopfstärke  $\frac{5}{8}$ " und für alle stärkeren Maste  $\frac{3}{4}$ " stark gewählt werden.

Unter Zopfstärke ist der mittlere Durchmesser am Zopf zu verstehen, der sich aus  $\frac{\text{Umfang}}{\pi}$  ergibt.

Folgende Zopfstärken für Maste dürfen nicht unterschritten werden:

für Niederspannungsleitungen

bei einfachen oder verstrehten Masten . . . . 12 cm  
 „ Stichleitungen mit nur einem Stromkreise 10 „  
 „ A-Masten oder verdübelten Doppelmasten . . 10 „  
 „ nicht verdübelten Doppelmasten . . . . . 9 „

für Hochspannungsleitungen

bei einfachen oder verstrehten Masten . . . . . 15 „  
 „ A-Masten oder verdübelten Doppelmasten . . 10 „  
 „ nicht verdübelten Doppelmasten . . . . . 9 „

In Strecken, die mit „erhöhter Sicherheit“ ausgeführt werden, dürfen die im Abschnitt III A hierfür vorgeschriebenen Zopfstärken nicht unterschritten werden.

Streben sollen mindestens 9 cm Zopfstärke haben.

Alle Eisenteile sind gegen Rost zu schützen. Die in der Erde liegenden Eisenteile sowie alle Schnittflächen der Hölzer sind mit heißem Asphaltteer zu streichen oder gleichwertig gegen Zerstörung zu schützen.

3. Gestänge aus besonderen Baustoffen, insbesondere aus Eisenbeton.

Gestänge aus besonderen Baustoffen dürfen bis zu  $\frac{1}{3}$  der vom Lieferer zu gewährleistenden Bruch- und Knickfestigkeit, gußeiserne Bauteile jedoch nur bis zu 300 kg/cm<sup>2</sup> beansprucht werden.

Um die Einführung anderer Baustoffe für Gestänge nicht zu beschränken, ist für diese die zulässige Beanspruchung von der zu gewährleistenden Bruchfestigkeit abhängig gemacht worden.

## E. Besondere Bestimmungen für die Stützpunkte der Leitungen.

1. Allgemeines. Etwa alle 3 km soll ein Abspannmast gesetzt werden. An diesem sind die Leitungen so zu befestigen, daß ein Durchrutschen ausgeschlossen ist. Winkel- oder Kreuzungsmaste können als Abspannmaste verwendet werden, wenn sie entsprechend berechnet sind. In Gegenden, in denen außergewöhnlich große Zusatzlasten zu er-

warten sind, soll etwa jeder zehnte Mast ein Abspannmast sein.

2. Abstände der Leitungen voneinander. Starkstromleitungen sollen einen solchen Abstand voneinander und von anderen Leitungen, z. B. von Blitzschutzseilen, erhalten, daß das Zusammenschlagen oder eine Annäherung bis zur Überschlagspannung möglichst vermieden ist. Diese Forderung kann bei Leitungen gleichen Baustoffes und gleichen Querschnittes als erfüllt gelten, wenn der Abstand der Leitungen voneinander wenigstens  $0,75 \sqrt{f} + \frac{E^2}{20000}$ , bei Leitungen aus Aluminium dagegen mindestens  $\sqrt{f} + \frac{E^2}{20000}$ , jedoch bei Hochspannung von 3000 V aufwärts nicht unter 0,8 m, für Aluminium 1,0 m beträgt. Hierbei ist  $f$  = Durchhang der Leitungen bei  $+40^\circ\text{C}$  in m und  $E$  = Spannung in kV. Bei Leitungen verschiedenen Querschnittes oder verschiedener Baustoffe sowie bei anormalen Gelände- oder Belastungsverhältnissen ist auf Grund näherer Untersuchungen, z. B. durch das Aufzeichnen der Ausschwingungskurven, festzustellen, ob und inwieweit die nach den vorstehenden Formeln berechneten Abstände zu vergrößern sind. Bei Niederspannungsleitungen, die dem Winde weniger ausgesetzt sind, können die Werte obiger Formel um  $\frac{1}{3}$  ermäßigt werden.

Durch das Glied  $\frac{E^2}{20000}$  soll bei hohen Spannungen eine Vergrößerung des Abstandes erzielt werden. Gleichzeitig kann es als Anhalt für die zulässige Annäherung zur Vermeidung eines Überschlages gelten.

Bei besonders wichtigen Anlagen wird empfohlen, die Leitungen nicht senkrecht untereinander anzuordnen, da die Erfahrung gezeigt hat, daß bei plötzlicher Entlastung einer Leitung von Eislast die Gefahr des Zusammenschlagens durch Hochschnellen besonders groß ist.

3. Konstruktion der Gestänge mit Rücksicht auf Vogelschutz. Zur Vermeidung der Gefährdung von Vögeln sind bei Hochspannung führenden Starkstromleitungen die Befestigungsteile, Querträger, Stützen usw. möglichst derartig auszubilden, daß Vögeln eine Sitzgelegenheit dadurch nicht gegeben wird. Der wagerechte Abstand zwischen einer Hochspannung führenden Starkstromleitung und geerdeten Eisenteilen soll mindestens 300 mm betragen.

Die Anbringung von Sitzgelegenheiten für Vögel in größeren Entfernungen von den Leitungsdrähten (z. B. durch Sitzstangen an den Mastspitzen in Richtung der Leitungen) ist ebenfalls zur Verhütung von Schäden für die Vogelwelt von einigen Seiten empfohlen worden, sollte jedoch nicht unterhalb der Leitungen stattfinden.

Bezüglich empfehlenswerter Ausführungen mit Rücksicht auf den Vogelschutz sei auf die Veröffentlichung „Elektrizität und Vogelschutz“ hingewiesen, die kostenlos bei der Geschäftsstelle des Bundes für Vogelschutz in Stuttgart, Jägerstraße, sowie auch bei der Geschäftsstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, erhältlich ist (vgl. auch „ETZ“ 1918, S. 655).

### F. Befestigung der Leitungen.

1. Isolatoren: Für Isolatoren gelten die „Normen und Prüfvorschriften für Porzellanisolatoren“ des VDE.

2. Stützen und Verbindungsteile der Isolatoren: Hierfür gelten die gleichen Grundsätze wie für die eisernen Gestänge und die „Normen und Prüfvorschriften für Porzellanisolatoren“ des VDE.

3. Bunde: Der Bindedraht soll stets aus dem gleichen und bei Leichtmetallen aus möglichst gleich hartem Baustoff wie die Leitung selbst bestehen. Die Leitungen sind an den Bunden vor Bewegungen, durch die sie beschädigt werden können, und vor Einschneiden zu schützen.

Bei Aluminium und einigen anderen Metallen kann hartes Material positiv und weiches negativ sein, wodurch elektrolytische Zerstörungen eingeleitet werden können.

Bei Aluminiumabzweigungen von Aluminiumleitungen wird darauf hingewiesen, daß durch Verwendung von Abzweigklemmen aus anderem Metall als reinem Aluminium elektrolytische Zerstörungen eingeleitet werden können. Außerdem wird empfohlen, den Zutritt von Feuchtigkeit durch geeignete Mittel zu verhindern. Bei Kupferabzweigungen von Aluminiumleitungen wird aus dem nämlichen Grunde zur Vorsicht gemahnt. Am besten werden praktisch erprobte Spezialkonstruktionen unter Anwendung des vorstehend empfohlenen Feuchtigkeitsabschlusses benutzt.

Bei Verwendung von Kopfbunden ist Vorsicht nötig, weil die auf dem Isolator aufliegende Leitung infolge von Schwingung und gleitender Reibung leicht verletzt wird. Am besten werden für Aluminium praktisch erprobte Spezialbunde benutzt.

Bei Abweichung von der Geraden ist die Leitung so zu legen, daß der Isolator von der Leitung auf Druck beansprucht wird.

### G. Aufstellung der Gestänge.

Die Maste und Gestänge sind ihrer Art und Länge sowie der Bodengattung entsprechend tief einzugraben. Im allgemeinen wird für einfache Holzstangen eine Eingrabetiefe von mindestens  $\frac{1}{6}$  der Mastlänge, jedoch nicht unter 1,6 m gefordert. Sie sind gut zu verrammen (in weichem Boden entsprechend der Beanspruchung zu sichern).

Über die Befestigung der Gestänge im Boden lassen sich allgemeine Regeln nicht geben. Die Bodenbefestigung soll jedoch der Festigkeit des Mastes möglichst entsprechen. In gutem Boden und bei gerader Leitungsführung wird bei Holzmasten im allgemeinen ein hinreichend tiefes Eingraben und Feststampfen des Bodens genügen, bei winkliger Leitungsführung und in weichem Boden ist dagegen eine besondere Befestigung erforderlich (vorgelegte Schwellen oder Plattenfüße). Fachwerkmaste müssen in jedem Fall mit Beton- oder Plattenfüßen versehen sein.

Von Drahtankern ist bei Hochspannungsmasten abzuraten, weil sie zu Betriebsstörungen und Unfällen Anlaß geben können.

Eingegrabene Maste sind einige Zeit nach der Inbetriebnahme nachzustampfen.

Fundamente sind nach Fröhlich „Beitrag zur Berechnung von Mastfundamenten“, 2. Auflage (Verlag von Wilh. Ernst und Sohn, Berlin) zu berechnen.

Für Fundamente, die hart an oder in Böschungen oder in Überschwemmungsgebieten stehen (oder bei besonders ungünstigen Grundwasserverhältnissen), sind von Fall zu Fall geeignete Maßnahmen zu treffen, die eine genügende Standsicherheit gewährleisten.

In humussäurehaltigem Moorboden sind Betonfundamente nur zulässig, wenn sie einen zuverlässigen Schutz gegen die Einwirkungen der Humussäure erhalten.

Bei Verwendung von Platten-, Schwellen- oder sonstigen Fundamenten, bei denen der Mastfuß nicht vollständig mit Beton umgeben ist, sind die in der Erde liegenden Eisenteile mit heißem Asphaltteer gut zu streichen oder gleichwertig gegen Zerstörung zu schützen. Holzschwellen sind mit fäulniswidrigen Stoffen zu tränken oder ebenfalls in gleicher Weise gegen Zerstörung zu schützen, wenn sie nicht dauernd in feuchtem Boden liegen oder von Natur aus der Zersetzung genügend Widerstand bieten.

Der Beton soll aus gutem Zement, reinem Sand und reinem Kies oder Schotter hergestellt werden. Auf einen Raumteil Zement sollen höchstens neun Raumteile sandiger Kies oder vier Raumteile Sand und acht Raumteile Kies oder Schotter kommen. Den Zement teilweise durch eine entsprechend größere Menge Traß zu ersetzen, ist zulässig, wenn dadurch die Güte des Betons nicht beeinträchtigt wird. Die Baustoffe dürfen keine erdigen Bestandteile enthalten.

Bei der Berechnung des Fundamentes darf das Gewicht des Betons höchstens mit  $2000 \text{ kg/m}^3$ , das des auflastenden Erdreiches höchstens mit  $1600 \text{ kg/m}^3$  eingesetzt werden.

### III. Besondere Bestimmungen.

#### A. Erhöhte Sicherheit.

Soll im Sinne des § 22 der Errichtungsvorschriften die Sicherheit der Anlagen unter Vermeidung von Schutznetzen erhöht werden, so sind besondere Vorkehrungen zu treffen.

1. a) Gestänge mit Stützenisolatoren sind so zu bemessen, daß beim Bruch eines Leiters der Umbruch des Gestänges auch bei Höchstbeanspruchung verhütet wird. Dieser Forderung ist Genüge geleistet, wenn unter Vernachlässigung des Winddruckes Eisen- oder Eisenbetonmaste in Richtung der Leitung gegen die Beanspruchung durch einen Zug an der Spitze gleich dem höchsten Zuge eines Leiters noch einfache, Holzmaste eine zweifache Sicherheit besitzen.
- b) Die Mindestzopfstärke von einfachen Holzmasten muß 15 cm, von Doppel- oder A-Masten 12 cm betragen. Die Maste müssen in ihrer ganzen Länge getränkt sein.
2. Die Leitung darf nur als Seil ausgeführt werden. Kupfer- und Eisenseile sollen einen Mindestquerschnitt von 16 mm<sup>2</sup>, Aluminiumseil bei Hochspannung von 35 mm<sup>2</sup>, bei Niederspannung von 25 mm<sup>2</sup> aufweisen.
3. Für die Befestigung der Leitungen sind besondere Maßnahmen vorzusehen. Als solche kommen in Frage:
  - a) Bei Stützenisolatoren: Sicherheitsbügel, doppelte Aufhängung oder Verwendung von Isolatoren mit höherer elektrischer Festigkeit als die sonst auf der Strecke verwendeten Isolatoren in Verbindung mit besonders starkem Bund und verstärkten Isolatorenträgern.

Als Sicherheitsbügel wird die sonst als Beidraht bezeichnete Einrichtung eines über den Isolatorkopf lose gelegten Tragdrahtes bezeichnet, der zweckmäßig aus dem gleichen Baustoff wie die Stromleitungen hergestellt und vor und hinter dem Isolator so befestigt wird, daß bei Isolatorbruch die beiden Leitungsenden durch den Sicherheitsbügel gehalten und die Leitung von der Traverse aufgefangen wird oder, falls sie von dieser abgelenkt, noch mindestens 3 m vom Erdboden entfernt bleibt (siehe Abb. 3).

- b) Bei Hängeisolatoren: Doppelte Isolatorketten (z. B. bei Durchquerung großer Städte, Gebirgzügen mit außergewöhnlichen atmosphärischen Verhältnissen) oder einfache Ketten mit

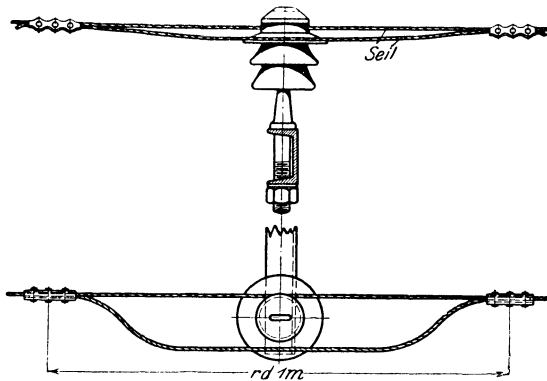


Abb. 3.

erhöhter Gliederzahl oder Wahl eines größeren Isolortyps oder Vergrößerung des Überschlagsweges. Ferner wird empfohlen, die Metallteile zwischen unterstem Isolator und Leitung (z. B. durch Anbringung weitausragender Schutzhörner oder durch Vergrößerung des Abstandes zwischen Leitung und Isolatorunterkante) so auszubilden, daß Überschlagslichtbogen die Leitung nicht beschädigen können.

Außerdem muß sowohl bei Stützen- wie bei Hängeisolatoren Vorsorge getroffen werden, daß bei Drahtbruch in den Nachbarfeldern kein unzulässig großer Durchhang in den zu schützenden Feldern eintritt, oder daß der erhöhte Durchhang in seinen Folgen unschädlich gemacht wird (Schutzseil oder möglichstes Heranrücken eines Mastes an den Kreuzungspunkt).

Bei Kreuzungen von Hochspannungs- mit Starkstromleitungen bis 1000 V Betriebsspannung oder mit Fernmeldeleitungen sind außerdem im Zuge der unteren Leitungen über diesen zwei oder mehrere geerdete, elektrisch und mechanisch ausreichend bemessene Schutzdrähte oder -seile anzuordnen, oder die oberen Leitungen sind nach den „Vorschriften für die bruchsichere Führung von Hochspannungs-Freileitungen über Postleitungen“ des Reichspostministeriums auszuführen. Letztgenannte Ausführungsart ist auch bei Führung von Hochspannungs- und Starkstromleitungen bis 1000 V Betriebspannung auf gemeinsamem Gestänge zulässig. In allen Fällen muß für ausreichenden Abstand zwischen beiden Leitungsarten gesorgt werden. Dieses ist besonders zu beachten, wenn die unteren Lei-

tungen aus hart gezogenen Drähten bestehen, bei denen ein Hoch- oder Seitwärtsschnellen zu befürchten ist.

Die Spannungsgrenze von 1000 V ist entsprechend § 4 der Errichtungsvorschriften gewählt worden.

Bei Winkelpunkten von Hochspannungsleitungen auf Stützenisolatoren sollen die Leitungen an zwei Isolatoren so befestigt werden, daß die Leitung beim Bruch eines Isolators nicht herabfallen kann.

#### B. Kreuzungen mit Bahnanlagen, Wasserstraßen und Reichstelegraphenanlagen.

Bezüglich solcher Kreuzungen gelten besondere Vorschriften (siehe Anhang, Abschnitte A und B, S. 708 bis 742).

#### C. Führung von Starkstromleitungen durch Forstbestände.

Als Maßnahme gegen die Gefährdung der Starkstromanlage durch Umbruch von Bäumen wird empfohlen, den Baumbestand zu beiden Seiten der Leitungen so weit aufzuhauen, daß der wagerechte einseitige Abstand der Stämme der Randbäume des Aufhiebcs von den Starkstromgestängen wenigstens dem aus der Formel:

$$b + \sqrt{H^2 - h^2}$$

errechneten Maß entspricht.

Hierbei bedeutet  $H$  die Höhe der Randbäume in m, wobei das Wachstum der Bäume gegebenenfalls zu berücksichtigen ist,  $h$  den senkrechten Abstand zwischen Erdoberfläche und der am meisten gefährdeten Leitung in m (bei Speiseleitungen oder Leitungen mit Spannungen über 35 000 V ist dieser Wert vom tiefsten Punkte des größten Durchhanges der Leitung, bei Verteilungsleitungen vom Aufhängepunkte am Mast aus zu messen),  $b$  den wagerechten Abstand von der Gestängemitte bis zu der Leitung. Falls die Art des Baumbestandes, die Bodengestaltung oder die Lage zur ungünstigsten Windrichtung die Sicherheit zu hoch oder nicht ausreichend erscheinen lassen, wird empfohlen, die Aufhiebbreite entsprechend einzuschränken oder zu vergrößern.



## 36. Merkblätter für Verhaltensmaßregeln gegenüber elektrischen Freileitungen.

Gültig ab 1. Oktober 1925.<sup>1)</sup>

Die Berührung aller elektrischen Leitungen ist grundsätzlich zu vermeiden.

Nicht nur die Berührung solcher Leitungen, deren Maste durch rote Blitzpfeile oder Warnungsschilder gekennzeichnet sind, ist lebensgefährlich; auch nicht gekennzeichnete Leitungen können unter Umständen, die der Nichtfachmann nicht beurteilen kann, Gefahren bringen.

Bei allen Arbeiten in der Nähe von elektrischen Leitungen, z. B. beim Fällen und Ausästen von Bäumen, beim Aufstellen von Gerüsten für Bauten und Brunnenbohrungen, bei allen Instandsetzungsarbeiten an Gebäuden, beim Fensterputzen, beim Be- und Entladen von Erntewagen, beim Errichten von Getreidemieten, beim Aufrichten von Leitern zum Obstpflücken und zum Feuerlöschen sowie beim Bau von Luftleitern (Antennen) für Funkanlagen u. dgl., ist die Berührung der Leitungen, der Isolatoren und der an Holzmasten angebrachten Eisenteile, auch der Ankerdrähte, zu vermeiden. Besonders ist beim Fällen von Bäumen darauf zu achten, daß diese nicht gegen die Leitungen oder Maste stürzen. Besteht eine derartige Berührungsfahr, so ist die nächste Betriebstelle der Überlandzentrale (des Elektrizitätswerkes) vor Beginn der Arbeiten so rechtzeitig zu verständigen, daß diese entweder die Leitung abschalten oder sonst geeignete Schutzmaßnahmen treffen kann.

Bei Bränden ist die nächste Betriebstelle sofort zu benachrichtigen. Hochspannungsleitungen sollen nicht angespritzt werden.

Transformatorhäuschen dürfen durch Unbefugte nicht betreten, Leitern an diese Häuschen nicht angelegt werden.

In der Nähe elektrischer Leitungen Drachen steigen zu lassen, ist lebensgefährlich, ebenso das Erklettern von Leitungsmasten.

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 63, 394 und 1526.

Gerissene, von den Masten herabhängende oder am Erdboden liegende Leitungen zu berühren oder sich ihnen zu nähern, ist gefährlich. Vorübergehende sind in derartigen Fällen zu warnen. Die nächste Betriebstelle der Überlandzentrale (des Elektrizitätswerkes) ist auf schnellstem Wege, womöglich telephonisch oder telegraphisch, zu benachrichtigen. Die gleiche Benachrichtigung ist notwendig bei etwa an den Leitungen oder den Isolatoren beobachteten Licht- und Feuererscheinungen.

Einen Verunglückten, der unmittelbar oder mittelbar mit der Leitung noch in Berührung steht, anzufassen, ist lebensgefährlich; nur durch sachgemäßes Eingreifen kann ihm geholfen werden.

Bei der Hilfeleistung ist zu beachten:

Die Leitung ist, wenn irgend möglich, sofort spannungsfrei zu machen; ist dieses geschehen, so kann der Verunglückte ohne weiteres von ihr getrennt werden. Für den Fall, daß die Leitung nicht sofort spannungsfrei gemacht werden kann, wird dem Nichtfachmann abgeraten, die Trennung trotzdem zu versuchen, da die Gefahr, daß noch weitere Personen dabei zu Schaden kommen, größer als die Aussicht auf Erfolg ist. Man warte vielmehr die Ankunft des Betriebspersonales ab und helfe diesem.

Bei Bewußtlosen ist so schnell wie möglich künstliche Atmung anzuwenden und bis zu vier Stunden fortzusetzen, wenn nicht inzwischen der Arzt aus sicheren Anzeichen den Tod festgestellt hat.

Um die künstliche Atmung einzuleiten, legt man den Verunglückten auf den Rücken<sup>2)</sup>, öffnet alle beengenden Kleidungsstücke und schiebt ein Polster (z. B. einen zusammengerollten Rock) unter die Schultern, faßt mit einem Taschentuch die Zunge des Betäubten, zieht sie kräftig heraus, um die Luftwege freizumachen, und bindet die Zunge mit dem Tuche an dem Kinn fest. Man kniet hinter dem Verunglückten nieder, das Gesicht dem Verunglückten zugewendet, faßt sodann dessen Arme am Ellenbogen, zieht sie über den Kopf, führt sie zurück und drückt sie an den Brustkasten. Die Bewegungen müssen langsam vorgenommen werden, etwa 15mal in der min.

Auf alle Fälle ist schleunigst ein Arzt zu holen und die nächste Betriebstelle zu benachrichtigen.

---

<sup>2)</sup> Vgl. die Abbildungen in: „Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe“.

## Besondere Verhaltensmaßregeln für Kinder.

1. Du sollst weder an Leitungsmasten hinaufklettern noch an ihnen herumspielen!
2. Du sollst nicht auf Bäume, Gerüste oder dgl. klettern, an denen Freileitungen vorbeiführen!
3. Du sollst nicht auf Transformatorenhäuschen und ihre Umzäunungen klettern!
4. Du sollst nicht in der Nähe von Freileitungen Drachen steigen lassen!
5. Du sollst nie einen von einem Leitungsmast herabhängenden oder am Erdboden liegenden Draht berühren oder auch nur in dessen Nähe gehen!
6. Du sollst die Verankerungen von Leitungsmasten nicht berühren, auch nicht an ihnen rütteln oder schaukeln!
7. Du sollst nicht mit Steinen oder anderen Gegenständen nach den Porzellanisolatoren oder nach den Leitungsdrähten werfen!
8. Du sollst Transformatorenhäuser und Schalträume nicht betreten, auch wenn sie offenstehen und unbewacht sind!
9. Du sollst einen an elektrischen Leitungen Verunglückten nicht anfassen, aber du sollst sofort Erwachsene zu Hilfe holen!

## Erläuterungen.

Nicht nur die Berührung der durch rote Blitzpfeile und durch Warnungsschilder der Maste gekennzeichneten Leitungen ist lebensgefährlich, sondern auch nicht gekennzeichnete Leitungen können unter Umständen, die der Nichtfachmann nicht beurteilen kann, Gefahren bringen.

Zu 2. Nicht nur durch die unmittelbare Berührung der Leitungen, sondern auch durch die Berührung von Ästen und Zweigen in der Nähe von Hochspannung führenden Leitungen können Menschen zu Schaden kommen. Besondere Vorsicht ist daher auch beim Abernten der Obstbäume geboten, wenn sie sich in der Nähe von Freileitungen befinden.

Zu 3. An den Transformatorenhäusern führen häufig Leitungen herunter, die beim Erklettern der Häuschen oder Zäune erreichbar sind. Diese Leitungen sind zwar vielfach isoliert, doch bietet auch die Isolierung keinen zuverlässigen Schutz, schon deshalb, weil sie im Freien leicht verwittert und dann von der Spannung durchschlagen wird.

Zu 4. Die Drachenschnüre können, besonders wenn sie etwas feucht sind, im Falle einer Berührung mit einer Lei-

tung den Strom gut leiten und so eine Verletzung oder den Tod des die Drachenschnur haltenden Kindes herbeiführen.

Zu 5. Auch von einem die Erde berührenden Draht können starke Ströme in das Erdreich übertreten und die in die Nähe der Berührungstelle tretenden Personen in höchstem Maße gefährden.

Zu 6 und 7. Dieses könnte das Reißen und Herabfallen der Drähte und damit eine Gefährdung der Vorüberkommenen zur Folge haben. Außerdem kann das Reißen auch nur eines einzigen Drahtes die öffentliche Stromversorgung eines großen Bezirkes und somit die Stilllegung vieler landwirtschaftlicher und gewerblicher Betriebe nach sich ziehen.

Zu 8. Die Transformatoren- und Schaltstationen sollen stets verschlossen gehalten werden, so daß sie Unbefugten unzugänglich sind. Jedoch kann durch Fahrlässigkeit, infolge Abbrechens eines Schlüssels oder aus einem ähnlichen Grunde die Tür eines Transformatorenhäuschens einmal unverschlossen bleiben. In einem solchen Falle würde sich, da ein großer Teil der Einrichtung in einer Transformatorenstation unter Hochspannung steht, ein den Raum betretender Nichtfachmann in unmittelbare Lebensgefahr begeben.

## **37. Leitsätze für die Errichtung von Fahrleitungen für Hebezeuge und Transportgeräte.<sup>1)</sup>**

### § 1.

Geltungstermin.

Diese Regeln gelten für Fahrleitungen, deren Errichtung nach dem 1. Januar 1926 begonnen wird.

### § 2.

Geltungsbereich.

Diese Regeln gelten für Fahrleitungen für Hebezeuge und Transportgeräte, die mit einer Betriebsspannung von nicht mehr als 600V arbeiten. Höhere Spannungen sind zulässig, doch müssen die Konstruktionen hierfür entsprechend ausgebildet sein.

### § 3.

Spannungsabfall.

Der Querschnitt der Fahrleitungen ist hinsichtlich der Erwärmung nach § 4 zu bemessen. Hierbei muß der Spannungsabfall in den zulässigen Grenzen gehalten werden. Als geringstzulässige Spannung sind bei Drehstrom 7,5% und bei Gleichstrom 10% unter der Nennspannung der Motoren, Steuer- und Schaltgeräte bei dem betriebsmäßig auftretenden Spitzenstrom zugelassen.

### § 4.

Normale Querschnitte.

Bis 120 mm<sup>2</sup> werden Kupferdrähte mit rundem oder profiliertem Querschnitt gemäß der Zahlentafel in § 5 verwendet. Bei noch größeren Querschnitten sind Stromschiene aus Eisen mit aufgelegtem Kupferleiter oder reine Kupferschienen zu benutzen.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 711, 1017 und 1526

## § 5.

## Belastbarkeit.

Die mit Rücksicht auf Erwärmung höchstzulässigen Belastungen sind der nachstehenden Zahlentafel zu entnehmen:

Profil	Querschnitt mm <sup>2</sup>	Höchstzulässige Stromstärke in A bei	
		100% ED	40% ED
Kupferdraht . . . . .	30	125	195
	40	150	235
	50	180	280
	80	250	390
	95	290	450
	120	340	530
Kupferschiene . . . . .	480	1200	1900

Die zweite Spalte gilt für Dauereinschaltung, die dritte für aussetzenden Betrieb mit einer relativen Einschaltdauer von 40%.

Bei Aufstellung der vorstehenden Zahlentafel war für die Belastbarkeit von Leitern verschiedenen Querschnittes das Verhältnis von Oberfläche zu Querschnitt maßgebend, da mit wachsender Oberfläche die Belastung zunimmt. Daher muß dieses Verhältnis bei Kupferschienen berücksichtigt werden. Bei einer Kupferschiene von 480 mm<sup>2</sup> ist der Schienenumfang 197 mm.

## § 6.

## Isolatoren.

Für die Fahrleitungen genügt bei Stützpunkten eine einfache Isolation, wenn die Verlegung auf Porzellandoppelglocken (Kranisolatoren oder Rillenisolatoren) erfolgt. Zum Endabspannen und Isolieren der Fahrdrähte genügt ebenfalls einfache Isolation, falls Porzellan- oder gleichwertige Abspannisolatoren verwendet werden.

Für Räume, in denen sich elektrisch leitender Staub niederschlagen kann (Hüttenwerke, Gießereien und dgl.), sind nur solche Porzellan- oder gleichwertige Isolatoren zugelassen, die einen Kriechweg von mindestens 60 mm aufweisen. Unter Kriechweg ist die geringste Oberflächenlänge auf dem Isolierstoff zwischen dem stromführenden Teil und den geerdeten Befestigungsmitteln zu verstehen.

In Räumen mit säurehaltiger oder feuchtwarmer Luft sowie in den Tropen darf nur Porzellan mit einem Kriechweg von mindestens 60 mm verwendet werden.

## § 7.

## Stützenabstand.

Bei einer Gesamtlänge des Fahrdrahtes von nicht mehr als 12 m ist eine Unterstützung des Drahtes nicht erforderlich. Bei größeren Längen darf die Stützenentfernung 8 m, bei Stromschienen 2,5 m nicht überschreiten.

## § 8.

## Schutz gegen Berührung.

Die Fahrleitungen sind so zu schützen, daß beim Besteigen des Führerstandes ein zufälliges Berühren der Leitungen nicht eintreten kann. Ferner muß auch ein Berühren der Last oder des Lastseiles mit den Leitungen ausgeschlossen sein. Leitungen, die in Schlitzkanälen verlegt sind (Hafenkrane usw.), müssen gegen unbeabsichtigte Berührung geschützt sein.

## § 9.

## Stromrückleitung durch die Laufschiene.

Hierfür sind die „Vorschriften für elektrische Bahnen“ sinngemäß anzuwenden.

## 38. Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen.

Gültig ab 1. April 1926<sup>1)</sup>).

Inhalt:

### A. Gummiisolierte Leitungen.

#### I. Allgemeines.

1. Beschaffenheit der Kupferleiter.
2. Zusammensetzung der Gummihülle.
3. Verwendungsbereich.
4. Kennfäden.
5. Kennzeichnung von Mehrfachleitungen.

#### II. Bauart und Prüfung der Leitungen.

1. Leitungen für feste Verlegung.
  - a) Gummiaderleitungen . . . . (NGA)
  - b) Spezialgummiaderleitungen . (NSGA)
  - c) Rohrdrähte . . . . . (NRA)
  - d) Panzeradern . . . . . (NPA)

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 750, 903 und 1526.

Vorher hat eine Anzahl anderer Fassungen bestanden. Über die Entwicklung gibt nachstehende Tafel Aufschluß.

Fassung:	Beschlossen:	Gültig ab:	Veröffentlicht: ETZ
Erste Fassung	28. 6. 01	1. 1. 03	01 S. 800
Zusatz zur ersten Fassung	13. 6. 02	1. 1. 03	02 S. 762
Zweite Fassung	8. 6. 03	1. 7. 03	03 S. 887
Zusatz zur zweiten Fassung	24. 6. 04	[1. 7. 04	04 S. 687
Dritte Fassung	25. 5. 06	1. 1. 07	06 S. 664
Vierte Fassung	7. 6. 07	1. 1. 08	07 S. 823
Zusatz zur vierten Fassung	3. 6. 09	1. 7. 09	
		bzw. 1. 1. 10	09 S. 787
Zweiter Zusatz und Änderung		1. 7. 10	10 S. 279, 382
der vierten Fassung	26. 5. 10	bzw. 1. 1. 12	519 u. 740
Fünfte Fassung	6. 6. 12	1. 7. 12	12 S. 545
Änderungen der fünften Fassung	19. 6. 13	1. 7. 13	13 S. 1041
Sechste Fassung	26. 5. 14	1. 7. 15	14 S. 367 u. 604
Siebente Fassung	1. 6. 21	1. 7. 21	21 S. 864
Achte Fassung	17. 10. 22	17. 10. 22	22 S. 1462
Zusatz zur achten Fassung	29. 8. 24	1. 10. 24	24 S. 316, 444 u. 1068
Neunte Fassung	8. 9. 25	1. 4. 26	25 S. 750, 903 u. 1526



2. Leitungen für Beleuchtungskörper.
  - a) Fassungsadern . . . . . (NFA)
  - b) Pendelschnüre . . . . . (NPL)
3. Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Stromverbraucher.
  - a) Gummiaderschnüre . . . . . (NSA)
  - b) Leichte Anschlußleitungen . . (NHH, NHK)
  - c) Werkstattnetze . . . . . (NWK)
  - d) Gummischlauchleitungen
    1. Leichte Ausführung . . . . (NLH)
    2. Mittlere Ausführung . . . . (NMH)
    3. Starke Ausführung . . . . . (NSH)
  - e) Spezialschnüre . . . . . (NSGK)
  - f) Hochspannungsschnüre . . . . (NHSKG)
  - g) Leitungstrossen . . . . . (NT)

### **B. Bleikabel.**

#### **I. Gummibleikabel.**

1. Normale Gummibleikabel.
2. Spezial-Gummibleikabel.

#### **II. Papierbleikabel.**

1. Einleiter-Gleichstrom-Bleikabel bis 750 V.
2. Verseilte Mehrleiter-Bleikabel.

### **C. Belastungstafeln für isolierte Leitungen.**

#### **I. Kupferleitungen.**

1. Belastungstafel für gummiisolierte Leitungen.
2. Belastungstafel für Bleikabel.

#### **II. Aluminiumleitungen.**

Belastungstafel für Einleiterkabel mit Aluminiumleiter.

### **A. Gummiisolierte Leitungen.**

#### **I. Allgemeines.**

1. Beschaffenheit der Kupferleiter.

Die für isolierte Leitungen verwendeten Kupferdrähte müssen den Kupfernormen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker entsprechen und feuerverzinkt sein.

2. Zusammensetzung der Gummihülle.

Die Gummihülle der fertigen Leitungen 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 festem Paraffin bis zu einer Höchstmenge von 5% gestattet. Das spezifische Gewicht des Adergummis soll mindestens 1,5 betragen.

### 3. Verwendungsbereich.

Der Verwendungsbereich ist für jede Leitungsart besonders festgelegt.

Ist hierfür eine Spannung angegeben, so bedeutet diese den höchsten Wert, den die Spannung zwischen zwei Leitern oder einem Leiter und Erde annehmen darf.

### 4. Kennfäden.

Leitungen, die den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“ entsprechen, müssen einen weißen Kennfaden besitzen. Außerdem muß durch einen zweiten, durch die Prüfstelle des VDE zugewiesenen Kennfaden ersichtlich gemacht werden, von welchem Werk die Leitungen hergestellt sind. Die Typenbezeichnungen dürfen nur für solche Leitungen verwendet werden, die beide Kennfäden enthalten. Beide Kennfäden sind unmittelbar unter der (inneren) Beflechtung anzubringen, bei Gummischlauchleitungen unter dem gemeinsamen Gummimantel.

### 5. Kennzeichnung von Mehrfachleitungen.

Die Einzeladern in Mehrfachleitungen müssen voneinander unterscheidbar sein. Die Kennzeichnung soll erfolgen durch Färbung der Baumwollbespinnung über der Kupferseele oder durch Färbung des gummierten Bandes über der Gummihülle oder durch verschiedene Färbung der Gummihülle selbst.

Die zur Kennzeichnung verwendeten Farben sollen sein:

2 Adern: hellgrau-schwarz,

3 Adern: hellgrau-schwarz-rot,

4 Adern: hellgrau-schwarz-rot-blau.

Wird eine der Adern als Erdleiter oder Nulleiter benutzt, so ist die hellgraue Ader dafür zu verwenden.

## II. Bauart und Prüfung der Leitungen.

### 1. Leitungen für feste Verlegung.

#### a) Gummiaderleitungen

für Spannungen bis 750 V.

Bezeichnung: NGA.

Die Gummiaderleitungen sind mit massiven Leitern in

Querschnitten von 1 bis 16 mm<sup>2</sup>, mit mehrdrähtigen Leitern in Querschnitten von 1 bis 1000 mm<sup>2</sup> zulässig.

Die Kupferseele ist mit einer vulkanisierten Gummihülle umgeben. Die Gummihülle muß aus mindestens zwei Lagen Gummi verschiedener Färbung hergestellt sein.

Für die Leiter und Gummihüllen gilt folgende Tafel:

Kupfer- querschnitt	Mindestzahl der Drähte bei mehr- drähtigen Leitern	Stärke der Gummischicht mindestens
mm <sup>2</sup>		mm
1	7	0,8
1,5	7	0,8
2,5	7	1
4	7	1
6	7	1
10	7	1,2
16	7	1,2
25	7	1,4
35	19	1,4
50	19	1,6
70	19	1,6
95	19	1,8
120	37	1,8
150	37	2
185	37	2,2
240	61	2,4
300	61	2,6
400	61	2,8
500	91	3,2
625	91	3,2
800	127	3,5
1000	127	3,5

Die Gummihülle ist mit gummiertem Baumwollband bewickelt. Hierüber befindet sich eine Beflechtung aus Baumwolle, Hanf oder gleichwertigem Stoff, die in geeigneter Weise getränkt ist. Bei Mehrfachleitungen kann die Beflechtung gemeinsam sein.

Bei Leitungen mit wetterfest getränkter Beflechtung (Bezeichnung NGWA) muß zwischen dem gummierten Baumwollband und der Beflechtung eine Bewicklung mit Papierband liegen. Als wetterfeste Massen sind solche anzusehen, die trocknende pflanzliche Öle und Metalloxyde enthalten.

Die Leitungen müssen nach 24stündigem Liegen unter Wasser von nicht mehr als 25 °C während einer halben Stunde einer Wechselspannung von 2000 V oder einer Gleichspannung von 2800 V widerstehen können. Für die Gleichspannungsprüfung muß eine Stromquelle von mindestens 2 kW benutzt werden.

## b) Spezial-Gummiaderleitungen

für Spannungen von 2000, 3000, 6000, 10 000, 15 000 und 25 000 V.

Bezeichnung: NSGA,

der die Spannung beizufügen ist, z. B.

$$\frac{\text{NSGA}}{3000} 10^1).$$

Die Spezial-Gummiaderleitungen sind mit massiven Leitern in Querschnitten von 1 bis 16 mm<sup>2</sup>, mit mehrdrähtigen Leitern in Querschnitten von 1 bis 300 mm<sup>2</sup> zulässig.

Die Gummihülle muß aus mindestens zwei Lagen Gummi verschiedener Färbung hergestellt sein, die Mindestwandstärke muß nachstehender Tafel entsprechen:

Kupfer- querschnitt mm <sup>2</sup>	2000 V	3000 V	6000 V	10 000 V	15 000 V	25 000 V
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	1,5	1,7	—	—	—	—
1,5	1,5	1,7	—	—	—	—
2,5	1,5	1,8	3	—	—	—
4	1,5	1,8	3	—	—	—
6	1,5	1,8	3	4,7	—	—
10	1,7	2	3,2	4,5	7	—
16	1,7	2	3,2	4,3	6,5	8,5
25	2	2,2	3,2	4,3	6	8
35	2	2,2	3,2	4,3	6	7,5
50	2,3	2,4	3,4	4,3	6	7,5
70	2,3	2,4	3,4	4,3	6	7,5
95	2,6	2,6	3,4	4,3	6	7,5
120	2,6	2,6	3,4	4,3	6	7,5
150	2,8	2,8	3,6	4,3	6	7,5
185	3	3	3,6	4,3	6	7,5
240	3,2	3,2	3,8	4,3	6	7,5
300	3,4	3,4	3,8	4,3	6	7,5

Die Mindestzahl der Drähte bei mehrdrähtigen Leitern ist die gleiche wie die in der Tafel für NGA-Leitungen angegebene.

Die Gummihülle ist mit gummiertem Baumwollband bewickelt. Hierüber befindet sich eine Beflechtung aus Baumwolle, Hanf oder gleichwertigem Stoff, die in geeigneter Weise getränkt ist. Bei Mehrfachleitungen kann die Beflechtung gemeinsam sein.

Die Leitungen müssen nach 24stündigem Liegen unter Wasser von nicht mehr als 25 °C während einer halben

<sup>1)</sup> Die Bezeichnung bedeutet: Spannung 3000 V, Querschnitt 10 mm<sup>2</sup>.

Stunde einer Prüfung mit Wechselspannung gemäß nachstehender Tafel widerstehen können.

Betriebsspannung	Prüfspannung
2 000 V	4 000 V
3 000 „	6 000 „
6 000 „	10 000 „
10 000 „	15 000 „
15 000 „	23 000 „
25 000 „	35 000 „

### c) Rohrdrähte

für Niederspannungsanlagen zur erkennbaren Verlegung, die es ermöglicht, den Leitungsverlauf ohne Aufreißen der Wände zu verfolgen.

Bezeichnung: NRA.

Rohrdrähte sind Gummiaderleitungen mit gefalztem, eng anliegenden Metallmantel (nicht Bleimantel), die an Stelle der getränkten Beflechtung eine mechanisch gleichwertige, isolierende Hülle von mindestens 0,4 mm Wandstärke haben.

Rohrdrähte sind als Einfachleitungen in Querschnitten von 1 bis 16 mm<sup>2</sup>, als Mehrfachleitungen in Querschnitten von 1 bis 6 mm<sup>2</sup> zulässig. Die Wandstärke des Mantels soll mindestens 0,25 mm betragen. Für den äußeren Durchmesser der Rohrdrähte gilt folgende Tafel:

Anzahl der Adern und Kupferquerschnitt mm <sup>2</sup>	Außendurchmesser (über Falz gemessen) in mm	
	nicht unter	nicht über
1	5,3	6
1,5	5,4	6,2
2,5	6,4	7,2
4	6,8	7,6
6	7,2	8
10	8,2	9,2
16	9,2	10,2
2 × 1	8,3	9,3
2 × 1,5	8,7	9,7
2 × 2,5	10	11
2 × 4	10,5	11,5
2 × 6	11,5	12,5
3 × 1	8,7	9,7
3 × 1,5	9,2	10,2
3 × 2,5	10,5	11,5
3 × 4	11,5	12,5
3 × 6	12,5	13,5
4 × 1	9,5	10,5
4 × 1,5	10	11
4 × 2,5	11,5	12,5

Die Rohrdrähte müssen einer halbstündigen Prüfung mit 2000 V Wechselspannung zwischen den Leitern und zwischen Leiter und Metallmantel in trockenem Zustande widerstehen können.

#### d) Panzeradern

für Spannungen bis 1000 V.

Bezeichnung: NPA.

Panzeradern sind Spezialgummiaderleitungen für 2000 V mit einer Hülle von Metalldrähten (Beflechtung, Bewicklung), die gegen Rosten geschützt sind. Bei Mehrfachleitungen darf die Metallhülle gemeinsam sein.

Die getränkte Beflechtung der NSGA-Leitung darf durch eine andere gleichwertige Schutzhülle, die als Zwischenlage gegen das Durchstechen abgerissener Drähte Schutz bietet, ersetzt sein.

Die Prüfung der fertigen NPA-Leitungen hat mit 4000 V Wechselspannung zwischen Leiter und Schutzpanzer in trockenem Zustande zu erfolgen.

## 2. Leitungen für Beleuchtungskörper.

### a) Fassungsadern

zur Installation nur in und an Beleuchtungskörpern in Niederspannungsanlagen. Als Zuleitungen nicht zulässig (s. § 18 der Errichtungsvorschriften).

Bezeichnung: NFA.

Die Fassungsader hat einen massiven oder mehrdrähtigen Leiter von 0,5 mm<sup>2</sup> oder 0,75 mm<sup>2</sup> Kupferquerschnitt. Bei mehrdrähtigen Leitern darf der Durchmesser der einzelnen Drähte nicht mehr als 0,2 mm betragen.

Die Kupferseele ist mit einer vulkanisierten Gummihülle von 0,6 mm Wandstärke umgeben. Über dem Gummi befindet sich eine Beflechtung aus Baumwolle, Hanf, Seide oder ähnlichem Stoff, der auch in geeigneter Weise getränkt sein kann. Diese Adern können auch mehrfach verseilt werden.

Eine Fassungs-Doppelader (Bezeichnung NFA 2) kann auch aus zwei nebeneinander liegenden nackten Fassungsadern, die gemeinsam wie oben angegeben beflochten sind, bestehen.

Die Fassungsadern müssen in trockenem Zustande einer halbstündigen Prüfung mit 1000 V Wechselspannung widerstehen können. Bei Prüfung einfacher Fassungsadern sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

## b) Pendelschnüre

zur Installation von Schnurzügpendeln in Niederspannungsanlagen.

Bezeichnung: NPL.

Die Pendelschnur hat einen Kupferquerschnitt von  $0,75 \text{ mm}^2$ . Die Kupferseele besteht aus Drähten von höchstens  $0,2 \text{ mm}$  Durchmesser, die zusammengedreht werden. Die Kupferseele ist mit Baumwolle besponnen und darüber mit einer vulkanisierten Gummihülle von  $0,6 \text{ mm}$  Wandstärke umgeben. Zwei Adern sind mit einer Tragschnur oder einem Trageilchen aus geeignetem Stoff zu verseilen und erhalten eine gemeinsame Beflechtung aus Baumwolle, Hanf, Seide oder ähnlichem Stoff. Die Tragschnur oder das Trageilchen können auch doppelt zu beiden Seiten der Adern angeordnet werden. Wenn das Trageilchen aus Metall hergestellt ist, muß es besponnen oder beflochten sein. Die gemeinsame Beflechtung der Schnur kann wegfallen, doch müssen die Gummiadern dann einzeln beflochten werden.

Die Pendelschnüre müssen so biegsam sein, daß einfache Schnüre um Rollen von  $25 \text{ mm}$  Durchmesser und doppelte um Rollen von  $35 \text{ mm}$  Durchmesser ohne Nachteil geführt werden können.

Die Pendelschnüre müssen in trockenem Zustande einer halbstündigen Prüfung mit  $1000 \text{ V}$  Wechselspannung widerstehen können.

### 3. Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Stromverbraucher.

## a) Gummiaderschnüre (Zimmerschnüre)

für geringe mechanische Beanspruchung in trockenen Wohnräumen in Niederspannungsanlagen.

Bezeichnung: NSA.

Die Gummiaderschnüre sind in Querschnitten von  $0,75$  bis  $6 \text{ mm}^2$  zulässig. Für die Querschnitte von  $0,75 \text{ mm}^2$  besteht die Kupferseele aus Drähten von höchstens  $0,2 \text{ mm}$  Durchmesser, für die Querschnitte  $1$  bis  $2,5 \text{ mm}^2$  aus Drähten von höchstens  $0,25 \text{ mm}$  Durchmesser, die zusammengedreht werden. Sie ist mit Baumwolle besponnen. Für die Querschnitte  $4$  bis  $6 \text{ mm}^2$  wird die Kupferseele aus Drähten von höchstens  $0,3 \text{ mm}$  Durchmesser zusammengesetzt, die zweckentsprechend verseilt sind. Die Baumwollbespinnung kommt in Fortfall. Über der Kupferseele befindet sich

eine vulkanisierte Gummihülle in der Wandstärke der NGA-Leitungen; auch für den Querschnitt  $0,75 \text{ mm}^2$  muß die Wandstärke  $0,8 \text{ mm}$  betragen.

Einleiterschnüre oder verseilte Mehrfachschnüre erhalten über der Gummihülle eine Beflechtung aus Garn, Seide, Baumwolle oder dgl. Runde oder ovale Mehrfachschnüre müssen eine gemeinsame Beflechtung erhalten. Gummiaderschnüre mit einem Querschnitt von  $0,75 \text{ mm}^2$  sind nur in runder Ausführung zulässig.

Für die Spannungsprüfung gelten die Bestimmungen über Gummiaderleitungen.

#### b) Leichte Anschlußleitungen

für geringe mechanische Beanspruchung in Werkstätten in Niederspannungsanlagen (Handlampen, kleinere Geräte und dgl.).

Bezeichnung: NHH (mit Baumwollbeflechtung),

Bezeichnung: NHK (mit Kordelbeflechtung).

Die leichten Anschlußleitungen sind in Querschnitten von  $1$  bis  $6 \text{ mm}^2$  zulässig. Die Bauart des Leiters, die Vorschriften über die Baumwollbespinnung und die Beschaffenheit der Gummihülle sind die gleichen wie bei den Gummiaderschnüren.

Die Gummihülle jeder einzelnen Ader ist mit gummiertem Baumwollband bewickelt. Zwei oder mehr solcher Adern sind rund zu verseilen, mit getränktem Baumwollband zu bewickeln und mit einer dichten Beflechtung aus getränkter Baumwolle (NHH) oder mit einer Beflechtung aus geteeter Kordel (NHK) zu versehen.

Für die Spannungsprüfung gelten die Bestimmungen über Gummiaderleitungen.

#### c) Werkstattnschnüre

für mittlere mechanische Beanspruchung in Werkstätten und Wirtschaftsräumen in Niederspannungsanlagen.

Bezeichnung: NWK.

Die Werkstattnschnüre sind in Querschnitten von  $1$  bis  $35 \text{ mm}^2$  zulässig. Die Bauart des Leiters und die Vorschriften über die Baumwollbespinnung sind die gleichen wie bei den Gummiaderschnüren, jedoch ist bei Querschnitten über  $6 \text{ mm}^2$  die Verwendung von Drähten bis zu  $0,4 \text{ mm}$  zulässig.

Die Gummihülle jeder einzelnen Ader ist mit gummiertem Baumwollband bewickelt; zwei oder mehr solcher Adern



sind rund zu verseilen und mit einer dichten Beflechtung aus Faserstoff zu versehen. Darüber ist eine zweite Beflechtung aus besonders widerstandsfähigem Stoff (Hanfkordel oder dgl.) anzubringen.

Erdungsleiter müssen aus verzinnnten Kupferdrähten bestehen und sind innerhalb der inneren Beflechtung anzuordnen. Für Querschnitte bis  $2,5 \text{ mm}^2$  darf der Durchmesser des Einzeldrahtes höchstens  $0,25 \text{ mm}$ , für  $4$  bis  $6 \text{ mm}^2$   $0,3 \text{ mm}$  und für  $10 \text{ mm}^2$   $0,4 \text{ mm}$  betragen.

Für die Abmessungen gilt folgende Tafel:

Kupferquerschnitt $\text{mm}^2$	Stärke der Gummischicht mindestens $\text{mm}$	Querschnitt der Erdungsleiter $\text{mm}^2$
1	0,8	1
1,5	0,8	1,5
2,5	1	2,5
4	1	4
6	1	4
10	1,2	6
16	1,2	6
25	1,4	10
35	1,4	10

Für die Spannungprüfung gelten die Bestimmungen über Gummiaderleitungen.

#### d) Gummischlauchleitungen.

##### 1. Leichte Ausführung.

Zum Anschluß von Tischlampen und leichten Zimmergeräten (Bügeleisen, Heizkissen, Heißluftgeräten, Tischventilatoren usw.) für geringe mechanische Beanspruchungen in Niederspannungsanlagen.

##### Bezeichnung NLH.

Gummischlauchleitungen NLH sind in Querschnitten von  $0,75 \text{ mm}^2$  als Zweifach-, Dreifach- und Vierfachleitungen zulässig. Die Kupferseele besteht aus Drähten von höchstens  $0,2 \text{ mm}$  Durchmesser, die zusammengedreht werden. Die Kupferseele ist mit Baumwolle besponnen und mit einer vulkanisierten Gummihülle von  $0,4 \text{ mm}$  Wandstärke umgeben.

Zwei oder mehr solcher Adern sind zu verseilen und mit Gummi so zu umpressen, daß alle Hohlräume ausgefüllt sind und der Gummimantel an der schwächsten Stelle mindestens  $0,8 \text{ mm}$  stark ist. Die zum Ausfüllen der Hohl-

räume und für den gemeinsamen Gummimantel verwendete Gummimischung muß mechanisch fest und widerstandsfähig sein und einen Rohgummigehalt von mindestens  $33\frac{1}{3}\%$  besitzen, sie braucht jedoch nicht den Vorschriften über die Zusammensetzung der Gummihülle nach A I, 2 zu entsprechen. Über der gemeinsamen Gummihülle kann eine Beflechtung aus Baumwolle, Hanf, Seide oder dgl. angebracht werden.

### 2. Mittlere Ausführung.

Zum Anschluß von Küchen- und kleinen Werkstattgeräten (größeren Wasserkochern, Heizplatten, Handbohrmaschinen, Handlampen usw.) für mittlere mechanische Beanspruchungen in Niederspannungsanlagen.

#### Bezeichnung NMH.

Die Gummischlauchleitungen NMH sind in den Querschnitten von 0,75 bis 2,5 mm<sup>2</sup> als Zweifach-, Dreifach- und Vierfach-Leitungen zulässig. Die Bauart und Abmessungen der Gummiadern sind die gleichen wie bei den Gummiaderschnüren. Der weitere Aufbau der Leitungen und die Beschaffenheit der für den Schutzmantel verwendeten Gummimischung sind die gleichen wie bei den NLH-Leitungen. Der Gummimantel soll an der schwächsten Stelle bei

0,75 mm <sup>2</sup>	. . . . .	0,8 mm
1	„ . . . . .	1 „
1,5	„ . . . . .	1,2 „
2,5	„ . . . . .	1,5 „

stark sein.

### 3. Starke Ausführung.

Für besonders hohe mechanische Anforderungen bei Spannungen bis 750 V (Schwere Werkzeuge, fahrbare Motoren, landwirtschaftliche Geräte usw.).

#### Bezeichnung NSH.

Die Gummischlauchleitungen NSH sind in Querschnitten von 1,5 bis 16 mm<sup>2</sup> als Zweifach-, Dreifach- und Vierfachleitungen zulässig.

Die Bauart und die Abmessungen der Gummiadern sind die gleichen wie bei den Werkstattschnüren. Die Einzeladern erhalten über der Gummihülle eine Bewicklung mit gummiertem Baumwollband. Zwei oder mehr solcher Adern sind zu verseilen und mit Gummi so zu umpressen, daß alle Hohlräume ausgefüllt sind.

Über den Gummimantel wird ein starkes Baumwollband gewickelt und hierüber ein zweiter Gummimantel in gleicher Beschaffenheit wie der innere aufgebracht. Im übrigen gelten für den gemeinsamen Gummimantel die gleichen Bestimmungen wie bei den NLH-Leitungen. Die Wandstärken der Gummimäntel müssen bei den NSH-Leitungen folgender Zahlentafel entsprechen:

Kupfer- querschnitt mm <sup>2</sup>	Innerer Gummimantel mindestens mm	Äußerer Gummimantel mindestens mm
1,5	1	1,6
2,5 bis 6	1,2	2
10	1,4	2,2
16	1,5	2,5

Für die äußeren Durchmesser der Gummischlauchleitungen gilt folgende Zahlentafel:

Kupferquerschnitt mm <sup>2</sup>	NLH etwa mm	NMH etwa mm	NSH etwa mm	Kupferquerschnitt mm <sup>2</sup>	NSH etwa mm
2 × 0,75	6	8	—	2 × 4	17,5
3 × 0,75	6,5	8,5	—	3 × 4	18
4 × 0,75	7	9	—	4 × 4	19,5
2 × 1	—	8,5	—	2 × 6	18,5
3 × 1	—	9	—	3 × 6	19,5
4 × 1	—	9,5	—	4 × 6	21
2 × 1,5	—	9,5	14	2 × 10	23
3 × 1,5	—	10	14,5	3 × 10	24
4 × 1,5	—	11	15,5	4 × 10	26
2 × 2,5	—	12	17	2 × 16	27
3 × 2,5	—	12,5	17,5	3 × 16	28
4 × 2,5	—	13,5	17	4 × 16	31

Gummischlauchleitungen sind auch mit Erdungsleiter zulässig. Für deren Bauart und Abmessungen gelten die entsprechenden Bestimmungen über Werkstattsschnüre. Die äußeren Durchmesser der Zweifach- und Dreifachleitungen mit Erdungsleiter sind die gleichen wie die der Dreifach- und Vierfachleitungen ohne Erdungsleiter.

Für die Spannungprüfung der Gummischlauchleitungen gelten die Bestimmungen über Gummiaderleitungen, in dessen beträgt die Prüfspannung für NSH-Leitungen 3000 V Wechselspannung.

## e) Spezialschnüre.

Für rauhe Betriebe in Gewerbe, Industrie und Landwirtschaft in Niederspannungsanlagen.

Bezeichnung: NSGK.

Die Spezialschnüre sind in Querschnitten von 1 bis 35 mm<sup>2</sup> zulässig. Die Bauart des Kupferleiters und die Vorschriften über die Baumwollbespinnung sind die gleichen wie bei den Werkstattschnüren.

Für die Wandstärke der Gummihülle gilt die entsprechende Tafel über die Werkstattschnüre.

Die Gummihülle der einzelnen Adern ist mit gummier-tem Baumwollband bewickelt; zwei oder mehr solcher Adern sind zu verseilen und mit Gummi so zu umpressen, daß alle Hohlräume ausgefüllt sind und die Gummiumpressung an der schwächsten Stelle mindestens die gleiche Wandstärke hat wie die Gummihülle der einzelnen Adern. Die Zusammensetzung des Gummis dieser Umpressung muß den unter A I 2 gegebenen Bestimmungen entsprechen.

Über die gemeinsame Gummiumpressung ist ein gummier-tes Baumwollband, alsdann eine Beflechtung aus Faserstoff und hierüber eine zweite Beflechtung aus besonders widerstandsfähigem Stoff (Hanfkordel od. dgl.) anzubringen. Die zweite Beflechtung kann auch durch eine gut biegsame Metallbewehrung (nicht Drahtbeflechtung) ersetzt sein.

Für Bauart und Abmessungen der Erdungsleiter gelten die entsprechenden Bestimmungen über Werkstattschnüre. Die Erdungsleiter können auch in Form einer die Leitung umgebenden Beflechtung oder einer Bewicklung unmittelbar unter der inneren Faserstoffbeflechtung angebracht werden, jedoch muß hierbei die Biegsamkeit der Leitung gewahrt bleiben. Der Gesamtquerschnitt muß auch in diesem Falle mindestens die angegebenen Werte besitzen.

Für die Spannungsprüfungen gelten die Bestimmungen über Gummiaderleitungen.

f) Hochspannungsschnüre. Für Spannungen bis 1000 V.

Bezeichnung: NHSGK.

Die Hochspannungsschnüre sind in Querschnitten von 1 bis 16 mm<sup>2</sup> zulässig. Die Bauart der Kupferleiter und die Vorschriften über die Baumwollbespinnung sind die gleichen wie bei den Werkstattschnüren.

Die Gummihülle der einzelnen Adern entspricht in Bau-

art und Wandstärke mindestens der Gummihülle der Spezialgummiaderleitungen für 2000 V.

Die Gummihülle der einzelnen Adern ist mit gummiertem Baumwollband bewickelt. Zwei oder mehr solcher Adern sind zu verseilen und mit Gummi so zu umpressen, daß alle Hohlräume ausgefüllt sind und die Gummiumpressung an der schwächsten Stelle mindestens die gleiche Wandstärke hat, wie die Gummihülle der einzelnen Adern. Die Zusammensetzung des Gummis dieser Umpressung muß den unter A I 2 angegebenen Bestimmungen entsprechen.

Für die Bauart oberhalb der gemeinsamen Gummiumpressung gelten die entsprechenden Bestimmungen über Spezialschnüre.

Die Hochspannungsschnüre müssen nach 24stündigem Liegen unter Wasser von nicht mehr als 25° C während einer halben Stunde einer Prüfung mit 4000 V Wechselspannung widerstehen können.

#### g) Leitungstrossen.

Für besonders hohe mechanische Anforderungen bei beliebigen Betriebsspannungen.

Bezeichnung: NT.

Leitungstrossen sind bewegliche Leitungen für solche Anwendungsgebiete, die besonders hohen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind und betriebsmäßig ein häufiges Auf- und Abwickeln aushalten müssen. Sie sind nur mit mehrdrätigen Kupferleitern in den normalen Querschnitten von 2,5 mm<sup>2</sup> bis 150 mm<sup>2</sup> zulässig. Die Kupferseele besteht aus Drähten von nicht mehr als 0,7 mm Durchmesser. Bei Querschnitten über 10 mm<sup>2</sup> muß der Leiter mehrlitzig sein. Der Drall darf bei einzelnen Litzen nicht mehr als das 12- bis 15-fache des Litzendurchmessers betragen, der Drall bei mehrlitzigen Leitern nicht mehr als das 11fache des Gesamtdurchmessers.

Die Isolierung der Adern soll in Leitungstrossen für Niederspannungsanlagen mit der der NGA-Leitungen, für Anlagen mit höheren Spannungen mit der der NSGA-Leitungen für die entsprechende Spannung übereinstimmen, jedoch muß die Mindestwandstärke der Gummihülle 1,5 mm betragen. Die Gummihülle der einzelnen Adern ist mit gummiertem Baumwollband zu bewickeln.

Leitungstrossen sind mit einer bei Mehrfachleitungen gemeinsamen Umhüllung oder Bewehrung zu versehen, die hinreichend biegsam und so widerstandsfähig ist, daß sie

bei der vorgesehenen Beanspruchung keine mechanische Verletzung erleidet. Eine Beflechtung mit Drähten von weniger als 0,5 mm Durchmesser ist nicht zulässig. Bei Leitungstrossen, die sich selbst tragen müssen, sind entweder Tragseile einzulegen oder die Bewehrung kann als Träger verwendet werden. Tragseile müssen aus Einzeldrähten von höchstens 0,7 mm Durchmesser verseilt sein. Die stromführenden Leiter selbst sind nicht als tragende Teile in Rechnung zu setzen. Die Festigkeit der tragenden Teile ist so zu bemessen, daß das Gesamtgewicht der freihängenden Leitung und der daran hängenden Teile mit fünffacher Sicherheit getragen werden kann; die tragenden Teile sind so zu gestalten oder anzuordnen, daß die freihängende Trosse sich nicht durch Aufdrehen verändern kann.

Unterhalb der Bewehrung muß ein Schutzpolster aus feuchtigkeitsicherem Stoff angebracht werden, dessen Stärke der halben Wandstärke der Gummihülle der einzelnen Adern gleichkommen soll, mindestens aber 1 mm betragen muß. Mit einer gleichstarken Hülle aus feuchtigkeitsicherem Stoff sind Tragseile zu umgeben.

Leitungstrossen müssen einen Erdungsleiter enthalten. Die Erdungsleiter müssen aus verzinnem Kupfer bestehen. Die Kupferseele muß den gleichen Querschnitt und Aufbau wie die stromführenden Leiter haben.

Bei Spannungen von mehr als 250 V sind Prüf- und Hilfsdrähte unzulässig.

Für die Prüfung der Leitungstrossen sind die gleichen Vorschriften wie für NGA- und NSGA-Leitungen maßgebend, wobei als Betriebsspannung stets die Spannung zwischen zwei Adern anzusehen ist.

## **B. Bleikabel.**

### **I. Gummibleikabel.**

#### **1. Normale Gummibleikabel.**

Für Gummibleikabel sind je nach der Betriebsspannung NGA-Leitungen oder NSGA-Leitungen zu verwenden, jedoch muß die Mindestwandstärke der Gummihülle 1,5 mm betragen. Mehrleitergummibleikabel sind als verseilte Kabel aus solchen Leitungen herzustellen. Die Beflechtung der Adern kann sowohl bei Einleiterkabeln wie bei Mehrleiterkabeln fortfallen, indessen müssen bei Mehrleiterkabeln die Adern nach der Verseilung mit einem imprägnierten Baumwollbande bewickelt werden. Bleimantel und Bewehrung müssen bei Einleiterkabeln der Zahlentafel 1, bei Mehrleiterkabeln

Zahlentafel 1. Aufbau für Einleiter-Gleichstrom-Bleikabel bis 750 V.

Kupferseile	Kupferseile		Mindeststärke der Isolerhülle mm	Mindeststärke des Bleimantels mm	Bedeckung des Bleimantels		Bewehrung		Bedeckung der Bewehrung		Äußerer Durchmesser des fertigen Kabels	
	Kupferquerschnitt mm <sup>2</sup>	Mindestzahl der Drähte für Kabel ohne   mit Prüfdraht			Werkstoff	Stärke mm	Blechstärke etwa mm	Drahtstärke etwa mm	Werkstoff	Stärke mm	ohne   mit Prüfdraht	etwa mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	1,75	1,1	1,5	2 × 0,5	1,4	1,5	1,5	1,5	16	—	—
1,5	1	1,75	1,1	1,5	2 × 0,5	1,4	1,5	1,5	1,5	16	—	—
2,5	1	1,75	1,1	1,5	2 × 0,5	1,4	1,5	1,5	1,5	17	—	—
4	1	1,75	1,2	1,5	2 × 0,5	1,4	1,5	1,5	1,5	18	—	—
6	1	1,75	1,2	1,5	2 × 0,5	1,8	1,5	1,5	1,5	19	—	—
10	1	1,75	1,2	1,5	2 × 0,5	1,8	1,5	1,5	1,5	20	—	—
16	1	2,0	1,2	1,5	2 × 0,5	—	1,5	1,5	1,5	22	23	23
25	7	2,0	1,2	1,5	2 × 0,8	—	1,5	2,0	2,0	23	24	24
35	7	2,0	1,3	1,5	2 × 0,8	—	1,5	2,0	2,0	25	26	26
50	7	2,0	1,3	1,5	2 - 0,8	—	1,5	2,0	2,0	27	28	28
70	19	2,0	1,4	1,5	2 × 0,8	—	1,5	2,0	2,0	29	30	30
95	19	2,0	1,4	1,5	2 × 0,8	—	1,5	2,0	2,0	31	32	32
120	19	2,0	1,5	2,0	2 × 1	—	2,0	2,0	2,0	33	34	34
150	19	2,25	1,6	2,0	2 × 1	—	2,0	2,0	2,0	36	37	37
185	37	2,25	1,7	2,0	2 × 1	—	2,0	2,0	2,0	38	39	39
240	37	2,50	1,8	2,0	2 × 1	—	2,0	2,0	2,0	41	42	42
300	37	2,50	1,9	2,5	2 × 1	—	2,5	2,0	2,0	44	45	45
400	37	2,50	2,0	2,5	2 × 1	—	2,5	2,0	2,0	47	48	48
500	37	2,75	2,1	2,5	2 × 1	—	2,5	2,0	2,0	52	53	53
625	37	2,75	2,3	2,5	2 × 1	—	2,5	2,0	2,0	56	57	57
800	37	3,0	2,4	2,5	2 × 1	—	2,5	2,0	2,0	61	62	62
1000	61	3,0	2,6	2,5	2 × 1	—	2,5	2,0	2,0	66	67	67

2) Die Durchmesser der mit Bandseilen bewehrten Kabel sind für die Querschnitte 1 bis 10 mm<sup>2</sup> um etwa 1 mm geringer als die Werte in Spalte 8.

der Zahlentafel 3 entsprechen. Bei mit Metalldrähten beflochtenen Gummikabeln werden Vorschriften betreffend die Hülle über dem Bleimantel nicht erlassen.

Adern und fertige Kabel sind für Betriebsspannungen bis 2000 V mit der doppelten Betriebsspannung, mindestens aber mit 2000 V Wechselspannung von 50 Per/s während 30 min zu prüfen. Für Kabel von 2000 V Betriebsspannung ab kommen die Bestimmungen für NSGA-Leitungen in Betracht. Für die Prüfung von Mehrleiterkabeln gelten Schaltung und Beanspruchungsdauer nach Zahlentafel 4. Für die zulässige Belastung sind die Zahlentafeln unter C maßgebend.

2. Spezialgummibleikabel für Reklamebeleuchtung zur Verbindung des Schaltapparates mit dem Beleuchtungsfeld für Spannungen bis 220 V.

Bezeichnung: NRBK.

Für Spezialgummibleikabel für Reklamebeleuchtung sind Fassungsadern NFA 0,75 mm<sup>2</sup> mit farbiger Baumwollbeflechtung und als Rückleitung eine Leitung NGA 1,5 mm<sup>2</sup>, jedoch ohne Beflechtung, zu verwenden. Die verschiedenfarbigen Einzelleitungen sind rund zu verseilen und hiernach mit einem imprägnierten Baumwollband zu umwickeln. Die Stärke des Bleimantels und der darüber liegenden imprägnierten Papierband- und Jutebedeckung müssen der Zahlentafel 3, Spalte 2 bzw. Spalte 3 unter B II 2 entsprechen.

Die Kabel müssen in trockenem Zustande in der Fabrik einer halbstündigen Prüfung mit 1000 V Wechselspannung von 50 Per/s, und zwar 15 min lang Ader gegen Ader und 15 min lang Aderbündel gegen Bleimantel und Rückleitung widerstehen können.

## II. Papierbleikabel.

Die für Papierbleikabel verwendeten Kupferdrähte müssen den Kupfernormen des VDE entsprechen.

### 1. Einleiter-Gleichstrom-Bleikabel bis 750 V.

Die Isolation der Kabel soll aus gut imprägniertem Papier bestehen. Für den Aufbau der Kabel gilt die Zahlentafel 1, und zwar für blanke Bleikabel die Spalten 1 bis 4, für asphaltierte Bleikabel die Spalten 1 bis 5 und für bewehrte asphaltierte Bleikabel die Spalten 1 bis 8.

Besteht der Leiter aus Aluminium anstatt aus Kupfer,



so sind nur die normalen Querschnitte von  $4 \text{ mm}^2$  an aufwärts zulässig. Die Bauart der Kabel bleibt die gleiche.

Prüfdrähte in Einleiter-Gleichstrom-Bleikabeln müssen einen Querschnitt von mindestens  $1 \text{ mm}^2$  haben.

Die Kabel müssen in der Fabrik 30 min lang einer Prüfung mit 1200 V Wechselfspannung von 50 Per/s widerstehen können, ohne durchzuschlagen.

## 2. Verseilte Mehrleiter-Bleikabel.

Für den Aufbau der Kupferleiter und die Stärke der Isolierhülle gelten für Kabel mit kreisförmigen Leiterquerschnitten die in Zahlentafel 2 angeführten Werte. Für Kabel mit sektorförmigen Leiterquerschnitten sollen die Stärken der Isolierhülle mindestens die gleichen sein wie bei Kabeln mit kreisförmigen Leiterquerschnitten. Die Isolierhülle der Kabel soll aus gut imprägniertem Papier bestehen; die Stärke der Isolierschichten zwischen den Leitern und zwischen Leitern und Blei sind gleich. Für die Stärke der Bleimäntel und der Eisenbandbewehrung gilt Zahlentafel 3.

Zahlentafel 2. Aufbau der Kupferleiter und Stärken der Isolierhüllen für verseilte Mehrleiterkabel mit kreisförmigem Leiterquerschnitt.

Kupferquerschnitt $\text{mm}^2$	Mindestzahl der Drähte	Mindeststärken der Isolierhüllen						
		750 V mm	3000 V mm	5000 V mm	6000 V mm	10 000 V mm	15 000 V mm	25 000 V mm
1	1	2,0	3,0	—	—	—	—	—
1,5	1	2,0	3,0	—	—	—	—	—
2,5	1	2,0	3,0	—	—	—	—	—
4	1	2,0	3,0	4,4	—	—	—	—
6	1	2,0	3,0	4,4	—	—	—	—
10	1	2,0	3,0	4,2	4,6	7,0	—	—
16	1	2,0	3,0	4,2	4,6	7,0	—	—
25	7	2,0	3,0	4,2	4,6	6,5	9,0	—
35	7	2,0	3,0	3,8	4,2	6,0	8,5	12,5
50	19	2,0	3,0	3,8	4,2	6,0	8,5	12,5
70	19	2,0	3,0	3,8	4,2	6,0	8,5	12,0
95	19	2,0	3,0	3,8	4,2	6,0	8,5	11,5
120	19	2,0	3,0	3,6	4,0	5,5	8,0	11,5
150	37	2,0	3,0	3,6	4,0	5,5	8,0	11,5
185	37	2,2	3,0	3,6	4,0	5,5	8,0	11,5
240	37	2,2	3,0	3,6	4,0	5,5	8,0	—
300	61	2,5	3,0	3,6	4,0	5,5	8,0	—
400	61	2,5	3,0	3,6	—	—	—	—

Zahlentafel 3. Stärken der Bleimäntel und der Bewehrungen bei Mehrleiterkabeln.

Durchmesser der Kabelseele unter dem Bleimantel mm	Mindeststärke des Bleimantels mm	Bedeckung des Bleimantels etwa mm	Blechstärke der Bewehrung etwa mm	Bedeckung der Bewehrung etwa mm
bis 10	1,2	1,5	$2 \times 0,5$	1,5
12	1,3	1,5	$2 \times 0,8$	2
14	1,4	1,5	$2 \times 0,8$	2
16	1,4	1,5	$2 \times 0,8$	2
18	1,5	1,5	$2 \times 0,8$	2
20	1,6	2,0	$2 \times 1,0$	2
23	1,7	2,0	$2 \times 1,0$	2
26	1,8	2,0	$2 \times 1,0$	2
29	1,9	2,5	$2 \times 1,0$	2
32	2,0	2,5	$2 \times 1,0$	2
35	2,1	2,5	$2 \times 1,0$	2
38	2,2	2,5	$2 \times 1,0$	2
41	2,3	2,5	$2 \times 1,0$	2
44	2,4	2,5	$2 \times 1,0$	2
47	2,6	2,5	$2 \times 1,0$	2
54	2,7	2,5	$2 \times 1,0$	2
62	2,9	2,5	$2 \times 1,0$	2
70	3,1	2,5	$2 \times 1,0$	2

Bestehen die Leiter aus Aluminium anstatt aus Kupfer, so sind nur die normalen Querschnitte von  $4 \text{ mm}^2$  an aufwärts zulässig. Die Bauart der Kabel ist die gleiche.

Prüfdrähte sind nur in Kabeln bis zu 750 V Betriebsspannung zulässig. Der Querschnitt der Prüfdrähte soll mindestens  $1 \text{ mm}^2$  betragen.

Unter Betriebsspannung des Kabels ist die effektive Spannung zwischen zwei Adern zu verstehen, für die das Kabel gemäß der Typenbezeichnung gebaut ist.




Die Prüfspannungen der Kabel werden wie folgt festgelegt:

Die Spannungprobe in der Fabrik soll mit Wechsel- bzw. Drehspannung von 50 Per/s vorgenommen werden. Die Prüfspannung soll den Wert von  $2 \times E + 1000 \text{ V}$  haben, wobei  $E$  die Betriebsspannung ist. Für die Schaltung und Beanspruchungsdauer der verschiedenen Kabelarten gilt Zahlentafel 4.

Zur Gewinnung eines Anhaltspunktes für den elektrischen Sicherheitsgrad der Kabel kann ein beliebiges, dem

Kabel entnommenes Stück von höchstens 5 m Länge in einer der in der Zahlentafel 4 angegebenen Schaltungen mit der 5fachen Betriebsspannung geprüft werden. Bei schnellem Steigern und Erhalten der Spannung auf dem genannten Wert soll das Stück 5 min lang dieser Probe standhalten können.

Zahlentafel 4. Schaltung und Beanspruchungsdauer für die Prüfung von Mehrleiterkabeln.

Kabelart	Kabelbild	Schaltung	Prüfdauer (Minuten)
Zweileiterkabel		a) 1 gegen 2	15
		b) 1 + 2 gegen Erde	15
			zus. 30
Dreileiterkabel		a) 1 + 2 gegen 3 + Erde	10
		b) 1 + 3 gegen 2 + Erde	10
		c) 2 + 3 gegen 1 + Erde	10
		oder	zus. 30
		d) 1 + 2 + 3 gegen Erde	15
Vierleiterkabel		e) 1 gegen 2 gegen 3 (Drehstrom)	15
			zus. 30
		a) 1 + 3 gegen 2 + 4	15
		b) 1 + 2 gegen 3 + 4	15
		c) 1 + 2 + 3 + 4 gegen Erde	10
			zus. 40

Zur Prüfung der mechanischen Widerstandsfähigkeit der Isolation kann folgender Versuch gefordert werden:

Ein beliebiges, von der Bewehrung befreites Stück von 5 m Länge ist bei etwa Raumtemperatur (nicht unter 10 °C) um einen Kern vom 15fachen Kabeldurchmesser, über Bleimantel gemessen, aufzuwickeln, wieder abzuwickeln und gerade zu richten, darauf in entgegengesetzter Richtung aufzuwickeln und gerade zu richten. Nach dreimaliger Ausführung dieser Biegeprobe soll das Stück die normale Fabrikationsprüfung aushalten können, ohne durchzuschlagen.

Bei Kabeln für Betriebsspannungen von 15 000 V an aufwärts kann verlangt werden, daß die dielektrischen Verluste bei dem 1,5fachen der Betriebsspannung und einer Temperatur von etwa 20 °C in der Fabrik festgestellt werden. Die hierbei ermittelten Verluste sollen nicht mehr betragen als 2% der von dem Kabel scheinbar aufgenommenen Leistung.

Zur Prüfung fertig verlegter Kabelstrecken kann entweder Wechsel- bzw. Drehspannung oder Gleichspannung

verwendet werden. Die Wechsel- bzw. Drehspannung soll bei dieser Prüfung gleich dem 1,5fachen der Betriebsspannung, die Gleichspannung gleich dem Dreifachen der Betriebsspannung sein. Für die Schaltung gilt Zahlentafel 4, jedoch sind die Zeiten zu verdoppeln.

Zur Prüfung der Widerstandsfähigkeit des verlegten Kabels kann verlangt werden, daß bei der Prüfung mit Gleichspannung kurzzeitig die Prüfspannung auf das 4,2fache der Betriebsspannung erhöht wird, sofern diese Gleichspannung nicht höher liegt als der Scheitelwert der Prüfspannung für die Durchführungsisolatoren in den Endverschlüssen des Kabels. Zur Feststellung des Gleichspannungswertes dient eine Funkstrecke, die so eingestellt ist, daß bei etwas mehr als der 4,2fachen Betriebsspannung bzw. dem 1,4fachen der Prüfspannung der Durchführungsisolatoren der Kabelendverschlüsse ein Überschlag eintritt.

Bleikabel, die den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“ entsprechen, müssen zwischen Bleimantel und Bewehrung einen längslaufenden verzinkten Eisendraht von mindestens 0,5 mm Durchmesser besitzen. Außerdem muß durch besondere Kennzeichnung ersichtlich gemacht werden, von welchem Werk die Kabel hergestellt sind.

## C. Belastungstafel für isolierte Leitungen.

### I. Kupferleitungen.

#### 1. Belastungstafel für gummiisolierte Leitungen.

Querschnitt	Höchste dauernd zulässige Stromstärke <sup>3)</sup> für jeden Leiter in A	Querschnitt	Höchste dauernd zulässige Stromstärke <sup>3)</sup> für jeden Leiter in A
in mm <sup>2</sup>		in mm <sup>2</sup>	
0,5	7,5	70	200
0,75	9	95	240
1	11	120	280
1,5	14	150	325
2,5	20	185	380
4	25	240	450
6	31	300	525
10	43	400	640
16	75	500	760
25	100	625	880
35	125	800	1050
50	160	1000	1250

<sup>3)</sup> Bei Auswahl der Sicherung ist § 20 der „Errichtungsvorschriften“ zu beachten.

Bei aussetzendem Betriebe ist die zeitweilige Erhöhung der Belastung über die obigen Werte zulässig, sofern dadurch keine größere Erwärmung als bei der der Tafel entsprechenden Dauerbelastung entsteht<sup>4)</sup>.

## 2. Belastungstafel für Bleikabel.

Querschnitt mm <sup>2</sup>	Höchste dauernd zulässige Stromstärke in A bei Verlegung im Erdboden								
	Einleiterkabel bis	Verseilte Zweileiterkabel bis		Verseilte Dreileiterkabel bis				Verseilte Vierleiterkabel bis	
		750 V	3000 V	10000 V	3000 V	10000 V	15000 V	25000 V	3000 V
1	24	19	—	17	—	—	—	16	—
1,5	31	25	—	22	—	—	—	20	—
2,5	41	33	—	29	—	—	—	26	—
4	55	42	—	37	—	—	—	34	—
6	70	53	—	47	—	—	—	43	—
10	95	70	65	65	60	—	—	57	55
16	130	95	90	85	80	—	—	75	70
25	170	125	115	110	105	100	—	100	95
35	210	150	140	135	125	120	110	120	115
50	260	190	175	165	155	145	135	150	140
70	320	230	215	200	190	180	165	185	170
95	385	275	255	240	225	215	200	220	205
120	450	315	290	280	260	250	235	250	240
150	510	360	335	315	300	285	265	290	275
185	575	405	380	360	340	325	300	330	310
240	670	470	—	420	—	—	—	385	—
300	760	530	—	475	—	—	—	430	—
400	910	635	—	570	—	—	—	—	—
500	1035	—	—	—	—	—	—	—	—
625	1190	—	—	—	—	—	—	—	—
800	1380	—	—	—	—	—	—	—	—
1000	1585	—	—	—	—	—	—	—	—

Bei Verlegung von Kabeln in Luft oder bei Anordnung in Kanälen und dergleichen, Anhäufung von Kabeln im Erdboden oder ähnlichen ungünstigen Verhältnissen empfiehlt es sich, die Belastung auf  $\frac{3}{4}$  der in der Tafel angegebenen Werte zu ermäßigen<sup>5)</sup>.

Der Tafel ist eine Übertemperatur von 25 °C bei Dauer-

<sup>4)</sup> Vgl. ETZ 1921, S. 1081.

<sup>5)</sup> In Bergwerken unter Tage sind Kabel, die in der Sohle verlegt sind, wie im Erdboden verlegte Kabel zu behandeln.

belastung 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.

Bei aussetzenden Betrieben ist die zeitweilige Erhöhung der Belastung über die obigen Werte zulässig, sofern dadurch keine größere Erwärmung als bei der der Belastungstafel entsprechenden Dauerbelastung entsteht.

## II. Aluminiumleitungen.

### 1. Belastungstafel für im Erdboden verlegte Einleiterkabel mit Aluminiumleiter für Gleichstrom bis 750 V<sup>6)</sup>.

Querschnitt mm <sup>2</sup>	Höchste dauernd zulässige Stromstärke in A	Querschnitt mm <sup>2</sup>	Höchste dauernd zulässige Stromstärke in A
4	42	150	390
6	55	185	440
10	75	240	515
16	100	300	580
25	130	400	695
35	160	500	795
50	200	625	910
70	245	800	1055
95	295	1000	1250
120	345		

<sup>6)</sup> Für Mehrleiter-Aluminiumkabel beträgt die höchste dauernd zulässige Belastung 75% der entsprechenden Werte der Tafel C. I. 2.

Anmerkung: Vom Elektrotechnischen Verein, Berlin, ist 1909 eine Arbeit herausgegeben:

#### „Definition der elektrischen Eigenschaften gestreckter Leiter“,

die durch die Jahresversammlung 1910 des VDE angenommen worden ist. Veröffentlicht ist diese Arbeit: ETZ 1909, S. 1115 and 1184.

## 39. Normen für umhüllte Leitungen in Starkstromanlagen.

Gültig ab 1. Oktober 1924<sup>1)</sup>.

### 1. Wetterfeste Leitungen.

Geeignet zur Verwendung als Freileitungen, zu Installationen im Freien, sowie in Fällen, in denen Schutz gegen chemische Einflüsse oder Feuchtigkeit erforderlich ist.

Baustoff und Aufbau der Leiter sollen bei Verwendung als Freileitungen in Fernmeldeanlagen dem Normblatt DIN VDE 8300 „Drähte für Fernmelde-Freileitungen“, bei Verwendung als Freileitungen in Starkstromanlagen dem Normblatt DIN VDE 8201 „Drähte und Seile für Starkstrom-Freileitungen“, bei Verwendung zu sonstigen Installationen den Vorschriften für NGA-Leitungen (vgl. Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen A II 1a) entsprechen.

Kupferleiter für umhüllte Leitungen brauchen nicht verzinkt zu sein. Die Art des Baustoffes wird durch einen der Typenbezeichnung nachgesetzten Buchstaben gekennzeichnet (C = Kupfer, B = Bronze, A = Aluminium). Für die Umhüllung gelten folgende Ausführungen:

a) Bezeichnung: LW (LWC, LWB, LWA).

Der Leiter ist mit wetterfester Masse überzogen, darüber befindet sich eine Beflechtung aus Baumwolle, Hanf oder gleichwertigem Stoff, die in wetterfester Masse getränkt ist. Wetterfeste Massen sind solche Massen, die trocknende pflanzliche Öle und Metalloxyde enthalten.

b) Bezeichnung: PLW (PLWC, PLWB, PLWA).

Der Leiter ist mit wetterfester Masse überzogen, mit zwei Lagen getränktem Papier und einer Lage Baumwolle besponnen und nochmals mit wetterfester Masse getränkt.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1924. Veröffentlicht: ETZ 1923, S. 625; 1924, S. 318 und 1068.

Hierüber befindet sich eine getränkte Beflechtung wie bei den LW-Leitungen.

Die Umhüllung der wetterfesten Leitungen soll eine rote Farbe haben und muß gut am Leiter haften.

Zur Prüfung der wetterfesten Leitungen sind zwei Stücke von je 5 m Länge zusammengedreht 5 min in Wasser zu legen. Unmittelbar nach Herausnahme aus dem Wasserbade sollen die Stücke einer Prüfung von 10 min Dauer mit 500 V Wechselstrom bei LW- und mit 1000 V Wechselstrom bei PLW-Leitungen unterzogen werden.

## 2. Nulleiterdrähte.

Bezeichnung: NL (NLC, NLA).

Zur Verwendung als Nulleiter in Niederspannungsanlagen (nicht zur Verlegung im Erdboden).

Nulleiterdrähte sind mit massivem Leiter in Querschnitten von 1 bis 16 mm<sup>2</sup>, mit mehrdrähtigem Leiter in Querschnitten von 1 bis 500 mm<sup>2</sup> zulässig. Als Baustoff für den Leiter kann weiches Kupfer oder weiches Aluminium verwendet werden. Kupferleiter brauchen nicht verzinkt zu sein. Die Ausführung der Umhüllung ist die gleiche wie bei den wetterfesten Leitungen, Bauart LW, jedoch soll die Umhüllung eine graue Farbe haben. Sie muß gut am Leiter haften.

Beim Einziehen der Leitungen in Rohr darf sich die Umhüllung nicht zurückstreifen.

## 3. Nulleiter für Verlegung im Erdboden.

Geeignet in solchen Fällen, in denen Schutz gegen chemische Einwirkungen erforderlich ist.

Nulleiter für Erdverlegung sind in den Querschnitten 4 bis 500 mm<sup>2</sup> zulässig. Als Baustoff für den Leiter ist weiches Kupfer zu verwenden. Der Aufbau des Kupferleiters soll den Vorschriften für Einleiter-Gleichstrom-Bleikabel bis 750 V entsprechen (Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen B II 1, Tafel 1).

### a) Bezeichnung: NE.

Der Leiter wird mit zäher Asphaltmasse überzogen und darüber mit mindestens vier Lagen gut vorgetränktem Papier und einer Lage asphaltierter Jute bewickelt.

### b) Bezeichnung: NBE.

Der Leiter wird zunächst mit einem Bleimantel und dann mit einer Umhüllung wie bei Bauart NE umgeben



Für die Abmessungen gelten die in nachstehender Tafel angeführten Werte:

Kupfer- querschnitt mm <sup>2</sup>	Mindestzahl der Drähte	Mindeststärke des Bleimantels mm	Äußerer Durchmesser des fertigen Nulleiters	
			NE etwa mm	NBE etwa mm
4	1	1	8	10
6	1	1	9	11
10	1	1	10	12
16	1	1	11	13
25	7	1	12	14
35	7	1	13	15
50	7	1	15	17
70	19	1	17	19
95	19	1,1	18	20
120	19	1,1	20	22
150	19	1,1	22	24
185	37	1,2	24	26
240	37	1,3	26	29
300	37	1,4	29	31
400	37	1,5	32	35
500	37	1,6	35	38

## 40. Normen für Anschlußbolzen und ebene Schraubkontakte für Stromstärken von 10 bis 1500 A.

Gültig ab 1. Januar 1912.<sup>1)</sup>

(Für Installationsmaterial gilt DIN VDE 6200.)

Die Kontaktfläche der Anschlußstelle ist gleich der Ringfläche der Unterlegscheibe.

Stromstärke  A	Mindestmaße			
	Schraubendurchmesser für den Klemmkontakt		Durchmesser für den Anschlußbolzen in mm	
	mm	Zoll engl.	Messing	Kupfer
10	3	$\frac{1}{8}$	3	3
25	4,5	$\frac{3}{16}$	4,5	4,5
60	6	$\frac{1}{4}$	6	6
100	7	$\frac{5}{16}$	8	7
200	9	$\frac{3}{8}$	12	10
350	12	$\frac{1}{2}$	20	14
600	16	$\frac{5}{8}$	—	20
1000	20	$\frac{3}{4}$	—	30
1500	26	1	—	40

Wenn an Stelle eines einzigen Anschlußbolzens oder Schraubkontaktes deren mehrere verwendet werden, so muß die Summe ihrer Nennstromstärken mindestens gleich der Nennstromstärke des entsprechenden Einzelkontaktes sein.

