

MINISTERIALBLATT

FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN

Ausgabe A

12. Jahrgang	Ausgegeben zu Düsseldorf am 20. November 1959	Nummer 121
--------------	---	------------

Inhalt

I.

Veröffentlichungen, die in die Sammlung des bereinigten Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen (SMBL. NW.) aufgenommen werden.

Glied.-Nr.	Datum	Titel	Seite
23236	12.10.1959	Einführung von Normblättern als einheitliche technische Baubestimmungen (ETB); hier: VDE 0210 — Starkstrom-Freileitungen.	2785

I.

23236

Einführung von Normblättern als einheitliche technische Baubestimmungen (ETB); hier: VDE 0210 — Starkstrom-Freileitungen

RdErl. d. Ministers für Wiederaufbau
v. 12. 10. 1959 — II A 4 — 2.787 Nr. 2950/59

1 Die Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen VDE 0210 sind von der VDE-Kommission neu bearbeitet worden, weil in den bisherigen Fassungen noch kriegsbedingte Auflagen enthalten waren und eine Reihe von wichtigen Normblättern inzwischen neu bearbeitet worden ist. Vor allem sind die Vorschriften der technischen Entwicklung des Baues von Starkstrom-Freileitungen angepaßt worden. Die neue Fassung der VDE 0210 wurde in mehrjährigen Beratungen und nach Durchführung einer Reihe von Versuchen in Anlehnung an die vom Ausschuß für einheitliche technische Baubestimmungen bearbeiteten Normblätter festgelegt. Die VDE 0210 enthält teilweise von den übrigen Baunormen abweichende Regelungen, die durch die besondere Art der Bauten bedingt sind. Die neu bearbeitete Fassung trägt das Ausgabedatum Februar 1958.

In der VDE 0210 sind sowohl Angaben für die Bemessung und die bauliche Durchbildung der Maste als auch Angaben für die elektrotechnische Ausrüstung enthalten.

2 Der Abschnitt C — Gestänge — mit Ausnahme der §§ 19 (Vogelschutz) und 31 (Erdungen) der

VDE 0210/2. 58 — Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen — Anlage

wird unter Bezugnahme auf Nr. 1.4 meines RdErl. v. 20. 6. 1952 — II A 4.01 Nr. 300/52 — (MBL. NW. S. 801). für das Land Nordrhein-Westfalen bauaufsichtlich eingeführt und hiermit auf Grund der ordnungsbehördlichen Verordnung über die Feuersicherheit und Standsicherheit baulicher Anlagen v. 27. Februar 1942 (Gesetzsamml. S. 15) i. Verb. mit Nr. 1.3 meines vorgenannten RdErl. bekanntgemacht.

Auf die anderen Abschnitte der VDE 0210/2.58, soweit sie bautechnische Angaben enthalten, werden die Bauaufsichtsbehörden unter Bezugnahme auf Nr. 1.5 meines vorgenannten RdErl. hingewiesen.

3 Durch die Ausgabe Februar 1958 der VDE 0210 werden alle früheren Ausgaben ersetzt, die teilweise bauaufsichtlich eingeführt worden sind.

Die RdErl. d. Reichsarbeitsministers

v. 20. 9. 1939 (RABl. S. 1 463),
28. 10. 1939 (RABl. S. 1 531),
9. 6. 1941 (RABl. S. 1 268; ZdB. S. 546),
3. 2. 1942 (RABl. S. 1 78; ZdB. S. 224)

werden hiermit gegenstandslos.

4 Die Nachweisung A, Anlage 1 zum RdErl. v. 1. 9. 1959 (MBL. NW. S. 2333) ist unter VII 10 entsprechend zu ändern.

5 Die Regierungspräsidenten werden gebeten, auf diesen RdErl. in den Regierungsamtsblättern hinzuweisen.

Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen

VDE
0210/2.58

Inhalt

- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|--|---------------------------------------|--|----------|--|----------|---|----------|---|----------|---|----------------|-------------------------------------|-----------------|---|-----------------|---|-----------------|-----------------------------|----------|---|
| <p style="text-align: center;">I. Gültigkeit</p> <p>§ 1 Geltungsbeginn</p> <p>§ 2 Geltungsbereich</p> <p style="text-align: center;">II. Begriffe</p> <p>§ 3 Begriffserklärungen</p> <p style="text-align: center;">III. Bauvorschriften</p> <p style="text-align: center;">A. Leiter</p> <p>§ 4 Schutz gegen zufällige Berührung</p> <p>§ 5 Leiterwerkstoffe</p> <p>§ 6 Beschaffenheit der Leiter, Mindestquerschnitte</p> <p>§ 7 Zulässige Zugspannungen und Spannweiten</p> <p>§ 8 Durchhang</p> <p>§ 9 Anordnung der Leiter</p> <p>§ 10 Leiterverbindungen</p> <p>§ 11 Betriebsfernmeldeleitungen am Gestänge von Starkstrom-Freileitungen</p> <p style="text-align: center;">B. Isolatoren und Zubehör</p> <p>§ 12 Isolatoren</p> <p>§ 13 Stützen, Bunde und sonstiges Zubehör für Stützenisolatoren</p> <p>§ 14 Zubehörteile für Kettenisolatoren und für Leiter</p> <p style="text-align: center;">C. Gestänge</p> <p style="text-align: center;">1. Allgemeines</p> <p>§ 15 Äußere Lasten</p> <p>§ 16 Einteilung der Maste nach dem Verwendungszweck</p> <p>§ 17 Belastungsannahmen</p> <p>§ 18 Besondere Bestimmungen für Festpunkte in der Freileitung</p> <p>§ 19 Vogelschutz</p> <p style="text-align: center;">2. Holzmaste</p> <p>§ 20 Allgemeines</p> <p>§ 21 Festigkeitsberechnung</p> <p>§ 22 Zulässige Spannungen</p> <p style="text-align: center;">3. Stahlmaste</p> <p>§ 23 Konstruktion und Rostschutz</p> <p>§ 24 Zulässige Spannungen, Festigkeitsberechnung</p> <p style="text-align: center;">4. Stahlbetonmaste</p> <p>§ 25 Berechnung und Ausführung</p> <p style="text-align: center;">5. Andere Maste</p> <p>§ 26 Sicherheiten und Ausführungen</p> <p style="text-align: center;">6. Gründung der Maste</p> <p>§ 27 Allgemeines und Arten der Gründungen</p> <p>§ 28 Berechnung der Gründungen</p> <p>§ 29 Ausführung der Gründungen</p> <p>§ 30 Mastfüße</p> <p style="text-align: center;">7. Erdungen</p> <p>§ 31 Anwendungen</p> <p style="text-align: center;">D. Besondere Bestimmungen</p> <p>§ 32 Kreuzungen und Näherungen</p> <p>§ 33 Erhöhte Sicherheit</p> | <p>§ 34 Freileitungen in der Nähe von Bäumen</p> <p>§ 35 Kreuzungen mit Eisenbahnen, Fernmeldefreileitungen, Wasserstraßen und Seilbahnen sowie Näherungen</p> <p>§ 36 Freileitungen für Nennspannungen unter 1 kV</p> <p style="text-align: center;">IV. Unterhaltung der Freileitungen</p> <p>§ 37 Unterhaltung der Bauteile aus Stahl, Beton und Stahlbeton</p> <p>§ 38 Unterhaltung der Holzmaste</p> <p>Anhang: Verzinkungsgüte verzinkter Stahldrähte und sonstiger verzinkter Bauteile, Anforderungen und Prüfverfahren.</p> <p style="text-align: center;">I. Gültigkeit</p> <p style="text-align: center;">§ 1</p> <p style="text-align: center;">Geltungsbeginn</p> <p>Diese Vorschriften treten am 1. Februar 1958 in Kraft. Die bisher gültigen Vorschriften VDE 0210/1. 56 treten am gleichen Tage außer Kraft.</p> <p style="text-align: center;">§ 2</p> <p style="text-align: center;">Geltungsbereich</p> <p>a) Unter die folgenden Vorschriften fallen Starkstrom-Freileitungen aller Nennspannungen mit blanken, isolierten oder umhüllten Leitern einschließlich der Hausanschlußleitungen.</p> <p>Außerdem fallen Fahr- und Schleifleitungen einschließlich der an Fahrleitungsgestängen geführten Freileitungen unter diese Vorschriften, soweit in VDE 0115 und VDE 0168 auf VDE 0210 verwiesen wird.</p> <p>Ausgenommen sind Leitungen für Installationen im Freien, bei denen die Spannweiten 20 m nicht überschreiten.</p> <p>b) Die Absätze in Kleindruck sind weder Vorschriften noch Regeln, sondern lediglich Erklärungen zu den Vorschriften, denen sie angefügt sind.</p> <p>c) Für die Errichtung von Starkstrom-Freileitungen sind außerdem folgende VDE-Bestimmungen und DIN-Normen zu beachten:</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">1. VDE-Bestimmungen (<i>nicht abgedruckt</i>)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. DIN-Normen (<i>auszugsweise</i>)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DIN 1045</td> <td>Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton</td> </tr> <tr> <td>DIN 1047</td> <td>Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Beton</td> </tr> <tr> <td>DIN 1052</td> <td>Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung</td> </tr> <tr> <td>DIN 1054</td> <td>Gründungen, zulässige Belastung des Baugrundes, Richtlinien</td> </tr> <tr> <td>DIN 1054, Bbl.</td> <td>—, —, Erläuterungen der Richtlinien</td> </tr> <tr> <td>DIN 1055, Bl. 1</td> <td>Lastannahmen für Bauten; Bau- und Lagerstoffe, Bodenarten und Schüttgüter</td> </tr> <tr> <td>DIN 1055, Bl. 4</td> <td>Lastannahmen im Hochbau; Verkehrslasten, Windlast</td> </tr> <tr> <td>DIN 1055, Bl. 4</td> <td>Bbl. —, —, —, Erläuterungen</td> </tr> <tr> <td>DIN 1164</td> <td>Portlandzement, Eisenportlandzement, Hochofenzement</td> </tr> </table> | 1. VDE-Bestimmungen (<i>nicht abgedruckt</i>) | | 2. DIN-Normen (<i>auszugsweise</i>) | | DIN 1045 | Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton | DIN 1047 | Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Beton | DIN 1052 | Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung | DIN 1054 | Gründungen, zulässige Belastung des Baugrundes, Richtlinien | DIN 1054, Bbl. | —, —, Erläuterungen der Richtlinien | DIN 1055, Bl. 1 | Lastannahmen für Bauten; Bau- und Lagerstoffe, Bodenarten und Schüttgüter | DIN 1055, Bl. 4 | Lastannahmen im Hochbau; Verkehrslasten, Windlast | DIN 1055, Bl. 4 | Bbl. —, —, —, Erläuterungen | DIN 1164 | Portlandzement, Eisenportlandzement, Hochofenzement |
| 1. VDE-Bestimmungen (<i>nicht abgedruckt</i>) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. DIN-Normen (<i>auszugsweise</i>) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DIN 1045 | Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DIN 1047 | Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Beton | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DIN 1052 | Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DIN 1054 | Gründungen, zulässige Belastung des Baugrundes, Richtlinien | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DIN 1054, Bbl. | —, —, Erläuterungen der Richtlinien | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DIN 1055, Bl. 1 | Lastannahmen für Bauten; Bau- und Lagerstoffe, Bodenarten und Schüttgüter | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DIN 1055, Bl. 4 | Lastannahmen im Hochbau; Verkehrslasten, Windlast | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DIN 1055, Bl. 4 | Bbl. —, —, —, Erläuterungen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DIN 1164 | Portlandzement, Eisenportlandzement, Hochofenzement | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

- DIN 4030 Beton in betonschädlichen Wässern und Böden, Richtlinien für die Ausführung
- DIN 4100 Geschweißte Stahlhochbauten, Berechnung und bauliche Durchbildung
- DIN 4102, Bl. 1 Widerstandsfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen gegen Feuer und Wärme, Begriffe
- DIN 4114, Bl. 1 Stahlbau, Stabilitätsfälle (Knickung, Kippung, Beulung), Berechnungsgrundlagen, Vorschriften
- DIN 4114, Bl. 2 —, —, —, Richtlinien
- DIN 4115 Stahleleichtbau und Stahlrohrbau im Hochbau, Richtlinien für die Zulassung, Ausführung, Bemessung
- DIN 4225 Fertigbauteile aus Stahlbeton, Richtlinien für Herstellung und Anwendung
- DIN 4227 Spannbeton, Richtlinien für Bemessung und Ausführung
- DIN 4234 Stahlbeton-Maste, Bestimmungen für die Bemessung und Herstellung
- DIN 7968 Sechskant-Paßschrauben, ohne Mutter — mit Sechskantmutter, M 10 bis M 36, für Stahlkonstruktionen
- DIN 7990 Sechskantschrauben mit Sechskantmutter, M 10 bis M 36, für Stahlkonstruktionen
- DIN 17110 Nietstähle, Eigenschaften

d) Richtlinien, Verwaltungsvorschriften

Richtlinien über Kreuzungen von Starkstromleitungen eines Unternehmens der öffentlichen Elektrizitätsversorgung (EVU) mit DB-Gelände oder DB-Starkstromleitungen mit Ein- und Ausführungsbestimmungen (DB-Stromkr Richtl).

Postkreuzungsvorschriften für fremde Starkstromanlagen (PKV)

Wasserstraßenkreuzungsvorschriften für fremde Starkstromanlagen (WKV).

Richtlinien über Kreuzung der Bundesautobahnen mit Elektrizitäts-Versorgungsanlagen, herausgegeben vom Reichswirtschaftsministerium.

Richtlinien zur Regelung der Fragen der Beeinflussung zwischen Fernmelde- und Energieanlagen und zwischen Fernmeldeanlagen untereinander, mit Ausnahme der Beeinflussung nicht leitungsgebundener Funkanlagen untereinander, herausgegeben von der Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen der Deutschen Bundesbahn, der Deutschen Bundespost und der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke e. V.

II. Begriffe

§ 3

Begriffserklärungen

Im Sinne dieser Vorschriften gelten folgende Begriffserklärungen:

- a) Freileitung (vielfach auch nur Leitung genannt) ist die Gesamtheit einer der Fortleitung von Starkstrom dienenden Anlage, bestehend aus Stützpunkten — Maste und deren Gründungen, Dachständer, Konsolen und dgl. —, oberirdisch verlegten Leitern mit Zubehör, Isolatoren mit Zubehör und Erdungen.
- b) Leiter sind die zwischen den Stützpunkten einer Freileitung frei gespannten blanken, isolierten oder umhüllten Drähte und Seile, unabhängig davon, ob sie unter Spannung stehen oder nicht.
- Bündelleiter sind Anordnungen von zwei oder mehr an Stelle eines Einfachleiters verwendeten und auf ihrer ganzen Länge in annähernd gleichem Abstand gehaltenen Leitern.
- c) Nennspannung (U_n) ist diejenige Spannung, für die eine Freileitung benannt wird und auf die bestimmte Betriebseigenschaften bezogen werden.

- d) Prüffestigkeit der Drähte ist die auf den Ausgangsquerschnitt bezogene Zugspannung, die eindrähtige Leiter oder für Seile verwendete Drähte beim Zugversuch 1 min lang aushalten müssen, ohne zu reißen.
- e) Prüflast eines Drahtes ist das Produkt aus Nennquerschnitt und Prüffestigkeit.
- f) Nennlast eines Leiters ist bei eindrähtigen Leitern die unter e) genannte Prüflast, bei Seilen aus Einzeldrähten gleichen Werkstoffes die Summe der Prüflasten der Einzeldrähte, bei Stahlaluminiumseilen das 0,9fache der Summe der Prüflasten der Einzeldrähte.
- g) Dauerzugfestigkeit der Leiter ist die größte statische Zugspannung, die eindrähtige Leiter oder für Seile verwendete Drähte ein Jahr lang aushalten müssen, ohne zu reißen.
- h) Dauerlast eines Leiters ist das Produkt aus Istquerschnitt und Dauerzugfestigkeit.
- i) Höchstzugspannung ist die Zugspannung im tiefsten Punkt der Durchhangslinie der Leiter, die nach dem bei der Verlegung gewählten Durchhang weder bei -5°C mit der der Berechnung zugrunde gelegten Zusatzlast noch bei -20°C ohne Zusatzlast überschritten wird.
- k) Höchstzug eines Leiters ist das Produkt aus Istquerschnitt und Höchstzugspannung.
- l) Istquerschnitt eines Leiters ist sein tatsächlicher Querschnitt.
- m) Nennquerschnitt ist der zur normmäßigen Bezeichnung des Leiters dienende abgerundete Istquerschnitt.
- n) Durchhang eines Leiters ist der Abstand der Mitte der Verbindungslinie seiner beiden Aufhängepunkte von dem lotrecht darunterliegenden Punkt des Leiters.
- o) Spannweite ist die waagrecht gemessene Entfernung zweier benachbarter Stützpunkte.
- p) Abspannabschnitt ist der zwischen zwei Festpunkten liegende Teil der Freileitung.
- q) Kreuzungsabschnitt ist der zwischen zwei Kreuzungsmasten nach § 16 a) 6 liegende Teil der Freileitung, in dem Anlagen nach § 35 a) 1 gekreuzt werden.
- r) Kreuzungsfeld ist das zwischen zwei benachbarten Stützpunkten liegende Spannfeld über einer nach §§ 32, 35 und 36 gekreuzten Anlage.

III. Bauvorschriften

A. Leiter

§ 4

Schutz gegen zufällige Berührung

- a) Die Leiter und die Isolatoren sind so anzubringen, daß sie ohne besondere Hilfsmittel weder vom Erdboden, noch von Dächern, Ausbauten, Fenstern und anderen von Menschen regelmäßig betretenen Stätten aus zugänglich sind. Diese Forderungen gelten als erfüllt, wenn die nachfolgenden Bestimmungen eingehalten werden:
- Der Abstand zwischen den Leitern und dem Erdboden muß mindestens 6 m betragen, und zwar bei größtem Durchhang nach § 8 b) und c). Geringe Unebenheiten des Geländes können dabei unberücksichtigt bleiben. Wenn das Gelände dem Verkehr oder dem Sport zugänglich ist, muß dieser Abstand auch beim Ausschlagen der Leiter mit dem Durchhang bei $\pm 40^\circ\text{C}$ unter einer Windlast nach § 15 a) eingehalten sein. Wenn Leitungen an einem Steilhang entlang geführt werden, der weder dem Verkehr noch dem Sport zugänglich ist, so muß der Abstand zwischen den durch Wind ausgeschwungenen Leitern und dem Steilhang mindestens 3 m betragen. Bei Nennspannungen über 110 kV sind vorstehende Mindestabstände um $\frac{U_n - 110 \text{ kV}}{150 \text{ kV}}$ in Metern zu vergrößern. Hierin ist U_n die Nennspannung in Kilovolt.
 - Der Abstand zwischen unter Spannung stehenden Teilen einer Starkstrom-Freileitung und Bäumen unter

oder seitlich der Starkstrom-Freileitung, die zur Ausführung von Arbeiten (z. B. Pflege von Obstbäumen, Einbringen der Obsternte u. dgl.) bestiegen werden, muß bei nicht ausgeschwungenem Leiter mindestens 2,5 m betragen.

Bei Nennspannungen über 110 kV ist dieser Mindestabstand um $\frac{U_n - 110 \text{ kV}}{150 \text{ kV}}$ in Metern zu vergrößern.

Außerdem soll der Abstand zwischen den Leitern einer Freileitung und Bäumen seitlich der Freileitung bei größtem Durchhang der Leiter nach § 8 b) und c) und unter Berücksichtigung ihres Ausschwingens bei Windlast nach § 15 a) mindestens $\frac{U_n}{150 \text{ kV}}$ in Metern betragen.

Hierin ist U_n die Nennspannung in Kilovolt.

3. Für die Kreuzungen und Näherungen von Starkstrom-Freileitungen mit Anlagen aller Art gelten die Bestimmungen der §§ 32, 35 und 36.

- b) Drahtzäune und metallene Gitter dürfen mit Masten nicht in Berührung gebracht oder verbunden werden.
- c) Die Maste müssen durch einen roten Blitzpfeil (DIN 40 006) gekennzeichnet sein (siehe VDE 0214 „Merkblatt für Verhaltensmaßregeln gegenüber elektrischen Freileitungen“).
- d) Treffen mehrere Starkstrom-Freileitungen so an einer Schaltanlage zusammen, daß Verwechslungen möglich sind, so sind sie an der Einführung in die Schaltanlage zu kennzeichnen.
- e) Wenn mehrere Stromkreise an gemeinsamem Gestänge liegen, so sind sie durch vom Erdboden und von jedem Ausleger aus deutlich erkennbare Unterscheidungsmerkmale (Zahlen, Zeichen, Farben oder dgl.) zu kennzeichnen. Diese Kennzeichnung darf entfallen, wenn sichergestellt ist, daß Arbeiten an oder in der Nähe von Bauteilen, die üblicherweise unter Spannung stehen, nur dann ausgeführt werden, wenn sämtliche auf dem gemeinsamen Gestänge liegenden Stromkreise spannungsfrei sind.

§ 5

Leiterwerkstoffe

Für die Leiter sind Drähte oder Seile aus Werkstoffen zu verwenden, für die der Wert der Dauerzugfestigkeit durch eine behördlich anerkannte Versuchsstelle bestätigt ist. Zähigkeit sowie Beständigkeit gegen chemische und elektrolytische Einflüsse sind, besonders bei neuartigen Leiterwerkstoffen, zu berücksichtigen (DIN 40 500 und 40 501).

§ 6

Beschaffenheit der Leiter, Mindestquerschnitte

- a) Für die Beschaffenheit und Abmessungen genormter Leiter sind die DIN-Normen 48 200, 48 201, 48 202, 48 204 maßgebend. Für nicht genormte Leiter müssen Vereinbarungen getroffen werden.
 - b) Eindrätige Leiter und alle Drähte, die für Seile verwendet werden, müssen beim Zugversuch mit ausgeprägtem Fließkegel reißen. Die Einzeldrähte von Seilen sind nach dem Verseilen zu prüfen.
 - c) Für Kupfer-, Aluminium- und Stahlaluminiumleiter dürfen nur hartgezogene Drähte verwendet werden.
 - d) Eindrätige Leiter aus Stahl und Aluminium sowie seinen Legierungen sind nicht zulässig. Eindrätige Kupfer-, Bronze- und Stahlkupferleiter sind nur bis zu einem Höchstquerschnitt von 16 mm² und bis zu einer Spannweite von 80 m zulässig (Ausnahmen für Betriebsfernmeldeleitungen siehe § 11).
 - e) Zulässiger Mindestquerschnitt
Der zulässige Mindestquerschnitt beträgt
- | | |
|---|------------------------|
| für Kupfer und Bronze | 10 mm ² |
| für Stahl | 16 mm ² |
| für Aluminium und seine Legierungen | 25 mm ² |
| für Stahlaluminium nach DIN 48204 | 16/2,5 mm ² |

Bei Leitern aus Stahlkupfer muß der Querschnitt so groß sein, daß die Nennlast mindestens 380 kg beträgt.