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1910. Veröffentlicht: ETZ 1910, S. 326. Vorher bestand eine Fassung, die im Jahre 1895 beschlossen und in der ETZ 1895, S. 594 veröffentlicht war. Erläuterungen siehe ETZ 1910, S. 354. — S. a. DIN VDE 6200.

## **41. Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial<sup>1)</sup>**

Gültig ab 1. Juli 1926, soweit nicht bei einzelnen Paragraphen  
andere Termine angegeben sind.

(Dosenschalter, Steckvorrichtungen, Sicherungen mit geschlossenem  
Schmelzeinsatz, Fassungen und Lampensockel, Edisongewinde,  
Nippel, Handleuchter, Rohre, Verteilungstafeln.)

### **A. Vorbemerkungen.**

a) Die nachstehenden Vorschriften sind in der Weise geordnet, daß jeder Abschnitt für sich Konstruktions- und Prüfvorschriften enthält, und zwar sind stets zuerst die Konstruktions-, dann die Prüfvorschriften gegeben.

*Die Prüfvorschriften sind äußerlich durch Kursivschrift gekennzeichnet.*

1. Im Gegensatz zu den mit Buchstaben bezeichneten Absätzen, die grundsätzliche Vorschriften darstellen, enthalten die mit Ziffern versehenen Absätze Ausführungsregeln und Normalabmessungen. Sie geben an, wie die Errichtungsvorschriften und die „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial“ mit den üblichen Mitteln im allgemeinen zur Ausführung gebracht werden sollen.

Um dieses auch sprachlich zum Ausdruck zu bringen, ist in allen Vorschriften die Wendung „M u ß“, in allen Regeln die Wendung „S o ll“ gebraucht.

Abweichende Ausführungen sollen nicht mit den normalen verwechselbar sein.

### **B. Geltungsbereich.**

#### **§ 1.**

Die nachstehenden Vorschriften und Regeln beziehen sich auf Installationsmaterial für Nennspannungen bis 750 V.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 712, 1169 u. 1526.

### C. Begriffsbestimmungen.

Siehe auch Err.-Vorschr. § 2.

#### § 2.

a) **Feuersicher** ist ein Gegenstand, der entweder nicht entzündet werden kann oder nach Entzündung nicht von selbst weiter brennt.

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

c) **Feuchtigkeitsicher** ist ein Gegenstand, der sich im Gebrauch durch Feuchtigkeitsaufnahme nicht so verändert, daß er für die Benutzung ungeeignet wird.

d) **Nennstrom, Nennspannung, Nennleistung** bezeichnen den Verwendungsbereich.

e) **Kriechstrecke** ist der kürzeste Weg, auf dem ein Stromübergang längs der Oberfläche eines Isolierkörpers zwischen Metalteilen eintreten kann, wenn zwischen ihnen eine Spannung besteht.

f) **Erden oder an Erde legen** heißt, mit einem Erder oder seiner Zuleitung metallisch verbinden.

g) **Unter Nullen** versteht man das Verbinden des Nullleiters mit den metallenen Konstruktionsteilen der Apparate.

### D. Allgemeines.

Siehe auch Err.-Vorschr. §§ 3, 4, 5, 10, 15, 23, 28, 35, 39, 41.

#### § 3.

a) **Alle Installationsmaterialien** müssen so gebaut und bemessen sein, daß durch die bei ihrem Betriebe auftretende Erwärmung und durch die mechanische Beanspruchung weder eine für die Umgebung gefährliche Temperatur entstehen kann, noch die Wirkungsweise und Handhabung beeinträchtigt wird.

1. Für Sockel bis 60 mm Durchmesser oder 60 mm Seitenlänge sollen folgende Mindestmaße an den Befestigungstellen gelten:

Lochdurchmesser für die Schraube oder Schlitzbreite	Durchmesser der Einsenkung für den Schraubenkopf	Wandstärke unter dem Schraubenkopf
4,5 mm	8,5 mm	5 mm


Bei Dosen mit Befestigungsschlitzten dürfen die Schraubenköpfe nicht über den Rand des Sockels hinausragen.

b) Die spannungführenden Teile müssen auf feuer-, wärme- und feuchtigkeitsicheren Körpern angebracht sein. Ausgußmassen müssen wärme- und feuchtigkeitsicher sein (Prüfvorschriften siehe „ETZ“ 1924, Heft 50).

c) Abdeckungen müssen mechanisch widerstandsfähig, zuverlässig befestigt, wärmesicher und, wenn sie mit spannungführenden Teilen in Berührung stehen, auch feuchtigkeitsicher sein. Solche aus Isolierstoff, die im Gebrauch mit einem Lichtbogen in Berührung kommen können, müssen auch feuersicher sein. Der Berührung zugängliche Gehäuse und Abdeckungen müssen, wenn sie nicht für Erdung oder Nullung eingerichtet sind, aus nichtleitenden Baustoffen bestehen oder mit einer haltbaren Isolierschicht ausgekleidet sein. Bedienungselemente (Griffe, Drücker usw.) müssen aus Isolierstoff bestehen.

d) Lackierung und Emaillierung von Metallteilen gilt nicht als Isolierung im Sinne des Berührungsschutzes.

e) Ortsfeste Apparate müssen für Anschluß der Leitungsdrähte durch Verschraubung oder gleichwertige Mittel eingerichtet sein.

f) Ein Erdungsanschluß muß als solcher gekennzeichnet („E“ oder ) und als Schraubkontakt ausgebildet sein.

g) Alle Schrauben, die Kontakte vermitteln, müssen metallenes Muttergewinde haben.

h) Für Installationsmaterial gelten für Anschlußbolzen und Kopfkontaktschrauben bis 200 A: DIN VDE 6200 und 6206; für Stromstärken über 200 A gelten die „Normen für Anschlußbolzen und ebene Schraubkontakte für 10 bis 1500 A“.

1. Für Buchsenkontakte an Schaltern und Steckvorrichtungen sollen die Mindestabmessungen der nachstehenden Tafel gelten:

Nennstromstärke A	Gewinde	Lochdurchmesser	Wandstärke	Gewindelänge der Schraube
bis 6	M 2,6	2,6	1,8	4,5
„ 10	M 3	3	2	5
„ 25	M 4	4	3	7

i) Auf jedem Apparat müssen Nennstrom und Nennspannung verzeichnet sein. Werden die Bezeichnungen abgekürzt, so ist für den Nennstrom A, für die Nennspannung V zu verwenden.

k) Installationsmaterialien müssen am Hauptteil ein Ursprungszeichen besitzen, das den Hersteller erkennen läßt.

l) Nicht keramische, gummifreie Isolierstoffpreßteile müssen, soweit tunlich, ein Ursprungszeichen tragen, das den Hersteller des Isolierstoffes erkennen läßt.

m) Nicht keramische, gummifreie Isolierstoffpreßteile müssen, soweit tunlich, eine Angabe besitzen, die die Klassenbezeichnung gemäß der Klasseneinteilung der Isolierstoffe (ETZ 1924, S. 730) erkennen läßt.

n) Nicht keramische, gummifreie Isolierstoffpreßteile müssen, soweit tunlich, mit einem als Warenzeichen eingetragenen Zeichen versehen sein, dessen Führung vom Staatlichen Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem dem Fabrikanten des Isolierstoffes nur unter der Bedingung gestattet wird, daß er sich vertraglich der laufenden Überwachung durch das Staatliche Materialprüfungsamt unterwirft (s. ETZ 1925, S. 865).

#### E. Dosenschalter.

(Druckknopf- und ähnliche Schalter müssen den nachstehenden Bestimmungen sinngemäß entsprechen.)

Siehe auch Err.-Vorschr. §§ 11, 28, 35, 36, 43, 45.

##### § 4.

a) Diese Schalter erhalten nach DIN VDE 9290 folgende Bezeichnungen:

Ausschalter

einpolig	Schalter 1
zweipolig	„ 2
dreipolig	„ 3

Umschalter

(Gruppenschalter)	Schalter 4
(Serienschalter)	„ 5
(Wechselschalter)	„ 6
(Kreuzschalter)	„ 7

b) Der geringste zulässige Nennstrom beträgt bei 250 V für Ausschalter 4 A, für Umschalter aller Arten 2 A, bei 500 und 750 V für Ausschalter 2 A, für Umschalter aller Arten 1 A.

1. Normale Nennstromstärken sind:

bei 250 V	}	für Ausschalter:	4	6	10	25	60 A
		„ Umschalter:	2	4	6	10	25 60 „
bei 500 und	}	„ Ausschalter:	2	4	6	10	25 60 „
750 V		„ Umschalter:	1	2	4	6	10 25 60 „

##### § 5.

a) Alle Schalter müssen für mindestens 250 V gebaut sein.

1. Normale Nennspannungen sind 250, 500, 750 V.

2. Für einpolige Drehschalter bis 6 A und 250 V gelten die „Vorschriften, Regeln und Normen für einpolige Drehschalter bis 6 A und 250 V“ (gültig ab 1. Juli 1928)<sup>2)</sup>.

### § 6.

a) Nennstrom und Nennspannung müssen auf dem ortsfesten Teil des Schalters so verzeichnet sein, daß sie am montierten Schalter nach Entfernen der Abdeckung leicht und deutlich zu erkennen sind.

1. Die Bezeichnung soll auf dem Schalter so angebracht sein, daß sie nicht ohne weiteres entfernt werden kann.

2. Bei Umschaltern ist der Netzanschluß durch „P“ zu kennzeichnen.

### § 7.

Alle Metallteile des Mechanismus müssen gegen die spannungführenden Teile isoliert sein.

### § 8.

a) Die Kontakte müssen Schleifkontakte sein.

b) Schalter für Niederspannung bis 5 kVA müssen Momentschalter sein.

Momentschaltung ist vorhanden, wenn bei ordnungsmäßiger, auch langsamer Handhabung des Betätigungsorgans der Schaltstern von einer Stellung in die andere springt.

1. Statt der Momentschaltung werden bei Drehstromschaltern gesicherte Schaltstellungen für ausreichend erachtet. Beim Drehen des Schaltsternes um weniger als 30° soll der Schaltstern selbsttätig in die Ursprungslage zurückgehen.

2. Funkenwischer sind Funkenlöcher, die auf mechanischem Wege, z. B. unter Anwendung von Isolierstoff, die Unterbrechungslichtbögen löschen (auswischen). Trennwände sind nicht als Funkenwischer aufzufassen. Funkenwischer dürfen auch nach längerem Gebrauch keinesfalls eine leitende Verbindung oder eine Berührung zum Nebenkontakt herstellen.

### § 9.

Werden als Betätigungsorgane Metallketten verwendet, so muß ein isolierendes Zwischenstück in unmittelbarer Nähe des Schalters vorhanden sein.

### § 10.

Bei Drehschaltern muß der Griff so befestigt sein, daß er sich beim Rückwärtsdrehen nicht ohne weiteres abschrauben läßt.

<sup>2)</sup> S. S. 536.

## § 11.

Die spannungführenden Teile des Schalters müssen in geschalteter Stellung gegen die Befestigungsschrauben, gegen den Griff, den Griffträger und gegen das Gehäuse nach mindestens 12stündigem Liegen in feuchter Luft folgende Spannungen 1 min lang aushalten, ohne daß ein Überschlag erfolgt:

Bei 250 V Nennspannung	1500 V	Wechselspannung,
„ 500 „	2000 „	„ „
„ 750 „	2500 „	„ „

Bei gleicher Prüfspannung sind in ausgeschaltetem Zustande Prüfungen der Isolation von Pol zu Pol und von der Zuleitung zur Ableitung mit betriebsmäßigem Anschluß vorzunehmen.

## § 12.

Die Kontaktteile des Schalters werden nach 10maligem Schalten mit dem 1,25-fachen Nennstrom belastet. Der Spannungsabfall darf nicht größer als 50 mV sein; er wird an der Eingangs- und Ausgangsklemme des zu untersuchenden Stromkreises gemessen. Ist der Spannungsabfall größer als 50 mV, so ist nachstehende Prüfung vorzunehmen:

Die Kontaktteile des Schalters dürfen nach einstündiger Belastung mit dem 1,25-fachen des Nennstromes, jedoch mit nicht weniger als 6 A bei geschlossenem Gehäuse und bei einer Raumtemperatur von ungefähr 20° C keine solche Temperatur annehmen, daß ein an irgendeiner Stelle vor dem Versuch angedrücktes Kügelchen reinen Bienenwachses von etwa 3 mm Durchmesser nach Beendigung des Versuches geschmolzen ist. Die Prüfung kann mit Gleich- oder Wechselstrom vorgenommen werden.

## § 13.

a) Der Ausschalter (Schalter 1, 2 und 3) muß bei 1,1-facher Nennspannung mit dem 1,25-fachen Nennstrom induktionsfrei, bei Drehstrom außerdem induktiv mit dem halben Nennstrom belastet im Gebrauchszustande und in der Gebrauchslage während der Dauer von 3 min die nachstehend verzeichnete Zahl von Stromunterbrechungen aushalten, ohne daß sich ein dauernder Lichtbogen bildet:

Größe des Ausschalters bis 10 A, 25 A, 60 A u. darüber,  
Zahl der Stromunterbrechungen in 3 min 90 60 30 .

Die Schaltung bei der Prüfung ist

für einpolige Ausschalter nach Schaltplan Abb. 1,

für zweipolige Ausschalter nach Schaltplan Abb. 2,

für dreipolige Ausschalter nach Schaltplan Abb. 3 vorzunehmen.

Hierin bedeuten:

$W_1$  induktionsfreie Widerstände zur Verhinderung unmittelbarer Kurzschlüsse. Sie sollen den Kurzschlußstrom auf 550 A



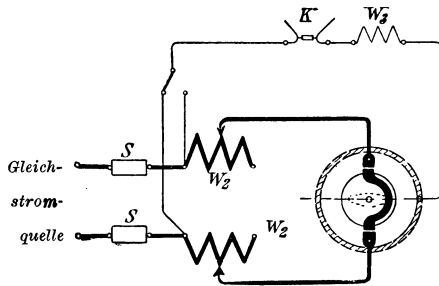


Abb. 1.

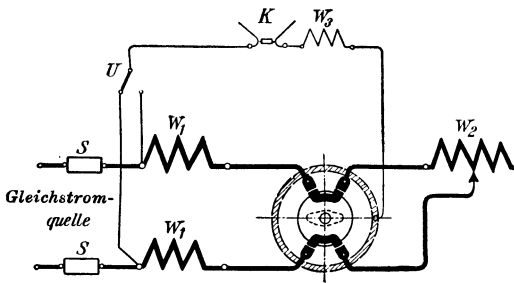


Abb. 2.

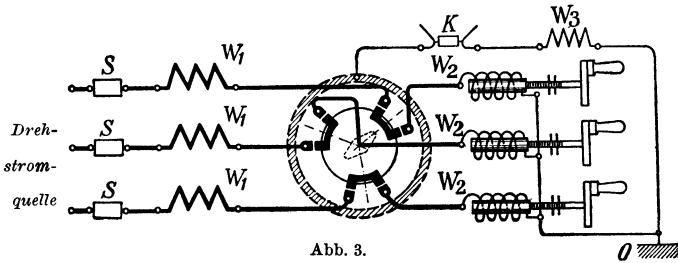


Abb. 3.

begrenzen; es muß daher jeder einzelne die in folgender Tafel angegebenen Widerstandswerte aufweisen:

Nennspannung in V	250	500	750
Prüfspannung in V	275	550	825
$W_1$ in $\Omega$			
bei zweipoligen Ausschaltern . . . . .	0,25	0,50	0,75
„ dreipoligen „ . . . . .	0,25	0,50	0,75

$W_2$  einstellbare Widerstände oder Drosselspulen zur Einstellung des vorgeschriebenen Prüfstromes. Die Widerstände sollen

*praktisch induktionsfrei sein. Bei der Drehstromprüfung mit Induktivbelastung sind diese Widerstände durch einzelne regelbare Drosselspulen  $D$  zu ersetzen. Die Drosselspulen müssen so ausreichend bemessen sein, daß der Leistungsfaktor in der angegebenen Prüfschaltung den Wert 0,1 nicht übersteigt.*

$W_3$  Widerstände zur Verhinderung eines unmittelbaren Kurzschlusses bei Überschlagnach den Befestigungsschrauben, dem auf der Rückseite freiliegenden Griffträger und dem Gehäuse, wenn dieses aus Metall besteht. Sie sollen die Stromstärke auf einige 100 A begrenzen und den Wert  $W_3 = 2 W_2$  haben, also bei 275 V 0,5  $\Omega$ , bei 550 V 1  $\Omega$  und bei 825 V 1,5  $\Omega$  betragen.

$K$  Kennsicherung, bestehend aus blankem Widerstandsdraht (Rheotan) von 0,1 mm Durchmesser und mindestens 30 mm Länge.

$S-8$  Sind Schutzsicherungen für die ganze Prüfordnung.

*b) Der Serienschalter (Schalter 5) muß bei 1,1-facher Nennspannung mit dem 1,25-fachen Nennstrom, der auf beide Ableitungen zu verteilen ist, induktionsfrei belastet im Gebrauchszustande und in der Gebrauchslage während der Dauer von 5 min die nachstehend verzeichneten Stellungswechsel aushalten, ohne daß sich ein dauernder Lichtbogen bildet.*

*Größe des Schalters bis 10 A. Zahl der Stellungswechsel in 5 min 300 (150 für Stromverteilung 1 und 150 für Stromverteilung 2).*

1, Stromverteilung. Nennstrom auf der einen Stromableitung, 25% Überlast auf der anderen Ableitung.

2, 0,625mal Nennstrom auf jeder der beiden Stromableitungen.

*Die Schaltung bei der Prüfung ist nach Schaltplan Abb. 4 vorzunehmen.*

*c) Gruppenschalter (Schalter 4),  
Wechselschalter (Schalter 6),  
Kreuzschalter (Schalter 7)*

*müssen bei 1,1-facher Nennspannung mit dem 1,25-fachen Nennstrom in jedem Stromkreis induktionsfrei belastet im Gebrauchszustande und in der Gebrauchslage während der Dauer von 5 min die nachstehend verzeichneten Stellungswechsel aushalten, ohne daß sich ein dauernder Lichtbogen bildet.*

*Größe des Schalters bis 10 A. Zahl der Stellungswechsel in beiden Stromkreisen in 5 min je 150.*

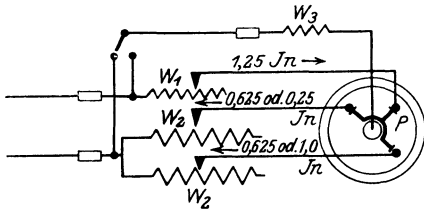
*Die Schaltung bei der Prüfung ist:*

*für Gruppenschalter (Schalter 4) nach Schaltplan Abb. 5,*

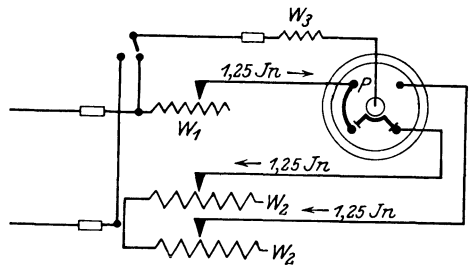
*für Wechselschalter (Schalter 6) nach Schaltplan Abb. 6,*

*für Kreuzschalter (Schalter 7) nach Schaltplan Abb. 7.*

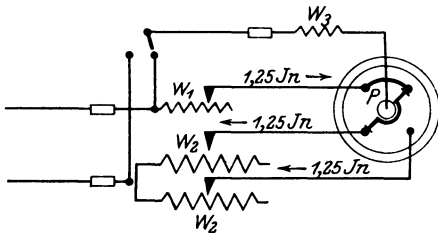
*d) Bei Schaltern mit Funkenwischern muß die Zahl der Stromunterbrechungen um 30% erhöht werden. Nach dieser Prüfung dürfen die Funkenwischer nicht nennenswert angegriffen sein.*



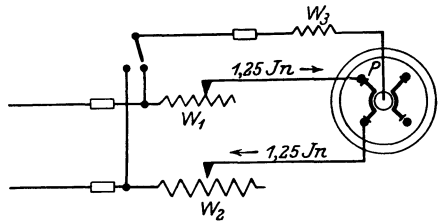
$W_1$  und  $W_3$  = Schutzwiderstände,  
 $W_2$  = Einstellbarer Prüf Widerstand.  
 Abb. 4. Schalter 5.



$W_1$  und  $W_3$  = Schutzwiderstände,  
 $W_2$  = Einstellbarer Prüf Widerstand.  
 Abb. 5. Schalter 4.



$W_1$  und  $W_3$  = Schutzwiderstände,  
 $W_2$  = Einstellbarer Prüf Widerstand.  
 Abb. 6. Schalter 6.



$W_1$  und  $W_3$  = Schutzwiderstände,  
 $W_2$  = Einstellbarer Prüf Widerstand.  
 Abb. 7. Schalter 7.

### § 14.

Zur Prüfung der mechanischen Haltbarkeit ist der Schalter, ohne Strom zu führen, absatzweise so zu schalten, daß 20 000 Stellungswechsel, etwa 700 bis 800 in der Stunde entstehen; Drehschalter für Rechts- und Linksdrehung sind mit je 10 000 Stellungswechseln für Rechts- und Linksdrehung zu prüfen.

Nach der mechanischen Prüfung des Schalters muß die Nennstromstärke bei Nennspannung 10 mal abgeschaltet werden können, ohne daß ein Lichtbogen stehen bleibt.

### F. Steckvorrichtungen.

Siehe auch Err.-Vorschr. §§ 13, 35, 36, 44.

### § 15.

a) Nennstrom und Nennspannung müssen auf Dose und Stecker verzeichnet sein.

1. Normale Nennstromstärken sind: 6, 10, 25, 60 A.
2. Normale Nennspannungen sind: 250, 500, 750 V.
3. Für zweipolige Steckvorrichtungen 6 A 250 V gelten die „Vorschriften, Regeln und Normen für ungeschützte zwei-

polige Steckdosen und Stecker 6 A 250 V“ (gültig ab 1. Juli 1928)<sup>3)</sup>.

Für zweipolige Steckvorrichtungen 10 A 250 V gelten die „Vorschriften, Regeln und Normen für ungeschützte zweipolige Steckdosen und Stecker 10 A 250 V“ (gültig ab 1. Juli 1928)<sup>4)</sup>.

### § 16.

a) Der Berührung zugängliche Teile der Dosen- und Steckerkörper müssen, wenn sie nicht für Erdung eingerichtet sind, aus Isolierstoff bestehen oder mit einer haltbaren Isolierschicht ausgekleidet sein (siehe auch § 3c).

b) Erdverbindungen der Stecker müssen hergestellt sein, bevor sich die Polkontakte berühren.

### § 17.

Eine unbeabsichtigte Berührung spannungsführender Metallteile der Dose wie des Steckers muß unmöglich sein.

### § 18.

Hülsen und Stifte dürfen in dem Körper nicht drehbar befestigt sein. Die Anschlußleitungen dürfen nicht mittels der Hülsen oder Stifte festgeschraubt werden.

### § 19.

a) Steckvorrichtungen müssen so gebaut sein, daß die Anschlußstellen beweglicher Leitungen von Zug entlastet sowie deren Umhüllung sicher gefaßt und gegen Verdrehen geschützt werden können.

b) Die Kontakthülsen in Steckdosen müssen eine Isolierabdeckung haben.

1. Zweipolige Stiftsteckvorrichtungen aus Isolierstoff für 250 V Nennspannung sollen die in Tafel I und in den Abb. 8 und 9 gegebenen Abmessungen haben.

Die Steckerstifte sollen an ihrem Ende halbkugelförmig verrundet und der Länge nach mit einem Schlitz versehen sein. Der Schlitz soll quer zur Verbindungslinie der Steckerstifte gerichtet sein (siehe Abb. 8 und 9).

2. Dreipolige Stiftsteckvorrichtungen aus Isolierstoff für 250 V Nennspannung sollen die in Tafel II und in Abb. 10 gegebenen Abmessungen haben.

Die Unverwechselbarkeit in Bezug auf Stromstärke wird durch unterschiedlichen Mittenabstand der Stifte und Buchsen (Maß  $a$  der Tafel II), die Unverwechselbarkeit der Polarität durch seitliche Ausrückung der mittelsten Stifte und Buchsenbohrungen (Maß  $o$  der Tafel II) erreicht.

---

<sup>3)</sup> S. S. 538.

<sup>4)</sup> S. S. 541.

Die Stecker sollen an ihren Enden halbkugelförmig ver-  
rundet und der Länge nach mit einem Schlitz versehen sein.  
Der Schlitz soll quer zur Verbindungslinie der Steckerstifte  
gerichtet sein (siehe Abb. 10).

Tafel I.

Stromstärke in A		verwechsel- bar	unver- wechselbar	
			6	25
		mm	mm	mm
<i>a</i>	Mittenabstand der Stifte und Buchsen . .	19	19	28
<i>b</i>	Länge der Stifte . . . . .	19	19	24
<i>c</i>	} Durchmesser der Stifte . . . . . {	4	4	6
<i>d</i>		4	5	7
<i>e</i>	} Größte Höhe . . . . . } des Bundes <sup>5)</sup> {	4	4	6
<i>f</i>		7	7	10
<i>g</i>	Größte Breite des Schlitzes . . . . .	0,8	0,8	1
<i>h</i>	Tiefe des Schlitzes . . . . .	14	14	17
<i>i</i>	Abstand der Mitte der Halterille von der Auflagefläche . . . . .	14,5	14,5	20
<i>k</i>	Kleinste Breite der Halterille (vor Ab- rundung der Kanten) . . . . .	1,5	1,5	2
<i>l</i>	Kleinste Tiefe der Halterille . . . . .	0,5	0,5	0,8
<i>m</i>	Kleinste Tiefe der Bohrung für die Stifte	15	15	18
<i>n</i>	} Durchmesser der Buchsenbohrungen . . {	4,05	4,05	6,05
<i>o</i>		4,05	5,05	7,05
<i>n<sub>1</sub></i>	} Durchmesser der Bohrungen in der {	4,55	4,55	6,55
<i>o<sub>1</sub></i>		4,55	5,55	7,55
<i>p</i>	Abstand der Stirnfläche der Isolierabdeckung von der Mitte der Haltefeder . . . . .	10,5	10,5	14
<i>q</i>	Größte Breite der Haltefeder . . . . .	0,8	0,8	1
<i>r</i>	Abstand der Stirnfläche der Isolierabdeckung von der Kontaktbuchse . . . . .	4	4	5
<i>s</i>	Durchmesser der Steckdosenlöcher . . . .	10	10	14
<i>t</i>	Lichte Tiefe der Steckdosenlöcher . . . .	4	4	6
<i>v</i>	} Kleinster } Durchmesser des Steckers . . {	36	36	47
		Größter } 37	37	49
<i>w</i>	} Kleinster } Durchmesser der ebenen Stirn- Größter } fläche der Steckdose . . . . {	38	38	50
		40	40	52
<i>x</i>	Kleinste Höhe des Randes der Steckdose .	3	3	5
<i>y</i>	Kleinste Stärke des Randes der Steckdose	5	5	6
<i>z</i>	Kleinster Durchmesser der Dose in der Ebene der Fläche der Isolierabdeckung .	56	56	82

<sup>5)</sup> Der Bund (*e, f*) ist nicht obligatorisch; die Länge der Stifte ist jedoch in jedem Falle *b*.

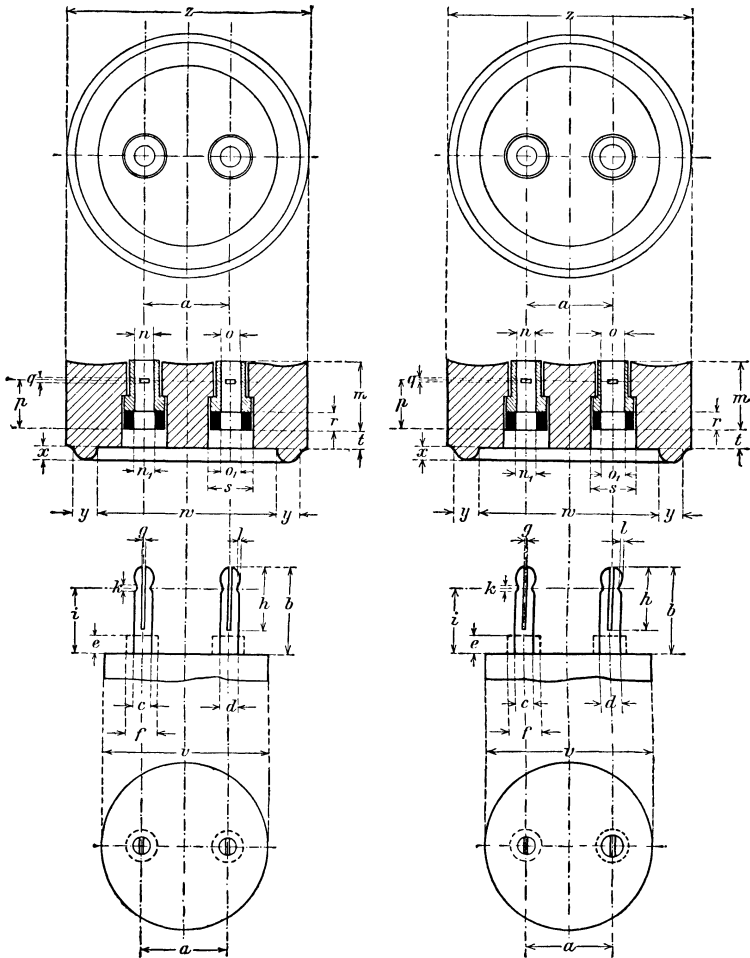


Abb. 8. Verwechselbare Ausführung.

Abb. 9. Unverwechselbare Ausführung.

§ 20.

Bei eingesetztem Stecker müssen die Steckvorrichtungen gegen die Befestigungsschrauben und gegen eine am Stecker angebrachte Stanniolumwicklung, bei ausgezogenem Stecker die Kontakte gegeneinander nach mindestens 12stündigem Liegen in feuchter Luft die folgende Spannung 1 min lang aushalten:

bei 250 V Nennspannung	1500 V	Wechselspannung.
„ 500 „	2000 „	„ „
„ 750 „	2500 „	„ „

§ 21.

Die Kontakteile der Steckvorrichtungen werden bei eingesetztem Stecker mit dem 1,25-fachen Nennstrom belastet. Der Spannungsabfall darf nicht größer als 50 mV sein. Er wird an der Eingangs- und Ausgangsklemme gemessen.

Sicherungen in Steckvorrichtungen werden während der Prüfung kurzgeschlossen.

Ist der Spannungsabfall größer als 50 mV, so ist nachstehende Prüfung vorzunehmen:

Tafel II.

Stromstärke in A		6	25
		mm	mm
a	Abstand der Mittellinie der Stifte und Buchsen . . . . .	15	21
b	Länge der Stifte . . . . .	19	24
c	Durchmesser der Stifte . . . . .	4	6
d	Kleinste } halbe Breite der ebenen Fläche der Dose . . . . .	13	18
		14	19
e	Größte Höhe . . . . .	4	6
f	Größter Durchmesser } des Bundes <sup>6)</sup> . . . . .	7	10
g	Größte Breite des Schlitzes . . . . .	0,8	1
h	Tiefe des Schlitzes . . . . .	14	17
i	Abstand der Mitte der Halterille von der Auflagefläche . . . . .	14,5	20
k	Kleinste Breite der Halterille (vor Abrundung der Kanten) . . . . .	1,5	2
l	Kleinste Tiefe der Halterille . . . . .	0,5	0,8
m	Kleinste Tiefe der Bohrung für die Stifte . . . . .	15	18
n	Durchmesser der Buchsenbohrung . . . . .	4,05	6,05
n <sub>1</sub>	Durchmesser der Bohrung in der Isolierabdeckung . . . . .	4,55	6,55
o	Breitenabstand der Stifte und Buchsen . . . . .	3	4
p	Abstand der Stirnfläche der Isolierabdeckung von der Mitte der Haltefeder . . . . .	10,5	14
q	Größte Breite der Haltefeder . . . . .	0,8	1
r	Abstand der Stirnfläche der Isolierabdeckung von der Kontaktbuchse . . . . .	4	5
s	Durchmesser der Steckdosenlöcher . . . . .	10	14
t	Lichte Tiefe der Steckdosenlöcher . . . . .	4	6
u	Kleinste } halbe Breite des Steckers . . . . .	11	16
		12	17
v	Kleinster } Halbmesser der Länge des Steckers	29	39
		30	40
w	Größter } Halbmesser der ebenen Länge der Steckdose . . . . .	31	41
		32	42
x	Kleinste Höhe des Randes der Steckdose . . . . .	3	5
y	Kleinste Stärke des Randes der Steckdose . . . . .	5	6

<sup>6)</sup> Der Bund (e, f) ist nicht obligatorisch; die Länge der Stifte ist jedoch in jedem Falle b.

Die Kontakteile der Steckvorrichtungen dürfen bei eingesetztem Stecker und bei einer Raumtemperatur von ungefähr  $20^{\circ}\text{C}$  nach einstündiger Belastung mit dem 1,25-fachen Nennstrom keine solche Temperatur annehmen, daß ein an irgendeiner Stelle vor dem Versuch angedrücktes Kügelchen reinen Bienenwachses von etwa 3 mm Durchmesser nach Beendigung des Versuches geschmolzen ist. Die Prüfung kann mit Gleich- oder Wechselstrom vorgenommen werden.

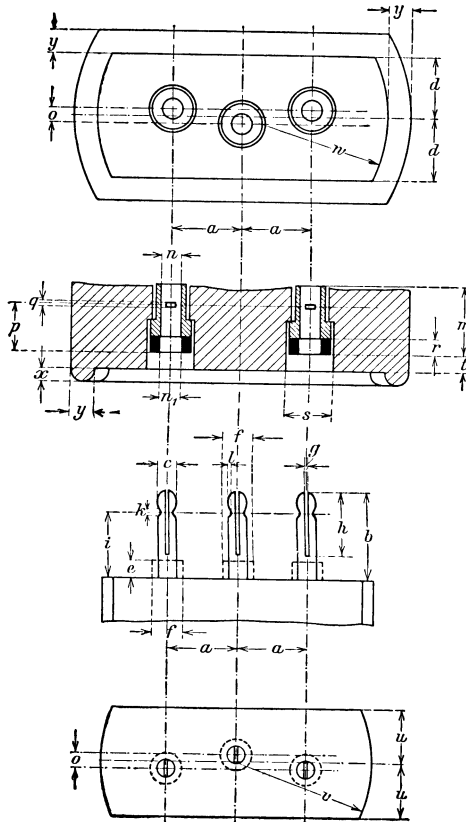


Abb. 10. Dreipolige Steckvorrichtung.

## § 22.

Die Steckvorrichtung muß bei 1,1-facher Nennspannung mit dem 1,25-fachen Nennstrom induktionsfrei belastet im Gebrauchszustande und in der Gebrauchslage 20mal nacheinander, jedoch mit Pausen von mindestens 10 s, ein- und ausgeschaltet werden können, ohne daß sich ein dauernder Lichtbogen bildet.

Die Schaltung der Prüfungsanordnung ist die gleiche wie bei der Prüfung von Dosenschaltern (§ 13).



*Nach dieser Prüfung dürfen die Abdeckungen der Hülsen nicht nennenswert angegriffen sein.*

### § 23.

*Zur Prüfung der mechanischen Haltbarkeit der Steckvorrichtung ist der Stecker ohne Strombelastung 1000 mal vollständig ein- und auszuführen.*

### G. Sicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz.

Siehe auch Err.-Vorschr. §§ 14, 20, 28, 35, 36, 43.

### § 24.

a) Nennstrom und Nennspannung müssen auf dem ortsfesten Teil des Sicherungssockels sichtbar und haltbar verzeichnet sein.

1. Normale Nennstromstärken sind: 25, 60, 100, 200 A.

2. Normale Nennspannungen sind: 500, 750 V.

3. Für Sicherungssockel 25 A 500 V mit quadratischem Grundriß und rückseitigem Anschluß für Schalt- und Verteilungstafeln gilt DIN VDE 9310.

Für Sicherungssockel 60 A 500 V mit quadratischem Grundriß und rückseitigem Anschluß für Schalt- und Verteilungstafeln gilt DIN VDE 9311.

4. Für Sicherungssockel 25 A 500 V mit vorderseitigem Anschluß gilt DIN VDE 9320.

Für Sicherungssockel 60 A 500 V mit vorderseitigem Anschluß gilt DIN VDE 9321.

### § 25.

a) Nennstrom und Nennspannung müssen auf dem Schmelzeinsatz haltbar verzeichnet sein.

1. Normale Nennstromstärken sind: 6, 10, 15, 20, 25, 35, 60, 80, 100, 125, 160, 200 A. Für höhere Stromstärken werden bestimmte Abstufungen nicht festgelegt.

2. Normale Nennspannungen sind: 500, 750 V. Die geringste Nennspannung beträgt 500 V mit Ausnahme der Schmelzeinsätze in Steckdosen, für die 250 V zulässig ist.

b) Nennstrom und Nennspannung bei D-Stöpseln müssen auf Patrone (Schmelzeinsatz) und Paßschraube haltbar verzeichnet sein.

1. Normale Nennstromstärken sind: 6, 10, 15, 20, 25 A.

2. Normale Nennspannung ist: 500 V.

### § 26.

a) Der Sicherungssockel muß aus solchem Werkstoff hergestellt sein, daß seine Brauchbarkeit durch die höchste Temperatur, die im Betriebe mit dem stärksten zulässigen

Schmelzeinsatz auftreten kann, auch auf die Dauer nicht beeinträchtigt wird.

b) Der Kragen der Paßschraube muß aus solchem Isolierstoff hergestellt sein, daß die Brauchbarkeit der Paßschraube durch die höchste Temperatur, die im Betriebe mit dem zugehörigen Schmelzeinsatz auftreten kann, nicht beeinträchtigt wird.

c) Der Gewinding und die Brille müssen aus einem Stück bestehen. Die Anschlußbolzen bei Schalttafelsicherungssockeln müssen gegen Lockerung gesichert, befestigt und die Fußkontaktschiene muß gegen Lageänderung gesichert sein.

d) Gewinde für die Unverwechselbarkeitseinsätze zu Schraubstöpselsicherungen bis 60 A nach DIN VDE 9301.

### § 27.

Der Schmelzraum muß abgeschlossen sein und darf ohne besondere Hilfsmittel und ohne Beschädigung nicht geöffnet werden können.

### § 28.

a) Die Sicherungen für Nennstromstärken bis einschließlich 60 A müssen so gebaut sein, daß die fahrlässige oder irrtümliche Verwendung von Einsätzen für zu hohe Stromstärken ausgeschlossen ist.

1. Für Sicherungen mit „Edison-Gewinde 27 für 500 V Nennspannung bis 25 A“, bei denen die Unverwechselbarkeit durch Höhenunterschiede erreicht wird, gilt DIN VDE 9350.

Zur Kontrolle der Stöpsel und Sicherungssockel (mit Ausnahme der Gewindeabmessungen) dient DIN VDE 9352. Gewindeabmessungen und Kontrollehren hierfür siehe § 46.

2. Für Sicherungen mit „Edison-Gewinde 33 für 500 V Nennspannung bis 60 A“, bei denen die Unverwechselbarkeit durch Höhenunterschiede erreicht wird, gilt DIN VDE 9351.

Zur Kontrolle der Stöpsel und Sicherungssockel (mit Ausnahme der Gewindeabmessungen) dient DIN VDE 9353. Gewindeabmessungen und Kontrollehren hierfür siehe § 46.

3. Für D-Stöpsel und Paßschrauben bis 25 A gilt DIN VDE 9360.

Zur Kontrolle der Stöpsel und Paßschrauben dient DIN VDE 9361, Blatt 1, 2 und 3.

4. Es empfiehlt sich, das erfolgte Abschmelzen kenntlich zu machen.

### § 29.

*Die spannungführenden Teile der Sicherungssockel müssen bei eingesetztem Schmelzeinsatz gegen die Befestigungsschrauben und gegen die der Berührung zugänglichen Metallteile am Sockel und Ein-*

satz, ferner ohne Einsatz zwischen den Kontakten nach mindestens 12 stündigem Liegen in feuchter Luft folgende Spannungen 1 min lang aushalten, ohne daß ein Durchschlag erfolgt:

bei 500 V Nennspannung 2000 V Wechselspannung,  
 „ 750 „ „ 2500 „ „ .

§ 30.

Für die Prüfung der Schmelzeinsätze bei Kurzschluß (Abb. 11) gelten folgende Vorschriften:

Als Stromquelle dient ein Akkumulator von mindestens 1000 A bei einstündiger Entladung und einer Klemmenspannung, die um 10% höher ist als die Nennspannung des zu prüfenden Schmelzeinsatzes, gemessen an der offenen Batterie.

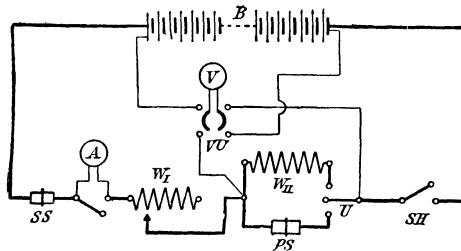


Abb. 11. Schaltplan für die Kurzschlußprüfung.

- B* Akkumulator,
- SS* Schutzsicherung,
- A* Strommesser,
- WI* induktionsfreier veränderlicher Widerstand,
- PS* der zu prüfende Schmelzeinsatz,
- WII* Meßwiderstand,
- U* Umschalthebel,
- SH* Schalthebel,
- V* Spannungsmesser
- VU* Spannungsmesser-Umschalter.

Zur Bestimmung der Widerstände des Stromkreises und der Batterie einschließlich des Widerstandes der Schutzsicherung dient der unveränderliche (Meß-)Widerstand *WII*; er beträgt 1 Ω.

An seinen Klemmen wird die bei Belastung auftretende Spannung gemessen; diese soll betragen:

400 V bei Prüfung von 500 V-Einsätzen bis 25 A,  
 500 „ „ „ „ 500 „ „ über 25 „,  
 600 „ „ „ „ 750 „ „ .

Zur Abgleichung des Stromkreises dient hierbei der regelbare Widerstand *WI*.

Die zum Schutz der Batterie erforderliche Schutzsicherung *SS* muß bei dieser Abgleichung eingeschaltet sein. Sie besteht aus

fünf frei ausgespannten parallelgeschalteten Kupferdrähten von je 1,5 mm Durchmesser und 50 cm Länge.

Zur Vornahme der Kurzschlußprüfung wird der zu prüfende Schmelzeinsatz an Stelle des Widerstandes  $W_{II}$  gesetzt. Er muß beim Schließen des Schalters  $S H$  ordnungsgemäß abschalten, ohne daß die Schutzsicherung abschmilzt oder der etwa verwendete Selbstschalter unterbricht.

### § 31.

Für die Prüfung auf richtige Abschmelzstromstärke gilt folgende Tafel:

Nennstrom $A$	Kleinster Prüfstrom	Größter Prüfstrom
6 bis 10	$1,5 \times \text{Nennstrom}$	$2,10 \times \text{Nennstrom}$
15 „ 25	$1,4 \times \text{Nennstrom}$	$1,75 \times \text{Nennstrom}$
35 „ 200	$1,3 \times \text{Nennstrom}$	$1,60 \times \text{Nennstrom}$

Den kleinsten Prüfstrom müssen die Sicherungen bis 60 A mindestens 1 h, die bis 200 A mindestens 2 h aushalten; mit dem größten Prüfstrom belastet, müssen sie innerhalb der gleichen Zeiten abschmelzen.

### § 32.

Geschlossene Sicherung-Schmelzeinsätze müssen auch bei jeder anderen Abschmelzbelastung ordnungsgemäß abschalten. Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn die Einsätze bei Belastung nach folgendem Verfahren sicher unterbrechen:

Die zu prüfenden Einsätze werden mit dem größten Prüfstrom 3 min lang belastet und hierdurch angewärmt. Alsdann wird plötzlich auf den für die Kurzschlußprüfung vorgesehenen Stromkreis umgeschaltet und der erste Einsatz bis zum Abschmelzen mit dem Zweieinhalbfachen, der zweite mit dem Dreifachen, der dritte mit dem Vierfachen des Nennstromes belastet.

Hierbei werden die Schmelzeinsätze, wie bei Kurzschlußprüfungen, an die Stelle des Widerstandes  $W_{II}$  gesetzt, während der Widerstand  $W_I$  zur Einstellung der verschiedenen Stromstärken dient.

### § 33.

[Fällt auf Beschluß der Jahresversammlung 1920 fort.]

## H. Fassungen und Lampensockel.

Siehe auch Err.-Vorschr. §§ 16, 18, 31, 33, 43.

### § 34.

a) Jede Fassung ist mit der Nennspannung zu bezeichnen.

1. Normale Nennspannungen sind: 250, 500, 750 V.

### § 35.

Bei Fassungen verwendete Isolierstoffe müssen wärme-, feuer- und feuchtigkeitsicher sein.

### § 36.

a) Bei Fassungen für Hochspannung müssen die äußeren Teile aus Isolierstoff bestehen und sämtliche spannungsführenden Teile zufälliger Berührung entziehen.

b) Für Fassungen, die zeitweilig wie Handleuchter benutzt werden, gelten die Bestimmungen über Handleuchter (§ 48).

c) Bei Fassungen für 250 V darf die kürzeste Kriechstrecke zwischen stromführenden Teilen verschiedener Polarität oder zwischen solchen und einer metallenen Umhüllung 3 mm nicht unterschreiten.

1. Der Gewindekorb soll aus Kupfer oder einer mindestens 80% Kupfer enthaltenden Legierung bestehen.

2. Die Anschlußkontakte sollen aus Kupfer, Messing oder anderen Kupferlegierungen bestehen.

3. Alle Anschluß- und Befestigungsschrauben sollen aus Kupferlegierungen (Messing usw.), die in Metall gehenden Nippelschrauben aus Stahl bestehen.

### § 37.

Für Fassungen mit Metallgehäuse gilt:

a) Der Fassungs mantel muß am Fassungs boden befestigt sein.

b) Werden zur Einhaltung des Abstandes zwischen Fassungs mantel und Gewindekorb Isolier ringe verwendet, so dürfen diese nicht ohne besondere Werkzeuge abnehmbar sein.

1. Die Leitungsanschlüsse sollen als Buchsenklemmen ausgeführt werden.

2. Der Fassungsstein soll kreisrund sein.

c) Die Anschlußklemme für den Null- oder Erdungsanschluß ist besonders kenntlich zu machen, z. B. durch „E“.

### § 38.

a) Die unter Spannung gegen Erde stehenden Teile der Lampen müssen der zufälligen Berührung entzogen sein. Dieser Schutz gegen zufälliges Berühren muß auch während des Einschraubens der Lampen wirksam sein<sup>\*)</sup>.

1. Für Lampensockel mit Edison-Gewinde gelten DIN VDE 9610, 9615, 9620, 9625.

2. Kontaktlehren für Sockel siehe DIN VDE 9611, 9616, 9621, 9626.

---

<sup>\*)</sup> Gültig ab 1.1.1926; bis zum 30.6.1926 dürfen noch Fassungen in den Handel gebracht werden, die § 38a nicht entsprechen.

## § 39.

a) Bei allen Fassungen für 250 V müssen die in Tafel V gegebenen Mindestmaße eingehalten sein.

b) Bei Fassungen mit Metallgehäuse müssen außerdem die in Tafel VI gegebenen Mindestmaße eingehalten sein.

Tafel V.

Gewinde	Edisongewinde					
	14	27	40			
Wandstärke des Gewindekorbes . . . . .	mm 0,28	mm 0,28	mm 0,5			
Bei Verwendung von Kopfschrauben für den Leitungsanschluß:						
Gewindelänge im Anschlußkon- takt . . . . .	} der Kopf- schraube	} der Kopf- schraube	} der Kopf- schraube			
Gewindedurchmesser . . . . .				1,5	1,5	2,5
Kopfdurchmesser . . . . .				2,4	2,8	4,8
Kopfhöhe . . . . .				5	6	9
Kopfhöhe . . . . .	2	2,5	5			
Bei Verwendung von Buchsen- klemmen:						
Durchmesser der Buchsenbohrung . . . . .	2,5	3	4			
Länge des Gewindes für die Anschluß- schraube . . . . .	2	2,5	4			
Durchmesser der Anschlußschraube . . . . .	2,4	2,8	4			

Tafel VI.

Gewinde	Edisongewinde		
	14	27	40
Wandstärke des Mantels . . . . .	mm 0,28	mm 0,28	mm 1
Wandstärke des Fassungsbodens <sup>8)</sup> . . . . .	0,28	0,28	1
Lichte Pfeilhöhe der Wölbung des Fassungs- bodens . . . . .	5	7	12
Wandstärke des Nippels . . . . .	2,5	2,5	4
Lichte Weite des Nippels . . . . .	7	10	13
Länge des Nippelgewindes . . . . .	7	7	10
Durchmesser der Nippelschraube . . . . .	3,5	3,5	4,5
Länge der Gewindeüberdeckung zwischen Fassungsmantel und -boden . . . . .	5	7	10

1. Bei Fassungen und Lampensockeln (mit Edisongewinde 27) für das Pauschalsystem sollen die Unverwechselbarkeitsorgane die in den Abb. 12 und 13 und Tafel VII gegebenen Abmessungen haben.

## § 40.

Schalter in Fassungen müssen Momentschalter sein.

<sup>8)</sup> Für Fassungen mit Edisongewinde 40 bezieht sich die Wandstärke von 1 mm nur auf geschnittenes Gewinde. Bei gedrücktem Gewinde müssen die Wandstärken mindestens 0,5 mm betragen, doch muß der Mantel gegen Zerdrücken widerstandsfähig sein.

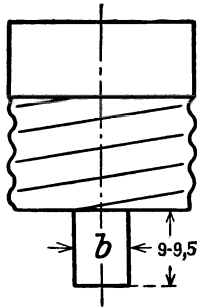


Abb. 12. Lampenfuß für Pauschfassung.

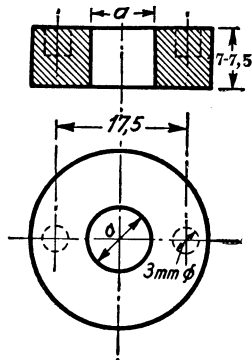


Abb 13. Unverwechselbarkeitsring zum Einsetzen in Fassungen mit Edisongewinde 27.

Tafel VII. Unverwechselbarkeitsmaße (mm).

Nr.	a	b
	Lochdurchmesser	Zapfendurchmesser
4	4— 4,5	3— 3,5
6	6— 6,5	5— 5,5
8	8— 8,5	7— 7,5
10	10—10,5	9— 9,5
12	12—12,5	11—11,5
14	14—14,5	13—13,5
0	Schutzring ohne Loch	

§ 41.

Schaltfassungen müssen im Inneren so gebaut sein, daß eine Berührung zwischen den beweglichen Teilen des Schalters und den Zuleitungsdrähten ausgeschlossen ist. Handhaben zur Bedienung der Schaltfassungen dürfen nicht aus Metall bestehen. Die Schaltachse muß von den spannungsführenden Teilen und von dem Metallgehäuse isoliert sein.

Der Schalter muß an dem Zuleitungstück zum Mittelkontakt (Fußkontakt) liegen.

§ 42.

Schaltfassungen mit Edisongewinde 27 sind für Spannungen über 250 V sowie Schaltfassungen mit Edisongewinde 14 und 40 für alle Spannungen unzulässig.

§ 43.

*Fassungen müssen in eingeschalteter Stellung nach mindestens 12 stündigem Liegen in feuchter Luft folgende Spannung 1 min lang aushalten, ohne daß ein Überschlag erfolgt:*

bei 250 V Nennspannung	1500 V Wechselfpannung,
„ 500 „ „	2000 „ „
„ 750 „ „	2500 „ „

und zwar

*zwischen den einzelnen Kontakten,  
zwischen jedem spannungführenden Kontakt und dem Mantel,  
zwischen jedem spannungführenden Kontakt und einer Stanniolumhüllung am Schaltorgan,  
zwischen den Kontakten des Schaltorganes in ausgeschalteter Stellung.*

#### § 44.

*Die Schaltfassung muß bei 1,1-facher Nennspannung mit 2 A induktionsfrei belastet, im Gebrauchszustande während einer Dauer von 3 min 90 mal ein- und ausgeschaltet werden können, ohne daß sich ein dauernder Lichtbogen bildet.*

#### § 45.

*Zur Prüfung der mechanischen Haltbarkeit ist der Schalter der Schaltfassung in stromlosem Zustande so zu schalten, daß 10 000 Stellungwechsel, etwa 700 bis 800 in der Stunde, entstehen; Schalter für Rechts- und Linksdrehung sind mit je 5000 Stellungswechseln für Rechts- und Linksdrehung zu prüfen.*

### J. Edison-Gewinde.

#### § 46.

1. Für Edisongewinde gilt DIN VDE 400.  
Lehren nach DIN VDE 401.

### K. Nippel.

#### § 47.

1. Für das Nippelgewinde gilt DIN VDE 420.  
Fassungsnippel sollen die in Tafel VI gegebenen Abmessungen haben.  
Bei Nippeln und Nippelmuttern sollen die Kanten stark verrundet sein.
2. Als Anschlußgewinde für Reduziernippel kann außer obigen Gewinden das Rohrgewinde nach DIN 260 genommen werden.

### L. Handleuchter.

Siehe auch Err.-Vorschr. §§ 18, 28, 33.

#### § 48.

a) Körper und Griff der Handleuchter müssen aus wärme- und feuchtigkeitsicherem Isolierstoff bestehen. Die spannungführenden Teile müssen durch ausreichend widerstandsfähige Schutzmittel der zufälligen Berührung entzogen sein.



Bei Handleuchtern für Hochspannung dürfen Kriechstrecken von 6 mm nicht unterschritten werden.

b) Die Anschlußstellen der Leitungen müssen von Zug entlastet sowie deren Umhüllung sicher gefaßt und gegen Verdrehung gesichert werden können.

c) Gewöhnliche Schaltfassungen in Handleuchtern sind verboten.

Schalter in Handleuchtern sind nur bis 250 V zulässig. Sie müssen den Vorschriften für Dosenschalter entsprechen und so im Körper oder im Griff eingebaut sein, daß sie mechanischen Beschädigungen bei Gebrauch der Handleuchter nicht unmittelbar ausgesetzt sind.

Metallteile der Betätigungsvorrichtung des Schalters müssen auch beim Bruch des Schaltergriffes der zufälligen Berührung entzogen bleiben.

d) Die Einföhrungstellen für die Leitungen müssen derart ausgebildet sein, daß eine Beschädigung der biegsamen Leitungen auch bei rauher Behandlung nicht zu befürchten ist.

e) Ist die Lampe mit einem Schutzkorbe, Aufhängehaken, Tragbügel oder dgl. aus Metall versehen, so müssen diese auf dem isolierenden Körper befestigt sein. Der Schutzkorb muß so am Körper befestigt sein, daß er sich nicht selbsttätig lösen kann.

f) *Handleuchter müssen in eingeschalteter Stellung nach mindestens 12stündigem Liegen in feuchter Luft folgende Spannung 1 min lang aushalten, ohne daß ein Überschlag erfolgt:*

<i>bei 250 V Nennspannung 1500 V Wechselspannung.</i>			
„ 500 „	„	2000 „	„
„ 750 „	„	2500 „	„
„ 1000 „	„	3000 „	„

*und zwar:*

- zwischen den einzelnen Kontaktstücken der Fassung,*
- zwischen jedem spannungführenden Kontakt und dem Mantel,*
- zwischen jedem spannungführenden Kontaktstück und einer Stanniolumhüllung am Griff,*
- zwischen den Kontakten des Schalters in ausgeschalteter Stellung.*

### **M. Papierrohre (Isolierrohre) mit Metallmantel und Metallrohre für Verschraubung.**

Siehe auch Err.-Vorschr. §§ 26, 31.

#### **§ 49.**

1. Rohre sollen die in den Tafeln VIII und IX gegebenen Abmessungen haben.

Die Messung des äußeren Rohrdurchmessers (b) bei Papier-

rohren mit gefalztem Metallmantel soll nicht über dem Falz erfolgen; der Falz soll außen liegen und darf in das Papierrohr nicht eingedrückt sein.

Zur Kontrolle der Gewinde dienen die Lehren nach Abb. 14 und Tafel X.

2. Rohre für Verschraubung nach Art der Stahlpanzerrohre jedoch ohne Auskleidung sollen in ihren Abmessungen mindestens der Tafel IX entsprechen.

Tafel VIII. Abmessungen der Papierrohre (Isolierrohre) mit gefalztem Metallmantel in mm.

a	Innerer Rohrdurchmesser . . . . .	7	9	11	13,5	16	23	29	36	48
b	Äußerer Rohrdurchmesser . . . . .	11	13	15,8	18,7	21,2	28,5	34,5	42,5	54,5
c	Blechbreite . . . . .	40	47	56,5	65	74	97	118	143	183
d	Blechstärke des Messingmantels . . . . .	0,13	0,15	0,15	0,15	0,18	0,18	0,20	0,24	0,24
e	Blechstärke d. Eisenmantels (galvan. vermessingt oder lackiert) . . . . .	0,15	0,15	0,15	0,15	0,18	0,20	0,24	0,24	0,24
f	Blechstärke des verleiten Eisenmantels . . . . .	0,20	0,20	0,20	0,20	0,23	0,25	0,29	0,29	0,29
g	Lichte Weite der Muffen . . . . .	11,3	13,3	16,1	19	21,5	29	35	43	55

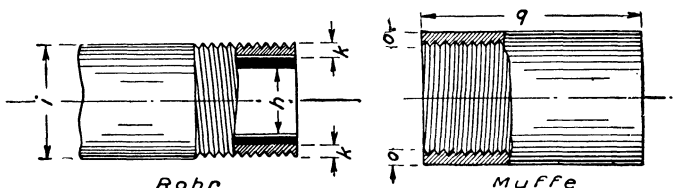


Abb. 14.

Normalmaße sind:  $b, g, l, m, n, r, st, t$ .

Höchstmaß ist:  $p$ .

Mindestmaße sind:  $a, c, d, e, f, h, k, o, q$ .

Maße  $a$  bis  $l$  und  $e$  bis  $T$  sind Millimeter.

3. Rohrröhnlche Winkel-, T-, Kreuzstücke u. dgl. sollen als Teile des Rohrsystemes in gleicher Weise ausgekleidet sein wie die Rohre selbst. Scharfe Kanten im Inneren sind auf alle Fälle zu vermeiden.

### N. Verteilungstafeln.

Siehe auch Err.-Vorschr. §§ 9, 14, 37, 38.

### § 50.

1. Unter Verteilungstafeln ist der Zusammenbau von Sicherungen, Schaltern, Meßgeräten usw. auf besonderer, gemeinsamer Unterlage verstanden.

Additional material from *Vorschriftenbuch des Verbandes  
Deutscher Elektrotechniker*,  
978-3-642-52573-5 (978-3-642-52573-5\_OSFO3),  
is available at <http://extras.springer.com>



Tafel X. Abmessungen der Lehren für das Gewinde der Panzerrohre und Muffen (Abb. 16).

Benennung	7		9		11		13,5		16		21		29		36		42																			
	A	L	A	L	A	L	A	L	A	L	A	L	A	L	A	L	A	L																		
Schraube	32,5	12,5	—	32,5	12,5	—	40	15	—	48	16	—	55	18	—	65	20	—	65	20																
	32,5	12,5	—	32,5	12,5	—	40	15	—	48	16	—	55	18	—	65	20	—	65	20																
Mutter	11	17	80	8	11	17	80	8	15	20	85	8	20	22	95	8	20	22	95	8	20	22	95	8	25	27	110	8	30	32	115	8	30	30	115	8
	11	17	80	8	11	17	80	8	15	20	85	8	20	22	95	8	20	22	95	8	20	22	95	8	25	27	110	8	30	32	115	8	30	30	115	8

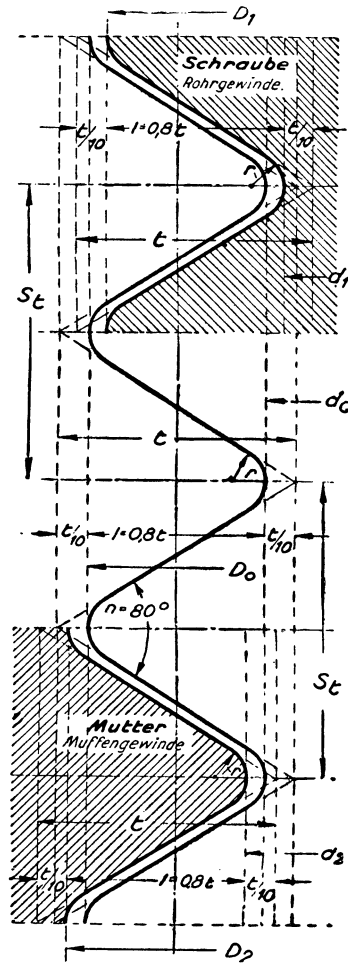


Abb. 15. Gewindeform.

2. Unterlagen können aus Metall oder Isolierstoff bestehen. Solche aus Isolierstoff sollen feuer-, wärme- und feuchtigkeits-sicher sein.

3. Die einzelnen Apparate sollen für sich befestigt sein.

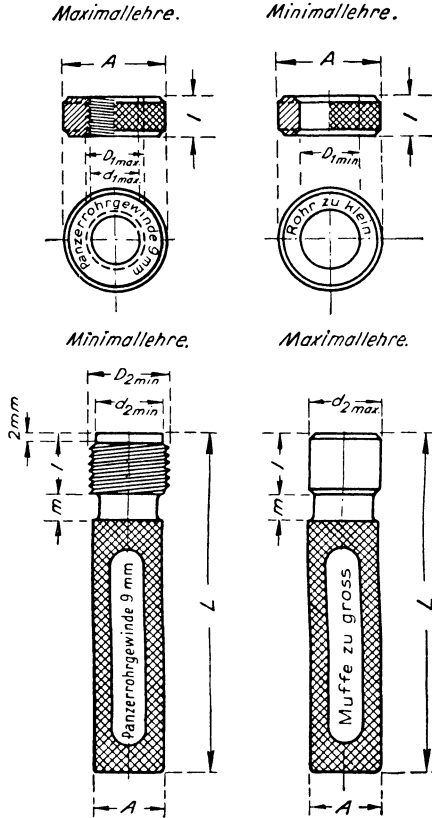


Abb. 16. Prüflehren für Panzerrohrgewinde.

4. Sammelschienen, denen mehr als 60 A zugeführt werden, sollen nicht aus aneinandergereihten Stücken bestehen.

5. Verteilungstafeln sollen durch eine Umrahmung oder ähnliche Mittel so geschützt sein, daß Fremdkörper nicht an die Rückseite der Tafel gelangen können.

## 42. Vorschriften, Regeln und Normen für plombierbare Hauptleitung-Abzweigkasten 500 V.

Gültig ab 1. Juli 1928<sup>1)</sup>.

### Vorbemerkung.

Für plombierbare Hauptleitung-Abzweigkasten gelten die Abschnitte A, B, C und D der „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial“.

### § 1.

#### Begriffserklärung.

Plombierbare Hauptleitung-Abzweigkasten sind zum unmittelbaren Einbau in ungeschnittene Hauptleitungen bestimmt; sie dienen vornehmlich zum Anschluß von Stockwerk-Abzweigungen. Sie sind, da sie meistens vor dem Zähler eingebaut werden, gegen unbefugten Eingriff und ebenso gegen Kurzschluß durch sichere Abdeckungen u. dgl. besonders geschützt und von kräftiger Bauart.

### § 2.

#### Bezeichnung.

Sie führen die Bezeichnung HKp.

1. Unterschieden werden sie wie folgt:

- a) Für Verlegung auf der Wand mit Zuführungen für Rohre oder Rohrdraht,
- b) für Verlegung in der Wand mit Zuführung nur für Rohre.

2. Nennbezeichnungen sind:

4—6;	10—16;	25—35;	50—70 mm <sup>2</sup>
für 25	60	100	160 A

In Aussicht genommen ist, eine Type von 4—16 mm<sup>2</sup> einzufügen.

3. Normale Nennspannung: 500 V.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1924. Veröffentlicht: ETZ 1924, S. 783 und 1068.

## § 3.

Die plombierbaren Hauptleitung-Abzweigkasten müssen entsprechend den Errichtungsvorschriften und den DIN VDE-Normen so beschaffen sein, daß sie betriebsmäßigen und mechanischen Anforderungen standhalten.

Gewinde müssen nach DI-Normen ausgeführt sein.

1. Für die Typen ist DIN VDE 9100 maßgebend.
2. Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben u. dgl. sollen nach den DI-Normen bzw. den DIN VDE-Normen ausgeführt werden.

## I. Gehäuse.

## § 4.

- a) Das Gehäuse muß aus Ober- und Unterteil bestehen.
  1. Für beide Teile ist Isolierstoff und Metall zulässig.
 

Isolierstoff erscheint aus Sicherheitsgründen zweckmäßiger.
- b) Bei Verwendung von Metalldeckeln oder -kappen müssen besondere Mittel vorgesehen werden, die es sicher verhindern, daß unter Spannung stehende Teile Deckel und Kappe berühren oder, daß beim Aufsetzen oder Abnehmen dieser Teile Kurzschlußgefahr entsteht; anderenfalls ist isolierende Innenverkleidung vorzusehen.

## § 5.

Gehäuse aus Isolierstoff müssen besonders schlag- und stoßfest sein. Spröde Baustoffe sind daher unzulässig.

## § 6.

Isoliersockel als Klemmenträger müssen auf dem Gehäuseunterteil befestigt sein.

Die Befestigung des Deckels oder der Kappe hat durch plombierbare Vorrichtungen, wie Schrauben, Riegel oder dgl., zu erfolgen; biegsame Splinte oder ähnliches ist unzulässig.

1. Das Unterteil kann zugleich als Klemmenträger ausgebildet sein; hierfür ist keramischer Baustoff zulässig, wenn er gegen Schlag und Stoß durch das Oberteil geschützt ist.

## § 7.

Die zur Befestigung des Unterteiles an der Wand dienenden Schrauben dürfen erst nach Abnahme des Deckels oder der Verkleidung zugänglich sein. Diese Schrauben sind an ausreichend starken Stellen des Unterteiles anzuordnen und ausreichend kräftig zu halten.

1. Bei Kasten zur Verlegung in der Wand ist das Gehäuse mit unlaufenden Seitenwänden und flachem Deckel auszugestalten. Dieser ist, um Beschädigung des Mauerputzes beim Abnehmen zu vermeiden, in einem Auflageband des Kastens einliegend auszubilden.

#### § 8.

- a) Die Einführungsöffnungen sind insbesondere bei Dosen über Putz so zu bemessen, daß die Enden der Rohre oder Rohrdrahtmäntel sicher überdeckt werden.
- b) Durch geeignete Vorkehrungen — z. B. Anschläge — muß bei Überputzdosen das Verschieben der Rohre oder Rohrdrähte gegen die Kontaktteile der Klemmen usw. zuverlässig verhindert werden.
- c) Nicht benutzte Öffnungen für Rohre oder Rohrdrähte müssen durch Einlagen — Pfropfen oder dgl. — verschließbar sein, wobei diese erst nach Entfernen des Deckels zu beseitigen sein dürfen.

1. Die Wände der Kappen können so ausgebildet sein, daß die Herstellung notwendiger Aussparungen zur Einführung von Rohren oder Rohrdraht auch nachträglich möglich ist. Hierzu sind verschwächte Stellen der Wandung zulässig, falls sie nicht so schwach bemessen sind, daß sie an bereits verlegtem Kasten durch Ausbrechen entfernt werden können.

#### § 9.

- a) Ober- und Unterteil der Gehäuse sind, falls sie aus Metall bestehen, mit Erdungseinrichtungen zu versehen.

### II. Klemmen.

#### § 10.

- a) Die Klemmen sind so zu bemessen, daß sie Haupt- und Abzweigleitungen von gleichem Querschnitt anzuschließen gestatten, wenn für die Abzweigleitungen keine Sicherungen im unmittelbaren Zusammenhang mit den Kasten vorgesehen sind.

#### § 11.

- a) Für den Anschluß der Leitungen müssen ausschließlich Schraubklemmen verwendet werden, die so gestaltet und bemessen sind, daß bei Belastung mit dem Nennstrom zwischen Haupt- und Abzweigleitung nicht mehr als 5 mV Spannungsverlust auftritt.



## § 12.

- a) Die stromführenden Teile (Klemmverbindungstücke) müssen aus Messing bestehen, für die Befestigungs-, Verbindungs- und Klemmschrauben ist auch Eisen zulässig; diese, sowie die Klemmkörper und Verbindungstücke müssen jedoch mit dauerhaftem Überzug versehen sein, um ein Oxydieren zu verhindern. Eisenschrauben und Muttern für Klemmenverbindungen sind zu vernickeln.
- b) Messing ist für die Klemmschraube der Mutter zu bevorzugen.

## § 13.

- a) Klemmen, auch isolierte, können entweder in dem Klemmenträger (Isoliersockel) festhaftend angebracht oder auch lose und herausnehmbar sein.
- b) Lose und herausnehmbare Klemmen müssen, gegen Lageveränderung geschützt, in Aussparungen des Sockels eingebettet sein.

## § 14.

- a) Die Klemmen müssen so gebaut sein, daß sie es ermöglichen, an ungeschnittene bereits verlegte Steigeleitungen anzuklemmen und, daß die Abzweigleitungen von vorn angelegt und angeschlossen werden können.
- b) Unzulässig sind Klemmen mit rückseitigem Anschluß.
  - 1. Bei Kasten zur Verlegung unter Putz gilt es als vorteilhaft, den Klemmenträger an dem Boden lösbar zu befestigen, um ihn erst nach erfolgtem Einmauern des Kastens und womöglich nach Einziehen der Leitungen anbringen zu können.

## § 15.

- a) Zwischen den einzelnen Klemmen verschiedener Polarität sind Schutzwände oder dgl. aus Isolierstoff anzubringen, um eine unbeabsichtigte Berührung benachbarter Klemmen oder von einer Klemme und von Metallgehäuseteilen durch metallene Fremdkörper zu verhindern.
  - 1. Diese Schutzwände können zugleich dazu dienen, einen Kurzschluß beim Aufsetzen des metallenen Deckels oder der Kappe unmöglich zu machen.
- b) Kriechstrecken dürfen 10 mm nicht unterschreiten, dgl. der Luftabstand der unter Spannung stehenden Metallteile gegen Kastenwand, metallene Mäntel u. dgl.

## § 16.

- a) Die Kasten sind so einzurichten, daß bei notwendigen Kreuzungen der Leitungen mit blanken Metallteilen eine unmittelbare Berührung ausgeschlossen ist.
1. Die Klemmen für die Abzweigleitung sind derart einzurichten, daß das Abschalten abzweigender Leitungen zu ermöglichen ist. Hierzu sind Trennvorrichtungen zu verwenden oder der Kasten ist so zu gestalten, daß Abtrennen der Abzweigleitung durch Herausnehmen der Leitungsenden ausführbar ist.
- b) Innerhalb des Kastens soll so viel Raum vorhanden sein, daß die abgetrennten Leitungsenden abseits von den Klemmen so sicher gelagert werden können, daß eine zufällige Berührung mit diesen oder mit benachbarten Schrauben und Metallteilen sowie mit dem metallenen Gehäuse nicht möglich ist.

## III. Rohrstützen und Einführungsöffnungen.

## § 17.

- a) Rohrstützen aus Metall oder Isolierstoff sind vorzusehen, da der Leitungsanschluß besonders bei Verlegung mehrerer Leitungen in einem Rohr sowie bei Leitungskreuzungen vor den Anschlußklemmen lange Leitungsenden, insbesondere für stärkere Leitungen erfordert.
- b) Sicherungen können als Zusatzkasten ausgebildet werden, wenn sie plombierbar und so eingerichtet sind, daß sowohl die Abzweigklemmen als auch die Sicherungen dem Eingriff Unbefugter entzogen sind.
1. Für die Abmessungen ist DIN VDE 9100 maßgebend.
  2. Bei Kasten für größere Querschnitte werden Rohrstützen zweckmäßig besonders ansetzbar gemacht.
  3. Rohrstützen können mit dem Klemmenunterteil, dem Gehäuse oder der Kappe aus einem Stück bestehen.
  4. Rohrstützen sind bei genügender Kastengröße, z. B. bei reichlich bemessenen Gehäusen zum Einbauen in die Wand, entbehrlich.
  5. Rohr- und Rohrdrahteinführungsöffnungen sollen sowohl bei Gehäusen als auch bei Rohrstützen nach DIN VDE 9100 ausgeführt werden.

## IV. Kasten mit Sicherungen.

## § 18.

- a) Schmelzkasten müssen gegen unbefugtes Herausnehmen plombierbar sein.

Über Anschlüsse siehe § 14 e der Errichtungsvorschriften.

1. Die Kasten sollen mit Schraubstöpsel-Sicherungen versehen sein.
2. Die Sicherungen sind unmittelbar mit den Klemmensockeln zu vereinigen, können aber auch auf gemeinsamem Sockel oder gemeinsamer Unterlage und tunlichst mit gemeinsamer Abdeckung neben dem Klemmensockel angeordnet sein.
3. Abzweigmöglichkeiten der Sicherungen können nach den Normen für Sicherungen, also schwächer als die Hauptleitungsklemmen bemessen sein.
4. Es gibt folgende normale Kasten mit Sicherungen:

4—6;	10—16;	25—35;	50—70 mm <sup>2</sup>	
für 35	60	100	200 A	Nennstromstärke für den Sicherungssockel

In Aussicht genommen ist, eine Type von 4—16 mm<sup>2</sup> einzufügen.

## V. Mindestanforderung an Isolierstoffteile.

## § 19.

1. Oberteil:  
bruchsicher nicht spröde, gut feuchtigkeitsicher, gut wärmesicher (80°), gut feuersicher.
2. Unterteil als Träger des Klemmsockels:  
wie unter 1.
3. Unterteil als Klemmenträger:  
wie unter 1, jedoch sehr gut feuchtigkeitsicher und sehr gut wärmesicher (150°).
4. Klemmensockel:  
wie unter 3.
5. Auskleidungen von Metallgehäusen und Deckeln:  
mäßig wärmesicher (50°), mäßig feuchtigkeitsicher.
6. Trennwände zwischen Polen:  
wie unter 2.
7. Schutzwände, die nicht mit spannungsführenden Teilen in Berührung stehen:  
wie unter 5.

## VI. Schild.

## § 20.

- a) Hauptleitungsklemmenkasten müssen Ursprungszeichen besitzen, ferner Angaben enthalten über Nennstromstärke, Nennspannung (500 V), Nennquerschnitt und — falls erteilt — VDE-Prüfzeichen.
- b) Die Angaben sind stets auf dem Klemmensockel und auf der Vorderseite der Abdeckung anzubringen.
- c) Einlegbare Klemmen müssen Angaben über Nennstromstärke und Nennquerschnitt enthalten.
- d) Das erteilte VDE-Prüfzeichen muß stets auf dem Klemmenträger und auf einlegbaren Klemmen vorgesehen sein.

### **43. Vorschriften, Regeln und Normen für einpolige Drehschalter 6 A, 250 V.**

Gültig ab 1. Juli 1928<sup>1)</sup>.

#### Vorbemerkung.

Nachstehende Konstruktionsvorschriften und Regeln enthalten Angaben über den Bau der Drehschalter in Bezug auf vorteilhafte Anschluß- und Betriebsicherheit und verfolgen das Ziel, die Schalter auch als Schaltereinsätze unabhängig von ihrer Herkunft gegenseitig austauschbar zu machen und unbrauchbar gewordene durch neue an Ort und Stelle ersetzen zu können.

Es gelten die Abschnitte A, B, C und D der „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial“.

#### § 1.

- a) Die Vorschriften gelten für einpolige Ausschalter für 4 und 6 A, 250 V und für einpolige Umschalter für 2 und 4 A, 250 V.

1. Normale Nennspannung ist 250 V.

#### § 2.

- a) Die Schalter müssen entsprechend den Errichtungsvorschriften sowie den DIN VDE-Normen so beschaffen sein, daß sie den betriebsmäßigen und mechanischen Anforderungen standhalten.

Gewinde müssen nach DI-Normen ausgeführt sein.

1. Für die Abmessungen ist DIN VDE 9200 maßgebend.
2. Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben u. dgl. sollen nach den DI-Normen bzw. den DIN VDE-Normen ausgeführt werden.

#### § 3.

- a) Nennstrom und Nennspannung sowie Ursprungszeichen und erteiltes VDE-Prüfzeichen müssen auf dem ortsfesten Teil des Schalters angebracht sein.

Die Bezeichnung muß so angebracht sein, daß sie nicht ohne weiteres entfernt werden kann.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1924. Veröffentlicht: ETZ 1924, S. 782 und 1068.

## § 4.

- a) Alle Teile müssen so befestigt sein, daß Lockerungen und Lageveränderungen im Gebrauch nicht eintreten können. Alle Metallteile des Mechanismus müssen gegen die spannungführenden Teile isoliert sein.

Spannungführende Teile auf der Wandseite des Sockels sind, falls ihr Abstand von der Wand nicht mindestens 10 mm beträgt, durch eine feuchtigkeit- und wärmesichere Vergußmasse zu schützen (Prüfvorschriften sind in Vorbereitung, siehe ETZ 1924, S. 1389).

## § 5.

- a) Die Kontakte müssen Schleifkontakte sein.
1. Die Schalter sollen Momentschalter sein. Bei Drehstromschaltern wird statt der Momentschaltung gesicherte Schaltstellung für ausreichend erachtet.

## § 6.

- a) Für den Anschluß der Leitungen müssen Schraubklemmen verwendet werden, und zwar solche, bei denen die Leitungsenden ohne besondere Zurichtung eingeführt werden und nicht ausweichen können.

Der Raum für das Unterbringen der Leitungen muß reichlich bemessen sein.

1. Die Sockel sollen so gestaltet und die sämtlichen Metallteile derart angeordnet werden, daß Leitungsenden bis 2,5 mm<sup>2</sup> Querschnitt — nach dem Befestigen der Sockel auf ihrer Unterlage — angelegt und vorderseitig festgeschraubt werden können.
2. Der Schalter soll so ausgebildet sein, daß die Leitungen rechtwinklig zur Verbindungslinie der Befestigungslöcher eingeführt werden können.

## § 7.

- a) Bei Drehschaltern muß der Griff so befestigt sein, daß er sich beim Rückwärtsdrehen nicht ohne weiteres abschrauben läßt.

1. Der Griff soll in der Ausschaltstellung in der Verbindungslinie der Befestigungslöcher stehen.

---

Für die Prüfung von einpoligen Drehschaltern gelten die §§ 11 bis 14 der „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial“.

## **44. Vorschriften, Regeln und Normen für ungeschützte zweipolige Steckdosen und Stecker**

### **6 A, 250 V.**

Gültig ab 1. Juli 1928<sup>1)</sup>

#### Vorbemerkung.

Nachstehende Konstruktionsvorschriften und Regeln enthalten Angaben über den Bau von Steckdosen und Steckern in Bezug auf vorteilhaften Anschluß und Betriebsicherheit und verfolgen das Ziel, die Steckdosen und Steckdosen-einsätze sowie Stecker unabhängig von ihrer Herkunft gegenseitig austauschbar zu machen und unbrauchbar gewordene durch neue an Ort und Stelle ersetzen zu können.

Es gelten die Abschnitte A, B, C und D der „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial“.

#### I. Steckdosen.

##### § 1.

- a) Die Steckdosen müssen entsprechend den Errichtungsvorschriften, sowie den DIN VDE-Normen so beschaffen sein, daß sie den betriebsmäßigen und mechanischen Anforderungen standhalten.

Gewinde müssen nach DI-Normen ausgeführt sein.

1. Für die Abmessungen ist DIN VDE 9400 maßgebend.
2. Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben u. dgl. sollen nach den DI-Normen bzw. den DIN VDE-Normen ausgeführt werden.

##### § 2.

- a) Nennstrom und Nennspannung sowie Ursprungszeichen und erteiltes VDE-Prüfzeichen müssen auf dem ortsfesten Teil der Steckdose angebracht sein.

Die Bezeichnung muß so angebracht sein, daß sie nicht ohne weiteres entfernt werden kann.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1924. Veröffentlicht: ETZ 1924, S. 782 und 1068.

§ 3.

- a) Die Hülsen dürfen im Körper nicht drehbar sein.

Alle Teile müssen so befestigt sein, daß Lockerungen und Lageveränderungen im Gebrauch nicht eintreten können.

Spannungführende Teile auf der Wandseite müssen, falls ihr Abstand von der Wand nicht mindestens 10 mm beträgt, durch eine feuchtigkeitsichere Abdeckung, beispielsweise durch feuchtigkeit- und wärme-sichere Vergußmasse, geschützt werden (Prüfvorschriften sind in Vorbereitung, siehe ETZ 1924, S. 1389).

§ 4.

- a) Für den Anschluß der Leitungen müssen Schraubklemmen verwendet werden, bei denen die Leitungsenden ohne besondere Zurichtung eingeführt werden und nicht ausweichen können. Der Raum für das Unterbringen der Leitungen muß reichlich bemessen sein.

1. Die Sockel sollen so gestaltet und sämtliche Metallteile darauf derart angeordnet sein, daß Leitungsenden bis 2,5 mm<sup>2</sup> Querschnitt nach dem Befestigen der Sockel auf ihrer Unterlage angelegt und vorderseitig festgeschraubt werden können.

§ 5.

- a) Der Berührung zugängliche Teile der Dosen müssen, wenn sie nicht für Erdung eingerichtet sind, aus Isolierstoff bestehen.
- b) Kappen oder Abdeckungen sind durch besondere Schrauben zu befestigen und müssen beim Einführen der Stecker einen ausreichenden Berührungsschutz gewährleisten.

1. Die Steckdose soll so ausgebildet sein, daß die Leitung rechtwinklig zur Verbindungslinie der Befestigungslöcher eingeführt werden kann.

2. Die Steckdosen können mit oder ohne Sicherung ausgeführt werden.

§ 6.

- a) Die Stecker müssen so beschaffen und angeordnet sein, daß bei entferntem Schmelzeinsatz oder bei dessen Auswechslung eine unbeabsichtigte Berührung spannungsführender Teile nicht möglich ist.



## II. Stecker.

### § 7.

- a) Die Stecker müssen entsprechend den Errichtungsvorschriften sowie den DIN VDE-Normen so beschaffen sein, daß sie den betriebsmäßigen und mechanischen Anforderungen standhalten.

Gewinde müssen nach DI-Normen ausgeführt sein.

1. Für die Abmessungen ist DIN VDE 9401 maßgebend.
2. Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben u. dgl. sollen nach den DI-Normen bzw. den DIN VDE-Normen ausgeführt werden.

### § 8.

- a) Nennstrom und Nennspannung, sowie Ursprungszeichen und erteiltes VDE-Prüfzeichen müssen auf der Außenseite des Steckers angebracht sein.

Die Bezeichnung muß so angebracht sein, daß sie nicht ohne weiteres entfernt werden kann.

### § 9.

- a) Steckerstifte und Anschlußklemmen müssen unlösbar miteinander verbunden sein, die Steckerstifte dürfen nicht drehbar sein.

### § 10.

- a) Der Berührung zugängliche Teile der Steckerkörper müssen, wenn sie nicht für Erdung eingerichtet sind, aus Isolierstoff bestehen.

1. Die Steckerkörper sollen mehrteilig und derart beschaffen sein, daß die Leitungen bequem angeschlossen und kontrolliert werden können.

- b) Die der Dose zugekehrte Fläche muß kreisrund begrenzt sein.

### § 11.

- a) Stecker und ortsveränderliche Steckdosen müssen so ausgebildet sein, daß die Anschlußstellen der Leitungen von Zug entlastet und die Leitungsumhüllungen gegen Abstreifen gesichert werden können.

- b) In die Stecker müssen Schnur- und Gummischlauchleitungen von 1,5 mm<sup>2</sup> Querschnitt eingeführt werden können.

Für die Prüfung der Steckvorrichtungen gelten die §§ 20 bis 23 der „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial“.

## **45. Vorschriften, Regeln und Normen für ungeschützte zweipolige Steckdosen und Stecker**

### **10 A, 250 V.**

Gültig ab 1. Juli 1928<sup>1)</sup>.

#### Vorbemerkung.

Nachstehende Konstruktionsvorschriften und Regeln enthalten Angaben über den Bau von Steckdosen und Steckern in Bezug auf vorteilhaften Anschluß und Betriebsicherheit und verfolgen das Ziel, die Steckdosen und Steckdosen-einsätze sowie Stecker unabhängig von ihrer Herkunft gegenseitig austauschbar zu machen und unbrauchbar gewordene durch neue an Ort und Stelle ersetzen zu können.

Es gelten die Abschnitte A, B, C und D der „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial“.

#### I. Steckdosen.

##### § 1.

- a. Die Steckdosen müssen entsprechend den Errichtungsvorschriften sowie den DIN VDE-Normen so beschaffen sein, daß sie den betriebsmäßigen und mechanischen Anforderungen standhalten.

Gewinde müssen nach DI-Normen ausgeführt sein.

1. Für die Abmessungen ist DIN VDE 9402 maßgebend.
2. Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben und dergleichen sollen nach den DI-Normen bzw. den DIN VDE-Normen ausgeführt werden.

##### § 2.

- a. Nennstrom und Nennspannung sowie Ursprungszeichen und erteiltes VDE-Prüfzeichen müssen auf dem ortsfesten Teil der Steckdose angebracht sein.

Die Bezeichnung muß so angebracht sein, daß sie nicht ohne weiteres entfernt werden kann.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1924. Veröffentlicht ETZ 1924, S. 783 und 1068.

§ 3.

- a. Die Hülsen dürfen im Körper nicht drehbar sein.

Alle Teile müssen so befestigt sein, daß Lockerungen und Lageveränderungen im Gebrauch nicht eintreten können.

Spannungführende Teile auf der Wandseite müssen, falls ihr Abstand von der Wand nicht mindestens 10 mm beträgt, durch eine feuchtigkeitsichere Abdeckung, beispielsweise durch feuchtigkeit- und wärme-sichere Vergußmasse, geschützt werden (Prüfvorschriften sind in Vorbereitung, siehe ETZ 1924, S. 1389).

- b. Die Hülsen müssen federnd ausgebildet sein.

§ 4.

- a. Für den Anschluß der Leitungen müssen Schraubklemmen verwendet werden, bei denen die Leitungsenden ohne besondere Zurichtung eingeführt werden und nicht ausweichen können. Der Raum für das Unterbringen der Leitungen muß reichlich bemessen sein.

1. Die Sockel sollen so gestaltet und sämtliche Metallteile darauf derart angeordnet sein, daß Leitungsenden bis 4 mm<sup>2</sup> Querschnitt nach dem Befestigen der Sockel auf ihrer Unterlage angelegt und vorderseitig festgeschraubt werden können.

§ 5.

- a. Der Berührung zugängliche Teile der Dosen müssen, wenn sie nicht für Erdung eingerichtet sind, aus Isolierstoff bestehen.

- b. Kappen oder Abdeckungen sind durch besondere Schrauben zu befestigen und müssen beim Einsetzen der Stecker einen ausreichenden Berührungsschutz gewährleisten.

1. Die Steckdose soll so ausgebildet sein, daß die Leitung rechtwinklig zur Verbindungslinie der Befestigungslöcher eingeführt werden kann.

II. Stecker.

§ 6.

- a. Die Stecker müssen entsprechend den Errichtungsvorschriften sowie den DIN VDE-Normen so beschaffen sein, daß sie den betriebsmäßigen und mechanischen Anforderungen standhalten.

Gewinde müssen nach DI-Normen ausgeführt sein.

1. Für die Abmessungen ist DIN VDE 9403 maßgebend.
2. Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben u. dgl. sollen nach den DI-Normen bzw. den DIN VDE-Normen ausgeführt werden.

§ 7.

- a. Nennstrom und Nennspannung, sowie Ursprungszeichen und erteiltes VDE-Prüfzeichen müssen auf der Außenseite des Steckers angebracht sein.

Die Bezeichnung muß so angebracht sein, daß sie nicht ohne weiteres entfernt werden kann.

§ 8.

- a. Die Steckerstifte und Anschlußklemmen müssen unlösbar miteinander verbunden sein, sie dürfen nicht drehbar sein.
- b. Die Steckerstifte müssen starr (ungeschlitzt) ausgeführt sein.

§ 9.

- a. Der Berührung zugängliche Teile der Steckerkörper müssen, wenn sie nicht für Erdung eingerichtet sind, aus Isolierstoff bestehen.
  1. Die Steckerkörper sollen mehrteilig und derart beschaffen sein, daß die Leitungen bequem angeschlossen und kontrolliert werden können.
- b. Die der Dose zugekehrte Fläche muß kreisrund begrenzt sein.

§ 10.

- a. Stecker und ortsveränderliche Steckdosen müssen so ausgeführt sein, daß die Anschlußstellen der Leitungen von Zug entlastet und die Leitungsumhüllungen gegen Abstreifen gesichert werden können.
- b. In die Stecker müssen Schnur- und Gummischlauchleitungen von 2,5 mm<sup>2</sup> Querschnitt eingeführt werden können.

Für die Prüfung der Steckvorrichtungen gelten die §§ 20 bis 23 der „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial“.

## **46. Vorschriften für Handgeräte-Einbauschalter<sup>1)</sup>.**

### § 1.

Die Vorschriften sind gültig ab 1. Juli 1926.

### § 2.

Handgeräte-Einbauschalter sind Ausschalter unter 4 A und Umschalter unter 2 A, die in mechanisch fester Verbindung mit einem Handgerät stehen. Als Handgeräte im Sinne dieser Vorschrift sind zu verstehen:

Geräte mit Kleinstmotoren wie: Staubsauger, Heißluftduschen, Tischfächer usw., Gas- und Feueranzünder, elektrisches Spielzeug und Fanggeräte.

Ausschalter von 4 A an und Umschalter von 2 A an unterliegen den „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial“ (KPI).

Schalter für Stromverbraucher mit veränderlicher Stromstärke, wie Wirtschaftsmotoren, Anbaumotoren, müssen den KPI genügen, auch wenn die Betriebstromstärke kleiner als 4 bzw. 2 A ist.