- f) Leiter aus Stahl sind, auch wenn sie die Seele von Stahlaluminiumseilen bilden, durch Feuerverzinkung gegen Rost zu schützen. Das für die Bäder verwendete Zink darf nur reines Hüttenzink sein.

Über die an die Verzinkung zu stellenden Anforderungen siehe Anhang „Verzinkungsgüte verzinkter Stahldrähte und sonstiger verzinkter Bauteile, Anforderungen und Prüfverfahren“.

- g) Schweißungen von eindrätigen Leitern aus Stahl und eindrätigen Stahlseelen von Stahlaluminiumseilen sind unzulässig.

Bei Stahldrähten für Stahlseile und für mehrdrätige Stahlkerne von Stahlaluminiumseilen sind Schweißungen nur zulässig, wenn sie vor der Verzinkung erfolgt sind.

§ 7

Zulässige Zugspannungen und Spannweiten

- a) Nachstehende Werte der Höchstzugspannungen dürfen beim Auftreten weder der normalen Zusatzlast [siehe § 8 b)] noch einer größeren Zusatzlast [siehe § 7 d)] überschritten werden.

Art der Leiter	Zulässige Höchstzugspannung
Eindrätige Kupferleiter	12 kg/mm ²
Eindrätige Leiter aus anderen Werkstoffen	35 % der Dauerzugfestigkeit
Seile aus Kupfer	19 kg/mm ²
Seile aus Aluminium	8 kg/mm ²
Seile aus Aldrey	12 kg/mm ²
Seile aus Bronze Bz I	24 kg/mm ²
Seile aus Bronze Bz II	30 kg/mm ²
Seile aus Bronze Bz III	35 kg/mm ²
Stahlaluminiumseile nach DIN 48204 auf den Gesamtquerschnitt bezogen mit Querschnittsverhältnis	
Al/St 5,7 bis 6	11 kg/mm ²
Al/St 4,3	11,5 kg/mm ²
Al/St 3	12 kg/mm ²
Seile aus anderen Werkstoffen	50 % der Dauerzugfestigkeit

Bei freigespannten Leitern ist die Zugspannung an den Aufhängepunkten bzw. bei ungleich hohen Aufhängepunkten an dem höher gelegenen größer als die Höchstzugspannung [siehe § 3 i)]. Die Zugspannung an den Aufhängepunkten darf in keinem Fall die vorgenannten Werte um mehr als 5 % überschreiten.

Bei Spannweiten mit annähernd gleich hohen Aufhängepunkten erübrigt sich eine Nachprüfung, wenn der größte Durchhang nach § 8 c) etwa 4 % der Spannweite nicht überschreitet.

- b) Die Sicherheit der Leiter nimmt bei auftretenden Zusatzlasten mit wachsender Spannweite ab. Die zweifache normale Zusatzlast darf den Werkstoff der Leiter an den Aufhängepunkten höchstens bis zur Dauerzugfestigkeit beanspruchen.
- c) Die Anforderungen nach a) und b) gelten für genormte Leiter als erfüllt, und ein besonderer Nachweis erübrigt sich, wenn bei den unter a) festgelegten Höchstzugspannungen die Grenzspannweiten nicht überschritten werden. Tafel 1 enthält für die häufigst verwendeten Nennquerschnitte die unter Zugrundelegung der Werte der Höchstzugspannungen nach Absatz a) und gleich hoher Aufhängepunkte nach der Gleichung der Kettenlinie berechneten Grenzspannweiten. Die zulässigen Spannweiten für eindrätige Leiter sind in §§ 6 d) und 11 festgelegt.
- d) In Gegenden, in denen größere Zusatzlasten als die normale [siehe § 8 b)] regelmäßig auftreten, sind die Höchstzugspannung und die Spannweite so zu wählen, daß die zulässigen Werte nach a) nicht überschritten werden und bei eindrätigen Leitern das 4fache, bei Seilen das 2fache der größeren Zusatzlast den Werkstoff höchstens bis zur Dauerzugfestigkeit beansprucht.

Tafel 1
Grenzspannweiten für gleich hohe Aufhängepunkte und zweifache normale Zusatzlast

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Seile nach DIN 48 201											Seile nach DIN 48 204	
Nenn- querschnitt	Grenzspannweiten										Nennquerschnitt Al/St	Grenzspannweiten
	Kupfer	Bronze			Stahl				Alu- mini- um	Al- drey		Stahlaluminium
	Bz I	Bz II	Bz III	St I	St II	St III	St IV					
mm²	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm²	m
10	100	190	270	450	—	—	—	—	—	—	—	—
16	160	300	400	640	300	525	845	1035	—	—	16/2,5	245
25	240	470	610	805	380	660	1070		60	350	25/4	340
35	350	640	810	950	450	790			80	435	35/6	420
50	540	740	945	1100	525	920			110	540	50/8	515
70	670	850	1080		600	1060			140	650	70/12	610
95	755	960			685				190	790	95/15	710
120	815	1030			740				230	890	120/21	820
150	865	1090			790				290	995	150/25	890
185	915				840				360	1100	185/32	970
240	975				890				500		240/40	1065
300	1015				940				655		300/50	1150

- e) In Gegenden, in denen mit widerregten, die Leiter gefährdenden Schwingungen zu rechnen ist, sind geeignete Vorkehrungen zu treffen.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß Leiter in ebenem, dem Wind frei zugänglichen Gelände gefährdet sein können. Die Gefahr besteht darin, daß — besonders an den Befestigungspunkten — zusätzliche Wechselbeanspruchungen auftreten, die zum Bruch von Drähten führen können. Solchen Gefahren läßt sich begegnen durch Vorkehrungen, die das Entstehen derartiger Schwingungen verhindern (z. B. Verringerung der Höchstzugspannung) oder deren schädliche Auswirkungen beseitigen.

§ 8

Durchhang

- a) Der Durchhang der Leiter ist so zu bemessen, daß die nach § 7 zulässige Höchstzugspannung weder bei -5°C mit der Berechnung zugrunde gelegten Zusatzlast noch bei -20°C ohne Zusatzlast überschritten wird.
- b) Bei der Berechnung des Durchhanges kommt zum Gewicht des Leiters eine Belastung durch Eisbehang, Rauheis, Schnee oder Wind. Für normale Fälle ist diese Zusatzlast mit dem Wert $0,18 \sqrt{d}$ in Kilogramm für 1 m Leiterlänge — in Richtung der Schwerkraft wirkend — anzunehmen. Hierin ist d der Nennwert des Leiterdurchmessers in Millimetern. In Gegenden, in denen größere Zusatzlasten als die normale regelmäßig auftreten, sind diese zu berücksichtigen.
- c) Als größter Durchhang gilt der größere der Werte, die sich bei -5°C mit Zusatzlast nach b) oder bei $+40^{\circ}\text{C}$ ohne Zusatzlast ergeben.

Bei Tragketten ist der Durchhang für die lotrechte Stellung der Ketten zu ermitteln.

- d) Für die Durchhangsberechnung gelten die in Tafel 2 enthaltenen Festwerte der Leiterwerkstoffe.

§ 9

Anordnung der Leiter

- a) Die unter Spannung stehenden Leiter müssen voneinander und von anderen Leitern desselben Spannungsfeldes, z. B. von Erdseilen, einen solchen Abstand erhalten, daß ein Zusammenschlagen oder eine Annäherung bis zum Überschlag nicht zu befürchten ist.

1. Bei Leitern mit gleichen Querschnitten, aus gleichen Werkstoffen und mit gleichem Durchhang muß in Gegenden mit normalen Witterungsverhältnissen der gegenseitige Abstand in Metern in Spannungsmitteln mindestens betragen:

$$a = k \sqrt{f + l_k} + \frac{U_n}{150 \text{ kV}}$$

Hierin bedeuten:

- k einen vom Ausschwingwinkel der Leiter im Wind abhängigen Faktor, der Tafel 3 zu entnehmen ist,
 f den Durchhang der Leiter bei $+40^{\circ}\text{C}$ in Metern,
 l_k die Länge der Isolatenkette einschließlich der senkrecht zur Leitungsrichtung beweglichen Kettenverlängerungen in Metern; bei Stützenisolatoren und bei Abspannketten ist $l_k = 0$ zu setzen,
 U_n die Nennspannung in Kilovolt.

Die in Tafel 3 mit einem Staudruck von $52,5 \text{ kg/m}^2$ ermittelten Ausschwingwinkel gelten für alle Höhenlagen. Bei Leitern anderen Querschnittes oder anderen Werkstoffes als in Tafel 3 angegeben, sind die Werte für k entsprechend ihrem Ausschwingwinkel bei Wind zu wählen. Zur Bestimmung des Ausschwingwinkels ist für den Staudruck der obige Wert zugrunde zu legen.

Bei Nennspannungen von 3 kV und darüber darf der Abstand der Leiter voneinander in Metern nicht kleiner sein, als der Faktor k aus Tafel 3 für den jeweiligen Werkstoff und die gewählte Anordnung am Gestänge ergibt.

Bei Nennspannungen unter 30 kV und Spannweiten unter 50 m sind jedoch in Feldern zwischen Stationen und dem nächsten Mast sowie bei Mastschaltern, auch bei Schaltern an Masten von Kreuzungsfeldern nach § 32 b) 3.3, folgende Mindestabstände der Leiter voneinander zulässig:

bei Aluminium und seinen Legierungen 0,6 m,
bei anderen Werkstoffen, auch Stahlaluminium 0,5 m.
Leiter, die nicht unter Spannung gegeneinander stehen, dürfen einen geringeren Abstand haben.

2. Bei Leitern mit verschiedenen Querschnitten oder aus verschiedenen Werkstoffen oder mit ungleichen Durchhängen ist bei der Ermittlung der Mindestabstände nach 1. der entsprechende größere Faktor k aus Tafel 3 zugrunde zu legen; bei ungleichen Durchhängen gilt der für den größeren Durchhang ermittelte Mindestabstand

Tafel 2
Festwerte der Leiterwerkstoffe für die Durchhangsberechnung

Nr.	1 a Werkstoff	1 b nach DIN	2 Wichte kg/dm³	3 Wärme- dehnungszahl ϵ_t für 1°	4 Elastische Lehnungs- zahl a cm²/kg	5 Dauerzug- festigkeit kg/mm²	6 Prüffestig- keit kg/mm²
1	Kupfer	4820C Bl. 1	8,9	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{1,3 \cdot 10^6}$	30	40
2	Bronze Bz I	48200 Bl. 2	8,9	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{1,3 \cdot 10^6}$	40	50
3	Bronze Bz II	48200 Bl. 2	8,65	$1,66 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{1,3 \cdot 10^6}$	50	60
4	Bronze Bz III	48200 Bl. 2	8,65	$1,66 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{1,3 \cdot 10^6}$	62	70
5	Aluminium	48200 Bl. 1	2,7	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{0,56 \cdot 10^6}$	12	18 ¹⁾
6	Aldrey	48200 Bl. 1	2,7	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{0,60 \cdot 10^6}$	24	30
7	Stahl St I	48200 Bl. 3	7,8	$1,23 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{1,92 \cdot 10^6}$	32	40
8	Stahl St II	48200 Bl. 3	7,8	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{1,96 \cdot 10^6}$	56	70
9	Stahl St III	48200 Bl. 3	7,8	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{2,0 \cdot 10^6}$	90	120
10	Stahl St IV	48200 Bl. 3	7,8	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{2,0 \cdot 10^6}$	110	150
11	Stahl- aluminium	48204 Al St 5,7...6	3,45	$1,95 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{0,75 \cdot 10^6}$	2)	—
12		48204 Al St 4,3	3,65	$1,76 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{0,79 \cdot 10^6}$	2)	—
13		48204 Al St 3	3,98	$1,66 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{0,87 \cdot 10^6}$	2)	—

¹⁾ Bei Drahtdurchmesser ab 2,5 mm und darüber 17 kg/mm².
²⁾ Für Stahlaluminiumseile gilt als Dauerzugfestigkeit des Seiles das 0,9fache der Summe der Dauerzugfestigkeiten der einzelnen Werkstoffe unter Beachtung des Querschnittsverhältnisses von Stahl zu Aluminium.

in Spannfeldmitte. Die so ermittelten Abstände sind daraufhin zu untersuchen, ob sie unter Annahme gleichsinniger Ablenkung der Leiter bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten noch ausreichen. Dabei ist anzunehmen, daß ein Wind mit einer Geschwindigkeit bis zu 29 m/s auf am Wind liegende Leiter wirkt, während auf dem Wind abgekehrte Leiter ein Wind mit einer bis zu 20 % geringeren Geschwindigkeit wirkt. Für große Spannweiten, bei denen der Durchhang 4 % der Spannweite überschreitet, kann bei Leitern mit gleichem Querschnitt und aus gleichem Werkstoff bei ungleichen Durchhängen für dem Wind abgekehrte Leiter eine im Bereich bis zu 10 % geringere Windgeschwindigkeit angenommen werden. Falls erforderlich, sind die Abstände so weit zu vergrößern, daß im Falle der größten Annäherung der Leiter ein Abstand von $\frac{U_n}{150 \text{ kV}}$ in Metern, mindestens aber ein solcher von 0,2 m, gewahrt bleibt. Hierin ist U_n die Nennspannung in Kilovolt.

3. Bei übereinander angeordneten Leitern von Freileitungen, die in durch Eislast besonders gefährdeten Gegenden verlaufen, muß der Gefahr eines unzulässigen Annäherns in erhöhtem Maße Rechnung getragen werden.

Die Erfahrungen an Leitungen und die meteorologischen Beobachtungen lehren, daß es in Deutschland sowohl durch Eislast besonders gefährdete Gegenden als auch kleinere, örtlich eng begrenzte Rauhreifgebiete gibt, die durch größere Wasserflächen, Flußniederungen, Moore und dgl. gekennzeichnet sind. Besonders gefährdet sind Hänge, die nach solchen feuchten Gebieten zu abfallen, zumal, wenn der Wind vorwiegend von dort kommt.

Die Gefahren bestehen darin, daß einzelne Leiter im Augenblick des Abfallens der Eislast hochschnellen und darüberliegende Leiter berühren oder sich ihnen bis zum Überschlag nähern. Auch kann bei teilweisem Abfallen der Eislast der Belastungszustand in benachbarten Feldern verschieden sein, so daß sich die Isolatorenketten in der Leitungsrichtung schieben und dadurch die gegenseitigen Leiterabstände an einzelnen Stellen stark verringern.

Solchen Gefahren läßt sich begegnen durch Vergrößerung der Abstände oder Wahl entsprechender Anordnung der Leiter am Gestänge, z. B. Anordnung der Leiter in gleicher Höhe nebeneinander. Weitere Maßnahmen sind Verkürzung der Spannweiten und Abspannabschnitte.

- b) Die unter Spannung stehenden Leiter müssen von geerdeten Bauteilen folgende Mindestabstände haben:

1. Leiter von Freileitungen in Netzen, die mit nicht starr geerdetem Sternpunkt betrieben werden:

bei ruhendem Leiter $0,1 + \frac{U_n}{150 \text{ kV}}$ in Metern, mindestens jedoch 0,2 m

Tafel 3
Ausschwingwinkel und Faktor k

Nr.	1	2	3	4	5	6
1	Kupfer, Bronze, Stahl	Nenn- querschnitt mm ²	10 16*)	25 35*)	50 70 95*)	> 95
2	Aluminium und seine Legierungen	„	25 35 50 70 95 120*) 150*)	> 150	—	—
3	Stahlaluminium nach DIN 48204	„	16/2,5 25/4 35/6 50/8*) 70/12*)	95/15 120/21 150/25*) 125/29*)	170/40 185/32 210/36 210/50 240/40 300/50	310/100 340/110
4	Ausschwingwinkel der Leiter bei Wind	Grad	über 65°	über 55° bis 65°	über 40° bis 55°	40° und darunter
5	Leiter übereinander beliebig angeordnet	Faktor k	0,95	0,85	0,75	0,70
6	Leiter in gleicher Höhe nebeneinander angeordnet	„	0,70	0,65	0,62	0,60

*) Bei Nennspannungen bis 30 kV und Höhen der Leitungen bis 15 m über Gelände können für die in Spalte 3, 4 und 5 mit Stern gekennzeichneten Querschnitte die Werte für den Faktor k entsprechend der jeweils folgenden Spalte 4, 5 und 6 zugrunde gelegt werden. Bei Anordnung der Leiter im gleichseitigen Dreieck mit zwei oben oder unten in gleicher Höhe liegenden Leitern können darüber hinaus folgende Werte für den Faktor k eingesetzt werden:

Spalte	3	4	5	6
Faktor k	0,75	0,70	0,65	0,62

bei Ablenkung des Leiters durch eine auf den Leiter und die Isolatorenkette wirkende Windlast nach § 15 a) 2 $\frac{U_n}{150 \text{ kV}}$ in Metern,

2. Leiter von Freileitungen in Netzen, die mit starr geradem Sternpunkt betrieben werden:

bei ruhendem Leiter und bei Ablenkung des Leiters durch eine auf den Leiter und die Isolatorenkette wirkende Windlast nach § 15 a) 2 $\frac{U_n}{150 \text{ kV}}$ in Metern.

Hierin ist U_n die Nennspannung in Kilovolt.

§ 10

Leiterverbindungen

- a) Unter Zug stehende Verbindungen müssen mindestens 90 % der Nennlast der Leiter aushalten (DIN 48 217, 48 218). Verbindungen mit geringerer Festigkeit sowie Lötverbindungen dürfen nur dann verwendet werden, wenn die Verbindung nicht auf Zug beansprucht ist.
- b) Werkstoffe und Aufbau von Verbindern sind so zu wählen, daß elektrolytische Zerstörungen nicht zu erwarten sind. Stahlverbinder sind durch Feuerverzinkung gegen Rost zu schützen. Über Rostschutz durch Feuerverzinkung siehe § 23 b).

§ 11

Betriebsfernmeldeleitungen am Gestänge von Starkstrom-Freileitungen

- a) Betriebsfernmeldeleitungen, die mit Starkstrom-Freileitungen an gemeinsamem Gestänge geführt sind, müssen entsprechend der Höhe der im Normalbetrieb induzierten Spannung wie Starkstrom-Freileitungen mit Nennspan-

nungen entweder von 1 kV und darüber oder unter 1 kV behandelt werden.

Luftkabel, die im Zuge von Freileitungen verlaufen und zwischen deren Stützpunkten freitragend oder an tragenden Einrichtungen befestigt sind, gelten als Leiter.

Blanke Leiter von Betriebsfernmeldeleitungen dürfen nicht oberhalb der Leiter von Starkstrom-Freileitungen verlegt werden. Für Luftkabel gilt dies nicht.

- b) Für den Werkstoff, Querschnitt und die Anordnung von Leitern für Betriebsfernmeldeleitungen, die mit Starkstrom-Freileitungen für Nennspannungen von 1 kV und darüber an gemeinsamem Gestänge geführt sind, gelten die Bestimmungen der §§ 5 bis 9 mit folgenden Ausnahmen:

Bei Spannweiten bis 120 m sind eindrähtige Leiter aus Bronze, Stahl und Stahlkupfer, deren Nennlast mindestens 380 kg beträgt, mit einem geringeren Querschnitt als 10 bzw. 16 mm² zugelassen.

- c) Im übrigen gelten für die Näherung und Parallelführung von Betriebsfernmeldeleitungen mit Starkstrom-Freileitungen die Bestimmungen von § 32 c) 12.

B. Isolatoren und Zubehör

§ 12

Isolatoren

- a) Für die elektrische Zuordnung der Isolation von Freileitungen für Nennspannungen von 1 kV und darüber zu den Reihenspannungen gilt VDE 0111/8. 53 „Leitsätze für die Bemessung und Prüfung der Isolation elektrischer Anlagen für Wechselspannungen von 1 kV und darüber“.

1. Bemessung der Isolation gegenüber Beanspruchungen durch Betriebsvorgänge:

- 1.1 Die Forderung ausreichenden Isoliervermögens einer Starkstrom-Freileitung gegenüber den betriebsmäßigen Spannungsbeanspruchungen gilt als

erfüllt, wenn durch eine Typenprüfung nach VDE 0446/3. 55 „Regeln für Isolatoren mit Zubehör für Starkstrom-Freileitungen und Fahrleitungen“ §§ 21 und 22, für die Isolatoren oder Isolatorenketten unter Berechnung nachgewiesen ist, daß die Prüfwechselspannung nach VDE 0111, § 14, Tafel 1 bzw. 2, Isolationsgruppe C, während einer Minute gehalten wird und der Meßmittelwert der Überschlageswechselspannung nach VDE 0446, § 22 d) mindestens das 1,1fache der Prüfwechselspannung beträgt. Dabei gilt Tafel 1 für Freileitungen mit Reihenspannungen von 1 kV und darüber bei nicht starr geerdetem Sternpunkt und Tafel 2 für Freileitungen mit Reihenspannungen von 110 kV und darüber bei starr geerdetem Sternpunkt.

Die Prüfwechselspannungen nach VDE 0111, § 14, Tafel 1 und 2 gelten für den Normzustand der Luft, nämlich:

Luftdruck	$b_0 = 760 \text{ Torr}$
Lufttemperatur	$t_0 = +20^\circ \text{ C}$,
absolute Luftfeuchtigkeit	$f_0 = 11 \text{ g Wasserdampf}$ je $\text{m}^3 \text{ Luft}$.

Sie sind auch bei vom Normzustand abweichenden Verhältnissen, z. B. bei vermindertem Luftdruck in größeren Höhenlagen, einzuhalten. Die Prüfwechselspannungen sind auf den Normzustand der Luft nach VDE 0446, § 26 b) und c) umzurechnen.

Als Anhaltspunkt für die Verwendung von Isolatoren in Höhenlagen ab 1000 m über NN. gilt, daß für je 500 m Höhenzunahme die Prüfwechselspannung beim Normzustand der Luft um je 7,5 % über den in VDE 0111, § 14, Tafel 1 und 2 verlangten Werten liegen muß.

- 1.2 Bei der Bemessung der Isolation von Freileitungen ist noch auf die bei Verschmutzung, Tau und Nebel vorliegenden Betriebsverhältnisse Rücksicht zu nehmen¹⁾.

2. Abstufung der Isolation gegenüber Gewitterüberspannungen:

Im allgemeinen kann die Isolation einer Anlage mit wirtschaftlichen Mitteln nicht so bemessen werden, daß sie auch den Beanspruchungen durch die bei einem unmittelbaren Blitzschlag in der Anlage auftretenden Überspannungen gewachsen ist. Die Maßnahmen zum Schutz gegen äußere Überspannungen müssen sich deshalb darauf beschränken, die Isolation der einzelnen Betriebsmittel in ihrer Bemessung gemäß VDE 0111, § 13, sinngemäß abzustufen.