### § 3.

Für Handgeräte-Einbauschalter gelten außer den nachstehenden Vorschriften die §§ 2, 3 (außer Vorschrift e und i), 7 und 9 der KPI.

### § 4.

Die Nennstromstärke kann dem Stromverbrauch des Handgerätes angepaßt, darf aber nicht kleiner als 0,25 A sein.

Handelsware muß mit der Nennstromstärke entsprechend 250 V Gleichstrom gekennzeichnet sein.

### § 5.

Einbauschalter müssen gesicherte Schaltstellungen haben. Die Betätigungsteile, wie Griffe, Knöpfe usw., müssen

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 1322 und 1526.

so befestigt sein, daß sie ohne Werkzeug und auch beim Rückwärtsdrehen nicht entfernt werden können.

### § 6.

Alle Metallteile des Mechanismus müssen gegen die spannungführenden Teile sowie gegen die Metallteile des Handgerätes isoliert sein. Die kürzeste Kriechstrecke zwischen spannungführenden Teilen verschiedener Polarität oder zwischen solchen und einer metallenen Umhüllung darf 3 mm nicht unterschreiten.

### § 7.

Von der Forderung der doppelten Isolierung zwischen der Hand des Bedienenden und den spannungführenden Teilen (die sich aus §§ 7 und 9 der KPI ergibt) kann abgesehen werden, wenn die Betätigungsvorrichtung (Hebel, Griffe usw.) so ausgebildet ist, daß bei Entfernung der Betätigungsvorrichtung spannungführende Metallteile der Berührung nicht zugänglich werden.

### § 8.

Die spannungführenden Teile des Schalters müssen in eingeschalteter Stellung gegen die Befestigungsschrauben, gegen den Griff, den Griffträger und gegen das Gehäuse nach mindestens 12stündigem Liegen in feuchter Luft 1500 V Wechselfspannung 1 min lang aushalten, ohne daß ein Überschlag erfolgt.

Bei gleicher Prüfspannung sind diese Isolationsprüfungen im ausgeschalteten Zustande zwischen den Klemmen mit betriebsmäßigem Anschluß vorzunehmen.

### § 9.

Die Kontaktteile des Schalters werden nach zehnmaligem stromlosen Schalten mit dem zweifachen Nennstrom, jedoch mit mindestens 0,5 A belastet. Der Spannungsabfall darf nicht größer sein als 50 mV, er wird an der Eingangs- und Ausgangsklemme des zu untersuchenden Stromkreises gemessen. Bei größerem Spannungsabfall ist die Bienenwachsprobe zur Prüfung der Erwärmung der Kontaktteile vorzunehmen (§ 13 KPI).

### § 10.

Die Schalter müssen mit Nennspannung und Nennstrom belastet, im Gebrauchszustande und in der Gebrauchslage auf

mechanische Haltbarkeit geprüft werden. 20 000 Stellungswechsel, etwa 7 bis 800 in der h, sind durchzuführen.

#### § 11.

Handgeräte-Einbauschalter, die berechtigt sind, das VDE-Zeichen zu tragen, müssen mit einem Ursprungszeichen versehen sein, das den Hersteller erkennen läßt.

Da die Geräte-Einbauschalter im Sinne des § 2 nur in Verbindung mit einem Handgerät verwendet werden, wird der Berührungsschutz nicht geprüft.

**47. Regeln für die Konstruktion, Prüfung und  
Verwendung von Schaltgeräten bis 500 V Wechsel-  
spannung und 3000 V Gleichspannung**  
**R.E.S./1928<sup>1)</sup>**

Inhaltsverzeichnis.

- I. Gültigkeit und Bereich. § 1 und 2.
- II. Begriffserklärungen.
  - A. Allgemeines. § 3.
  - B. Schaltvorgänge. § 4 bis 6.
  - C. Kontaktarten. § 7.
  - D. Gerätearten. § 8.
    - 1. Zweck und Wirkungsweise. § 9.
    - 2. Polzahl. § 10.
    - 3. Zahl der Schließstellungen. § 11.
    - 4. Schaltvorgang. § 12.
    - 5. Betätigungsart. § 13 und 14.
    - 6. Art der Auslösung bei Selbstschaltern und Relais.  
§ 15 bis 17.
    - 7. Art der Schließstellen. § 18.
    - 8. Schutzart. § 19.
    - 9. Anschlußart. § 20 und 21.
  - E. Bestandteile. § 22 bis 27.
  - F. Elektrische Größen und Zeitbegriffe. § 28 bis 30.
- III. Bestimmungen.
  - A. Allgemeines. § 31 bis 39.
  - B. Bauregeln.
    - 1. Anschlüsse. § 40 bis 41.
    - 2. Bemessung von Einzelteilen, Kriechstrecken. § 42  
bis 44.
    - 3. Bedienungselemente (Handhaben). § 45.
    - 4. Betätigungsinn und Schaltstellung. § 46.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 507, 1207 und 1526.



- 5. Erdung. § 47.
- 6. Wirkungsweise. § 48 bis 50.
- 7. Haltbarkeit. § 51 bis 54.
- 8. Aufschriften. § 55.

C. Prüfung. § 56.

- 1. Modellprüfung. § 57 bis 71.
  - a) Erwärmungsprobe. § 57 bis 65.
  - b) Schalthäufigkeitsprobe. § 66.
  - c) Spannungsprobe. § 67 bis 70.
  - d) Schaltleistungsprobe. § 71.
- 2. Stückprüfung. § 72.

IV. Verwendung und Anbringung. § 73 bis 81.

- V. Bedienung und Wartung. § 82 bis 84.
- Anhang.

## I. Gültigkeit.

### § 1.

Diese Regeln treten am 1. Juli 1928 in Kraft; sie sind nicht rückwirkend.

### § 2.

Diese Regeln gelten für Schaltgeräte einschließlich Steckvorrichtungen sowie Schmelzsicherungen für Spannungen bis 500 V Wechselspannung und 3000 V Gleichspannung. Ausgenommen sind Dosenschalter, Installationsebstschalter, Steckvorrichtungen bis einschließlich 60 A, 750 V, sowie alle Stöpselsicherungen; für diese gelten die „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial“<sup>1)</sup>.

## II. Begriffserklärungen.

### A. Allgemeines.

#### § 3.

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

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

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

<sup>1)</sup> S. S. 503.

## B. Schaltvorgänge.

### § 4.

Einschalten bedeutet die Verbindung eines Stromkreises mit einer Stromquelle, Ausschalten die Trennung von ihr. Es ist dabei gleichgültig, ob der Strom fließt oder nicht, wenn nur der Schalterstromkreis nach dem Einschalten unter Spannung steht.

Der Ausdruck „hinter dem Schalter“ bezieht sich entsprechend der Energierichtung auf den Schalterstromkreis.

Schließen oder Öffnen eines Schaltgerätes bedeutet seine Betätigung ohne Rücksicht auf elektrische Vorgänge (Schließstellung, Offenstellung).

### § 5.

Stromführende Teile sind die im Einschaltzustand vom Strom durchflossenen Teile.

Spannungführende Teile sind die im Ein- oder Ausschaltzustand unter Spannung gegen Erde stehenden Teile.

### § 6.

1. Als „Stromloses Aus- oder Einschalten“ wird ein Schaltvorgang bezeichnet, bei dem der Strom im Schalter im Verhältnis zum Nennstrom sehr gering ist: höchstens 1% des Nennstromes, jedoch nicht mehr als 10 A. Die stromführenden Teile stehen unter voller Spannung.

2. Mit „Aus- oder Einschalten unter Strom“ wird ein Schaltvorgang bezeichnet, bei dem der Strom im Schalter beliebige Werte innerhalb des zulässigen Verwendungsbereiches haben kann; die stromführenden Teile stehen nach der Trennung gegenseitig unter geringer Spannung, unterhalb 20 V (z. B. Zellenschalter).

3. Mit „Aus- oder Einschalten unter Leistung“ wird ein Schaltvorgang bezeichnet, bei dem der Strom im Schalter beliebige Werte innerhalb des zulässigen Verwendungsbereiches haben kann und die stromführenden Teile unter voller Spannung stehen.

Unterschieden wird:

- a) Ausschalten beschränkter Leistung (Stromkreis mit GEMK).
- b) Ausschalten voller Leistung.
- c) Ausschalten von Überlast.

**C. Kontaktarten.****§ 7.**

Elektrischer Kontakt ist ein Zustand, der durch Berührung zweier zur Stromleitung dienenden Teile miteinander entsteht.

Folgende Kontaktarten werden unterschieden:

1. Schraubkontakt entsteht, wenn zwei für die Stromleitung bestimmte Teile durch Schrauben verbunden werden.

2. Druckkontakt entsteht durch Zusammendrücken zweier für die Stromleitung bestimmten Teile, und zwar bei betriebsmäßiger Betätigung ohne Schleifbewegung.

3. Schleifkontakt entsteht durch Schleifen zweier für die Stromleitung bestimmten Teile aufeinander unter Druck. Nach der Form der Teile werden unterschieden: Messerkontakt, Klotzkontakt, Bürstenkontakt (Schleif- und Tastbürsten), Fingerkontakt (Kontakthammer), Zungenkontakt usw.

4. Rollkontakt entsteht durch rollende Bewegung zweier für die Stromleitung bestimmten Teile aufeinander unter Druck.

5. Wälzkontakt entsteht durch gleichzeitige rollende und schleifende Bewegung zweier für die Stromleitung bestimmten Teile aufeinander unter Druck.

6. Flüssigkeitskontakt entsteht durch Zusammenbringen zweier für die Stromleitung bestimmten Teile, von denen mindestens der eine Teil flüssig ist.

**D. Gerätearten.****§ 8.**

Die Art eines Schaltgerätes ist gekennzeichnet durch:

- |  |                |
|--|----------------|
| 1. Zweck und Wirkungsweise               | vgl. § 9       |
| a) Schalter,                             |                |
| b) Schmelzsicherung,                     |                |
| c) Steckvorrichtung.                     |                |
| 2. Polzahl                               | „ § 10         |
| 3. Zahl der Schließstellungen            | „ § 11         |
| 4. Schaltvorgang                         | „ § 12         |
| 5. Betätigungsart                        | „ §§ 13, 14    |
| 6. Art der Auslösung bei Selbstschaltern | „ §§ 15 bis 17 |
| 7. Art der Schließstellen                | „ § 18         |
| 8. Schutzart                             | „ § 19         |

9. Anschlußart vgl. §§ 20, 21  
 10. Verwendung (z. B. Batteriesicherung, Zel-  
 lenschalter, Webstuhlschalter usw.).

### 1. Zweck und Wirkungsweise.

#### § 9.

a) Schalter sind Geräte zum Verbinden oder Trennen von Strompfaden, ohne daß hierzu Verschraubungen oder ähnliche Hilfsmittel benutzt werden; sämtliche zur Verbindung oder Trennung notwendigen Teile hängen ortsfest zusammen.

b) Schmelzsicherungen sind Geräte zum Schutz von Stromkreisen gegen Stromüberlastung von unzulässiger Dauer, bei denen die Stromunterbrechung durch Abschmelzen eines hierzu bestimmten leicht ersetzbaren Verbindungsstückes (Schmelzstreifen, Schmelzpatrone) erfolgt.

c) Steckvorrichtungen sind Geräte zum Verbinden oder Trennen von festen und beweglichen Strompfaden oder von beweglichen Strompfaden ohne Anwendung besonderer Werkzeuge oder Hilfsmittel. Die zum Verbinden oder Trennen dienenden Teile hängen nicht ortsfest zusammen.

### 2. Polzahl.

#### § 10.

Es werden ein- und mehrpolige (zweipolige, dreipolige usw.) Schaltgeräte unterschieden. Mehrpolige Schaltgeräte entstehen durch mechanische Verbindung einpoliger, voneinander isolierter Geräte, bei Schaltern außerdem durch Kupplung beweglicher Teile.

### 3. Zahl der Schließstellungen.

#### § 11.

Nach Zahl der Schließstellungen werden unterschieden:

- a) Ausschalter mit einer Schließstellung, und zwar:
1. Ausschalter mit den Stellungen „Ein“ und „Aus“.
  2. Ausschalter mit der Ruhestellung „Ein“ oder der Ruhestellung „Aus“ (z. B. Druckknöpfe usw.).

Unter Ruhestellung versteht man die Stellung, in die das Schaltorgan selbsttätig zurückgeht, wenn die Handhabe freigelassen wird.

- b) Umschalter mit zwei Schließstellungen, und zwar:
  - 1. Umschalter mit Unterbrechung
    - a) mit Ausschaltstellung,
    - b) ohne Ausschaltstellung.
  - 2. Umschalter ohne Unterbrechung.
- c) Wahlschalter mit mehr als zwei Schließstellungen, und zwar:
  - 1. Wahlschalter ohne Spannung zwischen benachbarten Stromschlußstücken,
  - 2. Wahlschalter mit Spannung zwischen benachbarten Stromschlußstücken, und zwar:
    - a) Stufenschalter für Gleichstrom (z. B. Zellenschalter),
    - b) Stufenschalter für Wechselstrom (z. B. Regelschalter für unterteilte Wicklungen von Transformatoren),
    - c) Meßumschalter.

#### 4. Schaltvorgang.

##### § 12.

Nach dem Schaltvorgang § 6 werden unterschieden:

- a) Schaltgeräte für Schalten ohne Strom (Trennschalter, Meßumschalter, Steckvorrichtung über 250 V gegen Erde),
- b) Schaltgeräte für Schalten unter Strom (Regelschalter, Stufenschalter, Zellenschalter),
- c) Schaltgeräte für Schalten beschränkter Leistung (Ausschaltstrom kleiner als Nennstrom, Schalter aller Art),
- d) Schaltgeräte für Schalten voller Leistung (Schalter aller Art),
- e) Schaltgeräte für Schalten von Überlast (Überstromselbstschalter und Sicherungen).

Sicherungen kleinerer Nennspannung können in Anlagen höherer Spannung verwendet werden, wenn beim Abschmelzen keine höhere Klemmenspannung an den Klemmen entsteht (z. B. bei parallel geschalteten Kabeln, Ringnetzen und Leitungen). Die Sicherungen müssen jedoch für die höhere Spannung isoliert sein.

#### 5. Betätigungsart.

##### § 13.

Folgende Betätigungsarten der Ein- und Ausschaltung werden unterschieden:

- a) unmittelbare Handbetätigung:

Das Schaltgerät befindet sich im Handbereich; beson-

dere Lagerungen oder Führungen außerhalb des Schaltgerätes sind nicht vorhanden.

b) Mittelbare Handbetätigung durch ein Getriebe, Gestänge oder durch Verlängern der Antriebsorgane mit besonderer Lagerung.

c) Fußbetätigung.

d) Betätigung durch Gewicht oder Feder.

e) Betätigung durch Druckluft und dgl. oder durch eine Stromquelle mittels Magnet oder Motor.

#### § 14.

Momentausschaltung ist eine Schaltbewegung, bei der der vorgesehene Öffnungsweg unabhängig von der Betätigungsgeschwindigkeit schnell durchlaufen wird.

Momenteinschaltung ist eine Schaltbewegung, bei der der Weg von der Berührung bis zur Endstellung der Schaltstücke (Kontaktweg) unabhängig von der Betätigungsgeschwindigkeit schnell durchlaufen wird.

### 6. Art der Auslösung bei Selbstschaltern und Relais.

#### § 15.

Es werden folgende Arten von Selbstauslösung unterschieden:

Tafel 1.

Auslösungsart	Wirkung	Bezeichnung bei Ausführung als	
		Schalter	Relais
Überstromauslösung	löst aus bei Überschreiten eines bestimmten Stromes	Überstromschalter	Überstromrelais
Unterstromauslösung	löst aus bei Unterschreiten eines bestimmten Stromes	Unterstromschalter	Unterstromrelais
Rückstromauslösung	löst aus bei Umkehr der Stromrichtung	Rückstromschalter	Rückstromrelais
Spannungsrückgangsauslösung	löst aus bei Unterschreiten einer bestimmten Spannung	Unterspannungschalter	Unterspannungrelais

## § 16.

Auslösen ist das Freigeben der Sperrung zur Einleitung einer Schaltbewegung bei Betätigung gemäß § 13 d und e. Die Auslösung kann erfolgen:

- a) selbsttätig,
- b) willkürlich.

Unmittelbare Auslösung ist eine solche, die nur durch Auslöser bewirkt wird.

Mittelbare Auslösung ist eine solche, bei der ein Betätigungsorgan (Relais [§ 24] oder Betätigungsschalter) auf den Auslöser wirkt.

## § 17.

Mit Freiauslösung wird eine Einrichtung bezeichnet, bei der das Bedienungselement (Handhabe) durch den Auslöser von den Schaltstücken des Selbstschalters derart entkuppelt wird, daß der Schalterstromkreis dann nicht eingeschaltet bleiben kann.

## 7. Art der Schließstellen.

## § 18.

Bei Schaltern unterscheidet man nach der angewendeten Kontaktart (§ 7) oder der Ausbildung der Schaltstücke (§ 22) Bürstenschalter, Messerschalter, Walzenschalter usw.

## 8. Schutzart.

## § 19.

Hinsichtlich der Schutzart wird unterschieden:

S 1. Offen: Keine Abdeckung; die Zugänglichkeit der spannungführenden Teile ist nicht behindert.

S 2. Geschirmt: Abdeckung, die nur Öffnungen für Zuleitungen oder Kühlluft enthält; Schlitze, z. B. für das Bedienungselement, durch die man in die Abdeckung greifen kann, dürfen nicht vorhanden sein. Zufällige oder fahrlässige Berührung spannungführender Teile und das Eindringen größerer Fremdkörper sind verhindert. Der Bedienende ist der Einwirkung durch Lichtbögen oder Metalldämpfe nicht unmittelbar ausgesetzt.

S 3. Abgedeckt: Volle Abdeckung der ganzen Bedienungsseite, rückseitige Anschlüsse hinter dem Sockel des Schaltgerätes. Die Berührung spannungführender Teile und das Eindringen von Fremdkörpern von der Bedienungsseite aus, sowie eine Verletzung des Bedienenden durch Lichtbögen oder Metalldämpfe sind verhindert.

S 4. Geschlossen: Allseitige Abdeckung ohne ausgesprochene Öffnungen. Das Eindringen von Fremdkörpern und die Berührung spannungsführender Teile sowie eine Verletzung des Bedienenden durch Lichtbögen oder Metalldämpfe sind von allen Seiten verhindert. Ein vollständiger Schutz gegen Staub und Feuchtigkeit der Luft wird nicht erzielt.

S 5. Gekapselt: Allseitig metallischer mechanisch fester Abschluß mit besonderer Dichtung aller Fugen und nicht abgerichteter Paßstellen. Die Berührung spannungsführender Teile, das Eindringen von fallenden oder gegen die Abdeckung gespritzten Wassertropfen (Regen) sowie von Staub sind verhindert. Verletzungen des Bedienenden durch Lichtbögen oder Metalldämpfe sind ausgeschlossen.

S 6. Wasserdicht gekapselt: Allseitig metallischer Abschluß wie S 5, jedoch mit Stopfbuchsen für die Anschlußleitungen und für die Öffnungen, die zur Betätigung von außen notwendig sind. Die nach einstündigem Liegen in Süß- oder Seewasser unter einem äußeren Überdruck von  $0,1 \text{ kg/cm}^2$  eintretende Wassermenge darf die Gebrauchsfähigkeit nicht beeinträchtigen.

S 7. Gasgeschützt: Der Schutz ist besonders zu vereinbaren (siehe die „Vorschriften für die Ausführung von Schlagwetter-Schutzvorrichtungen an elektrischen Maschinen, Transformatoren und Apparaten“ vom 1. Januar 1926)<sup>2)</sup>.

## 9. Anschlußart.

### § 20.

#### Elektrische Anschlußart:

Bei den Schutzarten „offen, geschirmt oder abgedeckt“ werden unterschieden:

a) Geräte für vorderseitigen Anschluß: Die Klemmen liegen auf der Vorderseite des Sockels.

b) Geräte für rückseitigen Anschluß: Die Klemmen liegen auf der Rückseite des Sockels.

An einem Schaltgerät können beide Anschlußarten in Anwendung kommen.

### § 21.

Mechanische Verbindungsart der Schutzhüllen des Gerätes mit den Schutzhüllen der Leitungen:

Bei den Schutzarten „geschlossen, gekapselt oder gasgeschützt“ werden unterschieden solche für:

<sup>2)</sup> S. S. 59.



- a) Einführung von gummiisolierten Leitungen oder Isolierrohren,
- b) Einführung von einzelnen Panzer- oder Gasrohren,
- c) Einführung eines Panzer- oder Gasrohres oder dergleichen, das die Leitungen für alle Pole enthält,
- d) Einführung von Einfachkabeln,
- e) Einführung von Mehrfachkabeln,
- f) Wasserdichte Einführung (§ 6).

Für die Zu- und Ableitung an einem Schaltgerät können verschiedene Einführungsarten zur Anwendung kommen.

### E. Bestandteile.

#### § 22.

Werden zwei zur Herbeiführung eines Kontaktes dienende Teile bestimmungsgemäß zum Ein- und Ausschalten eines Schaltstromkreises benutzt, so heißen sie Schaltstücke, wobei zwischen beweglichen und ortsfesten Schaltstücken unterschieden wird. Nach seiner Form bezeichnet man das einzelne Schaltstück auch als Kontaktbürste, Kontaktmesser, Kontaktrolle, Kontaktfinger, Kontaktzunge, Kontaktstift, Kontakthülse, Kontaktbock, Kontaktstück usw.

Auswechselbare Schaltstücke sind solche, die mit wenigen, leicht lösbaren Mitteln befestigt sind.

Abbrennstücke sind Schaltstücke, die der Abnutzung durch den Schaltlichtbogen betriebsmäßig unterworfen sind.

Klemmen sind die Teile eines Schaltgerätes, an denen Leitungen angeschlossen werden.

Sockel ist der Körper, auf dem die Klemmen und Schaltstücke isoliert befestigt sind.

Isolierbrücke (Polkuppung) ist der Körper, mit dem die beweglichen Schaltstücke mehrpoliger Schaltgeräte isoliert gekuppelt sind.

Trennwand ist ein Körper, der zwischen den Polen oder zwischen Pol und Erde angebracht ist, um das Überschlagen des Lichtbogens zu verhindern.

Bedienungselement (Handhabe) ist der Geräte- teil, der für die unmittelbare Betätigung des Gerätes vorgesehen ist und vom Bedienenden berührt werden muß.

#### § 23.

Auslöser ist die Vorrichtung am Schaltgerät, die die Freigabe der Sperrung zur Einleitung der Schaltbewegung des Schaltgerätes bewirkt.

## 1. Elektromagnetische Auslöser.

a) Arbeitsstromauslöser sind solche, die bei Einschaltung oder Stärkung ihrer Erregung auslösen, z. B. durch Anziehen eines Magnetankers.

b) Ruhestromauslöser sind solche, die bei Unterbrechung oder bei Schwächung ihrer Erregung auslösen, z. B. durch Loslassen eines Magnetankers.

Die Wicklung des Auslösers kann angeschlossen sein

a) unmittelbar oder über Stromwandler oder an Nebewiderstand in Reihe mit dem Schalterstromkreis,

b) unmittelbar (gegebenenfalls über Widerstände oder Drosseln) oder über Spannungswandler im Nebenschluß zum Schalterstromkreis,

c) an eine Fremdstromquelle.

## 2. Wärmeauslöser.

## § 24.

Relais ist eine elektromagnetisch oder elektrothermisch betätigte Vorrichtung, die über Schaltstücke den Stromkreis eines Auslösers steuert.

Primärrelais sind Relais, deren Wicklung oder Wärmeelement im oder am Stromkreis des Schalters liegt.

Sekundärrelais sind Relais, deren Wicklung oder Wärmeelement durch Strom- oder Spannungswandler mit dem Stromkreis des Schalters verknüpft ist.

Die Schaltstücke des Relais können entweder im normalen Betriebe geöffnet sein und sich beim Ansprechen des Relais schließen (Arbeitskontakt) oder im normalen Betriebe geschlossen sein und sich beim Ansprechen des Relais öffnen (Ruhekontakt).

## § 25.

Die Sicherung besteht aus dem Sicherungskörper und dem Schmelzeinsatz. Der Sicherungskörper besteht aus Sockel, Klemmen und Kontaktstücken zur Vermittlung des Kontaktes mit dem Schmelzeinsatz.

Ist der Schmelzeinsatz nicht unmittelbar an den auf dem Sockel befestigten Kontaktstücken angeschraubt, sondern an einem mit einem Bedienungselement (Handhabe) versehenen Zwischenstück befestigt, das in die entsprechend ausgebildeten Kontaktstücke des Sockels eingesteckt wird, so heißt das Gerät Trennsicherung.

Ist das Zwischenstück im wesentlichen in Form eines Rohres ausgebildet, das den Schmelzeinsatz umschließt, so

heißt das ganze Gerät (Sockel, Schmelzeinsatz und Zwischenstück) Rohrsicherung.

Der Schmelzeinsatz besteht aus dem Schmelzleiter mit Schuhen zur Vermittlung des Kontaktes mit dem Sicherungskörper. Ist der Schmelzleiter allseitig eingeschlossen, so daß nur die Teile herausragen, die zur Vermittlung des Kontaktes mit dem Sicherungskörper dienen, so heißt der Schmelzeinsatz Patrone.

Je nach der Ausbildung der Teile zur Vermittlung des Kontaktes mit dem Sicherungskörper unterscheidet man Steckpatronen und Schraubpatronen.

Die ganze Sicherung heißt in diesem Falle Patronensicherung.

#### § 26.

Steckvorrichtungen bestehen aus Dose und Stecker; beide Teile können beweglich oder nicht beweglich sein. Sind beide Teile beweglich, dann heißt die Vorrichtung Kupplung.

Dose ist der Teil, der für Anschluß an die Stromquelle bestimmt ist.

#### § 27.

Überschaltwiderstand (bei Stufenschaltern) ist der Widerstand, der das Überschalten ohne Stromunterbrechung ermöglicht.

Funkenentziehvorrichtung (bei Stufenschaltern) ist eine von der Hauptkontaktbahn in der Regel getrennte Vorrichtung, an der der beim Überschalten zwischen den Stufen entstehende Nebenstromkreis geschlossen und unterbrochen wird.

### F. Elektrische Größen und Zeitbegriffe.

#### § 28.

Nennspannung ist die auf dem Gerät angegebene höchste Spannung, für die es verwendet werden darf.

Nennstrom ist der auf dem Gerät angegebene Strom, für dessen dauernden Durchgang die stromführenden Teile, ausgenommen Wicklungen, bemessen sind.

Kurzschlußstrom ist der Beharrungswert des Stromes, der am Verwendungsort bei Kurzschluß hinter dem Schalter auftritt.

Zulässiger Ausschaltstrom ist der Strom, den das Gerät unter den für die Schaltleistungsprobe im § 71 festgesetzten Bedingungen ausschalten kann.

Als Betätigungsspannung gilt die Spannung an den Klemmen des Betätigungstromkreises des Schaltgerätes, wenn der Betätigungstrom fließt.

Kriechstrecke ist der kürzeste Weg, auf dem ein Stromübergang längs der Oberfläche eines Isolierkörpers zwischen spannungführenden Teilen untereinander oder zwischen spannungführenden Teilen und Erde eintreten kann.

### § 29.

Auslösernennspannung ist die auf dem Auslöser angegebene Spannung.

Auslösernennstrom ist der auf dem Auslöser angegebene Strom, für dessen dauernden Durchgang die Wicklung bemessen ist.

Auslösernennfrequenz ist die auf dem Auslöser angegebene Frequenz, für die er bemessen ist.

Auslösestrom ist der Strom, bei dem das Auslösen eintritt.

Einstellstrom (bei Stromauslösung) ist der auf der Einstellskala eingestellte Strom, bei dessen Überschreiten das Auslösen eintreten soll. Die Abweichung des Auslösestromes vom Einstellstrom wird in Prozenten des Einstellstromes angegeben.

### § 30.

Auslösezeit ist die Zeit, die vom Augenblick des Eintrittes des die Auslösung verursachenden Betriebszustandes bis zum Auslösen des Schalters (Freigabe der Sperrung) vergeht. Die durch eingeschaltete Relais entstehende Zeitverzögerung ist einzurechnen.

Eigenzeit des Selbstschalters ist die Zeit, die von seinem Auslösen (Freigabe der Sperrung) bis zur Trennung seiner Schaltstücke vergeht, nicht eingerechnet die dann beginnende Lichtbogendauer bis zum Verlöschen des Lichtbogens.

Nicht verzögerte Auslösung (Kennbuchstabe n) ist eine Auslösung ohne besondere Einrichtung zur Verlängerung der Auslösezeit.

Abhängig verzögerte Auslösung (a) ist eine solche, deren Auslösezeit mit steigendem Auslösestrom abnimmt.

Unabhängig verzögerte Auslösung (u) ist eine solche, deren Auslösezeit vom Auslösestrom unabhängig ist.

Gemischt verzögerte Auslösung ist eine solche, die unterhalb einer gewissen Stromstärke die Verzögerungs-

Tafel 2.

Gerät	Normale Nennstromstärken in A												
	10	25	60	100	200	350	600	1000	1500	2000	3000	4000	6000
Leitungsschalter ohne Momentenschaltung . . . . .	10	25	60	100	200	350	600	1000	1500	2000	3000	4000	6000
Leitungsschalter mit Momentenschaltung . . . . .	10	25	60	100	200	350	—	—	—	—	—	—	—
Trennschalter . . . . .	—	25	60	100	200	350	600	1000	1500	2000	3000	4000	6000
Umschalter ohne Momentenschaltung . . . . .	—	25	60	100	200	350	600	1000	1500	2000	3000	4000	6000
Schleifbürtsten-Wahlschalter außer Meßumschalter	—	—	60	100	200	350	600	1000	—	—	—	—	—
Meßumschalter und Meßsteckvorrichtungen . . . . .	10	25	Für höhere Stromstärken Schleifbürtsten-Umschalter verwenden.										
Schalter mit Erfassung des Stroms in Tafel 10	Gruppe I	10	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	" II	—	25	60	100	—	—	—	—	—	—	—	—
	" III	—	unzulässig	100	200	350	—	—	—	—	—	—	—
	" IV	—	unzulässig	100	200	350	600	1000	1500	2000	3000	4000	6000
	Unterstromauslösung	—	25	60	100	200	350	600	1000	—	—	—	—
Rückstromauslösung . . . . .	—	25	60	100	200	350	600	1000	1500	2000	3000	4000	6000
Spannungrückgangsauslösung . . . . .	—	25	60	100	200	350	600	1000	—	—	—	—	—
Zellenschalter . . . . .	—	25	60	100	200	350	600	1000	1500	2000	3000	4000	6000
Sicherungen . . . . .	—	25	60	100	200	350	600	1000	1500	2000	—	—	—
Steckvorrichtungen . . . . .	—	25*	60*	100	200	350	—	—	—	—	—	—	—

\*) Siehe § 2.

Tafel 3.

Neennstrom des Schalters in A	Auslöser-Neennstrom (Neennstrom der Auslöserwicklung)												
	10	25	60	100	200	350	600	1000	1500	2000	3000	4000	6000
10	—	15	—	—	—	—	430	700	—	—	—	—	—
6	20	35	80	125	300	500	850	—	—	—	—	—	—
10	25	60	100	200	350	600	1000	1500	2000	3000	4000	6000	—

arten nach a oder u besitzt, darüber die Verzögerungsarten nach u oder n. Demnach bestehen die Möglichkeiten a/n, u/n und a/u.

### III. Bestimmungen.

#### A. Allgemeines.

(Nennstrom, Nennspannung, Polzahl, Anzahl der Kontaktstücke.)

##### § 31.

Für Schaltgeräte gelten die „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen“ sowie DIN VDE- und DIN-Normen.

##### § 32.

Die normalen Nennspannungen für Schaltgeräte sind: 250, 500 V Gleich- und Wechselspannung, 550, 750, 1100, 1500, 2200 und 3000 V Gleichspannung.

Wenn am Gerät nach der Unterbrechung eine Spannung von mehr als 1,1 mal Nennspannung dauernd auftreten kann, so soll ein Gerät höherer Nennspannung verwendet werden; auf die Erhöhung der Spannung bei Akkumulatorenladung bezieht sich dieses nicht.

##### § 33.

Die normalen Nennströme für die verschiedenen Gerätearten sind in Tafel 2 aufgeführt. In der Tafel nicht aufgeführte Stromstufen, soweit sie nicht ausdrücklich als unzulässig bezeichnet sind, sollen den Normen für die Abstufung von Stromstärken bei Apparaten entnommen werden.

##### § 34.

Die normalen Auslösernennströme sind in Tafel 3 aufgeführt.

##### § 35.

Die normalen Nennströme für Schmelzeinsätze sind in Tafel 4 aufgeführt.

##### § 36.

Die normalen Auslösernennspannungen (vgl. § 29) sind:  
 Gleichspannung . . . . . 110 220 440 550 V  
 Wechselspannung, Frequenz 50 Per/s . 125 220 380 500 V

Tafel 4.

Nennstrom des Sicherungskörpers und der Sicherungs- brücke in A	10	25	60	100	200	350	600	1000	1500	2000
	Nennstrom des Schmelzeinsatzes	—	—	6	60	100	200	350	600	—
—		—	10	80	125	225	430	700	—	—
—		—	15	100	160	260	500	850	—	—
—		—	20	—	200	300	600	1000	—	—
—		—	25	—	—	350	—	—	—	—
—		—	35	—	—	—	—	—	—	—
—	—	60	—	—	—	—	—	—	—	

## § 37.

Die normalen Betätigungsspannungen für Fremdschlußwicklungen sind 65, 110 und 220 V (Gleich- und Wechselspannung).

## § 38.

Die normale Anzahl der Kontaktstücke bei Einfachzellenschaltern ist 12, bei Doppelzellenschaltern 22. Zwischen je zwei Kontaktstücken ist eine möglichst gleiche Zellenzahl anzuschließen. Überzählige Kontaktstücke sind zu verbinden.

## § 39.

Meßumschalter sollen 1- und 2-polig und für 3, 4 und 6 Stromkreise gebaut werden.

**B. Bauregeln.**

## 1. Anschlüsse.

## § 40.

Für Durchführungsbolzen gilt DIN VDE 6210.

## § 41.

Die Anschlußleitungen müssen durch Verschraubung angeschlossen werden oder durch solche Mittel, die einen Kontaktdruck entsprechend der zulässigen Beanspruchung der vorgeschriebenen Schraubenstärke dauernd gewährleisten.

## 2. Bemessung von Einzelteilen, Kriechstrecken.

## § 42.

Zwischenwiderstände bei Zellenschaltern dürfen bei Belastung mit Nennstrom nach 2 min höchstens dunkelrot glühend werden.

## § 43.

Bei Anschluß von mehr als zwei Zellen zwischen zwei Kontaktstücken eines Zellenschalters, ferner bei allen Zellschaltern von 350 A aufwärts sind besondere Abbrennstücke oder ein Funkenentzieher vorzusehen.

## § 44.

Die nachstehend angegebenen Kriech- und Luftstrecken dürfen nicht unterschritten werden.

Nennspannung . . .	250	500	550	750	1100	1500	2200	3000	V
Kriechstrecke . . .	10	12	12	20	25	25	—	—	mm
Kürz. Luftweg . . .	7	10	10	20	25	25	—	—	mm

Mit Rücksicht auf Staubansammlung ist anzustreben, Kriechstrecken vertikal zu legen oder Vertikal-Kriechstrecken einzufügen.

### 3. Bedienungselemente (Handhaben) und der Berührung zugängliche Teile.

## § 45.

Bedienungselemente, Abdeckungen und Ummantelungen oder andere bei ordnungsmäßigem Gebrauch berührbare Teile müssen entweder aus wärme- oder feuchtigkeitsicheren Isolierstoffen bestehen oder aus Metall, das geerdet werden muß.

Ein Lack- oder Emaillüberzug von Metallteilen gilt nicht als Isolierstoff.

Metallteile, die mit Isolierstoff unkleidet sind, z. B. Griffdorne, dürfen nicht spannungsführend sein.

Schalterabdeckungen mit offenen Schlitzern sind nicht zulässig.

### 4. Betätigungssinn und Schaltstellung.

## § 46.

Der Betätigungssinn muß, sofern ein Zweifel über ihn besteht, bei unmittelbarer Handbetätigung bei Geräten in den Schutzarten S 2 bis S 7 (§ 19), bei mittelbarer Handbetätigung bei Geräten in allen Schutzarten gekennzeichnet sein. Die Bewegung der Kontaktbürsten bei Rundzellschaltern muß bei steigender Spannung im Sinne des Uhrzeigers (auf die Kontaktbahn gesehen) erfolgen.

Der Einschalt- oder Ausschaltzustand muß durch eine mechanische oder elektrische Anzeigevorrichtung gekennzeichnet sein, bei



1. Geräten nach Schutzart S 2 bis S 7,
2. Geräten mit mittelbarer Handbetätigung, sofern über die Schaltstellung ein Zweifel bestehen kann,
3. Geräten für Fernbetätigung.

Die Schaltstücke von Hilfschaltern müssen bei Spannungen von 65 V einschließlich aufwärts für mindestens 10 A Dauerstrom bemessen sein.

Für die Anzeigevorrichtungen der Schalter sind die Worte „Ein — Aus“ zu verwenden. Die (rote) Farbe bei sichtbaren Schaltstellungszeigern dient zur Kennzeichnung des Einschaltzustandes.

Für die Anzeigevorrichtung von Zellschaltern und Regelschaltern sind die Worte „Spannung steigt“, „Spannung fällt“, zu verwenden.

Die Schaltmesser von Umschaltern mit Messerkontakt müssen in der Ausschaltmittelstellung eine zuverlässige Rast haben, die durch betriebsmäßige Erschütterungen nicht unwirksam wird.

## 5. Erdung.

### § 47.

Metallene Kapseln und metallene Abdeckungen müssen mit leicht zugänglichem Erdungsanschluß versehen sein; er muß durch „E“ oder durch das Erdungsschaltzeichen gekennzeichnet sein. Durch Abnehmen von Teilen der Umhüllung darf der Erdanschluß nicht unterbrochen werden.

Metallene Handhaben für die Betätigung müssen eine verlässliche metallische Verbindung mit dem Gehäuse und mit der Erde aufweisen. Diese metallische Verbindung zwischen Achse oder dem Griff und dem Gehäuse muß durch besondere Maßnahmen gewährleistet sein. Bei Verwendung von Isolierhandhaben genügt die Gehäuseerdung allein.

Erdschrauben müssen aus Messing, Anschlußstellen metallisch blank sein. An kleineren Geräten muß der Durchmesser der Erdschraube mindestens 6 mm, an Geräten von 600 A aufwärts mindestens 12 mm sein.

An den metallenen Gehäusen der Schaltgeräte müssen Vorkehrungen getroffen sein, die eine gut leitende Verbindung mit der metallenen Umhüllung der Anschlußleitungen (Panzerrohr, Bleimantel, Kabelbewehrung, Panzerader) ermöglichen.

Bei Steckvorrichtungen muß die Erdung der Gehäuse der beweglichen Teile vor der Stromverbindung eintreten.

## 6. Wirkungsweise.

## § 48.

Elektromagnetische Auslösung muß wie folgt wirken:

1. Überstromauslösung: Geräte mit Überstromauslösung müssen bei unverzögerter Auslösung vom 1- bis 2-fachen, bei verzögerter Auslösung vom 1,2- bis 2-fachen Wert des Auslöserennstromes einstellbar sein.

Verzögerte Überstromauslösungen müssen, ohne auszulösen, auf die Anfangstellung zurückgehen, wenn innerhalb  $\frac{2}{3}$  der Auslösezeit der Strom auf den Wert des Nennstromes zurückgeht.

Der Auslösestrom darf vom Einstellstrom nicht mehr als  $\pm 7,5\%$  abweichen.

2. Unterstromauslösung: Geräte mit Unterstromauslösung müssen bei höchstens 10% des Auslöserennstromes auslösen; beim Einschalten müssen sie nach Belastung mit dem Auslöserennstrom 15% dieses Stromes noch halten, Befestigung an erschütterungsfreier Unterlage vorausgesetzt.

3. Rückstromauslösung: Geräte mit Rückstromauslösung müssen im allgemeinen die Auslösung eines Rückstromes von 10% des Auslöserennstromes ermöglichen. Nach vorheriger Belastung mit Auslöserennstrom und bei Nennspannung müssen sie noch halten, wenn kein Strom fließt, Befestigung an erschütterungsfreier Unterlage vorausgesetzt.

4. Spannungsrückgangsauslösung: Geräte mit Spannungsrückgangsauslösung müssen im Einschaltzustand verbleiben und einschaltbar sein, wenn die Spannung 70% der Auslöserennspannung beträgt; sinkt die Spannung unter 35% der Auslöserennspannung, so muß die Auslösung erfolgen.

5. Arbeitsstromauslösung: Geräte mit Arbeitsstromauslösung (Nebenschluß- oder Fremdschlußwicklungen) müssen bei 0,5- bis 1,1-facher Auslöserennspannung bzw. Betätigungsspannung richtig auslösen.

## § 49.

Elektrisch betätigte Einschaltvorrichtungen müssen noch bei einer Betätigungsspannung wirken, die von der normalen um  $\pm 10\%$  abweicht.

Elektrisch betätigte Ausschaltvorrichtungen müssen noch bei einer Betätigungsspannung wirken, die von der normalen um  $+10\%$  oder  $-25\%$  abweicht.

## § 50.

Schmelzeinsätze müssen wie folgt wirken:

Tafel 5.

Art des Schmelzeinsatzes	Soll in einer Stunde durchschmelzen bei	Darf in einer Stunde nicht durchschmelzen bei	
Schmelzstreifen . . . . .	1,8 $\times$ Nennstrom	1,6 $\times$ Nennstrom	
Patronen {	6 und 10 A . . . . .	2,1 $\times$ „	1,5 $\times$ „
	15,25 A . . . . .	1,75 $\times$ „	1,4 $\times$ „
	35 A u. darüber . . . . .	1,6 $\times$ „	1,3 $\times$ „

## 7. Haltbarkeit.

## § 51.

Kontaktverbindungen müssen so beschaffen sein, daß sich der Kontakt zwischen stromführenden Teilen durch die betriebsmäßige Erwärmung, die unvermeidliche Veränderung der Isolierstoffe und die betriebsmäßige Erschütterung nicht ändert. Z. B. darf der Kontaktdruck bei festen Verbindungen (Schraub- oder Nietkontakte) nicht über eine Zwischenlage von Isolierstoff übertragen werden.

Die mechanische Ausführung muß derart sein, daß das Gerät die betriebsmäßig entstehenden Erschütterungen und Beanspruchungen aushält.

## § 52.

Spannungführende Teile müssen an wärme-, feuer- und feuchtigkeitsicheren Isolierstoffen befestigt sein.

## § 53.

Die Isolierbrücke (Polkupplung) muß mechanisch fest, wärme-, feuer- und feuchtigkeitsicher sein.

Griffe für Schaltgeräte müssen so stark und mit dem Schaltgerät so zuverlässig verbunden sein, daß sie den auftretenden mechanischen Beanspruchungen dauernd standhalten und sich bei Betätigung des Schaltgerätes nicht lockern.

## § 54.

Abdeckungen und Schutzverkleidungen müssen mechanisch widerstandsfähig und wärmesicher sein. Solche aus Isolierstoff, die im Gebrauch mit einem Lichtbogen in Berührung kommen können, müssen auch feuersicher oder feuersicher ausgekleidet sein. Sie müssen zuverlässig befestigt werden und so ausgebildet sein, daß die Schutzum-

hüllungen der Leitungen in diese Schutzverkleidungen eingeführt werden können. Bei den Schutzarten S 2 bis S 7 muß die Möglichkeit bestehen, die Leitungen ohne scharfe Knicke und ohne Berührung von Metallteilen an die Klemmen zu führen.

## 8. Aufschriften.

### § 55.

Aufschriften müssen dauerhaft und gut leserlich ausgeführt und an dem betriebsfertig angebrachten und abgeschlossenen Gerät, gegebenenfalls nach Abnahme der Abdeckung, gut ablesbar sein. Die Bezeichnungen nach Zahlentafel 6 und das Ursprungszeichen müssen auf dem Hauptteil des Gerätes angebracht sein. Die Abdeckung nach Schutzart S 1 bis S 3 gilt nicht als Hauptteil.

Soweit die Abdeckungen nicht vertauschbar sind (Schutzarten S 4 bis S 7), sind Aufschriften auf den Abdeckungen allein ausreichend.

Die Aufschriften müssen umfassen:

1. Ursprung- oder Herkunftszeichen,
2. Fertigungsnummer oder Listennummer (soweit ohne praktische Schwierigkeiten durchführbar),
3. Stromart, wenn das Gerät nur für eine Stromart verwendbar ist,
4. die in der Tafel 6 angegebenen elektrischen Größen,
5. Hinweis auf das Schaltbild (bei größeren Apparaten mit verwickeltem Schaltbild),
6. Hinweis auf Zubehör, z. B. auf Vorwiderstände, Drosselspulen, Hilfschalter usw.),
7. es empfiehlt sich eine Klemmenbezeichnung für Netz- und Verbraucheranschluß.

## C. Prüfung.

### § 56.

Es ist zwischen Modellprüfung und Stückprüfung zu unterscheiden. Durch die Modellprüfung soll eine vollständige Untersuchung der sämtlichen den Gebrauchszweck sicherstellenden Eigenschaften vorgenommen werden; sie muß mindestens alle in den §§ 57 bis 71 angegebenen Prüfungen umfassen. Die Stückprüfung hat den Zweck, Werkstoff- und Ausführungsfehler festzustellen; sie muß mindestens die in § 72 enthaltenen Prüfungen umfassen.

Tafel 6. (§ 55).

Gerät	Auf dem Schalter				Auf dem Auslöser					
	Nennstrom	Nennspannung	Ausschaltstrom	Periodenzahl	Nennstrom	Nennspannung	Periodenzahl	Strom-	Zeit-	Auslöseart
								Einstellung		
Leistungsschalter . . . . .	A	V	A	—	—	—	—	—	—	—
Trennschalter u. Umschalter	A	V	—	—	—	—	—	—	—	—
Schleifbürsten-Wahlschalter ausschließlich	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Meßumschalter . . . . .	A	V	—	—	—	—	—	—	—	—
Meßumschalter und Meßsteckvorrichtungen . . . . .	—	V	—	—	—	—	—	—	—	—
Schalter mit	Überstromauslösung	V	—	P	A	—	P	10 A	2 s	a/u
								20 A	5 s	
								—	—	
								—	—	
Schalter mit	Unterstromauslösung	V	—	P	A	—	P	—	—	—
								—	—	
								—	—	
								—	—	
Schalter mit	Rückstromauslösung	V	—	P	A	V	P	—	—	—
								—	—	
								—	—	
								—	—	
Schalter mit	Spannungsrückgangsauslösung	V	—	P	—	V	P	—	—	—
								—	—	
								—	—	
								—	—	
Schalter mit Fernauslösung	A	V	—	P	—	V	P	—	—	—
Zellenschalter . . . . .	A	V	—	—	—	—	—	—	—	—
Sicherungssockel und Sicherungsbrücke . . . . .	A	V	—	—	—	—	—	—	—	—
Schmelzeinsätze . . . . .	A	V	—	—	—	—	—	—	—	—
Steckvorrichtungen . . . . .	A	V	—	—	—	—	—	—	—	—

Die Prüfungen müssen an einem fabrikneuen, nicht besonders ausgetrockneten Gerät stattfinden.

Die Kontaktstellen müssen gesäubert und gefettet und die Abbrennstellen in ordnungsgemäßem Zustande sein.

### 1. Modellprüfung.

#### a) Erwärmungsprobe.

#### § 57.

Durch die Erwärmungsprobe soll festgestellt werden, ob bei Dauerbelastung mit dem Prüfstrom die höchstzulässige Erwärmung in betriebsmäßigem Zustande nicht überschritten wird.

Sie besteht darin, daß die stromführenden Teile in der in § 62 angegebenen Weise belastet werden, wobei Erwär-

mung und Raumtemperatur festgestellt werden. Diese sollen die in § 65 angegebenen Grenzwerte nicht überschreiten. Ferner ist als Vergleichswert für die Stückprüfung (vgl. § 72) der Spannungsabfall zu ermitteln.

#### § 58.

Erwärmung ist der Unterschied der Temperaturen der Geräteteile und der des umgebenden Kühlmittels (Luft) bei Beginn und Ende der Prüfung. Als Enderwärmung gilt der Unterschied zwischen der Beharrungstemperatur und der Lufttemperatur (§ 65).

#### § 59.

Als Lufttemperatur gilt der Durchschnittswert, der während des letzten Viertels der Versuchszeit in regelmäßigen Zeitabständen gemessenen Temperatur der Umgebungsluft, etwa in der Höhe der Mitte des Gerätes und in etwa 1 m Entfernung von ihm. Das Thermometer darf weder einer Wärmestrahlung noch Luftströmungen ausgesetzt sein.

#### § 60.

Die Erwärmung aller Teile — mit Ausnahme der Nebenschluß- und Fremdschlußwicklungen — soll nach Möglichkeit mit dem Thermometer bestimmt werden. Maßgebend ist die Temperatur der wärmsten Stelle.

#### § 61.

Zur Temperaturmessung können Quecksilber- oder Alkoholthermometer, Thermolemente und Widerstandsthermometer verwendet werden. Der Quecksilber- oder Alkoholbehälter des Thermometers ist mit einem glatten Streifen Metallfolie zu umwickeln.

#### § 62.

Die Erwärmung der Geräteteile mit Ausnahme der Nebenschluß- und Fremdschlußwicklungen wird bei Dauerbelastung bei Nennstromstärken bis 60 A mit dem 1,25-fachen Nennstrom, bei Nennstrom bis 1000 A mit dem 1,1-fachen Nennstrom, darüber mit dem Nennstrom ermittelt.

Die Erwärmung der Nebenschlußwicklung wird bei Dauerbelastung mit einer Prüfspannung gleich 1,1 Auslösernennspannung ermittelt. Für diese Prüfung kann Fremdschluß- anstatt Nebenschlußschaltung verwendet werden.

Die Dauerprüfung kann in warmem oder in kaltem Zustande beginnen und wird so lange fortgesetzt, bis die Erwärmung nicht mehr merklich zunimmt (Enderwärmung).

### § 63.

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

1. Mittlere Erwärmung, berechnet aus der Widerstandszunahme,

2. örtliche Erwärmung an der heißesten zugänglichen Stelle, gemessen mit dem Thermometer.

Wenn die Widerstandsmessung untunlich ist, so wird die Thermometermessung allein angewendet, im allgemeinen gilt das oben vorgeschriebene Meßverfahren.

### § 64.

Die Erwärmung von Kupferwicklungen wird aus der Widerstandszunahme nach folgender Formel ermittelt:

$$\text{Erwärmung:} = \frac{(235 + t_k) r}{100} - (t_L - t_k),$$

wobei bedeutet:

$t_k$  = Temperatur der Wicklung in kaltem Zustande.

$t_L$  = Lufttemperatur,

$r$  = prozentuale Widerstandszunahme.

### § 65.

Als höchstzulässige Temperatur und Erwärmung in Grad C gelten die Grenzwerte (Tafel 7).

Werden an der Berührungstelle Stoffe von verschiedener Wärmebeständigkeit verwendet, so ist die für den weniger wärmebeständigen Stoff zulässige Grenztemperatur maßgebend.

b) Schalthäufigkeitsprobe.

### § 66.

Die Schalthäufigkeitsprobe hat den Zweck, die mechanische Haltbarkeit zu erproben. Sie besteht darin, daß spannunglos (bzw. bei geringer Spannung, z. B. bei Selbstschaltern) die nachstehend angegebene Anzahl Stellungswechsel hintereinander ausgeführt werden (Zahlentafel 8). Bei kleineren Schaltgeräten bis zu 10 je min, bei größeren Schaltgeräten 1 bis 2 je min, Schmierung ist zulässig.

Die mechanischen Vorrichtungen können von Hand ausgeführt werden oder mit einer maschinellen Vorrichtung,

Tafel 7.

	Bestandteil oder Werkstoff	Grenz- Tempe- ratur	Grenz- Erwär- mung	
Strom- führende Metall- teile	Schaltstücke . . . . .	70	35	
	Kontaktstücke von Sicherungen . . . . .	120	35	
Isolier- stoffe	Lackierte Pappe, Hartlackpappe, Fiber, Preßspan . . . . .	80	45	
	Mikanit . . . . .	65	30	
	Asbestpappe (Mischware) . . . . .	80	45	
	Kunstschiefer, Kunstmarmor, Hartpapier . Schiefer, Marmor, Granit, Syenit und an- dere natürliche Gesteine . . . . .	105	70	
	Steatit, Porzellan, Glas und ähnliche kera- mische Isolierstoffe . . . . .	120	85	
	Asbest, Rohglimmer, Asbestzement, Schie- ferasbest . . . . .		Nur beschränkt durch den Ein- fluß auf benach- barte Teile	
	Gepreßte Isolierstoffe mit Ausnahme von lackierter Pappe	Preßstücke für gewöhnliche Zwecke . . . . . Preßstücke mit besonders hoher Wärmebeständigkeit z. B. für Sicherungssockel . . . . .	80	45
			120	85
	Wick- lungen	Blank . . . . .	100	65
		Isoliert mit ungetränkter Baumwolle, Seide, Jute, Steringleinen . . . . .	85	50
Isoliert mit getränkter Baumwolle, Seide, Jute, Steringleinen oder getränktem Papier . . . . .		95	60	
Lackdraht . . . . .		95	55	

Bei den vorstehenden Erwärmungen müssen die Geräte der betriebsmäßigen Beanspruchung gewachsen sein.

Tafel 8.

Gerät	Stellungswechsel
Geräte für betriebsmäßig häufige Be- tätigung z. B. Webstuhlschalter . . . . .	100 000 Stellungswechsel
Leistungsschalter für Handbetätigung Trennschalter einschl. Stecker . . . . .	1 000 „
Umschalter . . . . .	
Schalter mit Selbstauslösung . . . . .	500 „
Schalter mit elektr. Fernbetätigung	
Wahlschalter . . . . .	100 mal von einer End- stellung zur anderen



deren Betätigungsgeschwindigkeit schneller Handbewegung entspricht.

Bei Selbst- und Fernschaltern sind Pausen einzuschieben, um unzulässige Erwärmung betriebsmäßig nur vorübergehend eingeschalteter Wicklungen zu verhindern.

Die Probe gilt als bestanden, wenn das Gerät ohne Nacharbeit betriebsfähig bleibt und nach der Probe Spannungsprobe und Schaltleistungsprobe aushält.

### c) Spannungsprobe.

#### § 67.

Die Spannungsprobe hat den Zweck, festzustellen, ob die dielektrische Festigkeit der Isolierteile einschließlich der Wicklungsisolations ausreichend ist. Sie erfolgt bei Raumtemperatur. Die Prüfstromquelle ist dabei anzulegen:

1. Gerät ausgeschaltet: An die Klemmen, die in eingeschaltetem Zustande leitend überbrückt sind,

2. Gerät eingeschaltet: An die Klemmen verschiedener Polarität,

3. Gerät eingeschaltet: Einen Pol an die leitend untereinander verbundenen Klemmen, der andere an das metallische Bedienungselement oder an eine für den Versuch anzubringende metallische Umwicklung des isolierten Bedienungselementes.

4. Gerät eingeschaltet: Ein Pol an die leitend untereinander verbundenen Klemmen, der andere an die zur Erdung bestimmte metallische Abdeckung oder Ummantelung.

5. Gerät eingeschaltet: Ein Pol an die leitend untereinander verbundenen Klemmen, der andere an die leitend untereinander verbundenen Befestigungsschrauben des Sockels.

Die Prüfspannung soll eine praktisch sinusförmige Wechselfspannung von 50 Per/s sein. Sie wird allmählich auf die nachstehend angegebenen Werte gesteigert, die während der angegebenen Prüfzeit gleich gehalten werden. Die Prüfung muß mit den in Tafel 9 angegebenen Spannungen erfolgen.

Tafel 9.

Neuenspannung V	250	500	550	750	1100	1500	2200	3000
Gekürzte Prüfspannung (1 s) . . . . .	2000	2500	—	—	—	—	—	—
Ungekürzte Prüfspannung (1 min) . . . .	2000	2500	3000	3000	5000	5000	7000	10000

Bei Nennspannung von einschließlich 550 V aufwärts ist nur die ungekürzte Spannungsprüfung anzuwenden.

Für die Prüfung muß eine Prüfstromquelle von mindestens 2 kVA Dauerleistung verwendet werden. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn weder Überschlag noch Durchschlag erfolgt und sich die Isolierstoffe nicht merklich erwärmen.

#### § 68.

Schleifbürsten-Wahlschalter einschließlich Meßumschalter müssen mit den in § 67 angegebenen Prüfspannungen zwischen beliebigen Kontaktstücken geprüft werden.

#### § 69.

Die Bestimmungen des § 67 gelten sinngemäß auch für die Spannungprobe von Wicklungen, die an eine Fremdstromquelle (Fremdschlußwicklung) gegen Körper angeschlossen sind.

#### § 70.

Zellenschalter müssen ohne Zwischenwiderstand mit einer Prüfspannung von 500 V während 1 min zwischen benachbarten Kontaktstücken und zwischen Haupt- und Nebenbürsten geprüft werden. Die Spannungprüfung zwischen den stromführenden Teilen und Körper erfolgt nach § 67.

### d) Schaltleistungsprobe.

#### § 71.

Die Schaltleistungsprobe hat den Zweck, die sichere Bewältigung des Ausschaltvorganges nachzuweisen. Sie besteht darin, daß die in Tafel 10 angegebenen Schaltverrichtungen ausgeführt werden. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn

1. der Schaltlichtbogen nicht stehen bleibt,
2. kein Lichtbogen zwischen den Polen auftritt,
3. kein Überschlag des Lichtbogens nach den zur Erdung bestimmten Metallteilen eintritt,
4. die dauernd stromführenden Teile mit Ausnahme der Abbrennstücke nicht unbrauchbar werden,
5. das Gerät nach der Prüfung betriebsfähig bleibt.

Prüfspannung = 1,1-fache Nennspannung,  
bei Bahnanlagen = 1,2-fache Nennspannung.

Gleichstromgeräte werden bei induktionsfreier Belastung mit Prüfströmen nach Tafel 10 geprüft. Wechselstromgeräte ohne Überstromauslösung werden entweder mit induktionsfreier Belastung mit Prüfströmen nach Tafel 10 oder, wenn sie für induktive Stromkreise bestimmt sind, mit induktiver

Belastung mit Prüfströmen nach Tafel 10 geprüft. Wechselstromgeräte mit Überstromauslösung werden sowohl bei induktionsfreier als auch bei induktiver Belastung mit Prüfströmen nach Tafel 10 geprüft.

Tafel 10.

Gerät	Prüfstrom induktions- frei	Prüfstrom induktiv			Stellungswechsel	
		A	A	$\cos \varphi$ max		
Leistungshalter jeder Art.	1,25 J	0,75 J	0,2		Unmittelbar hintereinander 20 mal aus- und 20 mal einschalten	
Schalter mit Überstrom- Auslösung	Nennstrom A 10—25 25—100 100—350 350 und darüber	Gruppe I „ II „ III „ IV	500	71	0,2	10 mal aus- und, sofern mit Freiauslösung versehen, 5 mal einschalten innerhalb 30 min <sup>4)</sup>
			1500	225	0,2	
			5000	750	0,2	
			3)	—	—	
Schalter mit Spannungrückgangsauslösung . . . .	1,25 J	—	—	—	10 mal aus- und, sofern mit Freiauslösung versehen, 5 mal einschalten innerhalb 10 min	
Steckvorrichtungen . . .	1,25 J	—	—	—	Unmittelbar hintereinander 20 mal schalten	

$J$  = Nennstrom,  $E$  = Nennspannung.

<sup>3)</sup> Für Zentralen und große Verteilungsanlagen.

<sup>4)</sup> Bei Prüfung gekapselter Geräte kann der Hersteller nach jeder zweiten Ausschaltung Lüftung fordern.

## 2. Stückprüfung.

### § 72.

Die Stückprüfung besteht in einer gekürzten Spannungsprüfung und der Messung des Spannungsabfalles.

Die gekürzte Spannungsprüfung wird in den in § 67 mit 2 und 4 bezeichneten Schaltungen vorgenommen. Die Prüfspannung (Wechselstrom) wird etwa 1 s angelegt; sie beträgt 2000 V bei 250 V Nennspannung und 2500 V bei 500 V Nennspannung. Bei Nennspannung über 500 V ist an Stelle der gekürzten die ungekürzte Spannungsprüfung vorzunehmen.

Der Spannungsabfall wird mit den Werten verglichen, die bei der Modellprüfung an brauchbaren Stücken gemessen worden sind.

Die Stückprüfung gilt als bestanden, wenn das Gerät die gekürzte Spannungprobe bzw. bei Nennspannungen über

500 V die ungekürzte Spannungprobe aushält, weder Überschlag noch Durchschlag erfolgt und der Spannungsabfall bei metallisch reinen Kontaktstellen nicht größer als 1,25 mal dem Vergleichswert ist.

Nach Art des Gerätes ist ferner die in §§ 48 bis 50 festgesetzte Wirkungsweise zu erproben. Geräte für Ferneinschaltung müssen sich gemäß § 49 unmittelbar aufeinanderfolgend fünfmal mit 10% Überspannung, daran anschließend fünfmal mit 10% Unterspannung betätigen lassen.

#### IV. Verwendung und Anbringung.

##### § 73.

Die Auswahl von Überstromschaltern ist so zu treffen, daß der in Tafel 10 angegebene Prüfstrom von dem an der Verwendungsstelle auftretenden Kurzschlußstrom nicht überschritten wird.

##### § 74.

Sicherungen mit Polhörnern dürfen nur offen oder geschirmt verwendet werden.

##### § 75.

Offene Schmelzstreifen und Rohrsicherungen dürfen in Schaltgeräten nach Schutzart S 4 bis S 7 (siehe § 19) nicht verwendet werden.

##### § 76.

Die Anbringung des Gerätes muß so erfolgen, daß im Bereich des Lichtbogens und der Dämpfe weder brennbare noch spannungführende oder geerdete Teile liegen und, daß die Möglichkeit der Ablenkung des Lichtbogens von der beabsichtigten Bahn durch das Feld der eigenen oder fremden Anschlußleitungen oder durch Luftzug vermieden wird.

##### § 77.

Trennschalter können in beliebiger Lage angebracht werden, jedoch darf ein Selbstschließen nicht erfolgen können (etwa durch Schwerkraft oder Erschütterungen).

##### § 78.

Es wird empfohlen, folgende Geräte entweder hinter der Schalttafel oder erhöht so anzubringen, daß spannungführende Teile außer Handbereich liegen (Gestängeantrieb).

- |  |  |
|--|--|
| 1. Offene oder geschirmte Handleistungshalter für volle Leistung,  | } von 500 V<br>ein-<br>schließlich<br>aufwärts |
| 2. Offene oder geschirmte Schalter mit Selbst- oder Fernauslösung, |  |
| 3. Offene oder geschirmte Sicherungen.                             |  |

## § 79.

Die Geräte müssen gegen eine durch fremde Wärmequellen verursachte zusätzliche Erwärmung geschützt werden (Erwärmung durch unzureichende Anschlußleitungen, Wärmestrahlung, warmer Luftzug und dergleichen).

Ist die Raumtemperatur an der Verwendungsstelle höher als 35° C, so müssen, insbesondere bei größeren Stromstärken, Schaltgeräte größerer Nennstromstärke, als der betriebsmäßig auftretenden Stromstärke entspricht, verwendet werden. Die gleiche Maßnahme empfiehlt sich bei langanhaltendem, pausenlosen Dauerbetrieb.

## § 80.

Schalter sind, wenn möglich, so anzuschließen, daß der bewegliche Teil in der Ausschaltstellung nicht spannungsführend ist, besonders bei Anbringung auf der Bedienungsseite der Tafel. Bei Geräten von 1000 A aufwärts empfiehlt es sich, zwischen Geräteklennen und Leitungen biegsame Verbindungstücke vorzusehen.

Anschlußstellen für Leitungen, auch Erdzuleitungen, müssen vor dem Anschließen metallisch blank gemacht und mit reiner Vaseline gefettet werden.

## § 81.

Schaltkasten, die Schalter und Sicherungen enthalten, dürfen die Berührung der Schmelzeinsätze nur in spannungslosem Zustande gestatten vorausgesetzt, daß die Schaltung derart erfolgen kann, daß der Schalter zwischen Netz und Sicherung liegt.

Bei gekapselten Leistungshaltern (S 4 bis S 7) muß der zulässige Ausschaltstrom (§ 28) mindestens gleich dem Nennstrom sein.

## V. Bedienung und Wartung.

## § 82.

Einstellung des Einstellstromes und der Auslösezeit soll in der Regel nicht im Einschaltzustande erfolgen.

## § 83.

Metallene Schaltstücke sind in angemessenen Zeitabschnitten zu säubern, von Schmelzperlen zu befreien und leicht mit reiner Vaseline zu schmieren.

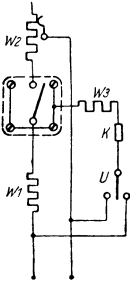


Abb. 1.

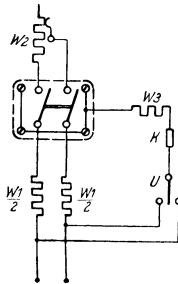


Abb. 2.

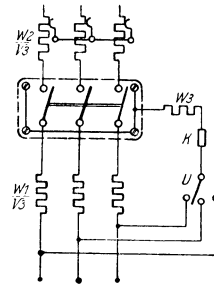


Abb. 3.

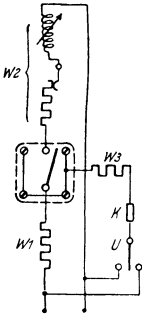


Abb. 4.

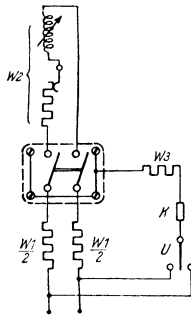


Abb. 5.

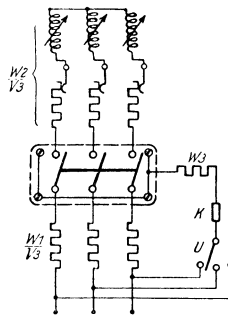


Abb. 6.

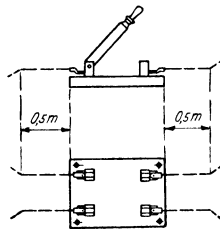


Abb. 7.

## § 84.

Die Einschaltbewegung soll bei Wechsel- und Gleichstrom schnell erfolgen. Bei Gleichstrom soll das Ausschalten ebenfalls schnell erfolgen; bei Wechselstrom-Leistungschaltern, ausgenommen Selbstschalter, ist Ausschalten mit mäßiger Geschwindigkeit zu empfehlen.

## Erläuterungen zu den Schaltbildern.

1. Bei der Prüfung ist das Gerät je nach Art der Prüfung nach den Schaltbildern 1 bis 6 anzuschließen. Zuleitungen sind nach Abb. 7 anzuordnen.

2. Der Widerstand  $W_1$  einschließlich des Leitungswiderstandes ist so zu bemessen, daß er bei dem vorgeschriebenen Prüfstrom die um 10% erhöhte Spannung auf die Nennspannung des Gerätes herabmindert.

$W_2$  ist der Belastungswiderstand, der je nach der Prüfart induktionsfrei (bei Gleichstrom und Wechselstrom) oder induktiv (bei Wechselstrom) gewählt werden kann. Die induktive Belastung wird durch eine Drossel bewirkt, zu der zwecks Erzielung des vorgeschriebenen Leistungsfaktors ein induktionsfreier Widerstand in Reihe geschaltet werden kann. Parallelschalten von nicht gleichartigen Drosseln oder von Drossel und induktionsfreiem Widerstand ist nicht zulässig.

$W_3$  ist ein Widerstand zur Verhütung eines unmittelbaren Kurzschlusses bei Überschlag nach den für Erdung eingerichteten Teilen.

U ist ein Umschalter, der gestattet, die Befestigungsschrauben und die für Erdung eingerichteten Teile bei der Prüfung wahlweise an die verschiedenen Pole zu legen.

K ist eine Kennsickeicherung, bestehend aus blankem Widerstandsdraht (Rheotan) von 0,1 mm Durchmesser und mindestens 30 mm Länge.

3. Die Prüfung des Gerätes ist mit der zugehörnden aufgesetzten Abdeckung in der Gebrauchslage auszuführen, und zwar bei Anschluß der Stromquelle sowohl an die oberen als auch an die unteren Klemmen des Gerätes.

4. Die Schaltverrichtungen (Tafel 10) sind zur Hälfte mit oberem, zur Hälfte mit unterem Anschluß der Stromquelle am Gerät auszuführen; dabei ist der Erdanschluß zu wechseln.

5. Stromquellen: bei Gleichstrom:

Akkumulatorenbatterie von mindestens 1000 Ah  
Kapazität bei einstündiger Entladung,

bei Wechselstrom:

für Gruppe I und II 200 kVA-  
für Gruppe III 500 kVA- } Transformator.

## **48. Leitsätze für die Konstruktion und Prüfung von Wechselstrom-Hochspannungsapparaten von einschließlich 1500 V Nennspannung aufwärts<sup>1)</sup>.**

**(Ölschalter, Trennschalter, Stützenisolatoren, Durchführungen, Kabelendverschlüsse, Überspannungschutzapparate, Schmelzsicherungen, Stromwandler<sup>2)</sup> und Freileitungsapparate.)**

Gültig ab 1. Januar 1914<sup>3)</sup>.

### **A. Allgemeine Bestimmungen.**

#### **§ 1.**

Für Hochspannungsapparate gelten als Nennspannungen 1500, 3000, 6000, 12 000, 24 000, 35 000 (50 000, 80 000, 110 000, 150 000 und 200 000) V.

**Anmerkung.** Im Sinne des § 2a der Errichtungsvorschriften sollen die Apparate bis 35 000 V auch für die bis 15% über den Nennspannungen liegenden Spannungen anwendbar sein, die infolge Spannungsabfalles bis zur Verbrauchsstelle in der Erzeugerstelle auftreten.

#### **§ 2.**

Für Hochspannungsapparate gelten als Nennstromstärken 2, 4, 6, 10, 25, 60, 100, 200, 350, 600, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000 und 6000 A (siehe S. 172).

#### **§ 3.**

Für Hochspannungsapparate gelten die „Normen für Anschlußbolzen und ebene Schraubkontakte von 10 bis 1500 A“ (siehe S. 502).

#### **§ 4.**

Hochspannungsapparate sind zu wählen nach der Spannung und dem für den Ort ihrer Verwendung errechneten Kurzschlußstrom.

<sup>1)</sup> Erläuterungen siehe ETZ 1912, S. 354, 380.

<sup>2)</sup> s. S. 413.

<sup>3)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1913. Veröffentlicht: ETZ 1913, S. 1087.



**Anmerkung:** Unter Kurzschlußstrom ist nicht der erste, beim Einsetzen des Kurzschlusses auftretende Stromstoß, sondern der Strom im stationären Zustand des Kurzschlusses verstanden.

### § 5.

Bei Hochspannungsapparaten für Innenräume gelten die in Tafel 1 und in Tafel 2, Spalte 1 bis 3, angegebenen Nennspannungen, Kurzschlußströme, Prüfspannungen und lichten Maße.

Diese Tafeln gelten jedoch nicht für Ölschalter, wenn außergewöhnliche Verhältnisse (hoher Momentan-Kurzschlußstrom, besonders bei unverzögerter Auslösung) vorliegen.

**Anmerkung.** Bei Anlagen für 15000 V kann die Serie III verwendet werden, wenn der Kurzschlußstrom nicht mehr als 500 A beträgt.

Die angegebenen lichten Maße bedeuten geradlinig gemessene Abstände spannungsführender blanker Teile an der ungünstigsten Stelle.

Für alle Apparate gilt:

#### Maß A.

Es gibt an den Abstand

1. gegen Erde,
2. verschiedener Pole oder Phasen gegeneinander,
3. im ausgeschalteten Zustande getrennter Teile, gleichnamiger Pole oder Phasen gegeneinander.

**Anmerkung.** Bei hochwertig isolierten Leitungen, deren Isolierung durch geeignete Maßnahmen gegen Verwitterung geschützt ist, brauchen vorstehende Mindestmaße nicht eingehalten zu werden.

Nur für Ölschalter gilt:

#### Maß B.

Es gibt an den Abstand

1. gegen Erde,
2. gegen den Ölspiegel,
3. verschiedener Pole oder Phasen gegeneinander,
4. im ausgeschalteten Zustande getrennter Teile, gleichnamiger Pole oder Phasen gegeneinander mit Ausnahme der Ausschaltstrecken.

**Anmerkung.** Das Maß B gilt nicht für außerhalb des Wirkungsbereiches des Lichtbogens sonst noch im Ölbad befindliche Hilfsapparate, z. B. Stromwandler, Schutzwiderstände.

#### Maß C.

der Unterbrechungstelle an den feststehenden Kontakten von der Öloberfläche.

Die vorstehenden Maße sollen nie unterschritten werden. Andere Maße, als die Stufenreihen enthalten, können auf Grund dieser Leitsätze nicht gefordert werden.

Tafel 1.

Nennspannung V	Kurzschlußstrom in A					
	1000	1500	2000	3000	4500	6000
1 500	I	I	I	I	—	—
3 000	I	I	I	II	II	II
6 000	II	II	II	III	III	III
12 000	III	III	IV	IV	IV	—
24 000	IV	V	V	—	—	—
35 000	V	—	—	—	—	—
50 000	VI	—	—	—	—	—
80 000	VII	—	—	—	—	—
110 000	VIII	—	—	—	—	—
150 000	IX	—	—	—	—	—
200 000	X	—	—	—	—	—

(Innerhalb jeder Serie ist die Type zu bestimmen mit Rücksicht auf die Nennstromstärke, vgl. die Anmerkung in § 4).

Tafel 2.

Serie	Prüfspannung V	Lichte Maße mm		
		außer Öl A	unter Öl (nur für Ölschalter)	
			B	C
1	2	3	4	5
I	10 000	75	40	90
II	20 000	100	50	100
III	30 000	125	60	120
IV	50 000	180	90	180
V	70 000	240	120	240
VI	100 000	—	—	—
VII	160 000	—	—	—
VIII	220 000	—	—	—
IX	300 000	—	—	—
X	400 000	—	—	—

Anmerkung. Zur Bestimmung des Kurzschlußstromes können mit einer für die Praxis genügenden Genauigkeit für normale Fälle im allgemeinen folgende Annäherungsregeln benutzt werden:

- a) Bei Apparaten, die ohne merkliche Widerstände an den Sammelschienen einer Zentrale liegen, ist, sofern bestimmte Werte nach § 4 nicht zur Verfügung stehen, das 3-fache des

bei Vollbelastung aller gleichzeitig arbeitenden Maschinen in die Sammelschienen fließenden Stromes anzunehmen.

- b) Bei Apparaten, die durch einen merklichen Widerstand mit einem Spannungsverluste von  $n\%$  bei Normalverbrauch des betreffenden Abzweiges von den Sammelschienen der Zentrale getrennt sind, ist als Kurzschlußstrom anzunehmen  $\frac{100}{n}$  des Normalstromes des Abzweiges.
- c) Apparate in Ringleitungen sind wie unter b) zu bestimmen, wobei anzunehmen ist, daß die Stromzuführung nur aus dem Teile der Ringleitung erfolgt, bei dem sich die ungünstigste Beanspruchung des Apparates ergibt.  
Bei Apparaten, die in Abzweigungen von Ringleitungen liegen, gilt die Regel b) ohne Einschränkung.
- d) Bei Apparaten hinter Transformatoren ist als Kurzschlußstrom — unter Annahme eines Spannungsabfalles von  $3,3\%$  in den Transformatoren — das  $\frac{100}{3,3}$  30fache des normalen Stromes der Transformatoren anzunehmen.
- e) Bei Apparaten hinter Transformatoren, bei denen in der primären Zuleitung ein Spannungsverlust von  $n\%$  bei Normalleistung der Transformatoren vorhanden ist, ist als Kurzschlußstrom anzunehmen  $\frac{100}{3,3 + n}$  des normalen Transformatorenstromes.
- f) Bei Apparaten hinter Transformatoren, bei denen in den primären und sekundären Leitungen ein Spannungsverlust von  $n_1$  bzw.  $n_2\%$  bei Normalleistung der Transformatoren auftritt, ist als Kurzschlußstrom anzunehmen  $\frac{100}{3,3 + n_1 + n_2}$  des normalen Stromes in der Sekundärleitung.
- g) In den Fällen b) bis f) ist für die Auswahl der Apparate als Kurzschlußstrom der in der Zentrale herrschende anzunehmen, wenn dieser kleiner als der errechnete ist (Beispiele im Anhang).

## § 6.

Wenn eine Abnahmeprüfung in der Fabrik oder am Verwendungsorte verlangt wird, so soll jeder Hochspannungsapparat in betriebsfertigem Zustande den in § 5 angegebenen Prüfspannungen bei etwa 50 Per/s je 1 min ausgesetzt werden. Hierbei darf ein Überschlag oder Durchschlag nicht stattfinden. Die Prüfspannungen sollen praktisch sinusförmigen Verlauf haben und allmählich auf den zu prüfenden Apparat gegeben werden.

Anmerkung. In Streitfällen gilt als praktisch nicht sinusförmig eine Spannungskurve, bei der die Amplituden der höheren Harmonischen mehr als  $3\%$  der Amplitude der Grundschwingung betragen.

## § 7.

An Apparaten, die geerdet werden sollen, muß ein zuverlässiger Anschluß der Erdzuleitung ermöglicht sein.

Die Konstruktionsteile der Schaltanlagen usw. können als ein Teil der Erdzuleitung benutzt werden, sofern sie eine dauernd gute Leitung gewährleisten.

## **B. Besondere Bestimmungen für Ölschalter.**

### **§ 8.**

Bei Ölschaltern gilt § 2 mit der Einschränkung, daß die Stromstufen von 2 bis 25 A und von Serie II (Tafeln, § 5) einschließlich der unter 200 A liegenden Stromstufen ab den „Normen für die Abstufung von Stromstärken bei Apparaten“ nicht entsprechen.

### **§ 9.**

Ölschalter sollen den angegebenen Kurzschlußstrom zweimal hintereinander abschalten können.

### **§ 10.**

Die in § 6 angegebene Prüfung ist bei Ölschaltern:

1. im eingeschalteten Zustande gegen Erde,
2. im ausgeschalteten Zustande gegen Erde,
3. im eingeschalteten Zustande, Pol gegen Pol,
4. im ausgeschalteten Zustande, gleichnamige Pole gegeneinander

vorzunehmen.

### **§ 11.**

Wenn die Temperatur des Öles und damit die des Schalters geprüft werden soll, ist die Temperatur in der oberen Ölschicht zu messen. Die Übertemperatur darf im Beharrungszustande bei dem Nennstrome bei Schaltern bis einschließlich 350 A nicht mehr als 20° C, bei Schaltern bis einschließlich 2000 A nicht mehr als 30° C, bei Schaltern mit größerem Strome nicht mehr als 40° C betragen, wobei Voraussetzung ist, daß sich die Kontakte des Schalters in ordnungsgemäßem Zustande befinden.

### **§ 12.**

Ölschalter sind mit einer Einrichtung zu versehen, die das Vorhandensein des normalen Ölstandes anzeigt.

### **§ 13.**

Bei Ölschaltern sollen zum Entleeren der Ölbehälter geeignete Einrichtungen vorgesehen sein.

### **§ 14.**

Holz, Holzstoff, Papier und ähnliche Faserstoffe sind als Isoliermittel bei Ölschaltern in unmittelbarer Verbindung mit spannungführenden Teilen nur zulässig, wenn sie so behandelt sind, daß das notwendige Isoliervermögen dauernd gewährleistet ist.

§ 15.

Entsprechend § 11 f der Errichtungsvorschriften sollen Schalterstellung und Einschaltrichtung erkennbar sein.

§ 16.

Die Schalter sollen eine Vorrichtung zum Ausgleich der bei bestimmungsgemäßer Verwendung in ihnen auftretenden Drucksteigerungen haben oder sie sollen so eingerichtet sein, daß sie diese schadlos aushalten.

§ 17.

Schalter von Serie VI einschließlich aufwärts müssen für jeden Pol einen gesonderten Ölbehälter haben.

§ 18.

Jeder Ölschalter soll ein Schild mit der Nennstromstärke in A, der Prüfspannung in V, den Nennspannungen in V und den zugehörigen Kurzschlußströmen in A tragen.

§ 19.

Dauernd eingeschaltete Magnetwicklungen (für Höchststrom- oder Nullspannungsauslösung) dürfen keine größere Übertemperatur als 50° C (thermometrisch gemessen) bei ihrem Nennstrome bzw. normaler Spannung erreichen.

Anmerkung. Die thermometrische Messung ist nach § 38 und 39 der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren“ vorzunehmen (siehe S. 254).

§ 20.

Bei Magnetwicklungen für Höchststrom gelten folgende Stromwerte als normal:

Nennstrom A	Auslösestrom, einstellbar zwischen		Nennstrom A	Auslösestrom, einstellbar zwischen	
	A	A		A	A
4	5,5	und 8	160	225	und 320
6	8	12	200	280	400
8	11	16	265	370	530
10	14	20	350	490	700
15	21	30	450	630	900
20	28	40	600	840	1 200
25	35	50	750	1050	1 500
30	42	60	1000	1400	2 000
40	56	80	1500	2100	3 000
50	70	100	2000	2800	4 000
60	84	120	3000	4200	6 000
75	105	150	4000	5600	8 000
100	140	200	6000	8400	12 000
125	175	250			

Wicklungen für weniger als 4 A Nennstrom sind nicht zulässig.

Das Verhältnis des an der Verwendungsstelle des Schalters möglichen Dauer-Kurzschlußstromes zum Nennstrom soll nicht größer sein als

250	bei Auslösung	ohne Verzögerung,
150	„ „	mit von der Stromstärke abhängiger Verzögerung,
$\frac{100}{\sqrt{t}}$	„ „	mit von der Stromstärke unabhängiger Verzögerung (wobei t die Verzögerung in s bedeutet).

Für Stromwandler von Auslöseapparaten gelten die gleichen Bestimmungen.

Für den Auslösestrom soll eine Anzeigevorrichtung vorhanden sein. Die Auslösevorrichtung soll mit einer Genauigkeit von  $\pm 7\frac{1}{2}\%$  wirken.

Auslöseapparate mit Verzögerung sollen nicht in Wirkung treten, wenn innerhalb der ersten  $\frac{2}{3}$  der Verzögerungszeit der Strom auf die Nennstromstärke zurückgeht.

#### § 21.

Zeitweise eingeschaltete Magnetwicklungen (für Ein- und Ausschaltung bei Fernbetätigung) sollen nach zehnmaligem, unmittelbar aufeinander folgenden Ein- und Ausschalten bei normaler Spannung des Betätigungstromes keine größere Übertemperatur (thermometrisch gemessen) als  $50^{\circ}$  C erreichen.

**Anmerkung.** Die thermometrische Messung ist nach § 38 und 39 der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren“ vorzunehmen (siehe S. 254).

#### § 22.

Elektromagnete für Einschaltung sollen noch bei einer Spannung des Betätigungstromes wirken, die von der normalen um  $\pm 10\%$  abweicht.

#### § 23.

Zeitweise eingeschaltete Elektromagnete für Ausschaltung sollen noch bei einer Spannung des Betätigungstromes wirken, die von der normalen um  $+10\%$  und  $-25\%$  abweicht.

#### § 24.

Elektromagnete für Nullspannungsauslösung sollen erst nach  $35\%$  Rückgang der Spannung wirken.

§ 25.

Die Auslösemagnete sollen bezeichnet sein mit ihrem Nennstrom und den Auslösestromstärken, zwischen denen sie einstellbar sind, bzw. der Spannung des Betätigungsstromes.

**C. Besondere Bestimmungen für Trennschalter.**

§ 26.

Trennschalter sind nur für Stromstärken von 200 A (einschließlich) aufwärts zulässig.

§ 27.

Bei Trennschaltern muß die vollzogene Unterbrechung zuverlässig erkennbar sein.

Kriechströme über die Isolatoren müssen durch eine geerdete Stelle abgeleitet werden.

§ 28.

Trennschalter in Öl sind nur für Spannungen bis 6000 V zulässig. Die Trennstrecke muß dem Maße A der Tafel 2 entsprechen.

**D. Besondere Bestimmungen für Freileitungsapparate bis einschließlich 35 000 V.**

Anmerkung: Die Verwendung von Freileitung-Schaltapparaten für höhere Spannungen wird für unzweckmäßig gehalten.

Außer den Bestimmungen der §§ 1, 2, 3 und 7 gelten noch die folgenden:

§ 29.

An Hochspannung-Mastschaltern dürfen Kontakte für weniger als 200 A Nennstromstärke nicht verwendet werden.

§ 30.

Die Kittstellen zwischen Metall und Isolatoren an Freileitungsapparaten müssen mit einem Schutzanstrich versehen sein.

§ 31.

Die die Kontakte tragenden Isolatoren an Freileitungsapparaten sollen im allgemeinen nicht zur Abspannung benutzt werden.

§ 32.

Bei Freileitungsapparaten muß die Prüfspannung bei unter 45° fallenden Regen von 5 mm Regenhöhe je min mindestens das Doppelte der Nennspannung betragen.

Die Prüfdauer beträgt 5 min.

## E. Anhang.

## Beispiele zu § 5.

Zu Anmerkung a.

- 1 a. Bei einer Zentrale mit Generatoren von je 195 A bei 12 000 V, also einem Gesamtstrom von 780 A ist als Kurzschlußstrom für sämtliche an den Sammelschienen liegenden Apparate, einerlei ob sie für Generatoren, große Abzweige und kleine Abzweige (Kondensationsmotoren, Beleuchtungstransformatoren u. dgl.) bestimmt sind, 2340 A anzunehmen, also ist bei 12 000 V die Serie IV zu wählen.
- 1 b. Bei einer Zentrale von nur 2 Generatoren von je 48 A bei 12 000 V, also einem Kurzschlußstrom von 228 A genügt dagegen Serie III.

Zu Anmerkung b.

2. Für Apparate, die am Ende einer Leitung liegen, die bei dem Gesamtverbrauche der Verbrauchstellen einen Spannungsverlust von 5% aufweist, berechnet sich der Kurzschlußstrom bei einem Verbrauche von 67,5 A zu  $\frac{100 \times 67,5}{5} = 1350$  A. Hierfür genügt die Serie III.

Zu Anmerkung c.

3. Bei einer Drehstromzentrale mit einer Leistungsfähigkeit von 10 000 kVA liegt direkt an den Sammelschienen ein Kabelring, der in jeder Ringhälfte bei 150 A Höchstbelastung einen Spannungsabfall von 10% hat. Für Apparate, die z. B. auf  $\frac{1}{3}$  der Ringperipherie liegen, berechnet sich der Kurzschlußstrom unter der Voraussetzung, daß der Kurzschluß unmittelbar hinter den Apparaten auf der längeren Strecke eintritt, zu  $\frac{150 \times 100}{10 \times \frac{2}{3}} = 2250$  A.

Bei 6000 V sind also z. B. Apparate der Serie III zu wählen.

Tritt der Kurzschluß auf der kürzeren Strecke unmittelbar an den Apparaten auf, so berechnet sich der Kurzschlußstrom zu  $\frac{150 \times 100}{10 \times \frac{4}{3}} = 1125$  A.

Für diese Leistung würden die Apparate der Serie II genügen. Trotzdem sind mit Rücksicht auf den für das vorliegende Beispiel ungünstigsten Fall die Apparate der Serie III zu wählen.

Zu Anmerkung d.

4. Hinter einem primär unmittelbar an den Sammelschienen liegenden Transformator für sekundär 95 A bei 3000 V berechnet sich der Kurzschlußstrom zu  $95 \times 30 = 2850$  A. Hierbei ist für die Apparate bei 3000 V die Serie II zu wählen, falls die Zentrale einen größeren Kurzschlußstrom als 2000 A besitzt, dagegen Serie I, falls der Kurzschlußstrom der Zentrale kleiner als 2000 A ist.

Zu Anmerkung e.

5. Für Apparate hinter einem Transformator von 115 A bei 3000 V, der am Ende einer mit 5% Verlust arbeitenden Primärleitung liegt, berechnet sich der Kurzschlußstrom zu  $\frac{100 \times 115}{3,3 + 5} = 1385$  A. Hierfür genügt bei 3000 V die Serie I.



Zu Anmerkung f.

6. Für Apparate hinter einem Transformator von 115 A bei 3000 V, bei dem in der primären Zuleitung zum Transformator 5% und in der sekundären Zuleitung zu den Apparaten 5% Spannungsverlust auftritt, berechnet sich der Kurzschlußstrom zu  $\frac{100 \times 115}{3,3 + 5 + 5} = 865$  A. Hierfür genügt bei 3000 V die Serie I.

Zu Anmerkung g.

7. Bei einer Zentrale mit einer Leistungsfähigkeit von 150 A bei 12000 V berechnet sich der Kurzschlußstrom für unmittelbar an den Sammelschienen liegende Apparate zu  $150 \times 3 = 450$  A. Bei 12000 V ist also z. B. die Serie III zu nehmen. Für einen unmittelbar an den Sammelschienen liegenden Transformator von 45 A ist primär ebenfalls Serie III zu wählen. Für die beispielsweise mit 3000 V betriebene Sekundärseite ergibt sich rechnerisch

$$45 \times \frac{12000}{3000} \times 100$$

zwar der Kurzschlußstrom zu  $\frac{45 \times 12000}{3,3} = 5450$  A, wofür Serie II in Frage käme. Da indessen der Kurzschlußstrom der Zentrale, reduziert auf die Sekundärspannung, nur  $450 \times \frac{12000}{3000} = 1800$  A ist, so genügt Serie I.

## **49. Normen und Prüfvorschriften für**

### **Porzellanisolatoren.**

Gültig ab 1. Oktober 1920<sup>1)</sup>.

#### **A. Freileitungsisolatoren.**

##### I. Für Starkstromanlagen.

1. Stützenisolatoren für Betriebsspannungen bis 500 und über 500 bis 35 000 V s. DIN VDE 8000.
2. Isolatorstützen zu den unter 1. genannten Isolatoren:
  - a) Gerade Stützen s. DIN VDE 8050.
  - b) Gebogene Stützen s. DIN VDE 8051.
3. Schäkellislator mit Bügel für Betriebsspannungen bis 500 V s. DIN VDE 8001.

##### II. Für Fernmeldeanlagen.

1. Stützenisolatoren mit doppeltem Halslager RMd II und III s. DIN VDE 8018.
2. Stützenisolator mit doppeltem Halslager RMd I s. DIN VDE 8019.
3. Stützenisolatoren RM und RMk s. DIN VDE 8020.
4. Isolatorstützen zu den unter 1. bis 3. genannten Isolatoren:
  - a) Gerade Stützen s. DIN VDE 8055.
  - b) Gebogene Stützen s. DIN VDE 8056.

#### **B. Isolatoren für Niederspannungsinstallationen in gedeckten Räumen und im Freien.**

1. Stützenisolator s. DIN VDE 8010.
2. Isolatorstützen zu dem unter 1. genannten Isolator:
  - a) Gerade Stütze s. DIN VDE 8054,
  - b) Gebogene Stütze s. DIN VDE 8053.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1920. Veröffentlicht: ETZ 1920, S. 737.

Änderungen ETZ 1921, S. 473, 1922, S. 26 u. 1923, Heft 7.  
Erläuterungen ETZ 1922, S. 27 und 1923, Heft 7.

3. Mantelrollen:

- a) für Schraubenbefestigung s. DIN VDE 8021,
- b) für Stützenbefestigung s. DIN VDE 8022.

4. Isolatorstützen zu den unter 3 b genannten Mantelrollen:

- a) Gerade Stützen s. DIN VDE 8052.
- 5. Tüllen s. DIN VDE 8030.
- 6. Rollen s. DIN VDE 8031.
- 7. Klemmen s. DIN VDE 8032.

C. Stützer und Durchführungen.

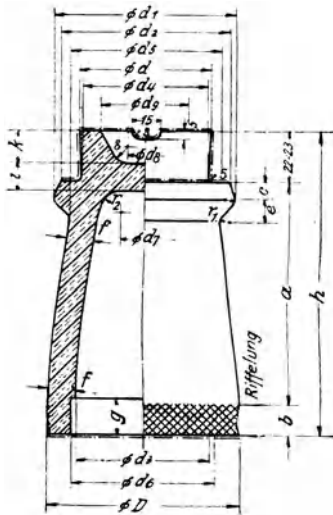


Abb. 1.

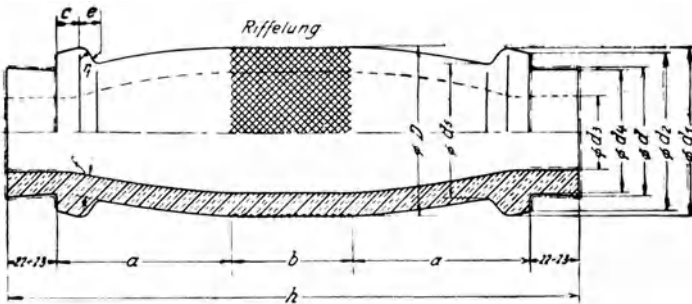


Abb. 2.

Stützer Form S. (Abb. 1)

Werkstoff: Porzellan glasiert (mit Ausnahme der durch — · — · — gekennzeichneten Flächen) und nach den Prüfvorschriften des VDE.

Abweichungen vom Mittel sollen bei allen Maßen in gleichem Sinne erfolgen; d. h. unterschreiten z. B. die Längenmaße das Mittel, sollen auch die Durchmessermaße das Mittel unterschreiten. Die Kleinstermaße dürfen nicht unterschritten, die Größtmaße nicht überschritten werden.

Riffelung nach Abb. 3.

Bezeichnung	Maße in mm																							
	a	b	c	d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	d <sub>8</sub>	d <sub>9</sub>	D	e	f	g	h	i	k	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>		
S 1	41÷44	12	7	39÷41	59÷62	55÷58	39÷41	37÷39	50÷53	43÷46	10	5	25	59÷62	7	10	12	75÷79	10	15	4	10		
S 2	105÷109	12	9	59÷62	78÷83	76÷80	57÷61	57÷60	66÷70	63÷68	20	16	42	83÷88	10	13	16	139÷144	13	15	5	10		
S 3	130÷135	12	12	59÷62	83÷89	80÷85	66÷72	57÷60	68÷72	72÷78	17	16	42	94÷100	12	14	18	164÷170	14	15	6	10		
S 4	185÷192	18	15	59÷62	88÷94	85÷90	76÷82	57÷60	76÷81	84÷90	14	16	42	108÷114	12	16	20	225÷233	16	14	7	15		
S 5	245÷255	20	16	59÷62	95÷101	90÷96	84÷91	57÷60	82÷87	92÷99	7	20	42	120÷127	12	18	20	287÷298	18	13	7	20		
S 11	41÷44	12	7	84÷88	103÷109	101÷106	82÷87	82÷86	91÷96	86÷94	35	30	50	108÷114	7	13	12	75÷79	10	15	4	10		
S 22	105÷109	12	9	84÷88	103÷109	101÷106	82÷87	82÷86	91÷96	88÷94	45	41	67	108÷114	10	13	16	139÷144	13	15	5	10		
S 33	130÷135	12	12	84÷88	108÷115	105÷111	92÷99	82÷86	93÷98	97÷104	42	41	67	120÷127	12	14	18	164÷170	14	15	6	10		
S 44	185÷192	18	15	84÷88	113÷120	110÷116	101÷108	82÷86	101÷107	109÷116	39	41	67	133÷140	12	16	20	225÷233	16	14	7	15		
S 55	245 : 255	20	16	84÷88	120÷127	115÷122	109÷117	82÷86	107÷113	117÷125	32	41	67	145÷153	12	18	20	287 : 298	18	13	7	20		

## Durchführungen Form D. (Abb. 2)

Werkstoff: Porzellan glasiert (mit Ausnahme der — — — — gekennzeichneten Flächen) und nach den Prüfvorschriften des VDE.

Abweichungen vom Mittel sollen bei allen Maßen in gleichem Sinne erfolgen; d. h. unterschreiten z. B. die Längenmaße das Mittel, sollen auch die Durchmessermaße das Mittel unterschreiten. Die Kleinstermaße dürfen nicht unterschritten, die Größtmaße nicht überschritten werden.

Riffelung nach Abb. 3.

Bezeichnung	Maße in mm													$r_1$
	$a$	$b$	$c$	$d$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$D$	$e$	$f$	$h$	
D 1	41÷44	50÷52	7	39÷41	59÷62	55÷58	15÷17	37÷39	50÷53	59÷62	7	10	176÷186	4
D 2	105÷109	60÷62	9	59÷62	78÷83	76÷80	35÷37	57÷60	66÷70	83÷88	10	13	314÷326	5
D 3	130÷135	72÷75	12	59÷62	83÷89	80÷85	35÷37	57÷60	68÷72	94÷100	12	14	376÷391	6
D 4	185÷192	80÷83	15	59÷62	88÷94	85÷90	35÷37	57÷60	76÷81	108÷114	12	16	494÷513	7
D 5	245÷255	90÷93	16	59÷62	95÷101	90÷96	35÷37	57÷60	82÷87	120÷127	12	18	624÷649	7
D 11	41÷44	50÷52	7	84÷88	103÷109	101÷106	60÷63	82÷86	91÷96	108÷114	7	10	176÷186	4
D 22	105÷109	60÷62	9	84÷88	103÷109	101÷106	60÷63	82÷86	91÷96	108÷114	10	13	314÷326	5
D 33	130÷135	72÷75	12	84÷88	108÷115	105÷111	60÷63	82÷86	93÷98	120÷127	12	14	376÷391	6
D 44	185÷192	80÷83	15	84÷88	113÷120	110÷116	60÷63	82÷86	101÷107	133÷140	12	16	494÷513	7
D 55	245÷255	90÷93	16	84÷88	120÷127	115÷122	60÷63	82÷86	107÷113	145÷153	12	18	624÷649	7

Riffelung für Kittstellen.

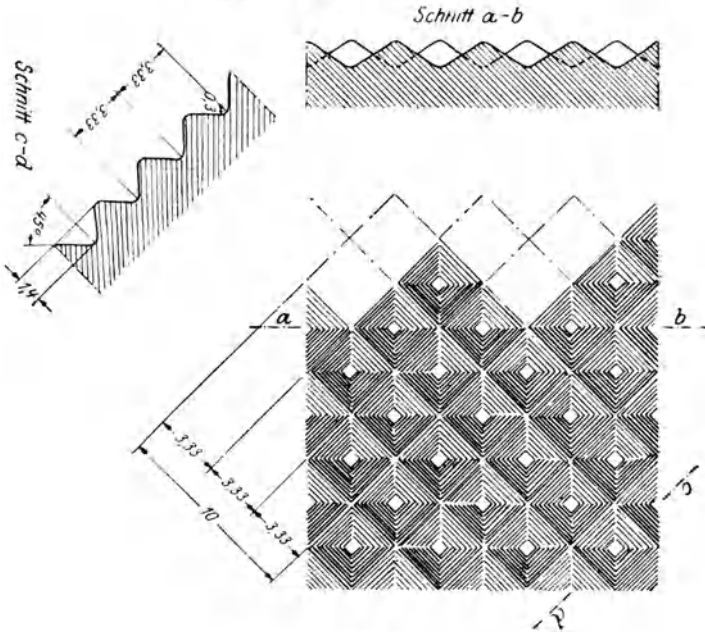


Abb. 3.

Erläuterungen.

Die genormten Stützer und Durchführungen sollen Einheitsformen von Isolatoren für normale Innenräume geben, d. h. solche, bei denen ein häufiges und starkes Beschlagen der Isolatoren, wie etwa in feuchten Kellern, bei ausströmendem Dampfe u. dgl., nicht zu erwarten ist.

Die Formen sollen den verschiedenen Anforderungen an elektrische Güte, mechanische Festigkeit, leichte Herstellbarkeit und vielseitige Verwendbarkeit nach Möglichkeit gerecht werden.

Die Isolatoren sind als Bauteile sowohl für Leitungen in Innenräumen als auch für Hochspannungsapparate und Transformatoren gedacht. Die Verwendung eines einheitlichen Isolatoren in allen Teilen der Anlage ist von solcher Wichtigkeit, daß diesem Grundsatz keine Vorteile, die durch Verwendung von Sonderformen an einzelnen Stellen erzielt werden könnten, geopfert werden müssen. Die Stützer Abb. 1 und die Durchführungen Abb. 2 sind, soweit als möglich, vereinheitlicht. So sind die Kopfmaße bei beiden gleich.

Auch innerhalb der gleichen Isolatorentypen sind die Kopfmaße bei allen Größen mit Ausnahme der Größe 1 einheitlich durchgeführt.

Die Durchmesser der Durchführungen in der Mitte und entsprechend den Fußmaßen der Stützer sind dagegen mit zunehmender Höhe aus Gründen der elektrischen Festigkeit größer gewählt.

Die Durchführungen schlagen früher über als durch, und zwar auch bei Anwendung des dicksten Bolzens, den der Isolator aufnehmen kann, und des dünnsten praktisch vorkommenden von 10 mm Durchmesser, sowie ohne Füllmasse.

Die Spannungen, für die die Isolatoren verwendbar sind, werden von den in Neubearbeitung befindlichen „Regeln für die Konstruktion und Prüfung von Hochspannungsapparaten“ vorgeschrieben werden. Die Abmessungen sind aber bereits den dort vorläufig festgelegten Grundmaßen angepaßt.

Bei den Stützern wurde von der früher üblichen Einkittung eines Dübels innen in den Fuß gänzlich abgesehen, da sich diese Anordnung nicht bewährt hat. Die Porzellanform ist daher für Einkittung in einen Teller gedacht.

An den Köpfen ist die Form so gewählt, daß die Isolatoren, insbesondere die Durchführungen, sowohl mit aufgesetzter Kappe als ohne solche Verwendung finden können. Eine genügende Haltbarkeit der Kittung ist durch Unterschneidung der Köpfe und Fortlassung der Glasur gesichert.

Die Kittstelle an Fuß und Flansch ist mit Riffelung versehen, weil diese selbst in glasiertem Zustande sichere Kittung ermöglicht.

An den Durchführungen sind die Kittstellen zwecks Verschiebung in der Ausrichtung reichlich lang gewählt. Das gute Aussehen bleibt auch bei vorstehender Riffelung (Abb. 3) gewahrt.

Wegen der sehr verschiedenen mechanischen Beanspruchungen, die in elektrischen Hochspannungsanlagen vorkommen, wurden zwei Formen verschiedenen Durchmessers genormt.

Extreme Beanspruchungen bedürfen aber besonderer Vorkehrungen.

#### **D. Vorschriften für die Prüfung von Isolatoren für Betriebsspannungen über 500 bis einschl. 35 000 V.**

Porzellanisolatoren, die den Normen des VDE entsprechen sollen, müssen Fertigungen entstammen, die die

nachstehend beschriebenen Materialerprobungen bestanden haben.

Durch die Normung sind die Hauptmaße und damit die Überschlagspannungen festgelegt. Weitere Prüfungen als die nachstehend aufgeführten (z. B. Regenproben u. dgl.) sind daher entbehrlich.

### I. Laufende Materialerprobungen.

Die Porzellanfabriken haben laufend Stichproben vorzunehmen, um die gleichmäßige Güte des Porzellanfes festzustellen. Diese Stichproben umfassen:

#### 1. Elektrische Prüfung.

Zu dieser Prüfung werden zweckmäßig Freileitung-Stützenisolatoren oder deren Teile auf Durchschlag unter Öl geprüft. Die bei der Prüfung im Wasserbade (II. 2) benetzten Flächen werden mit einem leitenden Überzug versehen. Die Prüfspannung wird, mit etwa 70 % der Überschlagspannung in Luft beginnend, alle 5 s um je etwa 5000 V bis zum Durchschlag gesteigert. Die mittlere Durchschlagspannung unter Öl muß mindestens das 1,3-fache der Überschlagspannung in Luft des ganzen Isolators oder des geprüften Teiles sein. Dabei wird vorausgesetzt, daß die Überschlags- und die Durchschlagsprüfung unter den gleichen Bedingungen, insbesondere mit dem gleichen Transformator und in der gleichen Transformatoranschaltung vorgenommen wird.

Die übrigen Bedingungen, unter denen die Prüfung vorzunehmen ist (Wellenform, Frequenz, Regelung, Spannungsmessung u. dgl.), wird in der in Vorbereitung befindlichen VDE-Vorschrift für Durchschlagsprüfung festgelegt werden.

#### 2. Wärmeprüfung.

Die Prüfung wird an den Isolatoren ohne Stützen vorgenommen. Die Prüfstücke werden dreimal abwechselnd in kaltes und warmes Wasser getaucht. Die Temperaturen der Wasserbäder sollen betragen:

	warmes Bad	kaltes Bad
für gekittete und einteilige Isolatoren . . .	90°	15°
für zusammenglasierte Isolatoren . . . .	65°	15°

Die Eintauchdauer muß ausreichen, um völliges Durchwärmen und Abkühlen der Stücke zu gewährleisten. Nach der Prüfung dürfen die Prüfstücke keinerlei Veränderung zeigen (Glasrisse, Sprünge u. dgl.). Sie müssen auch die elektrische Prüfung (II. 2) aushalten.



### 3. Mechanische Prüfungen.

Diese Prüfung wird nur an Freileitung-Stützenisolatoren vorgenommen. Die Isolatoren sind mit eingekitteten Stützen zu prüfen. Das Zugseil ist in die Halsrille einzulegen, der Zug soll senkrecht zur Isolatorachse wirken. Der Bruch darf erst bei den in folgender Zahlentafel angegebenen Belastungen nicht vor 1 min eintreten.

Isolator	Mindestbruchlast	
	einseitig oder gekittet kg	zusammen- glasiert kg
H 6	1300	1000
H 10	1500	1500
H 15	1700	1700
H 25	2100	1800
H 35	2300	1900

Nach Belastung mit zwei Drittel Mindestbruchlast während 15 min müssen die Isolatoren die elektrische Prüfung unter II. 2 aushalten.

### 4. Prüfung der Saugfähigkeit.

Bei frischen Bruchflächen der Prüfstücke wird eine Lösung von 1 g Fuchsin in 100 g Methyl-Alkohol aufgetragen und darauf mit ungefärbtem Methyl-Alkohol abgespült. Die Farblösung darf keine nennenswerten Spuren hinterlassen. Im Zweifelsfalle ist durch Zerschlagen der Prüfstücke festzustellen, ob das Färbemittel in das Porzellan eingedrungen ist, oder ob es nur durch Kapillarwirkung an der körnigen Oberfläche festgehalten wird.

## II. Stückprüfung.

Die Porzellanfabriken haben an jedem Stück zur Aufdeckung von Fabrikationsfehlern folgende Prüfungen anzustellen:

### 1. Prüfung der Abmessungen und der Oberflächenbeschaffenheit.

Die Isolatoren sind auf Einhaltung der durch die Normen vorgeschriebenen Abmessungen und Formen zu prüfen. Sie dürfen keine Brandrisse aufweisen. Bei Freileitung-Isolatoren darf das Stützenlochgewinde keine Mängel zeigen, die die Gebrauchsfähigkeit beeinträchtigen. Die Oberfläche soll glatt und glänzend, die Glasur zusammenhängend sein. Vereinzelt Fehler sind zulässig, wenn ihre Gesamtfläche 1 cm<sup>2</sup> nicht überschreitet.

## 2. Elektrische Prüfung.

Alle Isolatoren sowie einzelne Teile gekitteter Freileitung-Isolatoren sind während 15 min mit einer Prüfspannung zu prüfen, die mindestens 95% der Überschlagnspannung beträgt. Erfolgen bei der Prüfung Durchschläge, so muß die Prüfung vom ersten Durchschlag ab mindestens noch 10 min lang fortgesetzt werden. Als Überschlagnspannung gilt die Spannung, bei der Überschläge in kurzer Folge — etwa alle 3 s — an verschiedenen Isolatoren auftreten.

Mit Ausnahme sämtlicher Durchführungen und der Stützer S 1 und S 11 wird die Prüfung im Wasserbade vorgenommen, und zwar

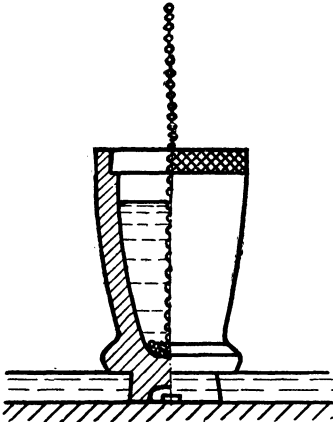


Abb. 4.

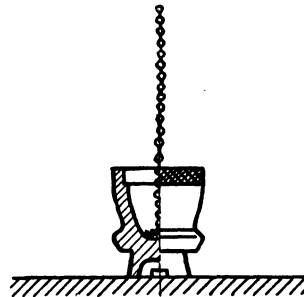


Abb. 5.

a) Freileitung-Stützenisolatoren oder ihre Einzelteile sind bis über die Halsrille und bei Innenteilen bis zum Kittrande in Wasser zu tauchen. Die Innenräume sind bis zum Gewindeende des Stützenloches bzw. bis zum Kittrande mit Wasser zu füllen. Bei gekitteten Isolatoren soll diese Prüfung an 10 % der fertigen Stücke einer Fertigung, mindestens jedoch an 50 Stück stattfinden. Erfolgen Durchschläge, so ist die ganze Fertigung der Nachprüfung zu unterziehen.

b) Stützer von Größe S 2 ab werden gemäß Abb. 4 bis zum Wulst in Wasser gestellt und bis etwa drei Viertel der Höhe des Innenraumes mit Wasser gefüllt. Stützer S 1 und S 11 werden gemäß Abb. 5 mit dem Kopfe auf eine Metallplatte gestellt und ohne Wasserfüllung geprüft.

c) Durchführungen werden gemäß Abb. 6 auf Metall-

stäbe, die in die Bohrungen passen, gesteckt; um die Riffelfläche werden Ketten oder Metallbänder geschlungen. Die übrigen Bedingungen, unter denen die Prüfung vor-

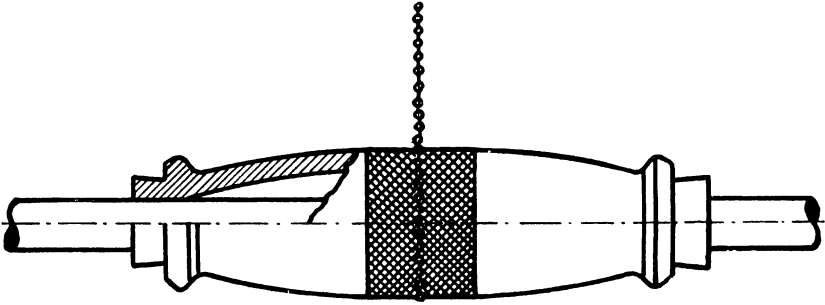


Abb. 6.

zunehmen ist (Wellenform, Frequenz, Regelung, Spannungsmessung u. dgl.) wird in der in Vorbereitung befindlichen VDE-Vorschrift für Durchschlagsprüfung festgelegt werden.

## **50. Leitsätze für die Prüfung von Hängeisolatoren.**

Gültig ab 17. Oktober 1922<sup>1)</sup>.

Die Überschlagspannung der Hänger und Abspanner soll bei senkrecht und unter 45° einfallendem Regen, dessen spezifischer Widerstand nicht über dem des natürlichen Regenwassers (etwa  $50\,000\ \Omega\ \text{cm}^{-3}$ )<sup>2)</sup> liegen soll, von 3 mm Niederschlagshöhe je min mindestens gleich der doppelten Netzspannung<sup>3)</sup> sein. Die Prüfung hat möglichst den praktischen Verhältnissen in Bezug auf Lage und Aufhängung der Isolatoren entsprechend an Stichproben zu erfolgen. Die Benetzung soll 5 min lang dauern.

### **I. Laufende Materialerprobung.**

#### 1. Elektrische Prüfung.

Bei dieser Prüfung werden die fertigarmierten Isolatoren auf Durchschlag unter Öl geprüft. Die Prüfspannung wird mit etwa 70% der Überschlagspannung, in Luft beginnend, alle 5 s um je etwa 5000 V bis zum Durchschlag gesteigert. Die mittlere Durchschlagspannung unter Öl soll nicht unter der Überschlagspannung in Luft liegen. Dabei wird vorausgesetzt, daß die Überschlags- und die Durchschlagsprüfung unter den gleichen Bedingungen, insbesondere mit dem gleichen Transformator und in der gleichen Transformatorschaltung vorgenommen wird.

Die übrigen Bedingungen, unter denen die Prüfung vorzunehmen ist (Wellenform, Frequenz, Regelung, Span-

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1922. Veröffentlicht: ETZ 1922, S. 1347.

<sup>2)</sup> Diesem Wert entspricht eine spez. Leitfähigkeit von  $20\ \mu\ S\ \text{cm}^{-1}$ .

<sup>3)</sup> Wenn die Normung der Hängeisolatoren durchgeführt ist, wird das Wort „Netzspannung“ durch „Nennspannung“ ersetzt.

nungsmessung usw.), werden in der in Vorbereitung befindlichen VDE-Vorschrift für Durchschlagsprüfung festgelegt werden.

## 2. Wärmeprüfung.

Die Prüfung wird an fertigarmierten Isolatoren vorgenommen. Die Prüfstücke werden dreimal abwechselnd in kaltes (15°) und warmes (75°) Wasser getaucht. Die Eintauchdauer muß ausreichen, um völliges Durchwärmen und Abkühlen der Stücke zu gewährleisten<sup>4)</sup>. Nach der Prüfung dürfen die Prüfstücke keinerlei Veränderung zeigen (Glasurrisse, Sprünge u. dgl.), sie müssen auch die elektrische Prüfung (II 2) aushalten.

## 3. Mechanische Prüfung.

Die Mindestbruchlast der normal armierten Hänger soll 1500 kg, die der normal armierten Abspanner 3000 kg betragen. Nach Belastung mit  $\frac{2}{3}$  Mindestbruchlast während 15 min müssen die Isolatoren die elektrische Prüfung unter II. 2 aushalten.

## 4. Prüfung der Saugfähigkeit.

Bei frischen Bruchflächen der Prüfstücke wird eine Lösung von 1 g Fuchsin in 100 g Methylalkohol aufgetragen und darauf mit ungefärbtem Methylalkohol abgespült. Die Farbenlösung darf keine nennenswerten Spuren hinterlassen. Im Zweifelsfalle ist durch Zerschlagen der Prüfstücke festzustellen, ob das Färbemittel in das Porzellan eingedrungen ist oder nur durch Kapillarwirkung an der körnigen Oberfläche festgehalten wird.

# II. Stückprüfung.

Die Porzellanfabriken haben an jedem Stücke zur Aufdeckung von Fabrikationsfehlern folgende Prüfungen anzustellen:

## 1. Prüfung der Oberflächenbeschaffenheit.

Die Isolatoren dürfen keine Brandrisse aufweisen. Die Oberfläche soll glatt und glänzend, die Glasur, mit Ausnahme der Brennflächen, zusammenhängend sein. Vereinzelte Fehler sind zulässig, wenn ihre Gesamtfläche 1 cm<sup>2</sup> nicht überschreitet.

<sup>4)</sup> Die Zeitdauer ist nach dem Gewicht der zu prüfenden Stücke verschieden.

## 2. Elektrische Prüfung.

a) Kappenisolatoren. Die Isolatoren sind während 15 min mit einer Prüfspannung zu prüfen, die sowohl bei unarmierten als auch bei armierten Isolatoren mindestens 95% ihrer jeweiligen Überschlagsspannung<sup>5)</sup> beträgt.

Die Prüfung unarmerter Kappenisolatoren geschieht im Wasserbade, wobei die Isolatoren mit dem Kopf in das Wasser tauchen. Der Innenraum ist mit Wasser zu füllen.

b) Hewlett-Isolatoren. Hewlett-Isolatoren von 170 mm Durchmesser sind mit 40 kV, solche von 220 mm Durchmesser aufwärts mit 60 kV zu prüfen.

Erfolgen bei der Prüfung unter a) und b) Durchschläge, so muß die Prüfung vom ersten Durchschlag ab mindestens noch 10 min lang, bei weiteren Durchschlägen mindestens noch 5 min lang fortgesetzt werden. Als Überschlagsspannung gilt die Spannung, bei der Überschläge in kurzer Folge, etwa alle 3 s, an Isolatoren auftreten.

---

<sup>5)</sup> Die Isolatoren sollten früher über- als durchschlagen.

## 51. Normen für häufiggebrauchte Warnungstafeln.

Gültig ab 1. Juli 1910<sup>1)</sup>.

### I. Für Hochspannungsanlagen.



A = 30 × 20 cm<sup>2)</sup>.

Diese Tafel soll den Zweck erfüllen, das nicht unterwiesene Personal, ebenso auch fremde Personen beim Betreten eines Werkes oder einer Werkstätte vor unnötiger Berührung der elektrischen Einrichtungen zu warnen und zur Vorsicht zu mahnen. Auch soll sie den Zweck erfüllen, darauf hinzuweisen, daß sich nur die Person an den elektrischen Einrichtungen zu schaffen macht, die dazu berufen und befugt ist.

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

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1910. Veröffentlicht: ETZ 1910 S. 414 und 491.

<sup>2)</sup> Die Blitzpfeile sind bei allen Warnungstafeln rot auszuführen.



B = 30 × 20 cm<sup>2</sup>).

Diese Tafel ist bestimmt zum Anheften an die Zugänge von Hochspannungshalträumen (auch auf die Innenseite der Türen von Schaltsäulen), an einzelne Hochspannungsmaschinen, an Freileitungsmaste bei Wegekrenzungen und dergleichen mehr.

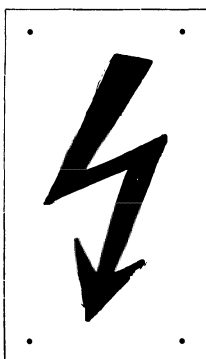


C = 20 × 12 cm<sup>2</sup>).

In Schaltstationen wird diese Tafel bei Prüf- und Ausbesserungsarbeiten häufig Verwendung finden. Man wird sie sowohl für Hochspannungs- als für Niederspannungseinrichtungen verwenden können. Der rote Blitzpfeil auf der Tafel würde, da sie ihrer Bestimmung nach ja nur für Arbeiten durch unterwiesenes Personal Verwendung findet, in Niederspannungsanlagen weiter kein Hindernis sein. Wenn man dagegen eine besondere Tafel ohne Blitzpfeil beschaffen würde, so könnte diese sehr häufig auch in Hochspannungsanlagen Verwendung finden. Um das zu verhüten, wird nur eine Ausführung mit Blitzpfeil vorgeschlagen.

<sup>3)</sup> Siehe Anmerkung 2 Seite 602.





D = 12 × 20 cm<sup>4)</sup>.

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

## II. Für Niederspannungsanlagen.



E = 12 × 20 cm.



F = 20 × 12 cm.

Diese Tafeln sollen mit Rücksicht auf ihren Verwendungszweck sowohl in Längs- als auch in Querformat ausgeführt

<sup>4)</sup> Siehe Anmerkung 2 Seite 602.

werden. Sie sollen den Zweck erfüllen, die Bauhandwerker, wie Maler, Dachdecker, Schornsteinfeger usw., zur Vorsicht zu ermahnen, um bei etwaiger Berührung durch Schreck und Fehltritt hervorgerufenen mittelbaren Gefahren vorzubeugen.

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

### III. Allgemeines.

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

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

## **52. Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe.**

Gültig ab 1. Januar 1926<sup>1)</sup>.

### § 1.

#### Allgemeines.

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

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

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

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

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

### § 2.

#### Erklärungen elektrotechnischer Grundbegriffe.

a) Niederspannungsanlagen sind Anlagen, deren Spannung gegen Erde nicht mehr als 250 V beträgt. Hierzu

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch den Vorstand im November 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 1421 und 1826.

gehören alle elektrischen Anlagen, die nicht unter b) fallen, besonders Ortsnetze, Hausinstallationen und die meisten elektromotorischen Betriebe. Eine Berührung ist gefährlich und daher unbedingt zu unterlassen.

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

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

### § 3.

#### Allgemeine Maßnahmen bei Bränden.

a) In jedem Falle ist dem nächstliegenden Betriebsbureau des EW (Bezirksmonteur) auf dem schnellsten Wege — telephonisch, durch Boten oder telegraphisch — Nachricht von dem Brande zu geben; das Betriebsbureau entsendet sofort geeignetes Personal zur Brandstelle.

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

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

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

Die Praxis hat gezeigt, daß das Kurzschließen von Hochspannungsleitungen für die Ausführenden äußerst gefährlich werden kann. Aus diesem Grunde muß dieses Gewaltmittel

als allgemeines Hilfsmittel unbedingt unterbleiben; es darf nur in Ausnahmefällen von Fachleuten angewendet werden.

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

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

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

#### § 4.

##### Löschmittel.

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

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

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

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

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

#### § 5.

##### Maßnahmen nach dem Brande.

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

#### § 6.

##### Behandlung Verunglückter.

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

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

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

d) Über die weiteren Maßnahmen siehe die vom VDE herausgegebene „Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe“<sup>2)</sup>.

<sup>2)</sup> S. S. 610.

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

Aufgestellt unter Mitwirkung des Reichsgesundheitsrates. Gültig  
ab 1. Juli 1907<sup>1)</sup>.

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 Leitungstrang oder Zerreißung der Leitungen mittels eines trockenen, nicht metallenen Gegenstandes, z. B. eines Stückes Holz, eines Stockes oder eines Seiles, das über den Leitungsdraht geworfen wird.

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

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1907. Veröffentlicht: ETZ 1906, S. 1078. Vor der obenstehenden Fassung der „Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe“ hat eine ältere Fassung bestanden, die am 9. 6. 1899 beschlossen wurde. Sie trat in Gültigkeit am 1. 7. 1899 und war ETZ 1899, Seite 728 veröffentlicht.

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

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

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

2. Alle den Körper beengenden Kleidungs- und Wäschestücke (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.

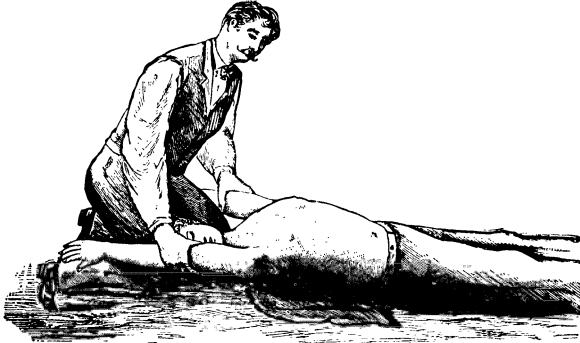
4. Fehlt die Atmung oder ist sie sehr schwach, so ist künstliche Atmung einzuleiten. Bevor damit begonnen wird, hat man sich davon zu überzeugen, ob sich im Munde etwa Fremdkörper, z. B. Kautabak oder ein künstliches Gebiß, befinden. Ist dieses der Fall, so sind zunächst diese Gegenstände zu entfernen. Die künstliche Atmung ist alsdann in folgender Weise vorzunehmen:

Man kniee hinter dem Kopfe des Verunglückten nieder, das Gesicht diesem zugewendet, 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 s lang festzuhalten. Dann bewege man sie abwärts, beuge sie und presse die Ellbogen mit dem eigenen Körpergewicht gegen die Brustseiten des Verunglückten. Nach 2 bis 3 s strecke man die Arme wieder über dem Kopfe des Verunglückten aus und wiederhole das Ausstrecken und Anpressen der Arme möglichst regelmäßig etwa 15 mal in der min. Um Übereilung zu



vermeiden, führe man die Bewegungen langsam aus und zähle während der Zwischenpausen laut: Hundert und eins! Hundert und zwei! Hundert und drei! Hundert und vier!

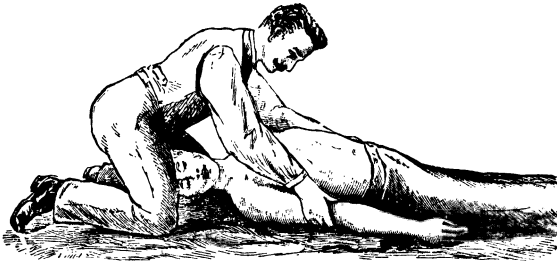
5. Ist noch ein Helfer zur Hand, so fasse er während dieser Hantierungen die Zunge des Verunglückten mit einem Taschentuche, ziehe sie kräftig heraus und halte sie fest.



Künstliche Atmung: Einatmen

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 auszu-



Künstliche Atmung: Ausatmen

führen, indem jeder einen Arm ergreift und beide, in den Zwischenpausen Hundert und eins! Hundert und zwei! Hundert und drei! Hundert und vier! zählend, gleichzeitig jene Bewegungen vornehmen.

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

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

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

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

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

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

1. Bevor der Hilfeleistende die Brandwunden berührt, wasche und bürste 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 Wismut-Brandbinde 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 Wismut-Brandbinde, 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 durch eine Binde zu befestigen.

## 54. Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen.

Gültig ab 1. Januar 1924<sup>1)</sup>.

### A. Geltungsbereich.

#### § 1.

Nachstehende Regeln gelten für Telegraphen-, Fernsprech-, Signal-, Fernschaltung- und ähnliche Anlagen, mit Ausnahme der öffentlichen Verkehrsanlagen der Eisenbahn- und der Post- und Telegraphenverwaltung.

Für Fernmeldeanlagen auf Schiffen, sowie für Hochfrequenzanlagen und für Anlagen zur Sicherung von Leben und Sachwerten gelten diese Regeln, soweit nicht weitergehende Vorschriften für solche Anlagen bestehen. Über Anlagen zur Sicherung von Leben und Sachwerten siehe § 15.

Fernmeldeanlagen oder Teile von solchen, die mit Licht- oder Kraftanlagen durch Leitung verbunden sind, unterliegen den „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen“ sowie den „Vorschriften für den Anschluß von Fernmeldeanlagen an Niederspannung-Starkstromnetze durch Transformatoren (mit Ausschluß der öffentlichen Telegraphen- und Fernsprechanlagen)“ und den „Leitsätze für den Anschluß von Geräten und Einrichtungen, die eine leitende Verbindung zwischen Niederspannung-Starkstrom- und Fernmeldeanlagen erfordern (mit Ausschluß der öffentlichen Telegraphen- und Fernsprechanlagen)“.

### B. Begriffserklärungen.

#### § 2.

a) Fernmeldeanlagen sind in allen Fällen solche Anlagen, bei denen es sich um die elektrische Fernmeldung (Übertragung) von Vorgängen, Wahrnehmungen, Willens-

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1922. Veröffentlicht: ETZ 1922, S. 561 und 744. — Nachtrag angenommen durch die außerordentliche Ausschußsitzung 1923. Veröffentlicht: ETZ 1923, S. 203 und 1924, S. 83. — Änderungen der §§ 1, 3, 9 und 15 angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht ETZ 1925, S. 904 und 1526.

Vorher hat eine Fassung bestanden, die durch die Jahresversammlungen 1913 und 1914 angenommen und ETZ 1913, S. 1069 sowie 1914, S. 540 veröffentlicht war.

oder Gedankenäußerungen handelt. Das Wort „Fern“ drückt hierbei nicht ein bestimmtes Maß aus, da die elektrische Fernmeldung auch auf ganz geringe Entfernungen stattfinden kann. Der früher verwendete Ausdruck „Schwachstrom“ gestattet keine klare Abgrenzung gegenüber dem Begriff „Starkstrom“, da eine Grenze zwischen den beiden Begriffen auf Grund von Spannungs- oder Stromabgaben festzustellen unmöglich ist.

b) Freileitung. Als Freileitungen gelten alle oberirdischen Leitungen außerhalb von Gebäuden, die weder eine metallene Schutzhülle noch eine Schutzverkleidung haben. Als Freileitungen sind mit Ausnahme der Leitungen in Anlagen zur Sicherung von Leben und Sachwerten nicht anzusehen Leitungen, die im Freien auf ganz kurze Strecken, in Gebäuden, in Höfen, Gärten u. dgl. geführt sind (siehe § 2c der Errichtungsvorschriften).

c) Feuchtigkeitsicher ist ein Stoff, der durch Feuchtigkeitsaufnahme in mechanischer und elektrischer Beziehung nicht derartig verändert wird, daß er für die Benutzung und den Betrieb der Anlage ungeeignet wird.

d) Feuer- und wärmesicher. Feuersicher ist ein Gegenstand, der entweder nicht entzündet werden kann oder nach Entzündung nicht von selbst weiterbrennt. Wärmesicher ist ein Gegenstand, der bei der höchsten betriebsmäßig vorkommenden Temperatur keine den Gebrauch beeinträchtigende Veränderung erleidet.

e) Durchtränkte und ähnliche Räume. Als solche gelten Betriebs- oder Lagerräume gewerblicher oder landwirtschaftlicher Anlagen, in denen erfahrungsgemäß durch Feuchtigkeit oder Verunreinigungen (besonders chemischer Natur) die dauernde Erhaltung normaler Isolation erschwert oder der elektrische Widerstand des Körpers der darin beschäftigten Personen erheblich vermindert wird. Heiße Räume sind als durchtränkte zu betrachten, wenn die darin beschäftigten Personen ähnlichen Einwirkungen ausgesetzt sind.

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

Für Betriebe zum Herstellen und Aufspeichern von Sprengstoffen bestehen besondere behördliche Vorschriften.

g) Anlagen zur Sicherung von Leben und

Sachwerten. Hierunter fallen alle Feuermelde-, Polizeiruf-, Einbruchsicherung- und Gefahrmeldeanlagen, sowie die mit diesen in Zusammenhang stehenden Alarmanlagen.

### C. Stromversorgung.

#### § 3.

a) Als normale Spannungen für Fernmeldeanlagen gelten die in den „Normen für Spannungen elektrischer Anlagen unter 100 V“ festgesetzten Spannungen.

b) Bei Stromentnahme aus Niederspannung-Starkstromnetzen für Fernmeldezwecke sind die „Vorschriften für den Anschluß von Fernmeldeanlagen an Niederspannung-Starkstromnetze durch Transformatoren (mit Ausschluß der öffentlichen Telegraphen- und Fernsprechanlagen)“ und die „Leitsätze für den Anschluß von Geräten und Einrichtungen, die eine leitende Verbindung zwischen Niederspannung-Starkstrom- und Fernmeldeanlagen erfordern (mit Ausschluß der öffentlichen Telegraphen- und Fernsprechanlagen)“ zu befolgen.

#### § 4.

Elemente und Sammler (Akkumulatoren).

a) Elemente und Sammler, für die Normen und Vorschriften vom VDE herausgegeben sind, müssen diesen entsprechen.

b) Alle Elemente und Sammler müssen mit einem Ursprungszeichen versehen sein.

c) Elemente und Kleinsammler sind möglichst geschützt in Räumen aufzustellen, die trocken und geringen Temperaturschwankungen unterworfen sind.

d) Batterieschränke oder Batteriegerüste für nasse Elemente und Kleinsammler müssen durch zweckentsprechende Mittel gegen Fäulnis und chemische Einflüsse geschützt und so angeordnet werden, daß sich der Zustand jedes einzelnen Elementes leicht prüfen läßt.

e) Für die Aufstellung von Sammlerbatterien mit offenen Zellen gelten die entsprechenden Bestimmungen der „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen“.

#### § 5.

Maschinen, Umformer, Transformatoren,  
Gleichrichter.

a) Maschinen, Umformer, Transformatoren, Gleichrichter müssen, soweit sie nicht als Sonderausführungen nur für Zwecke der Fernmeldeanlagen dienen, wie z. B. Rufinduk-

toren, Umformer und Polwechsler, den Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen und den Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen sowie Transformatoren entsprechen.

b) Alle Maschinen usw. müssen mit einem Ursprungszeichen versehen sein.

c) Außer den in § 6d vorgeschriebenen Wicklungsangaben und Klemmenbezeichnungen muß auch die Klemmenspannung und Umdrehungszahl vermerkt sein. Bei Dauermagneten muß die Polarität gekennzeichnet sein.

#### **D. Apparate.**

##### **§ 6.**

a) Alle Apparate sowie deren Teile, für die besondere Normen vom VDE und NDI herausgegeben sind, müssen diesen entsprechen.

b) Alle Apparate müssen mit einem Ursprungszeichen versehen sein.

c) Die stromführenden Teile von Apparaten, die von Nichtkundigen bedient werden oder zufällig berührt werden können, sollen in geeigneter Weise (Abdeckung, Isolierung usw.) gegen Berührung geschützt sein.

d) Die einzelnen Apparatteile sind leicht zugänglich und übersichtlich anzuordnen.

1. An abgedeckten Schaltapparaten soll die Schaltstellung von außen erkennbar sein.

2. Drahtspulen müssen deutlich lesbare Angaben über Windungszahl und Widerstand aufweisen.

e) Bei allen Apparaten müssen die Anschlußklemmen mit gut lesbaren Bezeichnungen versehen sein. Außerdem müssen die Apparate übersichtliche, leicht zugängliche Schaltbilder enthalten.

Bei mehradrigen Anschlußschnüren müssen die einzelnen Adern oder deren Enden gekennzeichnet sein.

f) Drahtverbindungen sind nur durch Lötung, Verschraubung oder andere gleichwertige Mittel herzustellen.

Verbindungsschrauben müssen ihr Muttergewinde in Metall haben.

g) Steckvorrichtungen müssen so gebaut sein, daß die Stecker nicht in die Dosen der Starkstromanlagen gesteckt werden können.

h) Alle Schließstellen (Kontaktvorrichtungen) müssen an den Berührungstellen mit einem schwer oxydierenden, schwer schmelzbaren Metall versehen sein, soweit nicht eine

dauernd zuverlässige Kontaktgebung durch andere geeignete Mittel (z. B. Reibung, große Berührungsfläche usw.) sichergestellt ist.

i) Die für die Einführung der Leitungen in die Apparate bestimmten Öffnungen und Kanäle müssen so ausgeführt sein, daß eine Verletzung der Isolierhülle der Leiter ausgeschlossen ist.

k) Apparate in Fernmeldeanlagen, die dem Einfluß von Hochspannungsanlagen ausgesetzt sind, müssen so eingerichtet und angeordnet sein, daß eine Gefahr für den Benutzer vermieden wird.

### E. Beschaffenheit und Verlegung der Leitungen.

#### § 7.

Beschaffenheit isolierter Leitungen.

a) Isolierte Leitungen müssen hinsichtlich der Haltbarkeit und Isolierfähigkeit den vorliegenden Betriebsverhältnissen angepaßt werden.

Sie müssen den „Normen für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen“ entsprechen. Man unterscheidet folgende Arten von isolierten Leitungen:

1. Wachsdraht, geeignet zur festen Verlegung in dauernd trockenen Räumen über Putz . . . . . Bezeichnung: *W*
2. Lackaderdraht, geeignet zur festen Verlegung in trockenen Räumen über Putz oder in Rohr unter Putz . . . . . „ *L*
3. Gummiaderdraht, geeignet zur festen Verlegung über Putz oder in Rohr unter Putz . . . . . „ *Z*
4. Kabel ohne Bleimantel, geeignet für die gleichen Zwecke wie die Einzeldrähte, aus denen das Kabel zusammengesetzt ist . . . . .
5. Kabel mit Bleimantel:
  - a) Hausleiterkabel, geeignet zur festen Verlegung über oder unter Putz (nicht zur unterirdischen Verlegung)
  - b) Kabel für unterirdische Verlegung
6. Schnüre, geeignet zum Anschluß beweglicher Kontakte (Schließstellen) . . . . . „ *BK*

b) Drähte innerhalb der Apparate, die zur Verbindung der einzelnen Apparatteile dienen, unterliegen nicht den vorstehenden Bestimmungen.

## § 8.

### Allgemeines über Leitungsverlegung.

a) Festverlegte Leitungen müssen durch ihre Lage oder durch besondere Verkleidung vor mechanischer Beschädigung geschützt sein.

b) Von festverlegten Leitungen abgezwigte Schnüre bedürfen, wenn sie rauher Behandlung ausgesetzt sind, eines besonderen Schutzes. Die Anschlußstellen von solchen Schnüren müssen von Zug entlastet sein.

c) Ungeerdete blanke Leitungen dürfen nur auf Isolierkörpern verlegt werden. Sie müssen voneinander, sowie von Gebäudeteilen, Eisenkonstruktionen und dergleichen in einem der Spannweite, dem Drahtgewicht und der Spannung angemessenen Abstand entfernt sein.

## § 9.

### Freileitungen.

a) Im freien Gelände genügen zur Anbringung der Isoliervorrichtungen im allgemeinen Holzmaste, deren Stärke sich nach der Last der Leitungen zu richten hat. In keinem Fall darf die Zopfstärke einen Durchmesser von 10 cm unterschreiten.

b) Die Länge der Stangen richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen und den verkehrspolizeilichen Vorschriften. Nach diesen muß die untere Leitung an öffentlichen Wegen mindestens 3 m, bei Kreuzungen mindestens 4,5 m von der Straßenoberfläche entfernt sein.

c) Die Stangenabstände sollen im allgemeinen zwischen 60 und 80 m liegen. Die Stangen sind auf  $\frac{1}{6}$  ihrer Länge in den Erdboden zu setzen.

d) Der Durchhang der Leitungen ist so zu regeln, daß sie infolge der durch die Temperaturabnahme im Winter hervorgerufenen Verkürzung, sowie durch Schnee- und Eisbelastungen nicht reißen.

e) Hartgezogene Kupfer- oder Bronzedrähte dürfen nur an solchen Stellen durch Lötung verbunden werden, die von Zug entlastet sind. Verbindungen solcher Drähte, die auf Zug beansprucht werden, müssen mit Hilfe von Verbindungsröhren oder ähnlichen Vorrichtungen hergestellt werden. Bloßes Zusammendrehen zu einer Würgerverbindungsstelle ist nicht zulässig. Bei Kreuzung- und Näherungsstellen mit Starkstromleitungen sind die „Allgemeine Vorschriften für die Ausführung und den Betrieb neuer elektrischer Starkstromanlagen



(ausschließlich der elektrischen Bahnen) bei Kreuzungen und Näherungen von Telegraphen- und Fernsprechleitungen“, die „Zusatzbestimmungen des Reichspostministers vom 26. Juli 1922 zu Ziffer 3 der Allgemeinen Vorschriften für die Ausführung und den Betrieb neuer elektrischer Starkstromanlagen bei Kreuzungen und Näherungen von Telegraphen- und Fernsprechleitungen“, die „Allgemeine Vorschriften zum Schutz vorhandener Reichs-Telegraphen- und Fernsprechanlagen gegen neue elektrische Bahnen“, sowie die „Vorschriften für die bruchsichere Führung von Hochspannungsleitungen über Postleitungen“ einzuhalten.

f) Isolatoren müssen den Bedingungen der Reichstelegraphenverwaltung entsprechen. Die Verwendung von Isolatoren, die für Zwecke der Starkstromtechnik bestimmt sind, ist in Fernmeldeanlagen unzulässig.

## § 10.

### Leitungen in Gebäuden.

a) Bei Verlegung von isolierten ungeerdeten Leitungen unmittelbar auf dem Mauerwerk muß die Befestigung der Leitung derart ausgeführt sein, daß die Isolierhülle durch das Befestigungsmittel nicht beschädigt wird.

b) Leitungen in Rohren oder Kanälen müssen so verlegt werden, daß sie ausgewechselt werden können. Die Verbindung von Leitungen untereinander sowie die Abzweigung von Leitungen darf nur durch Lötung oder innerhalb besonderer Dosen und dergleichen durch Verschraubung oder gleichwertige Verbindungen hergestellt werden.

c) Durch Wände, Decken und Fußböden sind die Leitungen so zu führen, daß sie gegen Feuchtigkeit, mechanische und chemische Beschädigung ausreichend geschützt sind.

d) Rohre sind so zu verlegen, daß eine Ansammlung von Kondenswasser vermieden wird.

e) An Freileitungen angeschlossene Innenleitungen sind an der Einführungsstelle durch Blitzableiter und Schmelzsicherungen vor atmosphärischen Entladungen und Übertritt von Starkstrom zu schützen. Bei der Ausführung der Erdung sind die „Leitsätze für Erdungen und Nullung in Niederspannungsanlagen“ sowie die „Leitsätze über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz nebst Erläuterungen und Ausführungsvorschlägen und Anhängen“ zu berücksichtigen.

§ 11.

Kabel.

- a) Alle Kabel müssen den Normen des VDE entsprechen.
- b) Es ist darauf zu achten, daß an den Befestigungsstellen der Bleimantel nicht eingedrückt oder verletzt wird. Rohrhooken sind unzulässig.
- c) Kabel mit feuchtigkeitsicherer oder wasserdichter Schutzhülle, deren Adern nicht feuchtigkeitsicher isoliert sind, müssen beim Aufteilen gegen das Eindringen von Feuchtigkeit geschützt werden. Umwickeln mit Isolierband genügt hierfür nicht.
- d) Die Einführung der Kabelenden in wasserdichte Apparate und Verteilungskasten muß so erfolgen, daß keine Feuchtigkeit in das Gehäuse eindringen kann.
- e) Zur Verlegung in Erde sind bewehrte Kabel zu verwenden, blanke Bleikabel nur dann, wenn sie in geeigneter Weise gegen mechanische und chemische Einflüsse geschützt sind.

**F. Behandlung von Fernmeldeanlagen in verschiedenen Räumen.**

§ 12.

Fernmeldeanlagen in feuchten, durchtränkten und ähnlichen Räumen sowie im Freien.

- a) Für die Apparatgehäuse müssen feuchtigkeitsichere Stoffe verwendet werden. Metallteile sind gegen Oxydieren zu schützen.
- b) Blanke stromführende Apparatteile, wie z. B. Anschlußklemmen, müssen im Gehäuse derartig angeordnet werden, daß die Wirkungsweise der Apparate durch feuchten Niederschlag oder angesammeltes Kondenswasser nicht beeinträchtigt werden kann.
- c) Die Leitungseinführungen in das Innere der Apparate sind gegen unmittelbare Benetzung durch Regen, Tropf- oder Spritzwasser zu schützen.
- d) Apparate und Leitungsschnüre müssen feuchtigkeitsicher isoliert sein. Enden von Kabeln mit nicht feuchtigkeitsicherer Isolierung müssen durch Endverschlüsse geschützt werden.

§ 13.

Fernmeldeanlagen in explosionsgefährlichen Räumen.

- a) Bei Apparaten müssen alle stromführenden Teile so abgeschlossen sein, daß weder Wasser eintreten noch durch

entstehende Funkenbildung Explosionsgefahr auftreten kann.

b) Für die Apparatgehäuse müssen wasserdichte Stoffe verwendet werden. Falls isolierte Drähte innerhalb der Apparate für die Verbindung der einzelnen Teile verwendet werden, müssen sie mit wasserdichter Isolierhülle versehen sein.

c) Von außen kommende blanke Leitungen müssen in jedem Falle durch Sicherungen (siehe § 10e), die außerhalb des Raumes anzubringen sind, geschützt werden.

#### § 14.

#### Fernmeldeanlagen in Räumen mit ätzenden Dünsten.

a) Apparate, Leitungen und Rohre müssen gegen chemische Einflüsse besonders geschützt sein.

#### G. Anlagen zur Sicherung von Leben und Sachwerten.

#### § 15.

a) Anlagen nach § 2g sind, abgesehen von den Alarmapparaten, für die auch häufig Arbeitstrom verwendet wird, nur für Ruhestrom einzurichten.

b) Die Schaltung ist derart durchzubilden, daß bei einer Meldung der Gefahr mindestens an einer Empfangsstelle der Empfangsapparat unmittelbar in Tätigkeit gesetzt wird. Dieser muß ein optisches und akustisches Zeichen geben und gleichzeitig die Meldestelle und, falls mehrere Meldestellen in einer Leitung liegen, deren Bezirk erkennen lassen.

c) Die Hauptempfangsstelle muß Meßgeräte erhalten, die dauernd die Größe des Ruhestromes erkennen lassen, und Apparate, die eine Unterbrechung und einen die Anlage gefährdenden Erdschluß selbsttätig optisch und akustisch anzeigen.

Bei öffentlichen Feuermelde- und Polizeirufanlagen müssen Vorkehrungen getroffen sein, die eine Außerbetriebsetzung der Anlage bei einem Leitungsbruch nicht zulassen.

Bei Einbruchmeldeanlagen muß ein besonderer Alarmapparat vorgesehen sein, der bei gewaltsamen Eingriffen in die Schaltung, z. B. Leitungsunterbrechung, Batterieentfernung, in Tätigkeit tritt.

d) Zur Unterscheidung von anderen Freileitungen sind für Feuermelde- und -alarmweckerstromkreise rote Isolatoren zu verwenden.

Die Isolatoren müssen dem Modell RM II der Reichstelegraphenverwaltung entsprechen.

Zu Freileitungen darf nur Bronzedraht von mindestens 1,5 mm Durchmesser mit wetterfester Umhüllung verwendet werden.

e) Innerhalb der Gebäude darf nur Gummiaderdraht zur Verlegung kommen. Die Befestigung der Leitung mit Nägeln oder Krampen direkt auf der Wand ist unzulässig. Die Leitungen dürfen nur in Rohr verlegt werden oder müssen mit einer diesem gleichwertigen Schutzhülle umgeben sein (Rohrdraht oder Bleikabel). Eine Ausnahme darf nur bei selbsttätigen Feuermeldeanlagen insofern gemacht werden, als hier die Verlegung auf Rollen zulässig ist.

f) Die Isolationswiderstände dürfen folgende Werte nicht unterschreiten: Gegen Erde mit allen angeschlossenen Apparaten 200 000  $\Omega$ , Leiter gegeneinander mit einpolig angeschlossenen Apparaten 400 000  $\Omega$ . Die Meßspannung muß mindestens 100 V betragen.

g) Bei Feuermelde- und Polizeirufanlagen dürfen Außenstromkreise nicht parallel von einer gemeinsamen Batterie gespeist werden. Für die örtlich zu betätigenden Apparate ist eine getrennte Batterie erforderlich. Für jede Batterie muß eine gleich große Reservebatterie vorhanden sein. Beide Batterien sind wechselnd in Betrieb zu nehmen. Die Kapazität der Batterie ist so zu bemessen, daß die Anlage mindestens 200 h mit einer Batterie betrieben werden kann.

Bei selbsttätigen Feuermeldeanlagen bis zu 15 Stromkreisen genügt eine Betriebs- und eine Reservebatterie. Bei solchen selbsttätigen Feuermeldeanlagen, bei denen die zentrale Empfangseinrichtung für mehr als 15 Meldeschleifen vorgesehen ist, braucht nur für 30 bis 50 Meldestromkreise je eine Batterie und Reservebatterie vorhanden zu sein.

Bei Sicherungsanlagen, die nicht dem unter § 15g, Absatz 1 und 2 genannten Zweck dienen, genügt die Verwendung einer gemeinsamen Betriebs- und Reservebatterie für alle Stromkreise.

Bei Sammlerbatterien ist mindestens jede Betriebsbatterie mit der zugehörigen Reservebatterie auf einem besonderen Gestell aufzustellen.

Die Umschaltung von der Betriebs- auf die Reservebatterie muß ohne Stromunterbrechung erfolgen. An die Stromquelle der Sicherheitsanlagen dürfen keine anderen Stromverbraucher angeschlossen werden.

Die Anlagen zur Sicherung von Leben und Sachwerten dürfen von keiner Batterie aus gespeist werden können,

die in Aufladung begriffen ist. Der Betrieb einer solchen Anlage mittelbar oder unmittelbar aus einem vorhandenen Starkstromnetz ist unzulässig.

Ausgenommen sind Fälle, in denen das Auftreten einer Gefahr, lediglich einer elektrischen, aus einem Spannungszustand entstehen kann. Die Gefahrmeldeanlage darf dann auch aus dieser Spannungsquelle betrieben werden, wobei durch die Schaltung gewährleistet sein muß, daß die Gefahrmeldeanlage durch Betriebsvorgänge nicht früher als die zu schützende Einrichtung spannungslos werden kann.

Nur für Alarmzwecke kann Starkstrom unter Verwendung von besonderen Organen, die den Übertritt von Starkstrom in die Anlage unmöglich machen, verwendet werden. Es müssen aber dann neben den Starkstromapparaten auch Alarmeinrichtungen vorgesehen werden, die von den besonders für die Anlagen vorgesehenen Stromquellen gespeist werden. Beide Alarmvorrichtungen müssen jedoch stets gleichzeitig zwangsläufig betrieben werden.

#### H. Isolationszustand.

##### § 16.

Eine gute Isolation der Leitungen gegeneinander und gegen Erde ist für einen zuverlässigen Betrieb einer Fernmeldeanlage notwendig. Fernmeldeanlagen sind nach ihrer Fertigstellung hinsichtlich ihres Isolationszustandes zu prüfen.

Im allgemeinen genügt eine Prüfung der Leitungen auf Betriebsfähigkeit (z. B. Weck- und Sprechverständigung). Ist die Betriebsfähigkeit ungenügend, so ist die Anlage im einzelnen (Isolation, Widerstand der Leitung, Apparate) nachzuprüfen.

## **55. Normen für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen<sup>1)</sup>.**

Gültig ab 1. Januar 1922<sup>2)</sup>).

### **Allgemeines.**

Das zu den isolierten Leitungen verwendete Kupfer muß den „Kupfernormen“ des VDE entsprechen.

Bei Mehrfachleitungen sind die einzelnen Leitungen so zu kennzeichnen, daß sie ohne weiteres voneinander zu unterscheiden sind. Dieses kann durch die Farbe der Umflechtung, Umspinnung usw., durch Einlegen farbiger Fäden oder durch Verzinnung eines Leiters geschehen.

Sind in Kabeln die Adern in konzentrischen Lagen angeordnet, so genügt es, wenn in jeder Lage eine Ader als Zählader kenntlich gemacht wird; die in einem Adernpaare vereinigten Adern müssen unter sich ebenfalls zu unterscheiden sein.

Leitungen, die den „Normen für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen“ entsprechen, müssen einen roten Kennfaden besitzen. Außerdem muß durch einen zweiten Kennfaden ersichtlich gemacht werden, von welchem Werk die Leitungen hergestellt sind.

#### **1. Wachsdraht:**

geeignet zur festen Verlegung in dauernd trockenen Räumen über Putz.

Bezeichnung: W.

Der Leiter besteht aus einem massiven Kupferdraht von 0,8 mm Durchmesser (Querschnitt 0,5 mm<sup>2</sup>) oder 1,0 mm Durchmesser (Querschnitt 0,75 mm<sup>2</sup>) und wird doppelt mit

<sup>1)</sup> Bestimmungen für isolierte Freileitungen in Fernmeldeanlagen werden später festgesetzt.

<sup>2)</sup> Lagerbestände von „Isolierten Leitungen für Fernmeldeanlagen“, die nach einer früheren Fassung der Normen oder der Übergangsbestimmungen (ETZ 1914, S. 486 und 1919, S. 53 und 217) hergestellt waren, durften nur bis zum 1. VII. 1922 aufgebraucht werden.

<sup>3)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1921. Veröffentlicht: ETZ 1921, S. 527. Vorher hat eine Fassung bestanden, die durch die Jahresversammlung 1914 angenommen war und ETZ 1914, S. 446 veröffentlicht ist.

Baumwolle in entgegengesetzter Richtung umspinnen. Die untere Baumwollage kann durch Papierband ersetzt werden, das in geeigneter Weise getränkt ist. Die Leitung wird gewachst oder paraffiniert. Die Drähte können auch mehrfach verseilt werden.

### 2. Lackaderdraht:

geeignet zur festen Verlegung in trockenen Räumen über Putz oder in Rohr unter Putz.

Bezeichnung: L.

Der Leiter besteht aus einem massiven Kupferdraht von 0,8 mm Durchmesser (Querschnitt  $0,5 \text{ mm}^2$ ) oder 1,0 mm Durchmesser (Querschnitt  $0,75 \text{ mm}^2$ ) und wird mit einer Lackschicht überzogen. Diese darf weder Risse bekommen noch abspringen, wenn der Draht in eng aneinanderliegenden Spiralwindungen um einen Dorn von 5-fachem Durchmesser gewickelt wird. Die Lackader erhält drei Umhüllungen aus Faserstoff, deren äußere aus einer Umflechtung mit Baumwolle oder einem gleichwertigen Stoff (jedoch nicht Papiergarn) besteht. Die Umhüllungen müssen mit Paraffin oder gleichartigem Stoff getränkt sein. Die Drähte können auch mehrfach verseilt werden.

Die Drähte müssen so beschaffen sein, daß 5 m lange Stücke in trockenem Zustande einer Durchschlagsprobe mit 500 V Wechselstrom 10 min lang widerstehen können.

Bei Prüfung von Einfachdrähten sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

### 3. Gummiaderdraht:

geeignet zur festen Verlegung über Putz oder in Rohr unter Putz.

Bezeichnung: 4).

Der Gummiaderdraht besteht aus einem massiven, feuerverzinten Kupferleiter von 0,8 mm Durchmesser (Querschnitt  $0,5 \text{ mm}^2$ ) oder 1 mm Durchmesser (Querschnitt  $0,75 \text{ mm}^2$ ). Die Kupferseele ist mit einer vulkanisierten Gummihülle von 0,6 mm Wandstärke umgeben, deren Zusammensetzung den Bestimmungen der „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“ entsprechen muß. Über dem Gummi befindet sich eine Umflechtung aus

---

<sup>4)</sup> Die Bauart der „Z“-Drähte entspricht derjenigen der Fassungsadern der „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“. Die Drähte müssen daher den für diese Leitungen vorgesehenen weißen Kennfäden und den Firmenkennfäden enthalten.

Baumwolle oder gleichwertigem Stoff, die auch in geeigneter Weise getränkt sein kann. Zum Unterschied gegenüber Leitungen für Starkstromanlagen muß diese Umflechtung in grauer Farbe gehalten sein. Die Drähte können mehrfach verseilt werden. Falls stärkere Leitungsdurchmesser erforderlich werden, sind NGA-Leitungen (Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen) zu verwenden.

Gummiaderdrähte müssen in trockenem Zustande einer halbstündigen Durchschlagsprobe mit 1000 V Wechselstrom widerstehen können. Bei Prüfung einfacher Drähte sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

#### 4. Kabel ohne Bleimantel:

geeignet für die gleichen Zwecke wie die Einzeldrähte, aus denen das Kabel zusammengesetzt ist.

Bei der Vereinigung mehrerer Drähte zu einem Kabel sollen die einzelnen Adern den vorstehend (unter 1 bis 3) festgesetzten Bestimmungen entsprechen. Es ist jedoch auch die Verwendung eines Leiterdurchmessers von 0,6 mm sowie eine Isolierung der Adern durch eine Umspinnung mit zwei Lagen Seide und einer Lage Baumwolle zulässig.

Bei den Adern nach Nr. 2 kann die äußere Baumwollumhüllung fortfallen oder durch Papier ersetzt werden. Diese Adern sowie die mit Seide und Baumwolle isolierten Adern brauchen nicht getränkt zu werden. Die Adern nach Nr. 3 können in den Kabeln statt der Umflechtung eine Umspinnung oder eine Umwicklung mit imprägniertem Band haben.

Über der Isolation der Adern kann bei „induktionsfreien“ Kabeln eine Umspinnung mit Metallfolie (Stanniol oder dgl.) erfolgen. Die verseilten Adern sind durch gemeinsame Umwicklung mit Band oder durch Umspinnung zusammenzufassen. Darüber folgt eine Umflechtung aus Faserstoff, die in geeigneter Weise getränkt sein muß.

#### 5. Kabel mit Bleimantel:

##### a) Hausleiterkabel:

geeignet zur festen Verlegung über oder unter Putz (nicht zur unterirdischen Verlegung).

Die Kabel müssen den Bestimmungen unter 4 entsprechen, jedoch darf die Baumwollumspinnung und Tränkung bei den unter 1 und 2 genannten Adern fortfallen. Statt der fortgefallenen Baumwollumspinnung darf eine zweite Papierbandumspinnung genommen werden.



Durchmesser des Kabels unter dem Bleimantel mm	Mindeststärke des Bleimantels bei fester Umspinnung für bewehrte Kabel		Bewehrung des Bleimantels		Bewehrung			Bedeckung der Bewehrung		
	unbewehrte Kabel mm	höherer Umspinnung für bewehrte Kabel mm	Werkstoff	Dicke etwa mm	Blechstärke etwa mm	Runddraht etwa mm	Flachdraht etwa mm	Werkstoff	Stärke etwa mm	
1	2	8	4	5	6	7	8	9	10	11
bis	1,0	1,3	1,2	1,0	1,0	—	1,4	—	—	1,5
"	1,1	1,5	1,2	1,0	1,0	—	1,4	—	—	1,5
"	1,2	1,6	1,3	1,0	1,0	2×0,5	1,6	1,4	10	1,5
"	1,3	1,7	1,4	1,0	1,0	2×0,5	1,6	1,4	(nicht Papierband)	1,5
"	1,3	1,8	1,5	1,0	1,0	2×0,5	1,8	1,4	Faserstoff	1,5
"	1,3	1,9	1,5	1,0	1,0	2×0,5	—	1,4	—	1,5
"	1,4	2,0	1,5	1,0	1,0	2×0,5	—	1,4	—	1,5
"	1,4	2,1	1,6	1,2	1,2	2×0,8	—	1,7	—	1,5
"	1,5	2,2	1,7	1,2	1,2	2×0,8	—	1,7	—	1,5
"	1,6	2,3	1,7	1,2	1,2	2×0,8	—	1,7	—	1,5
"	1,7	2,4	1,8	1,2	1,2	2×0,8	—	1,7	—	1,5
"	1,8	2,5	1,9	1,2	1,2	2×0,8	—	1,7	—	1,5
"	1,9	2,6	2,0	1,2	1,2	2×0,8	—	1,7	—	1,5
"	2,0	2,7	2,1	1,5	1,5	2×1,0	—	1,7	—	2,0
"	2,1	2,8	2,2	1,5	1,5	2×1,0	—	1,7	—	2,0
"	2,2	2,9	2,3	1,5	1,5	2×1,0	—	1,7	—	2,0
"	2,3	3,0	2,4	1,5	1,5	2×1,0	—	1,7	—	2,0
"	2,4	3,1	2,6	2,0	2,0	2×1,0	—	1,7	—	2,0
"	2,5	3,2	2,8	2,0	2,0	2×1,0	—	1,7	—	2,0
"	2,6	3,3	3,0	2,0	2,0	2×1,0	—	1,7	—	2,0
"	2,7	3,4	3,2	2,0	2,0	2×1,0	—	1,7	—	2,0
"	2,8	3,6	3,5	2,0	2,0	2×1,0	—	1,7	—	2,0
"	2,9	3,8	3,8	2,0	2,0	2×1,0	—	1,7	—	2,0

Gut getränktes Papier oder anderer säurefreier getränkter Faserstoff.

Säurefreier, gut getränkter Faserstoff (nicht Papierband)

Die Kabel, die aus Adern wie unter Nr. 2 und Nr. 3 aufgeführt hergestellt sind, sollen in trockenem Zustande gemessen einen Isolationswiderstand von mindestens  $50 M\Omega$  für 1 km Länge bei  $20^{\circ} C$  haben (1 Ader gemessen gegen alle anderen und Bleimantel).

Für die Mindeststärke des Bleimantels gilt folgende Tafel:

Durchmesser des Kabels unter dem Bleimantel mm	Mindeststärke des Bleimantels mm
bis 7	0,7
„ 10	0,8
„ 14	0,9
„ 18	1,0
„ 22	1,1
„ 25	1,2
„ 28	1,3
„ 30	1,4

#### b) Kabel für unterirdische Verlegung.

Bei den Kabeln für unterirdische Verlegung sind auch andere Leiterdurchmesser zulässig als in 1 bis 3 angegeben. Die Adern können mit einer oder mehreren Lagen Papier fest oder hohl umhüllt werden. Kabel mit anderer als reiner Papierisolation sind wie Kabel mit fester Umspinnung zu behandeln. Der Isolationswiderstand für 1 km muß bei  $20^{\circ} C$  mindestens  $50 M\Omega$  betragen. Die Messung hat nach 12-stündigem Liegen in Wasser zu erfolgen.

Es gelten für blanke Bleikabel die Spalten: 1, 2 und 3.

Es gelten für bewehrte asphaltierte Bleikabel die Spalten: 1, 2 und 4 bis 11.

Bei einem Zinnzusatz von 3 % kann die Bleimantelstärke bei Kabeln mit hohler Umspinnung um 10 % verringert werden.

#### 6. Schnüre:

geeignet zum Anschluß beweglicher Kontakte.

Bezeichnung: BK.

Die Kupferseele besteht aus zusammengedrehten Drähten von höchstens 0,2 mm Durchmesser. Der Gesamtquerschnitt der Kupferseele muß mindestens  $0,3 \text{ mm}^2$  betragen. Die Kupferseele wird mit Baumwoll-Längsfäden umgeben und dann mit Glanzgarn oder Seide umspinnen oder umgeklöpelt. Zwei oder mehr solcher Adern sind miteinander oder mit einer Tragschnur zu verseilen.

## 56. Vorschriften für den Anschluß von Fernmeldeanlagen an Niederspannung - Starkstromnetze durch Transformatoren (mit Ausschluß der öffentlichen Telegraphen- und Fernsprechanlagen)<sup>1)</sup>.

Gültig ab 1. Januar 1921\*).

1. Zwischen den Starkstrom- und den Fernmeldeanlagen darf eine leitende Verbindung nicht bestehen<sup>2)</sup>.

2. An allen Geräten und Einrichtungen, die den Anschluß von Fernmeldeanlagen an Niederspannung-Starkstromnetze vermitteln, müssen die Anschlüsse für die Starkstrom- wie für die Schwachstromseite elektrisch und räumlich zuverlässig voneinander getrennt und leicht zu unterscheiden sein.

3. Die Starkstromklemmen müssen der Berührung entzogen und plombierbar sein<sup>3)</sup>.

4. Die Bestimmungen des § 10 der „Errichtungsvorschriften“ finden Anwendung.

5. Die Starkstrom- und die Fernmeldeleitungen müssen in der ganzen Anlage elektrisch und räumlich zuverlässig voneinander getrennt und leicht zu unterscheiden sein<sup>4)</sup>.

6. Kleintransformatoren, die zum Betrieb von Fernmeldeanlagen dienen, müssen als solche gekennzeichnet werden<sup>5)</sup> und entweder derart gebaut oder mit solchen Schutzvorrichtungen versehen sein<sup>6)</sup>, daß bei dauerndem Kurzschluß der Sekundärklemmen und bei Nenn-Primärspannung die Übertemperatur der Wicklungen folgende Werte nicht überschreitet:

Draht mit Isolierung durch Emaillack . . . . . 120° C

Draht mit Isolierung durch Seide . . . . . 100° C

Draht mit Isolierung durch imprägnierte Baumwolle 90° C

Die Übertemperatur ist nach den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren (R.E.T.)“ aus der Widerstandzunahme zu ermitteln<sup>7)</sup>.

---

\*) Angenommen durch die Jahresversammlung 1920. Veröffentlicht: ETZ 1920, S. 737. Die erste Fassung wurde auf der Jahresversammlung 1912 angenommen. Sie war veröffentlicht ETZ 1912, S. 94 und 697.

7. Die Primär- und Sekundärwicklungen müssen auf getrennten Spulenkörpern befestigt sein<sup>8)</sup>.

Beide Wicklungen sind durch isolierende Zwischenlagen oder ähnliche Mittel so voneinander zu trennen, daß auch bei Drahtbruch eine elektrische Verbindung nicht entstehen kann.

8. Die Spannung an der offenen Sekundärwicklung darf das Doppelte der Nennspannung nicht überschreiten und höchstens 40 V betragen<sup>9)</sup>.

9. Die Isolierfestigkeit ist nach den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren (R.E.T.)“ zu prüfen; Prüfspannung 1000 V.

10. Auf den Kleintransformatoren müssen Primärspannung, Frequenz, Sekundärstromstärke, Sekundärspannungen und Leerlaufverbrauch in W, bezogen auf die Primärspannung, verzeichnet sein<sup>10)</sup>.

Die angegebene Stromstärke muß der höchsten angegebenen Sekundärspannung entsprechen.

### **Erläuterungen.**

1. Vgl. Erläuterungen von Passavant „ETZ“ 1912, S. 94. Über den Begriff „Fernmeldeanlagen“ (Schwachstromanlagen) siehe Webers Erläuterungen 1 und 2 zum § 1 der Errichtungsvorschriften. Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen (Schwachstromanlagen) sind 1923 aufgestellt und 1924/25 zum Teil neu gefaßt worden (s. S. 614).

2. Transformatoren dürfen also nicht in Sparschaltung angewendet werden. Besteht eine leitende Verbindung, wie z. B. bei Sparschaltung, so muß die Fernmeldeleitung in allen Teilen nach den Vorschriften für Starkstromanlagen ausgeführt werden.

3. Vgl. § 10, Regel 1, der Errichtungsvorschriften.

4. Beide Arten von Leitungen dürfen z. B. nicht in ein und demselben Rohr liegen.

5. Die Kennzeichnung soll eine Verwechslung mit Kleintransformatoren für Starkstromzwecke, z. B. zur Speisung niedervoltiger Glühlampen, ausschließen; hierzu dient etwa die Aufschrift: „Klingeltransformator“.

6. In der Praxis wird dieser Forderung durch Transformatoren mit hohem Spannungsabfall genügt. Die Sicherung des den Transformator enthaltenden Zweiges der Starkstromleitung ist keine derartige Schutzvorrichtung, sie ist aber nach § 14 d der Errichtungsvorschriften erforderlich.

7. Diese Vorschrift definiert die sogenannte „Kurzschlußsicherheit“ des Transformators. Sie bezieht sich nicht nur auf die Feuergefahr infolge Überhitzung der Außenteile, sondern soll auch ein Unbrauchbarwerden der Transformatoren durch Verschmoren infolge von Kurzschlüssen in der Fernmeldeanlage verhindern.

8. Obwohl der Übertritt des Starkstromes in die Fernmeldeleitung auch bei anderen als der hier vorgeschriebenen Bauart verhütet werden kann, so soll doch durch die Bestimmung eine besondere, von der Art der Ausführung tunlichst unabhängige Sicherheit geschaffen werden. Die getrennten Spulenkörper können z. B. auf zwei verschiedenen Schenkeln des Eisenkernes liegen. Liegen sie auf dem gleichen Schenkel, so muß jede Spule mit ihrem Körper für sich abnehmbar sein.

9. Die „Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen“ fußen auf der Annahme, daß eine Spannung von 24 V für den Betrieb von Fernmeldeanlagen ausreicht. Dieser Spannung entspricht die Grenze von 40 V bei offenem Transformator, da meistens ein erheblicher Spannungsabfall entsteht.

10. Wird der Klingeltransformator wie üblich als Einheits-type für einen größeren Bereich von Anschlußspannungen ausgeführt, z. B. 210 bis 240 V, so muß der Leerlaufverbrauch bei einer bestimmten Spannung angegeben werden, also z. B. „0,1 W bei 220 V“.

## **57. Leitsätze für den Anschluß von Fernmeldeanlagen an Niederspannung-Starkstromnetze mit Hilfe von Einrichtungen, die eine leitende Verbindung mit dem Starkstromnetz erfordern (mit Ausschluß der öffentlichen Telegraphen- und Fernsprechanlagen)<sup>1)</sup>.**

Gültig ab 1. Oktober 1923\*).

1. Die höchste, in irgendeinem Teil der Fernmeldeanlage zulässige Spannung (Nennspannung) beträgt im allgemeinen 40 V. Bei Fernmeldeanlagen, die nach den „Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen“ ausgeführt sind, beträgt diese Höchstspannung 60 V<sup>2)</sup>. In diesem Falle ist für die Leitungen der Fernmeldeanlage nur Gummiaderdraht nach Ziffer 3 der „Normen für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen“ oder Kabel mit Bleimantel nach Ziffer 5 dieser Normen zulässig.

Das Auftreten einer höheren Spannung als 40 V bzw. 60 V soll verhindert werden<sup>3)</sup>.

2. Der Anschluß ist nur bei solchen Starkstromanlagen zulässig, bei denen ein Pol oder der Mittelleiter betriebmäßig geerdet ist. Diese Erdung der Fernmeldeanlage soll durch eine nicht ausschaltbare und ungesicherte Leitung hergestellt sein. Der zu erdende Pol der Fernmeldeleitung muß mit dem geerdeten Pol der Starkstromanlage verbunden werden.

3. Von den „Vorschriften für den Anschluß von Fernmeldeanlagen an Niederspannung-Starkstromnetze durch Transformatoren (mit Ausschluß der öffentlichen Telegraphen- und Fernsprechanlagen)“ finden sinngemäß Anwendung die Punkte 2, 3, 5, 6, 9 und 10.

\*) Angenommen durch die außerordentliche Ausschußsitzung am 30. August 1923. Veröffentlicht: ETZ 1923, S. 700 und 953.

## Erläuterungen.

1. Vgl. Erläuterungen, 1 zu den „Vorschriften für den Anschluß von Fernmeldeanlagen an Niederspannungs-Starkstromnetze durch Transformatoren“. Während sich die Vorschriften jedoch auf den Anschluß an Wechselstromnetze beziehen und alle Einrichtungen umfassen, bei denen ein Transformator den Anschluß bewirkt, sind die vorliegenden Leitsätze in erster Reihe für den Anschluß an Gleichstromnetze bestimmt. Es muß darauf hingewiesen werden, daß jede Einrichtung, die eine leitende Verbindung ausschließt, einen höheren Sicherheitsgrad gewährleistet. Der Anschluß mit leitender Verbindung wird daher durch die vorliegenden Leitsätze versuchsweise und nur insoweit geregelt, als technische Mittel, die eine leitende Verbindung vermeiden, nicht zur Verfügung stehen.

Wird die nach Leitsatz 1 zulässige Höchstspannung von 60 V überschritten, so muß die Fernmeldeanlage in allen ihren Teilen nach den „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen“ ausgeführt und behandelt werden.

2. Um die Spannung eines Gleichstromnetzes auf 40 bzw. 60 V herabzusetzen, gibt es zwei Möglichkeiten: entweder Anwendung eines Abzweigwiderstandes (Spannungsteiler), so daß die Fernmeldeanlage im Nebenschluß zu einem Teil des Widerstandes liegt, oder Vorschaltung eines Widerstandes, der die überschüssige Spannung verbraucht. Die Einhaltung der Grenzspannung wird für beide Fälle bei geschlossenem Stromkreis leicht zu erfüllen sein, sie wird aber durch obigen Leitsatz auch für den offenen Zustand gefordert.

3. Da durch einen Fehler (z. B. Versagen eines Relais, Kurzschluß oder Unterbrechung von Widerstandswindungen u. a. m.) die Spannungbegrenzung illusorisch werden kann, wird gefordert, daß eine Vorrichtung vorhanden ist, die bei Auftreten eines solchen Fehlers entweder die Spannung immer noch unter der zulässigen Grenze hält (z. B. ein zweiter parallel zum ersten angeordneter Abzweigwiderstand) oder die Fernmeldeanlage spannungslos macht.

## **58. Vorschriften und Normen für galvanische Elemente**

(Zink-, Kohle-, Braunsteinelemente).

### I. Allgemeines.

#### § 1. Geltungstermin<sup>1)</sup>.

Die Vorschriften und Normen treten am 1. Oktober 1923 in Kraft.

#### § 2. Geltungsbereich.

Die Vorschriften und Normen gelten für nasse Elemente, Trockenelemente und auffüllbare Elemente von einem Aufbau aus Zink, Kohle, Braunstein.

#### § 3. Aufschrift.

Jedes Element muß ein Ursprungszeichen haben, das den Hersteller erkennen läßt. Bei Trocken- und auffüllbaren Elementen müssen Woche und Jahr der Herstellung leicht und deutlich erkennbar verzeichnet sein. Das Klassenzeichen: „ZKB (Zahl)“ ist außerdem anzugeben. Die Bezeichnungen sollen so angebracht sein, daß sie nicht ohne weiteres entfernt werden können.

### II. Begriffserklärungen.

#### § 4.

Die offene Spannung ist die Spannung des nicht durch einen äußeren Widerstand belasteten Elementes.

Klemmenspannung ist die Spannung eines Elementes bei Schließung durch einen äußeren Widerstand.

Innerer Widerstand ist der Widerstand des unbelasteten Elementes, gemessen zwischen dem freien Ende des Anschlußdrahtes und der Kohlenpolklemme.

Dauerentladung ist die zeitlich ununterbrochene Stromentnahme bis zur Erschöpfung des Elementes.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1921 und die außerordentliche Ausschußsitzung am 30. August 1923. Veröffentlicht: ETZ 1921, S. 578; 1923, S. 624 und S. 953.



Aussetzende Entladung ist eine in Zeitabschnitten stattfindende kurzzeitige Stromentnahme bis zur Erschöpfung.

Entladungswiderstand ist der zwischen dem freien Ende des Anschlußdrahtes und der Kohlenpolklemme eingeschaltete äußere Widerstand.

Anschlußdraht ist die zur Stromentnahme dienende Verlängerung der Zinkelektrode.

### III. Behandlungsvorschriften für Elemente.

#### § 5.

##### a) Nasse Elemente.

Das Ansetzen der nassen Elemente geschieht in der Weise, daß zunächst die gesäuberten Gläser etwa bis zur Hälfte mit abgekochtem Wasser gefüllt werden. Es wird dann das Erregersalz (Salmiak 98 ÷ 100%) hinzugeschüttet und die Lösung rd.  $\frac{1}{4}$  h umgerührt. Hierauf wird die Kohlenelektrode und das Zink eingesetzt und so viel Wasser nachgefüllt, bis die Lösung 3 cm unter dem Glasrande steht. Zum Zwecke des Temperatenausgleiches hat dann das Element, um seine Höchstleistung zu erzielen, mindestens 12 h ruhig zu stehen und soll dann erst in Gebrauch genommen werden.

##### b) Trockenelemente.

Trockenelemente vertragen im allgemeinen keine zu lange Lagerung vor Ingebrauchnahme. Die für jede Klasse zulässige Lagerzeit ergibt sich aus der Tafel in § 15. Die Elemente sind möglichst bei mittlerer Temperatur nicht zu trocken aufzubewahren. Der Anschlußdraht ist so zu sichern, daß seine Berührung mit der Kohlenpolklemme ausgeschlossen ist.

##### c) Auffüllbare Elemente.

Diese Elemente eignen sich für längere Lagerung vor Gebrauch. Die Elemente sind möglichst bei mittlerer Temperatur und in vollkommen trockenen Räumen aufzubewahren. Der Anschlußdraht ist so zu sichern, daß seine Berührung mit der Kohlenpolklemme ausgeschlossen ist.

Das Ansetzen der auffüllbaren Elemente geschieht in der Weise, daß nach Herausnahme des oder der Stöpsel das Element mit abgekochtem Wasser durch das Füllrohr vollzufüllen ist. Nach 1 h ist noch einmal nachzufüllen;

dann soll das Element möglichst 12 h aufrecht stehen, muß dann aber einmal umgekippt werden, damit etwa noch überschüssiges Wasser herausläuft. Die Füllrohre sind nunmehr wieder mit ihren Stöpseln zu verschließen.

Als tropensicher können nur nasse Elemente und auffüllbare Elemente angesehen werden, solange sich diese nicht in gebrauchsfertigem Zustande befinden; zur Ausfuhr nach tropischen Gegenden eignen sich Trockenelemente nicht.

Zu a bis c.

Die Kohlenelektroden sind am freien Ende gegen das Aufsteigen von Flüssigkeit durch Tränken (Paraffin u. dgl.) zu sichern.

#### IV. Bestimmungen für die Messungen von Elementen.

##### § 6.

Messungen nach §§ 7 u. ff. sind innerhalb einer Frist von zwei Wochen nach Eintreffen bei dem Abnehmer vorzunehmen.

Bei nassen Elementen und auffüllbaren Elementen sind die Messungen nach Erfüllung der Vorschriften des § 5a und c vorzunehmen.

##### § 7.

Die offene Spannung des Elementes ist zu messen.

##### § 8.

Der innere Widerstand ist mit der Wechselstrommeßbrücke bei einer Frequenz von 400 bis 800 Per/s zu messen.

Vorkehrungen sind zu treffen, die verhindern, daß eine stärkere Entladung des Elementes über die Brückenweige während der Messung stattfindet.

##### § 9.

Die Feststellung der Anzahl der Wattstunden erfolgt durch Messungen der Klemmenspannung bei Dauerentladung und aussetzender Entladung über den in § 12 angegebenen Entladungswiderstand.

a) Für Dauerentladungen haben die Messungen während der ersten 8 h stündlich, darauf in Abständen von je 24 h — erstmalig 24 h nach Beginn der Entladung — so lange zu erfolgen, bis die Klemmenspannung unter 0,4 V gesunken ist.

b) Die aussetzende Entladung ist in der Weise vorzunehmen, daß die Elemente in jeder Viertelstunde je 3 min lang über den Entladungswiderstand geschlossen werden. Die Messungen haben während der ersten 6 Tage in Abständen von 24 h, dann in Abständen von je 72 h frühestens 2 min nach Einschalten des Entladungswiderstandes zu erfolgen.

Die gefundenen Werte sind in Kurven aufzutragen, in denen die Spannungen als Ordinaten, die Zeiten als Abszissen einzutragen sind. Durch Planimetrieren der Kurve, die aus den Quadraten dieser Spannungen als Ordinaten und den Zeiten als Abszissen gebildet wird, ist die Anzahl der Wattstunden (Flächeninhalt/Widerstand) zu ermitteln, und zwar sowohl für eine Entladung bis zu einer Klemmenspannung von 0,7 V als auch bis zu einer Klemmenspannung von 0,4 V.

Nach Schluß der Entladung ist der innere Widerstand, wie in § 8 angegeben, festzustellen.

#### § 10.

Trockenelemente sind ferner noch in der Weise zu prüfen, daß gleichzeitig bei einem zweiten Element wöchentlich einmal die Klemmenspannung 10 s nach Schluß über einen Widerstand von 1  $\Omega$  während 45 Tagen festgestellt wird.

Die gefundenen Werte sind in Kurven einzutragen, in denen die gefundenen Spannungen als Ordinaten, die Zeiten als Abszissen erscheinen.

#### § 11.

Für die Messungen nach §§ 7, 9 und 10 ist ein Edelspannungsmesser mit einem Widerstand von mindestens 100  $\Omega$  für 1 V zu benutzen. Sämtliche Messungen sind bei einer Raumtemperatur von etwa 20° vorzunehmen.

#### § 12.

Für die Entladungen nach § 9 sind folgende Entladungswiderstände zu wählen:

Elementklasse . . . . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Entladungswiderstand in $\Omega$ .	25	15	10	5	10	5	5	5	10	5

### V. Normale Abmessungen von Elementen.

#### § 13.

10 Normalklassen von Elementen mit den folgenden Abmessungen werden festgelegt:

Klasse	Höhe des Behälters mm	Querschnitt mm <sup>2</sup>	Durchmesser mm	Zulässige Gesamthöhe einschl. Klemme mm	Zulässige Abweichung der Seitlänge und Durchmesser mm	Bemerkung
ZKB 1	73	32×32	—	85	1	Trockenelement
ZKB 2	110	55×55	—	125	2	„
ZKB 3	140	63×63	—	160	2	„
ZKB 4	180	80×80	—	200	3	„
ZKB 5	130	—	70	145	2	„
ZKB 6 V	165	76×76	—	185	3	„
ZKB 6 R	165	—	75	185	3	„
ZKB 7	150	—	80	170	3	„
ZKB 8	180	—	85	200	3	„
ZKB 9	160	—	100	200	—	Nasses Element
	—	—	(Deckel 107)	—	(3)	„
ZKB 10	250	—	125	300	—	„
	—	—	(Deckel 132)	—	(3)	„

§ 14.