Für die Bemessung der Isolation von Freileitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber gilt nach VDE 0111, § 13 c) der untere Stoßpegel, sofern nicht andere Gesichtspunkte, z. B. Berücksichtigung der Verschmutzung, eine höhere Bemessung der Isolation angebracht erscheinen lassen. In diesem Fall empfiehlt es sich, beim Übergang der Freileitung in eine Schaltanlage einen Überspannungsschutz vorzusehen (VDE 0675).

Zum Nachweis des unteren Stoßpegels sind die Isolatoren oder Isolatorenketten, gegebenenfalls mit betriebsfertig angebrachten Schutzarmaturen, z. B. Hörnern, Ringen usw. einer Typenprüfung nach VDE 0111, § 19 a) mit den in § 17 der gleichen Leitsätze, Tafel 3 für Netze mit nicht starr geerdetem Sternpunkt und Tafel 4 für Netze mit starr geerdetem Sternpunkt, jeweils in Spalte 5 verlangten Werten der Stehstoßspannung für den unteren Stoßpegel zu unterziehen. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn bei 5 Stößen kein Überschlag auftritt, und als nicht bestanden, wenn hierbei mehr als ein Überschlag auftritt. Wenn nur ein Überschlag auftritt, gilt die Prüfung als bestanden, sofern bei 10 weiteren Stößen kein Überschlag mehr auftritt.

Weiterhin ist nachzuweisen, daß bei gleicher Anordnung der Isolatoren oder Isolatorenketten die 50%-Überschlagesstoßspannung nach § 7 von VDE 0450/XI. 39 „Leitsätze für die Erzeugung und Verwendung von Stoßspannungen für Prüfzwecke“ mindestens das 1,1fache des Wertes der Stehstoßspannung für den unteren Stoßpegel beträgt.

Die Werte der Stehstoßspannung für den unteren Stoßpegel in VDE 0111, § 17, Tafel 3 und 4 beziehen sich auf den Normzustand der Luft [siehe a) 1.1].

Da mit zunehmender Höhenlage die Durchschlagfestigkeit der Luft wegen verringerter Dichte abnimmt, sind in Höhenlagen ab 1000 m über NN. Isolatoren oder Isolatorenketten zu verwenden, deren Stehstoßspannungen für je 500 m Höhenzunahme um je 7,5 % höher liegen als die Werte in VDE 0111, § 17, Tafel 3 und 4.

- b) Für die mechanische Zuordnung von Stützen-, Kappen- und Vollkernisolatoren für Freileitungen zu den Beanspruchungen durch die Leiter gilt:

1. Stützenisolatoren:

Stützenisolatoren an Tragmasten müssen einen Mittelwert der Bruchlast (VDE 0446, §§ 5 und 17) haben, der mindestens das 3fache der Belastung aus Eigengewicht der Leiter einschließlich Eisbehang oder aus Wind auf Leiter beträgt (siehe § 15).

Stützenisolatoren, die zur Abspannung benutzt werden, müssen einen Mittelwert der Bruchlast haben, der mindestens gleich dem 3fachen Betrag des Höchstzuges des Leiters ist.

2. Kappenisolatoren:

Kappenisolatoren, die zur Leiteraushängung benutzt werden, müssen eine elektro-mechanische Last (VDE 0446, §§ 5 und 17) haben, die mindestens das 4fache der Belastung aus Eigengewicht der Leiter, der Isolatorenketten und des Zubehörs, einschließlich Eisbehang (siehe § 15) beträgt.

Kappenisolatoren, die zur Abspannung benutzt werden, müssen eine elektro-mechanische Last haben, die mindestens das 4fache des Höchstzuges des Leiters beträgt. Bei Verwendung von Mehrfachketten kann der Wert für die elektro-mechanische Last von n -fach-Ketten gleich dem n -fachen Wert der elektro-mechanischen Last einer Einfachkette gesetzt werden, wenn gewährleistet ist, daß

- 2.1 im Normalzustand die einzelnen Ketten gleichmäßig belastet werden,
- 2.2 beim Bruch einer einzelnen Kette in einer n -fach-Kette, bei der $n > 2$ ist, die verbleibenden Ketten möglichst gleichmäßig belastet werden.

3. Vollkernisolatoren:

Vollkernisolatoren, die zur Leiteraushängung benutzt werden, müssen einen Mittelwert der Bruchlast (VDE 0446, §§ 5 und 17) haben, der mindestens das 4fache der Belastung aus Eigengewicht des Leiters, der Isolatorenketten und des Zubehörs einschließlich Eisbehang (siehe § 15) beträgt.

Vollkernisolatoren, die zur Abspannung benutzt werden, müssen einen Mittelwert der Bruchlast haben, der mindestens das 4fache des Höchstzuges des Leiters beträgt.

Bei Verwendung von Mehrfachketten kann der Mittelwert der Bruchlast von n -fach-Ketten gleich dem n -fachen Wert des Mittelwertes der Bruchlast einer einzelnen Kette gesetzt werden, wenn gewährleistet ist, daß

- 3.1 im Normalzustand die einzelnen Isolatorenketten gleichmäßig belastet werden.
- 3.2 beim Bruch einer einzelnen Kette in einer n -fach-Kette, bei der $n > 2$ ist, die verbleibenden Ketten möglichst gleichmäßig belastet werden.

- c) Für die Prüfung von Isolatoren für Freileitungen gilt VDE 0446.

Für genormte Isolatoren sind dabei die in den jeweils gültigen DIN-Normen festgelegten Abmessungen und mechanischen Werte maßgebend (DIN 48004, 48006 und 48007). Der Hersteller hat die mechanischen und elektrischen Werte nachzuweisen und zu gewährleisten.

Für nicht genormte Isolatoren hat der Hersteller bestimmte Abmessungen und in sinngemäßer Angleichung

¹⁾ Die Beratungen über eine Neufassung der am 1. 1. 1953 außer Kraft gesetzten „Leitsätze für die Nebel- und Verschmutzungsprüfung von Freiluft-Hochspannungsisolatoren“ VDE 0448/V 40 sind noch im Gange.

an die DIN-Normen auch mechanische Werte nachzuweisen und zu gewährleisten. Für die elektrischen Werte gilt das gleiche.

1. Stückprüfung:

Zur Ausscheidung fehlerhafter Stücke sind folgende Prüfungen an jedem einzelnen Isolator der Liefermenge vorzunehmen:

- 1.1 Bei Isolatoren jeder Bauart ist festzustellen, ob die für die Oberflächenbeschaffenheit geforderten Bedingungen erfüllt sind (VDE 0446, §§ 8 und 10).
- 1.2 für Stützenisolatoren mit Außenbefestigung (St VK) und bei Vollkernisolatoren (VK und VKL) hat der Hersteller eine Erklärung abzugeben, daß der Isolierkörper vor dem Zusammenbau mit den Befestigungsteilen mit Ultraschall geprüft wurde (VDE 0446, § 11).
- 1.3 Kettenisolatoren (K, VK und VKL) sind mit der Stückprüflast eine Minute lang auf Zug zu prüfen (VDE 0446, § 12). Kappenisolatoren sind nach dieser mechanischen Prüfung noch auf Durchschlag zu prüfen (VDE 0446, § 13).
- 1.4 Stützenisolatoren mit Innenbefestigung (St) sind vor ihrem Zusammenbau mit den Stützen auf Durchschlag zu prüfen (VDE 0446, § 13).

2. Stichprobenprüfung:

Zum Nachweis bestimmter Eigenschaften der Isolatoren sind an den gemäß VDE 0446, § 20 aus der Liefermenge beliebig ausgewählten Isolatoren folgende Prüfungen in der dort angegebenen Reihenfolge vorzunehmen:

- 2.1 Bei Isolatoren jeder Bauart ist festzustellen, ob die für die Abmessungen geforderten Bedingungen erfüllt sind (VDE 0446, § 14).
- 2.2 Stützenisolatoren mit Innenbefestigung (St) sind einer Temperaturwechselprüfung (VDE 0446, § 15) und einer Durchschlagprüfung, wahlweise mit Wechselspannung oder Stoßspannung (VDE 0446, § 16) zu unterziehen. Ferner sind sie zum Nachweis des Mittelwertes der Bruchlast einer Biegebelastung (VDE 0446, § 17) zu unterziehen. An Bruchstücken des Isolierkörpers ist eine Prüfung auf Saugfähigkeit (VDE 0446, § 18) vorzunehmen.
- 2.3 Stützenisolatoren mit Außenbefestigung (St VK) sind einer Temperaturwechselprüfung (VDE 0446, § 15) und einer mechanischen Prüfung auf Biegebelastung (VDE 0446, § 17) zu unterziehen. An Bruchstücken des Isolierkörpers ist eine Prüfung auf Saugfähigkeit (VDE 0446, § 18) vorzunehmen.
- 2.4 Kappenisolatoren (K) sind einer Temperaturwechselprüfung (VDE 0446, § 15) und anschließend einer Durchschlagprüfung, wahlweise mit Wechselspannung oder Stoßspannung (VDE 0446, § 16) zu unterziehen. Ferner sind sie zum Nachweis der elektro-mechanischen Last und des Mittelwertes der Bruchlast einer Zugbelastung (VDE 0446, § 17) zu unterziehen. An Bruchstücken des Isolierkörpers ist eine Prüfung auf Saugfähigkeit (VDE 0446, § 18) vorzunehmen.
- 2.5 Vollkernisolatoren (VK und VKL) sind einer Temperaturwechselprüfung (VDE 0446, § 15) und zum Nachweis des Mittelwertes der Bruchlast einer Zugbelastung (VDE 0446, § 17) zu unterziehen. An Bruchstücken des Isolierkörpers ist eine Prüfung auf Saugfähigkeit (VDE 0446, § 18) vorzunehmen. Bei Langstabisolatoren mit Längen von 500 mm und darüber ist zu prüfen, ob die zulässige größte einseitige Achsenabweichung des keramischen Körpers von der Geraden nicht überschritten ist. (VDE 0446, § 7.)
- 2.6 Zugisolatoren (Z), Schäkelisolatoren (S) und Isolierleiter (E) sind einer Temperaturwechselprüfung (VDE 0446, § 15) und zum Nachweis des

Mittelwertes der Bruchlast einer Zugbelastung (VDE 0446, § 17) zu unterziehen. An Bruchstücken des Isolierkörpers ist eine Prüfung auf Saugfähigkeit (VDE 0446, § 18) vorzunehmen.

- 2.7 Feuerverzinkte Zubehöerteile der Isolatoren sind vor dem Zusammenbau einer Prüfung auf Verzinkungsgüte gemäß Anhang dieser Vorschrift zu unterziehen [siehe auch § 14 f) und g)].

3. Typenprüfung:

Zum Nachweis kennzeichnender Eigenschaften eines Isolators sind insbesondere an Mustern der Fertigung nach abgeschlossener Entwicklung der Typen folgende Prüfungen durchzuführen:

- 3.1 Bei sämtlichen Isolatoren-Bauarten für Nennspannungen von 1 kV und darüber ist der Mittelwert der Überslagwechselspannung in trockenem Zustand und unter Regen (VDE 0446, § 22) und die Stehstoßspannung (VDE 0446, § 23) festzustellen. Außerdem empfiehlt sich zur Beurteilung des Isoliervermögens die Aufnahme einer vollständigen Stoßkennlinie für die verschiedenen Isolatorentypen oder -anordnungen (VDE 0446, § 24).
- 3.2 Bei Kettenisolatoren (K, VK und VKL) ist der Dauerlastwert bei einjähriger Belastungszeit (VDE 0446, § 25) nachzuweisen.

- d) Bezüglich der elektrischen Zuordnung genormter Freileitungsisolatoren zu den Reihenspannungen und der mechanischen Zuordnung zu den Beanspruchungen durch die Leiter siehe VDE 0294.

§ 13

Stützen, Bunde und sonstiges Zubehör für Stützenisolatoren

- a) Für die Bemessung der Isolatorstützen sind die äußeren Lasten nach § 15 mit den Belastungsannahmen nach § 17 sinngemäß einzusetzen. Der Festigkeitsnachweis ist nach § 24 zu führen.
Für genormte Isolatorstützen gelten die DIN-Normen 48 044, 48 045, 48 050, 48 051, 48 052.
- b) Der Werkstoff von Bindedraht, etwaigen Beilagen und Klemmen von Bügelbunden ist so zu wählen, daß elektrolytische Zerstörungen nicht zu erwarten sind. Bindedraht aus Stahl und Teile von Bügelbunden aus Stahl oder Eisen müssen feuerverzinkt sein. Die Verzinkung muß den Prüfbedingungen gemäß Anhang entsprechen.
- c) Für die Befestigung der Leiter an Stützenisolatoren gilt: An Stützenisolatoren verlegte Leiter müssen entsprechend den im Betrieb zu erwartenden Beanspruchungen zuverlässig festgehalten werden.
Wenn der Leiter an Stützenisolatoren so befestigt wird, daß bei Auftreten einseitiger Leiterzüge mit einem Durchrutschen zu rechnen ist, muß auf die dabei entstehenden Durchhangsvergrößerungen geachtet werden.
Bei Abspannung müssen die Leiter mit mindestens 90% ihrer Nennlast festgehalten werden. Wird hierbei der Leiter an einem zweiten Isolator mittels Hilfseil befestigt, so muß dieses 90% der Nennlast des Leiters aufnehmen können.
Wird dagegen das Hauptseil ohne Abspannung durchgeführt und beiderseits mit einem an einem zweiten Isolator befestigten Hilfseil verbunden, so braucht die Verbindung der Leiter nur dem Höchstzug zu entsprechen.
An Stellen erhöhter Sicherheit und in Bahn-, Post-, Wasserstraßen- und Seilbahn-Kreuzungen gelten die einschlägigen Bestimmungen von § 33 c) bzw. §§ 35 und 36.
- d) Wird die Leitung nicht geradlinig geführt, so sind die Leiter an Stützenisolatoren so zu legen, daß der Bund nicht auf Zug beansprucht wird. Werden dabei für die Befestigung von Stützenisolatoren an Holzmasten ge-

bogene Stützen verwendet, so ist hierfür eine Ausführung zum Durchstecken mit beiderseitigen Beilagscheiben zu wählen.

§ 14

Zubehörteile für Kettenisolatoren und für Leiter

- a) Für Klöppel, Doppelklöppel, Klöppelpfannen und ähnliche Teile, sowie für die Kappen von Kettenisolatoren gelten die Mindestbruch- und Strecklasten sowie Stückprüflasten nach den DIN-Normen 48060, 48 061, 48063. Bei Bauteilen aus Stahl gelten die dort für den Bruch geforderten Querschnittsverminderungen bei Zugversuch nach DIN 1605. Bei Reduzierstücken ist der kleinere Querschnitt maßgebend. Für nicht genormte Teile gelten die vom Hersteller nachzuweisenden und zu gewährleistenden Mindestbruch- und Strecklasten.

- b) Sonstige Zubehörteile für den Zusammenbau von Kettenisolatoren sowie Aufhängebügel sind nach den gleichen Grundsätzen wie unter a) zu bemessen.

Zubehörteile, die zum Zusammenbau mehrerer Abspannisolatorenketten und zur Übertragung auf Mehrfachketten dienen, sind so auszuführen, daß eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Leiterzuges auf die Isolatorenketten gewährleistet ist. Diese Forderung muß auch bei Bruch einer Kette noch eingehalten werden.

Die gesamte Abspannvorrichtung muß mindestens eine Last gleich 90% der Nennlast des Leiters ohne nennenswerte Verformung aushalten. Bei Bruch einer Kette müssen die verbleibenden zugbeanspruchten Teile der Abspannung noch den 2fachen Höchstzug des Leiters aushalten.

- c) Die durch Leiterzug beanspruchten Abspannklemmen, Schlußbunde und sonstige Zubehörteile für Abspannungen müssen die Leiter mit mindestens 90% ihrer Nennlast festhalten, ohne sich nennenswert zu verformen.

- d) Die Mindestbruchlast der Tragklemmen sowie der Abstandhalter für Mehrfachtragketten muß den äußeren Lasten aus Eigengewicht der Leiter einschließlich Eisbehang, gegebenenfalls der Isolatorenketten, nach § 15 bei mindestens 2facher Sicherheit entsprechen.

- e) Die Werkstoffe von Trag- und Abspannklemmen sowie von Feldabstandhaltern der Bündelleiter sind so zu wählen, daß elektrolytische Zerstörungen nicht zu erwarten sind (siehe auch DIN 48 215, 48 216, 48 218).

- f) Zubehörteile aus Stahl für Kettenisolatoren und Leiter sind durch einen Zinküberzug gegen Rosten zu schützen. Soweit wie möglich ist die Feuerverzinkung [siehe § 23 b)] anzuwenden. Andere Verzinkungsarten sind nur zulässig, wenn eine Nachbehandlung*) vorgenommen wird und wenn es sich nicht um kontaktgebende Teile handelt.

- g) Für die Prüfung der Zubehörteile von Kettenisolatoren und Leitern gelten die Regeln VDE 0446, die im einzelnen folgende Bestimmungen enthalten:

1. Stückprüfung

Zur Ausscheidung fehlerhafter Stücke ist ein Zugversuch an jedem einzelnen Stück der Lieferung nach den Bestimmungen von VDE 0446, § 12 vorzunehmen.

2. Stichprobenprüfung

An einzelnen, beliebig auszuwählenden Stücken der Lieferung sind nach den Bestimmungen von VDE 0446, §§ 14, 17d), 19 folgende Prüfungen durchzuführen: Die Abmessungen müssen bei genormten Teilen innerhalb der in den DIN-Blättern angegebenen Grenzen, bei nicht genormten Teilen innerhalb der zwischen Hersteller und Besteller vereinbarten Grenzen liegen. Die Verzinkung muß den Bestimmungen des Anhanges

dieser Vorschrift genügen. Durch einen Zugversuch ist festzustellen, ob bei genormten Teilen die in den DIN-Blättern angegebenen Mindestwerte für die Strecklast und Einschnürung, bei nicht genormten Teilen, oder wenn in den DIN-Blättern Angaben über Strecklast und Einschnürung fehlen, die zwischen Hersteller und Besteller vereinbarten Mindestwerte eingehalten sind.

C. Gestänge

1. Allgemeines

§ 15

Äußere Lasten

- a) Maste, Querträger und Mastgründungen sind nach ihrem Verwendungszweck für die höchsten, gleichzeitig zu erwartenden äußeren Lasten zu bemessen. Als solche kommen in Betracht:

1. Eigengewicht der Maste und der Querträger, der Leiter einschließlich Eisbehang sowie der Isolatoren und dgl. Bei Isolatoren ist eine Eislast von 2,5 kg für 1 m Kettenlänge anzunehmen.

2. Windlast auf die vorgenannten Bauteile

- 2.1 Die Windrichtung ist waagrecht, die Windlast rechtwinklig zu der vom Wind getroffenen Fläche wirkend, ohne Berücksichtigung einer gleichzeitigen Vereisung anzunehmen.

Die Windlast ist: $W = c \cdot q \cdot F$

Hierin bedeuten:

c einen Staudruckbeiwert, der von der Gestalt, Ausdehnung und Oberflächenbeschaffenheit des vom Wind getroffenen Körpers abhängig ist;

$q = \frac{v^2}{16}$ den Staudruck in kg/m^2 , wobei v die Windgeschwindigkeit in m/s ist;

F die vom Wind getroffene Fläche in m^2 .

Für die verschiedenen Höhen über Erde sind die in Tafel 4 angegebenen Werte für die Windgeschwindigkeit und den Staudruck anzunehmen.

Für Maste und Isolatoren sind die in Tafel 4, Spalte 4 angegebenen Werte des Staudruckes, für Leiter die Werte der Spalte 5 einzusetzen.

Bei Leitern ist die Windlast in Höhe ihrer Aufhängepunkte an den Isolatoren anzunehmen.

Tafel 4
Windgeschwindigkeit und Staudruck

1	2	3	4	5
Höhe über Gelände m	Windgeschwindigkeit v m/s		Staudruck q kg/m ²	
	Maste Quer- träger Iso- latoren	Leiter	Maste Quer- träger Iso- latoren	Leiter
0 bis 40	33,5	29	70	52,5
über 40 bis 100	38	32,9	90	67,5
„ 100 bis 150	43	37	115	86
„ 150 bis 200	45	39	125	95

Für Freileitungen bis zu 20 m Höhe über Gelände darf der Staudruck abweichend von Tafel 4 bei Bauteilen, die bis zu 15 m über Gelände liegen, auf 55 kg/m^2 , bei Leitern auf 44 kg/m^2 ermäßigt werden. Bei Bauteilen und Leitern dieser Freileitungen, die zwischen 15 und 20 m über Gelände liegen, ist mit dem Staudruck nach Tafel 4 zu rechnen.

*) Vgl. Anhang b) 1. Abs. 1.

Der Staudruckbeiwert c für die einzelnen Bauteile geht aus Tafel 5 hervor.

Bei quadratischen oder rechteckigen Fachwerkmasten ist nur die Fläche der dem Wind zugekehrten Fachwerkwand zu berücksichtigen. Der Winddruck auf Fachwerkverbände, deren Ebenen in der Windrichtung liegen, kann vernachlässigt werden. Bei vierstieligen Masten darf zur Vereinfachung der Berechnung eine Verteilung der Windlast je zur Hälfte auf die dem Wind zugewendete und auf die dem Wind abgewendete Mastwand angenommen werden.

Bei Masten mit Höhen über Gelände von mehr als 60 m ist der Wind auf den Mast über Eck zu berücksichtigen. Die gesamte Windlast ist dann gleich $k \cdot W$ in Kilogramm. Für vierstielige Maste aus Stahl ist $k = 1,1$. Die Last wirkt in Windrichtung und ist deshalb noch in ihre Teillasten rechtwinklig und gleichlaufend zu den Seitenwänden zu zerlegen. Als Windangriffsfläche ist die in Richtung der Queranströmung gesehene Ansichtsfläche einer Mastwand einzusetzen.

Tafel 5
Staudruckbeiwert*)

Nr.	1	2
	Bauteil	Staudruckbeiwert c
1	Ebene Fachwerkwände aus Profilen	1,4
2	Quadratische oder rechteckige Fachwerkmaste aus Profilen	2,6
3	Ebene Fachwerkwände aus Rohren	1,1
4	Quadratische oder rechteckige Fachwerkmaste aus Rohren	2,0
5	Holzmaсте, Stahlrohrmaсте, Stahlbetonmaсте mit kreisförmigem Querschnitt	0,7
6	Stahlrohr- und Stahlbetonmaсте mit sechs- und achteckigem Querschnitt	1,0
7	Leiter bis 12,5 mm Durchmesser	1,2
8	Leiter über 12,5 bis 15,8 mm Durchmesser	1,1
9	Leiter über 15,8 mm Durchmesser	1,0

*) Für alle hier nicht aufgeführten Bauformen gelten sinngemäß die Staudruckbeiwerte nach DIN 1055, Blatt 4, Tafel 2.