Für die Anschlußdrähte sind weichgeglühte verzinnzte Kupferdrähte zu verwenden. Für die Klassen ZKB 1 bis 3 und 5 ist ein Draht von 1 mm Durchmesser, für die Klassen ZKB 4, sowie 6 bis 8 ist ein Draht von 1,4 mm Durchmesser zu verwenden. Die Länge der Anschlußdrähte, vom Austritt aus der Vergußmasse ab gerechnet, soll mindestens betragen:

Für Klasse 1 . . . . . 55 mm,  
 „ „ 2, 3 und 5 . . . . . 90 mm,  
 „ „ 4, 6 bis 8 . . . . . 120 mm.

Für Bleistreifen für nasse Elemente gelten die Abmessungen:

Querschnitt 10×1 mm,  
 Gesamtlänge mindestens 180 mm,  
 Lochdurchmesser 5 mm.

**VI. Höchst- bzw. Mindestwerte für die Klassen ZKB 1 bis 10.**

§ 15.

Für die aus den Messungen gemäß § 7 bis 10 sich ergebenden Werte werden folgende Höchst- bzw. Mindestwerte festgesetzt, denen die nassen Elemente und die Trockenelemente Genüge leisten müssen:

	Messung nach											Bemerkungen		
		1	2	3	4	5	6 V	6 R	7	8	9		10	
Offene Spannung des Elementes in V . . . . .	§ 7	1,48	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	Mindestwert
Klemmenspannung in V, 10 s nach Schluß über 1 $\Omega$														
a) beim neuen Element . . .	§ 10	1,00	1,15	1,20	1,25	1,15	1,25	1,20	1,20	1,25	1,15	1,20	„	
b) nach 45 Tagen . . . . .	§ 10	0,90	1,05	1,10	1,18	1,05	1,20	1,15	1,15	1,18	—	—	„	
Innerer Widerstand des Elementes in $\Omega$ . . . . .	§ 8	0,40	0,30	0,30	0,20	0,25	0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,20	Höchstwert	
Zahl der Wattstunden bei Dauerentladung bis 0,7 V	§ 9	1,6	8	14	32	9	20	20	14	20	16	30	Mindestwert	
Zahl der Wattstunden bei Dauerentladung bis 0,4 V	§ 9	1,9	10	20	40	12	30	30	17,5	30	25	45	„	
Lagerzeit in Wochen . . . . .		9	12	16	26	12	22	22	16	22	—	—	Höchstw.	

Die Festsetzung von Werten für Messungen bei aussetzender Entladung und von solchen für auffüllbare Elemente erfolgt später.

## 59. Normen für dreiteilige Taschenlampen- batterien <sup>1)</sup>.

Gültig ab 1. Oktober 1916<sup>2)</sup>.

Aufgestellt vom Verband Deutscher Elektrotechniker in Gemein-  
schaft mit dem Verband der Fabrikanten von Taschenlampen-  
batterien in Deutschland, e. V.

1. Die normalen Taschenlampenbatterien müssen (ohne Kontaktfedern) folgende äußeren Abmessungen haben:

Länge . . . . .	62 mm,
Breite . . . . .	21 mm,
Höhe . . . . .	65 mm.

Abweichungen sind in der Länge und Breite um  $\frac{1}{2}$  mm und in der Höhe um 1 mm zulässig.

2. Die Kontaktstreifen müssen aus genügend rostsicherem, federnden Metall hergestellt und 7 bis 8 mm breit sein. Der kürzere Streifen soll 18 bis 20 mm, der längere 40 bis 45 mm lang sein.

3. Die Batterie muß oben durch einen geeigneten Stoff abgeschlossen oder vergossen sein.

4. Jede Batterie muß ein Ursprungszeichen haben, das den Hersteller erkennen läßt; außerdem müssen die Woche und das Jahr der Herstellung leicht und deutlich erkennbar verzeichnet sein. Die Bezeichnungen sollen so angebracht sein, daß sie nicht ohne weiteres entfernt werden können.

5. An jeder Batterie muß äußerlich erkennbar sein, ob sie schon benutzt worden ist oder nicht.

6. Die EMK der Batterie muß bei der Ablieferung aus der Fabrik mindestens 4,5 V betragen, sie soll 4,8 V möglichst nicht übersteigen. Innerhalb einer Frist von 14 Tagen nach Eintreffen bei dem Abnehmer, spätestens aber inner-

<sup>1)</sup> Diese Normen gelten nur für die dreiteiligen Taschenlampenbatterien normaler Ausführung, die zurzeit die gebräuchlichsten sind. Die Herausgabe von Normen für andere Taschenlampenbatterien bleibt vorbehalten.

<sup>2)</sup> Veröffentlicht: ETZ 1916, S. 489. Erläuterungen hierzu siehe ETZ 1916, S. 489.

halb 4 Wochen nach Auslieferung aus der Fabrik darf die EMK nicht unter 4,2 V sinken vorausgesetzt, daß die Batterie inzwischen sachgemäß gelagert und behandelt worden ist.

Zu den Messungen ist ein Gleichstrom-Präzisions-Spannungsmesser von mindestens 100  $\Omega$  Widerstand auf 1 V des Meßbereiches zu verwenden.

7. Der innere Widerstand der frischen Batterie muß so niedrig sein, daß die Spannung bei der Schließung der Batterie durch einen Widerstand von 15  $\Omega$  höchstens 0,6 V unter die EMK von 4,5 V sinkt.

8. Auf jeder Batterie muß die Leistung in Nutzbrennstunden bei dauernder Entladung und bei Entladung mit Unterbrechungen angegeben sein. Die Angaben sollen sich auf eine Temperatur von ungefähr 20° C und auf den frischen Zustand der Batterie bei Ablieferung aus der Fabrik beziehen. Bei der dauernden Entladung ist die zu prüfende Batterie durch einen Widerstand von 15  $\Omega$  zu schließen. Die Entladung gilt als beendet, sobald die Klemmenspannung auf 1,8 V gesunken ist. Die Nutzbrenndauer bei Entladung mit Unterbrechungen ist in der Weise zu berechnen, daß die bei dauernder Entladung ermittelte (nicht abgerundete) Brennstundenzahl um 40 % erhöht wird. Die Angaben der Nutzbrenndauer sind in jedem Falle auf volle Viertelstunden abzurunden.

## **60. Leitsätze für Maßnahmen an Fernmelde- und an Drehstromanlagen im Hinblick auf gegenseitige Näherungen<sup>1)</sup>.**

### I. Einleitung.

#### § 1.

Diese Leitsätze treten am 1. Oktober 1925 in Kraft.

#### § 2.

Diese Leitsätze berücksichtigen von den Fernmeldeleitungen Fernsprechleitungen und mit Wechselstrom betriebene Eisenbahnblockleitungen. Telegraphenleitungen werden durch Drehstromleitungen im allgemeinen nicht gestört. Die Anwendung der Leitsätze auf Drehstromleitungen mit betriebsmäßig geerdetem Nullpunkt bei Nennspannungen bis 1000 V und auf die übrigen Drehstromleitungen bei Nennspannungen bis 3000 V ist nicht erforderlich.

### II. Allgemeine Maßnahmen.

#### A. Maßnahmen an neuen Fernmeldeanlagen.

#### § 3.

Fernsprechleitungen sind als Doppelleitungen, Eisenbahnblockleitungen mit erdfreier Rückleitung herzustellen. Die mit den Außenleitungen verbundenen Einführungskabel sollen bis zum Anschlußpunkt der Blitzableiter so beschaffen sein, daß sie kurzzeitig induzierte Längsspannungen bis zu 1000 V ertragen.

#### § 4.

Um die zu Knallgeräuschen Anlaß gebende Betätigung der Blitzableiter durch Fernwirkungen aus Drehstromanlagen hintanzuhalten, ist die Ansprechspannung der Blitzableiter so hoch zu wählen, als es die Betriebsicherheit der technischen Einrichtung zuläßt. Die geringstzulässige Ansprechspannung ist 300 V.

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht: ETZ 1925, S. 818, 1126 und 1526.



Wenn Einrichtungen bestehen, durch die ohne wesentliche Beeinträchtigung des Fernsprechbetriebes das Auftreten von Knallgeräuschen zuverlässig verhütet werden kann, sind sie in den Fernsprechleitungen anzubringen.

In Eisenbahnblockleitungen sind nur Blitzableiter mit Ansprechspannungen über 500 V zulässig, damit sie nicht durch die möglichen induzierten Längsspannungen betätigt werden können.

#### § 5.

In Sprechstellung geerdete, gegen Erde unsymmetrische Apparate, Schaltungen und Einrichtungen sollen an Fernsprechleitungen für den Weitverkehr nur mit Übertragern angeschlossen werden.

Auch Fernsprechleitungen für den Schnellverkehr und für Netzgruppen sind nach Möglichkeit in gleicher Weise zu behandeln.

Zur Herabminderung induzierter Längsspannungen sind die Fernsprechleitungen in geeigneten Fällen durch Zwischenschalten von Übertragern elektrisch zu unterteilen.

#### § 6.

Bei Fernsprech-Doppelleitungen sollen die beiden Leitungsarme nach Stoff und Stärke der Drähte vollkommen übereinstimmen. Widerstandsunterschiede in den eingeschalteten Stromsicherungen sind unzulässig. Feste oder lösbare Verbindungen in den Leitungen und Einrichtungen sind so herzustellen und zu unterhalten, daß keine für die Sprechströme schädlichen Übergangswiderstände (Kontaktfehler) vorkommen. Die Ableitung soll möglichst gering und in den beiden Leitungsarmen möglichst gleich sein. Diese Vorschriften gelten sinngemäß auch für die Stämme eines Vierers.

#### § 7.

Durch Einbau von Schleifenkreuzungen und Platzwechseln ist eine für den Sprechverkehr ausreichende Symmetrie der Stämme und Vierer herzustellen.

Ausreichende Symmetrie besteht, wenn die Leitungen den Anforderungen genügen, die die Deutsche Reichspost an ihre Leitungen stellt.

Die Länge eines Kreuzungsabschnittes soll nach Möglichkeit 1 km nicht überschreiten.

Ein Kreuzungsabschnitt ist der dem Kreuzungsverfahren zugrundeliegende Abstand zweier Kreuzungsgestänge der Fernsprechlinie.

§ 8.

Für sorgfältige Linienunterhaltung und schnellste Beseitigung von Fehlern, insbesondere von Ableitungen, ist Sorge zu tragen.

B. Maßnahmen an neuen Drehstromanlagen.

§ 9.

Umlaufende Maschinen sollen nicht nur bei Leerlauf, sondern auch bei beliebiger Belastung bis zur Nennlast einschließlich praktisch sinusförmige Spannungskurven liefern; Transformatoren dürfen im Eisen nicht zu hoch gesättigt sein. Maßgebend hierfür sind die „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen“ (R.E.M./1923) bzw. die „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren“ (R.E.T./1923).

§ 10.

Bei Anlagen mit unmittelbar oder über einen kleinen Widerstand geerdetem Symmetriepunkt (Nullpunktserdung) sind Leistungstransformatoren, sofern die Spannung der geerdeten Seite mehr als 12 kV beträgt, derart zu schalten oder mit einer besonderen Wicklung derart auszuführen, daß die magnetischen Flüsse der dreizahligen Harmonischen im Transformator möglichst unterdrückt werden (siehe „Leitsätze für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen“, Abschnitt II, 1 b Transformatoren).

§ 11.

Anlagen ohne Nullpunktserdung sollen nach Möglichkeit mit Einrichtungen versehen werden, die den Erdschlußlichtbogen unterdrücken und damit dem Entstehen von Doppelerdschlüssen vorbeugen, z. B. Löschtransformatoren, Erdschlußspulen, oder die den Erdschluß selbsttätig abschalten.

§ 12.

An mindestens einer Stelle eines elektrisch zusammenhängenden Drehstromnetzes soll eine Einrichtung vorgesehen werden, die das Auftreten von Erdschlüssen in der Anlage erkennbar macht.

§ 13.

Für das Schalten der Leitungen werden Einrichtungen empfohlen, die zur Unterdrückung von Stromstößen und Spannungssprüngen geeignet sind.

## § 14.

Das elektrisch zusammenhängende Leitungsnetz soll in seiner ganzen Ausdehnung so angeordnet werden, daß die Spannungen der Phasendrähte gegen Erde möglichst gleich groß sind. Soweit ein genügender Ausgleich nicht durch Zusammenschalten verschieden gelegener Phasendrähte bei Abzweigungen, Schaltstellen, Kraft- und Umspannwerken erreicht werden kann, soll er durch Verdrillen der Leitungen geschaffen werden. Dabei soll die Länge eines vollständigen Umlaufes bei dreieckiger Leiteranordnung in der Regel 80 km, bei anderer Anordnung 40 km möglichst nicht überschreiten. Als dreieckige Anordnung gilt eine Anordnung, bei der die Dreieckhöhe größer als die Hälfte der längsten Seite ist.

In vermaschten Netzen sollen Leitungen über 30 km -- gerechnet von Knotenpunkt zu Knotenpunkt -- in mindestens einem vollen Umlauf verdrillt werden.

Ein Umlauf ist ein Abschnitt, in dem jeder Leiter in gleichem Drehsinne und in gleichen Zwischenräumen zweimal seinen Platz wechselt. An der Verbindungsstelle zweier Umläufe kann der Platzwechsel unterbleiben. Abzweigungen sind auf die Stammlinie anzurechnen. Doppelleitungen mit günstigstem Ausgleich ihrer elektrischen Felder (ETZ 1921, S. 1262) sind wie Leitungen in Dreieckanordnung zu behandeln.

## § 15.

Freileitungen sollen möglichst symmetrisch belastet werden.

## § 16.

Die Leitungen sollen so weit von Baumzweigen, Blättern und mit Erde in Verbindung stehenden Körpern entfernt sein, daß Berührungen zwischen diesen und den Leitungen vermieden werden und Bäume, Äste und Zweige möglichst nicht in die Drähte fallen.

Erdfehler sind mit tunlichster Beschleunigung zu beseitigen (vgl. §§ 29 und 39).

**III. Maßnahmen bei neuen Näherungen.**

## A. Allgemeines.

## § 17.

Unabhängig von der Frage, wem die Kosten zur Last fallen, sind im Einvernehmen der Beteiligten grundsätzlich die Maßnahmen an der Drehstromanlage, an der Fernmelde-

anlage oder an beiden Anlagen zu treffen, die die technisch und wirtschaftlich beste Gesamtlösung bilden. Dabei sollen diese Maßnahmen innerhalb technischer und wirtschaftlicher Grenzen nach Möglichkeit derart durchgeführt werden, daß auch spätere Näherungen erleichtert werden.

Vielfach wird die Einhaltung eines ausreichenden Abstandes zwischen den beiden Anlagen, sofern sie technisch durchführbar ist, die wirtschaftlichste Lösung sein.

#### § 18.

Eine Näherung ist ein Nebeneinanderlauf zwischen einer Fernmeldeleitung und einer Drehstromleitung in einer solchen Länge und in einem solchen Abstände, daß durch die elektrischen oder magnetischen Felder der Drehstromleitung in der Fernmeldeleitung mit technischen Mitteln nachweisbare Spannungen erzeugt werden können.

#### § 19.

Für Näherungen, bei denen die Fernmeldelinie oder die Drehstromlinie oder beide Linien als Kabel in der Erde verlegt oder als Luftkabel geführt sind, bedarf es der unter B bis D angegebenen Maßnahmen nicht.

#### § 20.

Bestehende Drehstromleitungen innerhalb von Näherungen gelten als Neuanlagen, wenn die Spannung erhöht wird, und die Näherungen nicht von vornherein für die höhere Spannung bemessen worden sind.

### B. Maßnahmen zur Verhinderung des Entstehens gefährlicher Knallgeräusche in Fernsprechleitungen.

#### § 21.

Unter Berücksichtigung der bereits bestehenden Näherungen zwischen der nämlichen Fernmeldeleitung und der nämlichen Drehstromleitung soll die Länge einer Näherung so klein oder der gegenseitige Abstand der Leitungen so groß gewählt werden, daß durch die Fernwirkungen der Drehstromleitung in einer Fernsprechleitung keine Gefährdung durch Knallgeräusche verursacht werden kann.

Näherungen, die bei dem Inkrafttreten der Leitsätze vorhanden sind, brauchen nicht berücksichtigt zu werden, wenn

Gefährdungen noch nicht vorgekommen oder trotz Überschreitens der Gefährdungsgröße keine geeigneten Schutzmaßnahmen getroffen sind.

#### § 22.

Gefährdung durch Knallgeräusche ist bei Verwendung von Kopffernhörern möglich, wenn beim Schalten einer erdfehlerhaften Drehstromleitung ohne Nullpunktserdung durch Influenz eine elektrische Arbeit von mehr als  $\frac{2}{100}$  J (Wattsekunden) auf eine Fernsprech-Doppelleitung übertragen wird. In Fernsprech-Einzelleitungen ist ein Betrag über  $\frac{6}{100}$  J als gefährlich anzusehen (siehe auch § 25).

#### § 23.

Als wirksame influenzierende Spannung der Drehstromleitung gilt der anderthalbfache Scheitelwert, bei der Verwendung von Einrichtungen nach § 13 der einfache Scheitelwert ihrer Nennspannung. Befinden sich Drehstromleitungen verschiedener Spannung auf dem gleichen Gestänge, so wird die höchstvorkommende Spannung, bei Doppelleitungen die gemeinsame Spannung zugrunde gelegt.

#### § 24.

Gefährdung durch Knallgeräusche ist möglich, wenn der beim Auftreten eines Erdschlusses in einer Drehstromleitung mit Nullpunktserdung entstehende Dauerkurzschlußstrom, soweit er sich durch die Erde ausgleicht, in einer Fernsprechleitung eine Spannung gegen Erde (Längsspannung) induziert, deren Effektivwert 400 V bei Fernsprech-Doppelleitungen, 100 V bei Fernsprech-Einzelleitungen übersteigt.

#### § 25.

Wenn in den Fernsprechleitungen der Näherung Einrichtungen vorgesehen sind oder vorgesehen werden, die das Auftreten von Knallgeräuschen in den Fernhörern zuverlässig verhüten, wird eine Gefährdung nach den §§ 22 und 24 nicht angenommen; doch darf mit Rücksicht auf die geringe Sicherheit der Fernsprecheinrichtungen gegen Durchschlag und auf die Gefährdung von Personen, die blanke Teile der Fernsprecheinrichtungen berühren, die effektive Längsspannung 1000 V, aber nicht für kurze Zeit (Ausschaltzeit), übersteigen.

Durch elektrische Unterteilung der Fernsprechleitungen mit Hilfe von Übertragern innerhalb der Näherungstrecke

läßt sich die Längsspannung verringern. Diese Maßnahme ist nach Möglichkeit anzuwenden, wenn sie den Betriebswert der Fernsprechleitungen nicht unzulässig verschlechtert.

C. Maßnahmen gegen Störungen in Eisenbahnblockleitungen.

§ 26.

Störungen in Eisenbahnblockleitungen sind möglich, wenn unter den Voraussetzungen des § 24 die in einer Eisenbahnblockleitung mit Erde als Rückleitung induzierte Längsspannung 50 V (eff.) übersteigt.

§ 27.

Sofern störende Fernwirkungen im Sinne des § 26 auftreten, sind Maßnahmen im Sinne des § 17 zu treffen (vgl. auch § 3).

D. Maßnahmen gegen Störungen des Betriebes in Fernsprechleitungen.

§ 28.

Unter Berücksichtigung der bereits bestehenden Näherungen zwischen der nämlichen Fernsprechleitung und der nämlichen Drehstromleitung oder anderen Drehstromleitungen muß die Länge der Näherung zwischen einer Fernsprechleitung und einer Drehstromleitung so klein oder der gegenseitige Abstand so groß gewählt werden, daß durch das elektrische Wechselfeld der Spannungsüberschwingungen der erdfehlerfreien Drehstromleitung der Betrieb in der Fernsprechleitung nicht gestört wird.

Näherungen, die bei dem Inkrafttreten der Leitsätze vorhanden sind, brauchen nicht berücksichtigt zu werden, wenn trotz Überschreitens der Störungsgröße keine geeigneten Schutzmaßnahmen getroffen sind.

§ 29.

Wenn nicht sichergestellt ist, daß nach dem Auftreten eines Erdfehlers in einem Drehstromnetz ohne Nullpunktserdung der davon betroffene Leitungsteil oder die Drehstromleitung auf der Näherungstrecke innerhalb drei Stunden abgeschaltet wird, soll die Näherung so bemessen werden, daß durch das elektrische Wechselfeld der Spannungsüberschwingungen der erdfehlerhaften Drehstromleitung der Betrieb einer Fernsprech-Doppelleitung nicht ge-

stört wird. Bei Fernsprech-Einzelleitungen ist die Erfüllung dieser Forderung im allgemeinen nicht durchführbar.

§ 30.

Bei der Bemessung der Näherung nach § 28 bleiben Drehstromleitungstrecken, die derart verdrillt sind, daß auf jeden Kreuzungsabschnitt (vgl. § 7) in der Fernsprechlinie mindestens ein voller Umlauf in der Drehstromleitung entfällt, außer Betracht, sofern der gegenseitige Abstand auf der Umlaufstrecke gleich bleibt oder sich um nicht mehr als 10% ändert.

§ 31.

Als Länge der Näherung gilt ihre wirkliche Länge, für die Störung des Betriebes in Fernsprech-Doppelleitungen jedoch höchstens die Störungslänge. Störungslänge ist die größte Länge des keine Kreuzungen enthaltenden Abschnittes einer Fernsprech-Doppelleitung, der bei dem in der Fernsprechlinie angewendeten Kreuzungsverfahren vorkommen kann.

§ 32.

Wenn die Störungslänge durch den Einbau zusätzlicher Kreuzungen in die Fernsprechlinie nach Maßgabe der grundsätzlichen Kreuzungsverfahren verkürzt werden kann, so soll die Verkürzung über die Näherung hinaus genügend weit ausgedehnt werden, um eine wesentliche Verschlechterung des Induktionsschutzes der Fernsprechleitungen gegeneinander zu verhüten.

§ 33.

Hinsichtlich der Oberschwingungsspannungen in einer Drehstromleitung wird vorausgesetzt, daß sie in ihrer Gesamtheit die gleiche Störwirkung ausüben wie eine Schwingung der Kreisfrequenz 5000 mit einer effektiven Spannung gleich  $\frac{1}{50}$  der Nennspannung der Drehstromleitung.

Für Doppelleitungen, die mit günstigstem Ausgleich ihrer elektrischen Felder angeordnet sind (ETZ 1921, S. 1262), wird als störende Spannung ebenfalls  $\frac{1}{50}$ , bei fehlendem Ausgleich  $\frac{3}{100}$  der Nennspannung angenommen. Besteht die Drehstromlinie aus Leitungen verschiedener Nennspannungen, so gilt als störende Spannung  $\frac{1}{50}$  der höheren, vermehrt um  $\frac{1}{100}$  der niedrigeren Nennspannung.

§ 34.

Eine Betriebsstörung ist möglich, wenn die in der Fernsprechleitung erzeugte Geräuschspannung  $\frac{1}{100}$  V, bezogen auf eine Schwingung der Kreisfrequenz 5000, übersteigt.

§ 35.

Wenn bei der Erweiterung eines Drehstromnetzes, dessen Leitungen noch nicht planmäßig (vgl. § 14) verdrillt sind, auf der Näherungstrecke die Fernsprechleitungen durch die Spannungsunsymmetrie des Drehstromnetzes gegen Erde störend beeinflußt werden, so ist der Spannungsausgleich durch geeignete Maßnahmen, z. B. Vertauschen von Leitern an Abzweigungen, in Schalthäusern, Kraft- und Umspannwerken soweit wie möglich zu verbessern.

§ 36.

Drehstromleitungen mit Näherungen sollen erstmalig nur außerhalb der Hauptfernsprechbetriebszeit (7 Uhr vorm. bis 8 Uhr nachm. an Werktagen) unter Spannung gesetzt werden.

§ 37.

Ob die in den §§ 22, 24, 25, 26 und 34 angegebenen Grenzwerte überschritten werden, läßt sich auf Grund der nachstehenden „Anleitung zur Prüfung der Zulässigkeit von Näherungen zwischen Fernmelde-Freileitungen und oberirdischen Drehstromleitungen“ feststellen.

**IV. Maßnahmen bei bestehenden Näherungen.**

§ 38.

Wenn während der Hauptfernsprechbetriebszeit (7 Uhr vorm. bis 8 Uhr nachm. an Werktagen) Drehstromleitungen in den Kraft- und Umspannwerken zum Auffinden von Erdfehlern geschaltet werden müssen, so ist dem Besitzer<sup>1)</sup> der Fernsprechleitungen, in denen durch solche Schaltungen schon bei früheren Gelegenheiten Gefährdungen durch Knallgeräusche verursacht worden sind, der Zeitpunkt vorher mitzuteilen, damit die gefährdeten Fernsprechleitungen vorsichtig bedient werden.

§ 39.

Drehstromleitungen mit Erdfehlern sind abzuschalten, sobald es die Betriebslage irgendwie gestattet, spätestens aber unbedingt nach drei Stunden. Wenn jedoch infolge des Erdfehlers wichtige Fernsprechleitungen des öffentlichen Verkehrs oder Fernsprechleitungen, die zur Sicherung des Eisenbahnbetriebes dienen, unbenutzbar werden,

<sup>1)</sup> Bei der Reichspost die durch Fernsprecher oder sonst am schnellsten erreichbare Fernsprech-Betriebsstelle, bei der Reichsbahn eine besonders zu bezeichnende Dienststelle.



muß die Abschaltung so schnell wie technisch möglich erfolgen vorausgesetzt, daß dadurch nicht Menschenleben gefährdet, lebenswichtige Betriebe lahmgelegt oder sonst unverhältnismäßig große volkswirtschaftliche Schäden verursacht werden.

Diese Bestimmungen gelten nicht für Drehstromanlagen, deren Näherungen nach § 29 so ausgeführt sind, daß sie auch in fehlerhaftem Zustande keine Fernsprechstörungen verursachen.

### Anleitung

#### zur Prüfung der Zulässigkeit von Näherungen zwischen Fernmelde-Freileitungen und oberirdischen Drehstromleitungen (§ 37)<sup>2)</sup>

(mit 1 Abbildung und 1 Anlage).

#### I. Allgemeines.

1. In der Regel enthalten die Fernmeldelinien — abgesehen von Telegraphenleitungen — verschiedenartig betriebene Leitungen: Fernsprech-Doppelleitungen, Fernsprech-Einzelleitungen, Eisenbahnblockleitungen. Da von vornherein nicht zu übersehen ist, für welche dieser Leitungsarten die Forderungen hinsichtlich der Näherungen am weitesten gehen, werden die Berechnungen zweckmäßig für alle Leitungsarten angestellt, die in der betreffenden Linie oder in getrennten Linien vorkommen, deren gegenseitiger Abstand klein gegenüber ihrem Abstände von der Drehstromlinie ist.

2. Schutz gegen Gefährdung der Fernsprechleitungen (§ 2 bis 25) kann durch Verdrillen (§ 30) der Drehstromleitung nicht erreicht werden. Das Verdrillen der Drehstromleitung vermindert die Einwirkung auf den Sprechverkehr und ermöglicht so, unter Umständen in Verbindung mit dem Einbau von Schleifenkreuzungen in Fernsprech-Doppelleitungen, in gewissen Fällen Näherungen geringeren Abstandes oder größerer Länge; doch müssen auch hierbei die durch die Gefährdung bedingten Grenzen eingehalten werden.

3. Die Störwirkung der Ströme fehlerfreier Drehstromleitungen ist unberücksichtigt geblieben. Sie kann aber bei Erdschluß im Drehstromnetz sehr groß werden. Da sie auch in diesem Falle außer Betracht gelassen wird, ist es um so mehr angezeigt, wenigstens die Störwirkung der Unsymmetriespannung bei Erdschluß zu berücksichtigen. Daher

---

<sup>2)</sup> Die eingeklammerten §§ beziehen sich auf die Leitsätze.

wird die Bemessung der Näherung unter der Annahme eines längere Zeit bestehenden Erdschlusses (§ 29) empfohlen, wie es überhaupt angezeigt ist, über die Mindestabstände, die sich aus den nachstehenden Formeln ergeben, nach Möglichkeit hinauszugehen.

4. Die Beurteilung der Näherungen erfolgt zweckmäßig auf Grund der nachbezeichneten Unterlagen:

- a) Lageplan der Näherungen mit Eintragung der Abstände (Maßstab 1:25 000) und mit maßstäblicher Angabe der verwendeten Mastbilder.
- b) Lageplan der Fernmeldelinie mit Angabe der Anzahl der Fernmeldeleitungen, der Kreuzungsabschnitte, der Leitungsgattung und der u. U. in den Fernmeldeanlagen vorhandenen Schutzeinrichtungen; Lageplan des Drehstromnetzes bzw. des die Näherung enthaltenden Netzteiles mit Angabe der Kraftwerke, Umspannwerke, Hauptschaltstellen und Verdrillungspunkte (möglichst Maßstab 1:100 000).
- c) Berechnung des Kurzschlußstromes bei Drehstromleitungen mit Nullpunktserdung.

## II. Erläuterungen.

5. Drehstromleitung im Sinne dieser Anleitung ist das gesamte metallisch zusammenhängende — d.h. nicht durch Transformatoren verbundene — Drehstromnetz, das von einem Kraft- oder Umspannwerk oder von mehreren parallelarbeitenden Kraft- oder Umspannwerken gespeist wird.

6. Eine schräge Näherung ist eine Näherung, bei der sich der Abstand zwischen zwei Endpunkten gleichmäßig ändert; sie ist durch eine Näherung mit einem gleichbleibenden Abstände gleich der Wurzel aus dem Produkte des Anfangs- und Endabstandes zu ersetzen.

7. Als Länge der Näherung gilt die Projektion der Fernmeldeleitung auf die Drehstromleitung innerhalb des gleichen Abstandsbereiches.

8. Unter Kreuzung ist der Übergang der Drehstromlinie zwischen zwei Stützpunkten von der einen auf die andere Seite der Fernmeldelinie zu verstehen. Die Kreuzung endet zu beiden Seiten der Fernmeldelinie, sobald der gegenseitige Abstand der beiden Linien auf 10 m gestiegen ist. Die anschließenden Strecken sind Näherungen.

9. Als Erdschlußstelle des Kurzschlußstromes (§ 24) gilt das vom Kraft- oder Umspannwerk entlang dem Leitungswege am weitesten entfernt liegende Ende der Nähe-

rung, beim Vorhandensein mehrerer Näherungen das entsprechende Ende der letzten Näherung. Der Kurzschlußstrom ist nach dem Beispiele in den „Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Wechselstrom-Hochspannungsschaltgeräten (REH)“ — ETZ 1923, S. 989 — zu berechnen. Als Scheinwiderstand der Drehstromleitung ist  $1 \Omega$  für 1 km Leitungslänge vom Kraft- oder Umspannwerk bis zur Erdschlußstelle anzusetzen.

10. Sollen Störungen allein durch Verdrillen (§ 30) vermieden werden, so ist es notwendig, daß mindestens ein voller Umlauf auf jeden 5 km- bzw. 1 km-Kreuzungsabschnitt der Fernsprechklinie entfällt. Wird diese von der Drehstromlinie innerhalb eines Umlaufes gekreuzt, so sind die Drehstromleiter vor und hinter der Kreuzung im entgegengesetzten Drehsinne zu verdrillen.

11. Die Störungslänge (§ 31) der Fernsprech-Doppelleitungen der Deutschen Reichspost beträgt beim 5 km-Kreuzungsabschnitt 40 km, beim 1 km-Kreuzungsabschnitt 8 km; jedoch in dem Verwaltungsgebiet von Bayern einheitlich 16 km, in dem von Württemberg 20 km.

12. Bei der Veränderlichkeit der Abstände der Näherungen auf längeren Strecken ist nicht damit zu rechnen, daß die Störwirkungen der Oberschwingungsspannungen auf zwei aufeinander folgenden Störungslängen, die infolge der zwischenliegenden Schleifenkreuzungen im entgegengesetzten Sinne beeinflußt sind, hinreichend verringert werden. Durch eine weiter hinzukommende Störungslänge, die dann im gleichen Sinne wie die erste Störungslänge beeinflußt wird, kann sogar eine Vergrößerung der Störwirkungen über die einer einzigen Störungslänge hinaus eintreten. Da die Berücksichtigung dieser Verhältnisse sehr verwickelt ist und meistens zu recht erheblichen Abständen führen würde, wird unterstellt, daß mehrere Störungslängen keine größere Einwirkung erleiden als eine einzige Störungslänge, die als zusammenhängende Länge zwischen zwei beliebigen Endpunkten aus der Fernsprechklinie herausgeschnitten anzunehmen ist. Für jeden solchen nach Lage der Näherungen möglichen Ausschnitt müssen Abstand und Länge der Näherungen bemessen sein.

13. Bei der Verkürzung (§ 32) der Störungslänge von 40 km auf 8 km sind die zusätzlichen Schleifenkreuzungen auf einer Strecke von 16 km oder ein ganzes Vielfaches von 16 km in die Fernsprech-Doppelleitungen einzubauen.

14. In den nachstehenden Berechnungen bedeuten:

$E$  die Nennspannung der Drehstromleitung in V. Bei Drehstromlinien mit mehreren Leitungen gilt — abgesehen von Doppelleitungen mit günstigstem Ausgleich ihrer elektrischen Felder — für die Berechnung der Störwirkungen nach Ziffer 23, 25, 29, 31, 35, 37 und 47 die den Faktoren in § 33 Abs. 2 entsprechend erhöhte Nennspannung; d. h. in den Formeln dieser Ziffern ist die Nennspannung  $E$  um die halbe Nennspannung der zweiten Leitung (bei Leitungen mit verschiedenen Spannungen die mit der geringeren Spannung) zu erhöhen.

$\delta$  den gegenseitigen Abstand der Drehstromleiter in Meter, bei ungleichen Abständen den geometrischen Mittelwert der Abstände  $(\sqrt[3]{\delta_1 \delta_2 \delta_3})$

$z$  die Zahl der Drähte in der Fernmeldelinie,

$l$  die Länge der Näherung in Kilometer,

$l_s$  die Störungslänge der Fernsprech-Doppelleitung in Kilometer,

$a$  den Abstand zwischen Drehstromlinie und Fernmeldelinie in Meter,

$b$  die Durchschnittshöhe der Drehstromleitung über Erde in Meter,

$c$  die Durchschnittshöhe der Fernmeldeleitung über Erde in Meter. Bei Drehstromleitungen mit Spannweiten über 120 m kann  $b = 12$ , sonst  $b = 8$ , bei Fernmeldeleitungen gewöhnlich  $c = 6$  gesetzt werden,

$J$  den Dauerkurzschlußstrom der Drehstromleitung in A,

$\omega$  das  $2\pi$ -fache der Betriebsfrequenz der Drehstromleitung;

ferner:

$p, q, r$  Faktoren, die die elektrische Schirmwirkung geerdeter Leitungen oder von Bäumen ausdrücken. Zu setzen ist:

$p = 0,75$  bei durchgehendem Erdseil (Blitzschutzseil) in der Drehstromlinie,

$q = 0,7$  bei geschlossener Baumreihe in der Nähe der Drehstromlinie,

$r = 0,7$  bei geschlossener Baumreihe in der Nähe der Fernmeldelinie.

Wenn der Baumschutz fehlt oder die Baumkronen von den Leitungen mehr als 3 m entfernt sind, sind  $q$  und  $r = 1$  zu setzen, ebenso  $p = 1$ , wenn das Erdseil fehlt.

**III. Berechnung der Gefährdungs- und Störungszahlen.****A. Drehstromleitungen ohne Nullpunktserdung.**

a) Gefährdung durch Knallgeräusche in Fernsprechleitungen (§§ 21 bis 23).

## α) Fernsprech-Doppelleitungen.

15. Näherungen, deren Abstand  $a > \frac{1}{3} \sqrt{E}$  ist, bleiben für die Berechnung unberücksichtigt.

16. Die übrigen Näherungen sind unter Berücksichtigung bereits bestehender Näherungen zwischen der nämlichen Fernsprech-Doppelleitung und der nämlichen Drehstromleitung so zu bemessen, daß die beim Schalten der erdfehlerhaften Drehstromleitung auf der Gesamtheit der Näherungen in die Fernsprechleitung übertragene elektrische Arbeit  $\frac{2}{100}$  Joule nicht übersteigt.

17. Zur Feststellung, ob dieser Energiebetrag überschritten wird, dient die Gefährdungszahl

$$f = \frac{l v^2}{z + 3},$$

worin

$$v = \frac{E}{400} \cdot \frac{bc}{a^2 + b^2 + c^2} p q r \text{ ist.}$$

18. Die Gefährdungszahl  $f$  ist für jeden Abstandsbereich gesondert zu berechnen. Ändern sich innerhalb des gleichen Abstandsbereiches die Bestimmungsgrößen  $p$ ,  $q$ ,  $r$  oder  $z$ , so ist die Näherung entsprechend zu unterteilen und die Gefährdungszahl für jeden Teil zu ermitteln. Bei Teilnehmeranschlußlinien, die nicht mehr als 6 Doppelleitungen enthalten, kann  $z = 12$  gesetzt werden.

19. Kreuzungen zwischen der Drehstromleitung und der Fernsprechleitung werden nicht berücksichtigt.

20. Die Fernsprech-Doppelleitung ist als gefährdet anzusehen, wenn die Summe der Gefährdungszahlen größer als 50 ist. Bei Verwendung von Einrichtungen gemäß § 13 (vgl. § 23) erhöht sich diese Summe auf 100. Für die Berechnung kann das unter IV aufgeführte Beispiel als Muster dienen.

## β) Fernsprech-Einzelleitungen.

21. Die Berechnung erfolgt wie zu α.

22. Die beim Schalten der erdfehlerhaften Drehstromleitung auf die Sprechleitung übertragene elektrische Arbeit darf nicht größer als  $\frac{6}{100}$  Joule sein, demgemäß darf die

Summe der Gefährdungszahlen 150 nicht übersteigen. Bei Verwendung von Einrichtungen gemäß § 13 (vgl. § 23) erhöht sich diese Summe auf 300.

b) Störung des Betriebes in Fernsprechleitungen bei fehlerfreier Drehstromleitung (§§ 28, 30 ff.).

α) Fernsprech-Doppelleitungen.

23. Näherungen, deren Abstand  $a > \frac{1}{6} \sqrt{E \delta l_s}$  ist, bleiben für die Berechnung außer Betracht.

24. Die übrigen Näherungen sind unter Berücksichtigung bereits bestehender Näherungen zwischen der nämlichen Fernsprech-Doppelleitung und der nämlichen Drehstromleitung oder anderen Drehstromleitungen für eine Gesamtlänge bis höchstens der Störungslänge  $l_s$  so zu bemessen, daß die durch Oberschwingungsspannungen der Drehstromleitungen in der Fernsprech-Doppelleitung erzeugte Geräuschspannung  $\frac{1}{100}$  V nicht übersteigt.

25. Zur Feststellung, ob diese Spannung überschritten wird, dient die Störungszahl:

$$s = E \delta \frac{l}{a^2 + b^2 + c^2}.$$

26. Die Störungszahl  $s$  ist für jeden Abstandsbereich gesondert zu berechnen. Kreuzungen zwischen der Drehstromleitung und der Fernsprechleitung werden nicht berücksichtigt.

27. Mit einer Störung des Betriebes in der Fernsprech-Doppelleitung ist zu rechnen, wenn die Summe der Störungszahlen größer als 400 ist.

28. Für die Berechnung der Störungszahlen kann das unter IV aufgeführte Beispiel als Muster dienen. Dasselbst finden sich auch Angaben über eine zweckmäßige Verdrillung der Drehstromleitung zur Verkleinerung der Summe der Störungszahlen.

β) Fernsprech-Einzelleitungen.

29. Näherungen, deren Abstand  $a > 2 \sqrt{E \delta}$  ist, bleiben für die Berechnung außer Betracht.

30. Die übrigen Näherungen sind unter Berücksichtigung bereits bestehender Näherungen zwischen der nämlichen Fernsprechleitung und der nämlichen Drehstromleitung oder anderen Drehstromleitungen — jedoch nicht mit Beschränkung auf die Störungslänge  $l_s$  — so zu bemessen, daß die auf der Gesamtheit der Näherungen durch die Oberschwin-

gungsspannungen der Drehstromleitungen in der Fernsprechleitung erzeugte Geräuschspannung  $1/100$  V nicht übersteigt.

31. Zur Feststellung, ob diese Spannung überschritten wird, dient die Störungzahl:

$$s' = \frac{E \delta}{z + 3} \cdot \frac{l}{a^2 + b^2 + c^2}.$$

32. Die Störungzahl  $s'$  ist für jeden Abstandsbereich gesondert zu berechnen. Ändert sich  $z$  innerhalb des gleichen Abstandsbereiches, so ist die Näherung entsprechend zu unterteilen und die Störungzahl für jeden Teil zu ermitteln. Kreuzungen zwischen der Drehstromleitung und der Fernsprechleitung werden nicht berücksichtigt.

33. Mit einer Störung des Betriebes in der Fernsprech-Einzelleitung ist zu rechnen, wenn die Summe der Störungszahlen größer als 6 ist.

34. Die Summe der Störungszahlen (§ 30) kann durch Verdrillen der Drehstromleitung verkleinert werden; doch muß die Verdrillung, wenn gleichzeitig Fernsprech-Doppelleitungen in Frage kommen, für diese bemessen sein.

c) Störung des Betriebes in Fernsprech-Doppelleitungen bei erdfehlerhafter Drehstromleitung (§ 29).

35. Näherungen, deren Abstand  $a > \frac{3}{5} \sqrt{E l_s}$  ist, bleiben für die Berechnung außer Betracht.

36. Die übrigen Näherungen sind unter Berücksichtigung bereits bestehender Näherungen zwischen der nämlichen Fernsprechleitung und der nämlichen Drehstromleitung — nicht auch anderen Drehstromleitungen, da gleichzeitiger Erdschluß in verschiedenen unabhängigen Drehstromnetzen nicht vorausgesetzt wird, — für eine Gesamtlänge bis höchstens der Störungslänge  $l_s$  so zu bemessen, daß die durch Oberschwingungsspannungen der Drehstromleitung in der Fernsprech-Doppelleitung erzeugte Geräuschspannung  $1/100$  V nicht übersteigt.

37. Zur Feststellung, ob diese Spannung überschritten wird, dient die Störungzahl

$$s_e = \frac{E l}{a^2 + b^2 + c^2}.$$

38. Die Störungzahl  $s_e$  ist für jeden Abstandsbereich gesondert zu berechnen. Kreuzungen zwischen der Drehstromleitung und der Fernsprechleitung werden nicht berücksichtigt.

39. Mit einer Störung des Betriebes in der Fernsprech-Doppelleitung ist zu rechnen, wenn die Summe der Störungszahlen größer als 25 ist.

40. Die Summe der Störungszahlen kann durch Verdrillen der Drehstromleitung nicht verkleinert werden.

## B. Drehstromleitungen mit Nullpunktserdung.

a) Gefährdung durch Knallgeräusche und elektrischen Durchschlag in Fernsprechleitungen (§§ 24, 25).

### a) Fernsprech-Doppelleitungen.

41. Näherungen, deren Abstand  $a > 1000$  m ist, bleiben für die Berechnung außer Betracht. Teilnehmeranschlußlinien mit nicht mehr als 6 Doppelleitungen werden als nicht gefährdet angesehen.

42. Die übrigen Näherungen sind unter Berücksichtigung der schon bestehenden Näherungen zwischen der nämlichen Fernsprech-Doppelleitung und der nämlichen Drehstromleitung so zu bemessen, daß durch den auf der Gesamtheit der Näherungen fließenden Kurzschlußstrom der Drehstromleitung in der Fernsprech-Doppelleitung oder bei deren elektrischer Unterteilung (§ 25) in den Teilstrecken keine höhere Längsspannung als 400 V (eff) induziert wird. Bei Verwendung von Einrichtungen zum Schutze gegen Knallgeräusche (§ 4 Abs. 2) darf die induzierte Längsspannung nicht mehr als 1000 V (eff) betragen.

43. Zur Feststellung, ob diese Spannung überschritten wird, dient die Gefährdungszahl:

$$g = 0,7 \omega J \frac{l}{\sqrt{a}} \text{ )}.$$

44. Die Gefährdungszahl  $g$  ist für jeden Abstandsbereich gesondert zu berechnen. Kreuzungen zwischen der Drehstromleitung und der Fernsprechleitung werden nicht berücksichtigt.

45. Die Fernsprech-Doppelleitung ist als gefährdet anzusehen, wenn die Summe der Gefährdungszahlen größer ist als 100 000 bzw. 250 000.

---

<sup>3)</sup> Die Gleichung gilt nur für niedrige Frequenzen bis etwa 60 Hertz und nur für Abstände bis etwa 1000 m.



β) Fernsprech-Einzelleitungen.

46. Die Ziffern 41 bis 45 finden sinngemäß Anwendung. Die Summe der Gefährdungszahlen darf nicht größer sein als 25 000 bzw. 250 000.

b) Störung des Betriebes in Fernsprechleitungen (§ 28).

47. Die Ziffern 23 bis 34 finden sinngemäß Anwendung

c) Störungen in Eisenbahnblockleitungen mit Erde als Rückleitung (§ 26).

48. Die Berechnung erfolgt nach den Ziffern 41 bis 44. Die Summe der Gefährdungszahlen darf 12 500 nicht überschreiten.

#### IV. Beispiel

#### für die Berechnung einer Näherung zwischen einer Drehstromleitung ohne Nullpunktserdung und einer Fernsprechlinie der Deutschen Reichspost.

Für die Erweiterung einer Drehstromleitung von 40 000 V ist die in der Abb. 1 schematisch dargestellte Linienführung geplant, durch die eine neue Näherung mit der vorhandenen Fernsprechlinie  $CD$  zwischen km 0 und km 44 entsteht.

Die Berechnung der Gefährdungs- und Störungszahlen für die einzelnen Näherungstrecken, einschließlich der bereits bestehenden, findet sich in der Anlage 1.

Die Summe der Gefährdungszahlen (Spalte 13) ist mit rd. 76 unzulässig hoch; den Hauptbeitrag liefert die Näherung  $g-k$ . Durch Vergrößerung des Abstandes auf z. B. 40 m wird die Gefährdung beseitigt.

Die Summe der Störungszahlen beträgt für die beliebig abgegriffene Störungslänge ( $l_s = 40$  km) mit 3679, 3817 und 3771 ein Vielfaches des zulässigen Wertes. Wenn die geplante Linienführung in der dargestellten Weise abgeändert wird, entsteht zwischen  $g_0$  und  $n$  eine 25 km lange gleichbleibende Näherung, die fünf zusammenhängende Kreuzungsabschnitte der Fernsprechlinie umfaßt.

Durch Verdrillen der Drehstromleitung auf der Strecke  $g_0-n$  derart, daß auf jeden Kreuzungsabschnitt (5 km) ein voller Umlauf kommt — durch systematischen Platzwechsel der Drehstromleiter an den angegebenen 10 Verdrillungspunkten —, werden die Störungen dieser Strecke ausgeglichen. Die Strecken mit vollen Umläufen brauchen also bei der Berechnung der Störungszahlen nicht mehr berücksichtigt zu werden. Danach erhält man als verbleibende



Summe der Störungszahlen für die an der Fernsprechlinie beliebig abgegriffene Störungslänge 269, 172 und 126, also zulässige Beträge.

Ohne Verdrillen würde die auf 40 m Abstand gebrachte Näherung  $g_0-n$  noch eine Störungszahl 1175 (Spalte 15 unten) ergeben. Eine Verkürzung der Störungslänge der Fernsprechleitung von 40 km auf 8 km durch den Einbau zusätzlicher Schleifenkreuzungen würde ohne entsprechendes Verdrillen der Drehstromleitung (ein voller Umlauf auf je 1 km Kreuzungsabschnitt) auch nicht zum Ziele führen, da für die Störungslänge  $l_s=8$  km, wie aus Spalte 15 zu entnehmen ist, immer noch Störungsbeträge über 400 vorkommen.

Die Summe der Gefährdungszahlen geht bei der geänderten Linienführung von 76 auf 4 zurück und hält sich damit in den zugelassenen Grenzen.

**Anlage 1.**

Berechnung der Gefährdung- und Störungszahlen für die Näherung zwischen der Drehstromlinie mit 1 Drehstromleitung von A nach B und der Fernsprechlinie von C nach D.

Drehstromleitung	Fernsprechleitung
Anordnung der Leiter . . . . . dreieckig	Doppel- oder ein- drähtig . . . . . doppel
Bei Doppel- leitungen . . . . . —	Länge der Kreuzungsab- schnitte . . . . . 5 km
Netzverdrillung . . . . . ja	Störungslänge . $l_s = 40$ km
Umlauflänge . . . . . rd. 60 km	Erdabstand . . . . . $c = 6$ m
Erdseil . . . . . ja	$b c = 48$
Abstand der Leiter untereinander . . . . . $\delta = 2$ m	$b^2 + c^2 = 100$
Erdabstand der Leitung . . . . . $b = 8$ m	
Nennspannung . . . . . $E = 40000$ V	
Schaltung des Null- punktes . . . . . Über Erd- schlußspule geerdet (siehe § 11).	
Ist sichergestellt, daß nach Auftreten (Wenn „nein“, eines Erdfehlers in- gelten für die nerhalb 3 Std. ab- Störwirkung geschaltet wird? Ziffer 35-40.) (§ 29.)	

Unberücksichtigt bleiben:

f. d. Gefährdung Näherungen mit Abständen  $a > \frac{1}{3} \sqrt{E} > 67$  m,  
für die Störung „ „ „  $a > \frac{1}{6} \sqrt{E \delta l_s} > 300$  m.

Additional material from *Vorschriftenbuch des Verbandes  
Deutscher Elektrotechniker*,  
978-3-642-52573-5 (978-3-642-52573-5\_OSFO4),  
is available at <http://extras.springer.com>



## **61. Sicherheitsvorschriften für Hochfrequenztelephonie in Verbindung mit Hochspannungsanlagen.**

Gültig ab 1. Juli 1922<sup>1)</sup>.

I. Alle Kreise, die Teile enthalten, die betriebsmäßig bedient werden müssen, sind im Sinne der Prüfvorschriften des VDE für mindestens 5000 V gegen die Vorrichtung zur Kopplung mit der Hochspannungsleitung zu isolieren.

Antennen, die an ein Freileitungsgestänge für Hochspannung geführt sind, müssen so eingerichtet sein, daß gefährliche Spannungen gegen Erde in ihnen nicht auftreten können.

II. a) Bei Verwendung von Antennen zur Kopplung muß die Antenne von der Hochspannungsleitung den nach den „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen“ vom 1. Oktober 1923 unter E, Absatz 2, vorgeschriebenen Abstand besitzen.

b) Werden Kondensatoren, Durchführungsisolatoren, Spulen oder ähnliche Einrichtungen zur Kopplung verwendet, so müssen diese den gleichen Sicherheitsgrad wie die übrige Hochspannungsanlage aufweisen.

III. In die Verbindungsleitung zwischen Kopplung und Hochfrequenzgerät muß eine besondere Vorrichtung eingebaut werden, die bei metallischer Berührung oder Überschlag zwischen Starkstromanlage und Kopplung diese erdet.

### **Erläuterung.**

Von Oberingenieur Neustätter.

Bei Einführung der Hochfrequenztelephonie auf Starkstromleitungen mit hohen Spannungen hat sich ergeben, daß hierfür keinerlei Vorschriften vorhanden sind, die den Sicherheitsgrad der Anlage für das Bedienungspersonal der Telephone festlegen.

Um diese Frage zu studieren, wurde ein Unterausschuß gebildet, der aus Vertretern der Starkstrom- und Hochfrequenztechnik gebildet wurde, und zu dem ein Vertreter des Reichspostministeriums hinzugezogen wurde, da es

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1922. Veröffentlicht: ETZ 1922, S. 445.

wichtig erschien, dessen Wünsche kennen zu lernen, um beim Anschluß von Postadern an eine derartige Hochfrequenztelephonieanlage keinerlei Schwierigkeiten zu haben.

Da das Gebiet der Hochfrequenztelephonie auf Leitungen noch in voller Entfaltung ist, war man bei Abfassung der Sicherheitsvorschriften darauf bedacht, diese derartig abzufassen, daß der Entwicklung keinerlei Hindernisse in den Weg gelegt werden. Man beschränkte sich daher darauf, zu fordern, daß alle Teile, die betriebsmäßig bedient werden müssen, von der Vorrichtung, die zur Kopplung des Hochfrequenztelephoniekreises mit der Starkstromleitung dient, möglichst stark isoliert sind. Da von seiten der Vertreter der Hochfrequenztechnik angegeben wurde, daß es ohne weiteres möglich wäre, die Isolation für 5000 V herzustellen, so wurde dieser Betrag zugrunde gelegt. Für die Kopplung waren zwei grundsätzliche Fälle zu unterscheiden: Die Kopplung durch Antennen, die parallel mit der Starkstromleitung verlaufen, und die Kopplung durch Kondensatoren, Durchführungsisolatoren und ähnliche Vorrichtungen. Bei Verwendung der erstgenannten waren die in den „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen“ enthaltenen Grundsätze maßgebend, soweit sie sich auf den Abstand zwischen spannungführenden Leitungen in Abhängigkeit vom Durchhang beziehen. Werden Kondensatoren oder ähnliche Apparate verwendet, so sind diese als Teile der Hochspannungsanlage aufzufassen; sie müssen daher den gleichen Sicherheitsgrad wie diese aufweisen.

Da es trotz aller Vorsichtsmaßregeln in dem Bereich der Möglichkeit liegt, daß eine metallische Berührung oder eine Verbindung durch einen Lichtbogen zwischen der Starkstromleitung und der Hochfrequenzanlage eintritt, so war es erforderlich, Vorrichtungen zu fordern, die in diesem Falle die Hochfrequenzanlage sofort erden.

## **62. Vorschriften für Außenantennen<sup>1)</sup>.**

### **I. Gültigkeit.**

#### **§ 1.**

#### Geltungsbereich.

a) Diese Vorschriften gelten für Außenantennen, deren Herstellung nach dem 1. Oktober 1925 begonnen wird.

b) Auf Balkonantennen, die über den Balkon nicht hinausragen und sich über nicht mehr als ein Stockwerk erstrecken, sowie auf Außenantennen, die nicht mehr als 5 m über dem Erdboden liegen und nicht länger als 25 m sind, finden nur die §§ 12 bis 14 Anwendung.

#### **§ 2.**

#### Begriffserklärung.

a) Außenantennen sind Antennen, deren Drähte ganz oder teilweise im Freien angeordnet sind.

b) Inwieweit Antennen im Dachraum eines Hauses als Außenantennen gelten, geht aus § 12 b) hervor.

### **II. Bauerlaubnis.**

#### **§ 3.**

a) Öffentliche Plätze und Verkehrswege, sowie Bahnkörper und der Luftraum über ihnen dürfen nur mit Genehmigung der zuständigen Stellen benutzt werden. Bei Überkreuzung elektrischer Bahnen ist auch das Einverständnis des Bahnunternehmers erforderlich.

1. Die Antennen einschließlich ihrer Träger sollen das Straßen-, Stadt- und Landschaftsbild nicht stören. Sie sind nach Möglichkeit so anzulegen, daß sie von den Straßen aus nicht sichtbar sind; sie sollen also möglichst auf den von der Straßenseite abgelegenen Dachflächen liegen. Dieses gilt besonders für Mehrleiterantennen mit Rahen (siehe § 5 d).

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht ETZ 1925, S. 524, 1096 und 1526.

## III. Bauvorschriften.

## § 4.

Normale Baustoffe und Querschnitte.

a) Als normale Baustoffe für Antennenleiter gelten Kupfer, Bronze und Aluminium, deren Beschaffenheit folgenden Bedingungen entspricht:

Hartkupfer . . . .	40 kg/mm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit,
Bronze . . . .	50÷60	„ „ „ „
Aluminium . . . .	18	„ „ „ „

b) Die Antennenleiter sind nach folgender Zahlentafel zu wählen (siehe auch DIN VDE 8300):

## α) Eindräftige Leitungen:

Bezeichnung	Durchmesser mm		Querschnitt mm <sup>2</sup> Rechnungswert
	Nennwert	Zulässige Abweichungen	
Hartkupferdraht	2,0	± 0,05	3,14
„	2,5	± 0,05	4,91
„	3,0	± 0,05	7,07
Bronzedraht II	1,5	± 0,05	1,76
„	2,0	± 0,05	3,14
„	2,5	± 0,05	4,91
„	3,0	± 0,05	7,07
Aluminium	3,0	± 0,05	7,07
„	4,0	± 0,05	12,57

β) Mehrdräftige Leitungen (aus Einzeldrähten gefertigt):

Bezeichnung	Durchmesser des Einzeldrahtes mm		Querschnitt mm <sup>2</sup> Rechnungswert	Drahtzahl und Aufbau
	Nennwert	Zulässige Abweichungen		
Hartkupferdraht oder Bronzedraht II	0,25	± 0,02	2,45	7 × 7
„	0,4	± 0,03	6,2	7 × 7
Aluminium	0,4	± 0,03	6,2	7 × 7
„	0,7	± 0,04	18,62	7 × 7

c) Der Durchhang der Antennenleiter ist so zu regeln, daß die Leiter bei Verkürzung durch Kälte und bei zusätz-



licher Belastung durch Wind, Schnee und Eis noch eine dreifache Sicherheit aufweisen.

Der Durchhang ist für die beiden folgenden Fälle zu berechnen:

- a) eine Temperatur von  $-5^{\circ}\text{C}$  mit zusätzlicher Belastung,
- β) eine Temperatur von  $-20^{\circ}\text{C}$  ohne zusätzliche Belastung.
- d) Die zusätzliche Belastung ist in der Richtung der Schwerkraft wirkend anzunehmen und mit  $180\sqrt{d}$  in g für 1 m Leiterlänge einzusetzen, wobei  $d$  den Leiterdurchmesser, bei isolierten Leitern den Außendurchmesser in mm bedeutet.
- e) Unter Zug stehende Antennenleiter und Abspanndrähte dürfen nicht aus zusammengesetzten Stücken bestehen sowie keine Knoten enthalten.
- f) Die Ösen der Antennenleiter müssen feuerverzinkte Kauschen erhalten.

#### § 5.

##### Gestänge und Rahen.

- a) Alle Gestänge von Antennen und deren Anker sowie Rahen müssen bei der auftretenden Höchstbeanspruchung mindestens eine dreifache Sicherheit aufweisen.
- b) Bei Verwendung von Stahlrohren darf die Wandstärke nicht unter 1 mm und der Außendurchmesser nicht unter 20 mm betragen. Solche Rohre sind vor Einbau mit einem haltbaren Rostschutzanstrich zu versehen.
- c) Freistehende Rohrständer ohne Anker müssen so bemessen werden, daß die lotrechte Stellung auch bei den auftretenden Höchstzugspannungen gewährleistet bleibt.
- d) Rahen für mehrdrähtige Antennen sind aus Stahlrohr, aus zähem imprägnierten Holz oder aus Bambusstäben herzustellen. Auf gute Befestigung ist besonders zu achten.

#### § 6.

##### Isolierung und Abspannung.

- a) Die Isolierung der Antennenleiter gegen die Gestänge sowie die der Abspannung der Ableitung an der Einführungsstelle muß bei der höchstmöglichen Belastung eine dreifache Sicherheit aufweisen.
- b) Zum Abspannen der Antennen nach den Befestigungspunkten ist Volldraht (bei Eisen nicht unter 4 mm Durchmesser) oder Antennenlitze zu verwenden. Dieses gilt selbstverständlich auch für die Verbindung der Isolatoren untereinander. Bei Führung über Rollen ist Aluminium nicht zulässig.

## § 7.

## A b s p a n n p u n k t e.

a) Als Abspannpunkte dürfen Schornsteine, turmartige Aufbauten, Hausgiebel und Fahnenstangen nur dann Verwendung finden, wenn diese Teile den zu erwartenden Beanspruchungen gewachsen sind, und wenn durch die Führung der Antennenleiter sowie der Abspannungen und Verankerungen der freie ungehinderte Zugang zu den Schornsteinen, deren Reinigung und die Ausführung sonstiger Arbeiten auf Dächern nicht beeinträchtigt werden.

1. Mit Rücksicht auf die Begehbarkeit der Dächer soll eine lichte Höhe von mindestens 2 m zwischen der Antenne und dem betreffenden Gebäudeteil vorhanden sein.

2. Bei Errichtung einer Antenne ist auf vorhandene Anlagen Rücksicht zu nehmen. Parallele oder nahezu parallele Führung zweier Antennen bewirkt starke Kopplung. Daher ist bei T- und L-Antennen ein Mindestabstand der parallel geführten Teile von 5 m vorzusehen. Stehen die Drähte zweier Antennen senkrecht oder im Winkel zueinander oder kreuzen sie sich, so soll ihr Abstand an der Stelle der größten Näherung nicht unter 2 m sein.

b) Antennenleiter dürfen nicht über Gebäude mit weicher Bedachung (Stroh-, Rohr-, Ret-, Schindel-, Lehmschindel- u. dgl. Dächer) geführt werden.

c) Sind Antennen gegen einen Baum abgespannt, so muß den Schwankungen durch den Wind Rechnung getragen werden.

d) Eiserne Dachständer, die als Gestänge dienen, müssen geerdet, hölzerne Dachständer mit Blitzableitern versehen werden. Für die Erdung der Gestänge bzw. der Blitzableiter genügt eine Verbindung mit geerdeten Metallteilen der Gebäude. Vorhandene Blitzschutzanlagen sind mit den Dachständern zu verbinden.

Diese Erdungen sind als „verzweigte Leitungen“ nach den Sonderbestimmungen des Ausschusses für Blitzableiterbau auszuführen (Mindestquerschnitt bei Eisen 50 mm<sup>2</sup>, bei Kupfer 25 mm<sup>2</sup>).

## § 8.

## A n t e n n e n a b l e i t u n g.

a) Der Querschnitt der Ableitung muß bis zum Überspannungsschutz bzw. bis zum Erdungschalter mindestens der gleiche wie der für einen Antennenleiter vorgeschriebene sein. Bei mehrdrähtigen Antennen ist der Querschnitt entsprechend stärker zu nehmen.

b) Die Verbindung des Antennenleiters mit der Ableitung muß zweckmäßig durch fabrikmäßig hergestellte

Klemmen, Kerbverbinder, Quetsch- oder Würgehülsen erfolgen. Klemmen, bei denen eine Schraube auf den Draht drückt, sind verboten.

Lötungen sind nur an von Zug entlasteten Stellen zulässig und mit LötKolben auszuführen.

c) Antennenableitungen in und an Gebäuden müssen so geführt sein, daß mindestens 10 cm Abstand von offen verlegten Starkstromleitungen gewahrt bleibt.

### § 9.

Kreuzungen von Hochspannungsleitungen.

a) Kreuzungen von Hochspannungsleitungen und Fahrleitungen elektrischer Bahnen sind verboten, sofern die Betriebsspannung über 750 V gegen Erde beträgt.

b) Kreuzungen von solchen Leitungen mit Betriebsspannungen über 250 bis einschließlich 750 V gegen Erde sind möglichst zu vermeiden. Werden derartige Kreuzungen erforderlich, so sind folgende Sicherheitsmaßnahmen anzuwenden:

- α Nur Einleiterantennen aus mehrdrätigen Kupfer- oder Bronzeleitern mit einem Durchmesser des Einzeldrahtes nicht unter 0,4 mm sind zulässig. Die auftretende Höchstzugspannung soll im Antennenleiter im ungünstigsten Belastungsfalle bei Hartkupfer 10 kg je mm<sup>2</sup>, bei Bronze 12,5 kg je mm<sup>2</sup> nicht überschreiten. Der Antennenleiter ist an den beiden Befestigungspunkten doppelt, zweckmäßig an in wagerechter Richtung angeordneten Querträgern, abzuspannen. Zu Abspannungen ist der gleiche Baustoff und mindestens der gleiche Querschnitt wie für den Antennenleiter zu verwenden.
- β Die Isolatoren sind in den Antennenleiter so einzubauen, daß sie nur auf Druck beansprucht werden, damit der Antennenleiter bei Isolatorbruch nicht herabfallen kann. Die Verbindung der Isolatoren mit dem Antennenleiter ist besonders sorgfältig auszuführen.
- γ Die Gestänge müssen bei Höchstbeanspruchungen eine vierfache Sicherheit gegen Zug, Druck, Biegung und Knickung haben, Ankerdrähte, Seile und Streben dagegen eine fünffache Sicherheit aufweisen. Die größte Entfernung zwischen den Gestängen soll nicht mehr als etwa 60 m betragen.
- δ Außer den in den §§ 12 und 13 verlangten Schutzmaßnahmen ist ein Schutzkondensator (siehe „Vorschriften für Verbindungsgeräte, die die Verwendung von Stark-

stromleitungen bis 440 V Nennspannung als Antenne oder Erde ermöglichen“<sup>1)</sup> zwischen Erdungsschalter und Empfänger möglichst kurz hinter der Einführung anzuordnen.

c) Bei Annäherung an solche Leitungen muß die Antennenanlage einschließlich der Abspanndrähte in einem solchen Abstände verlegt werden, daß auch bei Drahtbruch eine Berührung unter allen Umständen ausgeschlossen ist. Bei Spannungen über 750 V gegen Erde darf der wagenrechte Abstand keinesfalls weniger als 10 m betragen.

### § 10.

Kreuzungen von Niederspannungsleitungen.

a) Kreuzungen von Niederspannungsleitungen (Spannungen bis 250 V gegen Erde) sind möglichst zu vermeiden. Sind derartige Kreuzungen erforderlich, so ist der Antennenleiter als „wetterfest umhüllte Leitung“ nach den „Normen für umhüllte Leitungen in Starkstromanlagen“ auszuführen, sofern nicht die Starkstromleitung isoliert ist.

b) Das gleiche gilt bei Annäherungen, sofern nicht eine metallische Berührung beim Reißen der Antenne praktisch ausgeschlossen ist.

### § 11.

Kreuzungen von Fernmeldeleitungen.

a) Kreuzungen sind möglichst rechtwinklig, jedenfalls nicht unter einem kleineren Winkel als 60°, und in einem Abstände von wenigstens 1 m auszuführen.

b) Parallelführung im Abstände von weniger als 5 m ist verboten.

c) Wenn bei Bruch der Antennenleiter eine Berührung mit der Fernmeldeleitung möglich ist, müssen die Antennenleiter mit wetterfester Umhüllung versehen sein, sofern nicht die Fernmeldeleitung isoliert ist.

### § 12.

Überspannungsschutz.

a) Außenantennen müssen durch Überspannungsschutz für höchstens 350 V, der außerhalb oder innerhalb des Gebäudes angebracht werden kann, gesichert sein. Ein im Gebäude befindlicher Überspannungsschutz muß nahe der Einführung in einem solchen Abstände von leicht entzündbaren Teilen liegen, daß deren Entzündung ausgeschlossen

<sup>1)</sup> S. S. 672.

ist. Überschlagstrecken von etwa 0,1 mm Funkenlänge oder die bei Fernmeldeanlagen üblichen Luftleerblitzableiter mit Grobschutzfunkenstrecke sowie Glimmlampen sind als Überspannungsschutz geeignet.

b) Das gleiche gilt für Antennen, die im Dachraum eines Hauses oder nach § 1 b angeordnet sind.

### § 13.

#### Erdungsschalter.

a) Die Antennen müssen durch einen nahe der Einführung innen oder außen leicht zugänglich angeordneten Erdungsschalter (Starkstromschalter für mindestens 6 A) geerdet werden, wenn die Anlage nicht gebraucht wird.

### § 14.

#### Erdzuleitungen.

a) Der Querschnitt der Zuleitung zur Schutzerdung muß mindestens den doppelten des für einen Antennenleiter vorgeschriebenen Querschnittes erhalten.

b) Die Zuleitung zur Schutzerdung ist nach den Sonderbestimmungen des Ausschusses für Blitzableiterbau („Leitsätze über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz usw.“) auszuführen. Hiernach gelten auch Wasserleitung, Gasleitung oder Heizungsrohre, wenn sie mit der Wasserleitung metallisch verbunden sind, als ausreichende Schutzerdung.

c) Die Apparaterdung darf als Schutzerdung nur mitverwendet werden, wenn sie den vorstehenden Bedingungen entspricht.

## IV. Bauausführung durch Fachleute.

### § 15.

a) Antennenanlagen nach den §§ 9 und 10 dürfen nur im Einvernehmen mit den Bahnunternehmen oder den Elektrizitätswerken durch anerkannte Fachleute ausgeführt werden.

## V. Überwachung.

### § 16.

a) Antennenanlagen sind in dauernd vorschriftmäßigem Zustande zu erhalten.

b) Mängel sind sofort zu beseitigen.

## **63. Vorschriften für Verbindungsgeräte, die die Verwendung von Starkstromleitungen bis 440 V Nennspannung als Antenne oder Erde ermöglichen.**

Gültig ab 1. Oktober 1925<sup>1)</sup>.

a) Jedes Gerät muß ein Ursprungszeichen, die Angabe der zulässigen Spannung „bis 440 V“, die Aufschrift „vor Nässe zu schützen“ und das Prüfzeichen des VDE tragen.

1. Die Geräte sollen zur Verbindung mit der Starkstromleitung ohne Zwischenschaltung einer Schnur einen Edisonlampensockel 27 (Normal-Edisonsockel) oder Steckerstifte tragen.

b) Die netzseitigen Teile müssen den diesbezüglichen Bestimmungen<sup>2)</sup> des VDE entsprechen; insbesondere müssen die Geräte so eingerichtet sein, daß bei einer Anschaltung an das Starkstromnetz und während des Betriebes eine Berührung Starkstrom führender Teile unmöglich ist.

Eine Einkapselung in Metall ist verboten.

c) Bei den im Gerät verwendeten Schutzkondensatoren muß das Dielektrikum aus Glimmer oder Glas bestehen; Drehkondensatoren sind hierfür nicht zulässig.

d) Zwischen den Anschlußstellen für das Netz und denen für das Empfangsgerät muß an der Außenseite des Verbindungsgerätes ein Abstand von mindestens 20 mm vorhanden sein.

e) Alle verwendeten Baustoffe dürfen, sofern sie als Schutz verwendet werden, bei 70° C und, sofern sie als

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht: ETZ 1924, S. 963; 1925, S. 435 und 1526.

<sup>2)</sup> Besonders wird hingewiesen auf:

Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen,  
 Vorschriften für die Prüfung elektrischer Isolierstoffe,  
 Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen,  
 Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial,  
 Vorschriften, Regeln und Normen für ungeschützte zweipolige Steckdosen und  
 Stecker 6 A, 250 V,  
 Vorschriften für den Anschluß von Fernmeldeanlagen an Niederspannung-Starkstromnetze durch Transformatoren.

Träger spannungsführender Teile verwendet werden, bei 100° C keine den Gebrauch beeinträchtigende Veränderung erleiden.

f) Die Geräte müssen eine genügende mechanische Festigkeit aufweisen.

2. Als Schutz gegen Berührung und Feuchtigkeit wird Umpressen oder Vergießen mit Isoliermasse empfohlen.

g) Die Geräte müssen unmittelbar nach 24stündigem Lagern in einem bei 20° C mit Feuchtigkeit gesättigten Raum eine Spannung von 1500 V Wechselstrom zwischen den netzseitigen Anschlußstellen untereinander einerseits, zwischen den netzseitigen und den empfängerseitigen Anschlußstellen andererseits, sowie zwischen den netzseitigen Anschlußstellen und einer um das Gerät gelegten Stanniolumwicklung 1 min lang aushalten.

Ein solcher feuchter Raum kann z. B. hergestellt werden, indem die Innenwände eines geschlossenen Kastens mit Löschpapier oder Tüchern bedeckt werden, die ständig in Wasser tauchen und dadurch vollständig feucht gehalten werden.

h) Die Geräte müssen, nachdem sie 1 min unter Wasser gelegen haben, unmittelbar nach dem Herausnehmen aus dem Wasser ihre volle Durchschlagsfestigkeit aufweisen und dürfen keinen größeren Isolationsstrom als 0,5 mA bei 440 V Gleichstrom durchlassen.

i) Diese Vorschriften werden für Verbindungsgeräte, die in Empfangsgeräte eingebaut werden sollen, ersetzt durch die „Vorschriften für Geräte, die zur Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom aus Starkstromnetzen mit 440 V Nennspannung dienen (Netzanschlußgeräte)“<sup>3)</sup>.

<sup>3)</sup> S. S. 674.

## **64. Vorschriften für Geräte, die zur Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom aus Starkstromnetzen mit 440 V Nennspannung dienen (Netzanschlußgeräte).**

Gültig ab 1. Oktober 1925<sup>1)</sup>).

a) Netzanschlußgeräte für Gleichstrom sind wegen der unbestimmten Polarität gefährlich und daher im Sinne dieser Vorschriften nicht zulässig.

b) Jedes Gerät muß ein Ursprungszeichen, die Angabe der zulässigen Netzspannung, die Aufschrift „vor Nässe zu schützen“, die Klemmenbezeichnung „Netz“ bzw. „Empfänger“, ein Leistungsschild sowie das Prüfzeichen des VDE tragen.

c) Netzanschlußgeräte gelten als Starkstromgeräte und unterliegen den diesbezüglichen Bestimmungen<sup>2)</sup> des VDE. Insbesondere müssen die Geräte so eingerichtet sein, daß bei der Anschaltung und während des Betriebes eine Berührung spannungsführender Teile unmöglich ist, wenn nicht mit Sicherheit das Auftreten höherer Spannungen als 40 V gegeneinander und gegen Erde vermieden ist.

d) Die zum Anschluß an das Netz und an das Empfangsgerät dienenden Klemmen sind räumlich voneinander zu trennen.

e) Alle verwendeten Baustoffe dürfen, sofern sie als Schutz verwendet werden, bei 70° C und, sofern sie als Trä-

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1925. Veröffentlicht: ETZ 1924, S. 963; 1925, S. 435 und 1526.

<sup>2)</sup> Besonders wird hingewiesen auf:  
 Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen,  
 Vorschriften für die Prüfung elektrischer Isolierstoffe,  
 Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen,  
 Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial,  
 Vorschriften, Regeln und Normen für ungeschützte zweipolige Steckdosen und Stecker 6 A, 250 V,  
 Vorschriften für den Anschluß von Fernmeldeanlagen an Niederspannung-Starkstromnetze durch Transformatoren.



ger spannungsführender Teile verwendet werden, bei 100° C keine den Gebrauch beeinträchtigende Veränderung erleiden.

f) Die Geräte müssen eine genügende mechanische Festigkeit aufweisen.

g) Die Geräte müssen unmittelbar nach 24stündigem Lagern in einem bei 20° C mit Feuchtigkeit gesättigten Raum eine Spannung von 1500 V Wechselstrom zwischen den netzseitigen Anschlußstellen einerseits, den netzseitigen gegen die empfängerseitigen Anschlußstellen andererseits, zwischen den netzseitigen Anschlußstellen und einer um das Gerät gelegten Stanniolumwicklung sowie zwischen den empfängerseitigen Anschlußstellen untereinander, sofern nicht mit Sicherheit das Auftreten höherer Spannungen als 40 V gegeneinander und gegen Erde vermieden ist, 1 min lang aushalten.

Ein solcher feuchter Raum kann z. B. hergestellt werden, indem die Innenwände eines geschlossenen Kastens mit Löschpapier oder Tüchern bedeckt werden, die ständig in Wasser tauchen und dadurch vollständig feucht gehalten werden.

h) Für die Erwärmungsgrenze der Geräte gelten die „Vorschriften für den Anschluß von Fernmeldeanlagen an Niederspannung-Starkstromnetze durch Transformatoren (mit Ausschluß der öffentlichen Telegraphen- und Fernsprechanlagen)“<sup>3)</sup>.

---

<sup>3)</sup> S. S. 630.

**65. Leitsätze für den Bau und die Prüfung von  
Geräten und Einzelteilen zum Rundfunkempfang  
(mit Ausschluß solcher Geräte, die in leitender  
Verbindung mit einem Starkstromnetz benutzt  
werden).**

Gültig ab 1. September 1924<sup>1)</sup>.

Die Empfänger, Verstärker und veränderlichen Kondensatoren sind zunächst einer „Schüttelprobe“ zu unterziehen. Hierzu wird der zu prüfende Gegenstand in drei zueinander senkrechten Stellungen auf ein Brett geschnallt und je 5 min lang mit einem Hube von 5 mm und einer langsam bis zu 500 in der min steigenden Frequenz geschüttelt. Auf Röhren erstreckt sich die Schüttelprobe nicht.

Ferner werden die zu prüfenden Geräte und Einzelteile einer „Feuchtigkeitsprobe“ unterzogen, indem sie (Empfangskasten und dergleichen in offenem Zustande) in einen bei 20° mit Feuchtigkeit gesättigten Raum gebracht werden. Ein solcher kann z. B. dadurch hergestellt werden, daß die Innenwände eines geschlossenen Kastens mit Tüchern oder Löschpapier bedeckt werden, die ständig in Wasser tauchen. In diesem Raume bleibt das Gerät 24 h, wonach es weitere 24 h in einem Raume von 15 bis 20° und normalem Feuchtigkeitsgehalt trocknen gelassen wird.

Prüfungen von Einzelteilen auf Durchschlagsfestigkeit dauern mindestens 1 min; die jeweils angegebenen Gleichstromspannungen können auch durch Wechselspannungen gleichen Scheitelwertes ersetzt werden. Die Messung der Isolation erfolgt mit Gleichstrom von 110 V.

Alle verwendeten Baustoffe sollen wärmesicher sein, d. h. sie dürfen bei 70° C keine den Gebrauch beeinträchtigende Veränderung erleiden.

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1924. Veröffentlicht: ETZ 1924, S. 916 und S. 1068.

Alle Geräte und Einzelteile, für die das Prüfzeichen des VDE beansprucht wird, müssen ein von außen sichtbares, haltbar angebrachtes Ursprungszeichen tragen.

#### A. Einzelteile.

1. Klemmen. Die Verwendung ungeeigneter Materiale, wie Zink, Eisen, Spritguß und Reinaluminium, für Kontaktflächen und Gewinde ist untersagt. Der Gewindedurchmesser bei äußeren Anschlußklemmen darf nicht unter 3 mm betragen.
2. Kondensatoren, veränderlich. Sie werden nach der Feuchtigkeitsprobe mit 440 V Gleichstrom auf Durchschlagsfestigkeit geprüft und sollen einen Isolationswiderstand von mindestens 10 M $\Omega$  haben. Die Zuführung zum beweglichen Teil soll so ausgeführt sein, daß sie sicheren Kontakt gewährleistet; sie darf sich nirgends so reiben, daß Zerstörungen oder schädliche Kontakte eintreten können. Der größte einstellbare Kapazitätswert soll auf den Kondensatoren, sofern sie einzeln vertrieben werden, angegeben sein. Toleranz  $\pm 10\%$ .
3. Kondensatoren, fest. Sie sollen den gleichen Anforderungen hinsichtlich Durchschlagsfestigkeit und Isolationswiderstand genügen wie die Kondensatoren unter 2. Die üblichen Gitterkondensatoren (50 bis 1000 cm) sollen jedoch einen Isoaltionswiderstand besitzen, der mindestens 10000 M $\Omega$  geteilt durch ihre Kapazität in cm beträgt. Die Größe der Kapazität soll auf jedem Kondensator angegeben sein. Die Toleranz beträgt  $\pm 20\%$ .
4. Kondensatoren und sonstige Geräte, die die Verwendung des Lichtnetzes als Antenne oder Erde ermöglichen, unterliegen besonderen Vorschriften<sup>1)</sup>.
5. Spulen für Hochfrequenz. Die fertige Spule soll feuchtigkeitsicher sein. Dieses ist daran zu erkennen, daß ein Wassertropfen weder eingesaugt wird noch eine sichtbare Aufquellung hervorruft. Die Spule wird auf Drahtbruch und Windungskurzschluß geprüft; ist eine Spule aus Litze hergestellt, so sollen die einzelnen Drähte der Litze an den Enden durch Lötung oder Klemmung so zusammengehalten sein, daß sich einzelne Drähte auch bei längerem Gebrauch nicht lösen können. Die Verbindungen zu beweglichen Spulen sind so auszuführen, daß ein Lockern der Verbindung nicht

<sup>1)</sup> S. S. 672.

eintreten kann. Wicklungen und Anschlüsse beweglicher Spulen dürfen sich nirgends so reiben, daß Zerstörungen oder schädliche Kontakte eintreten können. Spulen mit auf der Wicklung gleitenden Kontakten werden zur Prüfung nicht zugelassen.

6. Röhrenfassungen. Maße und Toleranzen sind entsprechend den Normen des VDE auszuführen. Der Isolationswiderstand der Gitter- und der Anodenbuchse gegeneinander, gegen die übrigen Buchsen und gegen den Körper soll nach erfolgter Feuchtigkeitsprobe mindestens  $50\text{ M}\Omega$  betragen.
7. Gitterableitungswiderstände. Sie müssen gegen Feuchtigkeit geschützt und mit der Angabe ihres Widerstandswertes versehen sein. Sie werden vor und nach der Feuchtigkeitsprobe mit 6 V Spannung an ihren Klemmen gemessen und dürfen dabei um nicht mehr als 50% gegenüber dem angegebenen Werte abweichen.
8. Heizwiderstände, regelbar. Der Wicklungsträger soll aus nicht leichtentflammbarem Material bestehen. Eine Verlagerung der Windungen darf auch bei Erwärmung nicht eintreten können, ebensowenig eine Unterbrechung des Stromes innerhalb des Regelbereiches, wohl aber an einem Ende dieses Bereiches. Die Widerstände sind so zu bemessen, daß bei Dauerbetrieb im ungünstigsten Falle keine gefährliche Erwärmung stattfinden kann. Eine Angabe der höchsten zulässigen Stromstärke für Dauerbetrieb ist anzubringen; die Temperaturzunahme darf bei nicht eingebautem Widerstand  $50^\circ$  nicht überschreiten.

Widerstände mit Wicklungsträgern aus emailliertem Metall und Wicklungen aus oxydiertem Widerstandsdraht sollen nach 20maliger Belastung mit dem  $1\frac{1}{2}$ -fachen Heizstrom (Belastungsdauer und Pausen je 10 min) eine Spannung von 100 V Gleichstrom zwischen Wicklung und Körper sicher aushalten. Außerdem soll der Träger gegenüber anderen Metallteilen der gleichen Prüfspannung gewachsen sein.

9. Niederfrequenztransformatoren. Die Isolation der Wicklungen gegeneinander und gegen Körper soll mindestens  $10\text{ M}\Omega$  betragen und 440 V Gleichstrom aushalten. Die Anschlüsse sollen mindestens 0,3 mm stark sein; außerdem sollen die Windungszahlen der Wicklungen angegeben sein.

Die Spulenanschlüsse sind mit  $p_1$ ,  $p_2$  bzw.  $s_1$ ,  $s_2$  zu

bezeichnen. Hierbei bedeutet p (primär) die Windung mit der geringeren Windungszahl; 1 bezeichnet die Enden, die die größere Kapazität gegen den Eisenkern haben. Die Folge 1—2 soll bei beiden Spulen den gleichen Windungssinn angeben. Statt der Beziehungen  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $s_1$ ,  $s_2$  können auch die Farben weiß, gelb, rot, blau verwendet werden.

10. **Schalter.** Nach 5000 Schaltwechslern sollen die Schalter noch betriebsicher arbeiten. Für Kontaktstellen dürfen nicht verwendet werden: Eisen, Zink, Reinaluminium, Spritzguß.

### **B. Empfänger im ganzen.**

1. Die Einzelteile der zur Prüfung vorgelegten Geräte müssen den unter A aufgeführten Bestimmungen entsprechen, brauchen aber keine Größenangaben zu tragen.
2. Der Isolationswiderstand aller stromführenden Teile gegen Körper (Erde) und gegeneinander soll nach der Feuchtigkeitsprobe mindestens 5 M $\Omega$  betragen.
3. Die Empfänger sind auf Empfindlichkeit, Abstimm-schärfe und Verzerrungsfreiheit zu prüfen. Nähere Bestimmungen sind in Vorbereitung.
4. **Leitungsverlegung.** Sie soll so durchgeführt sein, daß bei der Schüttelprobe keine störende Lagenveränderung eintritt (wegen des erforderlichen Isolationswiderstandes siehe unter Ziffer 2 dieses Absatzes).
5. **Heizwiderstände** und andere sich erwärmende Teile sind so einzubauen, daß bei Dauerbetrieb im ungünstigsten Falle keine gefährliche Erwärmung dieser Widerstände und ihrer Umgebung eintritt. Bei eingebauten Heizwiderständen ist durch einen Pfeil anzugeben, in welcher Richtung eine Zunahme des Stromes erfolgt.
6. **Lötungen** sind so auszuführen, daß spätere Zerstörungen nicht eintreten können. Insbesondere dürfen keine Reste chlorhaltiger Lötmittel zurückbleiben. Die Anwendung von Kolophonium wird empfohlen.
7. **Skalen.** Teilungen sind in Ganzen, Halben, Fünfern oder Zehnern der Einheit der gewählten Unterteilung auszuführen. Ferner ist ein Zeiger oder eine Einstellmarke anzubringen. Der eindeutige Zusammenhang zwischen Skalenangabe und der Stellung des beweglichen Teiles soll bei normaler Beanspruchung keine Veränderung erleiden können.

680 Prüfung von Geräten und Einzelteilen zum Rundfunkempfang.

8. Telephonanschluß. Bei Empfangsgeräten und Verstärkern ist der anodenseitig liegende Pol des Fernhöreranschlusses zu kennzeichnen.

### **C. Niederfrequenzverstärker.**

Sie werden mit Tonfrequenzen von 400 bis 3000 Per/s geprüft. Die Verstärkungsziffer der Spannung soll je Röhre an keiner Stelle weniger als 3 betragen und an keiner Stelle des Prüfbereiches über das 4-fache des Mindestwertes hinausgehen. Bei der Prüfung sind die Röhren anzuwenden, für die der Verstärker gebaut ist.

## **66. Leitsätze für die Herstellung und Einrichtung von Gebäuden bezüglich Versorgung mit Elektrizität<sup>1)</sup>.**

Gültig ab 1. Juli 1910<sup>2)</sup>.

### **Allgemeines.**

1. Die Elektrizität kann in Geschäfts- und Wohnhäusern nicht unberücksichtigt bleiben.

Der Umfang der in Deutschland aus öffentlichen Elektrizitätswerken versorgten Beleuchtungsanlagen hat sich in der Zeit von 1895 bis 1909 auf das 25-fache gesteigert. Im gleichen Zeitraum stieg die Leistung der aus den gleichen Werken gespeisten Elektromotoren auf das 160-fache. Die in den letzten Jahren erreichten Verbesserungen der Lampen (Metalldrahtlampen) haben die Kosten des elektrischen Lichtes auf weniger als die Hälfte herabgesetzt. Der Elektromotor findet immer weiteren Eingang in Gewerbe und Haus. Die Elektrizität bedarf sonach bereits bei dem Bau der Häuser der gleichen Berücksichtigung wie die Anlagen für Gas, Wasser und Heizung.

2. Der Elektrizitätsbedarf vieler Hausbewohner kann mangels Leitungen nicht befriedigt werden.

Ein Mieter entschließt sich selten, Leitungen legen zu lassen, weil ihm für diese nach Ablauf des Mietsverhältnisses eine Vergütung meistens nicht gewährt wird.

3. Nachträgliches Verlegen von Leitungen insbesondere für einzelne Benutzer verursacht unverhältnismäßig hohe Kosten.

Die nachträgliche Herstellung von elektrischen Einrichtungen in bereits benutzten Gebäuden wird wegen der Rücksicht auf die Ausstattung und durch Behinderung der Montage

<sup>1)</sup> Sonderdrucke können von der Verlagsbuchhandlung von Julius Springer, Berlin, bezogen werden.

<sup>2)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1910. Veröffentlicht: ETZ 1910, S. 825.

teurer. Häufig sind nacheinander mehrere Mieter gezwungen, sich besondere Leitungen legen zu lassen; die Kosten einer gemeinsamen Leitung sind in der Regel nur wenig höher als die der Leitung für einen einzigen Mieter.

4. Bei jedem Rohbau und Umbau sollte darauf Rücksicht genommen werden, daß elektrische Leitungen sofort oder später leicht verlegt werden können.

Aus den unter 1 bis 3 angeführten Gründen ergibt sich folgerichtig, daß für die Zukunft die Möglichkeit gegeben werden muß, jederzeit Elektrizität zu beschaffen. Wenn der Besitzer des Gebäudes zunächst die Kosten für die Verlegung der elektrischen Leitungen scheut, so soll wenigstens die Möglichkeit gegeben sein, die Leitungen später einziehen zu können. Der große Vorzug der Elektrizität gegenüber Gas, Wasser usw. liegt gerade darin, daß die Leitungen jederzeit an hierfür vorgesehener Stelle nachgelegt werden können.

5. Es empfiehlt sich, in jedem Haus wenigstens den Hausanschluß und die Hauptleitungen herstellen zu lassen.

Die Legung gemeinsamer Hauptleitungen wird am billigsten, wenn sie von vornherein vorgenommen wird. Durch diese Erleichterung der elektrischen Installation wird der Wert der Mietsräume und bei Geschäftsräumen die Vielseitigkeit ihrer Verwendung gesteigert.

6. Es empfiehlt sich, schon beim Entwurf des Baues einen elektrotechnischen Fachmann zuzuziehen.

Die rechtzeitige Mitwirkung eines Fachmannes oder des zuständigen Elektrizitätswerkes kann ohne Erhöhung der Baukosten eine Verbilligung der elektrischen Anlage dadurch bewirken, daß die günstigsten Verteilungspunkte, billigsten Verlegungsarten und kürzesten Leitungswege gewählt werden. Auch ist dieses für die rechtzeitige Fertigstellung der Anlagen von Wert.