Bei Bauteilen mit Kreisquerschnitt ist die senkrechte Projektion der vom Wind getroffenen Fläche anzusetzen.

Bei Doppelmasten mit Kreisquerschnitt, deren Zwischenraum kleiner ist als der mittlere Durchmesser eines Mastes, ist mit dem Staudruckwert $c = 0,8$ zu rechnen, wenn der Wind senkrecht zu der Ebene wirkt, die durch die Längsachse der beiden Maste geht.

Wirkt der Wind in Richtung der Ebene, die durch die Längsachse der beiden Maste bestimmt ist, dann ist der Abschirmfaktor für den dem Wind abgekehrten Mast $\varphi = 0,011 a/D + 0,34$, wobei a den Abstand von Mitte Mast bis Mitte Mast und D den Durchmesser des Mastes bedeuten. Bei A-Masten ist a in halber Höhe der Maste über Gelände zu messen.

Bei Bündelleitern, bei denen Teilleiter nebeneinander liegen, beträgt der Abschirmfaktor für die dem Wind abgekehrten Teilleiter $\varphi = 0,8$.

Werden Flächen unter einem Winkel vom Wind getroffen, so ergibt sich die Windlast aus dem Produkt der Windlast bei einer Windrichtung senkrecht zur Fläche und dem Sinus des Einfallwinkels.

2.2 In besonders windgefährdeten Gegenden ist mit einer den örtlichen Verhältnissen entsprechenden höheren Windlast zu rechnen.

3. Höchstzug der Leiter.

b) Bei Masten, die vorläufig nur teilweise belegt werden, muß dieses bei der Berechnung berücksichtigt werden.

§ 16

Einteilung der Maste nach dem Verwendungszweck

a) Nach dem Verwendungszweck sind zu unterscheiden:

1. Tragmaste, die lediglich zum Tragen der Leiter dienen und nur in gerader Strecke verwendet werden;
2. Winkelmaste, die Leiterzüge in Winkelpunkten aufnehmen;
3. Abspannmaste, die Festpunkte in der Freileitung schaffen;
4. Endmaste zur Aufnahme der gesamten einseitigen Leiterzüge;
5. Abzweig- und Verteilungsmaste zum Abzweigen oder zum Verteilen der Leitungen nach verschiedenen Richtungen;
6. Kreuzungsmaste, die in den Endpunkten von Kreuzungen mit Eisenbahnen, Fernmeldeleitungen, Wasserstraßen und Seilbahnen (siehe § 35) verwendet werden;
7. Zwischenmaste innerhalb des Kreuzungsabschnittes, die als Trag- oder Winkelmaste ausgeführt sein können [siehe § 35 g) 4].

b) Für einen bestimmten Verwendungszweck berechnete Maste dürfen für andere Zwecke nur verwendet werden, wenn sie auch den hierfür geltenden Anforderungen genügen.

Bei Masten, die den Unterschied ungleicher Züge in entgegengesetzter Richtung aufnehmen sollen, ist dieser Belastung Rechnung zu tragen.

§ 17

Belastungsannahmen

Soweit nicht außergewöhnliche Verhältnisse eine besondere Ermittlung erfordern, sind für Windlast, Leiterzug, Eigengewicht (Mast, Leiter, Isolatoren und Zubehör) und Eislast die nachstehend aufgeführten äußeren Lasten als wirksam anzunehmen. Als Leiterzug gilt der Höchstzug der Leiter bzw. der Bündelleiter.

a) Normalbelastung

Hierfür gelten die in Tafel 6, Spalte 2, angeführten Berechnungsgrundlagen. Diese sind jedoch nicht gleichzeitig anzunehmen, sondern es sind die Fälle auszuwählen, bei denen in den einzelnen Bauteilen die größten Spannungen auftreten.

Bei Masten, die dauernd einer Verdrehungsbelastung unterworfen sind, ist gleichzeitig das Drehmoment zu berücksichtigen.

b) Ausnahmelast

Stahlgittermaste, Stahlrohrmaste, Stahlbetonmaste und Holzgittermaste mit Kettenisolatoren sind außerdem unter der Annahme zu berechnen, daß durch den Fortfall eines Leiterzuges eine Verdrehungsbelastung hervorgerufen wird.

Tafel 6

Berechnungsannahmen für die einzelnen Mastarten

Nr.	1	2	3
	Mastart	Normalbelastung nach a)	Ausnahmebelastung nach b)
1.	Tragmaste	α) Windlast senkrecht zur Leitungsrichtung auf Mast, Kopfausrüstung und auf die halbe Länge der Leiter der beiden Spannfelder. Gleichzeitig Eigengewicht ohne Eislast.	Die Normalbelastungen α), β), γ) und δ) bleiben unberücksichtigt. Nur die Belastung nach b) kommt in Betracht. Keine Windlast, Eigengewicht ohne Eislast.
		β) Windlast in der Leitungsrichtung auf Mast und Kopfausrüstung (Querträger, Isolatoren). Gleichzeitig Eigengewicht ohne Eislast.	
		γ) Kräfte, die in der Höhe und in der Richtung der Leiter angenommen werden und gleich einem Viertel der Windlast senkrecht zur Leitungsrichtung auf die halbe Länge der Leiter der beiden Spannfelder zu setzen sind. Gleichzeitig Eigengewicht ohne Eislast. Diese Kräfte brauchen nur bei Masten von mehr als 10 m Länge berücksichtigt zu werden.	
		δ) Windlast über Eck auf Mast und Kopfausrüstung (Querträger, Isolatoren) und gleichzeitig in dieser Richtung auf die halbe Länge der Leiter der beiden Spannfelder. Gleichzeitig Eigengewicht ohne Eislast. Diese Kräfte brauchen nur bei Masten mit Höhen über Gelände von mehr als 60 m berücksichtigt zu werden.	
2.	Winkelmaste	α) Die Mittelkräfte der Höchstzüge der Leiter und gleichzeitig Windlast auf Mast und Kopfausrüstung in Richtung der Gesamtmittelkraft. Gleichzeitig Eigengewicht einschließlich aller Leiter mit Eislast.	Die Normalbelastung nach α) und die Belastung nach b) sind gleichzeitig anzunehmen. Dabei ist die Normalbelastung ohne Wind, und unter Berücksichtigung des Fortfalls eines Leiterzuges anzusetzen. Eigengewicht ohne Eislast.
		β) Die Mittelkräfte der Leiterzüge bei -5°C und bei Wind in Richtung der Halbierenden des Leitungswinkels und gleichzeitig Windlast in dieser Richtung auf Mast, Kopfausrüstung und auf die halbe Länge der Leiter der beiderseitigen Spannfelder. Gleichzeitig Eigengewicht ohne Eislast.	
		γ) Die Mittelkräfte der Leiterzüge bei -5°C und bei Wind senkrecht zu dem größten Leiterzug und gleichzeitig Windlast auf Mast, Kopfausrüstung und die halbe Länge der Leiter für diese Windrichtung. Gleichzeitig Eigengewicht ohne Eislast. Diese Bestimmung gilt nur für Maste, die senkrecht zur Mittelkraft ein geringeres Widerstandsmoment als in Richtung dieser Kraft haben.	
		δ) Die Mittelkräfte der Leiterzüge bei $+5^{\circ}\text{C}$ und bei Wind in Richtung über Eck des Mastes und gleichzeitig Windlast in dieser Richtung auf Mast, Kopfausrüstung und auf die halbe Länge der Leiter der beiderseitigen Spannfelder. Gleichzeitig Eigengewicht ohne Eislast. Diese Kräfte brauchen nur bei Masten mit Höhen über Gelände von mehr als 60 m berücksichtigt zu werden.	
3.	Abspannmaste in gerader Strecke	α) Wie 1 α)	Die Normalbelastungen nach α), β) und γ) bleiben unberücksichtigt.
		β) Wie 1 β)	

Tafel 6 (Fortsetzung)

Nr.	1	2	3
	Mastart	Normalbelastung nach a)	Ausnahmebelastung nach b)
		γ) Zwei Drittel der einseitigen Höchstzüge der Leiter und gleichzeitig Windlast auf Mast und Kopfausrüstung in Richtung der Querträger. Gleichzeitig Eigengewicht einschließlich aller Leiter mit Eislast.	Nur die Belastung nach b) kommt in Betracht. Keine Windlast; Eigengewicht ohne Eislast.
4.	Abspannmaste in Winkelpunkten	α) Wie 2 α)	Die Normalbelastung nach α) und die Belastung nach b) sind gleichzeitig anzunehmen. Dabei ist die Normalbelastung ohne Wind und unter Berücksichtigung des Fortfalls eines Leiterzuges anzusetzen. Eigengewicht ohne Eislast. Die Normalbelastungen nach β) und γ) sind nicht gleichzeitig mit der Belastung nach b) anzuwenden.
		β) Wie 2 β)	
		γ) Zwei Drittel der einseitigen Höchstzüge der Leiter und gleichzeitig Windlast auf Mast und Kopfausrüstung in Richtung der Querträger. Gleichzeitig Eigengewicht einschließlich aller Leiter mit Eislast.	
5.	Endmaste	Die gesamten einseitigen Höchstzüge der Leiter und gleichzeitig diesenkrecht zur Leitungsrichtung wirkende Windlast auf Mast und Kopfausrüstung. Gleichzeitig Eigengewicht einschließlich aller Leiter mit Eislast.	Die Normalbelastung und die Belastung nach b) sind gleichzeitig anzunehmen. Dabei ist die Normalbelastung ohne Wind und unter Berücksichtigung des Fortfalls eines Leiterzuges anzusetzen. Eigengewicht ohne Eislast.
6.	Kreuzungsmaste	Über die Berechnungsgrundlagen bei Kreuzungsmasten siehe § 35 g).	
7.	Abzweig- und Verteilungsmaste	Die größte Mittelkraft aus den Kräften bei Normalbelastung, die sich aus dem Verwendungszweck des Mastes für die einzelnen Leitungen ergeben und gleichzeitig Windlast auf Mast und Kopfausrüstung in Richtung dieser Mittelkraft. Gleichzeitig Eigengewicht ohne Eislast. Die bei Ermittlung der einzelnen Kräfte bei Normalbelastung vorgeschriebene Windlast auf Mast und Kopfausrüstung braucht nicht berücksichtigt zu werden.	Die Normalbelastung und die Belastung nach b) sind gleichzeitig anzunehmen. Dabei ist die Normalbelastung ohne Wind und unter Berücksichtigung des Fortfalls eines Leiterzuges anzusetzen. Eigengewicht ohne Eislast.
8.	Als Stützpunkte verwendete Bauwerke	Die Bauwerke müssen die durch den Höchstzug der Leiter hervorgerufenen Spannungen aufnehmen können.	

Dabei ist bei Tragmasten der halbe, bei allen anderen Masten der volle einseitige Höchstzug des Leiters anzusetzen, für den sich in den einzelnen Bauteilen die größten Spannungen ergeben. Bei Tragmasten in Gegenden, in denen nachweislich größere Zusatzlasten als die normale [siehe § 8 b)] regelmäßig auftreten, ist mit dem vollen Höchstzug des Leiters zu rechnen. Windlast ist nicht anzunehmen. Erdseile, die so beschaffen und verlegt sind, daß sie einer größeren Zusatzlast als die unter Spannung stehenden Leiter standhalten, können hierbei unberücksichtigt bleiben.

Wenn Bündelleiter verlegt werden, braucht bei Tragmasten in Gegenden mit normaler Zusatzlast nur $\frac{1}{4}$, in Gegenden, in denen nachweislich größere Zusatzlasten als die normale regelmäßig auftreten, nur $\frac{1}{2}$ des vollen einseitigen Höchstzuges des Bündelleiters angenommen zu werden.

Wird durch besondere Maßnahmen (Entlastungsklemmen, bewegliche Ausleger, Spannseile oder dgl.) die Verdrehungsbelastung der Maste verhindert oder vermindert, so kann dies bei der Berechnung in dem Maße berücksichtigt werden, wie die Verminderung nachgewiesen wird.

Tragmaste, bei denen durch besondere Maßnahmen die Verdrehungsbelastung vermindert wird, sind für ein Drehmoment mit dem halben nachgewiesenen verminderten Höchstzug bzw. in Gegenden mit nachweislich größeren Zusatzlasten dem vollen nachgewiesenen verminderten Höchstzug eines Leiters zu berechnen. Hierbei darf nur die Verminderung berücksichtigt werden, die durch die besonderen, die Verdrehung verhindernden Maßnahmen selbst erreicht wird, also z. B. nicht eine Verminderung durch das Ausschwingen der Isolatorenketten.

- c) Für die Berechnung nach a) und b) gelten für Stahlgittermaste die nach § 24 a), Tafel 7, Spalte 2 und 3, für Stahlrohrmaste die nach § 24 i) und k) und für Stahlbetonmaste die nach § 25 anzunehmenden zulässigen Spannungen und Sicherheiten.
- d) Für die Berechnung der einzelnen Mastarten gelten die in Tafel 6 zusammengestellten Annahmen.
- e) Die Querträger der Abspannmaste und der nach b) zu berechnenden Winkelmaste müssen den einseitigen Höchstzug aller Leiter sowie die Belastung durch Eigengewicht, Isolatoren und Leiter mit Eislast, die Querträger

der Tragmaste die Belastung durch Eigengewicht, Isolatoren und Leiter mit Eislast aufnehmen können. Querträger für die nach b) zu berechnenden Tragmaste sind außerdem unter Zugrundelegung der zulässigen Spannungen und Sicherheiten nach § 17 c) für den halben bzw. vollen Höchstzug des Leiters und bei Bündelleitern für $\frac{1}{4}$ bzw. $\frac{1}{2}$ des vollen einseitigen Höchstzuges des Bündelleiters zu berechnen, für den sich in den einzelnen Bauteilen die größten Spannungen ergeben. Wird dieser Zug durch besondere Maßnahmen entsprechend b), vierter und fünfter Absatz vermindert, so kann dieses auch für die Berechnung der Querträger insofern berücksichtigt werden, als der vorgenannte und nachgewiesene verminderte Höchstzug eines Leiters eingesetzt wird.

Erdseilstützen für Abspann- und Winkelmaste sind ebenso wie die Querträger zu berechnen. Erdseilstützen für Tragmaste sind für Windlast senkrecht zur Leitungsrichtung auf die Erdseilstütze und auf die halbe Länge des Leiters der beiden Spannungsfelder, einschließlich Eigengewicht ohne Eislast zu berechnen. Erdseilstützen für die nach b) zu berechnenden Tragmaste sind außerdem unter Zugrundelegung der zulässigen Spannungen und Sicherheiten nach § 17c) für den halben bzw. vollen Höchstzug des Leiters einschließlich Belastung durch das Eigengewicht der Erdseilstütze und des Leiters mit Eislast zu berechnen.

Die Querträger und Erdseilstützen für Kreuzungsmaste sind nach § 35 g) zu berechnen.

§ 18

Besondere Bestimmungen für Festpunkte in der Freileitung

- a) Bei Freileitungen, deren Maste nicht auf Verdrehen berechnet sind, muß mindestens alle 3 km, bei Freileitungen, deren Maste nach § 17 b) auf Verdrehen berechnet sind, mindestens alle 5 km ein Festpunkt nach § 16 a) 3 oder 6 geschaffen werden. An diesen Masten sind die Leiter an den Isolatoren so zu befestigen, daß ein Durchrutschen ausgeschlossen ist.

In Gegenden, in denen außergewöhnlich große Zusatzlasten zu erwarten sind, muß mindestens jeder zehnte Mast ein Festpunkt nach § 16 a) 3 oder 6 sein, falls nicht schon durch andere Maßnahmen den zu erwartenden Belastungen Rechnung getragen ist.

- b) Wenn Winkelmaste nach § 16 als Festpunkte in der Freileitung dienen sollen, müssen diese Maste als Abspannmaste bemessen werden (siehe § 17, Tafel 6, Nr. 4).

§ 19

Vogelschutz

Die Querträger, Isolatorstützen und sonstigen Bauteile der Starkstrom-Freileitungen sind möglichst so auszubilden, daß den Vögeln keine Sitzgelegenheiten in gefährbringender Nähe der unter Spannung stehenden Leiter gegeben wird.

2. Holzmaste

§ 20

Allgemeines

- a) Die Holzmaste werden nach ihrer Gesamtlänge und dem Fußdurchmesser (d. h. dem Durchmesser in 1,5 m Entfernung vom unteren Mastende) bezeichnet. Im übrigen müssen die Holzmaste DIN 48350 entsprechen.
- b) Gegen Fäulnis müssen Holzmaste in ihrer ganzen Länge wirksam geschützt sein. Ein- oder mehrmaliger Anstrich ohne Tiefenwirkung gilt nicht als wirksamer Schutz gegen Fäulnis. Alle Schnittflächen der Hölzer und die Bolzenlöcher sind mit heißem, säurefreiem Teer zu streichen oder mit einem gleichwertigen Mittel gegen Zerstörung zu

schützen. Für den Rostschutz der Stahlteile an Holzmasten gilt § 23 b).

- c) Bei A-Masten müssen die beiden Maste am oberen Ende durch wenigstens einen Hartholzdübel oder eine nachweislich mindestens gleichwertige Ausführung miteinander verbunden werden. In der freien Länge ist wenigstens eine Querversteifung in der Mindeststärke des Zopfdurchmessers der einzelnen Maste vorzusehen. Unmittelbar unter der Querversteifung und gleichlaufend mit ihr ist ein Bolzen von mindestens 20 mm Durchmesser einzuziehen. Am unteren Ende ist eine Zange anzuordnen, deren Hölzer in den Mast einzulassen und mit ihm durch Bolzen von mindestens 24 mm Durchmesser zu verbinden sind. Die Spreizung der A-Maste in der Mitte der Zangen soll $\frac{1}{5}$ der Mastlänge nicht überschreiten.

- d) Verdübelte Doppelmaste sind nach ihrer Länge mit 4-6 Dübeln zu versehen und zu verschrauben. Holzdübel müssen aus Hartholz bestehen. Die Dübel sind einmal an beiden Enden und im übrigen auf die Mastlänge so verteilt anzuordnen, daß im gefährdeten Querschnitt oder in dessen Nähe keine Querschnittsschwächung durch Schrauben- oder Dübellöcher verursacht wird. Die Verbindungsbolzen sind stark genug zu bemessen, ihr Durchmesser muß mindestens 12 mm betragen. Die Verbindungsbolzen sind so anzuordnen, daß wenigstens je einer dicht neben den Dübeln liegt. An den Verbindungsbolzen sind sowohl an den Bolzenköpfen als auch an den Bolzenmuttern mindestens 5 mm dicke Unterlegscheiben nach DIN 436 bzw. 440 vorzusehen.

An Stelle der Verdübelung und Verschraubung kann auch eine andere gleichwertige Verbindung gewählt werden.

§ 21

Festigkeitsberechnung

- a) Bei der Berechnung der Maste ist gerader Wuchs und eine gleichmäßige Abnahme des Mastdurchmessers anzunehmen.
- b) Einfach-Holzmaste sind unter Zugrundelegung des an der Erdaustrittsstelle vorhandenen Widerstandsmomentes bei einer angenommenen Abnahme des Mastdurchmessers von 0,7 cm/m zu berechnen. Für Einfach-Holzmaste können die Werte des zulässigen Nutzzuges aus Spalte 5 der Holzmasttafel von DIN 48350 entnommen werden.
- c) A-Maste sind unter Zugrundelegung der nach Gesamtlänge und Fußdurchmesser gekennzeichneten Mastart und unter Berücksichtigung des vorhandenen Zopfdurchmessers zu berechnen.

Bei A-Masten aus Nadelhölzern muß das Trägheitsmoment J in halber Knicklänge sein:

$$J \geq 20 \cdot S \cdot s_k^2 \text{ cm}^4$$

Hierin ist:

S die größte Druckkraft in t
 s_k die Knicklänge in m

Als Knicklänge gilt bei A-Masten die Entfernung von Mitte Dübel bzw. Schraubenbolzen bis zur halben Eingrabetiefe.

Die Abmessungen und zulässigen Belastungen von A-Masten können DIN 48351 entnommen werden.

- d) Bei Doppelmasten ist das doppelte Widerstandsmoment eines einfachen Mastes einzusetzen, wenn die Ausführung § 20 d) nicht entspricht. Bei Doppelmasten, die dieser Bestimmung entsprechen, darf das 3fache Widerstandsmoment des einfachen Mastes eingesetzt werden, wenn die Kraftrichtung in der durch die beiden Mastachsen gehenden Ebene liegt.
- e) Für die Bemessung der Schrauben- und Bolzenverbindungen siehe DIN 1052.

§ 22

Zulässige Spannungen

Holzmaße sind so zu bemessen, daß die nachstehenden Spannungen nicht überschritten werden:

	Nadelhölzer kg/cm ²	Harthölzer kg/cm ²
1. Zug oder Biegung σ_{zul}	145	190
2. Druck in Faserrichtung	110	120
3. Druck quer zur Faserrichtung	35	50
4. Abscheren in Faserrichtung	18	20
5. Abscheren senkrecht zur Faserrichtung	30	40

Hierbei ist bei Rundholz eine Biegefestigkeit von 500 kg/cm² für Nadelholz und 800 kg/cm² für Hartholz angenommen.

6. Für geschnittene Hölzer, mit Ausnahme von Schwellen für Gründungen, sind die zulässigen Spannungen nach DIN 1052 einzusetzen.

3. Stahlmaße

§ 23

Konstruktion und Rostschutz

a) Konstruktion

1. Ist bei quadratischen Gittermasten die Mittelkraft aus Leiterzügen und Windlast einer Mastseite nicht parallel gerichtet, so muß sie in zwei zu den Mastseiten parallele Kräfte zerlegt werden. Die Eckstiele sind für die arithmetische Summe dieser beiden Teilkräfte zu berechnen.
2. Bei Gittermasten mit rechteckigem Querschnitt ist die Berechnung für die Belastung 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 die in den Eckstielen hervorgerufene Stabkraft zu bestimmen. Die arithmetische Summe dieser Stabkräfte ergibt die Kraft, für die die Eckstiele zu berechnen sind. Die Streben sind für die Teilkraft zu berechnen, die der betreffenden Mastseite parallel läuft.
3. Für die Berechnung der Gittermaße nach § 17 b) können folgende Formeln angewendet werden:

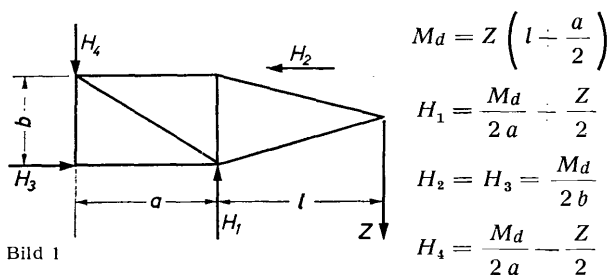


Bild 1

Bei Anwendung dieses Verfahrens darf das Verhältnis a/b nicht größer als 1,5 sein, die Form des Mastes muß prismatisch sein oder einem Pyramidenstumpf entsprechen, und in allen Querträgerebenen müssen waagerechte Aussteifungen angeordnet sein.

4. Die Abstände der Strebenanschlüsse in den Knotenpunkten sind möglichst klein zu halten.
5. Für sämtliche Bauteile sind Anschlußniete unter 13 mm Durchmesser des geschlagenen Nietes und für Flach- und Winkelstähle Stahldicken unter 4 mm, außerdem Schenkelbreiten unter 35 mm und Flachstähle unter 30 mm Breite unzulässig, sofern sie durch einen Niet geschwächt sind.

6. Die größtzulässigen Durchmesser der geschlagenen Niete und die größtzulässigen Gewindestärken mechanisch beanspruchter Schrauben sowie die Lochdurchmesser sind durch die Schenkelbreiten bestimmt und der folgenden Aufstellung zu entnehmen:

Mindestschenkelbreiten .. mm	35	45	50	60	70	75	80
Nietdurchmesser .. mm	13	15	17	21	25	28	31
Zulässige Gewindedurchmesser .. mm	12	14	16	20	24	27	30
Lochdurchmesser .. mm	13	15	17	21	25	28	31

Kleinere Gewindedurchmesser als 12 mm sind für mechanisch beanspruchte Schrauben unzulässig.

Schraubenmutter müssen gegen Lockern gesichert werden, z. B. durch Körner- oder Meißelschlag.

7. Bei Stahlmasten können Niet- und Schraubenlöcher in Profilen und Blechen bis zu Dicken von 8 mm im Stanzenverfahren hergestellt werden. Dabei ist durch laufende Überwachung der Fertigung darauf zu achten, daß scharfe Stempel und passende Matrizen verwendet werden. Vom Stanzen ausgenommen sind dauernd auf Zug beanspruchte Teile von Querträgern.

8. Geschweißte Maße sind zulässig, wenn sie DIN 4100 entsprechen. Außerdem gelten sinngemäß die Bestimmungen für genietete Maße.

b) Rostschutz

Stahlmaße müssen zuverlässig gegen Rost geschützt sein. Dieser Schutz kann bei Teilen, die über Erde liegen, durch Aufbringen eines Rostschutzanstriches (siehe auch DIN 53 210 und 55 928) oder metallene Überzüge erfolgen. Rostschutzanstriche müssen hinsichtlich der Zusammensetzung des Anstrichmaterials und der Art ihrer Aufbringung die Gewähr für eine möglichst lange Dauer ihrer Wirksamkeit bieten. Wird ein Zinküberzug gewählt, so ist, soweit es die Formgebung der Stahlteile zuläßt, Feuerverzinkung anzuwenden. Das für die Zinkbäder verwendete Zink muß reines Hüttenzink sein. Auf andere Art verzinkte Gegenstände müssen nach der Verzinkung noch mit einem die Schutzwirkung erhöhenden Überzug (z. B. Firnis, Farbe) versehen werden.

Über die an die Verzinkung zu stellenden Anforderungen siehe Anhang „Verzinkungsgüte verzinkter Stahldrähte und sonstiger verzinkter Bauteile, Anforderungen und Prüfverfahren“.

In der Erde liegende Mastteile sind mit einem geeigneten Schutzmittel, z. B. mit Bitumen- oder Teerpechlösung, zu streichen. Rostschutz von einzubetonierenden Stahlteilen ist nicht statthaft, wenn dadurch die Haftspannung zwischen Beton und Stahl ungünstig beeinflusst wird.

Bei Mastkonstruktionen, die unter die Bestimmungen von DIN 4115 fallen, sind die dort angegebenen Richtlinien zu beachten.

§ 24

Zulässige Spannungen, Festigkeitsberechnung

- a) In folgenden Bestimmungen ist die Verwendung von Baustahl St 37 und St 52-3 (siehe DIN 17 100) vorgesehen.

Baustahl St 00 darf grundsätzlich nicht verwendet werden.

In Tafel 7 sind die zulässigen Spannungen angegeben.

Bei Paßschrauben und bei rohen Schrauben ist für die Zugspannung der Kernquerschnitt maßgebend. Bei Baugliedern, die auf Zug oder Biegung beansprucht werden, ist die Schwächung des Querschnittes durch Bohrung zu berücksichtigen.

Bei Ermittlung der Zugspannung eines Stabes aus Winkelstahl, der mit nur einem Niet oder mit nur einer Schraube angeschlossen ist, darf nur der Querschnitt des angeschlossenen Schenkels nach Abzug des Lochquerschnittes in Rechnung gesetzt werden; bei Anschluß mit zwei und mehr Nieten oder Schrauben an einem Winkelschenkel gilt das 0,8fache des Gesamtquerschnittes nach Abzug des Lochquerschnittes.

Für die Scherspannung und den Lochleibungsdruck gilt bei Nieten und Paßschrauben der Bohrungsdurchmesser, bei rohen Schrauben der Schaftdurchmesser.

Für die zulässigen Spannungen der Schweißnähte bei geschweißten Masten nach § 23 a) 8 gilt DIN 4100.

- b) Als gerade, mittig gedrückte Stäbe gelten nur solche, die nach dem Bauentwurf gerade sind und mittig gedrückt werden. Bei den auf Druck beanspruchten Eckstielen der Gittermaste mit gemittelter Schwerachse darf die Außermittigkeit des Kraftangriffes unberücksichtigt bleiben.

Bei gedrückten, aus einem einzelnen Winkelstahl gebildeten Füllstäben der Gittermaste, die mit einem der beiden Winkelschenkel an den Eckstiel oder ein Knotenblech angeschlossen sind, kann die Außermittigkeit des Kraftangriffes unberücksichtigt bleiben.

- c) Wenn die Stabenden von Druckstäben gegen seitliches Ausweichen gesichert sind, gilt als Knicklänge s_k bei den Eckstielen der Gittermaste die Länge der Netzlinie s des Stabes. Bei Streben darf bei Verwendung von Winkelstählen für die Knicklänge $s_k = 0,9 s$ gesetzt werden, wenn diese durch eine Niet- oder Schraubverbindung oder durch Schweißung angeschlossen sind und die Eckstiele aus einem gleichschenkligen Winkelstahl oder zwei über Eck gestellten gleichschenkligen Winkelstählen ausgeführt sind. Bei Schweißanschluß muß die Einspannung der Streben der Niet- oder Schraubverbindung gleichwertig sein. Voraussetzung ist ferner, daß der Querschnitt der Streben jeweils kleiner ist als der der zugehörigen Eckstiele. Sind die vorgenannten Bedingungen nicht erfüllt, dann ist auch bei den Streben die Knicklänge s_k gleich der Netzlinie s des Stabes zu setzen. Bei sich kreuzenden Stäben, von denen der eine Druck und der andere Zug erhält, ist der Kreuzungspunkt als ein in der Trägerebene und senkrecht dazu festliegender Punkt anzunehmen, falls die sich kreuzenden Stäbe in ihm ordnungsgemäß*) miteinander verbunden sind.

- d) Die Stabkraft S eines Druckstabes ist mit der Knickzahl ω zu multiplizieren; im übrigen ist der Stab hinsichtlich der zulässigen Spannung wie ein Zugstab, jedoch mit unverschwächter Querschnittsfläche zu berechnen.

Daher muß sein:

$$\frac{\omega S}{F} \leq \sigma_{zul}$$

Für die verschiedenen Schlankheitsgrade λ von Stäben aus Stahl St 37 ist ω aus Tafel 8 zu entnehmen (Werte für St 52-3 siehe DIN 4114).

Tafel 7
Zulässige Spannungen für Bauteile aus Stahl

Nr.	1		2	3
	Art der Beanspruchung und Werkstoff		Normalbelastung [§ 17 d) Tafel 6, Spalte 2] kg/cm ²	Ausnahmebelastung [§ 17 d) Tafel 6, Spalte 3] kg/cm ²
1	Zug- und Biegespannung	St 37 St 52	1600 2400	2200 3300
2	Scherspannung der Niete und der Paßschrauben (DIN 7968)	St 34 bzw. 4 D*) St 44 bzw. 5 D*)	1600 2400	2200 3400
3	Lochleibungsdruck der Niete und der Paßschrauben	St 34 bzw. 4 D St 44 bzw. 5 D	4000 4800	5500 6600
4	Scherspannung der rohen Schrauben (DIN 7990)	4 D	1120	1540
5	Lochleibungsdruck der rohen Schrauben	4 D	2500	3400
6	Zugspannung der rohen Schrauben und der Paßschrauben	4 D 5 D	1120 1500	1540 2060

*) siehe DIN 17110 und DIN 267

*) Anschlüsse mit einem Niet oder einer Schraube, deren Mutter besonders (z. B. durch Körner- oder Meißelschlag bzw. Federringe) gesichert sein muß, oder gleichwertige Schweißanschlüsse sind zulässig (siehe auch DIN 4114).

Tafel 8
Knickzahl ω abhängig vom Schlankheitsgrad λ

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	λ
20	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	20
30	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	1,13	30
40	1,14	1,14	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,19	1,20	40
50	1,21	1,22	1,23	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	50
60	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,39	1,40	60
70	1,41	1,42	1,44	1,45	1,46	1,48	1,49	1,50	1,52	1,53	70
80	1,55	1,56	1,58	1,59	1,61	1,62	1,64	1,66	1,68	1,69	80
90	1,71	1,73	1,74	1,76	1,78	1,80	1,82	1,84	1,86	1,88	90
100	1,90	1,92	1,94	1,96	1,98	2,00	2,02	2,05	2,07	2,09	100
110	2,11	2,14	2,16	2,18	2,21	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39	110
120	2,43	2,47	2,51	2,55	2,60	2,64	2,68	2,72	2,77	2,81	120
130	2,85	2,90	2,94	2,99	3,03	3,08	3,12	3,17	3,22	3,26	130
140	3,31	3,36	3,41	3,45	3,50	3,55	3,60	3,65	3,70	3,75	140
150	3,80	3,85	3,90	3,95	4,00	4,06	4,11	4,16	4,22	4,27	150
160	4,32	4,38	4,43	4,49	4,54	4,60	4,65	4,71	4,77	4,82	160
170	4,88	4,94	5,00	5,05	5,11	5,17	5,23	5,29	5,35	5,41	170
180	5,47	5,53	5,59	5,66	5,72	5,78	5,84	5,91	5,97	6,03	180
190	6,10	6,16	6,23	6,29	6,36	6,42	6,49	6,55	6,62	6,69	190
200	6,75	6,82	6,89	6,96	7,03	7,10	7,17	7,24	7,31	7,38	200
210	7,45	7,52	7,59	7,66	7,73	7,81	7,88	7,95	8,03	8,10	210
220	8,17	8,25	8,32	8,40	8,47	8,55	8,63	8,70	8,78	8,86	220
230	8,93	9,01	9,09	9,17	9,25	9,33	9,41	9,49	9,57	9,65	230
240	9,73	9,81	9,89	9,97	10,05	10,14	10,22	10,30	10,39	10,47	240
250	10,55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	250

Zwischenwerte brauchen nicht eingeschaltet zu werden

In Tafel 8 bedeuten:

$$\lambda = \frac{s_k}{i}, \text{ wobei } i = \sqrt{\frac{J}{F}}$$

J das für die Berechnung in Frage kommende Trägheitsmoment des unverschwächten Stabes in cm^4

F Querschnitt des unverschwächten Stabes in cm^2

$$\omega = \frac{\text{zulässige Zug- und Biegespannung}}{\text{zulässige Druckspannung}} = \frac{\sigma_{\text{zul}}}{\sigma_{d \text{ zul}}} \text{ und}$$

$\sigma_{\text{zul}} = 1600 \text{ kg/cm}^2$ bzw. 2200 kg/cm^2 ist.

Der Schlankheitsgrad bei Stäben von Gittermasten ist nicht begrenzt.

- e) 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 gleichschenkligen Winkelstahl nach Bild 2 a die in der Abwicklung der Mastseiten in gleicher Höhe liegenden Streben parallel gerichtet, so kann bei der Berechnung der Eckstäbe das Trägheitsmoment auf die zu einem Winkelschenkel parallele Achse bezogen werden (J_x oder J_y siehe die jeweils gültige DIN-Norm). Bei nicht parallelgerichteten Streben (Bild 2 b) ist das kleinste Trägheitsmoment (J_η) einzusetzen.

Die Knicklänge s_k der Eckstäbe (Bild 2 a) kann gleich s gesetzt werden, wenn der Schlankheitsgrad

$$\lambda_x = \frac{s_k}{i_x} \leq 80 \text{ ist.}$$

Bei $\lambda_x > 80$ darf s_k nur dann gleich s gesetzt werden, wenn die Stabkräfte von oben nach unten zunehmen und die Stablängen im oberen Teil des Mastes bzw. Mastschusses nicht größer sind als im unteren Teil; ist dies nicht der Fall, so muß $s_k = 1,1 s$ gesetzt werden. Für die in Rechnung zu setzende Knicklänge der Streben gilt c).

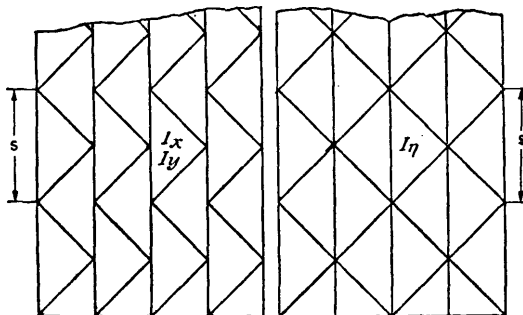


Bild 2 a

Bild 2 b

- f) Bei Stäben mit gleichbleibendem Querschnitt, die planmäßig außermittig durch eine Druckkraft S , deren Kraftangriffspunkt auf einer der beiden Hauptachsen liegt, oder die neben einer Druckkraft S planmäßig von einem von S abhängigen oder unabhängigen in einer Hauptebene wirkenden Biegemoment M beansprucht werden, darf bei Stabquerschnitten, deren Schwerpunkt vom Biegezug- und Biegedruckrand den gleichen Abstand hat, oder deren Schwerpunkt dem Biegezugrand näher liegt, die aus der Gleichung

$$\sigma = \frac{\omega S}{F} + 0,9 \frac{M}{W_d}$$

errechnete (gedachte) Randspannung die für Zug und Biegung nach Tafel 7 zulässige Spannung σ_{zul} nicht überschreiten. Die Momente M und das Widerstandsmoment W_d sind dabei auf eine Querschnittshauptachse des unverschwächten Querschnitts zu beziehen. Bei Stabquerschnitten, deren Schwerpunkt dem Biegedruckrand näher als dem Biegezugrand liegt, müssen die beiden Bedingungen

$$\frac{\omega S}{F} + 0,9 \frac{M}{W_d} \leq \sigma_{\text{zul}}; \quad \frac{\omega S}{F} + \frac{300 + 2\lambda}{1000} \cdot \frac{M}{W_z} \leq \sigma_{\text{zul}}$$

erfüllt sein. W_d und W_z sind die auf den Biegedruck- bzw. Biegezugrand bezogenen Widerstandsmomente des unverschwächten Stabquerschnitts in cm^3 .

Bezüglich Außermittigkeit von angeschlossenen Füllstäben von Gittermasten siehe § 24 b).

- g) Bei mehrteiligen Druckstäben darf der Schlankheitsgrad jedes Einzelstabes nicht größer als 50 sein. Bei Anordnung von Bindeblechen sind diese mindestens in den Drittpunkten der Gesamtknicklänge und an den Stabenden vorzusehen. Werden zweiteilige Stäbe aus Winkelstahl an ein gemeinsames Knotenblech angeschlossen, so sind besondere Bindebleche an den Stabenden nicht erforderlich. Jedes Bindeblech ist an jedem Einzelstab mit mindestens zwei Nieten oder einer nach den jeweiligen Vorschriften gleichwertigen Schweißnaht anzuschließen, an den Stabenden ist bei jedem dieser Anschlüsse ein Niet mehr anzuordnen. Mehrteilige Druckstäbe mit Vergitterung müssen an den Stabenden ebenfalls Bindebleche erhalten.
- h) Entspricht die bauliche Ausbildung mehrteiliger Druckstäbe den Bedingungen unter g), so dürfen die Stäbe nach den folgenden Regeln berechnet werden:

1. Mehrteilige Druckstäbe, die aus m Einzelstäben bestehen und deren Querschnitt eine Stoffachse $x-x$ hat, sind für das Ausknicken quer zu dieser Stoffachse wie einteilige Druckstäbe zu berechnen. Für das Ausknicken quer zur stofffreien Querschnittshauptachse $y-y$ ist der Stab wie ein einteiliger Druckstab mit der ideellen Schlankheit

$$\lambda_{yi} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda_1^2}$$

zu berechnen. λ_1 ist der Schlankheitsgrad des Einzelstabes. Als Knicklänge s_{ki} ist bei Vergitterungen die Netzlänge, bei Bindeblechen ihr Mittenabstand zu nehmen.

Es muß $\omega_{yi} \frac{S}{F} \leq \sigma_{\text{zul}}$ sein, wobei ω_{yi} die der ideellen

Schlankheit λ_{yi} zugeordnete Knickzahl und σ_{zul} die dem untersuchten Belastungsfall entsprechende Zugspannung bedeuten.

2. Wird der Eckstiel eines Gittermastes aus 2 oder 4 nebeneinanderliegenden Winkelstählen gebildet und liegen die Winkelschenkel parallel zu den Fachwerkebenen, so ist er auf Knickung in jeder der beiden Fachwerkebenen zu untersuchen. Für den Schlankheitsgrad ist der größere der beiden Werte λ_x und λ_y einzuführen.
3. Druckstäbe, die aus zwei über Eck gestellten Winkelstählen bestehen und bei denen die Ausknickung nicht durch Anschlüsse innerhalb der Knicklänge an eine bestimmte Richtung gebunden ist, brauchen nur auf Knickung quer zur Stoffachse $x-x$ berechnet zu werden.
4. Bei mehrteiligen Druckstäben mit 2 stofffreien Querschnittsachsen ist der Schlankheitsgrad λ_{yi} für die Querschnittsachse des Gesamtstabes und der Schlankheitsgrad λ_1 für die Querschnittsachse des Einzelstabes zu ermitteln, für die sich das kleinste Trägheitsmoment ergibt.
5. Bei ungleichen Querschnitten der Einzelstäbe ist für λ_1 der Einzelquerschnitt mit dem kleinsten Trägheitsmoment J_1 maßgebend.
6. Alle Bindebleche und Ausfachungen sowie die Anschlüsse derselben sind so zu bemessen, daß bei Einwirkung der ideellen Stabquerkraft $Q_i = \frac{\omega_{yi} S}{80}$ die dem untersuchten Belastungsfall entsprechenden zulässigen Spannungen nicht überschritten werden. Hierbei ist ω_{yi} die dem ideellen Schlankheitsgrad zugeordnete Knickzahl.
7. Bei Berechnung der Bindebleche und Flachstahl-Futterstücke der Stäbe nach Ziffer 2 und 3 genügt der Nachweis, daß ihr Anschluß zur Übertragung der Schubkraft T ausreicht. Bei Stäben nach Ziffer 3 können die Bindebleche im rechten Winkel versetzt oder gleichlaufend angeordnet werden.

8. Schrauben dürfen zum Anschluß der Querverbindungen nur an Stellen verwendet werden, an denen sich kein Niet schlagen läßt; hierbei sind nach Möglichkeit Paßschrauben zu verwenden.

- i) Bei einstielligen nahtlosen oder gleichwertigen Stahlrohrmasten und einstielligen Masten mit vieleckigem Querschnitt mit einer Werkstofffestigkeit von mindestens 5500 kg/cm² darf die Zug- und Biegespannung σ_{zul} für die Normalbelastung nach § 17 d), Tafel 6, Spalte 2, 2200 kg/cm², bei der Berechnung nach Tafel 6, Spalte 3, die zulässige Zug- und Biegespannung σ_{zul} 2600 kg/cm² nicht überschreiten. Dabei ist die Beulsicherheit gesondert zu untersuchen.

Bei geschweißten Konstruktionen müssen die in DIN 4100 und DIN 4115 hierfür festgelegten Bedingungen erfüllt sein. Die Wanddicke darf im allgemeinen 4 mm nicht unterschreiten. Sofern ein einwandfreier Korrosionsschutz nach den Bestimmungen von DIN 4115 innen und außen gewährleistet ist, darf die Wanddicke der vorgenannten Maste auf 3 mm verringert werden.

- k) Bei Gittermasten aus nahtlosen oder gleichwertigen Stahlrohren mit einer Werkstofffestigkeit von mindestens 5500 kg/cm² darf die Zug- und Biegespannung σ_{zul} für die Normalbelastung nach Tafel 6, Spalte 2, 2400 kg/cm² nicht überschreiten. Bei der Berechnung der Ausnahmehbelastung nach Tafel 6, Spalte 3, darf die zulässige Zug- und Biegespannung σ_{zul} 3300 kg/cm² nicht überschreiten. Bei geschweißten Konstruktionen müssen die in DIN 4100 und DIN 4115 hierfür festgelegten Bedingungen erfüllt sein.

Druckstäbe werden nach b), c), d) und f) berechnet. Die Werte für ω sind der für Baustahl St 52 aufgestellten Tafel in der jeweils gültigen DIN-Norm*) zu entnehmen.

Bei Verwendung von betongefüllten Stahlrohren gilt folgendes:

1. Bemessungsformel:

1.1 Auf Druck (Knicken)

Es muß sein:

$$\sigma = \omega S_i F_{id} \leq \sigma_{zul}$$

Die Werte für ω sind in Abhängigkeit von dem Schlankheitsgrad λ_{id} nach der jeweils gültigen DIN-Norm*) zu wählen.

Die obige Bemessungsformel ist zunächst nur für den Bereich $\lambda_{id} \geq 50$ anzuwenden.

Es bedeutet:

$$F_{id} = F_e \div F_b/n; \quad F_e \text{ Stahlrohrquerschnitt in cm}^2 \\ F_b \text{ Betonquerschnitt in cm}^2$$

$$n = \frac{\text{Elastizitätsmodul des Stahles}}{\text{Elastizitätsmodul des Betons}} = \frac{E_e}{E_b}$$

ist anzunehmen: für B 300 mit 9
für B 450 mit 7

$$\lambda_{id} = \sqrt{J_{id}/F_{id}}, \quad J_{id} = J_e + J_b/n;$$

J_e = Trägheitsmoment des Stahlrohrquerschnittes
 J_b = Trägheitsmoment des Betonquerschnittes.

- 1.2 Ein anderer Festigkeitsnachweis dem Stand der Technik entsprechend ist erlaubt, wenn die in DIN 4114 geforderten Sicherheiten eingehalten werden und dem Beton eine größere Sicherheit als dem Stahl zugeordnet wird. Ein solches Berechnungsverfahren bedarf einer besonderen Zulassung.