#### **Besonderes.**

1. Für die Unterbringung des Hausanschlusses und der Hauptverteilungstelle sind geeignete Plätze vorzusehen.

Der Hausanschluß, gebildet durch die von der Straße eingeführten Leitungen (Kabel oder Freileitungen) und die daran angeschlossene Hauptsicherung (Hausanschlußkasten),



muß dem Elektrizitätswerk zugänglich sein. Für unterirdische Leitungsnetze empfiehlt es sich daher, einen besonderen an der Straßenfront gelegenen Kellerraum zu wählen, der unter Umständen auch andere Anschlüsse aufnehmen kann. Der zweckmäßigste Ort für die Hauptverteilungstelle ergibt sich aus der Größe und Lage der Stromverbrauchstellen und sollte in diesem Sinne bereits beim Bau des Hauses vorgesehen werden.

2. Hauptleitungen sollen möglichst in allgemein zugänglichen Räumen verlegt werden.

Ebenso wie der Hausanschluß sollen auch die Hauptleitungen, die mehreren Hausbewohnern gleichzeitig dienen, zugänglich erhalten werden. Man soll daher möglichst Korridore, Treppenhäuser u. dgl. wählen. Nur dann können Änderungen und Erneuerungen ohne Störungen des Einzelnen jederzeit ausgeführt werden.

3. Für die Führung der Hauptleitungen sind geeignete Aussparungen oder Rohre vorzusehen.

Bei Errichtung eines Baues können leicht Durchführungsöffnungen in den Wänden (Rohre), insbesondere in denen des Kellers angeordnet werden, die die nachträglichen Stemmarbeiten und damit die Gesamtkosten der Installation verringern. Ferner empfiehlt es sich, für die senkrechten, durch die Stockwerke führenden Hauptleitungen (Steigleitungen) Kanäle auszusparen oder Rohre vorzusehen. Diese Leitungen können dann leicht, unauffällig und jederzeit nachprüfbar angeordnet werden, wobei gleichzeitig ohne Mehrkosten die Möglichkeit späterer Erweiterung geschaffen werden kann.

4. Für Verteilungstafeln und Zähler sind geeignete Plätze (Nischen) vorzusehen.

Die Hauptleitungen führen in jedem Stockwerk zu Verteilungstafeln (Sicherungen und Ausschalter für die Verteilungsstromkreise), von denen Verteilungsleitungen zu den Stromverbrauchsapparaten ausgehen. Die Verteilungstafeln, die meistens mit den Zählern für die einzelnen Verbraucher räumlich vereinigt sind, finden zweckmäßig in Nischen Platz. Diese bieten Schutz gegen mechanische Beschädigung, verhindern, durch eine Tür verschlossen, die Berührung durch Unbefugte und vermeiden störendes Vorspringen in den nutzbaren Raum. Die Unterbringung erfolgt zweckmäßig auf Treppenabsätzen, Korridoren u. dgl. Auf jeden Fall muß dafür gesorgt werden, daß die Zu-

gänglichkeit der Verteilungstafeln und Zähler nicht durch die Inneneinrichtung beeinträchtigt wird.

5. Bei Eisenbeton und ähnlichen Bauausführungen empfiehlt es sich, möglichst frühzeitig die Führung der Verteilungsleitungen zu bestimmen.

Derartige Bauausführungen erschweren das nachträgliche Anbringen von Befestigungen in hohem Maße. Auch verdeckte Leitungsverlegung kann hierbei unmöglich werden. Dagegen lassen sich bei der Herstellung von Decken und Wänden aus Beton durch Einlegen geeigneter Körper leicht und billig Aussparungen und Befestigungstellen schaffen.

6. Durch zu frühzeitiges Einlegen von Drähten werden diese ungünstigen Einflüssen ausgesetzt.

Das Einziehen der Drähte in Rohre soll erst erfolgen, wenn das Austrocknen des Baues fortgeschritten ist. Unter der Baufeuchtigkeit kann die Isolierung der Leitungen leiden. Offen auf Porzellankörper verlegte Drähte sollen mit Rücksicht auf mechanische Beschädigung ebenfalls erst angebracht werden, wenn große Bauarbeiten nicht mehr auszuführen sind.

7. Die Vorzüge der verschiedenen Lampenarten können am besten ausgenutzt werden, wenn über Lichtbedarf und Lampenverteilung rechtzeitig Bestimmung getroffen wird.

Die elektrische Beleuchtung bietet eine große Auswahl von Lampenarten in zahlreichen Lichtstärken. Die jeweils erforderliche Lichtstärke kann nach bestehenden Erfahrungswerten abgeschätzt werden. Indessen sind hierbei Höhe, Einteilung, Zweck und besonders die Ausstattung des Raumes zu berücksichtigen.

## **67. Verwendung von Elektrizität auf Schiffen\*).**

Gültig ab 1. Juli 1904<sup>1)</sup>).

Als normale Stromart an Bord von Schiffen gilt Gleichstrom, als normale Spannung 110 V an den Verbrauchsstellen unter Verwendung des Zweileitersystemes.

### I. Begründung für die Empfehlung des Gleichstromes.

1. Die Gleichstrommotoren sind nach dem heutigen Stande der Elektrotechnik infolge ihrer besseren Regelbarkeit gerade für die Kraftanlagen an Bord von Schiffen geeigneter.

2. In Bezug auf Lebensgefahr ist der Gleichstrom weniger gefährlich als Wechselstrom von gleicher effektiver Spannung.

3. Die Kriegsmarine ist schon wegen ihrer Scheinwerfer auf Gleichstrom angewiesen. Eine einheitliche Stromart für Kriegs- und Handelsmarine liegt nicht nur im Interesse der Schifffahrt, sondern auch im Interesse der elektrotechnischen Industrie und erfordert daher eine Berücksichtigung dieses Umstandes, der für die Handelsschiffe vielleicht nicht so ins Gewicht fällt.

4. Das Kabelnetz wird bei dem für Kraftanlagen augenblicklich nur in Frage kommenden Drehstrom unübersichtlicher. Da die drei Leitungen wegen ihrer Induktionswirkungen in einem Kabel verlegt werden müssen, ist dieses, namentlich für größere Motoren, seines Querschnittes wegen sehr schwer zu verlegen. Auch sind Abzweigungen schwierig auszuführen.

5. Bei den Handelsschiffen überwiegt im allgemeinen der Strombedarf für Beleuchtung.

---

\* ) Besondere Normblätter für die Installationsmaterialien, Beleuchtungskörper usw. hat der Handelsschiff-Normenausschuß (HNA/E) aufgestellt; diese sind durch den Verlag Julius Springer zu beziehen.

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1904. Veröffentlicht: ETZ 1904, S. 686.

6. Der bisher meistens für Wechselstrom angeführte Vorteil der Nichtbeeinflussung der Kompassse fällt weniger ins Gewicht, da sich diese Beeinflussung auch bei Gleichstrom durch richtige Verlegung der Kabel, sowie Bau und Aufstellung der Motoren vermeiden läßt.

## II. Begründung für die Empfehlung der Spannung von 110 V.

1. Die Spannung ist eine auch in Landanlagen gebräuchliche; Lampen, Motoren und Apparate für diese Spannung sind daher vorrätig.

2. Die Spannung stellt einen Wert dar, bis zu dem man nach den bisherigen Erfahrungen im Interesse der an Bord sehr schwierigen Isolation unbedenklich gehen kann. Als Mindestgrenze gewährleistet sie eine hinreichende Verminderung des Leitungsquerschnittes.

## 68. Praktische Unterweisung in der Elektroindustrie<sup>1)</sup>.

Merkblatt für Praktikanten.

### § 1. Der Elektroingenieurberuf.

Elektroingenieure werden hauptsächlich gebraucht für:

- a) Unternehmungen, die Maschinen, Apparate, Kabel, Lampen u. dgl. herstellen bzw. verkaufen (Starkstromtechnik).
- b) Unternehmungen, die Telegraphen- und Telephonapparate, Meßinstrumente u. dgl. herstellen bzw. verkaufen (Fernmeldetechnik).
- c) Unternehmungen und Behörden, die sich mit der Errichtung von elektrischen Starkstrom- oder Fernmeldeanlagen beschäftigen (Bau- und Installationsunternehmungen).
- d) Elektrizitätswerke, elektrische Bahnen und ähnliche Betriebe.
- e) Industrielle Werke und Behörden, die ausgedehnte elektrische Anlagen besitzen (Bergwerke, Fabriken u. dgl.).

Über die Aussichten, die diese Arbeitzweige bieten, lassen sich keine allgemeinen Angaben machen. Jeder bietet dem Ingenieur, dessen Leistungen sich über den Durchschnitt erheben, Gelegenheit zum Vorwärtkommen.

Der Elektroingenieurberuf ist nicht leicht; er erfordert vielseitige Kenntnisse und — da sich die Elektrotechnik in rascher Weiterentwicklung befindet — stetige Vervollkommnung. Es sollen sich daher nur solche Leute dem Elektroingenieurberuf widmen, die wirklich Neigung für ihn haben.

Die Eignung für den Beruf des Elektroingenieurs setzt besonderes Interesse für Physik und Mathematik voraus. Außerdem sollen wenigstens mittelmäßige zeichnerische Begabung und Interesse für darstellende Geometrie vorhanden sein. Diese Eigenschaften kommen zwar besonders für den

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1922. Veröffentlicht: ETZ 1921, S. 885 u. 1922, S. 487.

Maschinen-Ingenieurberuf in Betracht, Elektrotechnik und Maschinentechnik haben aber viel Gemeinsames; der Elektrogenieur kann sie daher nicht entbehren.

### § 2. Ausbildungsgang für Elektroingenieure.

Je nach der Vorbildung kann die theoretische Ausbildung an einer Technischen Hochschule oder an einer Technischen Mittelschule erworben werden. Vorbedingung für die Aufnahme als Studierender an einer Technischen Hochschule ist das Reifezeugnis einer neunklassigen Mittelschule (Gymnasium, Realgymnasium, Oberrealschule). Das ordnungsmäßige Studium wird durch die Diplomingenieurprüfung abgeschlossen und erfordert mindestens acht Semester.

Für die Aufnahme an einer Technischen Mittelschule wird das Reifezeugnis einer sechsklassigen Mittelschule (Realschule, Realgymnasium, Progymnasium<sup>2)</sup>), die Reife für Obersekunda oder zum Nachweis der erforderlichen Kenntnisse die Ablegung einer Aufnahmeprüfung verlangt. Das abgeschlossene Studium an einer Technischen Mittelschule erfordert mindestens fünf Semester.

In beiden Fällen muß die theoretische Ausbildung durch eine eingehende praktische Unterweisung und Erziehung im Betriebe ergänzt werden.

Für die Zulassung zur Diplomprüfung an einer Technischen Hochschule ist im allgemeinen eine praktische Tätigkeit von mindestens zwölf Monaten nachzuweisen; die Staatlichen Technischen Mittelschulen verlangen bereits bei der Aufnahme den Nachweis einer praktischen Tätigkeit von mindestens 24 Monaten.

### § 3. Zweck der praktischen Tätigkeit.

Durch die maschinentechnische Vorbildung wird eine Einführung in das Wesen der Technik gegeben und das Verständnis des späteren Unterrichtes erleichtert. Sie soll dem Praktikanten Gelegenheit geben:

- a) die Eigenschaften der Werkstoffe und ihre Bearbeitung kennenzulernen,
- b) den Zusammenbau von Maschinen und Geräten zu beobachten,
- c) Verständnis für die Güte der Werkstattarbeit zu erlangen,

---

<sup>2)</sup> Bei diesen Schulen wird die Aufnahme u. U. davon abhängig gemacht, daß der Aufzunehmende im Abgangszeugnis in den Fächern: Rechnen und Raumlehre (Mathematik) und Naturkunde das Prädikat „Gut“ erhalten hat.

- d) die Zusammenhänge zwischen Zeichnung und Ausführung kennenzulernen und dadurch das räumliche Vorstellungsvermögen zu üben,
- e) Einblick in die Werkstatts- und Arbeiterverhältnisse zu erlangen.

Die Ausbildungszeit ist zu kurz, als daß der Praktikant wirkliche Fertigkeit erlangen könnte. Immerhin wird der eifrige Praktikant seine Handgeschicklichkeit üben und sich die besondere Befriedigung verschaffen, die praktischer Erfolg gewährt.

Die elektrotechnische Ausbildung soll dem Praktikanten Gelegenheit geben, die besonderen Arbeitsverfahren der Elektrotechnik kennenzulernen und einige Erfahrungen im Betrieb von elektrischen Maschinen, Apparaten und Anlagen zu erwerben.

Die der praktischen Tätigkeit gewidmete Zeit ist keine Erholungszeit. Sie bietet eine nicht mehr wiederkehrende Gelegenheit zum Erwerb von Bildungswerten, die anders nicht erlangt werden können. „Bastelarbeit“ ersetzt die praktische Tätigkeit nicht, so anregend sie auch an sich sein mag.

#### § 4. Dauer und Art der praktischen Ausbildung.

##### A. Für Studierende der Technischen Hochschule.

1. Für Studierende der Starkstromtechnik soll die praktische Ausbildung am zweckmäßigsten in zwei Abschnitten erfolgen, u. zw.:

- a) maschinenbautechnische Ausbildung während mindestens 6 Monaten vor dem Studium in einer Fabrik für allgemeinen Maschinenbau,
- b) elektrotechnische Ausbildung während mindestens 6 Monaten, gegebenenfalls nach der Vorprüfung, in einer Fabrik der Elektroindustrie.

Da viele Firmen Praktikanten für sechsmonatige Arbeitszeit nicht aufnehmen, so kann die Ausbildung auch in zwölfmonatiger ununterbrochener Folge vor dem Studium in einer elektrotechnischen Fabrik oder in einer Fabrik für allgemeinen Maschinenbau erfolgen.

In den Fällen, in denen einzelne Abteilungen den betreffenden Fabriken fehlen, wird empfohlen, eine Tätigkeit in diesen Zweigen in den Ferien nachzuholen, z. B. in einer Eisen gießerei bzw. in einer elektrotechnischen Spezialfabrik, einer Reparaturwerkstätte einer elektrischen Straßenbahn, einem Elektrizitätswerk, einem größeren Installationsgeschäft oder dgl. Arbeitsabschnitte unter zwei Monaten sind nicht zu-

lässig. Die Ferien sollen aber nur in solchen Ausnahmefällen für die Werkstattarbeit herangezogen werden. Im allgemeinen sollen sie zur Durcharbeitung und Wiederholung der Lehrstoffe dienen.

2. Für Studierende der (Schwachstrom-) Fernmeldetechnik soll das praktische Lehrjahr möglichst in einer Werkstatt oder Fabrik zur Herstellung feinmechanischer Gegenstände abgelegt werden. Große Fabriken kommen nur dann in Frage, wenn sie besondere Lehrwerkstätten eingerichtet haben, in denen sich im wesentlichen die Hauptausbildung vollzieht.

Es ist großer Wert darauf zu legen, daß der Praktikant mit allen üblichen feinmechanischen Arbeitsweisen vertraut gemacht wird, so daß er schließlich imstande ist, ein Gerät nach Zeichnung von Grund auf ganz selbständig herzustellen.

Auf Erlernung der eigentlichen Massenfabrikation während des praktischen Arbeitsjahres wird weniger Wert gelegt, da nach Beherrschung der eigentlichen Herstellungsverfahren für die Einarbeitung in dieses Gebiet noch nach dem Studium genügend Gelegenheit übrig bleibt.

#### B. Für Besucher technischer Mittelschulen.

Für Besucher einer technischen Mittelschule ist die volle praktische Tätigkeit grundsätzlich vor dem Besuch der Schule abzuleisten. Sie erstreckt sich über zwei bis drei Jahre.

#### § 5. Gang der Ausbildung.

Die folgenden Arbeitspläne sind nicht als starre Vorschriften aufzufassen. Die Werkabteilungen, in denen die praktische Ausbildung stattfinden soll, die Reihenfolge und die Dauer der Beschäftigung in den einzelnen Abteilungen werden von der Werkleitung nach den Betriebsverhältnissen bestimmt.

Der nachstehende Plan gilt für eine zwölfmonatige Tätigkeit. Bei zwei- oder dreijähriger Tätigkeit sind die einzeln angegebenen Zeiten entsprechend zu verlängern.

#### I. Für Praktikanten der Starkstromtechnik (vgl. § 1a):

a) für die maschinenbautechnische Ausbildung wird folgender Gang empfohlen:

	etwa Wochen
Schlosserei . . . . .	4
Dreherei . . . . .	4



	etwa Wochen
Hobelei . . . . .	4
Schmiede . . . . .	3
Gießerei . . . . .	2
Formerei . . . . .	2
Tischlerei . . . . .	4
Richtplatte . . . . .	2

b) für die elektrotechnische Ausbildung wird folgender Gang empfohlen:

	etwa Wochen
Stanzerei, Anker und Transformatorenbau . .	4
Anker-, Gehäuse- und Spulwickerei . . . .	4
Maschinenmontage . . . . .	4
Apparatmontage . . . . .	4
Schalttafelbau und Installation . . . . .	4
Prüffeld . . . . .	5

## II. Für Praktikanten der (Schwachstrom-) Fernmeldetechnik (vgl. § 1b).

Ausbildung in allen feinmechanischen Arbeiten einschließlich Gerätemontage . . . . . 6 Monate  
(Gleichzeitiger Konstruktionsunterricht in den Abendstunden auf der Gewerbeschule wird empfohlen.)

Außerdem:

Tischlerei . . . . .	1 Monat
Gießerei und Formerei . . . . .	1 „
Werkzeugmacherei . . . . .	2 „
Selbstanfertigung eines feinmechanischen Gerätes nach Zeichnung, zu dem nur die Rohstoffe zur Verfügung gestellt werden . . . .	2 „

### § 6. Nachweis von Praktikantenstellen.

Voraussetzung für die Erlangung einer Ausbildungsstelle ist die Erfüllung der Bedingungen zur Aufnahme an einer Technischen Hochschule oder an einer Technischen Mittelschule. Um aus der praktischen Tätigkeit vollen Nutzen ziehen zu können, ist körperliche Rüstigkeit, Arbeitsfreudigkeit und der feste Wille zur freiwilligen Unterordnung unter die Werkdisziplin unerlässlich.

Der Deutsche Ausschuß für Technisches Schulwesen, Berlin NW 7, Dorotheenstr. 40, hat gemeinsam mit den Bezirksvereinen des Vereines deutscher Ingenieure, den Technischen Hoch- und Mittelschulen sowie den Arbeitsnachweisen der Studentenschaft der Technischen Hochschulen einen Stellennachweis für die praktische Ausbildung eingerichtet (Zen-

tralstelle für Praktikantenvermittlung). Die Bewerber, die hiervon Gebrauch machen wollen, sollen sich mindestens 6 Monate vor dem beabsichtigten Arbeitsbeginn bei der technischen Schule, deren Besuch in Aussicht genommen ist, bei einer der oben genannten Stellen oder auch unmittelbar bei dem Vertrauensmann des für ihren Wohnort zuständigen Bezirksvereines melden.<sup>3)</sup>

Anmeldevordrucke sind von Bewerbern, die die Technische Hochschule besuchen oder besuchen wollen, von den Arbeitsvermittlungsämtern der Studentenschaft der Hochschule zu beziehen, in deren Bezirk der Praktikant arbeiten will. Anschrift hierfür: An das Arbeitsvermittlungsamt der Studentenschaft der Technischen Hochschule zu X.

Anmeldevordrucke für solche, die die Technische Mittelschule besuchen wollen, sind durch die Zentralstelle für Praktikantenvermittlung des Deutschen Ausschusses für Technisches Schulwesen zu beziehen.

Die Meldungen werden sachgemäß und gleichmäßig auf die Betriebe verteilt, wobei grundsätzlich Stellen in möglichster Nähe des Wohnortes des Bewerbers nachgewiesen werden. Die Einstellung des Praktikanten erfolgt durch Vereinbarung zwischen diesem und der betreffenden Firma.

Sonderwünsche auf Zuweisung an bestimmte Fabriken können nur bei ausreichender Begründung und nach Maßgabe der freien Plätze berücksichtigt werden.

Die Praktikanten können nicht immer solchen Firmen zugewiesen werden, bei denen sie den ganzen Ausbildungsgang in allen Betriebsabteilungen durchmachen können, sondern es müssen auch Sonderbetriebe für die praktische Ausbildung herangezogen werden, namentlich wenn die praktische Tätigkeit in einzelne Abschnitte zerlegt wird.

### § 7. Verhalten während der praktischen Unterweisung.

Die Praktikanten haben sich in jeder Beziehung den Bestimmungen des Ausbildungsvertrages, der Arbeitsordnung und der Arbeitszeitkontrolle des Betriebes, der sie aufnimmt, zu unterwerfen. Sie nehmen also, abgesehen von der abgekürzten Ausbildungszeit, keinerlei Sonderstellung gegenüber den Fabriklehrlingen ein.

Zufolge ihrer höheren allgemeinen Bildung wird von den Praktikanten erwartet, daß sie durch Interesse und Fleiß sowie durch Pünktlichkeit und freiwillige Unterord-

<sup>3)</sup> Die Liste der jeweiligen Vertrauensmänner für die Vermittlung von Praktikantenstellen ist von der Geschäftsstelle des VDE zu beziehen.

nung vorbildlich wirken und sich dadurch die Achtung der Arbeiterschaft erwerben. Sie erfüllen damit zugleich eine soziale Aufgabe für den Ausgleich der Klassengegensätze und für die Wertung ihres späteren Standes. Vorbedingung ist hierbei, daß sie selbst in ihrem innersten Empfinden keinen Klassenunterschied gegenüber den Arbeitern aufkommen lassen. Der Praktikant muß sich hierbei immer vor Augen halten, daß vom Ingenieur nicht nur Fachkenntnisse, nicht nur die richtige Behandlung der Maschinen, sondern vor allem die richtige Behandlung der ihm unterstellten Menschen verlangt wird. Es gehört zu den vornehmsten Aufgaben des Ingenieurs, die Seele seiner Arbeiter zu verstehen und ihr Vertrauen zu gewinnen.

Die Praktikanten sollen sich von der ihnen angewiesenen Arbeit nicht ohne Erlaubnis entfernen und nur Arbeiten ausführen, die ihnen von ihren Werkstattvorgesetzten übertragen sind. Die Besichtigung anderer Arbeiten und Werkstätten darf nur unter den von dem betreffenden Betrieb vorgeschriebenen Bedingungen erfolgen.

Betriebsführer und Meister werden trotz ihrer vielen und anstrengenden Obliegenheiten jene Praktikanten, die ihre Ausbildung mit erkennbarem Interesse betreiben, bei angemessenen Ersuchen stets gern mit Rat und mit Auskünften unterstützen. Gerade wegen der starken Inanspruchnahme dieser Werkstattbeamten müssen die Praktikanten selbst mit diesen eine den Zweck ihrer Werkstatttätigkeit fördernde gute Fühlung suchen. Mit besonderen Wünschen wende man sich stets an den die Ausbildung überwachenden Ingenieur.

#### § 8. Werkstattarbeitsbuch.

Die Praktikanten haben ihre Arbeiten regelmäßig und in kurzen Zeitabständen in ein Arbeitsbuch einzutragen, um über ihre Tätigkeit und Fortschritte Rechenschaft zu geben. Diese Eintragungen sind durch Skizzen der Werkstücke und durch Berichte über interessante Arbeiten, Beobachtungen und Besichtigungen zu ergänzen, wobei aber gegen die selbstverständliche Geheimhaltungspflicht nicht verstoßen werden darf. Das Arbeitsbuch und die zugehörigen Berichte sind in bestimmten Zeitabschnitten den die Unterweisung leitenden Stellen zur Bestätigung und Beurteilung vorzulegen.

#### § 9. Zeugnis.

Der mit der Unterweisung beauftragte Ingenieur sowie die Betriebsführer der einzelnen Werkabteilungen sind ge-

halten, Auffassungsgabe, Fleiß, Leistungen, Pünktlichkeit und Führung der Praktikanten zu beobachten und in bestimmten Zeitabschnitten sowie bei Werkstattwechsel Beurteilungen abzugeben. Bei Beendigung der praktischen Tätigkeit hat die Betriebsleitung dem Praktikanten ein Zeugnis als Ausweis für die Technische Hochschule oder für die Technische Mittelschule auszustellen. Dieses Zeugnis enthält Angaben über die gesamte Zeitdauer, über die Werkabteilungen, in denen gearbeitet wurde, und über die in diesen zugebrachte Zeit, über Fleiß, Leistungen, Pünktlichkeit und Führung, sowie über die Fehltage während des betreffenden Zeitraumes.

#### § 10. Vertiefung der praktischen Ausbildung.

Der Nutzen, den die praktische Tätigkeit gewährt, hängt vom Verständnis des Gesehenen und Erlebten ab. Der Praktikant muß daher bestrebt sein, die praktische Ausbildung dadurch zu vertiefen, daß er sich über Ursache und Folgen Rechenschaft zu geben sucht.

Er soll sich daher getrost und rüchhaltlos mit Fragen an Ingenieure, Meister und Arbeiter wenden. Es ist empfehlenswert, Fragen, die längere Beantwortung zu erfordern scheinen, im Arbeitsheft vorzumerken und sie erst bei passender Gelegenheit zu stellen. Für manche Fragen wird der Praktikant inzwischen selbst die Antwort gefunden haben und man merkt sich das selbst Gefundene länger als das Gehörte.

Es ist dringend empfehlenswert, die praktische Tätigkeit durch das Lesen geeigneter Bücher planmäßig zu vertiefen. Dadurch erspart man sich überflüssige Fragen und Notizen, schärft den Blick für das Erfassen des Wesentlichen der beobachteten Arbeitsvorgänge und gewinnt dem Werkstattleben erhöhtes Interesse ab.

Von geeigneten Büchern seien genannt:

1. v. Hanffstengel: „Technisches Denken und Schaffen“. Julius Springer, Berlin.
2. Kosack: „Elektrische Starkstromanlagen“. Julius Springer, Berlin.
3. zur Nedden: „Das praktische Jahr des Maschinenbau-Volontärs“. Julius Springer, Berlin.
4. Rosenberg: „Elektrische Starkstromtechnik“. Oskar Leiner, Leipzig.
5. Volk: „Das Skizzieren von Maschinenteilen“. Julius Springer, Berlin.

Auch wird dem Praktikanten empfohlen, am Unterricht der etwa vorhandenen Werkschulen teilzunehmen oder Abendkurse von Fachschulen zu besuchen. Schließlich sei auf den Nutzen hingewiesen, den die Besichtigung von Gewerbeausstellungen u. dgl. sowie das Erlernen fremder Sprachen, durch Aufenthalt im Auslande während der Ferien, gewährt

Die Vertiefung der praktischen Tätigkeit in der oben angedeuteten Weise hat den unmittelbaren Vorteil, den späteren Unterricht wesentlich zu erleichtern. Der Nutzen, den die zur Gewohnheit gemachte Verbindung von Wirklichkeit und Buch gewährt, ist aber ein viel größerer. Das ständige Ineinandergreifen von Praxis und Theorie ist es, das für das Wesen des wirklichen Ingenieurs kennzeichnend ist; für die Elektrotechnik ist es von ganz besonderer Bedeutung.

### § 11. Anfangstellung.

Im 1. Abschnitt sind die Hauptarbeitsgebiete für den Elektroingenieur genannt.

Die Tätigkeiten, die der Elektroingenieur auf diesen Gebieten verrichtet, unterscheiden sich nicht unwesentlich voneinander; die wichtigsten sind nachstehend gekennzeichnet:

- a) Berechnungs- und Laboratoriumsingenieure: sie beschäftigen sich vorwiegend mit elektrischen Berechnungen und mit theoretischen Untersuchungen,
- b) Konstruktionsingenieure: sie legen durch Entwurfzeichnungen die Herstellung fest,
- c) Fertigungsingenieure: sie überwachen die Herstellung in den Werkstätten,
- d) Projektierungsingenieure: sie sind mit dem Entwurf von Anlagen und dem Verkauf beschäftigt,
- e) Montageingenieure: sie beaufsichtigen die Errichtung von elektrischen Anlagen,
- f) Verwaltungsingenieure: sie sind bei größeren Unternehmungen mit organisatorischen und Verwaltungsarbeiten beschäftigt,
- g) Betriebsingenieure: sie überwachen den Betrieb und die Instandhaltung von elektrischen Anlagen, insbesondere Kraftwerken.

Praktikant und Student haben Gelegenheit, sich über die aufgezählten Tätigkeiten einigermaßen zu unterrichten und sich daraufhin zu prüfen, ob sie sich für die eine oder andere besonders geeignet fühlen. Vor der Spezialisierung während der Hochschulzeit wird aber gewarnt.

Gleichgültig, ob die spätere Tätigkeit eine rein technische oder eine mehr kaufmännische bzw. Verwaltungstätigkeit sein soll, wird dem jungen Ingenieur empfohlen, in den ersten Jahren nicht im Büro, sondern im Prüffeld, bei der Montage oder als Hilfsmeister in der Werkstätte zu arbeiten. Je vielseitiger die Praxis des jungen Ingenieurs in den ersten Jahren ist, desto brauchbarer ist er später für Projektierung, Verkauf, Verwaltung und Betrieb. Die Bezahlung in den Anfangstellungen ist wenig verschieden.

Ein fertiger Ingenieur, der verantwortlich arbeiten soll, braucht eine gediegene theoretische und praktische Ausbildung. Die Grundlage für jene gewährt die Schule; aber diese kann die Praktikantentätigkeit allein nicht vermitteln, sondern auch die ersten Berufsjahre müssen zur Ausbildungszeit gezählt werden. Für Elektroingenieure ist die praktische Tätigkeit in jungen Jahren von noch größerer Wichtigkeit als für andere Ingenieure, weil sehr viele von ihnen später hauptsächlich Büroarbeiten ausführen und mit den Gegenständen selbst verhältnismäßig wenig in Berührung kommen.

## 69. Unterweisung der Praktikanten in der Elektroindustrie<sup>1)</sup>.

Merkblatt für Fabrikanten.

(Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker  
und dem Deutschen Ausschuß für Technisches Schul-  
wesen.)

### § 1. Notwendigkeit und Zweck der praktischen Unterweisung.

Neben der theoretischen Ausbildung des Elektroingenieur-Nachwuchses in den technischen Schulen ist eine praktische Tätigkeit nebst Unterweisung und Erziehung in der Werkstatt unbedingt erforderlich. Was die Industrie für die praktische Ausbildung ihrer künftigen Ingenieure aufwendet, wird ihr selbst wieder reichlich zugute kommen. Es ist Pflicht der Industrie und liegt auch in ihrem eigenen Interesse, an der Werkstattausbildung ihres technischen Nachwuchses nach Kräften mitzuwirken.

Die Tätigkeit in der Werkstatt soll dem Praktikanten eine Grundlage für besseres Verständnis des Unterrichtes und der Technik verschaffen, ihn mit den Grundzügen der industriellen Erzeugung bekannt machen und ihm auch eine gewisse Handfertigkeit verleihen. Sie soll ferner das Vorstellungsvermögen des Praktikanten entwickeln, ihm Gelegenheit geben, die Arbeits- und Arbeiterverhältnisse aus unmittelbarer Nähe kennen und verstehen zu lernen und dadurch in ihm den Sinn für die sozialen Aufgaben des Ingenieurberufes wecken.

### § 2. Zeit und Dauer der praktischen Ausbildung.

Die praktische Ausbildung wird am besten vor den Beginn des Studiums gelegt. Sie dauert für zukünftige Studierende an einer Technischen Hochschule mindestens 1 Jahr, für zukünftige Besucher einer Technischen Mittelschule mindestens 2 Jahre.

Für Studierende der Starkstromtechnik kann die praktische Ausbildung auch in zwei Abschnitten erfolgen, und zwar:

---

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1922. Veröffentlicht: ETZ 1922, S. 487.

- a) maschinenbautechnische Ausbildung während mindestens 6 Monate vor dem Studium in einer Fabrik für allgemeinen Maschinenbau,
- b) elektrotechnische Ausbildung während mindestens 6 Monate, gegebenenfalls nach der Vorprüfung, in einer Fabrik der Elektroindustrie.

Die Ferien sollen nur in Ausnahmefällen für die Werkstattausbildung benutzt werden. Hierbei sind Arbeitsabschnitte unter 2 Monaten nicht zulässig.

Erholungsurlaub ist für Praktikanten mit einjähriger Ausbildung nicht vorgesehen. Praktikanten mit 1 $\frac{1}{2}$ - oder 2-jähriger Ausbildung können im 1. oder 2. Ausbildungsjahre Urlaub nach den Bestimmungen für Fabriklehrlinge erhalten.

### § 3. Ausbildungskosten.

Eine geeignete praktische Tätigkeit würde vielen Praktikanten durch die Forderung eines Ausbildungsgeldes unmöglich gemacht werden. Eine solche Forderung erscheint auch nicht mehr berechtigt, nachdem ganz allgemein die Bezahlung der Lehrlinge schon vom Beginn der Lehrzeit an eingeführt worden ist. Vielmehr werden die Firmen gebeten, den Praktikanten eine angemessene Vergütung zu gewähren.

### § 4. Nachweis von Praktikantenstellen.

Der Deutsche Ausschuß für Technisches Schulwesen, Berlin NW 7, Dorotheenstr. 40, hat, gemeinsam mit den Bezirksvereinen des Vereines deutscher Ingenieure, den Technischen Hoch- und Mittelschulen sowie den Arbeitsnachweisen der Studentenschaften der Technischen Hochschulen einen Stellennachweis für die praktische Ausbildung eingerichtet. Die Bewerber, die hiervon Gebrauch machen wollen, sollen sich mindestens 6 Monate vor dem beabsichtigten Arbeitsbeginn bei der technischen Schule, deren Besuch in Aussicht genommen ist, bei einer der oben genannten Stellen oder auch unmittelbar bei dem Vertrauensmann des für ihren Wohnort zuständigen Bezirksvereines melden.<sup>2)</sup>

Die Meldungen werden sachgemäß und gleichmäßig auf die Betriebe verteilt, wobei grundsätzlich Stellen in möglichster Nähe des Wohnortes des Bewerbers nachgewiesen werden sollen. Dieses hindert nicht, daß die Betriebe ein-

<sup>2)</sup> S. Anm. S. 692.



zelenen Bewerbern aus persönlichen oder geschäftlichen Gründen Zusagen geben. Die Einstellung des Praktikanten erfolgt durch Vereinbarung zwischen diesem und der betreffenden Firma. Sie ist jeweils dem Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen, und zwar der Abteilung „Zentrale für Praktikantenvermittlung“ zu melden.

#### § 5. Ausbildungsvertrag.

Es wird empfohlen, mit den Praktikanten oder mit ihren gesetzlichen Vertretern einen Ausbildungsvertrag abzuschließen, durch den der Praktikant auf die Arbeitsordnung und auf sonstige mit Rücksicht auf Ordnung, Ausbildung und geschäftliche Interessen der Firma notwendige Vorschriften verpflichtet wird. Vordrucke eines derartigen Ausbildungsvertrages können vom Deutschen Ausschuß bezogen werden.

#### § 6. Praktische Unterweisung.

Da für die spätere Berufsarbeit Kenntnis aller üblichen Bearbeitungsarten sowie der Vorbedingungen für die Wirtschaftlichkeit der Bearbeitung meistens wichtiger als Handfertigkeit in einzelnen Verrichtungen ist, soll dem Praktikanten eine möglichst vielseitige Unterweisung unter besonderer Hervorhebung der wirtschaftlichen Gesichtspunkte gegeben werden.

Ist eine Lehrwerkstatt vorhanden, so werden bei einjähriger Arbeitszeit die ersten 8 Wochen, bei zweijähriger Arbeitszeit die ersten 12 Wochen am besten in dieser verbracht. Ein längerer Aufenthalt in der Lehrwerkstatt empfiehlt sich im allgemeinen nicht, da der Zusammenhang mit dem Gesamtbetrieb und mit den wirtschaftlichen Fragen nur durch die Tätigkeit in den Fabrikations-Werkstätten selbst begriffen werden kann.

Es empfiehlt sich, den Arbeitsgang so zu ordnen, daß er nach den Regeln des Anschauungsunterrichtes erfolgt, d. h. es wird erst gezeigt, um was es sich im ganzen handelt, bevor die Einzelgebiete durchgearbeitet werden, und zwar soll die Stufenfolge so sein, daß immer die leicht verständliche praktische Arbeit der mehr vertiefenden geistigen Arbeit vorangeht, z. B. ist es zweckmäßig, die Arbeit in der Gießerei der Arbeit in der Tischlerei vorangehen zu lassen.

Es ist notwendig, die Betriebsleiter und die Meister von der großen Wichtigkeit einer guten Ausbildung des Ingenieur-Nachwuchses zu überzeugen, damit sie trotz ihrer meistens starken Inanspruchnahme der Ausbildung der Prakti-

kanten die erforderliche Beachtung schenken und nicht unangenehme Erfahrungen mit einzelnen verallgemeinern.

§ 7. Einreihung der Praktikanten in den Betrieb.

Die praktische Tätigkeiten in den Werkstätten soll auch erzieherisch wirken. Der zukünftige Befehlende soll zuerst gehorchen lernen. Aus diesem Grunde soll den Praktikanten außer der verkürzten Ausbildungszeit keinerlei Sonderstellung gegenüber den Lehrlingen eingeräumt werden. Sie unterstehen der Arbeitsordnung des Betriebes, haben sich der Zeitkontrolle (mit Marken oder Stempelkarten) zu unterwerfen, müssen Arbeitsbeginn und Pausen pünktlich einhalten und sollen gegenüber den Arbeitern keinerlei Vergünstigungen erhalten, die nicht ersichtlich durch die Notwendigkeit, in kurzer Zeit viel zu lernen, geboten sind.

Grundsätzlich ist darauf zu achten, daß die Praktikanten sich nicht mit anderen als den ihnen übertragenen Arbeiten beschäftigen. Eigenmächtiges Verlassen des Arbeitsplatzes und Herumwandern in den Werkstätten während der Arbeitszeit und Pausen ist zu verbieten. Für die Besichtigung von Betriebseinrichtungen und anderen Werkstätten sollen bestimmte Zeiten festgelegt werden, und es sollte für eine der Vorbildung der Praktikanten Rechnung tragende Führung und Erklärung gesorgt werden.

§ 8. Gang der Ausbildung.

Die folgenden Arbeitspläne sind nicht als starre Vorschriften aufzufassen. Die Werkabteilungen, in denen die praktische Ausbildung stattfinden soll, die Reihenfolge und die Dauer der Beschäftigung in den einzelnen Abteilungen werden von der Werkleitung nach den Betriebsverhältnissen bestimmt.

1. Für Praktikanten der Starkstromtechnik.

Bei einer Ausbildungszeit von 1 Jahr 2 Jahren

a) Für die maschinenbautechnische Ausbildung:

Schlosserei . . . . .	etwa 4 Wochen	18 Wochen
Dreherei und Schleiferei . . . . .	„ 4 „	10 „
Hobelei und Fräseerei . . . . .	„ 4 „	8 „
Schmiede . . . . .	„ 3 „	4 „
Formerei und Gießerei . . . . .	„ 4 „	8 „
Modelltischlerei . . . . .	„ 4 „	8 „
Anreißplatte . . . . .	„ 2 „	4 „

Bei einer Ausbildungszeit von	1 Jahr	2 Jahren
b) <i>Für die elektrotechnische Ausbildung:</i>		
Stanzerei, Anker- und Transformatorbau . . . . .	4 Wochen	4 Wochen
Anker-, Gehäuse- und Spulenwickerei	4 „	4 „
Maschinenmontage . . . . .	4 „	8 „
Apparatemontage . . . . .	4 „	8 „
Schalttafelbau und Installation . .	4 „	10 „
Prüffeld . . . . .	5 „	6 „

2. Für Praktikanten der (Schwachstrom-) Fernmeldetechnik.

	1 Jahr	2 Jahren
Ausbildung in allen feinmechanischen Arbeiten einschl. Gerätemontage . . . . .	26 Wochen	68 Wochen
Außerdem:		
Gießerei und Formerei . . . . .	4 „	6 „
Tischlerei . . . . .	4 „	8 „
Werkzeugmacherei . . . . .	8 „	12 „
Selbstanfertigung eines mechanischen Gerätes nach Zeichnung, zu dem nur die Rohstoffe zur Verfügung gestellt werden . . .	8 „	

§ 9. Werkstatt-Arbeitsbücher.

Damit sich die Praktikanten gründlich mit ihrer Arbeit beschäftigen und fühlen, daß über ihre Tagesleistungen und Fortschritte Rechenschaft gefordert wird, sind sie anzuhalten, ihre Arbeiten regelmäßig der Reihenfolge nach in ein Arbeitsbuch einzutragen. Diese Eintragungen sind durch Skizzen der Werkstücke und durch Berichte über wichtigere Arbeiten, Beobachtungen und Besichtigungen zu ergänzen, wobei natürlich gegen die selbstverständliche Pflicht zur Geheimhaltung nicht verstoßen werden darf. Das Arbeitsbuch mit den zugehörigen Berichten ist in bestimmten Zeitabschnitten von dem die Unterweisung überwachenden Ingenieur zur Bestätigung einzufordern; es soll eine der Grundlagen für die Beurteilung von Fleiß und Fortschritten sein. Vordruckte Arbeitsbücher mit Skizzenblättern sind gegen Erstattung der Selbstkosten vom Deutschen Ausschuß zu beziehen.

§ 10. Theoretische Unterweisung.

Wenn eine Werkschule vorhanden ist oder geeignete Lehrkräfte zur Verfügung stehen, empfiehlt es sich, dem

Praktikanten in gesonderten Kursen einen kurzen theoretischen Unterricht zu erteilen. Dieser soll auf keinen Fall dem Unterricht auf der Hochschule oder Fachschule vorgreifen. Er dient lediglich dazu, das in den Werkstätten Gesehene durch Erklärung der Grundlagen dem Verständnis näher zu bringen sowie die Praktikanten zum Skizzieren und zum Lesen von Zeichnungen anzuleiten.

### § 11. Beurteilung und Zeugnis.

Der die Unterweisung überwachende Ingenieur muß nicht nur sich selbst ein gerechtes Urteil über Auffassungsgabe, Fleiß, Leistungen, Pünktlichkeit und Führung der Praktikanten bilden, sondern auch die Meister zu deren Beurteilung in bestimmten Zeitabschnitten und bei jedem Werkstattwechsel veranlassen. Über die Pünktlichkeit und regelmäßige Anwesenheit der Praktikanten muß der überwachende Ingenieur laufend Bericht erhalten. Diese Urteile sind bei den Urkunden des Praktikanten aufzubewahren.

Nach Abschluß der praktischen Tätigkeit ist ein Zeugnis mit Angabe der Gesamtzahl und der in den einzelnen Abteilungen verbrachten Zeiten sowie mit Angabe der Fehlertage auszustellen. Dieses Zeugnis ist notwendig als Ausweis für die Technische Hoch- bzw. Mittelschule und zur Erlangung der ersten Anstellung.

#### Muster eines Zeugnisses.

Herr . . . . .  
 geboren am . . . . . zu . . . . .  
 war vom . . . . . bis zum . . . . . also  
 . . . . . Monate in nachfolgenden Werkstätten als Praktikant zur Erlangung der für den Besuch einer Technischen Hochschule — Technischen Mittelschule — vorgeschriebenen praktischen Ausbildung beschäftigt:

Schlosserei	. . . . .	Wochen
Dreherei und Schleiferei	. . . . .	„
Hobelei und Fräserei	. . . . .	„
Schmiede	. . . . .	„
Formerei und Gießerei	. . . . .	„
Modelltischlerei	. . . . .	„
Werkmontage	. . . . .	„
. . . . .	. . . . .	„
. . . . .	. . . . .	„
Im Ganzen	. . . . .	Wochen

Sein Verhalten während dieser Ausbildungszeit beurteilen wir nach bestem Ermessen wie folgt:

Fleiß . . . . .  
Leistungen . . . . .  
Pünktlichkeit . . . . .  
Führung . . . . .

Diese Beurteilung erfolgt nach der Abstufung: Sehr gut, Gut, Befriedigend, Ungenügend.

Fehltage während der Beschäftigungsdauer:  
. . . . . Tage Urlaub, . . . . . Tage Krankheit,  
. . . . . Tage Abwesenheit.  
(Datum) . . . . .  
(Firma) . . . . .  
(Unterschrift) . . . . .

## **70. Leitsätze betreffend die einheitliche Errichtung von Fortbildungskursen für Starkstrommonteure und Wärter elektrischer Anlagen<sup>1)</sup>.**

Gültig ab 1. Juli 1910<sup>2)</sup>.

### **Leitsatz 1.**

Ziel der Fortbildungskurse ist es, den mit der Einrichtung und Wartung elektrischer Starkstromanlagen betrauten Monteuren, Maschinisten und Wärtern ein besseres Verständnis für die Maßnahmen zu geben, die zur Sicherheit der mit genannten Anlagen in Berührung kommenden Personen und für eine ordnungsmäßige Betriebsführung erforderlich sind.

### **Leitsatz 2.**

Weiterhin ist anzustreben, dem natürlichen Interesse für die in Betracht kommenden Vorgänge durch Aufklärung darüber Rechnung zu tragen und hierdurch die Berufsfreudigkeit zu erhöhen.

### **Leitsatz 3.**

Zur Teilnahme an den Fortbildungskursen sollen nur Monteure und Wärter zugelassen werden, die bereits praktisch in dieser Eigenschaft längere Zeit hindurch tätig waren.

### **Leitsatz 4.**

Nur solche Gegenstände sollen in den Kursen behandelt werden, die die Ausführung der praktischen Arbeiten fördern. Theoretische Auseinandersetzungen sind grundsätzlich zu beschränken.

### **Leitsatz 5.**

Das Programm der Kurse soll vor allen Dingen auf den Stoff der „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen“ sowie der „Anleitung

<sup>1)</sup> Erläuterungen siehe ETZ 1910, S. 490.

<sup>2)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1910. Veröffentlicht: ETZ 1910, S. 492.

zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe“ und der „Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe“ Rücksicht nehmen. Weiteres richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen.

**Leitsatz 6.**

Anzustreben ist, daß als Vortragende Herren gewählt werden, die in der Praxis stehen oder in enger Berührung mit dieser sind.

**Leitsatz 7.**

Bei allen Kursen sollten möglichst akademische Vorträge vermieden werden. Der Stoff sollte vielmehr in Besprechungen, Vorführungen und Übungen (gegebenenfalls Exkursionen) behandelt werden.

**Leitsatz 8.**

Es empfiehlt sich, den Einfluß der Vorträge dadurch nachhaltiger zu gestalten, daß man den Hörern kurze Auszüge aus diesen gibt. Außerdem hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, den Hörern geeignete Bücher nachzuweisen oder, wenn möglich, zu ermäßigten Preisen bzw. kostenlos zur Verfügung zu stellen.

**Leitsatz 9.**

Grundsätzlich sollen keine Zeugnisse, sondern lediglich Teilnahmebescheinigungen ausgestellt werden, aus denen hervorgeht, welche Gebiete in dem Kursus behandelt worden sind.

**Leitsatz 10.**

Die Fortbildungskurse müssen so eingeteilt werden, daß eine Unterbrechung des Erwerbes seitens der Hörer nicht notwendig ist.

**Leitsatz 11.**

Seitens der Arbeitgeber ist eine Förderung der Kurse erwünscht.

**Leitsatz 12.**

Die zum Verbandsangehörigen elektrotechnischen Vereine sollen dafür besorgt sein, daß in ihrem Bezirke Kurse abgehalten werden, die den vom VDE aufgestellten Leitsätzen entsprechen.

**Leitsatz 13.**

Die Kurse sollen möglichst zu ständigen Einrichtungen ausgestaltet werden.

### **Schlußbemerkung.**

Abstand wird davon genommen, einen Einheitsplan für die Kurse vorzuschreiben, einesteils weil die Frage des Stoffes noch zu sehr im Flusse ist, andererseits weil Auswahl und Behandlung nach den örtlichen Verhältnissen verschieden sein müssen. Um jedoch Vereinen, die solche Kurse erstmalig einzurichten beabsichtigen, einen Anhalt zu geben, wird auf den Aufsatz von Dettmar: „ETZ“ 1909, S. 678 verwiesen, der eine Zusammenstellung der Programme bestehender Kurse enthält. Ferner wird im folgenden auf Grund bereits gesammelter Erfahrungen eine Übersicht des in Betracht kommenden Stoffes gegeben.

#### I. Das Wesen des Magnetismus und der Elektrizität.

1. Magnetismus.
2. Elektrizität.
3. Wechselwirkung zwischen Magnetismus und Elektrizität.

#### II. Wichtigste Stromerzeuger der Starkstromtechnik.

1. Gleichstrommaschinen.
2. Wechselstrommaschinen.
3. Transformatoren, Umformer.
4. Batterien.

#### III. Verwendung des elektrischen Stromes.

1. Beleuchtung:
  - a) Glühlicht.
  - b) Bogenlicht.
  - c) Sonstige Lampen.
2. Kraft:
  - a) Gleichstrom.
  - b) Wechselstrom.
  - c) Drehstrom.
3. Heizung und sonstige Zwecke (Galvanoplastik).

#### IV. Verteilung der elektrischen Energie.

1. Verschiedene Leitungssysteme für Gleich- und Wechselstrom.
2. Verschiedene Leitungssysteme für Mehrphasenstrom.
3. Berechnung einfachster Leitungsanlagen (Stromdichte und Spannungsabfall).
4. Hochspannung-Übertragungsanlagen.



V. Meßkunde.

1. Hauptsächliche Meß- und Prüfapparate (Spannung-, Strom- und Leistungsmesser, Elektrizitätzähler und Isolationsmesser).
2. Wichtige Meßarbeiten des Monteurs (Isolationsmessungen nach den Errichtungsvorschriften des VDE und sonstige Messungen).

VI. Spezielle Installationslehre, unter besonderer Berücksichtigung der Errichtungsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen des VDE:

1. Aufstellung von Generatoren, Motoren, Transformatoren und Batterien.
2. Werkstoff- und Apparatenkunde.
3. Aufstellung von Schalttafeln und Apparaten.
4. Herstellung unterirdischer Leitungsanlagen.
5. Herstellung oberirdischer Freileitungsanlagen.
6. Herstellung oberirdischer Innenleitungsanlagen.
7. Anbringung von Lampen und sonstigen Stromverbrauchern.
8. Leitungspläne und Werkstoffabrechnung.

VII. Spezielle Betriebslehre, unter besonderer Berücksichtigung der Betriebsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen des VDE:

1. Inbetriebsetzung und Wartung elektrischer Maschinen und Transformatoren.
2. Schaltungsarbeiten an elektrischen Maschinen und Transformatoren.
3. Behandlung der Akkumulatorenbatterien im Betriebe.
4. Allgemeiner Betriebsdienst bei Starkstromanlagen.

VIII. Allgemeine Sicherheitsmaßnahmen.

1. Bekämpfung von Bränden.
2. Wiederbelebungsversuche.
3. Besprechung von Unfällen.

## Anhang.

### A. Bahnenkreuzungs-Vorschriften für fremde Starkstromanlagen B.K.V./1921.

Gültig ab 18. November 1921.

Erlaß des Reichsverkehrsministers auf Grund gemeinsamer  
Beratungen des Reichsverkehrsministeriums und des Ver-  
bandes Deutscher Elektrotechniker.<sup>1)</sup>

#### I. Allgemeine Bedingungen.

##### § 1. Grundsatz.

Die Anlagen sind nach den Angaben der Reichsbahn<sup>2)</sup>  
von dem Beliehenen auf seine Kosten und Gefahr herzu-  
stellen und in ordnungsmäßigem Zustande zu erhalten.

##### § 2. Unterlagen für die Genehmigung.

1. Der Unternehmer der Starkstromanlagen hat für  
die Vorprüfung folgende Unterlagen in drei Ausfertigungen  
vorzulegen. Weitere Ausfertigungen für Genehmigungsnieder-  
schriften und dergleichen sind der Reichsbahn auf An-  
fordern unentgeltlich zu liefern.

- a) Angaben über Art, Spannung und Periodenzahl des  
Stromes sowie über Anzahl, Querschnitt und Bau-  
stoff der Leitungen; Erläuterungen über die Anord-  
nung der Leitungsanlagen;
- b) einen Übersichtsplan der Hauptlinienführung der Ge-  
samtanlage;

---

<sup>1)</sup> Veröffentlicht ETZ 1922, S. 62. — Hierdurch werden die allgemeinen Vor-  
schriften für die Ausführung elektrischer Starkstromanlagen bei Kreuzungen und  
Näherungen von Bahnanlagen (gültig ab 1. Juli 1908, ETZ 1908, S. 876) außer  
Kraft gesetzt.

<sup>2)</sup> Soweit nicht in den nachfolgenden Bedingungen etwas anderes bestimmt  
ist, wird die Reichsbahn bis auf weiteres durch die nachfolgenden Amtstellen  
vertreten:

im Bereiche der Zweigstelle Preußen-Hessen: durch die Eisenbahndirektionen;  
" " " " Bayern: durch die Eisenbahndirektionen;  
" " " E. G. D. Dresden: durch die Bauämter, Neubauämter oder Bahn-  
verwaltereien;  
" " " E. G. D. Stuttgart: durch die Bauinspektionen oder Betriebsämter;  
" " " E. G. D. Karlsruhe: " " Bahninspektionen;  
" " " E. G. D. Schwerin: " " Eisenbahn-Generaldirektion;  
" " " E. D. Oldenburg: " " Eisenbahndirektion.

c) einen Lageplan in mindestens 1:1000, in dem die geplanten Starkstromanlagen mit Maststandorten in roter Farbe eingetragen sind. Vorhandene Starkstrom- und Fernmeldeleitungen im Bereiche von 50 m zu beiden Seiten der geplanten Leitung sind mit Gestänge und Angabe der Höhenlage in anderen Farben darzustellen. Die Eigentümer dieser benachbarten Leitungen, Anzahl der letztgenannten sowie Stromart und Spannung sind anzugeben. Können die Maststandorte beim ersten Antrage noch nicht eingetragen werden, so sind die Pläne nach Eingang der vorläufigen Zustimmung zur Kreuzung zu ergänzen und zur Entscheidung wieder vorzulegen.

2. Für die endgültige Genehmigung der Anlage sind, soweit es zur Klarlegung des Falles erforderlich ist, auf Anfordern bis zu fünf Ausfertigungen der nachstehenden Unterlagen einzureichen:

- a) Ein Aufriß in mindestens 1:500 mit eingeschriebenen Maßen längs der geplanten Leitung, aus dem ihre Lage zu den Eisenbahnanlagen sowie zu etwa gekreuzten Starkstrom- und Fernmeldeleitungen ersichtlich ist;
- b) Nachweis der Festigkeit und Standsicherheit der Leitungsanlagen unter Angabe der Durchhangsverhältnisse im Kreuzungsfelde und den benachbarten Feldern für Temperaturen zwischen  $-20^{\circ}\text{C}$  und  $+40^{\circ}\text{C}$  von  $10^{\circ}$  zu  $10^{\circ}$ , sowie für  $-5^{\circ}\text{C}$  und Zusatzlast nach den „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen“ des VDE, Angaben über Vergrößerung des Durchhanges bei den in §§ 19<sup>a</sup> und 21<sup>2b</sup> erwähnten Fällen (Bruch im Nachbarfelde).
- c) Maßzeichnungen der Maste mit Fundamenten (unter Angabe der Bodenverhältnisse), der Querträger, Stützen, Isolatoren, Befestigungen für Leitungs- und Tragseile, Schutzvorrichtungen und sonstigen Ausführungsteile in ausreichendem Maßstabe.

3. Die Festigkeitsberechnungen können in Listenform eingereicht werden.<sup>3)</sup> Die zur Herstellung der Pläne er-

<sup>3)</sup> Als Anhalt für die Berechnungen können die Beispiele dienen in den „Vorschriften für die bruchsiclere Führung von Hochspannungsleitungen über Postleitungen“ (vom Reichspostministerium herausgegeben im Juli 1924) und den „Bedingungen für die Zulassung von Holzmasten als Stützpunkte von Hochspannung-Freileitungen bei ihrer bruchsicleren Führung über Reichs-Telegraphen- und -Fernsprechleitungen“ (vom Reichspostministerium herausgegeben im Juni 1920).

forderlichen Unterlagen werden auf Ersuchen von der Reichsbahn gegen Erstattung der Kosten abgegeben.

### § 3. Bauausführung.

1. Zu allen Herstellungs- oder Änderungsarbeiten sowie zu solchen Unterhaltungsarbeiten, die die Sicherheit des Eisenbahnbetriebes gefährden können, hat der Beliehene zuvor die Genehmigung der Reichsbahn einzuholen und dieser vor dem Beginn der Arbeiten rechtzeitig Anzeige zu erstatten.

2. Die Genehmigung zu dringenden Teilausführungen, die für den ungestörten Fortgang der Bauarbeiten erforderlich sind, kann schon vor endgültiger Genehmigung der Gesamtanlage erteilt werden, wenn die Ausführungsart der Teilausführung und die Gesamtanordnung der Anlage feststehen.

3. Arbeiten, die die Sicherheit des Eisenbahnbetriebes gefährden können, dürfen nur unter Aufsicht eines Beauftragten der Reichsbahn ausgeführt werden. Die hierdurch entstehenden Kosten hat der Beliehene zu tragen; er hat den Weisungen der mit der Aufsicht Beauftragten Folge zu leisten. Arbeiten im Bereich der Bahngleise, Zufuhrstraßen und Vorplätze können nach dem Ermessen der Reichsbahn von dieser selbst auf Kosten des Beliehenen bewirkt werden.

### § 4. Inbetriebnahme.

1. Die beabsichtigte probeweise oder endgültige Inbetriebnahme der genehmigungspflichtigen Anlage ist der Reichsbahn zehn Werkstage vorher schriftlich mitzuteilen. Der Eingang dieser Anzeige wird von der Reichsbahn innerhalb dieser zehn Tage bestätigt.

2. Die Reichsbahn hat das Recht, die genehmigungspflichtige Anlage vor der Unterspannungsetzung an Ort und Stelle daraufhin zu prüfen, daß die Anlage in allen Teilen nach den genehmigten Zeichnungen, Berechnungen und Bedingungen ausgeführt wurde und, daß insbesondere der Durchhang der Leitungen im Kreuzungsfelde und in den benachbarten Feldern der z. Z. herrschenden Temperatur entspricht. Die Reichsbahn wird den Beliehenen den Tag der Prüfung mitteilen. Zu dieser Prüfung hat der Beliehene die nötigen Arbeitskräfte und Hilfsmittel zu stellen.

3. Ist die Prüfung der Anlage innerhalb der in Absatz 1 genannten zehn Werkstage nicht möglich, so werden die entgegenstehenden Hindernisse dem Beliehenen bekannt-

gegeben. Sobald diese beseitigt sind, wird die Reichsbahn die Prüfung vornehmen.

4. Falls sich bei der Prüfung Abweichungen von der genehmigten Unterlage oder Mängel in der Herstellung zeigen, so ist der Beliehene verpflichtet, solche Abweichungen und Mängel, die den Eisenbahnbetrieb gefährden können, vor Unterspannungsetzen der Anlage abzustellen, die übrigen, sobald dieses ohne erhebliche Störung des Starkstrombetriebes durchführbar ist.

5. Vor Eingang der unter 1 genannten Bestätigung darf der Beliehene auch solche Anlagen nicht unter Spannung setzen, bei denen die Eisenbahn auf die vorherige Prüfung verzichtet.

6. Die zur Prüfung der Anlage etwa erforderliche Erlaubnis zum Betreten von Nachbargrundstücken hat der Beliehene einzuholen.

#### § 5. Unterhaltung.

1. Bei Unterhaltungsarbeiten an der genehmigungspflichtigen Anlage sind die Bestimmungen des § 3 zu beachten.

2. Der Reichsbahn steht das Recht zu, alle oberirdischen genehmigungspflichtigen Starkstromanlagen alle drei Jahre auf ihren ordnungsmäßigen Zustand zu prüfen. Der Beliehene hat auf Anfordern diese Prüfung vorzubereiten und sich daran zu beteiligen.

3. Das Ergebnis dieser wiederkehrenden Prüfungen ist in die vom Beliehenen zu führenden Prüfungsbücher einzutragen und von den Beteiligten der Reichsbahn zu bestätigen. Auf Anfordern sind die Prüfungsbücher der Reichsbahn jederzeit vorzulegen.

4. Ergibt eine solche Prüfung den begründeten Verdacht, daß sich die Anlage in einem nicht ordnungsmäßigen, den Bahnbetrieb gefährdenden Zustande befindet, so ist sie auf Anfordern der Reichsbahn zu Prüfungszwecken alsbald außer Spannung zu setzen.

5. Werden die Anlagen nach Ansicht der Reichsbahn nicht ordnungsgemäß unterhalten, so kann sie die erforderlichen Arbeiten auf Kosten des Beliehenen ausführen lassen.

#### § 6. Abschaltung.

Falls die Starkstromanlage nach Ermessen der Reichsbahn die Bahnanlagen oder den Bahnbetrieb gefährdet oder so stört, daß schwerwiegende Unzuträglichkeiten dadurch entstehen könnten, muß sie auf Anfordern der Reichsbahn, ohne Anspruch auf Entschädigung, solange abgeschaltet

werden, bis die Störung oder Gefährdung beseitigt ist. Gleiches hat zu geschehen, falls die Bahnunterhaltung unzulässig erschwert wird.

#### § 7. Änderungen.

1. Zu einer Abänderung, insbesondere zu einer Ergänzung oder Erweiterung der Anlage ist der Beliehene nur auf Grund einer besonderen von der Reichsbahn zu erteilenden Erlaubnis berechtigt.

2. Änderungen der Anlage, die infolge von Änderungen, Erweiterungen oder Instandhaltungen der Bahnanlagen erforderlich werden, sind nach den Bedürfnissen der Reichsbahn auszuführen.

3. Als Änderung der Anlage gilt auch die Änderung der Stromart oder Erhöhung der Spannung.

#### § 8. Haftung.

1. Ungeachtet der bahnseitigen Aufsicht und Prüfungen ist der Beliehene für die sachgemäße Ausführung und Unterhaltung der Starkstromanlage allein verantwortlich.

2. Der Beliehene hat der Reichsbahn allen Schaden zu ersetzen, der ihr infolge der Herstellung oder des Bestehens der Anlage unmittelbar oder durch Ansprüche Dritter entsteht, sofern nicht der Beliehene beweist, daß der Schaden durch Verschulden der Reichsbahn verursacht worden ist.

3. Dem Beliehenen steht kein Entschädigungsanspruch zu, wenn die Anlagen durch die Unterhaltung oder Veränderung der Bahnanlagen oder den Bahnbetrieb beschädigt oder unbrauchbar werden.

#### § 9. Kostentragung.

1. Der Beliehene hat sämtliche Kosten zu tragen, die aus Anlaß der Herstellung, des Bestehens, der Änderung oder der Beseitigung der Starkstromanlage der Reichsbahn erwachsen.

Hierzu gehören auch:

- a) die Kosten für Unterhaltungsarbeiten, Ergänzungen oder Veränderungen der Eisenbahnanlagen, die wegen des Bestehens der Starkstromanlagen erforderlich werden, auch wenn sie erst später entstehen. Derartige Ergänzungen gehen entschädigungslos in das Eigentum der Reichsbahn über.
- b) Die Kosten für Unterhaltungsarbeiten, Ergänzungen oder Veränderungen der Starkstromanlagen, die wegen

Unterhaltungsarbeiten, Ergänzungen oder Veränderungen an den Bahnanlagen entstehen.

c) Die Kosten für die nach § 5 regelmäßig wiederkehrenden Prüfungen.

2. Aus Anlaß des Genehmigungsverfahrens und der Abnahmeprüfungen der Anlagen werden neben den in § 10 festgesetzten Prüfungsgebühren keine weiteren Gebühren erhoben.

3. Die von dem Beliehenen zu erstattenden Kosten werden nach den bei der Reichsbahn jeweils hierfür geltenden Bestimmungen berechnet.

#### § 10. Gebühren.

1. Die Reichsbahn erhebt z. Z. für jede Kreuzung bei Starkstromanlagen mit Spannungen bis einschließlich 1000 V nachstehende Gebühren:

I. a) 3000 M einmalige Gebühr für jede oberirdische Kreuzung,

b) 2000 M einmalige Gebühr für jede unterirdische Kreuzung;

II. 30 M dauernde jährliche Gebühr für jedes laufende m Leitungzug in oder auf Bahngelände; mindestens jedoch 300 M.

Mehrere nebeneinanderliegende Kabel werden einfach gerechnet.

2. Bei Starkstromanlagen mit Spannungen von mehr als 1000 V ist außer der Gebühr nach Abs. 1 II das Doppelte der Gebühr zu I. zu entrichten.

3. In vorstehenden Gebühren nicht enthalten sind: Pachtzinsen für nutzbares Gelände, das die Reichsbahn dem Beliehenen zum Aufstellen von Trag- oder Schutzvorrichtungen überläßt.

4. An Stelle der vorstehenden Gebühren können bei gegenseitigem Übereinkommen andere gleichwertige Leistungen des Beliehenen treten.

5. Die Gebühren sind für das laufende Rechnungsjahr sofort nach Rechtskraft der Verleihung, für die späteren Rechnungsjahre jeweils am 1. April im voraus zu entrichten. Beim Erlöschen der Erlaubnis werden bereits gezahlte Gebühren nicht zurückerstattet.

#### § 11. Übertragung, Widerruf.

1. Die Erlaubnis kann zugleich mit dem Unternehmen, dem die Anlage dient, übertragen werden. Die Übertragung wird mit der Anzeige (durch eingeschriebenen Brief) an die Eisenbahn-Generaldirektionen oder -Direktionen wirksam. Die Erlaubnis erlischt:

- a) infolge Aufhebung, die von der Eisenbahn-Generaldirektion oder -Direktion bei Starkstromanlagen für die allgemeine Elektrizitätswirtschaft nur mit Ermächtigung des Reichsverkehrsministers ausgesprochen wird.
- b) durch Verzicht, der vom Beliehenen gegenüber der Eisenbahn-Generaldirektion oder -Direktion erklärt wird.

2. Aus dem Erlöschen der Erlaubnis erwachsen dem Beliehenen keine Entschädigungsansprüche. Der Beliehene hat auf Verlangen der Reichsbahn binnen der von ihr gestellten Frist unter Beachtung der von ihr getroffenen Anordnungen den früheren Zustand wieder herzustellen, widrigenfalls die Arbeiten auf Kosten des Beliehenen durch die Reichsbahn ausgeführt werden, die dabei über Umfang und Art der Ausführungen entscheidet.

#### § 12. Rechtsweg.

Soweit auf Grund der erteilten Erlaubnis im ordentlichen Rechtswege Ansprüche geltend gemacht werden können, sind zu deren Verhandlung und Entscheidung die Gerichte erster Instanz am Sitze der Eisenbahn-Generaldirektion oder -Direktion zuständig, in deren Bezirk die Anlage liegt.

#### § 13. Verleihungsurkunde.

Dem Beliehenen wird eine Ausfertigung der Verleihungsurkunde erteilt.

#### § 14. Stempelkosten.

Die Stempelkosten sind von dem Beliehenen zu tragen.

### II. Bauvorschriften.

#### A. Allgemeines.

#### § 15. Grundregeln.

Die Starkstromanlagen müssen folgenden Bedingungen genügen:

- a) Sie dürfen den Bau, den Betrieb und die Unterhaltung der Eisenbahn nicht beeinträchtigen. Insbesondere dürfen die bahneigenen Starkstrom- und Fernmeldeanlagen nicht gefährdet oder durch Fernwirkung störend beeinflusst werden;
- b) sie müssen sich ohne Behinderung des Bahnbetriebes einbauen, unterhalten, ändern und ersetzen lassen. Bei Kreuzung elektrisch betriebener Eisenbahnen ist



zu beachten, daß die bahneigenen Fahr- und Speiseleitungen dauernd unter Spannung stehen;

- c) sie müssen den Vorschriften des VDE<sup>4)</sup> entsprechen, soweit nicht abweichende Bestimmungen durch die vorliegenden Vorschriften getroffen sind.

#### § 16. Wahl der Kreuzungstellen.

1. Das Bahngelände soll von den Starkstromanlagen nur soweit berührt werden, als unbedingt nötig ist. Insbesondere können in Bahnhöfen oberirdische Gleiskreuzungen nur in zwingenden Ausnahmefällen zugelassen werden. Gleise sowie bahneigene Leitungen sollen an möglichst wenig Stellen gekreuzt werden. Die Kreuzung der Gleise und Bahnleitungen soll möglichst im rechten Winkel stattfinden; hiervon kann abgewichen werden, wenn durch eine schräge Kreuzung der Linienzug zum beiderseitigen Vorteile verbessert wird.

2. Nach Möglichkeit sind zur Führung der Starkstromleitungen Durchlässe und Straßen-Überführungen oder -Unterführungen zu benutzen.

#### § 17. Fremde Fernmeldeleitungen.

Fernmeldeleitungen, die am Gestänge einer Starkstromanlage verlegt sind, gelten als Starkstromleitungen.

#### § 18. Abweichung von den Bauvorschriften.

1. In besonders ungünstigen Fällen können weitergehende Schutzmaßnahmen verlangt werden, als in den vorliegenden Bauvorschriften vorgesehen sind. Sofern zwischen der Eisenbahn-Generaldirektion oder -Direktion und dem Unternehmer der Starkstromanlage hierüber eine Vereinbarung nicht zustande kommt, entscheidet der Reichsverkehrsminister.

2. Bei Bahnen, die elektrischen Betrieb besitzen oder diesen in nächster Zeit erhalten, sind die Erfordernisse dieser Betriebsart besonders zu berücksichtigen. Bei Bahnen, die für die Elektrisierung in Aussicht genommen sind, wird die gleiche Rücksichtnahme empfohlen.

---

<sup>4)</sup> Hierzu gehören z. Z. insbesondere:

1. die Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln, gültig ab 1. VII. 1924;
2. die Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen, gültig ab 1. X. 1923;
3. die Leitsätze für Maßnahmen an Fernmelde- und an Drehstromanlagen im Hinblick auf gegenseitige Näherungen, gültig ab 1. X. 1925;
4. die Leitsätze für Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen, gültig ab 1. I. 1924.

3. An Stelle der vorliegenden Vorschriften können nach Ermessen der Reichsbahn die „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen“ des VDE der technischen Ausführung zugrunde gelegt werden:

- a) falls keine Bahnfernmeldeleitungen vorhanden sind, die der Bahnsicherung dienen, und der Schutz sonstiger Leitungen gewährleistet ist:
  - α) für Leitungsführungen auf Gelände, das der Reichsbahn gehört, aber nicht dem eigentlichen Bahnbetriebe dient (Vorplätze, Zufuhrstraßen),
  - β) für Kreuzungen mit Gleisen untergeordneter Bedeutung (Abstellgleise, Anschlußgleise);
- b) für Kreuzungen, bei denen der erforderliche Schutz ohnehin vorhanden ist (dieses kann z. B. bei Tunneln, hohen und weiten Brücken, breiten Wegüberführungen der Fall sein).

### B. Oberirdische Anlagen.

#### § 19. Lichtraum und Leitungsabstände.

1. Der lichte wagerechte Abstand der Bauteile der Starkstromanlage von Gleismitte soll, wenn zugänglich, nicht geringer sein als 5 m; er muß mindestens 3 m betragen. Der tiefste Punkt der Leitungsanlagen muß im ungünstigsten Falle von Schienenoberkante mindestens 6 m bei spannungsfreien und 7 m bei spannungsführenden Leitungen entfernt sein. Bei Bahnen, die für elektrischen Betrieb in Aussicht genommen sind, wird empfohlen, den Abstand des tiefsten Punktes der kreuzenden Leitungen von Schienenoberkante mit mindestens 15 m zu wählen. Bei diesem Maß ist angenommen, daß die Fußpunkte einer entlang der Bahnlaufenden Speiseleitung in Höhe der Schienenoberkante liegen.

2. Alle Bauteile der Starkstromanlagen einschließlich Leitungen müssen folgende Abstände haben:

- a) von Bahnfreileitungen:
  - α) in senkrechter Richtung mindestens 1 m; für spannungsführende Teile von Hochspannungsanlagen ist dieses Maß auf 2 m zu erhöhen;
  - β) in wagerechter Richtung mindestens 1,25 m;
- b) von Bahnbrücken und ähnlichen Bauwerken mindestens 1,50 m in allen Richtungen;
- c) von Bahnkabeln mindestens 0,5 m.

3. Bei Kreuzung elektrischer Bahnen muß der geringste Abstand zwischen dem tiefsten Punkt der kreuzenden Lei-

tungen und dem höchsten spannungsführenden Teil der Fahrleitung an der Kreuzungsstelle mindestens 3 m betragen. Ist unter den kreuzenden Leitungen ein Prellseil oder Erdseil verlegt, so muß dieses ebenfalls 3 m Abstand von dem höchsten spannungsführenden Teil der Bahnleitung an der Kreuzungsstelle haben. Bei Verwendung geerdeter Schutzbrücken kann der Abstand auf 1,5 m verringert werden.

4. Die angegebenen Abstände müssen bei  $+40^{\circ}\text{C}$  und  $-5^{\circ}\text{C}$  mit Zusatzlast nach den „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen“ des VDE auch dann gewahrt bleiben, wenn infolge eines Bruches im Nachbarfelde oder eines Teiles der Mehrfachaufhängung eine Vergrößerung des Durchhanges eintritt.

## § 20. Baustoffe, Querschnitte und Festigkeit der Leitungen.

1. Als Baustoffe für die Leitungen sind im allgemeinen Kupfer, Bronze, gut verzinkter Stahl, Aluminium, sowie Aluminium mit Stahlseele zulässig; bei letztgenannten ist nur die Seele als tragend anzunehmen. Bronze mit einer höheren Festigkeit als  $70\text{ kg/mm}^2$  ist nicht zu verwenden. Prellseile und Prelldrähte können aus gut verzinktem Eisen bestehen; für sonstige spannungsfreie Schutzvorkehrungen sind die gleichen Baustoffe wie für Leitungen zu verwenden. Bei elektrisch betriebenen Eisenbahnen mit Oberleitung sollen die kreuzenden stromführenden Leitungen aus Kupfer oder Bronze hergestellt werden.

2. Bei allen Gleiskreuzungen, bei denen erfahrungsgemäß eine starke Wirkung von Rauchgasen zu erwarten ist, darf auch für Prelldrähte und Prellseile Eisen nicht verwendet werden. In der Nähe von Kokereien, chemischen Industrien, Salinen u. dgl. werden für die Leitungen nur Kupfer oder solche Baustoffe zugelassen, die sich bei den in Betracht kommenden chemischen Einwirkungen nicht ungünstiger als Kupfer verhalten. An Stellen mit ungünstigen klimatischen Verhältnissen (Rauhreif) ist Aluminium ohne Stahlseele nicht zulässig.

3. Bei Hochspannungskreuzungen sind sowohl die spannungsführenden als auch die spannungsfreien Leitungen des Kreuzungsfeldes, bei Niederspannungskreuzungen wenigstens die spannungsführenden Leitungen als Seile auszuführen.

4. Die geringsten zulässigen Querschnitte der Leitungen ergeben sich aus Nachstehendem:

- a) Leitungen aus Kupfer, Bronze und Stahl:  
für Spannweiten bis zu m 70 100 150 über 150  
Mindestquerschnitt in mm<sup>2</sup> 25 35 50 70
- b) Leitungen aus Aluminium:  
für Spannweiten bis zu m 50 70 100 150 250 über 250  
Mindestquerschnitt in mm<sup>2</sup> 50 70 95 120 150 185
- c) Für Stahlaluminiumleitungen werden die Querschnitte von Fall zu Fall festgelegt.
- d) Für Leitungen, die starkem Lokomotivrauch oder sonstigen chemischen Einflüssen ausgesetzt sind (vgl. Punkt 2), müssen für die unter a) und b) angegebenen Spannweiten je die nächsthöheren Querschnitte verwendet werden. Die Drahtstärke muß in diesem Falle mindestens 1,8 mm betragen.
5. a) Die Leitungen und Schutzvorkehrungen im Kreuzungsfelde müssen bei  $-20^{\circ}$  C ohne zusätzliche Belastung und bei  $-5^{\circ}$  C und Zusatzlast nach den „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen“ des VDE mindestens noch fünffache Bruchsicherheit haben.
- b) Bei Verwendung von senkrecht hängenden Isolatorketten wird eine geringere als fünffache Sicherheit zugelassen, wenn im Kreuzungsfelde ein höherer normaler Leitungsquerschnitt als in den Nachbarfeldern verwendet wird und außerdem die Bedingungen unter Absatz 4 erfüllt sind. Bei Aluminiumleitungen darf hierbei im Kreuzungsfelde jedoch keine höhere Beanspruchung als 7 kg/mm<sup>2</sup>, bei Kupfer-, Bronze- und Stahlleitungen keine höhere Beanspruchung als 13 kg/mm<sup>2</sup> auftreten.

6. Im Kreuzungsfelde dürfen die Leitungen nicht aus einzelnen Stücken zusammengesetzt sein; Verlötungen von Seilen und Drähten sind ebenfalls nicht zulässig. Verbindungen an den Befestigungsteilen müssen eine Festigkeit von mindestens dem 4,5-fachen der Höchstspannung haben, die nach dem gewählten Durchhang im Leitungseil auftreten kann; es wird aber eine höhere Festigkeit als 90% der Festigkeit der zu verbindenden Leitungen nicht gefordert.

## § 21. Befestigung der Leitungen.

### 1. Stützenisolatoren.

- a) Auf Stützenisolatoren verlegte Leitungen sind im Kreuzungsfelde abzuspannen.

- b) Hochspannungsleitungen sowie Niederspannungs- und Fernmeldeleitungen am Hochspannungsgestänge sind an den Kreuzungsmasten an je zwei Stützenisolatoren zu befestigen.
- c) Niederspannungsleitungen und Fernmeldeleitungen am Niederspannungsgestänge sowie betriebsmäßig geerdete Leitungen (Blitzschutzseile) brauchen nur einfach befestigt zu werden.
- d) Bei Hochspannung müssen im Kreuzungsfelde Isolatoren des nächst höheren Types, als in den anschließenden Strecken für die gleichen Leitungen eingebaut sind, verwendet werden, oder solche mit einer diesem höheren Typ entsprechenden Überschlagsfestigkeit.

## 2. Hängeisolatoren.

- a) An Hängeisolatoren verlegte Leitungen sind an den Kreuzungsmasten an je zwei Isolatorketten abzuspannen.
- b) In Ausnahmefällen kann von der Abspannung der Leitungen im Kreuzungsfelde abgesehen werden; die Leitungen müssen jedoch an dem Querstück zwischen den beiden Hängeketten so befestigt werden, daß beim Reißen des Seiles im Nachbarfelde die Ketten als Abspannketten wirken. Hierfür müssen die Hängeisolatoren die erforderliche Festigkeit besitzen.
- c) Im Kreuzungsfelde müssen die Hängeketten je ein Glied mehr als die Hängeketten für die gleichen Leitungen in den anschließenden Strecken haben.

3. Statt der Mehrfachaufhängung kann nach Ermessen der Reichsbahn auch eine andere Ausführungsform zugelassen werden, die mindestens die gleiche Sicherheit bietet: Z. B. Aufhängung an besonderen Tragseilen, Anordnung geerdeter Schutznetze oder Schutzbrücken bei einfacher Aufhängung der Leitungen.

4. Bei elektrisch betriebenen Eisenbahnen mit Oberleitung werden bis zum Erlaß einheitlicher Bestimmungen die erforderlichen Schutzvorkehrungen von Fall zu Fall bestimmt.

## § 22. Baustoffe, Beanspruchung und Berechnung der Maste und Fundamente.

- 1. a) Als Baustoff für die Kreuzungsmaste ist im allgemeinen Flußeisen zu verwenden.
- b) Holzmaste dürfen nur bei Spannweiten bis zu 40 m und nur in Linien verwendet werden, die auch im

übrigen mit Holzmasten ausgeführt sind; sie müssen nach einem als gut anerkannten Verfahren gegen Fäulnis geschützt sein. Bei Hochspannungsanlagen sind sie nur bei gerader Leitungsführung zulässig und entweder als A-Maste, wie sie vom Reichspostministerium vorgeschrieben sind, oder als einfache Maste mit besonderen Erdfüßen auszuführen. Bei Kreuzungen mit elektrisch betriebenen Eisenbahnen mit Oberleitung ist die Verwendung von Holzmasten nicht gestattet.

c) Für Maste aus anderen Baustoffen (z. B. Beton) und solche besonderer Bauart gelten besondere Vorschriften.

2. An Stelle von Masten können Transformatorenhäuser, Schalthäuser oder andere feuersichere Bauwerke als Stützpunkte benutzt werden. Durch Vorlegung der Bauzeichnungen und Berechnungen ist nachzuweisen, daß sich die Bauwerke nach ihrer Festigkeit für den angegebenen Zweck eignen. Auf den Nachweis der Standsicherheit der Gebäude wird verzichtet, wenn aus den Zeichnungen ohne weiteres zu ersehen ist, daß durch den Zug der Leitungen nur eine unwesentliche Mehrbelastung des Bauwerkes hervorgerufen wird.

3. Die Maste und Fundamente sind für den größten Leitungszug zu berechnen. Dieser wird ermittelt, einmal unter der Annahme, daß sämtliche Leitungen unbeschädigt, das andere Mal unter der Voraussetzung, daß sämtliche Leitungen einer oder mehrerer vom Kreuzungsmast abgehender Nachbarfelder gerissen sind. In beiden Fällen ist gleichzeitig der Winddruck auf Mast mit Kopfausrüstung in ungünstigster Richtung anzunehmen. Die Wirkung von Ankern und Streben ist bei der Berechnung der Maste nicht zu berücksichtigen.

4. Bei Verwendung von Tragketten gilt als größter Zug der nach dem Bruch sämtlicher Leitungen im Nachbarfeld auftretende rechnerisch nachzuweisende Zug der Leitungen im Kreuzungsfeld, mindestens jedoch 50% des Höchstzuges in den Seilen vor dem Bruch.

5. Wird ein Kreuzungsfeld in der Verbindungslinie der beiden Kreuzungsmaste durch die Einschaltung eines dritten Mastes unterteilt, so ist dieser dritte Mast für die Hälfte des unter Absatz 3 bzw. 4 genannten Zuges und den vollen Winddruck auf den Mastkörper ohne Kopfausrüstung zu berechnen. Bei gleichen Spannweiten, Leitungszügen und Masthöhen kann der Zwischenmast als Tragmast

berechnet werden. In allen Fällen muß die Befestigung der Leitungen an den Zwischenmasten die gleiche elektrische Sicherheit wie an den Kreuzungsmasten haben.

6. a) Die Beanspruchung der Bauteile aus Flußeisen auf Zug, Druck und Biegung darf 1200 kg/cm<sup>2</sup>, bei Schrauben 600 kg/cm<sup>2</sup>, die Scherbeanspruchung der Niete 1000 kg/cm<sup>2</sup>, der Schrauben 900 kg/cm<sup>2</sup>, der Leibungsdruck bei Nieten 2400 kg/cm<sup>2</sup>, bei Schrauben 1800 kg/cm<sup>2</sup>, nicht überschreiten.

b) Die auf Druck beanspruchten Glieder müssen eine 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>-fache Sicherheit gegen Knicken nach der Tetmajerschen Formel haben, wenn

$$\lambda = \frac{l}{i} = \frac{\text{Knicklänge in cm}}{\text{Trägheitshalbmesser}} \leq 105$$

ist. Der Sicherheitsgrad wird durch das Verhältnis  $\frac{\text{Knickbeanspruchung}}{\text{Druckbeanspruchung}}$  bestimmt, worin nach Tetmajer die Knickbeanspruchung

$$K_k = 3100 - 11,41 \cdot \frac{l}{i} \text{ kg/cm}^2$$

ist. Der Trägheitshalbmesser ist bestimmt durch die Gleichung

$$i = \sqrt{\frac{J}{F}}$$

Ist  $\lambda > 105$ , so müssen die auf Druck beanspruchten Glieder nach der Eulerschen Formel für die zulässige Belastung  $P$  in kg nach

$$P = \frac{J \cdot \pi^2 \cdot E}{n \cdot l^2}$$

berechnet werden, worin der Sicherheitsgrad  $n = 3$  zu setzen ist.

$F$  ist die ungeschwächte Querschnittsfläche des Profiles in cm<sup>2</sup>,  $E$  der Elastizitätsmodul = 2 150 000 kg/cm<sup>2</sup> und  $J$  das in Frage kommende Trägheitsmoment.

7. Die Beanspruchung des Holzes auf Zug, Druck und Biegung darf 110 kg/cm<sup>2</sup>, auf Abscheren bei Hartholz 15 kg/cm<sup>2</sup>, sonst 10 kg/cm<sup>2</sup> nicht überschreiten. Die Knicksicherheit muß bei Annahme des Belastungsfalles 3 nach Euler fünffach sein.

### § 23. Schutz der Bahnleitungen.

1. Die Starkstromleitungen sind in der Regel oberhalb der bahneigenen Leitungen zu verlegen. Beträgt hierbei

der gegenseitige senkrechte Abstand bei Zugrundelegung der ungünstigsten Durchhangsverhältnisse weniger als 3 m, so ist unterhalb der Starkstromleitungen ein gut geerdeter metallischer Schutz (Prelldraht) anzubringen.

2. Bei Führung der Starkstromleitungen unterhalb der Bahnleitungen sind über den Starkstromleitungen gut geerdete Schutzdrähte oder Schutznetze in der Weise zu ziehen, daß die Fernmeldeleitungen bei Drahtbruch geerdet werden und ihre Berührung mit den Starkstromleitungen sicher verhindert wird.

3. Wenn die wagerechte Entfernung zwischen Starkstrom-Freileitungen und Bahnleitungen so gering ist, daß beim Bruche einer Leitung eine Berührung der übrigen möglich wäre, muß dieses durch geeignete Schutzvorkehrungen wirksam verhindert werden.

4. Bei Parallelführung der Starkstromleitungen mit den Fernmeldeleitungen auf größere Länge ist der Abstand der beiden Leitungsarten so groß zu wählen, daß eine schädliche Beeinflussung ausgeschlossen ist.

5. Die Reichsbahn behält sich vor, ihre Leitungen nach Anhörung des Beliehenen erforderlichenfalls durch Einbau von Sicherungen, Isolierung von Drähten, Herstellung metallener Rückleitungen, Kabelungen und ähnliche Mittel auf Kosten des Beliehenen zu schützen.

6. Bei elektrisch betriebenen Eisenbahnen mit Oberleitung dürfen Kreuzungen bis 1000 V Spannung nur in Kabeln ausgeführt werden.

### C. Unterirdische Anlagen.

#### § 24. Starkstromkabel.

1. Unter Gleisen sind Starkstromkabel in Rohre oder Kanäle aus Mauerwerk, Zement, Steinzeug oder Eisen derart zu verlegen, daß sie ohne Aufgraben wieder entfernt werden können. Die Oberkante solcher Rohre oder Kanäle soll wenigstens 1 m unter Schienen-Unterkante liegen.

2. Kabel, die nicht unter Gleisen liegen, bedürfen keiner Rohre oder Kanäle; sie müssen jedoch mit Eisenband oder Eisendraht umhüllt und in möglichst großem Abstände von den Gleisen, wenigstens 1 m tief, eingebettet sein. Sie sind mit einer Ziegelflachsicht abzudecken oder in gleichwertiger Art zu schützen.

3. Der Abstand unterirdischer, nicht besonders geschützter Starkstromkabel von Bauteilen aller Art muß mindestens 0,8 m betragen; die Annäherung bis auf 0,25 m kann zugelassen werden, wenn die Kabel gegen äußere



Verletzungen durch eiserne Rohre oder Kabeleisen geschützt werden, die nach beiden Seiten über die gefährdete Stelle mindestens 1 m hinausragen.

4. Wo fremde Starkstromkabel mit bahneigenen Kabeln in einem seitlichen Abstände von weniger als 0,8 m nebeneinander verlaufen, müssen sie in Kanäle verlegt oder mit Hüllen aus Zement oder gleichwertigem feuerbeständigen Baustoff versehen werden.

5. Unterirdische Starkstromkabel, die vorhandene Kabel kreuzen, sind an der Kreuzungstelle mindestens 0,5 m über oder unter diesen Kabeln zu verlegen und beiderseitig mindestens 1 m über die Kreuzungstelle hinaus durch Hüllen aus Zement oder gleichwertigem feuerbeständigen Baustoff zu schützen.

6. Innerhalb des Bahngeländes ist auf Verlangen die Lage der Starkstromkabel durch Kabelsteine mit dem Zeichen H. K. für Hochspannungskabel und N. K. für Niederspannungskabel genau zu bezeichnen.

## **B1. Allgemeine Vorschriften für die Ausführung und den Betrieb neuer elektrischer Starkstromanlagen (ausschließlich der elektrischen Bahnen) bei Kreuzungen und Näherungen von Telegraphen- und Fernsprechleitungen.<sup>1)</sup>**

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 Nullleiter 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 dieses Rücksicht auf die Sicherheit des Betriebes zuläßt.

3. An den oberirdischen Kreuzungstellen der Starkstromleitungen mit den Telegraphen- und Fernsprechleitungen müssen Schutzvorrichtungen angebracht sein, durch die eine Berührung der beiderseitigen Drähte verhindert bzw. unschädlich gemacht wird.