- 1.3 Bei Zugbeanspruchung darf nur der Nutzquerschnitt des Stahls in Rechnung gestellt werden.

2. Betongüte:

Der Füllbeton muß durch Rütteln, Schleudern oder nach einem mindestens gleichwertigen Verfahren eingebracht werden. Im übrigen gilt für die Herstellung des Betons DIN 1045.

*) Vgl. DIN 4114.

3. Mindestwanddicken:

Die Mindestwanddicke des Stahlrohres muß bei betongefüllten bzw. zuverlässig abgedichteten Rohren 2,5 mm betragen.

Die Wanddicke des Betons bei Schleuderbetonfüllung muß mehr als 17 % des Rohraußendurchmessers, jedoch mindestens 20 mm betragen. Die Beulsicherheit muß berücksichtigt werden.

4. Stahlbetonmaste

§ 25

Berechnung und Ausführung

Stahlbetonmaste und -querträger sind nach den jeweils gültigen DIN-Normen zu berechnen und auszuführen; zur Zeit gelten:

DIN 4234 Stahlbeton-Maste — Bestimmungen für die Bemessung und Herstellung.

DIN 1045 Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton.

DIN 4225 Fertigbauteile aus Stahlbeton, Richtlinien für Herstellung und Anwendung.

Für vorgespannte Maste und Querträger gilt vorläufig DIN 4227 „Spannbeton, Richtlinien für Bemessung und Ausführung“.

Bei Aufstellung von Stahlbetonmasten in betonschädlichen Wässern und Böden ist DIN 4030 „Beton in betonschädlichen Wässern und Böden“ zu beachten.

5. Andere Maste

§ 26

Sicherheiten und Ausführungen

- a) Maste oder Bauteile von Masten, für welche die zulässigen Spannungen vorstehend nicht festgesetzt sind, dürfen bei Normalbelastung nach § 17 d), Tafel 6, Spalte 2 nur bis zu $\frac{1}{3}$ und bei Ausnahmehbelastung nach § 17 d), Tafel 6, Spalte 3 nur bis zu $\frac{1}{2}$ der vom Lieferer zu gewährleisten den Bruchlast beansprucht werden.

- b) Soweit sich diese zulässige Belastung nicht an Hand von statischen Berechnungen nach den bestehenden Bestimmungen einwandfrei beurteilen läßt, sind Probelastungen durchzuführen.

Die Probelastungen sollen an einer anerkannten Versuchsanstalt durchgeführt werden. Dabei müssen die aufgetragenen Belastungen in ihrer Anordnung und ihrem gegenseitigen Verhältnis den Belastungsfällen entsprechen, für die der Nachweis erbracht werden soll.

- c) Die unter a) festgelegten Bedingungen können bei Erteilung einer besonderen Zulassung erleichtert werden.

- d) Die Anwendung von Baustoffen oder Ausführungen, über die noch keine ausreichenden praktischen Erfahrungen bei Stützpunkten von Freileitungen vorliegen, ist nur zulässig, wenn sie unter den klimatischen und sonstigen Einwirkungen ihre ursprünglichen Eigenschaften nicht verschlechtern.

6. Gründung der Maste

§ 27

Allgemeines und Arten der Gründungen

a) Allgemeines

1. Die Maste sind derart im Boden zu befestigen, daß unter Berücksichtigung aller nach §§ 15 ... 17 und 35 anzunehmenden Belastungen bei den gegebenen Baugrundverhältnissen eine ausreichende Standsicherheit vorhanden ist und unzulässige Bewegungen vermieden werden.

2. Die Gründungssohle muß in einer tragfähigen Bodenschicht und in frostfreier Tiefe liegen. Für Gründungen, die hart an oder in Böschungen, Steilhängen oder in Überschwemmungsgebieten stehen, sind, soweit erforderlich, besondere Maßnahmen zu treffen, die eine ausreichende Standsicherheit gewährleisten.

Für Pfahlgründungen siehe DIN 1054.

3. Die Verwendung von Mastankern ist nicht zulässig.
4. Starkstromkabel, Gasleitungen und andere Versorgungsleitungen dürfen nur bei Anwendung besonderer Schutzmaßnahmen durch Mastgründungen überbaut werden. Die Kabel oder Leitungen sind nach Möglichkeit in ausreichender Entfernung von der Mastgründung zu führen, damit Beschädigungen bei der Errichtung und Instandhaltung der Starkstrom-Freileitung zuverlässig vermieden werden.
5. Fernmeldekabel dürfen nur bei Anwendung besonderer Schutzmaßnahmen durch Mastgründungen überbaut werden. Um eine elektrische Beeinflussung von Fernmeldekabelanlagen durch Starkstrom-Freileitungen zu vermeiden, sind bei Nennspannungen von 1 kV und darüber die in § 32 c) 12.4 verlangten Mindestabstände zwischen Mastgründungen und Fernmeldekabelanlagen einzuhalten; bei Nennspannungen unter 1 kV gilt § 36 D. I. b) und c) 12.15.

b) Gründung von Holzmasten

1. Einfach- und Doppelmaste müssen, soweit sie nicht eine besondere Gründung erhalten, in Böden mittlerer Beschaffenheit mindestens auf $\frac{1}{6}$ ihrer Gesamtlänge, jedoch nicht weniger als 1,6 m, in den Boden eingegraben werden.

In Böden mittlerer Beschaffenheit wird bei Einfachmasten im allgemeinen ein hinreichend tiefes Eingraben und Feststampfen des Bodens genügen. In wenig tragfähigen Böden sind sie dagegen z. B. durch Steinkränze oder Fußplatten, soweit notwendig durch Schwellen zusätzlich zu befestigen.

Das unmittelbare Einbetonieren von Holzmasten ist unzulässig.

2. A-Maste müssen sowohl für die in der Mastebene als auch für die senkrecht dazu wirkenden Kräfte stand sicher sein. Die Standsicherheit der A-Maste muß durch Zangen und erforderlichenfalls durch zusätzliche Fundamentplatten, Schwellenabschnitte oder Halbrundhölzer gewahrt werden (DIN 48 351).

c) Gründung von Stahl- und Stahlbetonmasten

1. Einstielige Stahl- und Stahlbetonmaste dürfen ohne besondere Gründung in den Boden eingegraben werden, soweit die Belastung und die Bodenverhältnisse dies zulassen. Bei größeren Belastungen oder bei Aufstellung der Maste in Böden mit ungenügender Tragfähigkeit müssen sie eine Betongründung nach § 29 a) oder eine Platten-, Schwellen- oder sonstige Gründung nach § 29 b) erhalten.
2. Gittermaste müssen in jedem Fall eine Gründung nach § 29 a) oder b) erhalten.

§ 28

Berechnung der Gründungen

a) Allgemeines

1. Bei der Berechnung der Gründung sind die für die Bau grundverhältnisse geltenden Kennwerte des Bodens nach Tafel 9 zu berücksichtigen, falls sich aus besonderen Untersuchungen keine anderen Werte ergeben. Gegebenenfalls ist die mögliche Verschlechterung der Konsistenz bindiger Böden und damit die Verminderung der Tragfähigkeit zu berücksichtigen. Ist Grundwasser vorhanden, so muß die Gewichtsverminderung des Betons und des Erdreichs infolge des Auftriebs, und zwar unter Beachtung des ungünstigsten Grundwasserstandes in der Berechnung berücksichtigt werden.
2. Bei der Berechnung ist das Gewicht des unbewehrten Kiesbetons mit höchstens 2200 kg/m³ und das des bewehrten Kiesbetons mit höchstens 2400 kg/m³ einzusetzen (DIN 1055, Blatt 1).

b) Einblockgründung (Einzelgründung)

1. Bei der Berechnung von Einblockgründungen sind die Eigengewichte aus äußeren Lasten (siehe § 15) sowie der Gründung selbst einschließlich der lotrechten Erdauf last über Fundamentsohle zu berücksichtigen. Außerdem darf zusätzlich das Gewicht eines Erdkörpers, dessen Begrenzungsflächen allseitig an den Fundamentunterkanten beginnen und unter einem Winkel β gegen die Lotrechte nach außen geneigt sind, angenommen werden.

Die Größe des Winkels β ist vor allem von dem Wert des Winkels der inneren Reibung, sowie der Konsistenz bei bindigen Böden, der Lagerungsdichte des Bodens und dem Grad der Haftung und Verbindung des Gründungskörpers mit dem Erdreich abhängig (Richtwerte siehe Tafel 9).

Der seitliche Erdwiderstand kann bei der Bemessung von Einblockgründungen der Lagerungsdichte und den Bodenkennwerten entsprechend in Rechnung gestellt werden.

2. Für die Bemessung der Gründung sind die Verfahren von Kleinlogel (Forschungshefte auf dem Gebiet des Ingenieurwesens, herausgegeben vom VDI 1927, Heft 295) und Bürklin (Elektrotechnische Zeitschrift 1940, Heft 50, S. 1143...1147 und Elektrizitätswirtschaft 1943, Heft 9, S. 194...198), sowie das Verfahren von Sulzberger (Bull. SEV 1945, Heft 10, S. 289...308) und andere geeignete Verfahren zulässig.

c) Mehrblockgründung (aufgeteilte Gründung)

1. Bei der Berechnung gelten für die auf Druck beanspruchten Einzelgründungen sinngemäß die Vorschriften nach a) 1. und 2. Die Erdauf last ist lotrecht über der Fundamentsohle anzunehmen.

2. Bei den auf Zug beanspruchten Einzelgründungen darf außer dem der Zugkraft entgegenwirkenden Eigengewicht der Gründung einschließlich einer Erdauf last lotrecht über der Fundamentsohle ein Widerstand gegen Herausziehen in Rechnung gestellt werden, der nach bisherigen Versuchen und Erfahrungen eine genügende Standsicherheit gewährleistet. Es ist zu beachten, daß Bewegungen der Gründungen die Mastkonstruktion ungünstig beeinflussen können.

Zur Vereinfachung der Rechnung kann der Widerstand gegen Herausziehen der Gründungen mit genügend überstehender Sohlenplatte (mindestens 0,2 m Überstand) durch das Gewicht eines Erdkörpers ersetzt werden, dessen seitliche Begrenzungsfläche je nach dem Grad der Einspannung an Gründungssohle oder Oberkante der unteren Fundamentstufe beginnend, unter einem Erdauf lastwinkel β gegen die Lotrechte nach außen geneigt angenommen werden kann. Richtwerte für Winkel β siehe Tafel 9.

Für außergewöhnlich große Zugbeanspruchungen, Gründungsformen oder Eingrabetiefen sind eingehendere Untersuchungen oder Versuche für eine zutreffende Bemessung zweckmäßig.

Für pfahlartige Gründungen ohne genügende Verbreiterung am unteren Ende kann unabhängig von der Gründungstiefe mit einem konstanten Wert der Mantelreibung zur Ermittlung des Widerstandes gegen Herausziehen gerechnet werden.

Die Tragkraft der auf Zug beanspruchten Gründungen ist wesentlich durch die Dichte und Konsistenz des umgebenden Erdreichs beeinflusst. Bei intensiver künstlicher Verdichtung des Baugrundes (Rütteldruckverfahren oder ähnliche Verfahren) kann diese besonders berücksichtigt werden.

3. Die Standsicherheit der Maste mit aufgeteilten Gründungen und Pfahlgründungen muß mindestens 1,5-fach sein. Wo mit Streuungen in der Mantelreibung zu rechnen ist, ist eine 2-fache Sicherheit der Pfahlgründungen zweckmäßig (vgl. DIN 1054).

Tafel 9
Bodenkennwerte für die Berechnung von Mastgründungen

1	2	3	4	5	6	7
Bodenart	Raumgewicht t/m³	Winkel φ der inn. Reibung in Grad	zulässige Bodenpressung kg/cm²	Einblock- gründung Erdauflast- winkel β in Grad	Mehrblock- gründung Erdauflast- winkel β in Grad	Gründungs- type*)
A. Angeschütteter, nicht künstlich- verdichteter Boden Je nach der Beschaffenheit und Dicke der Gründungsschicht so- wie der Dichte und Gleich- mäßigkeit ihrer Lagerung	1,4...1,6	20...25	0...1,0	5	14...20	A—B
B. Gewachsener (offensichtlich un- berührter) Boden						
1. Schlamm, Torf, Moorerde im allgemeinen	0,65...1,1	0	0	0	0	Sonder- gründung
2. Nichtbindige, festgelagerte Böden**) a) Fein- und Mittelsand bis zu 1 mm Korngröße	1,6	30...32	2,0...3,0	8...10	20...22	B
b) Grobsand, Körnung 1 bis 3 mm						
c) Kiessand mit mindestens 1/3 Raumteilen Kies und Kies bis 70 mm Korngröße	1,8	33...35	3,0...4,0	8...12	20...25	B—C
3. Bindige Böden (Lehm, Ton und Mergel***) a) breiig	1,6	0	0	0	0	Sonder- gründung
b) weich (leicht knetbar) . . .	1,8	11...17	0,4	4	8...10	A
c) steif (schwer knetbar) . . .	1,8	16...22	1,0	6	14...16	A—B
d) halbfest	1,7	20...24	2,0	8	22	B
e) hart	1,7	22...30	4,0	10	22...25	C
4. Fels in gesundem, unverwit- tertem Zustand mit geringer Zerklüftung und in günstiger Lagerung						Sonder- gründung
Fels bei stärkerer Zerklüftung oder ungünstiger Lagerung..						C
*) Gründungstype A für wenig tragfähigen Baugrund B für tragfähigen Baugrund C für gut tragfähigen Baugrund Sondergründung für nicht tragfähigen oder besonders gut tragfähigen Baugrund. **) Für Böden mit geringer Lagerungsdichte und Scherfestigkeit können sich die Werte des Erdauflastwinkels β bis auf die unter A. ange- gebenen Werte vermindern. ***) Als Behelfsregel gilt: Breiig ist ein Boden, der in der geballten Faust gepreßt zwischen den Fingern hindurchquillt. Weich ist ein Boden, der sich leicht kneten läßt. Steif ist ein Boden, der nur schwer knetbar ist, sich aber in der Hand zu 3 mm dicken Walzen ausrollen läßt, ohne zu reißen oder zu bröckeln. Halbfest ist ein Boden, der beim Versuch, ihn zu 3 mm dicken Walzen auszurollen, zwar bröckelt und reißt, der aber doch noch feucht ist und deshalb dunkel aussieht. Hart ist ein Boden, der ausgetrocknet ist und deshalb hell aussieht und dessen Schollen in Scherben zerbrechen.						

§ 29

Ausführung der Gründungen

a) Betongründungen

- Der Beton ist in der Regel aus Normenzement nach DIN 1164, reinem Sand und Kies oder Schotter herzustellen. Der Beton für Einblockgründungen muß mindestens der Güteklasse B 80 mit einem Zementgehalt von mindestens 150 kg/m³ fertigem Beton entsprechen; der Beton für aufgeteilte Gründungen muß mindestens die Güteeigenschaften des B 120 mit einem Zementgehalt von mindestens 180 kg/m³ fertigem Beton haben. Im übrigen sind die Bestimmungen von DIN 1047 und 1045 für die Ausführung von Bauwerken aus Beton bzw. Stahlbeton zu beachten. Ein Verdichten des Betons mit Innenrüttlern wird empfohlen.
- Das Verhältnis der Höhe der unteren Stufe unbewehrter Betongründungen zu der Auskragung, muß, gemessen an der Ansatzstelle, mindestens 1,4 betragen, wenn nicht durch Rechnung nachgewiesen wird, daß die Beanspruchung ein größeres Maß der Auskragung zuläßt.

3. Die Gründung soll unbeschadet einer einwandfreien Absteifung der Baugrube*) unmittelbar an das Erdreich anbetoniert werden.

4. Bei der Ausführung von Betongründungen ist DIN 4030 zu beachten.

b) Platten-, Schwellen- und sonstige Gründungen

- Bei Verwendung von Platten-, Schwellen- und anderen Gründungen (Pfahlgründungen) sind die in der Erde liegenden Stahlteile mit einem geeigneten Schutzmittel [siehe § 23 b)] gegen Rost zu schützen.
- Holzschwellen und Holzpfähle müssen wirksam gegen Fäulnis geschützt sein. Für Pfahlgründungen mit Stahlbetonpfählen gelten die Bestimmungen unter a) 4 und § 25.

*) Vgl. hierzu Unfallverhütungsvorschriften der Bau-Berufsgenossenschaften.

§ 30

Mastfüße

- a) Werden Holzmaste zur Verlängerung der Lebensdauer oder zur Erhöhung der Standsicherheit mit Mastfüßen versehen, müssen diese aus einem Werkstoff bestehen, der von Fäulnisregnern nicht angegriffen werden kann (Stahl, Stahlbeton), oder aus Holz sein, das gegen Fäulnis wirksam geschützt ist.
- b) Für die zulässigen Spannungen der Werkstoffe des Fußes und der Verbindung zwischen Fuß und Mast gelten §§ 22 ··· 25. Mast und Fuß sind so zu verbinden, daß der Luftzutritt zum Holz möglichst wenig behindert wird.

7. Erdungen

§ 31

Anwendungen

Für die Erdung von Starkstrom-Freileitungen mit Betriebsspannungen von 1 kV und darüber ist zwischen Schutz-erdungen, Betriebs-erdungen und Erdungen gegen Blitzeinwirkung zu unterscheiden. Wegen der Begriffserklärungen und der Bemessung von Erdungsanlagen siehe VDE 0141 „Vorschriften für Erdungen in Wechselstromanlagen für Nennspannungen von 1 kV und darüber“ und DIN 48 210

a) Schutz-erdungen

1. In Netzen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber mit nicht geerdetem oder mit mittelbar geerdetem Sternpunkt gelten für Freileitungsmaste, Mastschalter, Mastumspannstellen und Kabelendmaste nachstehende Vorschriften:

- 1.1 Stahlmaste, Stahlbetonmaste und Metalldrähte oder -bänder an Holzmasten zum Schutz gegen Zersplitterung bei Blitzeinschlägen sind zu erden, wobei der erforderliche Ausbreitungswiderstand gegebenenfalls schon durch den Mastfuß allein erreicht werden kann.

Bei Holzmasten ohne metallene Überbrückung der Holzstrecke zwischen den Isolatorträgern und Erde wird also eine Schutz-erdung nicht gefordert.

- 1.2 Die Schutz-erdung ist möglichst für einen Ausbreitungswiderstand $\leq \frac{125 \text{ V}}{I_e}$ zu bemessen. Dabei ist I_e [A] der an der Erdschlußstelle aus dem Betriebsstromkreis zur Erde fließende Strom [siehe VDE 0141/1158]. Bei Leitungen mit durchlaufendem Erdseil gilt als Ausbreitungswiderstand für die Schutz-erdung der Wert bei aufgelegtem Erdseil.

Der Ausbreitungswiderstand darf diese Werte nur dann überschreiten, wenn Maßnahmen angewendet werden, durch die ein Erdschluß am Mast unwahrscheinlich oder gegebenenfalls seine Dauer auf möglichst kurze Zeit beschränkt wird.

Diese Bedingung ist erfüllt, wenn beispielsweise eine der folgenden Maßnahmen angewendet wird: Verwendung nichtdurchschlagbarer Isolatoren (VDE 0446/3.55 § 3), Überwachung der Isolatoren im Betrieb, entsprechende Anordnung der Leiter, durch die bei Isolatorenbruch verhindert wird, daß das Leiterseil auf einem Mastausleger liegen bleibt, Einbau von Erdschlußanzeigevorrichtungen in den Stationen und umgehende Ausschaltung der erdschlußbehafteten Leitung.

- 1.3 Mastschalter auf Stahl-, Stahlbeton- und Holzmasten mit geerdeten Isolatorträgern sowie Traggerüste von Mastumspannstellen für Transformatoren, Kondensatoren und dgl. sind stets entsprechend den Bestimmungen für Schutz-erdung von metallenen Masten nach 1.1 und 1.2 zu erden. Bei Mastumspannstellen ist stets ein Steuererder um den Mast in etwa 1 m Abstand und etwa 0,5 m Tiefe oder ein gleichwertiger Steuererder zu verlegen, der mit der Mast-erdung zu verbinden ist.

Auch bei Mastschaltern kann ein solcher Steuererder verwendet werden.

- 1.4 Werden die Gerüstteile von Mastschaltern auf Holzmasten nicht geerdet, so sind in das Betätigungs-gestänge mechanisch zuverlässige und nichtdurchschlagbare Isolatoren einzubauen, die für die Reihenspannung des Schalters zu bemessen sind. Der unter dem Gestängeisolator liegende Teil des Antriebes ist zur Ableitung von Kriechströmen zu erden.

Diese Erdung kann als Steuererder unter dem Bedienungsstandort ausgeführt werden.

- 1.5 Kann im Falle 1.3 bei schwierigen Erdungsverhältnissen eine Erderspannung von 125 V nicht eingehalten werden, so ist folgendermaßen zu verfahren:

- 1.51 Die Erdung ist als Steuererder nach 1.3 auszu-legen. Um den Mast ist eine 1 m breite Zone schlecht leitenden Schotters anzulegen.

Statt dessen kann die Erdung mittels Steuer-erder so ausgelegt werden, daß bei Erdschluß die Berührungsspannung 65 V und die Schrittspannung 90 V nicht überschreitet.

- 1.52 Bei Mastschaltern auf Holzmasten kann die Erdung an einem der Nachbarmasten vorgenommen werden. In das Betätigungs-gestänge sind dann mechanisch zuverlässige und nichtdurchschlagbare Isolatoren einzubauen, die für die Reihenspannung des Schalters zu bemessen sind. Der unter dem Gestängeisolator liegende Teil des Antriebes ist zur Ableitung von Kriechströmen zu erden.

Diese Erdung kann als Steuererder unter dem Bedienungsstandort ausgeführt werden.

- 1.6 Kabelmäntel und Endverschlußgehäuse auf Holz-, Stahl- oder Stahlbetonmasten sind stets entsprechend den Bestimmungen für Schutz-erdungen von Stahl- oder Stahlbetonmasten nach 1.1 und 1.2 zu erden. Ausgenommen sind Endverschlüsse von Kunststoffkabeln, die über dem konzentrischen Leiter oder Schirm einen nicht leitenden Kunststoffmantel haben. Der konzentrische Leiter oder Schirm dieser Kabel ist mindestens einseitig zu erden.

2. In Netzen mit Nennspannungen von 110 kV und darüber und unmittelbar geerdetem Sternpunkt muß bei Erdkurzschluß eine Schnellausschaltung erfolgen. Im übrigen gelten nachstehende Leitsätze:

- 2.1 Maste in landwirtschaftlich genutztem Gebiet, an verkehrsreichen Wegen und in Ortschaften sollen

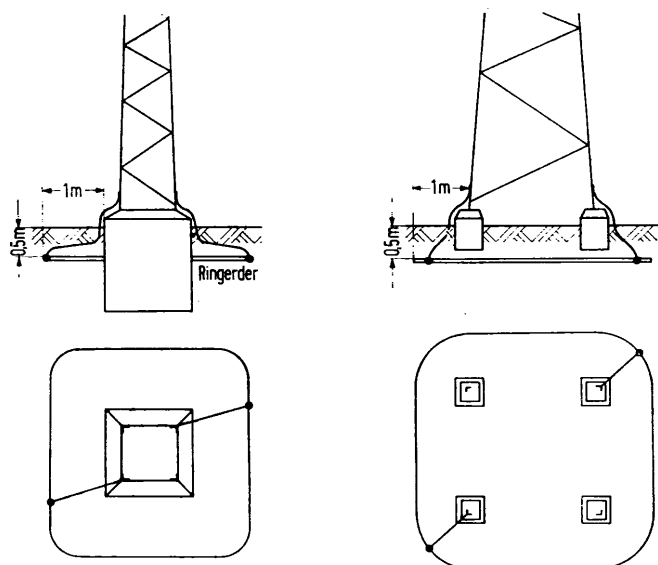


Bild 3

a) Ringerder
um ein Einblockfundament

b) Ringerder
um ein Vierblockfundament

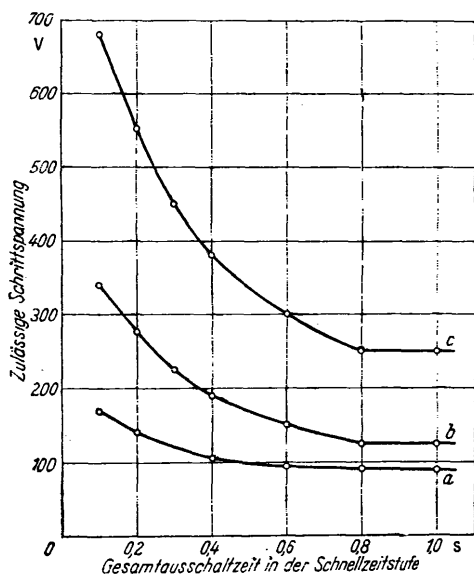


Bild 4

Zulässige Schrittspannungen in Anlagen mit unmittelbarer Sternpunktterdung

Kurve a
außerhalb von An-
lagen an verkehrs-
reichen Fahrwegen

Kurve b
innerhalb und
außerhalb von An-
lagen
(ausgenommen a)

Kurve c
innerhalb von Frei-
luftanlagen bei
Benutzung von
Isolierschuhen

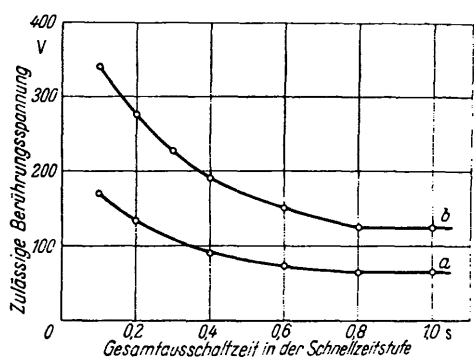


Bild 5

Zulässige Berührungsspannungen in Anlagen mit unmittelbarer Sternpunktterdung

Kurve a
außerhalb von Anlagen

Kurve b
innerhalb von Anlagen

mit einem an den Mast angeschlossenen Ringerder in 1 m Entfernung von den Kanten bei Betonfundamenten und von den Eckstielen bei Schwellenfundamenten in 0,2 bis höchstens 0,5 m Verlegungstiefe umgeben werden (Bild 3). Bei bereits bestehenden Netzen können diese Maßnahmen auf die Dauer von 5 Jahren entfallen.

Diese Frist soll dazu dienen, Erfahrungen zu sammeln, ob man in Zukunft auf solche Schutzmaßnahmen gegebenenfalls verzichten kann.

2.2 Liegen Mastfundamente weniger als 15 m vom Rand verkehrsreicher Fahrwege (siehe § 32) entfernt, so ist zusätzlich dafür zu sorgen, daß auf der Straße die nach Bild 4 für Schrittspannungen außerhalb von Anlagen sich ergebenden Werte nicht überschritten werden.

2.3 An Masten in Ortschaften, auf bewohnten Grundstücken oder in gewerblichen Anlagen dürfen die zulässigen Werte der Berührungsspannung nach Bild 5, Kurve a, außerhalb von Anlagen, und der Schrittspannung nach Bild 4, Kurve a, außerhalb von Anlagen an verkehrsreichen Fahrwegen, nicht überschritten werden. Diese Bedingung kann ent-

weder durch Potentialsteuerung oder durch Beschotterung der näheren Umgebung des Mastes erreicht werden.

2.4 Falls bei Masten an verkehrsreichen Fahrwegen und in Ortschaften, auf bewohnten Grundstücken und in gewerblichen Anlagen eine der vorstehenden Maßnahmen praktisch nicht durchgeführt werden kann und daher die nach Bild 4 höchstzulässigen Werte der Schrittspannung nicht eingehalten werden können, ist eine der folgenden Maßnahmen durchzuführen:

2.41 Sorgfältige Überwachung der Isolatoren in Abständen von höchstens $\frac{1}{2}$ Jahr sowie Bemessung des Ausbreitungswiderstandes unter Zugrundelegung einer Blitzstromstärke von 60 kA im Mast [siehe hierzu c) 4] zur Vermeidung rückwärtiger Überschläge.

2.42 Auswahl geeigneter Isolatoren unter Berücksichtigung der atmosphärischen Bedingungen zur Erreichung einer größeren Sicherheit an diesen Masten.

b) Betriebserdungen

Bei Freileitungen kommen Betriebserdungen nur dann vor, wenn Spannungswandler oder Transformatoren an Freileitungsmasten oder Mastumspannstellen angebracht sind. Für die Bemessung der Betriebserdungen gelten in diesen Fällen die Vorschriften von VDE 0141, §§ 23 und 24.

c) Erdungen gegen Blitzeinwirkung

Nachstehende Bestimmungen gelten in jedem Fall als Leitsätze.

1. Bei Blitzeinschlägen in geerdete Teile elektrischer Anlagen (Erdseile, Stahl- und Stahlbetonmaste von Freileitungen) soll der Blitzstrom nach Erde abgeführt werden, ohne daß zwischen den geerdeten Anlagenteilen und den Leitungen eine Stoßspannung auftritt, die zu Überschlägen führt (rückwärtiger Überschlag).
2. Die Höhe der Stoßspannung, die der geerdete Anlagenteil beim Blitzstromdurchgang annimmt, hängt ab:
 - 2.1 vom zeitlichen Verlauf des Blitzstromes (Steilheit des Anstieges und Gesamtdauer),
 - 2.2 vom Scheitelwert des Blitzstromes,
 - 2.3 von den Erdungsverhältnissen, d. h. von der Art des Erds und seinem Stoßausbreitungswiderstand.

3. Der Stoßausbreitungswiderstand eines Erds weicht mehr oder weniger von dem nach d) ermittelten Ausbreitungswiderstand ab.

Zu Beginn des Durchganges des Stoßstroms kann der Stoßausbreitungswiderstand bei allen Erds, insbesondere bei solchen großer räumlicher Ausdehnung in schlecht leitendem Erdboden, erheblich von dem nach d) festgestellten Ausbreitungswiderstand abweichen.

Bei Erds geringerer räumlicher Ausdehnung (z. B. bei Mastfüßen, Staberden bis zu etwa 10 m Länge, Plattenerden, Strahlenerden, deren Einzelstrahlen 20 m nicht wesentlich überschreiten) kann der Stoßausbreitungswiderstand in grober Annäherung gleich dem nach d) meßbaren Ausbreitungswiderstand gesetzt werden.

4. Für die Erdungen gegen Blitzeinwirkungen an Freileitungsmasten gilt:

4.1 Da sich Stoßströme bei Blitzeinschlägen als Wanderwellen ausbreiten, ist bei Freileitungen mit Erdseil die Parallelschaltung der Ausbreitungswiderstände benachbarter Maste über die Erdseile in den entscheidenden ersten Mikrosekunden nach dem Blitzeinschlag noch nicht in vollem Maße wirksam. Hier ist die Erdung des einzelnen Mastes, zu der der Wellenwiderstand des Erdseiles parallel geschaltet ist, entscheidend.

4.2 Rückwärtige Überschläge an Freileitungen sind im allgemeinen nicht zu erwarten, wenn bei Stahlmasten, Stahlbetonmasten und bei Holzmasten mit herabgeführter Erdungsleitung der Ausbreitungs-

widerstand der Näherungsformel $R_A \leq \frac{U_{st}}{I_{st}}$ entspricht.

Dabei ist:

R_A der nach d) gemessene Ausbreitungswiderstand der Masterdung in Ω . Bei Freileitungen mit Erdseil ist der Ausbreitungswiderstand mit vom Mast isoliertem Erdseil zu messen.

U_{st} die Stehstoßspannung (VDE 0111) der Freileitungsisolierung in Kilovolt,

I_{st} der Scheitelwert der Blitzstromstärke im Mast in Kiloampere.

Die Sicherheit gegen rückwärtige Überschläge ist unter sonst gleichen Verhältnissen um so größer, je höheren Mastströmen I_{st} die Bedingung $R_A \leq \frac{U_{st}}{I_{st}}$ genügt. Im Einzelfall sind bei der Annahme eines Richtwertes für I_{st} die Betriebswichtigkeit der Anlage und die Gewitterhäufigkeit des Gebietes zu berücksichtigen.

- 4.3 Messungen der Blitzstromstärke in Freileitungsmasten zeigen, daß sehr hohe Stromstärken selten auftreten. In Tafel 10 sind einige Richtwerte für Blitzströme in Masten zusammengestellt; in der zweiten Zeile ist angegeben, bei wieviel Prozent aller Blitzschläge diese Stromstärken nicht überschritten werden.

Tafel 10

Häufigkeit von Blitzströmen im Mast bei Leitungen mit und ohne Erdseil

Blitzstrom im Mast I_{st} in kA bis	20	30	40	50	60
Anteil in % aller Blitzschläge	79	91	95	98	99

- 4.4 Bei der Herstellung der Masterdungen wird empfohlen, folgende Erfahrungsgrundsätze zu beachten:

4.41 Statt eines sehr langen Staberders sind mehrere weniger lange Staberder in der Umgebung des Mastes zu bevorzugen.

4.42 Bei gleicher Gesamtlänge hat ein Vierstrahler einen geringeren Stoßausbreitungswiderstand als ein Einstrahl- oder Zweistrahler.

5. Für die Erdung der Erdseile bei Freileitungen gilt:

5.1 Erdseile sind bei geeigneter Anordnung (VDE 0675) ein wirksamer Schutz gegen Blitzschläge in die Leiterseile. Zur Vermeidung rückwärtiger Überschläge ist aber ein ausreichend niedriger Ausbreitungswiderstand jedes einzelnen Mastes nach 4. notwendig.

5.2 Erdseile bei Freileitungen mit Holzmasten sollen nach Möglichkeit an jedem Mast, mindestens aber in Abständen von 300 m geerdet werden.

d) Prüfung der Erdungsanlagen

Für die Messung von Ausbreitungswiderständen und für die Überwachung des Zustandes der Erder gilt folgendes:

- Für die Messung des Ausbreitungswiderstandes der Erder sind Hilfserder und Sonden erforderlich, die vom Erder hinreichend weit entfernt anzuordnen sind. Bei Stab- und Plattenerdern genügt hierfür ein Abstand von etwa 40 m zwischen Erder und Hilfserder und von 20 m zwischen Erder und Sonde. Bei Erdern großer räumlicher Ausdehnung sollen die Abstände mindestens das 5- bzw. 2,5fache der größten Ausdehnung des Erders betragen, dessen Ausbreitungswiderstand zu messen ist. Auf induktive Beeinflussung der Meßleitungen untereinander und auf Störspannungen im Erdboden ist zu achten.

- Ausbreitungswiderstände von Erdern können gemessen werden:

2.1 mit Erdungsmeßgeräten,

2.2 durch Strom- und Spannungsmessung, wobei der innere Widerstand des Spannungsmessers möglichst groß sein, mindestens aber das 10fache des Ausbreitungswiderstandes der Sonde betragen soll. Als Spannungsmesser eignen sich besonders Röhrenvoltmeter. Zwischen dem Erder und dem Hilfserder ist eine Wechselspannung anzulegen und der Strom I des Erders sowie die Spannung U zwischen Erder und Sonde zu messen. Der Ausbreitungswiderstand R_A ist dann $R_A = \frac{U}{I}$.

Die Strom-Spannungsmessung ist vornehmlich bei ausgedehnten Erdungsanlagen anzuwenden.

- Es empfiehlt sich, den Zustand der Erder durch gelegentliches Aufgraben an einzelnen Masten zu beobachten.

D. Besondere Bestimmungen

§ 32

Kreuzungen und Näherungen

a) Allgemeines

- Die Bestimmungen gelten für Kreuzungen und Näherungen von Starkstrom-Freileitungen mit folgenden Anlagen:

- Wohngebäude und gewerbliche Anlagen,
- Sportplätze,
- Autobahnen und verkehrsreiche Straßen einer Großstadt,
- sonstige Straßen und Fahrwege,
- Straßenbahnen und Obuslinien,
- Industriebahnen, Industrieanschlußgleise, Treideleien und Kleinbahnen ohne Fahrleitung,
- Industriebahnen, Industrieanschlußgleise, Treideleien und Kleinbahnen mit Fahrleitung,
- Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen unter 1 kV,
- Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber,
- Wasserstraßen, ausgenommen die unter § 35 genannten Anlagen,
- Seilschwebbahnen für den Gütertransport und Schleplifanlagen,
- Fernmeldeanlagen, ausgenommen die unter § 35 genannten Anlagen,
- Brücken und ähnliche Bauwerke.

- Die im nachstehenden unter b) und c) genannten Mindestabstände gelten, soweit nichts besonderes angegeben ist, für Starkstrom-Freileitungen aller Nennspannungen. Bei den Bestimmungen, die einen Hinweis auf a) 2 enthalten, sind für Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen über 110 kV die genannten Mindestabstände bei Kreuzungen und Näherungen um $\frac{U_n - 110 \text{ kV}}{150 \text{ kV}}$ in Metern zu vergrößern. Hierin ist U_n die Nennspannung in Kilovolt.

- Für die Ermittlung des Durchhanges der Leiter bei ungleicher Eisbelastung der Felder ist anzunehmen, daß bei -5°C die Zusatzlast nach § 8 b) im Kreuzungsfeld vorhanden ist, während sie in den übrigen Feldern bis zur nächsten Leitungsabspannung abgefallen ist.

- Für die Zulassung von Kreuzungen und Näherungen mit Autobahnen gelten die in § 2 d) aufgeführten Richtlinien und Verwaltungsvorschriften.

b) Kreuzungen

1. Kreuzung von Wohngebäuden und gewerblichen Anlagen

- 1.1 Die Starkstrom-Freileitung ist im Kreuzungsfeld mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen. Die Leiter an den Masten von Kreuzungsfeldern sind bei Verwendung von Stützenisolatoren mit Außenbefestigung (StVK) nach § 33 c) 1.1 und bei Verwendung von Kettenisolatoren nach § 33 d) 1 zu befestigen.
- 1.2 Der lotrechte Abstand der Leiter von darunter liegenden Wohngebäuden und gewerblichen Anlagen muß betragen:
 - bei Gebäuden mit einer Dachdeckung, die nach DIN 4102 feuerhemmend ist (Dachpappe, die normgerecht hergestellt ist, gilt als feuerhemmend) mindestens 3 m
 - bei Gebäuden mit einer nicht feuerhemmenden Dachdeckung mindestens 12 m
 und zwar jeweils bei größtem Durchhang der Leiter nach § 8 b) und c).
 Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.
- 1.3 Bei Verwendung von Tragketten sind die unter 1.2 angegebenen Mindestabstände auch bei ungleicher Eisbelastung gemäß a) 3 einzuhalten.
- 1.4 Die in 1.2 und 1.3 angegebenen Mindestabstände sind zu vergrößern, wenn dies nach den örtlichen Verhältnissen, besonders mit Rücksicht auf eine unbehinderte Durchführung von Feuerlöscharbeiten, notwendig erscheint.
- 1.5 Bei Bauwerken, die zur gleichen Betriebsanlage wie die kreuzende Starkstrom-Freileitung gehören, sind kleinere als die in 1.2 und 1.3 genannten Mindestabstände zulässig.

2. Kreuzung von Sportplätzen

- 2.1 Die Überkreuzung von Sportplätzen ist möglichst zu vermeiden. Anderenfalls sind folgende Bestimmungen zu beachten:
- 2.2 Die Starkstrom-Freileitung ist im Kreuzungsfeld mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen. Die Leiter an den Masten von Kreuzungsfeldern sind bei Verwendung von Stützenisolatoren mit Außenbefestigung (StVK) nach § 33 c) 1.1 und bei Verwendung von Kettenisolatoren nach § 33 d) 1 zu befestigen.
- 2.3 Die Leiter müssen im Kreuzungsfeld aus einem Stück ohne Verbindungsstellen bestehen. In bestehenden Anlagen darf je Leiter eine Verbindungsstelle belassen werden. Bei Behebung von Schäden ist das Einsetzen einer Verbindungsstelle je Leiter zulässig.
- 2.4 Der lotrechte Abstand zwischen den Leitern und dem Spielfeld muß mindestens 12 m betragen, und zwar jeweils bei größtem Durchhang der Leiter nach § 8 b) und c).
 Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

3. Kreuzung von Autobahnen und verkehrsreichen Straßen einer Großstadt

- 3.1 Die Starkstrom-Freileitung ist im Kreuzungsfeld mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen. Die Leiter an den Masten von Kreuzungsfeldern sind bei Verwendung von Stützenisolatoren mit Außenbefestigung (StVK) nach § 33 c) 1.1 und bei Verwendung von Kettenisolatoren nach § 33 d) 1 zu befestigen.
- 3.2 Bei Verwendung von einfachen Holzmasten darf die Spannweite des Kreuzungsfeldes 50 m nicht überschreiten, wenn die Standsicherheit nicht durch besondere Maßnahmen erhöht ist.
- 3.3 Schalter sind an den Masten des Kreuzungsfeldes nur zulässig, wenn diese als Abspannmaste ausgebildet sind.

3.4 Für die Leiter im Kreuzungsfeld gilt b) 2.3.

3.5 Die Höchstzugspannung der Leiter im Kreuzungsfeld darf 75% der in § 7 a) ausgegebenen zulässigen Werte bei Zusatzlasten nach § 8 b) nicht überschreiten. Sofern in der Strecke allgemein niedrigere Höchstzugspannungen angewendet sind, sollen diese nicht überschritten werden.

3.6 Die Leiter im Kreuzungsfeld dürfen durch die 3fache Zusatzlast [siehe § 8 b)] höchstens bis zur Dauerzugfestigkeit beansprucht werden.

Diese Forderung ist für genormte Seile erfüllt, wenn bei den unter 3.5 festgelegten zulässigen Höchstzugspannungen die Grenzspannweiten nicht überschritten werden.

Tafel 11 enthält für die häufigst verwendeten Nennquerschnitte der genormten Leiterseile die für 75% der zulässigen Höchstzugspannungen nach § 7 a) bei dreifacher normaler Zusatzlast und für gleich hohe Aufhängepunkte nach der Gleichung der Kettenlinie berechneten Grenzspannweiten.

3.7 In Gegenden, in denen größere Zusatzlasten als die normale [siehe § 8 b)] regelmäßig auftreten, sind die Höchstzugspannung und die Spannweite so zu wählen, daß 75% der zulässigen Werte nach § 7 a) nicht überschritten werden und das Dreifache der größeren Zusatzlast den Leiterwerkstoff höchstens bis zur Dauerzugfestigkeit beansprucht.

3.8 Der lotrechte Abstand zwischen den Leitern und der Fahrbahn muß mindestens 7 m betragen, und zwar jeweils bei größtem Durchhang der Leiter nach § 8 b) und c).

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

3.9 Bei Verwendung von Tragketten muß der lotrechte Abstand zwischen den Leitern und der Fahrbahn bei ungleicher Eisbelastung gemäß a) 3 noch mindestens 5 m betragen.

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

3.10 Bei der Festlegung des lichten waagerechten Abstandes der Maste der Starkstrom-Freileitung vom äußeren Rand der befestigten Fahrbahn von Autobahnen ist auf die Erfordernisse des Straßenverkehrs Rücksicht zu nehmen*).

3.11 Die Unterkreuzung von Autobahnen oder verkehrsreichen Straßen einer Großstadt durch eine Starkstrom-Freileitung ist möglichst zu vermeiden. Anderenfalls sind geeignete Schutzmaßnahmen an den zu unterkreuzenden Anlagen zu treffen, durch die eine Berührung der darunterliegenden Leitungen oder eine unzulässige Annäherung an sie vermieden wird.

4. Kreuzung sonstiger Straßen und Fahrwege

4.1 Die Starkstrom-Freileitung, die verkehrsreiche Straßen überkreuzt, ist im Kreuzungsfeld mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen. Die Leiter an den Masten von Kreuzungsfeldern sind bei Verwendung von Stützenisolatoren mit Außenbefestigung (StVK) nach § 33 c) 1.1 und bei Verwendung von Kettenisolatoren nach § 33 d) 1 zu befestigen. Außerdem sind die Bestimmungen nach b) 3.2...3.4 zu beachten und die Abstände nach b) 3.8 und 3.9 einzuhalten.

4.2 Wenn eine Starkstrom-Freileitung Straßen mit geringem Verkehr und Fahrwege kreuzt, sind die Schutzmaßnahmen nach 4.1 nicht erforderlich, es sind nur die Mindestabstände nach b) 3.8 einzuhalten.

4.3 Bei der Festlegung des lichten waagerechten Abstandes der Maste der Starkstrom-Freileitung vom äußeren Rand der befestigten Fahrbahn von Bundesfernstraßen ist auf die Erfordernisse des Straßenverkehrs Rücksicht zu nehmen*).

*) Siehe Bundesfernstraßengesetz vom 6. August 1953.

Tafel 11

Grenzspannweiten für gleich hohe Aufhängepunkte und dreifache normale Zusatzlast

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Seile nach DIN 48201											Seile nach DIN 48204	
Nenn- querschnitt	Grenzspannweiten										Nenn- querschnitt Al/St	Grenz- spann- weiten
	Kupfer	Bronze			Stahl				Alu- minium	Aldrey		Stahlu- minium
mm ²	m	Bz I	Bz II	Bz III	St I	St II	St III	St IV	m	m	mm ²	m
10	70	120	160	260	—	—	—	—	—	—	—	—
16	100	190	250	405	220	390	635	775	—	—	16/2,5	120
25	175	290	385	600	280	495	800	980	45	240	25/4	185
35	255	460	595	710	335	590	950	1160	55	325	35/6	270
50	410	560	710	830	390	690	1110		80	405	50/8	385
70	505	635	810	940	450	790			110	490	70/12	455
95	570	720	910	1060	510	900			140	590	95/15	530
120	610	770	980		555	970			175	670	120/21	615
150	650	820	1045		595	1040			220	750	150/25	670
185	685	865			630	1105			280	825	185/32	730
240	730	920			675				390	935	240/40	800
300	760	960			705				530	1015	300/50	860

4.4 Für die Unterkreuzung sonstiger Straßen und Fahrwege durch eine Starkstrom-Freileitung gilt b) 3.11.

5. Kreuzung von Straßenbahnen und Obuslinien

5.1 Die Starkstrom-Freileitung, die Straßenbahnen oder Obuslinien überkreuzt, ist im Kreuzungsfeld mit erhöhter Sicherheit nach § 33 unter Beachtung der Bestimmungen nach b) 3.1...3.7 auszuführen.