Bei Niederspannung ist es zulässig, wenn zur Verhinderung von Stromübergängen in die Fernmeldeleitungen die Starkstromleitungen auf eine ausreichende Strecke — mindestens in dem in Betracht kommenden Stützpunktzwischenraum — 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 Fernmeldeleitung über diese hinweggeführt wird. In diesem Falle wird, wenn nicht besondere Verhältnisse vorliegen, als geeignete Schutzmaßnahme ein

<sup>1)</sup> Angenommen durch die Jahresversammlung 1908. Veröffentlicht: ETZ 1908, S. 876

solcher Ausbau der Starkstromanlage angesehen, daß vermöge ihrer eigenen Festigkeit ein Bruch oder ein die Fernmeldeleitung gefährdendes Nachgeben der Starkstromleitungen oder ihrer Gestänge im Kreuzungsfeld auch beim Bruch sämtlicher Leitungsdrähte in den benachbarten Feldern ausgeschlossen ist. Außerdem ist den Gefährdungen der Festigkeit der Leitungen Rechnung zu tragen, die durch Stromwirkungen beim Bruch von Isolatoren oder dgl. eintreten.

Liegt die Starkstromleitung unterhalb der Fernmeldeleitung, 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 den Stellen, an denen die Starkstromleitungen neben den Fernmeldeleitungen verlaufen und der Abstand der Starkstrom- und Fernmeldedrähte voneinander weniger als 10 m beträgt, müssen Vorkehrungen getroffen sein, durch die eine Berührung der Starkstrom- und Fernmeldeleitungen 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 Fernmeldeleitungen auch beim Umbruch von Stangen oder beim Herabfallen von Drähten ausschließen, oder wenn die Leitungsanlage durch entsprechende Verstärkung, Verankerung oder Verstrebung des Gestänges oder durch Befestigung an Häusern vor Umsturz geschützt ist. Gegen die durch Leitungsbruch verursachte Berührungsgefahr der beiden Leitungen gilt — soweit nicht besondere Verhältnisse vorliegen — ein wagerechter Abstand von 7 m zwischen beiden Leitungen als hinreichende Sicherheit, wenn innerhalb der Annäherungstrecke die Spannweite in jeder der beiden Linien 30 m nicht überschreitet.

6. Bei Kreuzungen darf, wenn die Starkstromanlage Hochspannung führt und zwischen ihr und den Fernmeldeleitungen keine geerdeten Schutznetze vorhanden sind, der Abstand der Konstruktionsteile der

Starkstromanlage von den Fernmeldeleitungen in senkrechter Richtung nicht weniger als 2m, bei Hochspannungsanlagen, wenn geerdete Schutzvorrichtungen angebracht sind, sowie bei Niederspannungsanlagen dieser Abstand nicht weniger als 1m, der Abstand in wagerechter Richtung dagegen in allen Fällen nicht weniger als 1,25m 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 0,8m betragen. In Ausnahmefällen kann eine Annäherung bis auf 0,25m zugelassen werden; alsdann müssen die Telegraphen- und Fernsprechkabel mit eisernen Rohren umkleidet sein.

8. Die Starkstromkabel müssen tunlichst entfernt, jedenfalls in einem seitlichen Abstände von mindestens 0,8m von den Konstruktionsteilen der oberirdischen Telegraphen- und Fernsprechlinien (Stangen, Streben, Anker 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 0,25m hinausragen. Die Rohre müssen gegen mechanische Angriffe bei Ausführung von Bauarbeiten an den Telegraphen- und Fernsprechlinien genügend widerstandsfähig sein. Auf weniger als 0,25m 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 Ober-Postdirektion einen genauen Plan vorzulegen.

9. Die unterirdischen Starkstromleitungen müssen tunlichst entfernt von den Telegraphen- und Fernsprechkabeln, womöglich auf der anderen Straßenseite verlaufen.

Wo sich die beiderseitigen Kabel kreuzen oder in einem seitlichen Abstände von weniger als 0,3m nebeneinander laufen, müssen die Starkstromkabel auf der den Fernmeldekabeln zugekehrten Seite mit Halbmuffen aus Zement oder gleichwertigem feuerbeständigen Baustoff von wenigstens 0,06m Wandstärke versehen sein. Die Muffen müssen 0,3m zu beiden Seiten der gekreuzten Fernmeldekabel, 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 Fernmeldekabel, so müssen diese zur Sicherung gegen mechanische Angriffe mit zweiteiligen eisernen Rohren bekleidet sein, die über die Kreuzung- und Näherungsstelle nach jeder Seite hin 0,5 m hinausragen. Besonderer Schutzvorrichtungen bedarf es nicht, wenn sich die Starkstrom- oder die Fernmeldekabel in gemauerten oder in Zement- oder ähnlichen 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. Juli 1924, § 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 der gleichen 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 beizuteilen, wenn möglich vor dem Beginne der Arbeiten, schriftlich Nachricht zu geben.

14. Fehler — d. h. ein schadhafter Zustand — in der Starkstromanlage, durch die der Bestand der Telegraphen- und Fernsprechanlagen oder die Sicherheit des Bedienungspersonales gefährdet werden könnte, oder die zu Störungen des Telegraphen- oder Fernsprechbetriebes Anlaß geben, sind ohne Verzug zu beseitigen. Außerdem kann in dringenden Fällen die Abschaltung der fehlerhaften Teile der Starkstromanlage 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<sup>2)</sup> oder die vorgesehenen Schutzmaßregeln nicht ausreichen, um Gefahren für den Bestand (die Substanz) der Telegraphen- oder Fernsprechanlagen und für die Sicherheit des Bedienungspersonales oder Störungen für den Betrieb der Telegraphen- und Fernsprechleitungen fernzuhalten, sind im Einvernehmen mit der Telegraphenverwaltung weitere Maßnahmen

<sup>2)</sup> § 12 des Gesetzes über das Telegraphenwesen des Deutschen Reiches vom 6. 4. 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, der 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 Telegraphenweggesetzes vom 18. 12. 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 Anlage unterbleiben müßte oder wesentlich erschwert werden würde, die aus Gründen des öffentlichen Interesses, insbesondere aus volkswirtschaftlichen oder Verkehrsrücksichten, von den Wegunterhaltungspflichtigen 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 nicht untergebracht werden kann.

Muß wegen einer solchen späteren besonderen Anlagen die schon vorhandene Telegraphenlinie mit Schutzvorkehrungen versehen werden, so sind die dadurch entstehenden Kosten von der Telegraphenverwaltung zu tragen.

Überläßt ein Wegunterhaltungspflichtiger 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 ÷ 5 entsprechende Anwendung.

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 ÷ 10 und 12 ÷ 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 Starkstromanlagen 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.

## **B 2. Zusatzbestimmungen des Reichspostministers vom 26. Juli 1922 zu Ziffer 3 der Allgemeinen Vorschriften für die Ausführung und den Betrieb neuer elektrischer Starkstromanlagen bei Kreuzungen und Näherungen von Telegraphen- und Fernsprechleitungen.<sup>1)</sup>**

I. Blanke Niederspannungsleitungen können ohne besondere Schutzvorrichtungen über Telegraphen- und Fernsprechleitungen hinweggeführt werden, wenn genügende Sicherheit gegen Bruch oder gegen ein die Fernmeldeleitungen gefährdendes Nachgeben der Starkstromleitungen des Kreuzungsfeldes besteht. Diese Bedingung gilt als erfüllt, wenn die nachstehenden Bestimmungen beachtet werden:

1. Die Spannweite der überkreuzenden Anlage soll kurz bemessen sein. Muß ausnahmsweise ein Stützpunktabstand von mehr als 40 m gewählt werden, so ist im vorherigen Benehmen mit dem Telegraphenbauamt festzustellen, inwieweit weitergehende Sicherheitsmaßnahmen getroffen werden müssen.

2. Die Niederspannungsleitungen des Kreuzungsfeldes sind aus Drahtseil herzustellen mit einem Mindestquerschnitte von 10 mm<sup>2</sup> bei Leitungen aus Kupfer, von 16 mm<sup>2</sup> bei Leitungen aus verzinktem Eisen und von 25 mm<sup>2</sup> bei Leitungen aus Aluminium. Jedoch darf für den Null-

---

<sup>1)</sup> Veröffentlicht ETZ 1922, S. 1124.

oder Mittelleiter, wenn er geerdet ist, Volldraht von beliebiger Stärke verwendet werden. Versuchsweise werden auch für die spannungführenden Leitungen bei Spannweiten bis höchstens 40 m an Stelle der Leiterseile eindrähtige Kupfer- und verzinkte Eisenleitungen von mindestens 10 mm<sup>2</sup> Querschnitt zugelassen, sofern nach Lage der Verhältnisse nicht besondere Bedenken dagegen zu erheben sind.

An Stellen, wo Leitungen bestimmter Baustoffe in kurzer Zeit durch chemische Einflüsse zerstört oder wesentlich in ihrer Festigkeit beeinträchtigt werden, z. B. in der Nähe von Kokereien, chemische Fabriken, Salinen u. dgl., ist dieser Gefahr bei der Wahl des Baustoffes und Querschnittes der Leitungen Rechnung zu tragen.

3. Die spannungführenden Leiter (Seile oder Drähte) müssen im Kreuzungsfelde aus einem Stück (ohne Verbindungsstellen) bestehen und an den Aufhängepunkten in zuverlässiger Weise (besonders sichere Bindung, erforderlichenfalls mit Hilfsbügel, oder Abspannung) befestigt werden.

Für die zulässigen Beanspruchungen der Leitungen und die Bemessung des Durchhanges gelten die Bestimmungen unter I c und d der „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen“.

4. Zwischen den spannungführenden Niederspannungsleitungen und den Fernmeldeleitungen ist im allgemeinen ein senkrechter Abstand von mindestens 1,5 m einzuhalten. Eine Verringerung dieses Abstandes ist zulässig, wenn ein Mindestabstand von 1 m auch unter den ungünstigsten Umständen gewahrt bleibt, was im Zweifelsfalle nachzuweisen ist.

An Stellen, wo in absehbarer Zeit eine Höherlegung der Fernmeldeleitungen, z. B. wegen starker Leitungsmehrung, notwendig wird, ist bei der Bemessung des Abstandes tunlichst auf die endgültige Leitungslage Rücksicht zu nehmen.

5. Als Stützpunkte können Eisenmaste, Eisenbetonmaste, getränkte Holzmaste, Holzmaste (auch ungetränkte) mit besonderen Erdfüßen, sowie Dachgestänge, zuverlässig befestigte Mauerbügel und Isolatorstützen an Bauwerken oder Felsen benutzt werden. Die Gestänge müssen stand-sicher hergestellt und erhalten werden.

Nicht getränkte Holzmaste ohne besondere Erdfüße werden nur unter außergewöhnlichen Verhältnissen nach vorheriger Verständigung mit dem Telegraphenbauamt und nur für eine beschränkte Benutzungsdauer zugelassen.



6. Der Starkstromunternehmer trägt für die dauerhafte Herstellung und ordnungsmäßige Instandhaltung seiner Anlage die Verantwortung. Er wird den Zustand der Anlage und insbesondere ihre Standsicherheit mindestens jährlich einmal nachzuprüfen haben.

II. Die Unterkreuzung der Telegraphen- und Fernsprechleitungen mit Niederspannungsfreileitungen soll auf solche Fälle beschränkt werden, wo die Überkreuzung nur unter besonderen Schwierigkeiten oder mit erheblichen Mehrkosten ausführbar ist.

Bei der Unterkreuzung, die möglichst im rechten Winkel erfolgen soll, ist durch Anbringung eines oder mehrerer geerdeter Schutzdrähte über den Niederspannungsleitungen sicherzustellen, daß eine herabfallende Fernmeldeleitung geerdet wird, bevor sie eine spannungführende Leitung berühren kann. Dazu kann — auch bei Hausanschlüssen — der geerdete Null- oder Mittelleiter benutzt oder mitbenutzt werden. Zwischen den Fernmeldeleitungen und den geerdeten Drähten ist ein Mindestabstand von 1 m zu wahren.

Durch die Unterkreuzung darf die Ausnutzung der vorhandenen Fernmeldegestänge für den zu erwartenden Leitungszuwachs nicht gehindert werden. Auch dürfen die Fernmeldeleitungen eines Leitungsfeldes oder einer gleichmäßig durchgeführten Leitungsanlage nicht durch Über- und Unterkreuzungen in unzuträglicher Weise eingeengt werden.

In Fällen, wo die Unterhaltungs- und Erweiterungsarbeiten an der Fernmeldelinie durch die unterhalb kreuzende Niederspannungsleitung gefährdet werden, ist diese für die Dauer solcher Arbeiten auf Verlangen abzuschalten.

### **B3. Allgemeine Vorschriften zum Schutz vorhandener Reichs-Telegraphen- und -Fernsprechanlagen gegen neue elektrische Bahnen.**

Gültig ab 1. Juli 1910.

1. Die „Allgemeine Vorschriften für die Ausführung und den Betrieb neuer elektrischer Starkstromanlagen (ausschließlich der elektrischen Bahnen) bei Kreuzungen und Näherungen von Telegraphen- und Fernsprechleitungen“<sup>1)</sup> gelten sinngemäß auch für elektrische Bahnen.

<sup>1)</sup> s. S. 724.

2. Bei Bahnen mit Gleichstrombetrieb und Spannungen bis etwa 700 V sind als Schutzvorrichtungen über den Fahrleitungen geerdete Drähte, Isolierleisten u. dgl. zulässig; bei Gleichstrombetrieb mit höherer Spannung und bei Wechselstrombetrieb sind Schutzvorrichtungen erforderlich, die größere Sicherheit gegen Berührungen der Fahrleitungen mit Reichsleitungen bieten, z. B. geerdete, flache, seitlich genügend weit ausladende Fangnetze.

3. Sofern die Schienen zur Rückleitung des Betriebsstromes dienen, müssen sie mit dem Kraftwerke durch besondere Leitungen, die Schienenstöße unter sich durch besondere metallene Brücken von ausreichendem Querschnitt in guter leitender Verbindung stehen.

4. Findet beim Betriebe einer Bahn nach dem Gleichstromzweileitersystem, deren Schienen als Rückleitung dienen, kein täglicher Polaritätswechsel statt, so ist der negative Pol der Stromquelle mit der Gleisanlage zu verbinden.

5. Falls durch Aufgrabungen in Straßen mit unterirdischen Telegraphen- oder Fernsprechkabeln der Telegraphen- oder Fernsprechbetrieb gestört werden könnte, sind die Arbeiten auf Antrag der Telegraphenverwaltung zu Zeiten auszuführen, in denen der Telegraphen- oder Fernsprechbetrieb ruht.

6. Sind infolge parallelen Verlaufes der beiderseitigen Anlagen oder aus anderen Ursachen Störungen für den Betrieb der Telegraphen- und Fernsprechleitungen zu befürchten oder treten solche Störungen auf, so sind im Einvernehmen mit der Telegraphenverwaltung geeignete Maßnahmen zur Vermeidung oder Beseitigung störender Einflüsse zu treffen.

7. Die unterhalb der Schienen oder in ihrer unmittelbaren Nähe liegenden Telegraphen- und Fernsprechkabel müssen zum Zwecke späterer Ausbesserungs-, Erweiterungs- und Verlegungsarbeiten für die Telegraphenverwaltung jederzeit zugänglich bleiben.

8. Wegen Tragung der Kosten bei etwaigen Beschädigungen oder Zerstörungen der Telegraphen- und Fernsprechkabel durch elektrische Einwirkungen aus der Bahnanlage gelten die gesetzlichen Bestimmungen.

## **B 4. Vorschriften für die bruchsihere Führung von Hochspannungsleitungen über Postleitungen.<sup>1)</sup>**

Gültig ab 1. Juli 1924.<sup>2)</sup>

Erlaß des Reichspostministers auf Grund gemeinsamer Beratungen des Reichspostministeriums und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

### **A. Allgemeines.**

Anwendung der Vorschriften usw. des VDE.

1. Für die bruchsihere Führung der Hochspannungsleitungen gelten, soweit nachstehend nicht besondere Bestimmungen getroffen sind, die Vorschriften, Normen und Leitsätze des Verbandes Deutscher Elektrotechniker<sup>3)</sup>.

#### **Leistungsrichtung und Spannweiten.**

2. Die Leitungen sind tunlichst so zu führen, daß an den Kreuzungsmasten keine Winkel entstehen, es sei denn, daß durch die geradlinige Führung die Anlage verteuert würde.

3. Die Spannweiten der Kreuzungsfelder sollen möglichst nicht größer sein als die der Nachbarfelder. Ein Kreuzungsmast soll tunlichst in der Nähe der Postleitungen aufgestellt werden; den Bestimmungen unter Ziffer 5 und 8 ist dabei Rechnung zu tragen.

Gefährdung des bruchsiheren Kreuzungsfeldes durch Bäume und durch Schadenfeuer.

4. Bäume, die bei ihrem Umbruch, beim Abbrechen von Ästen oder sonstwie die Hochspannungsleitungen des Kreuzungsfeldes gefährden können, sind zu beseitigen oder so weit auszuästen, daß jede Gefahr für die bruchsiher ausgeführte Anlage ausgeschlossen ist. Von Gebäuden, bei denen nach Bauart und Verwendung mit der Möglichkeit eines die Hochspannungsleitungen gefährdenden Schadenfeuers zu rechnen ist, und von Anhäufungen leicht

<sup>1)</sup> Postleitungen im Sinne dieser Vorschriften sind die Telegraphen- und Fernsprechleitungen der Deutschen Reichspost.

<sup>2)</sup> Veröffentlicht: ETZ 1924, S. 938.

<sup>3)</sup> Hierzu gehören z. Z.:

1. die Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln,
2. die Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen (abgekürzt NfR.),
3. die Leitsätze für Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen,
4. die Normen und Prüfvorschriften für Porzellanisolatoren.

brennbarer Stoffe müssen die Hochspannungsleitungen einen solchen Abstand haben, daß sie durch Feuer nicht beschädigt werden können.

#### Schutz gegen das Nachbarfeld.

5. Wenn nach Lage der örtlichen Verhältnisse die Gefahr besteht, daß bei Seilbrüchen im Nachbarfelde die Bruchenden nach dem Kreuzungsfelde hinüberschwingen und die Postleitungen berühren, ist ihr durch geeignete Maßnahmen zu begegnen, z. B. durch Anbringung seitlicher Fangarme auf der Nachbarfeldseite der Maste u. dgl.

#### Schutzerdung.

6. An hölzernen Kreuzungsmasten mit Stützenisolatoren sind die Isolatorenträger zu erden.

#### Inbetriebnahme.

7. Die beabsichtigte probeweise oder endgültige Inbetriebnahme der Hochspannungsanlage ist dem zuständigen Telegraphenbauamt (in Bayern der zuständigen Oberpostdirektion) mindestens drei Werktage vorher schriftlich mitzuteilen.

#### B. Abstände.

##### Wagerechter Abstand der Hochspannungsanlage von den Postleitungen.

8. Der wagerechte Abstand der Bauteile der Hochspannungsanlage von den Postleitungen muß mindestens 1,25 m betragen.

##### Senkrechter Abstand der Hochspannungsanlage von den Postleitungen.

9. Der senkrechte Abstand der Hochspannungsleitungen und der etwa unter ihnen angebrachten Betriebsfernsprech- und Niederspannungsleitungen von den Postleitungen muß bei unbeschädigtem Zustande der Starkstromleitungen sowohl bei  $+40^{\circ}\text{C}$  als auch bei  $-5^{\circ}\text{C}$  und Zusatzlast mindestens 2 m betragen.

10. Außerdem ist bei Abspannketten ein Mindestabstand von 1,50 m nachzuweisen, wenn bei der größten Seilspannung eine Kette einer Doppelkette schadhafte wird.

11. Der gleiche Nachweis ist bei senkrecht hängenden Ketten zu führen unter der Annahme, daß eine Hochspannungsleitung im Nachbarfelde reißt und infolgedessen die Doppelkette des Kreuzungsmastes nach dem Kreuzungsfelde hinüberschwingt.

Abstand der Hochspannungsleitungen voneinander und von anderen Leitungen.

12. Für den gegenseitigen Abstand der Leitungen der Hochspannungslinie im Kreuzungsfelde gelten die Vorschriften unter II E 2 der NfF. Er darf nicht kleiner werden als 1 cm für je 1000 V der Betriebsspannung, wenn bei Stützenisolatoren das Hauptseil einer Hochspannungsleitung am Isolator, bei Abspanndoppelketten eine Kette, bei senkrecht hängenden Ketten ein Seil im Nachbarfelde reißt; mindestens muß er in diesen Fällen noch 20 cm betragen. Stahlaluminiumseile sind hierbei bis auf weiteres wie Aluminiumseile zu behandeln.

**C. Baustoffe, Querschnitte und Durchhang der Leitungen.**

Baustoffe.

13. Als Baustoffe für die Leitungen sind Kupfer, Bronze, gut verzinktes Eisen oder ebensolcher Stahl, Aluminium sowie Aluminium mit Stahlseele zugelassen; bei diesem ist nur die Seele als tragend anzunehmen. Bronze mit einer höheren Festigkeit als 70 kg/mm<sup>2</sup> ist nicht zu verwenden.

14. In der Nähe von Kokereien, chemischen Industrien, Salinen u. dgl. ist der Baustoff zu wählen, der gegen die herrschenden Einflüsse die größte Widerstandsfähigkeit besitzt. Gegen einen geeigneten Anstrich der Seile ist nichts einzuwenden.

15. Im Kreuzungsfelde dürfen die Seile nicht aus einzelnen Stücken zusammengesetzt sein. Bei Herstellung von Abzweigstellen u. dgl. darf an den Seilen nicht gelötet werden.

Querschnitte.

16. Alle Leitungen des Kreuzungsfeldes müssen aus Drahtseil<sup>4)</sup> bestehen. Der Querschnitt — auch der der Blitzschutzseile, Betriebsfernsprechleitungen und am Hochspannungsgestänge angebrachten Niederspannungsleitungen — muß im allgemeinen bei Kupfer-, Bronze-, Eisen- und Stahlseilen mindestens 25 mm<sup>2</sup>, bei Aluminiumseilen mindestens 50 mm<sup>2</sup> betragen und so bemessen sein, daß die Bruchlast im Kreuzungsfelde nicht kleiner ist als in den Nachbarfeldern. Bei Spannweiten bis 50 m sind Kupfer-, Bronze-, Eisen- und Stahlseile von 16 mm<sup>2</sup> zulässig. Wenn die Spannweite des Kreuzungsfeldes größer ist als die des längsten Nachbarfeldes (vgl. Ziffer 3), sind die nachstehend

<sup>4)</sup> Wegen des Durchmessers der Einzeldrähte der Seile vgl. NfF. unter Ib.

aufgeführten Mindestquerschnitte im Kreuzungsfelde erforderlich:

Für Spannweiten des Kreuzungsfeldes bis zu m	Leitungseile aus Kupfer, Bronze, Eisen und Stahl mm <sup>2</sup>	Leitungseile aus Aluminium mm <sup>2</sup>
100	} 25 }	50
150		70
250		95
über 250	35	120

#### Durchhang.

17. Der Leitungsdurchhang ist so zu bemessen, daß die Seilspannung sowohl bei einer Temperatur von  $-20^{\circ}\text{C}$  ohne zusätzliche Belastung als auch bei einer Temperatur von  $-5^{\circ}\text{C}$  mit einer zusätzlichen Belastung durch Wind oder Eis die Hälfte der unter I der NfF angegebenen Höchstspannungen nicht übersteigt.

18. Innerhalb dieser Grenzen (Ziffer 16 und 17) sind Seilquerschnitt und Seilspannung im Kreuzungsfelde unter Berücksichtigung der Verhältnisse in den Nachbarfeldern so zu bemessen, daß die Beanspruchung der Kreuzungsmaste möglichst gering wird und der Seildurchhang im Kreuzungsfelde möglichst klein bleibt.

19. Bei Verwendung von senkrecht hängenden Isolatorketten wird eine größere Seilspannung zugelassen, wenn im Kreuzungsfelde ein größerer normaler Leitungsquerschnitt verwendet wird als in den Nachbarfeldern und außerdem die Bedingungen in Ziffer 16 erfüllt sind. Von der Verwendung eines größeren Leitungsquerschnittes kann abgesehen werden, wenn für das Kreuzungsfeld ein Baustoff gewählt wird, dessen Bruchfestigkeit mindestens 50 % größer ist als die Bruchfestigkeit des Baustoffes in den Nachbarfeldern.

#### D. Befestigung der Leitungen.

20. Auf Stützenisolatoren verlegte Leitungen sind an den Kreuzungsmasten abzuspannen und gleichzeitig durch ein Hilfseil von etwa 1 m Länge an einem zweiten Isolator festzulegen.

21. An Hängeisolatoren verlegte Leitungen sind an jedem Kreuzungsmast an einer Doppelkette oder an zwei parallel geschalteten Hängeisolatoren abzuspannen. Von der Abspannung kann abgesehen werden, wenn die Aufhängung an senkrecht hängenden Doppelketten (Doppel-

tragketten) erfolgt und die Seile an dem Querstück zwischen den beiden Tragketten so befestigt werden, daß beim Reißen des Seiles im Nachbarfelde die Ketten als Abspannkette wirken. Hinsichtlich der mechanischen Festigkeit muß jede Kette einer Doppelkette den gleichen Bedingungen genügen wie die Seilklemmen (Ziffer 24).

22. Für Niederspannungs- und Betriebsfernsprechleitungen am Hochspannungsgestänge genügt die Abspannung an einem Stützenisolator, dessen Überschlagnspannung mindestens doppelt so groß sein muß wie die der Isolatoren dieser Leitungen auf den anschließenden Strecken.

23. Beim Blitzschutzseil (durchgehenden Erdseil) ist die Abspannung nicht erforderlich. Wegen der Befestigung vgl. Ziffer 24.

24. Verbinder und Seilklemmen müssen bei Seilen aus normalen Baustoffen eine Festigkeit von mindestens dem 3,8-fachen, bei Seilen aus nicht normalen Baustoffen eine solche von mindestens dem 4,5-fachen des größten Zuges haben, der nach dem gewählten Durchhang im Leitungsseil auftreten kann. Bei senkrecht hängenden Ketten braucht jedoch die Festigkeit der Seilklemmen nur das 3,8-fache bzw. 4,5-fache des nach dem Bruch des Seiles im Nachbarfelde auftretenden größten Seilzuges im Kreuzungsfelde zu betragen; bei durchgehenden Erdseilen (Ziffer 23) muß die Befestigung das 3,8-fache bzw. 4,5-fache sowohl des Differenzzuges als auch des einseitigen Zuges im Kreuzungsfelde aushalten. In keinem Falle wird eine höhere Festigkeit als 90% der Seilfestigkeit verlangt.

## **E. Baustoffe, Berechnung und Beanspruchung der Maste, Fundamente, Isolatorstützen und Querträger.**

### **Baustoffe.**

25. Die Kreuzungsmaste können aus Flußeisen, Eisenbeton oder aus Holzstangen hergestellt werden, die Querträger aus Flußeisen oder Eisenbeton, die Stützen aus Flußeisen oder Stahl.

26. Holzmaсте sind entweder als A-Maste (NfF II D2, Abs. 7) oder als einfache Maste mit besonderen Erdfüßen<sup>5)</sup> auszuführen. Auch bei A-Masten können Erdfüße verwendet werden. Über die Zulassung der Erdfußarten wird besonders entschieden. Ausnahmsweise können

---

<sup>5)</sup> Als Maste mit besonderen Erdfüßen sind solche Maste anzusehen, deren Unterteil aus einem Baustoff besteht, der gegen Fäulnis besonders widerstandsfähig ist (Eisen, Eisenbeton, getränktes Buchenholz usw.).

die A-Maste auch aus angeschuhten Stangen hergestellt werden. Dabei erhält jede Stange zwei Fußstangen, die in einer senkrecht zur Leitungsrichtung liegenden Ebene durch drei Bolzen mit der Stange zu befestigen sind. Holzma ste dürfen nur bei gerader Leitungsführung verwendet werden; bei A-Masten sind jedoch Abweichungen zulässig bis zu einem Winkel von  $10^\circ$ , der bei der Berechnung nicht berücksichtigt zu werden braucht. Die Maste müssen fehlerfrei, von geradem Wuchs und in ihrer ganzen Länge nach einem als gut anerkannten Verfahren gegen Fäulnis getränkt sein. Nicht mit Teeröl getränkte Maste ohne Mastfuß müssen vor ihrer Einstellung am Stammende auf ein Viertel ihrer ganzen Länge mit Karbolineum oder Teer angestrichen werden. Die Schnittflächen der abzuschragenden Zopfenden der Maste sind zweimal mit heißem Steinkohlenteer oder einmal mit heißem Steinkohlenteer unter Zusatz von Asphalt zu streichen.

27. Die A-Maste sind stets so aufzustellen, daß beide Stangen in der Richtung des Kreuzungsfeldes stehen. Die Spreizung der Maste am Fußende, gemessen zwischen den Querschnittsmitten, darf ein Fünftel der Mastlänge nicht überschreiten. Die Standsicherheit muß durch Fundamentplatten (Schwellenabschnitte oder Halbrundhölzer<sup>6)</sup>) gewahrt werden, die an den Stangenenden befestigt werden. An Böschungen muß die talseitige Stange des Mastes 2 m im Erdboden stehen; die bergseitige Stange darf hierbei gegenüber der talseitigen nicht verkürzt sein. Die Unterlegscheiben der Bolzenköpfe und Muttern sollen mindestens 50 mm Durchmesser und 5 mm Stärke besitzen.

28. Einfache Maste müssen auf den Nachbarfeldseiten durch Streben gesichert werden, die ein Durchbiegen der Stangen nach dem Nachbarfelde und damit eine Vergrößerung der Seilspannung im Kreuzungsfelde verhüten.

29. Maste und Querträger aus Eisenbeton dürfen nur in den von der Reichspost zugelassenen Ausführungen verwendet werden.

30. An Stelle von Masten können feuersichere Transformatorhäuser, Schaltheuser oder andere feuersichere Bauwerke als Stützpunkte benutzt werden. Durch Vorlegung der Bauzeichnungen und Berechnungen ist nachzuweisen, daß sich die Bauwerke nach ihrer Festigkeit für den angegebenen Zweck eignen. Auf die Berechnung wird verzichtet, wenn aus den Zeichnungen ohne weiteres zu ersehen

<sup>6)</sup> Für Halbrundhölzer ist bei Ermittlung des Erdgewichtes und des Bodendruckes mit dem Durchmesser der Hölzer zu rechnen.



ist, daß durch den Zug der Leitungen nur eine unwesentliche Mehrbelastung des Bauwerkes eintritt.

31. Bei Fundamenten für Betonmaste muß durch Eisen- einlagen oder durch andere geeignete Maßnahmen ein Aus- einandersprengen des Fundamentkörpers verhindert werden.

#### Berechnung.

32. Die Maste, Fundamente, Stützen und Querträger sind für die Höchstbeanspruchung zu berechnen. Bei der Berechnung der Maste ist die Wirkung von Streben nicht zu berücksichtigen; Anker dürfen nicht angebracht werden.

33. Als Höchstbeanspruchung der Maste und Funda- mente gilt das durch den größten Leitungzug hervor- gerufene Moment, vermehrt um das Moment des Winddruckes auf Mast mit Kopfausrüstung senkrecht zur Längsrichtung der Querträger.

34. Der größte Leitungzug wird — abgesehen von dem in Ziffer 35 behandelten Falle — ermittelt einmal unter der Annahme, daß sämtliche Leitungen unbeschädigt sind, das andere Mal unter der Voraussetzung, daß der ganze Leitungzug in einem oder in mehreren vom Kreuzungsmast abgehenden Nachbarfeldern wegfällt. Für die Nachbarfelder, bei denen die Bedingungen in Ziffer 4 erfüllt sind, braucht jedoch nur mit dem Wegfall von zwei Dritteln des Leitung- zuges gerechnet zu werden.

35. Für senkrecht hängende Ketten gilt als größter Zug der nach dem Bruch der Leitungen im Nachbarfelde auf- tretende größte Zug im Kreuzungsfelde. Bei Erfüllung der Bedingungen unter Ziffer 4 im Nachbarfelde braucht nur mit zwei Dritteln dieses Zuges gerechnet zu werden.

36. Bei der Berechnung von Gittermasten sind die Be- stimmungen unter II C der NfF zu beachten.

37. Holzmaste sind zu berechnen sowohl für die Höchst- beanspruchung durch Leitungzug und Winddruck (Ziffer 33) als auch für den Winddruck auf den Mast senkrecht zur Leitungsrichtung und auf die halbe Länge der Leitungen der beiden Spannfelder. Beide Beanspruchungen brauchen nicht gleichzeitig auftretend angenommen zu werden. Bei A-Masten aus angeschuhten Stangen (Ziffer 26) muß das erforderliche Trägheitsmoment — abweichend von den ge- wöhnlichen A-Masten (NfF II D 2, Abs. 7) — in der Mitte zwischen Dübelmitte und dem mittleren Bolzen der Stoß- stelle vorhanden sein, während als Knicklänge die Ent- fernung von Mitte Dübel bis zur halben Eingrabetiefe gilt.

38. Ein Kreuzungsfeld kann in der Verbindungslinie der beiden Kreuzungsmaste durch Einschalten eines oder zweier Maste unterteilt werden. Diese Maste können bei gleichen Leitungszügen in den Teilfeldern als Tragmaste berechnet werden, ihre Standfestigkeit muß dem seitlichen Winddruck auf Mast und Leitungen genügen. Die Befestigung der Leitungen an den Zwischenmasten muß nach Ziffer 20 bis 22 erfolgen, doch ist Abspannung nicht erforderlich.

39. Als Höchstbeanspruchung der Isolatorstützen gilt der einseitige Leitungszug im Kreuzungsfelde, wenn die Leitungen des Kreuzungs- und Nachbarfeldes an besonderen Stützen abgespannt werden. Bei Abspannung an gemeinsamen Stützen ist mit dem Differenz- oder resultierenden Zuge, mindestens mit dem einseitigen Zuge im Kreuzungsfelde zu rechnen.

40. Die Querträger sind zu berechnen für den größten Leitungszug und das Gewicht der vereisten Leitungen und des Querträgers einschließlich Isolatoren. Als größter Leitungszug ist bei gerader Leitungsführung der Differenzzug, mindestens der einseitige Zug des Kreuzungsfeldes einzusetzen; bei Winkelpunkten kommt sowohl dieser als auch der resultierende Zug in Betracht. Bei senkrecht hängenden Ketten gilt als größter Leitungszug der nach dem Reißen des Seiles im Nachbarfelde herrschende Zug im Kreuzungsfelde.

#### Beanspruchung.

41. Für die Beanspruchung der Maste, Stützen und Querträger aus Flußeisen gelten die Bestimmungen unter II D 1, für die der Holzmaste die Bestimmungen unter II D 2 der NfF. Für Bauteile aus anderen Stoffen, z. B. Maste und Querträger aus Eisenbeton, Isolatorstützen aus Stahl, ist eine Beanspruchung bis zu einem Drittel der vom Lieferer zu gewährleistenden Bruch- und Knickfestigkeit zulässig.

#### Anstrich.

42. Alle Eisenteile der Stützpunkte müssen, soweit sie nicht verzinkt sind, mit Rostschutzfarbe gestrichen werden.

#### F. Unterhaltung.

43. Die bruch sicheren Überführungen sind dauernd in gutem Zustande zu erhalten. Eisen- und Stahlseile müssen ausgewechselt werden, sobald aus einem Rostansatz auf Zerstörung des Zinküberzuges geschlossen werden kann. Holzmaste sollen mindestens zweimal im Jahre in Bezug auf die Beschaffenheit des Holzes, den senkrechten Stand

in der Linie, den Zustand der Querträger usw. untersucht werden. Mängel, die hierbei zutage treten, müssen sofort beseitigt werden. Der Anstrich der Eisenteile ist rechtzeitig zu erneuern.

### G. Baubeschreibung und Berechnung.

44. Für jede neue Kreuzung ist vor der Bauausführung durch eine Baubeschreibung und Berechnung nachzuweisen, daß die beabsichtigte bruchssichere Führung der Starkstromleitungen den vorstehenden Bestimmungen entspricht. Diese Unterlagen, deren Prüfung sich die Reichspost vorbehält, sind tunlichst nach den von der Reichspost herausgegebenen Mustern auszuführen und an das zuständige Telegraphenbauamt (in Bayern an die zuständige Oberpostdirektion) in einer Ausfertigung so frühzeitig einzureichen, daß ihre Prüfung und die Erledigung notwendiger Änderungen bei etwaigen Beanstandungen vor der Bauausführung erfolgen kann.

45. Den Berechnungen sind einfache Zeichnungen der Kreuzungen im Grundriß und Aufriß, mit genauen Maßangaben versehene Zeichnungen der Maste, Stützen, Isolatorketten, Querträger, Fundamente mit Angabe der Böschung- und Bodenverhältnisse (Lehm-, Sand-, Moor-, aufgeschütteter Boden usw.) und der sonstigen Bauteile sowie nötigenfalls auch Kräftepläne beizufügen. Für die Zeichnungen genügt Aktengröße, sofern die Maße vollständig angegeben sind. Blaupausen dürfen nur für die Zeichnungen, nicht aber für die Berechnungen verwendet werden.

46. In den Unterlagen muß angegeben sein die Art und Größe der Isolatoren, die Art der Aufhängung, der Abspannung, der Verbinder und Blitzseilklemmen<sup>7)</sup> und bei Holzmasten die Art des Holzes und das Tränkungsverfahren, bei mit Teeröl getränkten Stangen ferner die Menge des eingebrachten Teeröles in  $\text{kg/m}^3$  (NfF II D 2). Die Baustoffe sind kurz zu beschreiben.

47. Die Leitungsdurchhänge sind in den Berechnungen<sup>8)</sup> sowohl für die Kreuzungsfelder als auch für die Nachbarfelder unter gleichzeitiger Angabe der Spannweiten für Temperaturen zwischen  $-20^\circ\text{C}$  und  $+40^\circ\text{C}$  von  $10^\circ$  zu  $10^\circ$  sowie für die in Ziffer 10 und 11 erwähnten Fälle

<sup>7)</sup> Bei Verbindern und Blitzseilklemmen sind auch Hersteller und Fabriknummer anzugeben.

<sup>8)</sup> Wegen der Durchhangsberechnungen vgl. die Erklärung zu Id) der NfF.

Für die Ermittlung des Durchhanges und der Seilspannung bei senkrecht hängenden Ketten für den Fall des Bruches des Seiles im Nachbarfelde stellt das Telegraphentechnische Reichsamt in Berlin auf Wunsch eine Musterberechnung zur Verfügung.

anzugeben. Bei Abspannisolator Ketten bis zu drei Gliedern genügen die Durchgangsangaben für Stützenisolatoren.

48. Sollen Maste, Querträger und Stützen verwendet werden, für die die erforderliche Festigkeit schon früher nachgewiesen ist, so genügt es, wenn auf die bereits geprüften Berechnungen Bezug genommen wird. Diese Berechnungen sind beizufügen, wenn nicht eine besondere Ausfertigung beim Telegraphentechnischen Reichsamte in Berlin und beim zuständigen Telegraphenbauamt (für Bayern bei der zuständigen Oberpostdirektion) hinterlegt worden ist. Für die neuen Kreuzungen brauchen in solchen Fällen nur Berechnungen der Leitungsdurchhänge in den Kreuzungs- und Nachbarfeldern, Angaben über die Masthöhen und Spitzenzüge sowie Lagepläne im Grundriß und Aufriß und eine Mastkopfskizze beigebracht zu werden. Auf die Berechnung der Maste, Fundamente, Querträger und Stützen wird auch verzichtet, wenn es sich gleichzeitig um eine Bahnkreuzung handelt, für die die vollständigen Unterlagen von der Reichsbahn geprüft werden. Der Unternehmer ist jedoch in diesem Falle gehalten, etwaige Beanstandungen seitens der bahndienstlichen Prüfungsstelle der zuständigen Postdienststelle mitzuteilen. Ferner ist die Vorlegung von Berechnungen und Zeichnungen für solche Maste nicht erforderlich, deren Bauart und Abmessungen den von der Reichspost herausgegebenen Normungstafeln entnommen sind. Ebensowenig brauchen für die vom VDE genormten Isolatorstützen Berechnungen oder Zeichnungen vorgelegt zu werden.

49. Sollen die Maste einer bereits bestehenden Kreuzung durch die Anbringung neuer Leitungen eine andere als die früher nachgewiesene Belastung erhalten, so muß vor der Anbringung der neuen Leitungen nachgewiesen werden, daß die Maste auch mit der veränderten Belastung die vorgeschriebene Sicherheit besitzen.

## **H. Verantwortung.**

50. Durch die Zustimmung zur Ausführung der bruch sicheren Überführung übernimmt die Reichspost keine Verantwortung oder Mitverantwortung dafür, daß die vorgelegten statischen Berechnungen nebst Anlagen richtig sind, und daß die beabsichtigte Ausführungsform der Kreuzung den obigen Bestimmungen entspricht, wie auch der Unternehmer allein die Verantwortung für die vorschriftsmäßige Ausführung der Kreuzung in allen ihren Teilen trägt.

## C1. Bestimmungen für die Beglaubigung von Elektrizitätzählern.

[Erlassen von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt <sup>1)</sup>]

Gültig ab 1. Januar 1921.

### I.

#### Beglaubigungsfehlergrenzen für Gleichstromzähler.

Ein Zähler wird beglaubigt, wenn sein System von der Reichsanstalt zur Beglaubigung zugelassen worden ist, und wenn er bei einer Raumtemperatur von 15 bis 20 ° C den folgenden Bedingungen genügt:

a) Die Abweichung der Verbrauchsanzeige von dem wirklichen Verbräuche darf bei Belastungen zwischen der Nennlast und dem 20. Teil von dieser nirgends mehr betragen als

$$\pm F = 3 + 0,3 \frac{P_N}{P} \text{Prozente}$$

des jeweiligen wirklichen Verbrauches.

Hierin ist

$P_N$  die Nennlast des Zählers,

$P$  die jeweilige Last.

Diese Bestimmung wird nur soweit angewendet, als die anzuzeigende Leistung nicht unter 10 W sinkt.

b) Wird die Nennstromstärke um  $x$  Prozent überschritten, so darf der zulässige Fehler  $\frac{x}{10}$  Prozent mehr betragen, als sich für ihn nach der unter a) angeführten Formel ergibt. Diese Bestimmung gilt nur für Stromstärken bis zum 1,25-fachen Betrage der Nennstromstärke.

c) Die kleinste Belastung, bei der der Zähler noch anlaufen muß, darf 1% seiner Nennlast nicht überschreiten.

d) Während einer Zeit, in der kein Verbrauch stattfindet, darf der Vorlauf oder Rücklauf eines Zählers nicht

---

<sup>1)</sup> Veröffentlicht „Zentralblatt für das Deutsche Reich“ 1921, S. 3 und „ETZ“ 1921, S. 134.

Erläuterungen siehe ETZ 1920, S. 638. Sonderdrucke (Nr. 203) sind durch die Geschäftsstelle der VDE zu beziehen.

mehr betragen, als  $\frac{1}{300}$  seines Nennverbrauches entspricht. Diese Bestimmung ist gültig bis zu Spannungen, die die Nennspannung um  $\frac{1}{10}$  ihres Wertes übersteigen.

## II.

### Beglaubigungsfehlergrenzen für Wechselstromzähler.

Ein Zähler wird beglaubigt, wenn sein System von der Reichsanstalt zur Beglaubigung zugelassen worden ist und, wenn er bei einer Raumtemperatur von 15 bis 20° C den folgenden Bedingungen genügt:

a) Die Abweichung der Verbrauchsanzeige von dem wirklichen Verbrauche darf bei Belastungen zwischen der Nennlast und dem 20. Teil von dieser nirgends mehr betragen als

$$\pm F = 3 + 0,2 \frac{P_N}{P} + \left(1 + 0,2 \frac{J_N}{J}\right) \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

Prozente des jeweiligen wirklichen Verbrauches.

Hierin ist

$P_N$  die Nennlast des Zählers,

$P$  die jeweilige Last,

$J$  die Nennstromstärke des Zählers,

$J$  die jeweilige Stromstärke,

$\operatorname{tg} \varphi$  die trigonometrische Tangente des Winkels, dessen Kosinus gleich dem Leistungsfaktor ist;  $\operatorname{tg} \varphi$  ist unabhängig vom Sinne der Phasenverschiebung stets positiv einzusetzen.

Bei Mehrphasen- und Mehrleiterzählern ist als jeweilige Stromstärke der arithmetische Mittelwert der in den einzelnen Leitern mit Ausnahme des Nulleiters fließenden Stromstärken einzusetzen.

Bei einphasigem Wechselstrom ist der Leistungsfaktor das Verhältnis der Wirkleistung zur Scheinleistung, bei Mehrphasen- und Mehrleitersystemen wird an Stelle des Leistungsfaktors das Verhältnis der gesamten Wirkleistung zu der arithmetischen Summe der Scheinleistungen in den einzelnen Phasen oder Leitern der Berechnung von  $\operatorname{tg} \varphi$  zugrunde gelegt.

Für Belastungen mit einem kleineren Leistungsfaktor als 0,2 gelten diese Bestimmungen nicht.

b) c) d) Für die zulässigen Fehler bei Überschreiten der Nennstromstärke sowie für den Anlauf, Vorlauf und Rücklauf gelten die gleichen Bedingungen wie unter § 1 b, c, d. Die Bedingungen für den Anlauf gelten für induktionsfreie Last.

## III.

**Bestimmungen über die Beglaubigung von Zählern in Verbindung mit Meßwandlern.**

1. Ein Aggregat aus Zählern und Meßwandlern als Ganzes gilt für beglaubigt, wenn die Meßwandler für sich beglaubigt (s. folg. Seite) und die Zähler als Meßwandlerzähler (s. IV.) beglaubigt sind und bei dem Anschluß der Apparate folgende Bedingungen erfüllt werden:

- a) Es dürfen keinerlei Apparate außer Zählern angeschlossen werden.
- b) An einem Stromwandler darf für je 7,5 VA Belastbarkeit ein Zähler angeschlossen werden. Der Gesamtwiderstand der sekundären Verbindungsleitungen darf nicht mehr als 0,15  $\Omega$  betragen.
- c) An jede Phase eines Spannungswandlers darf für je 10 VA Belastbarkeit ein Zähler angeschlossen werden; der Widerstand der Zuleitung von einer Klemme des Spannungswandlers bis zum Zähler darf nicht mehr als 0,3  $\Omega$  betragen.

2. Für Zähler, die mit den dazugehörenden Meßwandlern zusammen geprüft werden, gelten die gleichen Bestimmungen wie unter II; die Beglaubigung hat wiederum zur Voraussetzung, daß das System der Meßwandler und der Zähler oder die Vereinigung beider von der Reichsanstalt zur Beglaubigung zugelassen ist.

## IV.

**Beglaubigungsfehlergrenzen für Meßwandlerzähler.**

Zähler, die für sich geprüft, in Verbindung mit beglaubigten Meßwandlern ein beglaubigtes Meßaggregat darstellen sollen (s. III, 1), werden beglaubigt, wenn ihr System von der Reichsanstalt zur Beglaubigung zugelassen worden ist und, wenn sie bei einer Raumtemperatur von 15 bis 20° C folgenden Bedingungen genügen:

Die Abweichung der Verbrauchsanzeige von dem wirklichen Verbrauch darf bei Belastungen zwischen der Nennlast und dem 20. Teil von dieser nirgends mehr betragen als

$$\pm F_{MZ} = 2 + 0,2 \frac{P_N}{P} + \frac{1}{2} \left( 1 + 0,2 \frac{J_N}{J} \right) \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

Prozente des jeweiligen wirklichen Verbrauches.

Im übrigen gelten die gleichen Bestimmungen wie unter II.

## C 2. Bestimmungen für die Beglaubigung von Meßwandlern


[Erlassen von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt<sup>1)</sup>]

Gültig ab 31. Mai 1915.

Ein Meßwandler wird beglaubigt, wenn sein System von der Reichsanstalt zugelassen ist und er den folgenden Bedingungen genügt:

### A. Allgemeine Bestimmungen.

Auf einem von außen nicht abnehmbaren Schilde des Meßwandlers müssen folgende Angaben enthalten sein:

1. Firma oder Fabrikzeichen, Fabrikationsnummer, Formbezeichnung und das Systemzeichen , in das die Nummer eingeschrieben ist, unter der das Wandler-system als beglaubigungsfähig erklärt ist.
2. Der primäre und sekundäre Nennwert der in dem Apparat umzuwandelnden Stromstärke oder Spannung.
3. Der Frequenzbereich, für den der Apparat als beglaubigungsfähig erklärt ist.
4. Bei Stromwandlern die Nennbürde, bei Spannungswandlern die Nennleistung.

Die Nennbürde eines Stromwandlers ist der in  $\Omega$  anzugebende Scheinwiderstand, der an die Sekundärseite gemäß der Zulassung zur Beglaubigung angeschlossen werden darf, ohne daß die unter B I 3 a) und b) angeführten Fehlergrenzen überschritten werden.

Die Nennleistung eines Spannungswandlers ist die in VA anzugebende Scheinleistung, die der Wandler gemäß der Zulassung zur Beglaubigung abgeben kann, ohne daß die unter B. II. 2 angeführten Fehlergrenzen überschritten werden.

Die Klemmen der Primär- und der Sekundärwicklung müssen mit einander entsprechenden Bezeichnungen versehen sein.

Die Meßwandler müssen mit Einrichtungen zur Anbringung der Amtsigel versehen sein, so daß ohne Zerstörung der Siegel Änderungen an den wesentlichen Teilen der Wandler nicht möglich sind.

<sup>1)</sup> Veröffentlicht Zentralblatt für das Deutsche Reich 1915, S. 174 und ETZ 1915, S. 358 sowie Zentralblatt für das Deutsche Reich 1922, S. 282 und ETZ 1922, S. 944. Erläuterungen siehe ETZ 1920, S. 640. Sonderdrucke (Nr. 203) sind durch die Geschäftsstelle des VDE zu beziehen.



**B. Besondere Bestimmungen.****I. Stromwandler.**

1. Außer den unter A genannten Angaben muß bei Stromwandlern auf einem nicht abnehmbaren Schild die Betriebsspannung, bis zu der der Wandler verwendet werden soll, oder eine Bezeichnung angegeben sein, die die Prüfspannung nach den für Hochspannungsapparate geltenden Leitsätzen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker festlegt.
2. Die Nennbürde eines Stromwandlers muß mindestens  $0,6 \Omega$  bei der sekundären Nennstromstärke  $5 \text{ A}$  sein.
- 3 a) Für Stromstärken vom Nennwert bis zu dessen fünftem Teil darf der Stromfehler  $\pm 0,5 \%$ , der Fehlwinkel  $\pm 40 \text{ min}$  nicht überschreiten.
- 3 b) Für Stromstärken unter  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{10}$  des Nennwertes darf der Stromfehler  $\pm 1\%$ , der Fehlwinkel  $\pm 60 \text{ min}$  nicht überschreiten.

Der Stromfehler eines Stromwandlers bei einer gegebenen primären Stromstärke ist die prozentische Abweichung der sekundären Stromstärke von ihrem Sollwert, der sich aus der primären Stromstärke durch Division mit dem Nennwert des Übersetzungsverhältnisses ergibt.

Der Fehler wird positiv gerechnet, wenn der tatsächliche Wert der sekundären Größe den Sollwert übersteigt.

Der Fehlwinkel bei einem Stromwandler ist die Phasenverschiebung des Sekundärstromes gegen den Primärstrom, er ist positiv bei Voreilung des Sekundärstromes.

Die unter a) und b) angegebenen Fehlergrenzen gelten für den durch A 3 festgelegten Frequenzbereich und für alle sekundären Bürden mit Leistungsfaktoren zwischen  $0,5$  und  $1$  bis zu der durch A 4 festgesetzten Nennbürde. Diese Fehlergrenzen müssen bei einer Raumtemperatur von  $15$  bis  $20^\circ \text{C}$  und unabhängig von der Lage der Anschlußleitungen und von der Einschaltdauer eingehalten werden. Das Eisen darf keinen nennenswerten remanenten Magnetismus besitzen.

4. Die Isolierung zwischen primärer und sekundärer Wicklung muß eine Spannungsprüfung von  $1 \text{ min}$  Dauer aushalten. Ist nur die Betriebsspannung angegeben, so beträgt die Prüfspannung das  $2\frac{1}{2}$ -fache der gemäß 1 auf dem Wandler vermerkten Betriebsspannung, wenn diese kleiner als  $5000 \text{ V}$  ist. Für Betriebsspannungen von  $5000$  bis  $7500 \text{ V}$  wird mit einer Überspannung von  $7500 \text{ V}$  geprüft, für Spannungen über  $7500 \text{ V}$  mit der doppelten

Spannung. Ist die Reihenbezeichnung für Hochspannungsapparate auf dem Wandler vermerkt, so ergibt sich die Prüfspannung aus den Leitsätzen für Hochspannungsapparate des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

## II. Einphasige Spannungswandler.

1. Die Nennleistung des Sekundärkreises eines Spannungswandlers darf nicht weniger als 30 VA betragen.
2. Für Spannungen von 0,8 bis 1,2 des Nennwertes darf der Spannungsfehler  $\pm 0,5\%$ , der Fehlwinkel  $\pm 20$  min nicht überschreiten.

Der Spannungsfehler eines Spannungswandlers bei einer gegebenen primären Spannung ist die prozentische Abweichung der sekundären Spannung von ihrem Sollwert, der sich aus der primären Spannung durch Division mit dem Nennwert des Übersetzungsverhältnisses ergibt.

Der Fehler wird positiv gerechnet, wenn der tatsächliche Wert der sekundären Größe den Sollwert übersteigt.

Der Fehlwinkel bei einem Spannungswandler ist die Phasenverschiebung der Sekundärspannung gegen die Primärspannung, er ist positiv bei Voreilung der Sekundärspannung.

Diese Fehlergrenzen gelten für den durch A 3 festgelegten Frequenzbereich und für alle sekundären Leistungen mit Leistungsfaktoren zwischen 0,5 und 1 bis zu der durch A 4 festgesetzten Nennleistung, bezogen auf die Nennspannung. Sie müssen bei einer Raumtemperatur von 15 bis 20 °C unabhängig von der Einschaltdauer innegehalten werden.

3. Die Isolierung zwischen primärer und sekundärer Wicklung muß eine Spannungprobe von 1 min Dauer aushalten. Die Prüfspannung beträgt das 2½-fache der nach A 2 auf dem Wandler vermerkten primären Nennspannung, wenn diese kleiner als 5000 V ist. Für Nennspannungen von 5000 bis 7500 V wird mit einer Überspannung von 7500 V geprüft, für Nennspannungen von mehr als 7500 V mit der doppelten Spannung.

## III. Mehrphasige Spannungswandler.

1. Ist bei dreiphasigen Spannungswandlern der Sternpunkt auf der Sekundärseite herausgeführt, so muß er auch auf der Primärseite an einer Klemme herausgeführt

- sein, die für die volle primäre Sternspannung gegen das Gehäuse isoliert ist.
2. Die Nennleistung darf nicht weniger als 30 VA für jede Phase betragen.
  3. Bei gleichzeitiger Erregung aller Phasen auf der Primärseite müssen die unter II 2 aufgeführten Bedingungen für jede der drei verketteten Spannungen erfüllt sein. Bei dreiphasigen Wandlern mit herausgeführten Sternpunkten müssen die Bedingungen sowohl für die verketteten Spannungen wie für die Sternspannungen erfüllt sein.
  4. Die Isolierung muß die unter II 3 vorgeschriebene Spannungsprobe aushalten.

#### **C. Kennzeichnung der erfolgten Beglaubigung.**

Zum Zeichen der Beglaubigung wird der Meßwandler mit einem Metallschild versehen, auf dem das Zeichen PTR bzw. das Zeichen des Prüfamtes, ein Reichsadler sowie die Beglaubigungsnummer und die Jahreszahl angebracht sind.

### D. Formelzeichen, Einheitszeichen und mathematische Zeichen des Ausschusses für Einheiten und Formelgrößen (AEF).

Zu Formelzeichen werden lateinische Kursiv-, Fraktur- (sog. deutsche) und griechische Buchstaben, zu Einheitszeichen Antiqua- (gerade) Buchstaben benutzt. Wenn bei einer Größe die Vektoreigenschaft hervorgehoben werden soll, ist statt des lateinischen der deutsche Buchstabe (Fraktur) zu setzen. Statt der in der Zusammenstellung aufgeführten Frakturbuchstaben dürfen die entsprechenden Kursivbuchstaben benutzt werden, wenn die Vektoreigenschaft der Größen nicht in Betracht kommt.

Der Stern vor dem Namen einer Größe bedeutet, daß das Formelzeichen erst vorgeschlagen und zur Erörterung gestellt, also noch nicht endgültig angenommen worden ist.

#### Formelzeichen.

Größe	Zeichen
I. Länge, Fläche, Raum, Winkel.	
Länge . . . . .	<i>l</i>
Halbmesser . . . . .	<i>r</i>
Durchmesser . . . . .	<i>d</i>
*Höhe . . . . .	<i>h</i>
*Weglänge . . . . .	<i>s</i>
Wellenlänge . . . . .	$\lambda$
*Wellendichte ( $1/\lambda$ ) . . . . .	<i>v</i>
*Spezifische Dehnung . . . . .	$\varepsilon$
Längsdehnungsverhältnis ( $1/\mu$ ) . . . . .	<i>m</i>
Querkürzungsverhältnis ( $1/m$ ) . . . . .	$\mu$
Fläche (Querschnitt, Oberfläche) . . . . .	<i>F</i>
Winkel . . . . .	$\alpha, \beta, \gamma$
Voreilwinkel, Phasenverschiebung . . . . .	$\varphi$
Schiebung (Gleitung) . . . . .	$\gamma$
*Raumwinkel . . . . .	$\omega$
Rauminhalt, Volumen . . . . .	<i>V</i>

Größe	Zeichen
II. Masse.	
Masse . . . . .	<i>m</i>
Dichte ( $m/V$ ) . . . . .	<i>S</i>
Dichtezahl ( $S_1/S_2$ ) . . . . .	<i>s</i>
*Geräumigkeit (spezifisches Volumen) . . . . .	<i>v</i>
Trägheitsmoment . . . . .	<i>J</i>
Zentrifugalmoment . . . . .	<i>C</i>
*Atomgewicht . . . . .	<i>A</i>
*Molekulargewicht . . . . .	<i>M</i>
*Wertigkeit . . . . .	<i>n</i>
*Allgemeine Loschmidtsche Zahl (Avogadrosche Zahl)	<i>N</i>
*Konzentration . . . . .	<i>c</i>
*Verdünnung . . . . .	<i>v</i>
*Prozentgehalt . . . . .	<i>P</i>
III. Zeit.	
Zeit (Zeitpunkt oder Zeitdauer) . . . . .	<i>t</i>
Periodendauer . . . . .	<i>T</i>
*Zeitkonstante (e. exponentiell abklingenden Vorgang)	$\tau$
Umlaufzahl, Drehzahl (Zahl der Umdrehungen in der Zeiteinheit) . . . . .	<i>n</i>
Schwingungszahl (in der Zeiteinheit) . . . . .	<i>n</i>
Frequenz (bei Wechselstrom) . . . . .	<i>f</i>
Kreisfrequenz ( $2\pi f$ ) . . . . .	$\omega$
*Schlupfung, Schlupf . . . . .	$\sigma$
Geschwindigkeit . . . . .	<i>v</i>
*Beschleunigung . . . . .	<i>b</i>
Fallbeschleunigung . . . . .	<i>g</i>
Winkelgeschwindigkeit . . . . .	$\omega$
IV. Kraft und Druck.	
Kraft . . . . .	<i>P</i>
*Wichte (eines Körpers) . . . . .	<i>w</i>
Moment einer Kraft (Kraft $\times$ Hebelarm) . . . . .	<i>M</i>
Richtkraft [ $-P(l-l_0)$ oder $-M(a-a_0)$ ] . . . . .	<i>D</i>
Druck oder Zug (Kraft durch Fläche) . . . . .	<i>p</i>
*Barometerstand . . . . .	<i>b</i>
Zug- oder Druckspannung (Normalspannung) . . . . .	$\sigma$
Schubspannung, Scherspannung . . . . .	$\tau$
Elastizitätsmodul . . . . .	<i>E</i>
*Dehnbarkeit . . . . .	<i>a</i>
Schubmodul . . . . .	<i>G</i>

Größe	Zeichen
Schiebbarkeit ( $1/G$ ) . . . . .	$\beta$
*Verdichtbarkeit (Kompressibilität) . . . . .	$\chi$
Reibungszahl . . . . .	$\mu$
*Zähigkeit einer Flüssigkeit . . . . .	$\eta$
*Oberflächenspannung . . . . .	$\gamma$
*Diffusionskoeffizient . . . . .	$D$

## V. Temperatur.

Temperatur	
vom Eispunkt aus . . . . .	$t$
beim Zusammentreffen mit Zeit . . . . .	$\vartheta$
absolute . . . . .	$T$
*Schmelzpunktserniedrigung und Siedepunktserhöhung	$\Delta$
*Wärme-Längendehnbarkeit (linearer Ausdehnungs- koeffizient) . . . . .	$\beta$
*Wärme-Raumdehnbarkeit (kubischer Ausdehnungs- koeffizient) . . . . .	$\alpha$

## VI. Wärmemenge, Arbeit, Energie.

Wärmemenge . . . . .	$Q$
Arbeit . . . . .	$A$
Energie . . . . .	$W$
*Latente Wärme . . . . .	$l$
*Molekulare latente Wärme . . . . .	$L$
*Reaktionswärme . . . . .	$q$
*Molekulare Reaktionswärme . . . . .	$Q$
Verdampfungswärme . . . . .	$r$
Heizwert . . . . .	$H$
Spezifische Wärme . . . . .	$c$
Spezifische Wärme bei konstantem Druck . . . . .	$c_p$
Spezifische Wärme bei konstantem Volumen . . . . .	$c_v$
*Verhältnis der spezifischen Wärmen ( $\kappa = c_p/c_v$ ) . . . . .	$\kappa$
*Molekularwärme ( $M \cdot c$ ) . . . . .	$C$
*Molekularwärme bei konstantem Druck . . . . .	$C_p$
*Molekularwärme bei konstantem Volumen . . . . .	$C_v$
Entropie . . . . .	$S$
Leistung . . . . .	$N$
*Gaskonstante . . . . .	$R$
Wirkungsgrad . . . . .	$\eta$
Arbeitswert der Kalorie . . . . .	$J$
*Wärmeleitfähigkeit (absolute) . . . . .	$k$

Größe	Zeichen
<b>VII. Elektrizität und Magnetismus.</b>	
Elektrizitätsmenge, elektrische Ladung . . . . .	$Q$
*Elementarladung . . . . .	$e$
*Äquivalentladung . . . . .	$F$
*Elektrische Feldstärke . . . . .	$\mathfrak{E}$
*Elektrische Spannung . . . . .	$U$
Elektromotorische Kraft . . . . .	$E$
Elektrische Stromstärke . . . . .	$I$
*Elektrische Stromdichte . . . . .	$c$
Elektrischer Widerstand . . . . .	$R$
Spezifischer Widerstand . . . . .	$\rho$
Elektrischer Leitwert $1/R$ . . . . .	$G$
*Elektrische Leitfähigkeit . . . . .	$\kappa$
*Äquivalentleitfähigkeit . . . . .	$A$
*Molekulare Leitfähigkeit . . . . .	$\mu$
*— — für unendliche Verdünnung . . . . .	$A_\infty, \mu_\infty$
*Dissoziationsgrad . . . . .	$\alpha$
*Verschiebungsfluß . . . . .	$\mathfrak{E}$
Verschiebung ( $\epsilon \mathfrak{E}$ ) . . . . .	$\mathfrak{D}$
Verschiebbarkeit (Dielektrizitätskonstante) . . . . .	$\epsilon$
*Flächendichte der elektrischen Ladung . . . . .	$\sigma$
*Raumdichte der elektrischen Ladung . . . . .	$\rho$
Elektrische Kapazität . . . . .	$C$
Magnetische Feldstärke . . . . .	$\mathfrak{H}$
*Magnetische Spannung . . . . .	
*Leiterzahl . . . . .	$z$
*Windungszahl . . . . .	$w$
Magnetische Induktion . . . . .	$\mathfrak{B}$
Magnetische Durchlässigkeit (Permeabilität) . . . . .	$\mu$
Magnetischer Induktionsfluß . . . . .	$\Phi$
Magnetisierungsstärke . . . . .	$\mathfrak{S}$
Magnetische Aufnahmefähigkeit (Suszeptibilität) . . . . .	$\kappa$
*Magnetisches Moment . . . . .	$\mathfrak{M}$
Induktivität (Selbstinduktionskoeffizient) . . . . .	$L$
Gegeninduktivität (Gegeninduktionskoeffizient) . . . . .	$M$
*Kopplungsgrad (zweier Stromkreise) . . . . .	$k$
*Poyntingscher Vektor (Strahlungsdichte) . . . . .	$\mathfrak{S}$
<b>VIII. Optik.</b>	
*Lichtgeschwindigkeit . . . . .	$c$
Brechungszahl (eines Stoffes) . . . . .	$n$
*Reflexionsvermögen . . . . .	$R$
*Absorptionzahl . . . . .	$k$

Größe	Zeichen
*Natürliche Drehung der Polarisationssebene . . . . .	$\alpha$
*Magnetische Drehung der Polarisationssebene . . . . .	$\omega$
Brennweite . . . . .	$f$
*Ding- und Bildabstand, von den Brennpunkten . . . . .	$\xi$
—, von den Hauptpunkten . . . . .	$a$
Schnittweite im Ding- bzw. Bildraum . . . . .	$s$
Abstand zweier Linsenflächen . . . . .	$l$
Reziproke Brennweite oder Stärke einer Linse . . . . .	$D$
*Brechender Winkel (eines Prismas) . . . . .	$\chi$
*Öffnungswinkel einer Linse . . . . .	$2u$
*Numerische Apertur ( $n \sin u$ ) . . . . .	$a$
*Gitterperiode . . . . .	$p$
*Durchtrittsvermögen ( $1/R$ ) . . . . .	$T$
*Gesichtsfeld (eines Fernrohres) . . . . .	$2w$
*Vergrößerung eines Fernrohres . . . . .	$G$
*Lupenvergrößerung . . . . .	$\mathfrak{N}$
*Lichtstrom . . . . .	$\Phi$
*Beleuchtung (einer beleuchteten Fläche) . . . . .	$E$
*Leuchtdichte (einer leuchtenden Fläche) . . . . .	$e$
*Lichtmenge . . . . .	$Q$
Lichtstärke . . . . .	$J$

### Einheitzeichen.

Meter . . . . .	m	Kubikmeter . . . . .	$m^3$
Kilometer . . . . .	km	Kubikdezimeter . . . . .	$dm^3$
Dezimeter . . . . .	dm	Kubikzentimeter . . . . .	$cm^3$
Zentimeter . . . . .	cm	Kubikmillimeter . . . . .	$mm^3$
Millimeter . . . . .	mm	Celsiusgrad . . . . .	$^{\circ}$
Mikron . . . . .	$\mu$	Kalorie . . . . .	cal
Ar . . . . .	a	Kilokalorie . . . . .	kcal
Hektar . . . . .	ha	Tonne . . . . .	t
Quadratmeter . . . . .	$m^2$	Gramm . . . . .	g
Quadratkilometer . . . . .	$km^2$	Kilogramm . . . . .	kg
Quadratdezimeter . . . . .	$dm^2$	Dezigramm . . . . .	dg
Quadratzentimeter . . . . .	$cm^2$	Zentigramm . . . . .	cg
Quadratmillimeter . . . . .	$mm^2$	Milligramm . . . . .	mg
Liter . . . . .	l	Stunde . . . . .	h
Hektoliter . . . . .	hl	Minute . . . . .	m
Deziliter . . . . .	dl	„ alleinstehend . . . . .	min
Zentiliter . . . . .	cl	Sekunde . . . . .	s
Milliliter . . . . .	ml	Uhrzeit: Zeichen erhöht	



Ampere . . . . .	A	Milliampere . . . . .	mA
Volt . . . . .	V	Kilowatt . . . . .	kW
Ohm . . . . .	$\Omega$	Megawatt . . . . .	MW
Siemens . . . . .	S	Mikrofarad . . . . .	$\mu F$
Coulomb . . . . .	C	Megohm . . . . .	M $\Omega$
Joule . . . . .	J	Kilovoltampere . . . . .	kVA
Watt . . . . .	W	Amperestunde . . . . .	Ah
Farad . . . . .	F	Kilowattstunde . . . . .	kWh
Henry . . . . .	H		

**Mathematische Zeichen.**

erstens . . . . .	1. 1)	unendlich . . . . .	$\infty$
Numerierung v. Formeln	( )	Wurzelzeichen: . . . . .	$\sqrt{\quad}$
Hunderttel, vom Hundert,		das Zeichen $\sqrt{\quad}$ erhält	
Prozent . . . . .	$\% \vee H$	einen oben angesetzten	
Tausendtel, v. Tausend,		wagerechten Strich, an	
Promille . . . . .	$\%_{00} \vee T$	dessen Endenoch   kur-	
in 1, für 1, auf 1 usw.,		zer, senkrechter Strich	
pro, je . . . . .	/	angesezt werden kann	
Klammer . . . . .	() [] {}	Determinante . . . . .	
Dezimalzeichen:	, •	Betrag einer reellen od.	
Komma unten oder Punkt		komplexen Größe . . . . .	
oben. Zur Gruppenab-		Fakultät . . . . .	!
teilung bei größeren		endliche Zunahme . . . . .	$\Delta$
Zahlen sind weder		vollständiges Differential	d
Komma noch Punkt,		partiellcs Differential . . . . .	$\partial$
sondern Zwischenräume		Variation, virtuel. Änderg	$\delta$
zu verwenden		Diminutiv . . . . .	d
plus, mehr, und . . . . .	+	Summe von: . . . . .	$\Sigma$
minus, weniger . . . . .	-	Grenzbezeichngn. sind	
mal, multipliziert mit . . . . .	$\cdot \times$	unter u. über d. Zeichen	
Der Punkt steht auf		zu setzen. Die Summa-	
halber Zeilenhöhe.		tionsvariable w. unter	
Das Multiplikation-		das Zeichen gesetzt	
zeichen darf wegge-		Integral . . . . .	$\int$
lassen werden		parallel . . . . .	
geteilt durch . . . . .	: / -	gleich und parallel . . . . .	#
gleich . . . . .	=	rechtwinklig zu . . . . .	$\perp$
identisch mit . . . . .	$\equiv$	Dreieck . . . . .	$\triangle$
nicht gleich . . . . .	$\neq$	kongruent . . . . .	$\cong$
nahezu gleich, rund, etwa	$\approx$	ähnlich, proportional . . . . .	$\sim$
kleiner als . . . . .	$<$	Winkel . . . . .	$\sphericalangle$
größer als . . . . .	$>$	Strecke AB . . . . .	$\overline{AB}$
klein gegen } von anderer	$\ll$	Bogen AB . . . . .	$\widehat{AB}$
groß gegen } Größen-	$\gg$		
ordnung			

**Neue Vorschläge, noch nicht endgültig:**

bis: 11 ... 15 = 12 bis 15 usw. (unbegrenzt):	...	Winkelzeichen: Grad,	°
		Minute = $\frac{1}{60}$ Grad,	'
		Sekunde = $\frac{1}{60}$ Minute	"
$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots = 1$		32° 14' 13'', 40	
nicht identisch gleich	$\equiv$	trigonometrische Funk-	sin
parallel und gleichge-	$\uparrow\uparrow$	tionen	cos
richtet		$\sin^n a \equiv (\sin a)^n$	tg
parallel und entgegen-	$\uparrow\downarrow$	$\sin^{-1} a \equiv \frac{1}{\sin a}$ ,	ctg
gesetzt		$\equiv \arcsin a$	
$x \rightarrow a$ , $x$ gegen $a$ , $x$ nähert	$\rightarrow$	arc sin, arc cos, arc tg, arc ctg	
sich $a$ , $x$ strebt nach $a$ ,		zyklometrische Funktionen	
$x$ konvergiert nach $a$ ,		hyperbolische Funk-	Sin, Cos
das Gleiche wie $\lim x = a$ ,		tionen	Tg, Ctg
$a$ ist der Grenzwert			
von $x$ .		deren Umkehrung	$\left\{ \begin{array}{l} \arcsin \\ \arccos \\ \text{arctg} \\ \text{arctg} \end{array} \right.$
$f(x) \rightarrow b$ für $x \rightarrow a$ , das			
Gleiche wie $\left\{ \begin{array}{l} \lim f(x) = b, \\ x \rightarrow a. \end{array} \right.$		Beim bestimmten Inte-	$\int_a^b f(x) dx$
Logarithmus:	log	gral werden die Gren-	
$a \log =$ Logarithmus zur		zen wie nebenstehend	
Basis $a$ .		angegeben; wo es der	
Briggscher Logarithmus:	lg	Deutlichkeit wegen	
$\lg x = 10 \log x$		nützlich erscheint, gibt	
natürlicher Logarithmus:	ln	man die untere Grenze	
$\ln x = e \log x$		so an: $x = a$ .	

## E. Normen, die in Form von DIN VDE-Normblättern erschienen sind:

Der VDE hat in seiner Zusammenarbeit mit dem Normenausschuß der Deutschen Industrie (NDI) verschiedene Fachnormen aufgestellt, die in Form von DIN VDE-Normblättern zur Aufnahme in das allgemeine Sammelwerk deutscher Industrienormen bestimmt sind. Der VDE hat daher auf Wiedergabe der in diesen Blättern behandelten Normen im Rahmen dieses Buches im allgemeinen verzichtet und nur die für eine geschlossene Übersicht über seine Arbeiten unentbehrlichen Normen aufgenommen. Um jedoch den Benutzern des Vorschriftenbuches ein vollständiges Bild über die im VDE geleistete Normungsarbeit zu ermöglichen, sind nachstehend die bereits erschienenen DIN VDE-Normblätter in Tafelform zusammengestellt.

Sämtliche nachstehend aufgeführten DIN VDE-Normblätter sind durch den Beuth-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW. 19, Beuthstr. 8, zu beziehen. Die jeweils neu erscheinenden bezugsfertigen Blätter werden in der ETZ angekündigt.

DIN VDE	Aufschrift	Veröffentlicht ETZ	Letzte Ausgabe
<b>Grundnormen.</b>			
	Spannung- und Strom- stufenreihen.		
1	Spannungen elektrischer Anlagen unter 100 V	1920, S. 443	I. 24.
2	Betriebsspannungen elektrischer Anlagen über 100 V	1919, S. 457	IX. 19.
	Gewinde.		
400	Edison-Gewinde, Gewindeform und Grenzmaße	1924, S. 380	XI. 24.
401 Bl. 1, 2	Edison-Gewinde, Gewindeformen	1924, S. 380	IV. 25.
420	Nippelgewinde	1924, S. 789	XI. 24.
	Bildzeichen.		
700	Bildzeichen für Schaltungszeichnungen zu Fernmelde-Anlagen	1923, S. 968	X. 25.

DIN VDE	Aufschrift	Veröffentlicht ETZ	Letzte Ausgabe
<b>Kennfarben.</b>			
705	Kennfarben für blanke Leitungen in Starkstrom-Schaltanlagen	—	IX. 24.
<b>Schaltzeichen und Schalt- bilder für Starkstrom- Anlagen.</b>			
710	Stromsysteme und Schaltarten	—	II. 25.
711	Verteilungs- und Leitungspläne	—	II. 25.
712	Apparate, Maschinen und Meß- geräte, allgemein	—	II. 25.
713	Verbindungs-, Unterbrechungs- und Sicherheitsapparate	—	II. 25.
714	Transformatoren	—	II. 25.
715	Maschinen und Umformer	—	II. 25.
716	Meßgeräte	—	II. 25.
717	Innen-Installationen	—	II. 25.
719	Beispiel der Anwendung in einem Schaltplan	—	II. 25.
<b>Fernmeldetechnik.</b>			
<b>Anschlußteile.</b>			
1000	Flachklemmen mit einem Loch für die Befestigung	1919, S. 444	I. 25.
1001	Flachklemmen mit zwei Löchern für die Befestigung	1919, S. 444	I. 25.
1002	Löt-klemmen	1919, S. 444	I. 25.
<b>Maschinen und Transformatoren.</b>			
<b>Gleichstrom.</b>			
2000	Offene Gleichstrommotoren. Leistungsangaben	1922, S. 552	VI. 23.
2001	Offene Gleichstrommotoren mit Drehzahlregelung. Leistungsangaben	1922, S. 553	VI. 23.
2010	Gleichstrom-Kranmotoren mit Reihenschlußwicklung. Geschlos- sene Ausführung. Normale Leistungen und Drehzahlen	1924, S. 287	XI. 24.
2050	Offene Gleichstromgeneratoren. Leistungsangaben	1923, S. 1045	IV. 24.

DIN VDE	Aufschrift	Veröffentlicht ETZ	Letzte Ausgabe
2051	Offene Gleichstromgeneratoren für Antrieb durch Drehstrommotoren. Leistungsangaben	1923, S. 1046	IV. 24.
2100	Gleichstrommotoren nach DIN VDE 2000 u. 2001. Zuordnung der Wellenstümpfe und Riemenscheiben zu den Leistungen	1923, S. 884	IV. 24.
2105	Gleichstrom-Kranmotoren. Zuordnung der Wellenstümpfe zu den Leistungen	1924, S. 287	XI. 24.
	Drehstrom.		
2600	Einheitstransformatoren Hauptreihe HET 23	1922, S. 410	VI. 23.
2601	Einheitstransformatoren Sonderreihe SET 23	1922, S. 411	VI. 23.
Beibl.	zu VDE 2600 und 2601	1922, S. 409	VI. 23.
2602	Einheitstransformatoren Raumbedarf	—	VI. 23.
2610	Transformatoren. Normale Übersetzungsverhältnisse und Nennkurzschlußspannungen	1923, S. 1047	V. 24.
2611	Transformatoren. Mittenabstände und Spurweiten für Transportrollen	1924, S. 224	IV. 25.
2650	Offene Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufer. Leistungsangaben	1922, S. 555	V
2651	Offene Drehstrommotoren mit Schleifringläufer. Leistungsangaben	1922, S. 556	VI. 23.
2652	Drehstrommotoren für unterirdische Wasserhaltungen	1922, S. 481/82	III. 23.
Bl. 1, 2		1923, S. 855	IV. 24.
Bl. 3			
2660	Drehstrom-Kranmotoren mit Schleifringläufer Geschlossene Ausführung. Normale Leistungen	1924, S. 169	XI. 24.
2700	Drehstrommotoren nach DIN VDE 2650 u. 2651. Zuordnung der Wellenstümpfe und Riemenscheiben zu den Leistungen	1923, S. 884	IV. 24.
2701	Drehstrom-Kranmotoren. Zylindrische Wellenstümpfe	1924, S. 170	XI. 24.
2702	Drehstrom-Kranmotoren. Kegelige Wellenstümpfe	1924, S. 171	XI. 24.

DIN VDE	Aufschrift	Veröffentlicht ETZ	Letzte Ausgabe
	<b>Zubehör und Allgemeines.</b> (unabhängig von der Stromart).		
2900 Bl. 1, 2	Flachkohlenbürsten für Kommutatoren und Schleifringe	1923, S. 854	I. 24.
2910	Wellenstümpfe für elektrische Maschinen	1923, S. 884	IV. 24.
2923	Elektrische Maschinen auf Spannschienen. Verschiebung	1924, S. 254	XI. 24.
2930	Räderübersetzungen für Elektromotoren nach DIN VDE 2000, 2001, 2650, 2651	1923, S. 1048	IV. 24.
2939	Maßbezeichnungen elektrischer Maschinen	1924, S. 171	XI. 24.
2940	Achshöhen elektrischer Maschinen	1923, S. 1048	IV. 24.
2941	Vertikal-, Kran- und Pumpenmotoren. Befestigungsflansche	1924, S. 476	XI. 24.
2950	Formen elektrischer Maschinen	1923, S. 937	IV. 24.
2960	Klemmen für elektrische Maschinen von 1,1 bis 250 kW, 3000 bis 5000 Umdr/min. und Spannungen bis 12000 V	1923, S. 1047	IV. 24.
2961	Elektrische Maschinen. Leistungsschilder. Richtlinien	1924, S. 1419	IV. 25.
2965	Schleifringe für elektrische Maschinen	1923, S. 1048	V. 24.
	<b>Meßgeräte.</b>		
	Elektrizitätzzähler.		
5800	Elektrizitätzzähler, Regeln und Normen	1922, S. 519	III. 23.
	<b>Bedienungsteile.</b>		
	für Schalter.		
6000	Dorne für Isoliergriffe und Isolierknöpfe	1922, S. 1194	XII. 22.
6001	Feste Isoliergriffe für Nennspannungen bis 750 V.	1922, S. 1195	XII. 22.
6002	Feste Isolierknöpfe für Nennspannungen bis 750 V.	1922, S. 1195	XII. 22.
	für Steuergeräte.		
6010	Handgriff für Seilzug	1924, S. 254	XI. 24.
6050	Handräder für Steuergeräte	1923, S. 370	XI. 24.

DIN VDE	Aufschrift	Veröffentlicht ETZ	Letzte Ausgabe
6051	Handkurbeln für Steuergeräte	1923, S. 370	XI. 24.
6052	Umschalthebel für Steuergeräte	1924, S. 1012	XI. 24.
6053	Wellenstümpfe für Steuergeräte	1924, S. 1012	XI. 24.
6054	Markenringe mit Einsatzschildern für Steuergeräte	1924, S. 1013	XI. 24.
<b>Bauteile.</b>			
für allgemeine Verwendung.			
6200	Anschlußbolzen für Stromstärken bis 200 A	1924, S. 788	XI. 24.
6206	Kopfkontaktschrauben für Drähte und Kabel.	1924, S. 786	XI. 24.
6390	Lieferrollen für blanke und isolierte Drähte	1924, S. 568	XI. 24.
<b>Drähte und Kabel.</b>			
Kabelgarniturteile.			
7600	Verbindungsmuffen für Einleiterkabel 6 bis 1000 mm <sup>2</sup> Leiterquerschnitt, Spannungen bis 750 V	—	VII. 25.
7601 Bl. 1, 2	Verbindungsmuffen für Mehrleiterkabel 6 bis 400 mm <sup>2</sup> Leiterquerschnitt, Spannungen bis 10000 V	—	VII. 25.
7602	Bleiverbindungsmuffen für Einleiterkabel bis 1000 mm <sup>2</sup> Leiterquerschnitt, Spannungen bis 750 V	—	VII. 25.
7603	Schutzverbindungsmuffen zu Bleiverbindungsmuffen für Einleiterkabel bis 1000 mm <sup>2</sup> Leiterquerschnitt, Spannungen bis 750 V	—	VII. 25.
7604	Bleiverbindungsmuffen für Mehrleiterkabel bis 400 mm <sup>2</sup> Leiterquerschnitt, Spannungen bis 10000 V	—	VII. 25.
Bl. 1		—	VII. 25.
Bl. 2		—	X. 25.
7605	Schutzverbindungsmuffen zu Bleiverbindungsmuffen für Mehrleiterkabel bis 400 mm <sup>2</sup> Leiterquerschnitt, Spannungen bis 10000 V	—	VII. 25.

DIN VDE	Aufschrift	Veröffentlicht ETZ	Letzte Ausgabe
7620	Abzweigmuffen für ungeschnittene Einleiterkabel bis 1000 mm <sup>2</sup> Leiterquerschnitt, Spannungen bis 750 V	—	VII. 25.
7621	Abzweigmuffen für Mehrleiterkabel bis 400 mm <sup>2</sup> Leiterquerschnitt, Spannungen bis 10000 V.		
Bl. 1		—	VII. 25.
Bl. 2		—	X. 25.
7630	Hausanschlußmuffen für Mehrleiterkabel bis 120 mm <sup>2</sup> Leiterquerschnitt, Spannungen bis 750 V	—	VII. 25.
7635	Dichtungsnuten und Falze für Kabelmuffen	—	VII. 25.
7640	Stege für Verbindungsmuffen, Spannungen bis 10000 V	—	VII. 25.
Bl. 1, 2			
7641	Stege für Abzweigmuffen, Spannungen bis 10000 V	—	VII. 25.
Bl. 1, 2			
7650	Schraubhülsen für Kabelleiter 6 bis 1000 mm <sup>2</sup> Kupfer-Rundleiterquerschnitt	—	VII. 25.
7651	Abzweig-Schraubhülsen für Kabelleiter 6 bis 1000 mm <sup>2</sup> Kupfer-Rundleiterquerschnitt.	—	VII. 25.
7652	Kappen-Schraubhülsen für Kabelleiter 6 bis 400 mm <sup>2</sup> Kupfer-Rundleiterquerschnitt	—	X. 25.
7653	Befestigungsring und Dichtscheibe für Kappen-Schraubhülsen für Durchführungen nach DIN VDE 8080	—	X. 25.
7655	Löthülsen für Prüfdrähte und Kabelleiter 1 bis 4 mm <sup>2</sup> Kupfer-Leiterquerschnitt	—	VII. 25.
7660	Isolierhülsen für Prüfdrähte und Kabelleiter 1 bis 4 mm <sup>2</sup> Kupfer-Rundleiterquerschnitt	—	VII. 25.
7670	Deckel-Abzweigklemmen für Einleiterkabel 16 bis 1000 mm <sup>2</sup> Kupfer-Rundleiterquerschnitt.	—	VII. 25.
7671	Tatzen-Abzweigklemmen für Kabelleiter 6 bis 120 mm <sup>2</sup> Kupfer-Rundleiterquerschnitt	—	VII. 25.



DIN VDE	Aufschrift	Veröffentlicht ETZ	Letzte Ausgabe
7675	Entlüftung-Erdungsschrauben für Kabelmuffen und Endverschlüsse	—	VII. 25.
7676	Gewindestift mit Kegelansatz für Kegel-Endverschlüsse nach DINVDE 7692	—	X. 25.
7680	Kabelschuhe für Kabelleiter 10 bis 50 mm <sup>2</sup> Kupfer-Rundleiterquerschnitt	—	VII. 25.
7689	Montageanweisungen für Kabelmuffen bis 10000 V	—	X. 25.
7690	Flach-Endverschlüsse für Innenräume und blanke Anschlußleitung für Dreileiterkabel 6 bis 400mm <sup>2</sup> Leiterquerschnitt, Spannungen bis 10000 V	—	X. 25.
7691	Fassungen mit Dichtscheiben für Flach-Endverschlüsse nach DINVDE 7690	—	X. 25.
7692 Bl. 1, 2	Kegel-Endverschlüsse für Ein- und Mehrleiterkabel in Innenräumen, Spannungen bis 10000 V	—	X. 25.
7693	Deckel für Kegel-Endverschlüsse nach DINVDE 7692	—	X. 25.
7694 Bl. 1, 2	Zylinder-Endverschlüsse für Ein- und Mehrleiterkabel in Innenräumen, Spannungen bis 750 V	—	X. 25.
7695	Deckel für Zylinder-Endverschlüsse nach DINVDE 7694	—	X. 25.
7696	Befestigungschellen für Zylinder-Endverschlüsse nach DINVDE 7694	—	X. 25.
7699	Montageanweisungen für Kabelendverschlüsse bis 10000 V	—	X. 25.
<b>Porzellane.</b>			
Isolatoren.			
8000	Stützenisolatoren für Starkstrom-Freileitungen	1922, S. 27/28	I. 26.
8001	Schäkelisolator mit Bügel	1922, S. 28	I. 25.
8010	Stützenisolator für Niederspannungsinstallationen in gedeckten Räumen und im Freien	1922, S. 27/28	XII. 23.

DIN VDE	Aufschrift	Veröffentlicht, ETZ	Letzte Ausgabe
8018	Doppelglocken-Isolator RMd mit doppeltem Halslager für Fern- meldeleitungen	—	VII. 25.
8020	Doppelglocken-Isolatoren RM und RmK für Fernmeldeleitungen	—	VII. 25.
Rollen und Tüllen.			
8021	Mantelrollen für Schraubenbe- festigung	1922, S. 26	IV. 25.
8022	Mantelrollen für Stützenbe- festigung	1922, S. 26	IV. 25.
8030	Tüllen	1924, S. 1095	VII. 25.
8031	Rollen	1924, S. 1096	VII. 25.
8032	Klemmen für Niederspannungs- installationen in Innenräumen für Leitungen bis 2,5 mm <sup>2</sup>	—	VII. 25.
Isolatorstützen.			
8050	Gerade Isolatorstützen für Stützenisolatoren nach DIN VDE 8000	1922, S. 29	I. 26.
8051	Gebogene Isolatorstützen für Stützenisolatoren nach DIN VDE 8000	1922, S. 29	I. 26.
8055	Gerade Isolatorstützen für Dop- pelglocken-Isolatoren nach DIN VDE 8018 bis 8020	—	VII. 25.
8056	Gebogene Isolatorstützen für Doppelglocken-Isolatoren nach DIN VDE 8018 bis 8020	—	VII. 25.
Durchführungen			
8080	Durchführungen für Flach-End- verschlüsse nach DIN VDE 7690	—	X. 25.
8081	Durchführungen für Kegel-End- verschlüsse nach DIN VDE 7692	—	X. 25.
<b>Freileitungen.</b>			
für Starkstrom-Anlagen.			
8200	Drähte zu Starkstrom-Frei- leitungen nach DIN VDE 8201 und 8202	—	I. 26.
8201	Drähte und Seile für Starkstrom- Freileitungen	—	VII. 25.
8202	Stahl-Aluminiumseile für Stark- strom-Freileitungen	—	I. 26.
8203	Stahladrähte zu Stahl-Aluminium- seilen nach DIN VDE 8202	—	I. 26.

DIN DVE	Aufschrift	Veröffentlicht ETZ	Letzte Ausgabe
8300 Bl. 1,2	für Fernmelde-Anlagen. Drähte für Fernmelde- Freileitungen	1924, S. 32	I. 26.

### Installationsmaterial.

	Dreh- und Dosenschalter.		
9200	{ Einpolige Ausschalter 4 und 6 A 250 V Einpolige Umschalter 2 und 4 A 250 V }	1924, S. 789	XI. 24.
	Schraubstöpsel- sicherungen.		
9301	Gewinde für Unverwechselbar- keitseinsätze zu Schraubstöpsel- sicherungen bis 60 A	1924, S. 786	XI. 24.
9310	Sicherungssockel 25 A/500 V mit quadratischem Grundriß und rückseitigem Anschluß für Schalt- und Verteilungstafeln	1924, S. 787	XI. 24.
9311	Sicherungssockel 60 A/500 V mit quadratischem Grundriß und rückseitigem Anschluß für Schalt- und Verteilungstafeln	1924, S. 785	XI. 24.
	Steckvorrichtungen.		
9400	Ungeschützte zweipolige Steck- dosen 6 A/250 V. Richtmaße	1924, S. 786	XI. 24.
9401	Zweipoliger Stecker 6 A/250 V. Richtmaße	1924, S. 787	XI. 24.
9402	Ungeschützte zweipolige Steck- dosen 10 A/250 V. Richtmaße	1924, S. 788	XI. 24.
9403	Zweipoliger Stecker 10 A/250 V. Richtmaße	1924, S. 786	XI. 24.
9490	Steckvorrichtung für elektrische Heizgeräte und Heizeinrich- tungen	1925, S. 635	VII. 25.
	Glühlampensockel und -fassungen.		
9610	Edison-Lampensockel 10 für Spannungen bis 24 V	1924, S. 788	XI. 24.
9615	Edison-Lampensockel 14	1924, S. 789	XI. 24.
9620	Edison-Lampensockel 27	1924, S. 789	XI. 24.
9625	Edison-Lampensockel 40	1924, S. 788	XI. 24.

## Sachverzeichnis.

- Abdeckungen gegen Berührung spannungsführender Teile S. 7, 13, 120, 124, 563.
- Abgeschlossene Betriebsräume S. 36, 146.
- — Erklärung S. 6, 119.
- Ableiter mit Funkenstrecke gegen Überspannungen S. 114.
- Absaugen von Fremdströmen S. 166.
- Abspannisolatoren S. 30, 80, 466, 719, 734.
- Prüfung S. 599.
- Abspannpunkte für Außenantennen S. 668.
- Abspannung von Außenantennen S. 667.
- Abstände bei Freileitungen S. 30, 141, 463, 467, 716, 734.
- der Stützen bei Fahrleitungen für Hebezeuge und Transportgeräte S. 475.
- Abstufung der Stromstärken bei Apparaten S. 172.
- Abteufbetrieb S. 48.
- Abteufleitungen S. 48.
- Abzweigkasten für Hauptleitungen S. 529.
- Abzweigungen von Leitungen S. 28, 139.
- AEE-Beschlüsse S. 750.
- Akkumulatoren S. 11, 123, 150.
- Entladenspannung S. 5, 50, 118, 150.
- in Alarmanlagen S. 623.
- in Fernmeldeanlagen S. 616.
- Akkumulatorenräume S. 38, 147.
- Betriebsvorschriften S. 55, 156.
- Alarmanlagen S. 622.
- Alkoholthermometer nach R.E.B. S. 282.
- nach R.E.M. S. 216.
- nach R.E.S. S. 569.
- nach R.E.T. S. 254.
- Aluminium-Freileitungen S. 446, 736.
- -Leitungen, Belastungstafeln S. 498.
- Anbringung von Schaltgeräten (R.E.S.) S. 575.
- Anfressungsgefährdung des blanken Nulleiters S. 164.
- Anheizwirkungsgrad bei Heizgeräten S. 374.
- Ankerdrähte bei Freileitungen S. 31, 78, 141.
- Anlasser S. 15, 16, 35, 38, 127, 145.
- Klemmenbezeichnung S. 317, 337.
- R. E. A. S. 301.
- Sonderbestimmungen S. 309.
- Anlaßhäufigkeit (R.A.B.) S. 326.
- Anlaßschalter (R.E.A.) S. 309.
- Anlaßgrößen S. 346.
- Anlaßvorrichtungen S. 348.
- Anlaßzeit (R.A.B.) S. 326.
- Anlauf von Maschinen (R. E. M.) S. 221.
- Anlaufregulierbetrieb (R. A. B.) S. 327.
- Anleitung zur ersten Hilfeleistung S. 51, 52, 152, 153, 610.
- zur Prüfung der Zulässigkeit von Näherungen zwischen Fernmelde-Freileitungen und oberirdischen Drehstromleitungen S. 652.
- Annäherung von Freileitungen aneinander S. 463.
- von Postleitungen an elektrische Bahnen S. 731.
- von Postleitungen an Starkstromleitungen S. 643, 724, 729, 733.
- Anodenstrom, Entnahme aus Starkstromleitungen S. 674.
- Anschluß an Apparate S. 13, 125.

- Anschlußarten (R. E. A.) S. 306.  
 — (R.E.S.) S. 555.  
 Anschlußbedingungen für Motoren S. 345.  
 Anschlußbolzen und ebene Schraubkontakte S. 502.  
 Anschlußklemmen S. 12, 124.  
 — Bezeichnung S. 337.  
 — für Zähler S. 426.  
 Anschlußleitung, leichte S. 24, 134.  
 — Vorschriften S. 484.  
 Anschluß von Fernmeldeanlagen an Starkstromnetze durch Transformatoren S. 630.  
 — von Fernmeldeanlagen an Starkstromnetze in leitender Verbindung S. 633.  
 — von Telefonen bei Rundfunk S. 680.  
 Antennen S. 469, 663.  
 — Verwendung von Starkstromleitungen als S. 672.  
 — Vorschriften S. 665.  
 Antennenableitung S. 668.  
 Anwurfschalter (R. E. A.) S. 301.  
 Anzeigefehler bei Meßgeräten S. 404.  
 Apparate S. 13, 124.  
 — an Freileitungen S. 29, 140, 586.  
 — für Fernmeldeanlagen S. 617.  
 — im Freien S. 32, 142.  
 — Klemmenbezeichnung S. 337.  
 — Leitungsanschluß S. 13, 125.  
 — Schlagwetter-Schutzvorrichtungen S. 59.  
 — Stromstufenreihe S. 172.  
 Arbeiten an Fahr- und Speiseleitungen S. 158.  
 — an Freileitungen S. 56, 157.  
 — an Hochspannungsanlagen S. 55, 156.  
 — an Kabeln S. 56, 157.  
 — unter Spannung S. 55, 155.  
 Arbeitsbedingungen nach R.A.B. S. 325, 330, 334.  
 Armaturen f. Bogenlampen S. 20, 131.  
 Atmosphärische Störungen als Ursache von Überspannungen S. 103.  
 Atmung, künstliche S. 610.  
 Aufhängung, bruchsichere, bei Kreuzung von Postleitungen S. 733.  
 Aufhängung von Elektrizitätszählern S. 430.  
 Aufhiebbreite in Forsten für Freileitungen S. 468.  
 Aufstecktüllen S. 590.  
 Aufstellung von Gestängen für Freileitungen S. 464, 737.  
 Aufzüge S. 24, 36.  
 — Fahrleitungen S. 473.  
 — (R.A.B.) S. 327, 330, 333.  
 Aufzugseile f. Bogenlampen S. 20, 131.  
 Ausforstungen bei Freileitungen S. 468.  
 Auslaufverfahren (R.E.M.) S. 229.  
 Auslösung (R.E.S.) S. 554, 565.  
 Ausrüstung von Stehlampen S. 352.  
 Ausschalter S. 14, 15, 125, 126.  
 — Konstruktion S. 506, 536.  
 — Prüfung S. 508.  
 — zum Einbauen in Handgeräte S. 544.  
 Ausschaltstromstärke S. 35, 145.  
 Außenantennen, Vorschriften S. 665.  
 Aussetzender Betrieb S. 7, 24, 120, 136, 213, 250.  
 — (R.A.B.) S. 325.  
 Aussetzender Erdschluß S. 103.  
 Automaten s. Selbstschalter.  
**Bahnen, elektrische** S. 164.  
 — Reichs- S. 708.  
 — Vorschriften S. 116.  
 Bahnkreuzungen S. 159.  
 — mit Antennen S. 669.  
 — Vorschriften (B.K.V.) S. 708.  
 Bahnmotoren (R.E.B.) S. 271.  
 Bahnströme S. 159, 164.  
 Bagger, Leitsätze für S. 49.  
 Bau von Funkgeräten S. 676.  
 Bauregeln (R.A.B.) S. 329, 331, 335.  
 — (R.E.A.) S. 320.  
 — (R.E.S.) S. 562.  
 Baustoffe für Außenantennen S. 666.  
 — f. Freileitungen S. 447, 735.  
 — f. Widerstände (R.E.A.) S. 321.  
 Bauvorschriften für Außenantennen S. 666.  
 — für Bahnen S. 118.  
 Bedienung elektr. Anlagen S. 53, 153.

- Bedienung nach R.E.S. S. 576.  
 Bedienungsgang, isolierender S. 10, 11, 122, 123.  
 Bedienungsteile S. 13, 14, 124, 125, 306, 563.  
 Bedingungen für den Anschluß von Motoren S. 345.  
 Befestigung von Freileitungen S. 464, 736.  
 Befestigungs- und Isolierkörper S. 33, 143.  
 Beglaubigung von Meßwandlern S. 746.  
 — von Zählern S. 743.  
 Begriffserklärungen bei Anschlußbedingungen für Motoren S. 346.  
 — bei Außenantennen S. 665.  
 — bei Erdungen S. 75, 90.  
 — bei Fernmeldeanlagen S. 614.  
 — bei Freileitungen S. 5, 119, 615.  
 — bei galvanischen Elementen S. 635.  
 — bei Handbohrmaschinen S. 359.  
 — bei Hand- und Support-Schleifmaschinen S. 363.  
 — bei Heizgeräten S. 371.  
 — bei Meßgeräten S. 394.  
 — bei Meßwandlern S. 414.  
 — bei Poliermaschinen S. 367.  
 — bei Schleifmaschinen S. 367.  
 — für Hochspannungsanlagen S. 5, 51, 118.  
 — f. Installationsmaterial S. 504.  
 — für Niederspannungsanlagen S. 5, 50, 118.  
 — nach R.A.B. S. 325.  
 — nach R.E.A. S. 301.  
 — nach R.E.B. S. 272.  
 — nach R.E.M. S. 205.  
 — nach R.E.S. S. 548.  
 — nach R.E.T. S. 241.  
 Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft S. 67.  
 Beharrungsleistung S. 25, 136.  
 Beharrungszustand S. 6, 25, 120, 136.  
 Bekämpfung von Bränden, Leitsätze S. 606.  
 Belastbarkeit bei Fahrleitungen zu Hebezeugen und Transportgeräten S. 474.  
 — bei Meßgeräten S. 402.  
 Belastungstafeln für Fahrleitungen zu Hebezeugen und Transportgeräten S. 474.  
 — für Kabel S. 497.  
 — für Leitungen S. 25, 135, 496.  
 Belastungsverfahren nach R.E.B. S. 292.  
 — nach R.E.M. S. 227.  
 Beleuchtung, Regeln für die Bewertung S. 395.  
 — für Christbäume S. 357.  
 Beleuchtungskörper S. 21, 40, 131, 148.  
 — Leitungen für S. 25, 136, 482.  
 Bemessung für Erdungen S. 83, 95.  
 — von Leitungen S. 24, 135, 496, 497.  
 — von Zuleitungen zu Erdern S. 81, 94, 671.  
 Bergwerke über Tages-Tagebau.  
 — unter Tage S. 5, 43, 75, 90.  
 Beruhigungszeit bei Meßgeräten S. 399.  
 Berührungsschutz S. 7, 10, 11, 20, 35, 37, 120, 122, 123, 130, 150.  
 — bei Christbaum-Beleuchtungen S. 357.  
 — bei Fahrleitungen für Hebezeuge und Transportgeräte S. 475.  
 Berührungsspannung S. 76, 91.  
 Beschaffenheit isolierter Leitungen S. 23, 133.  
 — — — in Fernmeldeanlagen S. 618.  
 Beschleunigungsbetrieb (R.A.B.) S. 327.  
 Beschleunigungsvorgang (R.A.B.) S. 326.  
 Betätigungsarten (R.E.A.) S. 306.  
 — (R.E.S.) S. 563.  
 Betätigungsschalter (R.E.A.) S. 302.  
 Betätigungsschlitze S. 14, 126, 563.  
 Betätigungsteile S. 13, 14, 124, 126, 306, 330, 563.  
 Betrieb, gewöhnlicher (R.A.B.) S. 327.  
 Betriebsanweisung für elektrische Starkstromanlagen für Hochspannung in der Landwirtschaft S. 69.

- Betriebsarten S. 6, 120.  
 — nach R.A.B. S. 327.  
 — nach R.E.B. S. 278.  
 — nach R.E.M. S. 212.  
 — nach R.E.T. S. 249.  
 Betriebseinrichtungen, ortsver-  
 änderliche S. 49.  
 Betriebserdung S. 90, 93.  
 Betriebspersonal, Pflichten des  
 S. 52, 153.  
 Betriebsräume, Begriffserklä-  
 rung S. 5, 119.  
 Betriebsspannungen S. 35, 145.  
 — über 100 V S. 170.  
 Betriebsstätten S. 37, 146.  
 — Begriffserklärung S. 6, 119.  
 — explosionsgefährliche S. 38,  
 56, 157.  
 — feuergefährliche S. 38, 56,  
 157.  
 — und Lagerräume mit ätzen-  
 den Dünsten S. 38, 56, 157.  
 Betriebsstromstärke S. 35, 145.  
 Betriebsvorschriften für Bahnen  
 S. 151.  
 — für Prüffelder und Laborato-  
 rien S. 57, 158.  
 — für Starkstromanlagen S. 50.  
 Betriebswarmer Zustand bei  
 Heizgeräten S. 373.  
 — nach R.E.B. S. 278.  
 — nach R.E.M. S. 212.  
 — nach R.E.T. S. 246.  
 Betriebswerkzeuge, elektrische  
 S. 19, 130, 359, 363, 367.  
 Bewegliche Leitungen, Verle-  
 gung von S. 26, 137.  
 Bewehrung von Kabeln S. 8,  
 494.  
 Bewertung v. Anlassern (R.E.A.)  
 S. 301.  
 — v. Bahnmotoren usw. (R.E.B.)  
 S. 271.  
 — von Bremslüftern (R.A.B.)  
 S. 333.  
 — von Elektrowerkzeugen S. 359,  
 363, 367.  
 — v. Handbohrmaschinen S. 359.  
 — von Handschleifmaschinen  
 S. 363.  
 — von Maschinen (R.E.B.)  
 S. 271.  
 — von Maschinen (R.E.M.)  
 S. 204.  
 — von Meßwandlern S. 413.  
 — von Poliermaschinen S. 367.  
 Vorschriftenbuch, 13. Aufl.
- Bewertung von Schaltgeräten  
 (R.E.S.) S. 567.  
 — von Schleifmaschinen S. 367.  
 — von Steuergeräten (R.A.B.)  
 S. 326.  
 — — — (R.E.A.) S. 301.  
 — v. Support-Schleifmaschinen  
 S. 363.  
 — v. Transformatoren (R.E.B.)  
 S. 271.  
 — — — (R.E.T.) S. 239, 267.  
 — v. Werkzeugmaschinen S. 359,  
 363, 367.  
 — von Widerstandsgeräten  
 (R.A.B.) S. 330.  
 Bezeichnung der Klemmen bei  
 Maschinen u. Transformatoren  
 usw. S. 337.  
 Biegefestigkeit bei Isolierstoffen  
 S. 178, 187.  
 Blanke Leitungen, Kennfarben  
 S. 58, 153.  
 Bleikabel S. 24, 34, 135, 144.  
 — Belastungstafeln S. 497, 498.  
 — Vorschriften S. 490.  
 Bleimantel von Kabeln S. 8, 34,  
 135, 166, 494.  
 Blitzableiter S. 671.  
 — als Überspannungsschutz  
 in Niederspannungsanlagen  
 S. 115.  
 Blitzschutzseile S. 80, 111, 737.  
 Blockleitungen, Näherungen mit  
 Drehstromleitungen S. 643.  
 Bogenlampen S. 20, 131.  
 Bohrmaschinen S. 19, 130.  
 — Bewertung und Prüfung  
 S. 359.  
 Brände, Leitsätze für die Bekämp-  
 fung S. 606.  
 Bremslüfter (R.A.B.) S. 333.  
 Bremsmeßverfahren nach R.E.B.  
 S. 292.  
 — nach R.E.M. S. 226.  
 Bremsschaltungen (R.A.B.)  
 S. 329.  
 Brennbare Umhüllung bei Ka-  
 beln S. 35, 145.  
 Bruchsichere Aufhängung bei  
 Kreuzung von Postleitungen  
 S. 737.  
 Bruchsichere Führung bei Kreu-  
 zung von Postleitungen  
 S. 737.  
 Bügeleisen S. 19, 130, 382.

- Bühnenhaus S. 41.  
 Bühnenregulator S. 41.  
 Bunde für Freileitungen S. 464.
- Christbaum-Beleuchtungen, Vorschriften S. 357.
- Dachständer** S. 64.  
 Darstellungen, schematische S. 51, 57, 152.  
 Dauerbetrieb S. 6, 24, 120, 135, 212, 249, 279.  
 Dauererdschluß S. 30, 72, 141.  
 Dauerkurzschlußstrom n. R.E.M. S. 221.  
 — nach R.E.T. S. 245.  
 Dauerstromstärke S. 6, 120.  
 Definition der Eigenschaften gestreckter Leiter S. 498.  
 Doppelerdschluß S. 76, 91.  
 Dosenschalter S. 14, 125.  
 — Konstruktion S. 506, 536.  
 — Prüfung S. 508.  
 Drahtbrüche S. 31, 142, 446.  
 Drehschalter S. 14, 125.  
 — Konstruktion S. 506, 536.  
 — Prüfung S. 508.  
 Drehstrom, Begriffserklärung S. 205, 273.  
 Drehstromanlagen, Maßnahmen bei Näherungen an Fernmeldeanlagen S. 645.  
 Drehstromleitungen, Näherungen an Fernmelde-Freileitungen S. 643.  
 Drehtransformatoren (R. E. T.) S. 267.  
 Drehzahl, normale (R.E.M.) S. 207, 232.  
 Drehzahlwächter (R.E.A.) S. 302.  
 Druckfestigkeit bei Isolierstoffen S. 180, 189.  
 Drosselspulen S. 226, 291.  
 — für Meßgeräte S. 410.  
 — nach R.E.T. S. 240.  
 — ohne Eisenkern gegen Überspannungen S. 111.  
 Druckwächter (R. E. A.) S. 302.  
 D-Stöpsel S. 517.  
 Durchführungen S. 33, 64, 65, 579, 590.  
 Durchführungsisolatoren S. 261, 290, 579, 590, 663.  
 Durchhang bei Freileitungen S. 451, 736.  
 Durchlauferhitzer S. 385.
- Durchmesserspannung (R.E.M.) S. 206.  
 Durchschlagprobe bei Meßgeräten S. 403.  
 Durchtränkte Räume S. 37, 146.  
 — — Begriffserklärung S. 6, 120.  
 — — bei Fernmeldeanlagen S. 615.
- Edison-Gewinde** S. 517, 521, 524.  
 Edison-Lampensockel S. 521.  
 Effektbeleuchtung für Bühnen S. 43.  
 Effektive Gebrauchsspannung S. 5, 50, 118.  
 Eigenlüftung nach R. E. B. S. 277.  
 — nach R.E.M. S. 209.  
 Eigenschaften gestreckter Leiter S. 498.  
 Einbauschalter für Handgeräte S. 544.  
 Einbruchmeldeanlagen S. 622.  
 Einheitzeichen des A.E.F. S. 754.  
 Einleiter - Gleichstromkabel S. 24, 134, 497.  
 — — — Vorschriften S. 492.  
 Einrichtung u. Versorgung von Gebäuden mit Elektrizität S. 681.  
 Einschaltdauer S. 7, 24, 120, 136.  
 — nach R.A.B. S. 325.  
 Einschaltzeit S. 7, 120, 325.  
 Einzelerdschluß S. 76, 91.  
 Einzelteile zum Rundfunkempfang S. 676.  
 Einzelverlustverfahren n. R.E.B. S. 293.  
 — nach R.E.M. S. 227.  
 Eisenbahnblockleitungen, Näherungen mit Drehstromleitungen S. 643.  
 Eisenbewehrung von Kabeln S. 8, 494.  
 Eisenbetonmaste S. 30, 81, 140, 462, 738.  
 Eisenblech, Prüfung von S. 175.  
 Eisenmaste S. 30, 79, 80, 140, 454.  
 Eisenprüfung S. 175.  
 Elektrische Anlagen in der Landwirtschaft, Behandlung S. 67.  
 — — Errichtung S. 63.  
 — — Hochspannung S. 69.  
 Elektrische Bahnen, Annäherung an Postleitungen S. 731.



- Elektrische Bahnen, Erdströme durch S. 159, 164.  
 — — Kreuzungen mit Antennen S. 669.  
 — — Vorschriften S. 116.  
 Elektrische Betriebsräume S. 35, 145.  
 — — Begriffserklärung S. 5, 119.  
 Elektrische Eigenschaften gestreckter Leiter S. 498.  
 Elektrische Größen (R.E.S.) S. 558.  
 Elektrische Prüfung bei Isolatoren S. 595, 597, 599.  
 — — bei Isolierstoffen S. 177, 181, 192.  
 Elektrizität auf Schiffen S. 685.  
 — in Gebäuden S. 681.  
 Elektrizitätzähler, S. 18, 40, 129, 148.  
 — Aufhängung S. 430.  
 — Beglaubigung S. 743.  
 — Erdung S. 429.  
 — Klemmen S. 426.  
 — Regeln und Normen S. 425.  
 — Schaltungen S. 430.  
 — Tafeln S. 430, 431.  
 Elektroden-Heizgeräte S. 385.  
 Elektrowerkzeuge S. 19, 130, 359, 363, 367.  
 — Handbohrmaschinen S. 359.  
 — Handschleifmaschinen S. 363.  
 — Poliermaschinen S. 367.  
 — Schleifmaschinen S. 367.  
 — Support-Schleifmaschinen S. 363.  
 Elemente, galvanische S. 635.  
 — in Fernmeldeanlagen S. 616.  
 Elementebildung S. 164.  
 Emaillierung v. Metallteilen S. 9, 121, 505, 563.  
 Empfangsgeräte für Rundfunk S. 676.  
 Endschalter (R.E.A.) S. 302.  
 Entladespannung von Akkumulatoren S. 5, 50, 118.  
 Erde S. 7, 8, 75, 90, 120, 121.  
 — Verwendung von Starkstromleitungen als S. 672.  
 Erder S. 75, 85, 90.  
 Erdschluß S. 76, 91.  
 — aussetzender S. 103.  
 — Einzel- S. 76, 91.  
 — Doppel- S. 76, 91.  
 — Mehrfach- S. 76, 91.  
 Erdschlußabschaltung S. 30, 141.  
 Erdschlußkompensierung gegen Überspannungen S. 111.  
 Erdschlußstrom S. 76, 91.  
 Erdschlußstromstärke S. 8, 83, 84, 95, 121.  
 Erdseile S. 80, 111, 737.  
 Erdstrom, Anfassungsführung durch, S. 164.  
 — Vorschriften gegen S. 159.  
 Erdung S. 7, 8, 14, 15, 16, 37, 67, 120, 121, 125, 126, 128, 146.  
 — als Überspannungsschutz in Niederspannungsanlagen S. 115.  
 — Begriffserklärung S. 75, 90.  
 — Bemessung S. 83, 95.  
 — im Freien S. 78.  
 — in gedeckten Räumen S. 77, 93.  
 — in Hochspannungsanlagen S. 71.  
 — in Niederspannungsanlagen S. 90.  
 — Prüfung der S. 87, 96.  
 — von Anlassern S. 301.  
 — von Antennen S. 671.  
 — von Apparaten S. 14, 125.  
 — von Elektrizitätzählern S. 429.  
 — von Handapparaten S. 351.  
 — von Handbohrmaschinen S. 361.  
 — von Handschleifmaschinen S. 365.  
 — von Hauptleitungs-Abzweigen S. 531.  
 — von Heizgeräten S. 379.  
 — von Hochspannungsapparaten S. 582.  
 — von Installationsmaterial S. 505.  
 — von Meßgeräten S. 400.  
 — von Meßwandlern S. 417.  
 — von Nulleitern S. 166.  
 — von Poliermaschinen S. 369.  
 — von Schaltgeräten S. 564.  
 — von Schleifmaschinen S. 369.  
 — von Steckvorrichtungen S. 16, 128.  
 — von Support-Schleifmaschinen S. 365.  
 — Zweck der S. 74, 75, 91, 92, 93.  
 Erdungsschalter für Antennen S. 671.

- Erdungswiderstand S. 76, 90.  
 — Messung des S. 87.  
 Erdzuleitungen S. 8, 81, 94, 121, 167.  
 — für Antennen S. 671.  
 Erhöhte Sicherheit bei Freileitungen S. 466.  
 Errichtungsvorschriften f. Freileitungen zu Hebezeugen und Transportgeräten S. 473.  
 — für Fernmeldeanlagen S. 614.  
 — f. landwirtschaftliche Anlagen S. 63.  
 — für Starkstromanlagen S. 1.  
 Erste Hilfe bei Unfällen S. 52, 152, 153, 610.  
 Erwärmung bei Meßwandlern S. 416, 422.  
 — nach R.A.B. S. 331.  
 — nach R.E.A. S. 307.  
 — nach R.E.B. S. 280.  
 — nach R.E.M. S. 214.  
 — nach R.E.T. S. 251, 268.  
 Erwärmungsprobe nach R.E.S. S. 568.  
 Explosionsgefährliche Räume S. 38, 56, 157.  
 — — Begriffserklärung S. 6, 120.  
 — — bei Fernmeldeanlagen S. 615.  
 Fahrbremsschaltungen (R.A.B.) S. 329.  
 Fahrleitungen, Arbeiten an S. 158.  
 — für Bagger S. 49.  
 — für Bahnen S. 148.  
 — für Hebezeuge und Transportgeräte S. 473.  
 — für Streckenförderung S. 45.  
 Fahrschaltungen (R.A.B.) S. 329.  
 Fahrschienen S. 160.  
 Fahrzeuge für Bahnen S. 150.  
 — für Streckenförderung S. 46.  
 Fangstangen gegen Überspannungen S. 111.  
 Faßausleuchter S. 23.  
 Fassungen S. 19, 66, 130.  
 — für Christbaum-Beleuchtungen S. 357.  
 — für Stehlampen S. 352.  
 — Konstruktion S. 520.  
 — Röhren- f. Funkgeräte. S. 678.  
 Fassungsadern S. 23, 134, 357.  
 — Vorschriften S. 482.  
 Fassungsringe, S. 521.  
 Fernmelde-Anlagen, Annäherung an elektrische Bahnen S. 731.  
 — Annäherung an Starkstromleitungen S. 724, 729, 733.  
 — Anschluß an Niederspannungsnetze S. 630, 633.  
 — Errichtungsvorschriften S. 614.  
 — im Freien S. 621.  
 — in verschiedenen Räumen S. 621.  
 — isolierte Leitungen S. 625.  
 — Maßnahmen bei Näherungen mit Drehstromanlagen S. 643.  
 Fernmelde-Freileitungen S. 31, 141, 446, 450, 643, 670, 715, 724, 729, 731, 733.  
 — — Kreuzungen mit Antennen S. 670.  
 — — Näherungen an Drehstromleitungen S. 643.  
 Fernschalter (R.E.S.) S. 547.  
 Fernsprech-Anlagen s. Fernmelde-Anlagen.  
 Feuchte Räume S. 37, 146.  
 — — Begriffserklärung S. 6, 120.  
 — — bei Fernmeldeanlagen S. 621.  
 Feuchtigkeitsprobe bei Empfangsgeräten und Einzelteilen für Rundfunk S. 676.  
 — bei Netzanschlußgeräten S. 675.  
 — bei Verbindungsgeräten S. 673.  
 Feuchtigkeitsichere Gegenstände S. 5, 119, 504, 615.  
 Feuergefährliche Betriebsräume, Erklärung S. 6.  
 — — bei Fernmeldeanlagen S. 615.  
 Feuergefährliche Betriebstätten und Lagerräume S. 6, 38.  
 — — bei Fernmeldeanlagen S. 615.  
 Feuerlöschung in elektrischen Anlagen S. 606.  
 Fernmeldeanlagen S. 622.  
 Feuersichere Gegenstände S. 5, 119, 504, 615.  
 Feuersicherheit bei Isolierstoffen S. 180, 192.  
 Fiber als Isolierstoff S. 9.  
 Flüssigkeitsanlasser S. 61.  
 — (R.E.A.) S. 305.

- Formelzeichen des AEF S. 750.  
 Forste, Führung von Freileitungen durch S. 468.  
 Fortbildungskurse für Monteure S. 704.  
 Fortkochzahl bei Heizgeräten S. 373.  
 Freileitungen S. 29, 140, 615.  
 — AnnäherunganPostleitungen S. 643, 724, 729, 733.  
 — Apparate an S. 29, 140, 586.  
 — Arbeiten an S. 56, 157.  
 — Begriffserklärung S. 5, 119, 615.  
 — Bruchsichere Führung bei Postkreuzungen S. 733.  
 — Fernmelde- S. 31, 57, 141, 157, 446, 450, 643, 670, 715, 724, 729, 731, 733.  
 — — Näherungen an Drehstromleitungen S. 643.  
 — Kreuzungen mit Antennen S. 669.  
 — — mit Postleitungen S. 724, 729, 733.  
 — — mit Reichsbahnen(B.K.V.) S. 708.  
 — Merkblätter für Verhaltensmaßregeln gegenüber S. 469.  
 — Schutz gegen Überspannungen S. 109.  
 — Verdrellung gegen Schwachstrombeeinflussung S. 646.  
 — Vorschriften S. 445.  
 Freileitungsisolatoren S. 464, 466, 589, 599, 718, 734.  
 Fremdlüftung nach R.E.B. S. 276.  
 — nach R.E.M. S. 209.  
 — nach R.E.T. S. 246.  
 Fremdströme S. 166.  
 Frequenz, Hoch- S. 663, 665, 672, 674, 676.  
 — Nenn- S. 205, 245, 273, 346, 415.  
 Frequenzmesser, Regeln für S. 394.  
 Frostbeständigkeit bei Isolierstoffen S. 192.  
 Führung, bruchsichere bei Kreuzung von Postleitungen S. 733.  
 Fundamente für Gestänge von Freileitungen S. 465, 739.  
 Funkanlagen, Antennen S. 665.  
 — Geräte und Einzelteile S. 676.  
 — Netzanschlußgeräte S. 674.  
 — Verbindungsgeräte S. 672.  
 Funkenstrecken bei Antennen S. 671.  
 — bei Überspannungsableitern S. 112.  
 Galvanische Elemente S. 635.  
 Gas- und Wasserröhren, Schutzvorschriften gegen Bahnströme S. 159.  
 Gebäude, Versorgung mit Elektrizität S. 681.  
 Gebrauchsspannung, effektive S. 5, 50, 118.  
 Geerdete Leitungen S. 15, 37, 126, 146.  
 Geflickte Sicherungstöpsel S. 17, 128.  
 Gelenklampen, Vorschriften S. 354, 356.  
 Generator, Begriffserklärung S. 206, 274.  
 — Schutz gegen Überspannungen S. 105.  
 Generatorverfahren nach R.E.B. S. 294.  
 — nach R.E.M. S. 228.  
 Geräteanschlußschnüre für Heizgeräte S. 373.  
 Gerätearten (R.E.S.) S. 550.  
 Gerätesteckvorrichtungen für Heizgeräte S. 378.  
 Geräte zum Rundfunkempfang — Empfangsgeräte S. 679.  
 — Netzanschlußgeräte S. 674.  
 — Verbindungsgeräte S. 672.  
 Geringstzulässige Querschnitte für Leitungen S. 25, 136.  
 Geschlossene Kapselung als Schlagwetterschutz S. 59.  
 Gestänge für Außenantennen S. 667.  
 — für Freileitungen S. 454, 464, 737.  
 Gestreckte Leiter, Elektrische Eigenschaften S. 496.  
 Getränkte Räume, Begriffserklärung S. 6, 120.  
 — — bei Fernmeldeanlagen S. 615, 621.  
 Gitterableitungswiderstände S. 678.  
 Gittermaste S. 30, 79, 80, 140, 457, 737.  
 Gleichrichter in Fernmeldeanlagen S. 616.

- Glühlampen S. 19, 20, 41, 48, 130, 131.  
 Glühlampenfassungen und -füße S. 19, 66, 130, 352, 357, 520.  
 Goliath-Edisonsockel S. 18, 19.  
 Grenzbürde S. 414.  
 Griffauskleidungen S. 14, 22, 125, 132.  
 Griffdorne S. 14, 126.  
 Griffe S. 13, 15, 125, 126.  
 Grubenbahnen s. Streckenförderung.  
 Grubenräume, Schlagwettergefährliche S. 6, 44.  
 Gummiaderdraht  
 — Normen S. 626.  
 — Vorschriften S. 478.  
 Gummiaderleitungen S. 23, 134.  
 — Vorschriften S. 478.  
 Gummiaderschnüre S. 23, 134.  
 — Vorschriften S. 483.  
 Gummibleikabel S. 24, 34, 134, 144.  
 — Vorschriften S. 490.  
 Gummimischung bei isolierten Leitungen S. 477.  
 Gummischlauchleitungen S. 22, 24, 62, 132, 134, 379.  
 — Vorschriften S. 485.  
**Hahnfassungen** S. 19, 130, 520.  
 Handapparate S. 18, 129.  
 — Leitsätze für S. 350.  
 Handbohrmaschinen S. 19, 130.  
 — Bewertung u. Prüfung S. 359.  
 Handgeräte, Einbauschalter S. 353.  
 — Vorschriften S. 544.  
 Handleuchter S. 21, 36, 131, 146.  
 — Konstruktion S. 524.  
 Handmagnete S. 350.  
 Handräder S. 13, 125, 330.  
 Handschleifmaschinen S. 19, 130.  
 — Bewertung und Prüfung S. 363.  
 Hängeisolatoren S. 30, 80, 140, 466.  
 — Prüfung S. 599.  
 Hauptleitung-Abzweigkasten S. 529.  
 Haushaltsmotoren S. 350.  
 Hebelschalter S. 14, 35, 126, 145.  
 — (R.E.S.) S. 547.  
 Hebezeuge S. 36.  
 — Fahrleitungen S. 473.  
 — (R.A.B.) S. 325.  
 Heiße Räume, Begriffserklärung S. 6.  
 — — b. Fernmeldeanlagen S. 621.  
 Heißluftapparate S. 350.  
 Heizgeräte S. 14, 125.  
 — Vorschriften S. 371.  
 Heizkissen S. 383.  
 Heizkörper S. 372.  
 Heizleiter S. 372, 377.  
 Heizstrom, Entnahme aus Starkstromleitungen S. 674.  
 Heizwiderstände für Funkgeräte S. 678, 679.  
 Hewlett-Isolatoren S. 601.  
 Hilfeleistung bei Unfällen S. 52, 152, 153, 610.  
 Hilfschalter (R.E.A.) S. §02.  
 Hochantennens. Außenantennen.  
 Hochfrequenztelephonie, Sicherheitsvorschriften S. 663.  
 Hochspannung S. 5, 50, 118.  
 — Arbeiten unter S. 55, 156.  
 — Berührungsschutz S. 7, 10, 11, 35, 37, 120, 122, 145, 146, 150, 351, 353, 357, 372.  
 — Sicherung der Hochfrequenztelephonie S. 663.  
 — Übertritt von S. 8, 120.  
 Hochspannungsanlagen, Begriffserklärung S. 5, 50, 156.  
 — Erdung S. 71.  
 — in der Landwirtschaft S. 69.  
 — Verhütung von Überspannungschäden S. 104.  
 Hochspannungsapparate S. 15, 126.  
 — Leitsätze S. 579.  
 Hochspannungs-Freileitungen S. 31, 141, 445, 467, 643, 708, 724, 729, 733.  
 — — Kreuzungen mit Antennen S. 669.  
 Hochspannungsisolatoren S. 30, 140, 466.  
 — Prüfung S. 599.  
 Hochspannungsleitungen, in Gebäuden S. 32, 143.  
 — Verlegung von S. 26, 137.  
 Hochspannungsschalter S. 15, 126.  
 Hochspannungsschnüre S. 24, 134.  
 — Vorschriften S. 488.  
 Höchststromschalter (R.E.S.) S. 547.  
 Holz als Baustoff S. 9, 11, 16, 123, 127, 151.

- Holzgestänge S. 31, 78, 141, 459, 737.  
 Holzleisten S. 33, 143, 151.  
 Holzmasse S. 30, 78, 141, 459, 737.  
 Horizontalebeleuchtung bei Bühnen S. 43.  
 Hubwerkschaltungen (R.A.B.) S. 329.
- Induktoren, Ruf- in Fernmeldeanlagen S. 616.  
 Innenporzellane S. 589.  
 Installationen im Freien S. 32, 142, 621.  
 — in Gebäuden S. 32, 142, 620.  
 Installationsmaterial S. 11, 13, 14, 16, 17, 123, 124, 125, 127.  
 — Konstruktion und Prüfung S. 503.  
 Isolationsprüfung S. 9, 121, 429, 624.  
 Isolationswiderstand bei Elektrizitätszählern S. 429.  
 — bei Funkgeräten S. 679.  
 — bei Isolierstoffen S. 193.  
 Isolationszustand in Bahnanlagen S. 121.  
 — in Fernmeldeanlagen S. 624.  
 — in Starkstromanlagen S. 9.  
 Isolatoren S. 30, 80, 140, 464, 466, 589, 599, 718, 734.  
 — für Fahrleitungen zu Hebezeugen und Transportgeräten S. 474.  
 — Normen und Prüfvorschriften S. 589.  
 Isolatorstützen S. 31, 78, 141, 464, 589, 718, 734.  
 Isolierfestigkeit bei Meßwandlern S. 417.  
 — nach R.E.A. S. 319.  
 — nach R.E.B. S. 287.  
 — nach R.E.M. S. 221.  
 — nach R.E.T. S. 258, 268.  
 Isoliertglocken S. 33, 143.  
 Isolierkörper S. 27, 33, 137, 143.  
 Isolierrohre S. 26, 27, 28, 33, 34, 137, 138, 139, 144.  
 — Vorschriften S. 525.  
 Isolierstoffe S. 9, 121.  
 — Prüfvorschriften S. 177.  
 Isolierte Leitungen, Belastungstafeln S. 25, 135, 496.  
 — — Bemessung S. 24, 135.  
 — — Beschaffenheit S. 23, 133.
- Isolierte Leitungen für Christbaum-Beleuchtungen S. 357.  
 — — für Heizgeräte S. 379.  
 — — für Stehlampen S. 353.  
 — — in Fernmeldeanlagen S. 618.  
 — — — Normen S. 625.  
 — — in Starkstromanlagen S. 23, 133.  
 — — — Vorschriften S. 476.  
 — — Kennfäden S. 478, 625.  
 — — Verlegung v. S. 27, 137, 618.  
 Isolier- und Befestigungskörper S. 27, 33, 138, 143.  
 Isolierung von Außenantennen S. 667.
- K**abel S. 24, 28, 34, 35, 135, 138, 144, 145.  
 — Arbeiten an S. 56, 157.  
 — Belastungstafeln S. 25, 135, 497.  
 — Bewehrung S. 8, 494.  
 — Bleimantel S. 8, 35, 145, 165, 494.  
 — Brennbare Umhüllung S. 35, 145.  
 — Eisenbewehrung S. 8, 497.  
 — für Fernmeldeanlagen (Normen) S. 629.  
 — für Starkstromanlagen (Vorschriften) S. 490.  
 — Prüfdrähte S. 35, 145, 494.  
 — Prüfung S. 495.  
 — Schutz gegen Überspannungen S. 109.  
 — Verlegung von S. 28, 138, 497, 621.  
 — Zwischen- gegen Überspannungen S. 113.  
 Kabelrollen S. 590.  
 Kabelsteine S. 723.  
 Kappenisolatoren S. 601.  
 Kapselung bei Meßgeräten S. 397.  
 — gegen Schlagwetter S. 59.  
 — nach R.E.A. S. 303.  
 — nach R.E.B. S. 277.  
 — nach R.E.M. S. 210.  
 — nach R.E.S. S. 554.  
 — v. Handbohrmaschinen S. 359.  
 — von Hand-Schleifmaschinen S. 363.  
 — v. Poliermaschinen S. 367.  
 — v. Schleifmaschinen S. 367.  
 — v. Support-Schleifmaschinen S. 363.

- Kennfäden für isolierte Leitungen S. 478, 625.  
 Kennfarben für blanke Leitungen S. 58, 153.  
 Klassenzeichen für Meßgeräte S. 394, 411.  
 — für Meßwandler S. 413, 418.  
 Kleinmotoren (R.E.M.) S. 237.  
 Kleintransformatoren S. 630.  
 Klemmen für Funkgeräte S. 677.  
 — für Hauptleitung-Abzweigungskasten S. 531.  
 — für Schalttafeln S. 12, 124.  
 — für Zähler S. 426.  
 — Porzellan- S. 590.  
 Klemmenbezeichnung S. 337.  
 Klingeltransformatoren S. 630.  
 Kochgeräte S. 14, 125.  
 — Vorschriften S. 371.  
 Kochplatten S. 374, 385.  
 Kochtöpfe S. 374.  
 Kommutierung nach R. E. B. S. 286.  
 — nach R. E. M. S. 220.  
 Kompensierung von Erdschluß als Schutz gegen Überspannungen S. 111.  
 Kondensatoren für Meßgeräte S. 410.  
 — für Rundfunk S. 677.  
 — gegen Überspannungen S. 113.  
 Konstruktion von Dosenschaltern S. 506, 536.  
 — von Drehschaltern S. 506, 536.  
 — von Handapparaten S. 350.  
 — von Handleuchtern S. 524.  
 — von Hebelschaltern (R.E.S.) S. 547.  
 — von Hochspannungsapparaten S. 579.  
 — von Installationsmaterial S. 503.  
 — von Schaltgeräten (R.E.S.) S. 547.  
 — von Sicherungen S. 517.  
 — von Steckvorrichtungen S. 511, 538, 541.  
 Kontaktarten (R.E.S.) S. 550.  
 Krampen S. 33, 143.  
 Kreuzungen stromführender Leitungen S. 29, 139, 467.  
 — von Antennen mit Bahnen S. 669.  
 — v. Antennen mit Fernmeldeleitungen S. 670.  
 Kreuzungen von Antennen mit Starkstromleitungen S. 669, 670.  
 — von Postleitungen S. 724, 729, 731, 733.  
 — von Reichsbahnen (B.K.V.) S. 708.  
 Kriechströme an Isolatoren S. 15, 126.  
 — bei Handgeräte-Einbausaltern S. 545.  
 — bei Heizgeräten S. 373.  
 — bei Installationsmaterial S. 504.  
 — bei Meßgeräten S. 399, 404.  
 — bei Schaltgeräten (R. E. S.) S. 559.  
 Küchengeräte S. 386.  
 Kugeldruckhärte bei Isolierstoffen S. 180, 189.  
 Kühlungsarten bei Schleif- und Poliermaschinen S. 367.  
 — nach R.E.A. S. 305.  
 — nach R.E.B. S. 276.  
 — nach R.E.M. S. 209.  
 — nach R.E.T. S. 246.  
 Kulissenbeleuchtung bei Bühnen S. 42.  
 Künstliche Atmung S. 610.  
 Kupferkalotten bei Ölprüfungen S. 202.  
 Kupferleiter, Beschaffenheit S. 477.  
 Kupfernormen S. 173.  
 Kurzschlußfestigkeit bei Stromwandlern S. 420.  
 — nach R.E.B. S. 286.  
 — nach R.E.T. S. 262, 269.  
 Kurzschlußstrom nach R.E.M. S. 221.  
 — nach R.E.T. S. 245, 268.  
 Kurzschlußspannung (R.E.T.) S. 245, 267.  
 Kurzschlußverfahren (R.E.M.) S. 229.  
 Kurzzeitiger Betrieb S. 7, 25, 120, 136.  
 — (R.A.B.) S. 325.  
 Laboratorien S. 39, 40, 147, 148.  
 — Betriebsvorschriften S. 57, 158.  
 Lackaderdraht S. 618.  
 — Normen S. 626.  
 Lackierung v. Metallteilen S. 9, 121, 505, 563.

- Lagerräume, explosionsgefährliche, S. 6, 38, 56, 120, 143, 147, 157.  
 — — bei Fernmeldeanlagen S. 615, 621.  
 — feuergefährliche S. 6, 38, 120, 146, 147.  
 — — bei Fernmeldeanlagen S. 615, 621.  
 — mit ätzenden Dünsten S. 38, 56, 146, 147, 157.  
 — — bei Fernmeldeanlagen S. 615, 622.  
 Lagezeichen für Meßgeräte S. 411.  
 Lampen, Regeln für die Bewertung S. 391.  
 Lampenkörper für Stehlampen S. 353.  
 Lampenöfen S. 374, 386.  
 Lampensockel S. 520.  
 Landwirtschaft, Behandlung elektr. Starkstromanlagen in der S. 67.  
 — Errichtung S. 63.  
 — Hochspannung S. 69.  
 Landwirtschaftlicher Betrieb S. 250.  
 Leben, Anlagen zur Sicherung von S. 622.  
 Leichte Anschlußleitungen S. 24, 134.  
 — Vorschriften S. 484.  
 Leistung, Beharrungs- S. 25, 136.  
 — Nenn- S. 205, 244, 273, 346.  
 Leistungsfaktor S. 207, 275, 346.  
 Leistungsfaktormesser S. 18, 40, 129.  
 — Regeln für S. 394.  
 Leistungsmesser S. 18, 40, 129.  
 — Regeln für S. 394.  
 Leistungsmeßverfahren nach R.E.B. S. 292.  
 — nach R.E.M. S. 226.  
 Leistungsschild S. 10, 11, 122, 123.  
 — für Elektrizitätzähler S. 428.  
 — für Handbohrmaschinen S. 361, 363.  
 — für Hand-Schleifmaschinen S. 365.  
 — für Heizgeräte S. 380.  
 — für Hochspannungsapparate S. 584.  
 — für Meßgeräte S. 407.  
 Leistungsschild für Meßwandler S. 421, 424.  
 — für Poliermaschinen S. 370.  
 — für Schleifmaschinen S. 370.  
 — für Support-Schleifmaschinen S. 365.  
 — nach R.A.B. S. 330, 333, 335.  
 — nach R.E.A. S. 318.  
 — nach R.E.B. S. 296.  
 — nach R.E.M. S. 233.  
 — nach R.E.S. S. 567.  
 — nach R.E.T. S. 264, 269.  
 Leiter, elektrische Eigenschaften gestreckter S. 498.  
 Leitungen S. 23, 133.  
 — Abzweigkasten für S. 529.  
 — Abstände S. 27, 138.  
 — Belastungstafeln S. 25, 135, 496.  
 — Bemessung S. 24, 135, 496.  
 — Fahr- für Bagger S. 49.  
 — — für Bahnen S. 148.  
 — — für Hebezeuge und Transportgeräte S. 473.  
 — — für Streckenförderung S. 45.  
 — Frei- S. 5, 29, 119, 140, 615.  
 — — Vorschriften S. 445.  
 — für Beleuchtungskörper S. 23, 134.  
 — für Christbaum-Beleuchtungen S. 357.  
 — für feste Verlegung S. 23, 134, 618.  
 — für Handapparate S. 350.  
 — für Heizgeräte S. 379.  
 — für ortsveränderliche Stromverbraucher S. 23, 134.  
 — für Stehlampen S. 353.  
 — geerdete S. 26, 137.  
 — geringstzulässige Querschnitte S. 25, 136.  
 — im Freien S. 5, 32, 142.  
 — in Gebäuden S. 32, 142, 143.  
 — — — für Fernmeldeanlagen S. 618.  
 — isolierte, für Fernmeldeanlagen S. 618.  
 — — — Normen S. 625.  
 — isolierte, für Starkstromanlagen S. 23, 24, 25, 26, 48, 133, 134, 135, 136.  
 — — — Vorschriften S. 476.  
 — in Rohren S. 34, 144.  
 — Kennfäden S. 478, 625.

- Leitungen, Kennfarben für  
 — blanke S. 58, 153.  
 — Mehrfach- S. 28, 32, 37, 138,  
 142, 146.  
 — — — Vorschriften S. 478.  
 — Normale Querschnitte S. 25,  
 135, 496.  
 — Speise- für Bahnen S. 148.  
 — wetterfest umhüllte S. 23,  
 30, 65, 134, 140.  
 — — — Normen S. 499.  
 Leitungsanschluß S. 29, 139.  
 Leitungskreuzungen S. 29, 139.  
 — Kennzeichnung S. 344.  
 Leitungskupfer, Normen S. 173.  
 Leitungstrossen S. 24, 43, 134.  
 — Vorschriften S. 489.  
 Leitungsverbindungen S. 29, 139.  
 Leitungsverdrillung gegen  
 — Schwachstrombeeinflussung  
 S. 646.  
 Leitungsverlegung S. 26, 137.  
 — in Fernmeldeanlagen S. 618.  
 — in Funkgeräten S. 679.  
 Lichtbogensicherheit bei Isolier-  
 — stoffen S. 184, 195.  
 Licht, Regeln für die Bewertung  
 S. 391.  
 Linearheizung S. 386.  
 Luftkühlung nach R.E.A. S. 305.  
 — nach R.E.B. S. 276.  
 — nach R.E.M. S. 209.  
 — nach R.E.T. S. 246.  
 Luftleiter s. Antennen.  
 Luftstrecken (R.E.S.) S. 559.  
**Magnetbremslüfter (R.A.B.)**  
 S. 333.  
 Mantelkühlung bei Schleif- und  
 — Poliermaschinen S. 367.  
 — nach R.E.B. S. 277.  
 — nach R.E.M. S. 210.  
 Marmor S. 9.  
 Martensprobe bei Isolierstoffen  
 S. 179, 191.  
 Maschinen S. 10, 121.  
 — Anlauf (R.E.M.) S. 220.  
 — Betriebsarten nach R.E.B.  
 S. 278.  
 — — nach R.E.M. S. 212.  
 — Drehzahl nach R.E.B. S. 273.  
 — — nach R.E.M. S. 207, 232.  
 — Erwärmung nach R.E.B.S. 280.  
 — — nach R.E.M. S. 214.  
 — in Fernmeldeanlagen S. 616.  
 — Isolierung nach R.E.B. S. 285.  
 Maschinen, Isolierung nach  
 R.E.M. S. 218.  
 — Klemmenbezeichnung S. 337.  
 — Kommutierung nach R.E.B.  
 S. 286.  
 — — nach R.E.M. S. 220.  
 — mit Führerbegleitung S. 36.  
 — — —, Fahrleitungen S. 473.  
 — — — (R.A.B.) S. 325.  
 — Regeln für die Bewertung  
 und Prüfung (R.E.B.) S. 271.  
 — — für die Bewertung und  
 Prüfung (R.E.M.) S. 204.  
 — Schilder nach R.E.B. S. 296.  
 — — nach R.E.M. S. 233.  
 — Schlagwetter- Schutzvorrich-  
 — tungen S. 59.  
 — Schutzarten bei Schleif- und  
 — Poliermaschinen S. 367.  
 — — nach R.E.B. S. 277.  
 — — nach R.E.M. S. 210.  
 — Schutz gegen Überspannun-  
 — gen S. 105, 109.  
 — Spannungsänderung (R.E.M.)  
 S. 230.  
 — Transport- S. 36.  
 — — (R.A.B.) S. 325.  
 — Überlastung nach R.E.B.  
 S. 286.  
 — — nach R.E.M. S. 220.  
 — Wirkungsgrad nach R.E.B.  
 S. 291.  
 — — nach R.E.M. S. 225.  
 Maschinenleuchter S. 22, 133.  
 Massageapparate S. 14, 350.  
 Maßeinheiten des A E F S. 754.  
 Maßnahmen an Fernmelde- und  
 — an Drehstromanlagen im Hin-  
 — blick auf gegenseitige Näh-  
 — erungen S. 643.  
 — zur Vorbeugung gegen Über-  
 — spannungen in Hochspan-  
 — nungsanlagen S. 104.  
 — — — in Niederspannungs-  
 — anlagen S. 114.  
 Maste S. 30, 78, 79, 80, 81, 140,  
 454, 737.  
 Materialerprobungen bei Isola-  
 — toren S. 595, 599.  
 Mathematische Zeichen des A E F  
 S. 755.  
 Maximalschalter s. Höchststrom-  
 — schalter.  
 Mechanische Prüfung bei Isola-  
 — toren S. 596, 600.  
 — — bei Isolierstoffen S. 177.



- Mehrfachleitungen, ungeschützte S. 28, 32, 37, 138, 142, 146.  
 — — Vorschriften S. 478.  
 Mehrfacherdschluß S. 76, 91.  
 Mehrleiterkabel S. 24, 134.  
 — Vorschriften S. 493.  
 Mehrphasenwandler S. 423.  
 Merkblätter betr. Verhalten gegenüber Freileitungen S. 469.  
 — für die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft S. 67.  
 Messerschalter (R.E.S.) S. 547.  
 Meßgeräte S. 18, 40, 129, 227, 292.  
 — Regeln für S. 394.  
 Messung von Elementen S. 637.  
 — v. Erdungswiderständen S. 87.  
 — von Nulleiterströmen S. 167.  
 Meßwandler S. 18, 40, 129.  
 — Beglaubigung S. 746.  
 — Bewertung u. Prüfung S. 413.  
 — Klemmenbezeichnung S. 337, 416.  
 Meßwerke, Symbole S. 411.  
 Metallanlasser (R.E.A.) S. 305.  
 Metallene Griffauskleidungen S. 14, 22, 125, 132.  
 Metalldrahtlampen S. 19, 20, 41, 48, 130, 131.  
 Metallrohre S. 26, 27, 28, 33, 34, 137, 139, 144.  
 — Vorschriften S. 525.  
 Metallteile, Emaillierung und Lackierung von S. 9, 121, 505, 563.  
 Mignon-Lampensockel S. 19, 130, 520.  
 Modellprüfung (R.E.S.) S. 568.  
 Monteurfortbildung S. 704.  
 Motor, Begriffserklärung S. 206.  
 Motorbremslüfter (R.A.B.) S. 333.  
 Motoren S. 10, 121.  
 — Anschlußbedingungen S. 345.  
 — in der Landwirtschaft S. 66.  
 — Schlagwetter-Schutzvorrichtungen S. 59.  
 — Schutz gegen Überspannungen S. 109, 110.  
 Motorverfahren nach R.E.B. S. 293.  
 — nach R.E.M. S. 228.  
 Muffentüllen S. 590.  
 Näherungen zwischen Fernmelde-Freileitungen und Drehstromleitungen S. 643.  
 Nennaufnahme S. 346, 373.  
 Nennbetrieb S. 205, 244, 273.  
 Nennbürde S. 414.  
 Nennfrequenz S. 205, 244, 273, 346.  
 Nenninhalt S. 372.  
 Nennleistung S. 205, 244, 273, 346.  
 Nennleistungsfaktor S. 230, 273, 346.  
 Nennschaltleistung (R.A.B.) S. 326.  
 Nennspannung S. 205, 244, 273, 346, 561.  
 Nennstromstärke S. 205, 244, 273, 326, 346, 561.  
 Netzanschlußgeräte für Rundfunk S. 674.  
 Netzbezeichnungen S. 343.  
 Niederfrequenztransformatoren S. 678.  
 Niederfrequenzverstärker S. 680.  
 Niederspannungsanlagen S. 5, 50, 118.  
 — Erdungen S. 90.  
 — Freileitungen S. 445.  
 — Nullung S. 90.  
 — Verhütung von Überspannungsschäden S. 114.  
 Niederspannungsleitungen, Kreuzungen mit Antennen S. 670.  
 Nippel S. 524.  
 Normale Querschnitte für Antennen S. 666.  
 — — f. Fahrleitungen zu Hebezeugen und Transportgeräten S. 474.  
 — — für Freileitungen S. 445, 735.  
 — — für Leitungen S. 25, 135.  
 Normale Stromstärken S. 172.  
 Normal-Lampensockel S. 520.  
 Normalspannungen S. 168, 170.  
 Normblätter, DIN VDE S. 757.  
 Nulleiter S. 5, 7, 8, 15, 18, 23, 35, 126, 134, 145.  
 — Anfressungsgefährdung S. 164.  
 — Erdung S. 167.  
 Nulleiterdrähte S. 23, 134.  
 — Normen S. 500.  
 Nulleiterströme S. 167.  
 Nullpunktswiderstand gegen Überspannungen S. 110.  
 Nullung S. 7.

- Nullung, Leitsätze S. 90.  
 — Zweck der S. 92, 93.
- Oberflächenprüfung** bei Isolatoren S. 596, 600.
- Oberflächenwiderstand** bei Isolierstoffen S. 181, 192.
- Oberlicht** bei Bühnen S. 43.
- Öfen** S. 14, 124, 374, 386.
- Offene Schmelzsicherungen** (R.E.S.) S. 561.
- Öl**, Vorschriften für Transformatoren- und Schalter- S. 196.
- Ölanlasser** (R.E.A.) S. 305.
- Ölfernshalter** (R.E.S.) S. 547.
- Ölkapselung** als Schlagwetter-schutz S. 60.
- Ölkühlung** nach R.E.A. S. 305.  
 — nach R.E.B. S. 276.  
 — nach R.E.T. S. 246.
- Ölschalter** S. 15, 35, 126, 145.  
 — Konstruktion (R.E.S.) S. 547.  
 — Schlagwetter-Schutzvorrichtungen S. 59.  
 — Schutzschalter für S. 15.  
 — Überspannungsschutz für S. 108.
- Öselbstschalter** S. 15, 35, 126, 145.  
 — — für Hochspannung S. 583.  
 — (R.E.S.) S. 547.
- Ortsfeste Apparate** S. 14, 125.
- Ortsfeste Motoren** S. 66.
- Ortsveränderliche Apparate** S. 14, 19, 125, 130.
- Ortsveränderliche Beleuchtungskörper** S. 21, 131.
- Ortsveränderliche Betriebseinrichtungen** S. 49.
- Ortsveränderliche Leitungen** S. 23, 29, 134, 137.  
 — — Vorschriften S. 483.
- Ortsveränderliche Motoren** S. 66.
- Ortsveränderliche Stromverbraucher, Leitungen** für S. 23, 29, 134, 137, 483.
- Ortsveränderliche Werk-tischleuchter** S. 22, 133.
- Panzeradern** S. 23, 134.  
 — Vorschriften S. 482.
- Panzerrohre** S. 26, 27, 28, 33, 34, 64, 137, 138, 139, 144.  
 — Vorschriften S. 525.
- Papierbleikabel** S. 24, 134.  
 — Vorschriften S. 492.
- Papierrohre** S. 26, 27, 28, 33, 34, 137, 138, 139, 144.
- Papierrohre, Vorschriften** S. 525.
- Parallelbetrieb** bei Transformatoren (R.E.T.) S. 263, 269.
- Pauschalfassungen** S. 522.
- Pendelschlagwerk** bei Prüfung von Isolierstoffen S. 178, 186.
- Pendelschnüre** S. 23, 25.  
 — Vorschriften S. 483.
- Phasenmesser, Regeln** für S. 394.
- Photometrische Einheiten** S. 390.
- Plattenschutzkapselung** als Schlagwitterschutz S. 60.
- Poliermaschinen, Bewertung und Prüfung** S. 367.
- Polizeirufanlagen** S. 622.
- Polwechsler** in Fernmeldeanlagen S. 617.
- Porzellan** für Innenräume S. 589.  
 — Isolatoren S. 30, 80, 140, 464, 589, 719, 734.  
 — Klemmen S. 590.  
 — Prüfung S. 594, 599.  
 — Rollen S. 590.  
 — Tüllen S. 590.
- Postkreuzungen, bruchsichere Führung** S. 733.  
 — mit Antennen S. 670.  
 — mit Bahnen S. 731.  
 — mit Freileitungen S. 724, 729, 733.
- Postleitungen, Annäherung an elektrische Bahnen** S. 731.  
 — — — Starkstromleitungen S. 643, 724, 729, 733.  
 — Beeinflussung S. 643.  
 — Bruchsichere Führung von Starkstromleitungen über S. 733.
- Praktikantenausbildung** S. 687.
- Probenform** bei Isolierstoffen S. 177, 186.
- Provisorische Einrichtungen** S. 39, 40, 147, 148.  
 — — Betriebsvorschriften S. 57, 158.
- Prüfdrähte** S. 35, 145, 494.
- Prüffelder** S. 40, 148.  
 — Betriebsvorschriften S. 57, 158.
- Prüfkapazität** für Drosselspulen gegen Überspannungen S. 112.  
 — nach R.E.B. S. 289.  
 — nach R.E.M. S. 224.  
 — nach R.E.T. S. 260.

- Prüfung der Zulässigkeit von Näherungen zwischen Fernmelde-Freileitungen und Drehstromleitungen S. 652.
- von Anlassern (R.E.A.) S. 301.
  - von Bahnmotoren (R.E.B.) S. 271.
  - von Bremslüftern (R.A.B.) S. 334.
  - von Dosenschaltern S. 508.
  - von Drehschaltern S. 508.
  - von Eisenblech S. 175.
  - v. Elektrowerkzeugen S. 359, 363, 367.
  - von Erdungen S. 87, 96.
  - von Funkgeräten S. 676.
  - von Handapparaten S. 350.
  - v. Handbohrmaschinen S. 359.
  - von Handschleifmaschinen S. 363.
  - von Hängeisolatoren S. 599.
  - von Heizgeräten S. 380.
  - von Hochspannungsapparaten S. 579.
  - von Isolatoren S. 594.
  - von Isolierstoffen S. 177.
  - von isolierten Leitungen für Fernmeldeanlagen S. 625.
  - — — für Starkstromanlagen S. 476.
  - v. Installationsmaterial S. 503.
  - von Kabeln S. 495.
  - von Maschinen nach R.E.B. S. 271.
  - — — nach R.E.M. S. 204.
  - von Meßwandlern S. 413.
  - von Poliermaschinen S. 367.
  - v. Porzellanisolatoren S. 594.
  - von Rundfunkgeräten S. 676.
  - von Schaltgeräten (R.E.S.) S. 567.
  - von Schalterölen S. 196.
  - von Schienenstoßverbindungen S. 163.
  - von Schleifmaschinen S. 367.
  - von Sicherungen S. 517.
  - v. Steckvorrichtungen S. 511.
  - von Steuergeräten (R.A.B.) S. 328.
  - — — (R.E.A.) S. 301.
  - v. Support-Schleifmaschinen S. 363.
  - von Transformatoren nach R.E.B. S. 271.
  - — — nach R.E.T. S. 239, 267.
  - v. Transformatorenölen S. 196.
- Prüfung v. Werkzeugmaschinen S. 359, 363, 367.
- von Widerstandsgeräten (R.A.B.) S. 332.
- Quecksilberthermometer** nach R.E.B. S. 282.
- nach R.E.M. S. 216.
  - nach R.E.S. S. 569.
  - nach R.E.T. S. 254.
- Querschnitte für Leitungen, geringstzulässige S. 25, 136.
- normale S. 25, 135.
  - — für Außenantennen S. 666.
  - — f. Fahrleitungen zu Hebezeugen und Transportgeräten S. 474.
  - — für Freileitungen S. 445.
- R.A.B./1926** S. 325.
- Rahen für Außenantennen S. 667.
- Rampenbeleuchtung bei Bühnen S. 43.
- Raumheizung S. 386.
- Räume, Sonderbestimmung für verschiedene S. 35, 55, 56, 145, 146, 147, 155, 156.
- — bei Fernmeldeanlagen S. 621.
- R.E.A./1925 S. 301.
- R.E.B./1925 S. 271.
- Regelanlasser, Sonderbestimmungen (R.E.A.) S. 313.
- Regelhäufigkeit (R.A.B.) S. 326.
- Regeln für Handbohrmaschinen S. 359.
- für Hand- u. Support-Schleifmaschinen S. 363.
  - für Licht, Lampen und Beleuchtung S. 391.
  - für Meßgeräte S. 394.
  - für Meßwandler S. 413.
  - für Schleif- und Poliermaschinen S. 367.
  - und Normen für Elektrizitätzähler S. 425.
- Regelschalter (Heizgeräte) S. 378.
- Regelwiderstände S. 42.
- Regelzeit (R.A.B.) S. 326.
- Regler S. 15, 16, 35, 38, 41, 42, 127, 145.
- Klemmenbezeichnung S. 337.
- Reichsbahnen, Kreuzungen (B.K.V.) S. 708.

- Relative Einschaltdauer S. 7, 24, 120, 136.  
 — — nach R.A.B. S. 325.  
 R.E.M./1923 S. 204.  
 Reparierte Sicherungstöpsel S. 17, 128.  
 R.E.S./1928 S. 547.  
 R.E.T./1923 S. 239.  
 Rohrdrähte S. 23, 64, 134.  
 — Vorschriften S. 481.  
 Rohre S. 26, 27, 28, 33, 34, 36, 64, 137, 138, 139, 144, 146.  
 — Vorschriften S. 525.  
 Röhrenfassungen für Funkgeräte S. 678.  
 Rollen, Kabel- S. 590.  
 — Porzellan- S. 590.  
 Rückarbeitsverfahren n. R.E.B. S. 293.  
 — nach R.E.M. S. 227.  
 Rufinduktoren in Fernmeldeanlagen S. 617.  
 Rundfunkempfang, Außenantennen S. 665.  
 — Geräte und Einzelteile S. 676.  
 — Netzanschlußgeräte S. 674.  
 — Sicherheitsvorschriften S. 663.  
 — Verbindungsgeräte S. 672.  
 Sachwerte, Anlagen zur Sicherung von S. 622.  
 Sammler in Fernmeldeanlagen S. 616.  
 Sandkühlung (R.E.A.) S. 305.  
 Saugfähigkeit bei Isolatoren S. 596, 600.  
 Sauggeneratoren S. 166.  
 Schächte S. 43, 44.  
 Schacht-Signalanlagen S. 44.  
 Schachtsumpf S. 8.  
 Schäkelisolator S. 589.  
 Schaltanlagen S. 11, 15, 35, 123, 125, 145, 150.  
 Schaltapparate s. Schaltgeräte.  
 Schaltbilder S. 58, 153.  
 — nach R.E.S. S. 577.  
 Schalter S. 14, 15, 35, 125, 126, 145.  
 — für Funkgeräte S. 679.  
 — Einbau- für Handgeräte S. 544.  
 — in Handleuchtern S. 22, 132, 525.  
 — Schlagwetter-Schutzvorrichtungen S. 59.  
 Schalter, Schutz- f. Erdung S. 92.  
 — — für Ölschalter gegen Überspannungen S. 108.  
 Schalterabdeckungen S. 14, 35, 126, 145.  
 Schalteröle, Prüfung S. 196.  
 Schaltfassungen S. 19, 22, 130, 132, 525.  
 Schaltgänge S. 10, 11, 122, 123.  
 Schaltgeräte S. 14, 15, 35, 125, 126, 145.  
 — (R.E.S.) S. 547.  
 Schaltgruppen (R.E.T.) S. 242.  
 Schalthäufigkeit (R.A.B.) S. 326.  
 Schalthäufigkeitsprobe (R.E.S.) S. 570.  
 Schaltleistungen (R.A.B.) S. 326, 327.  
 Schaltleistungsprobe (R.E.S.) S. 573.  
 Schaltplan S. 58, 153.  
 Schaltstellung S. 15, 126, 563.  
 Schalttafeln S. 11, 12, 123, 124, 145.  
 — Anschlüsse S. 12, 124.  
 — Klemmen S. 12, 124.  
 — Konstruktion S. 526.  
 Schaltung v. Anlassern (R.E.A.) S. 317.  
 — v. Transformatoren (R.E.T.) S. 242.  
 — von Zählern 430.  
 Schaltvorgänge (R.E.S.) S. 549.  
 Schaltzeichen S. 58, 153.  
 Schaufenster S. 39.  
 Scheinwerferbeleuchtung bei Bühnen S. 42, 43.  
 Schematische Darstellungen S. 52, 57, 152.  
 Schiefer S. 9.  
 Schienenleitung S. 160.  
 Schienenrückleitung bei Bahnen S. 150, 160.  
 — bei Hebezeugen und Transportgeräten S. 475.  
 Schienenspannung S. 161.  
 Schienenstoßverbindungen S. 163.  
 Schiffe, Elektrizität auf S. 685.  
 Schießbetrieb S. 48.  
 Schießleitungen S. 48.  
 — Vorschriften S. 489.  
 Schlagbiegefestigkeit bei Isolierstoffen S. 178, 188.  
 Schlagwettergefährliche Grubenräume S. 6, 44.

- Schlagwetter-Schutzvorrichtungen, Vorschriften S. 59  
 Schleifleitungen f. Bagger S. 49.  
 Schleifmaschinen S. 19, 130.  
 — Bewertung u. Prüfung S. 367.  
 Schleuderprobe n. R.E.B. S. 295.  
 — nach R.E.M. S. 233.  
 Schließstelle (R.E.S.) S. 554.  
 Schmelzdrähte S. 17, 128.  
 Schmelzsicherungen S. 17, 18, 128, 129.  
 — geschlossene S. 517.  
 — offene S. 561.  
 Schmelzstreifen S. 17, 128, 561.  
 Schnüre für Fernmeldeanlagen S. 618.  
 — — — Normen S. 629.  
 — für Starkstromanlagen S. 23, 134, 353.  
 — — — Vorschriften S. 483, 484, 488.  
 — Geräteanschluß S. 373.  
 — Gummiader S. 23, 25, 134, 136.  
 — — Vorschriften S. 483.  
 — Hochspannung S. 24, 134.  
 — — Vorschriften S. 488.  
 — Mehrfach S. 28, 32, 37, 138, 142, 144, 146.  
 — — Vorschriften S. 478.  
 — Pendel S. 23, 25, 136.  
 — — Vorschriften S. 483.  
 — Spezial S. 24, 134.  
 — — Vorschriften S. 488.  
 — ungeschützte S. 28, 32, 37, 138, 142, 144, 146.  
 — — Vorschriften S. 478.  
 — Werkstatt S. 24, 134.  
 — — Vorschriften S. 484.  
 — Zimmer S. 23, 25, 134, 136, 353.  
 — — Vorschriften S. 483.  
 Schnurpendel S. 21, 131.  
 Schrauben für Kontakte S. 14, 125.  
 Schraubkontakte, ebene S. 502.  
 Schüttelprobe bei Funkgeräten S. 676.  
 Schützen (R.A.B.) S. 327.  
 — (R.E.A.) S. 302.  
 Schützensteuerung (R.A.B.) S. 326.  
 — (R.E.A.) S. 302.  
 Schutzerdung als Überspannungsschutz S. 115.  
 — in gedeckten Räumen S. 77.  
 Schutzerdung im Freien S. 78.  
 — in Hochspannungsanlagen S. 71.  
 — in Niederspannungsanlagen S. 90.  
 — Zweck der S. 74, 75, 91, 92, 93.  
 Schutzarten bei Meßgeräten S. 397.  
 — bei Schleif- und Poliermaschinen S. 367.  
 — gegen Schlagwetter S. 59.  
 — nach R.E.A. S. 303.  
 — nach R.E.B. S. 277.  
 — nach R.E.M. S. 210.  
 — nach R.E.S. S. 554.  
 Schutz gegen Berührung S. 7, 10, 11, 20, 35, 37, 120, 122, 123, 130, 150.  
 — gegen Schlagwetter S. 59.  
 — von Gas- und Wasserröhren gegen Bahnströme S. 159.  
 — v. Vögeln gegen Freileitungen S. 463.  
 Schutzgitter S. 7, 43, 120.  
 Schutznetze S. 31, 142, 466.  
 Schutzschalter für Erdungen S. 92.  
 — gegen Überspannungen S. 108.  
 Schutzverkleidungen S. 8, 13, 124.  
 Schutzvorrichtungen gegen Schlagwetter S. 59.  
 Schutzwände in Schaltanlagen S. 15, 126.  
 Schutzwiderstände gegen Überspannungen S. 108.  
 Schwachstromanlagen s. Fernmeldeanlagen.  
 Schwachstrombeeinflussung S. 643.  
 Selbstanlasser (R. E. A.) S. 306.  
 Selbstkühlung n. R.E.A. S. 305.  
 — nach R.E.B. S. 276.  
 — nach R.E.M. S. 209.  
 — nach R.E.T. S. 246.  
 Selbstschalter S. 17, 18, 25, 126, 128, 136.  
 — (R.E.S.) S. 547.  
 Sicherheit, erhöhte bei Freileitungen S. 466.  
 Sicherung von Leben und Sachwerten S. 622.  
 Sicherungen, Anbringen v. S. 17, 128.

- Sicherungen. Bemessung von S. 25, 135.  
 — geflickte S. 17, 128.  
 — in Schaltanlagen S. 12, 124.  
 — Konstruktion S. 517.  
 — mit geschlossenem Schmelzeinsatz S. 517.  
 — offene S. 561.  
 — Prüfung S. 519.  
 — reparierte S. 17, 128.  
 — Schmelz- S. 17, 18, 25, 126, 128, 135, 517, 561.  
 — Strom- S. 17, 18, 25, 126, 128, 135, 517, 561.  
 Siedezeit bei Heizgeräten S. 373.  
 Signalanlagen für Schächte S. 44.  
 Signallampen S. 48.  
 Soffitenbeleuchtung bei Bühnen S. 43.  
 Sonde (Erde) S. 75, 90.  
 Spannung, Arbeiten unter S. 55, 155.  
 — Berührung- S. 76, 91.  
 — Betrieb- S. 35, 145, 170.  
 — Entlade- S. 5, 50, 118.  
 — Gebrauch-, effektive S. 5, 50, 118.  
 — Kurzschluß- (R.E.T.) S. 245, 267.  
 — Nenn-S. 205, 244, 273, 346, 561.  
 — Normal- S. 168, 170.  
 — Schienen- S. 161.  
 — Streu- S. 246.  
 — über 100 V S. 170.  
 — unter 100 V S. 168.  
 — Unter- setzen S. 54, 155.  
 Spannungsänderung nach R.E.M. S. 230.  
 — nach R. E. T. S. 245.  
 Spannungsfreier Zustand, Herstellung S. 53, 154.  
 Spannungsmesser S. 18, 40, 129.  
 — Regeln für S. 394.  
 Spannungprobe (R.E.S.) S. 572.  
 Spannungregler, Sonderbestimmungen (R.E.A.) S. 316.  
 Spannungsreihen S. 168, 170.  
 Spannungrückgangsabstellung (R.E.A.) S. 308.  
 Spannungwächter (R.E.A.) S. 302.  
 Spannungswandler S. 18, 40, 129.  
 — Beglaubigung S. 748.  
 — Bewertung u. Prüfung S. 413, 422.  
 — Klemmenbezeichnung S. 337, 416.  
 Spartransformatoren S. 44, 240.  
 Speiseleitungen f. Bahnen S. 148.  
 Spezialgummiaderleitungen S. 23, 134.  
 — — Vorschriften S. 480.  
 Speziialschnüre S. 24, 134.  
 — — Vorschriften S. 488.  
 Spieldauer S. 7, 24, 120, 136, 326.  
 Sprungwellenprobe bei Drosselspulen als Überspannungsschutz S. 112.  
 — nach R.E.B. S. 288.  
 — nach R.E.M. S. 223.  
 — nach R.E.T. S. 259.  
 Spulen für Funkgeräte S. 677.  
 Stahl-Aluminiumseile für Freileitungen S. 449.  
 Stahlpanzerrohre S. 26, 27, 28, 33, 34, 64, 137, 138, 139, 144.  
 — Vorschriften S. 525.  
 Stallerdung S. 90, 94.  
 Starkstrom, Anschluß von Fernmeldeanlagen an S. 630, 633.  
 — Betriebsvorschriften S. 50.  
 — Errichtungsvorschriften S. 1.  
 — Handapparate S. 350.  
 Starkstromleitungen, Kreuzungen mit Antennen S. 669, 670.  
 — Frei-, Merkblätter S. 469.  
 — — Näherungen an S. 643, 724, 729, 733.  
 — — Vorschriften S. 445.  
 — — an Fernmelde-Freileitungen S. 643, 724, 729, 733.  
 — Verwendung als Antenne oder Erde S. 672.  
 Starkstromnetze, Entnahme von Heiz- oder Anodenstrom S. 674.  
 Staubsauger S. 350.  
 Steckdosen S. 16, 127, 128.  
 — Vorschriften S. 511, 538, 541.  
 Stecker S. 16, 127, 128.  
 — Vorschriften S. 511, 540, 542.  
 Steckvorrichtungen S. 16, 127, 128.  
 — für Christbaum-Beleuchtungen S. 357.  
 — für Heizgeräte S. 378.  
 — für Stehlampen S. 353.  
 — Vorschriften S. 511, 538, 541.  
 Stehlampen, Vorschriften S. 352.  
 Stehleuchter, Vorschriften S. 352.  
 Steuergeräte S. 15, 16, 35, 38, 127, 145.  
 — Klemmenbezeichnung S. 317, 337.

- Steuergeräte (R.A.B.) S. 326.  
 — (R.E.A.) S. 301.  
 Steuerschalter (R.E.A.) S. 301.  
 Stollenboden in B.u.T. S. 75, 90.  
 Stöpselsicherungen S. 17, 18, 128, 129.  
 — Vorschriften S. 517.  
 Störungen, atmosphärische, als Ursache von Überspannungen S. 103.  
 Stoßkurzschlußstrom (R.E.M.) S. 211.  
 Strahlöfen S. 374.  
 Streckenförderung, Fahrleitungen S. 45.  
 — Fahrzeuge S. 46.  
 Streckenschalter S. 79, 81.  
 Streifensicherungen S. 17, 18, 128, 129, 135, 561.  
 Streuströme von Bahnen S. 166.  
 Strom, Heiz- und Anoden- aus Starkstromnetzen S. 674.  
 Stromdichte b. Bahnström. S. 163.  
 Strommesser S. 18, 40, 129.  
 — Regeln für S. 394.  
 Stromsicherungen S. 17, 18, 25, 126, 128, 135, 517, 561.  
 Stromstärke, Abstufung bei Apparaten S. 172.  
 — Ausschalt- S. 35, 145.  
 — Betrieb- S. 35, 145.  
 — Dauer- S. 6, 120.  
 — Erdschluß- S. 8, 83, 84, 95, 121.  
 — Kurzschluß- S. 221, 245, 267.  
 — Nenn- S. 205, 244, 273, 326, 346, 561.  
 — Vollast- S. 7, 25, 120, 136.  
 Stromstufenreihe S. 172.  
 Stromtransformatoren S. 240.  
 Stromversorgung in Fernmeldeanlagen S. 616.  
 Stromwächter (R.E.A.) S. 302.  
 Stromwandler S. 18, 40, 129.  
 — Beglaubigung S. 747.  
 — Bewertung u. Prüfung S. 413, 419.  
 — Klemmenbezeichnung S. 337, 416.  
 Stückprüfung bei Isolatoren S. 596, 600.  
 — bei Isolierstoffen S. 185.  
 — nach R.E.S. S. 574.  
 Stufenschalter für Bühnenlichtregler S. 42.  
 — nach R.E.A. S. 307.
- Stützenabstand bei Fahrleitungen für Hebezeuge und Transportgeräte S. 475.  
 Stützenisolatoren S. 30, 80, 140, 464, 466, 589, 719, 734.  
 Stützen für Freileitungsisolatoren S. 31, 78, 141, 464, 466, 589, 719, 734.  
 Stützer S. 590.  
 Stützpunkte für Freileitungen S. 462, 736.  
 Support-Schleifmaschinen S. 19, 130.  
 — Bewertung und Prüfung S. 363.
- Tagebau, Leitsätze für Bagger im S. 49.  
 Tannenform, umgekehrte S. 30, 80, 141.  
 Taschenlampenbatterien, Normen S. 641.  
 Tauchsieder S. 385.  
 Telephonanschluß bei Funkgeräten S. 680.  
 Temperaturerhöhung bei Apparaten S. 13, 124, 125.  
 Theater und Versammlungsräume S. 40, 41, 42, 43.  
 Thermometermessung nach R.E.B. S. 282.  
 — nach R.E.M. S. 216.  
 — nach R.E.S. S. 569.  
 — nach R.E.T. S. 254.  
 Tischventilatoren S. 350.  
 Transformatoren S. 10, 11, 122, 123.  
 — Erwärmung nach R.E.B. S. 280.  
 — nach R.E.T. S. 251, 268.  
 — für Anschluß von Fernmeldeanlagen S. 630.  
 — in Fernmeldeanlagen S. 616.  
 — Klemmenbezeichnung S. 337.  
 — Niederfrequenz- S. 673.  
 — Parallelbetrieb (R.E.T.) S. 263, 269.  
 — Regeln für Bewertung und Prüfung nach R.E.B. S. 271.  
 — — nach R.E.T. S. 239.  
 — Schaltungen (R.E.T.) S. 242.  
 — Schilder nach R.E.B. S. 296.  
 — — nach R.E.T. S. 264, 269.  
 — Schlagwetter-Schutzvorrichtungen S. 59.

- Transformatoren, Schutz gegen Überspannungen S. 105.  
 — Spannungsänderung (R.E.T.) S. 245.  
 Transformatorenöle, Prüfung S. 196.  
 Transportgeräte, Fahrleitungen S. 473.  
 — (R.A.B.) S. 325.  
 Transportmaschinen S. 36.  
 — Fahrleitungen S. 473.  
 — (R.A.B.) S. 325.  
 Trennschalter S. 13, 15, 126.  
 — für Hochspannung S. 586.  
 — (R.E.S.) S. 547.  
 Triebfahrzeuge (R.E.B.) S. 271.  
 Tübbings in B.u.T. S. 8.  
 Tüllen (Porzellan-) S. 590.  
 — Aufsteck- S. 590.  
 — Muffen- S. 590.
- Übererregungsverfahren**  
 (R.E.M.) S. 229.
- Übergangswiderstand bei Schienenleitung von elektrischen Bahnen S. 162.
- Überlastung nach R.E.B. S. 286.  
 — nach R.E.M. S. 220.  
 — nach R.E.T. S. 247.
- Überspannungsableiter mit Funkenstrecke S. 114.
- Überspannungsschutz als Erdung S. 94, 115.  
 — Apparate für S. 579.  
 — bei Antennen S. 670.  
 — für Fahrleitungen von Bahnanlagen S. 149.  
 — Leitsätze für S. 97.
- Überstromabstellung (R.E.A.) S. 308.
- Übertrager gegen Schwachstrombeeinflussung S. 644.
- Übertritt v. Hochspannung S. 8, 121.
- Umformer in Fernmeldeanlagen S. 616.
- Umgekehrte Tannenform S. 30, 80, 141.
- Umhüllte Leitungen S. 23, 30, 134, 140.  
 — als Antennenleiter S. 670.  
 — Normen S. 499.
- Umhüllung, Brennbare bei Kabeln S. 35, 145.
- Umschalter S. 14, 125.  
 — Konstruktion S. 506, 536.
- Umschalter, Prüfung S. 508.  
 — zum Einbau in Handgeräte S. 544.
- Unfälle, Erste Hilfeleistung bei S. 52, 152, 153, 610.
- Ungeerdete Leitungen, Verlegung von S. 27, 137.
- Unterspannungsetzen von Anlagen S. 54, 155.
- Ursprungszeichen S. 14, 125.  
 — bei Christbaum-Beleuchtungen S. 358.  
 — bei Handapparaten S. 350.  
 — bei Handbohrmaschinen S. 361.  
 — bei Handgeräte-Einbauschaltern S. 546.  
 — bei Hand- und Support-Schleifmaschinen S. 365.  
 — bei Heizgeräten S. 380.  
 — bei Schleif- und Poliermaschinen S. 369.  
 — nach R.E.S. S. 567.
- Ventilatoren, Tisch-** S. 350.
- Verbindungen von Leitungen S. 29, 139.
- Verbindungsgeräte für Starkstromleitungen als Antenne oder Erde S. 672.
- Verhaltensmaßregeln gegenüber Freileitungen S. 469.
- Verhütung von Überspannungsschäden in Hochspannungsanlagen S. 104.  
 — — — in Niederspannungsanlagen S. 114.
- Verlegung v. Freileitungen S. 29, 140.  
 — von Leitungen S. 26, 137.  
 — — — in Fernmeldeanlagen S. 618.
- Versammlungsräume S. 40, 41, 42, 43.
- Versatzbeleuchtung bei Bühnen S. 43.
- Verseilte Mehrleiter-Bleikabel S. 24, 134.  
 — Vorschriften S. 493.
- Versorgung von Gebäuden mit Elektrizität S. 681.
- Verstärker für Rundfunk S. 680.
- Verteilungsanlagen S. 11, 123, 150.
- Verteilungstafeln S. 11, 123, 150.  
 — Konstruktion S. 526.



- Verwendung von Schaltgeräten (R.E.S.) S. 575.  
 — von Starkstromleitungen als Antenne oder Erde S. 672.  
 Vogelschutz bei Freileitungen S. 463.  
 Vollaststromstärke S. 7, 25, 120, 136.  
 Vorkontakte als Überspannungsschutz S. 108.
- Wachsdraht** S. 618.  
 — Normen S. 625.  
**Wächter** (R.E.A.) S. 302.  
**Warenhäuser, Schaufenster** u. dgl. S. 39.  
**Wärmebeständigkeit** bei Isolierstoffen S. 180, 190, 217, 283.  
**Wärmeprüfung** bei Isolatoren S. 595, 600.  
 — bei Isolierstoffen S. 178, 190.  
**Wärmesichere Gegenstände** S. 5, 119, 504.  
**Warnungstafeln** S. 30, 51, 52, 140, 152.  
 — Normen S. 602.  
**Wärterfortbildung** S. 704.  
**Wartung** von Schaltgeräten (R.E.S.) S. 576.  
**Wasserkocher** S. 374.  
**Wasserkühlung** bei Schleif- und Poliermaschinen S. 368.  
 — nach R.E.A. S. 305.  
 — nach R.E.M. S. 210.  
 — nach R.E.T. S. 246.  
**Wasserröhren, Schutzvorschriften** gegen Bahnströme S. 159.  
**Wasserseige** in B.u.T. S. 8.  
**Wechselstrom-Hochspannungsapparate** s. Hochspannungsapparate.  
**Wegübergänge** S. 31, 81, 141.  
**Werkstattsschnüre** S. 24, 134.  
 — Vorschriften S. 434.  
**Werktschleuchter** S. 22, 133.  
**Werkzeuge** S. 19, 130, 350, 359, 363, 367.  
**Werkzeugmaschinen** S. 18, 130.  
 — Handbohrmaschinen S. 359.  
 — Handschleifmaschinen S. 363.  
 — Poliermaschinen S. 367.  
 — Schleifmaschinen S. 367.  
 — Support-Schleifmaschinen S. 363.  
**Wetterfest umhüllte Leitungen** S. 23, 30, 134, 140.
- Wetterfest umhüllte Leitungen** als Antennenleiter S. 670.  
 — Normen S. 499.  
**Wicklungsprobe** nach R.E.B. S. 287.  
 — nach R.E.M. S. 222.  
 — nach R.E.T. S. 258.  
**Widerstände** S. 15, 127.  
 — Abzweig- S. 226, 291.  
 — Anker- S. 229.  
 — — (R.E.A.) S. 301.  
 — Drossel- S. 226, 291.  
 — Erdungs- S. 76, 87, 90.  
 — Gitterableitungs- S. 678.  
 — Heiz- für Funkgeräte S. 678, 679.  
 — Isolations- bei Funkgeräten S. 679.  
 — Justier- S. 226, 291.  
 — Nullpunkt- gegen Überspannung S. 110.  
 — Regel- S. 42, 226, 291.  
 — Schutz- gegen Überspannungen S. 108.  
 — Übergangs- bei Schienenleitung S. 162.  
 — Vorschalt- S. 226, 291.  
 — Wasser- S. 307.  
**Widerstandsbaustoffe** (R.E.A.) S. 321.  
**Widerstandsgeräte** (R.A.B.) S. 330.  
**Widerstandzunahme** bei Meßwandlern S. 417.  
 — nach R.E.B. S. 281.  
 — nach R.E.M. S. 215.  
 — nach R.E.T. S. 254.  
**Windungsprobe** nach R.E.B. S. 290.  
 — nach R.E.M. S. 224.  
 — nach R.E.T. S. 260.  
**Wirkungsgrad** nach R.E.B. S. 291.  
 — nach R.E.M. S. 225.
- Zähler** S. 18, 40, 129, 148.  
 — Aufhängung S. 430.  
 — Beglaubigung S. 743.  
 — Erdung S. 429.  
 — Klemmen S. 426.  
 — Regeln und Normen S. 425.  
 — Schaltungen S. 430.  
 — Tafeln S. 430, 431.  
**Zeitbegriffe** (R.E.S.) S. 558.

- |   |  |
|---|--|
| Zerstörungen des blanken Nullleiters S. 166.<br>Zimmerschnüre S. 23, 25, 134, 136, 353.<br>— Vorschriften S. 483.<br>Zugentlastung S. 14, 16, 20, 21, 125, 127, 131, 132, 512.<br>Zulässigkeit von Näherungen zwischen Fernmelde- u. Drehstromleitungen S. 652.<br>Zuleitungen zu Erdern S. 8, 81, 94, 121, 167.<br>Zusatztransformatoren S. 240.<br>— Schutz gegen Überspannungen S. 107.<br>Zustand, Beharrung- S. 6, 25, 120, 136. | Zustand, betriebswarmer bei Heizgeräten S. 373.<br>— betriebswarmer nach R.E.B. S. 278.<br>— betriebswarmer nach R.E.M. S. 212.<br>— betriebswarmer nach R.E.T. S. 246.<br>— elektr. Anlagen S. 51, 151, 152.<br>— spannungsfreier S. 53, 54, 154, 155.<br>Zweck der Erdung S. 74, 75, 91, 92, 93.<br>— der Nullung S. 91, 92, 93.<br>Zwerg-Lampensockel S. 520.<br>Zwischenkabel gegen Überspannungen S. 113. |
|---|--|
-