5.2 Der lichte waagerechte Abstand geerdeter Bauteile der Starkstrom-Freileitung von unter Spannung stehenden oder geerdeten Bauteilen der Fahrleitungsanlage muß mindestens 1,25 m betragen.

5.3 Der Abstand zwischen den Leitern der Starkstrom-Freileitung und der Fahrleitung muß mindestens 3 m betragen, und zwar jeweils bei größtem Durchhang der Leiter nach § 8 b) und c) sowie bei Ausschwingen der Leiter bei $+40^{\circ}\text{C}$ durch Windlast nach § 15 a).

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

5.4 Bei Verwendung von Tragketten muß der lotrechte Abstand zwischen den Leitern und der Fahrleitung bei ungleicher Eisbelastung gemäß a) 3 noch mindestens 2 m betragen.

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

5.5 Für die Unterkreuzung von Verkehrswegen, auf denen Straßenbahnen oder Obuslinien verkehren, durch eine Starkstrom-Freileitung gilt b) 3.11.

6. Kreuzung von Industriebahnen, Industrieanschlußgleisen, Treideleien und Kleinbahnen ohne Fahrleitung

6.1 Die Starkstrom-Freileitung, die Industriebahnen, Industrieanschlußgleise und Treideleien ohne Fahrleitung überkreuzt, ist im Kreuzungsfeld mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen.

Für Kleinbahnen sind die Bestimmungen nach b) 3.1...3.7 zu beachten.

6.2 Der lichte waagerechte Abstand der Maste der Starkstrom-Freileitung von Mitte des nächsten Gleises soll im allgemeinen 3,5 m betragen.

6.3 Der lotrechte Abstand zwischen den Leitern und der Schienenoberkante einer darunter verlaufenden Eisenbahn muß betragen:

für unter Spannung stehende Leiter mindestens 7 m,

für nicht unter Spannung stehende Leiter mindestens 6 m,

und zwar jeweils bei größtem Durchhang der Leiter nach § 8 b) und c).

Bei Fernmeldeleitungen am Gestänge von Starkstrom-Freileitungen, die so eingerichtet sind, daß gefährliche Spannungen (über 65 V) in ihnen nicht auftreten können, gilt der Abstand wie für nicht unter Spannung stehende Leiter.

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

6.4 Bei Verwendung von Tragketten muß der lotrechte Abstand zwischen den Leitern und Schienenoberkante bei ungleicher Eisbelastung gemäß a) 3 noch mindestens 6 m betragen.

6.5 Für die oben genannten Bahnen, für die eine Umstellung auf Fahrleitungsbetrieb in Aussicht genommen ist, gilt:

6.51 Der lichte waagerechte Abstand der Maste der Starkstrom-Freileitung von Mitte des nächsten Gleises muß, sofern nicht besondere Vereinbarungen getroffen werden, mindestens 10 m betragen.

6.52 Der lotrechte Abstand der Leiter von Schienenoberkante muß für unter Spannung und für nicht unter Spannung stehende Leiter der Starkstrom-Freileitung mindestens 12,5 m betragen, und zwar jeweils bei größtem Durchhang der Leiter nach § 8 b) und c).

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

- 6.6 Für die Unterkreuzung von Industriebahnen, Industrieanschlußgleisen, Treideleien und Kleinbahnen ohne Fahrleitung durch eine Starkstrom-Freileitung gilt b) 3.11.
7. Kreuzung von Industriebahnen, Industrieanschlußgleisen, Treideleien und Kleinbahnen mit Fahrleitung
- 7.1 Die Starkstrom-Freileitung, die Industriebahnen, Industrieanschlußgleise und Treideleien mit Fahrleitung überkreuzt, ist im Kreuzungsfeld mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen.
Für Kleinbahnen sind die Bestimmungen nach b) 3.1...3.7 zu beachten.
- 7.2 Der lichte waagerechte Abstand geerdeter Bauteile der Starkstrom-Freileitung von unter Spannung stehenden oder geerdeten Bauteilen der Fahrleitungsanlage muß mindestens 1,25 m betragen.
- 7.3 Der Abstand der unter Spannung und nicht unter Spannung stehenden Leiter der Starkstrom-Freileitung von unter Spannung stehenden oder geerdeten Bauteilen der Fahrleitungsanlage muß mindestens 3 m betragen, und zwar auch bei Ausschwingen der Leiter bei $+40^{\circ}\text{C}$ durch Windlast nach § 15a).
Für die überkreuzenden Leiter sind die größten Durchhänge nach § 8 b) und c), für die gekreuzten Leiter ist eisfreier Zustand anzunehmen.
Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.
- 7.4 Bei Verwendung von Tragketten muß der lotrechte Abstand zwischen den Leitern und der Fahrleitung bei ungleicher Eisbelastung gemäß a) 3 noch mindestens 2 m betragen.
Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.
- 7.5 Für die Unterkreuzung von Industriebahnen, Industrieanschlußgleisen, Treideleien und Kleinbahnen mit Fahrleitung durch eine Starkstrom-Freileitung gilt b) 3.11.
8. Kreuzung von Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen unter 1 kV.
Die Starkstrom-Freileitung mit einer Nennspannung von 1 kV und darüber muß oben liegen.
Dabei ist wahlweise eine der folgenden Schutzmaßnahmen anzuwenden:
- 8.1 Die obenliegende Starkstrom-Freileitung ist im Kreuzungsfeld mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen. Die Leiter an den Masten von Kreuzungsfeldern sind bei Verwendung von Stützenisolatoren mit Außenbefestigung (StVK) nach § 33 c) 1.1 und bei Verwendung von Kettenisolatoren nach § 33 d) 1 zu befestigen.
- 8.11 Für die Zugspannungen der obenliegenden Leiter und die Spannweiten sind die Bestimmungen von b) 3.5...3.7 zu beachten.
- 8.12 Der lotrechte Abstand zwischen den Leitern der sich kreuzenden Starkstrom-Freileitungen muß mindestens 2 m betragen, und zwar jeweils bei größtem Durchhang der obenliegenden Leiter nach § 8 b) und c).
Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.
- 8.13 Bei Verwendung von Tragketten an der obenliegenden Starkstrom-Freileitung muß außerdem der lotrechte Abstand zwischen den Leitern der sich kreuzenden Starkstrom-Freileitungen bei ungleicher Eisbelastung gemäß a) 3 noch mindestens 1,5 m betragen.
Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

- 8.14 Für die unterkreuzende Starkstrom-Freileitung ist außerdem ein Ausschwingen der Leiter bei $+40^{\circ}\text{C}$ durch Windlast nach § 15 a) anzunehmen, wobei zwischen den beiden sich kreuzenden Leitungen noch ein lotrechter

Abstand von mindestens $\frac{U_n}{150 \text{ kV}}$ in Metern,

in jedem Falle aber mindestens 0,5 m eingehalten sein muß. Hierin ist U_n der Wert der Nennspannung der obenliegenden Starkstrom-Freileitung in Kilovolt.

- 8.2 Die obenliegende Starkstrom-Freileitung ist mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen. Im Zuge der unteren Starkstrom-Freileitung sind in ausreichender Höhe über diesen Leitungen (siehe § 36 A. 3) geerdete Schutzleiter anzubringen.
- 8.21 Die Schutzleiter sind mechanisch so zu bemessen, daß sie beim Herabfallen eines Leiters der obenliegenden Starkstrom-Freileitung standhalten.
- 8.22 Die Schutzleiter sind so anzuordnen, daß sie beim Herabfallen eines Leiters der obenliegenden Starkstrom-Freileitung früher als die unter Spannung stehenden Leiter der untenliegenden Starkstrom-Freileitung berührt werden.
- 8.23 Für die Länge der Schutzleiter ist das Ausschwingen der obenliegenden Starkstrom-Freileitung zu berücksichtigen. Dabei ist anzunehmen, daß die Leiter der obenliegenden Starkstrom-Freileitung mit dem Durchhang bei $+40^{\circ}\text{C}$ durch Windlast nach § 15 a) ausschwingen und unter Berücksichtigung eines waagerechten Sicherheitszuschlages von 2 m lotrecht niederfallen können.
- 8.24 Die Schutzleiter sind zuverlässig zu erden. Die Erdung der Schutzleiter muß den Bestimmungen von § 31 a) entsprechen, wobei der Erdschlußstrom bzw. Erdschlußreststrom des Netzes, zu dem die obenliegende Starkstrom-Freileitung gehört, maßgebend ist.

Zur Erzielung eines ausreichend niedrigen Ausbreitungswiderstandes empfiehlt es sich, die Schutzleiter mit dem Erdseil einer der sich kreuzenden Starkstrom-Freileitungen zu verbinden.

Die Sternpunkt- oder Mittelpunktleiter dürfen weder als Schutzleiter noch als Zuleitungen zu den Schutzleitern verwendet werden.

- 8.25 Weiterhin sind zwischen den überkreuzenden Leitern und den Schutzleitern die lotrechten Mindestabstände nach 8.12 und 8.13 einzuhalten.
- 8.3 Verkabeln der untenliegenden Starkstrom-Freileitung im Kreuzungsbereich.
Bei der Bemessung der Länge der Verkabelung ist das seitliche Ausschwingen der Leiter der obenliegenden Starkstrom-Freileitung zu berücksichtigen. Dabei ist anzunehmen, daß die Leiter der obenliegenden Starkstrom-Freileitung mit dem Durchhang bei $+40^{\circ}\text{C}$ durch Windlast nach § 15 a) ausschwingen und unter Berücksichtigung eines waagerechten Sicherheitszuschlages von 2 m lotrecht niederfallen können.
9. Kreuzung von Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber
Bei der Kreuzung zwischen Starkstrom-Freileitungen, die beide Nennspannungen von 1 kV und darüber haben, soll die Leitung mit der höheren Nennspannung nach Möglichkeit oben angeordnet sein.
Dabei ist wahlweise eine der folgenden Schutzmaßnahmen anzuwenden:
- 9.1 Die obenliegende Starkstrom-Freileitung ist mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen.
- 9.11 Der lotrechte Abstand zwischen den Leitern der obenliegenden Starkstrom-Freileitung

und den Leitern der darunterliegenden Starkstrom-Freileitung muß mindestens 2 m betragen, und zwar bei größtem Durchhang der obenliegenden Leiter nach § 8 b) und c).

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

- 9.12 Bei Verwendung von Tragketten an der obenliegenden Starkstrom-Freileitung muß außerdem der lotrechte Abstand zwischen den beiden sich kreuzenden Leitungen bei ungleicher Eisbelastung gemäß a) 3 mindestens

$$\frac{U_n}{150 \text{ kV}} \text{ in Metern, in jedem Fall aber}$$

mindestens 0,5 m betragen. Hierin ist U_n der größere Wert der Nennspannungen der beiden sich kreuzenden Starkstrom-Freileitungen in Kilovolt. Die untere Leitung ist dabei eisfrei bei -5°C anzunehmen.

- 9.13 Für die unterkreuzende Starkstrom-Freileitung ist außerdem ein Ausschwingen der Leiter bei -40°C durch Windlast nach § 15 a) anzunehmen, wobei zwischen den beiden sich kreuzenden Leitungen noch ein lotrechter

$$\text{Abstand von mindestens } \frac{U_n}{150 \text{ kV}} \text{ in Metern,}$$

in jedem Falle aber mindestens 0,5 m eingehalten sein muß. Hierin ist U_n der größere Wert der Nennspannungen der beiden sich kreuzenden Starkstrom-Freileitungen in Kilovolt.

- 9.2 An der untenliegenden Starkstrom-Freileitung sind im Zuge der Leiter und in ausreichender Höhe über diesen Leitern [siehe § 9 a)] zwei oder mehr geerdete Schutzleiter anzubringen.

- 9.21 Die Bemessung, Anordnung und Erdung der Schutzleiter über den Leitern der untenliegenden Starkstrom-Freileitung sind nach b) 8.21–8.24 vorzunehmen.

- 9.22 Zwischen den überkreuzenden Leitern und den Schutzleitern sind die lotrechten Mindestabstände nach b) 9.11 und 9.12 einzuhalten.

- 9.3 Verkabeln einer der beiden Starkstrom-Freileitungen im Kreuzungsfeld:

Für die Bemessung der Länge der Verkabelung gilt b) 8.3.

10. Kreuzung von Wasserstraßen, ausgenommen die unter § 35 genannten Anlagen

- 10.1 Die Starkstrom-Freileitung, die Wasserstraßen überkreuzt, ist im Kreuzungsfeld mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen.

- 10.2 Der lotrechte Abstand der Leiter ist von Fall zu Fall besonders festzulegen, und zwar so, daß die untersten Leiter bei größtem Durchhang nach § 8 b) und c) mindestens 2,5 m über dem Punkt liegen, bis zu dem nach den wasserpolizeilichen Vorschriften die höchsten Maste der dort verkehrenden Schiffe bei dem höchsten schiffbaren Wasserstand zugelassen sind.

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

- 10.3 Bei Verwendung von Tragketten und bei ungleicher Eisbelastung gemäß a) 3 muß der lotrechte Abstand nach 10.2 noch mindestens 1 m betragen.

- 10.4 An Stellen, an denen Schiffsmaste an sich umgelegt werden, gilt beiderseits — bei Wasserstraßen mit nennenswerten Strömungen nur stromabwärts — bis auf 50 m Entfernung als Durchfahrtshöhe das um 2,5 m erhöhte Durchgangsprofil, mindestens aber eine Höhe von 10 m über dem höchsten schiffbaren Wasserstand.

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

- 10.5 Für die Unterkreuzung von Wasserstraßen durch eine Starkstrom-Freileitung gilt b) 3.11.

11. Kreuzung von Seilschwebbahnen für den Gütertransport und Schleppliftanlagen

- 11.1 Die Starkstrom-Freileitung, die eine solche Seilbahnanlage überkreuzt, ist mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen.

- 11.2 Der lichte waagerechte Abstand zwischen den Leitern der Starkstrom-Freileitung und festen Anlageteilen einer solchen darunter oder darüber liegenden Seilbahnanlage muß mindestens 2 m betragen.

Dabei ist anzunehmen: Die Leiter schwingen mit dem Durchhang bei -40°C durch eine Windlast nach § 15 a) in Richtung der festen Anlageteile der Seilbahnanlage aus.

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

- 11.3 Der lichte waagerechte Abstand geerdeter Bauteile der Starkstrom-Freileitung muß von Anlageteilen bei einer solchen darunter oder darüber liegenden

Seilschwebbahn für den Gütertransport mindestens 1,25 m,

bei Schleppliftanlagen mindestens 3 m

betragen. Dabei ist das Ausschwingen der Anlageteile der Seilschwebbahn durch Wind mit einem Ausschwingwinkel von 45° zu berücksichtigen.

- 11.4 Der lotrechte Abstand zwischen den Leitern der Starkstrom-Freileitung und dem betriebsmäßig höchsten Punkt einer solchen darunter liegenden Seilbahnanlage muß bei unter Spannung und bei nicht unter Spannung stehenden Leitern

bei Seilschwebbahnen für den Gütertransport mindestens 2 m,

bei Schleppliftanlagen mindestens 3 m

betragen, und zwar bei größtem Durchhang der Leiter der Starkstrom-Freileitung nach § 8 b) und c).

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

- 11.5 Bei Verwendung von Tragketten muß der lotrechte Abstand nach 11.4 auch bei ungleicher Eisbelastung gemäß a) 3 eingehalten sein.

- 11.6 Wenn eine Starkstrom-Freileitung eine Seilschwebbahn für den Gütertransport unterkreuzt, muß der lotrechte Abstand zwischen den Leitern und dem betriebsmäßig tiefsten Punkt der darüber liegenden Seilschwebbahn bei unter Spannung und bei nicht unter Spannung stehenden Leitern mindestens 5 m betragen, und zwar jeweils bei dem Durchhang der Leiter der Starkstrom-Freileitung bei -20°C ohne Eislast.

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

12. Kreuzung von Fernmeldefreileitungen, ausgenommen die unter § 35 genannten Anlagen

- 12.1 Bei der Kreuzung zwischen einer Starkstrom-Freileitung und einer Fernmeldefreileitung muß die Starkstrom-Freileitung oben liegen.

- 12.2 Für die Kreuzung von Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber mit privaten Fernmeldefreileitungen gelten die Bestimmungen von b) 8.

- 12.3 Wenn als Schutzmaßnahme die Verkabelung angewendet wird, muß die Länge der Verkabelung der Fernmeldefreileitung nach b) 8.3 bemessen werden. Dabei ist außerdem die Möglichkeit des Umbrechens der Holzäste der Starkstrom-Freileitung zu berücksichtigen.

- 12.4 Bei Kreuzungen von Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber mit Betriebsfernmeldefreileitungen, bei denen Vorrichtungen angebracht sind, die eine Gefährdung des Bedienungspersonals beim Übertreten von Spannungen von 1 kV und darüber auf die Betriebsfernmeldefreileitung ausschließen (z. B.

Schutztransformatoren mit genügend hoher Isolation), gelten die Bestimmungen für die Kreuzung zwischen Starkstrom-Freileitungen, die beide Nennspannungen von 1 kV und darüber haben [siehe b) 9].

c) Näherungen (einschließlich Parallelführungen)

1. Näherungen an Wohngebäude und gewerbliche Anlagen

Bei Starkstrom-Freileitungen, die in der Nähe von Wohngebäuden und gewerblichen Anlagen geführt werden, muß der seitliche Abstand der Leiter von Gebäuden mindestens 3 m betragen, und zwar jeweils bei größtem Durchhang nach § 8 b) und c) und unter Berücksichtigung des Ausschwingens der Leiter bei $+40^{\circ}\text{C}$ durch Windlast nach § 15 a).

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

2. entfällt

3. Näherungen und Parallelführungen mit Autobahnen oder verkehrsreichen Straßen einer Großstadt

3.1 Für Starkstrom-Freileitungen, die im Mittelstreifen einer Autobahn oder in einer verkehrsreichen Straße einer Großstadt geführt werden, gelten die Bestimmungen für Kreuzungen [siehe b) 3] sinngemäß.

3.2 Wenn die Entfernung der Maste vom äußeren Rand der Fahrbahn kleiner als die Gesamthöhe des nächststehenden Mastes ist, so ist die Starkstrom-Freileitung im Bereich der Näherung mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen. Außerdem sind die Bestimmungen von a) 4, b) 3.2 und 3.3 zu beachten.

4. Näherungen und Parallelführungen mit sonstigen Straßen

Starkstrom-Freileitungen, die sich verkehrsreichen Straßen so weit nähern, daß die Entfernung der Maste vom Rand der Straße kleiner als die Gesamthöhe des nächststehenden Mastes ist, sind im Näherungsbereich mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen.

5. Näherungen und Parallelführungen mit Straßenbahnen und Obuslinien

Bei Starkstrom-Freileitungen, die in der Nähe von Straßenbahnen und Obuslinien geführt werden, müssen die seitlichen Abstände der Leiter von den Bauteilen vorhandener Fahrleitungen und der Umgrenzung der Fahrzeuge einschließlich Stromabnehmer mindestens 1,50 m betragen, und zwar jeweils bei größtem Durchhang nach § 8 b) und c) und unter Berücksichtigung des Ausschwingens der Leiter bei $+40^{\circ}\text{C}$ durch Windlast nach § 15 a). Ist die Entfernung der Maste vom Rand der Gleisanlage bzw. der Fahrbahn kleiner als die Gesamthöhe des nächststehenden Mastes der Starkstrom-Freileitung, so ist die Starkstrom-Freileitung im Näherungsbereich mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen.

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

6. Näherungen und Parallelführungen mit Industriebahnen, Industrieanschlußgleisen, Treideleien und Kleinbahnen ohne Fahrleitung

Starkstrom-Freileitungen, die sich einer Industriebahn, einem Industrieanschlußgleis, einer Treidelei oder einer Kleinbahn ohne Fahrleitung so weit nähern, daß die Entfernung der Maste vom Rand der Gleisanlage kleiner als die Gesamthöhe des nächststehenden Mastes der Starkstrom-Freileitung ist, sind im Näherungsbereich mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen. Die im Wind ausgeschwungenen Leiter müssen von der Umgrenzung der Fahrzeuge in seitlicher Richtung noch einen Mindestabstand von 1,5 m haben. Hierbei ist das Ausschwingen der Leiter bei Windlast nach § 15 a) und der Durchhang bei $+40^{\circ}\text{C}$ zu berücksichtigen.

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

Wenn die bei $+40^{\circ}\text{C}$ durch Windlast nach § 15 a) ausgeschwungenen Leiter lotrecht über den genannten Anlagen liegen, so gelten die Bestimmungen von b) 6.

7. Näherungen und Parallelführungen mit Industriebahnen, Industrieanschlußgleisen, Treideleien und Kleinbahnen mit Fahrleitung

Für Starkstrom-Freileitungen, die sich einer Industriebahn, einem Industrieanschlußgleis, einer Treidelei oder einer Kleinbahn mit Fahrleitung so weit nähern, daß die Entfernung der Maste vom Rand der Anlage kleiner als die Gesamthöhe des nächststehenden Mastes der Starkstrom-Freileitung ist, gelten die Bestimmungen von c) 5.

Wenn die bei $+40^{\circ}\text{C}$ durch Windlast nach § 15 a) ausgeschwungenen Leiter lotrecht über den genannten Anlagen liegen, so gelten die Bestimmungen von b) 7.

8. Näherungen und Parallelführungen mit Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen unter 1 kV

8.1 Werden zwei oder mehrere Stromkreise, die teils eine Nennspannung von 1 kV und darüber, teils eine solche unter 1 kV besitzen, übereinander an einem gemeinsamen Gestänge geführt, so sind folgende Bestimmungen zu beachten:

8.11 Die Stromkreise mit Nennspannung von 1 kV und darüber müssen oben liegen.

8.12 Die Leiter und Isolatoren der obenliegenden Stromkreise mit Nennspannung von 1 kV und darüber sind mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen.

8.13 Für die Zugspannungen der obenliegenden Stromkreise und für die Spannweiten sind die Bestimmungen nach b) 3.5...3.7 zu beachten.

8.14 Der Abstand zwischen den Leitern zweier übereinanderliegender Stromkreise, von denen der obenliegende eine Nennspannung von 1 kV und darüber, der untenliegende eine Nennspannung unter 1 kV besitzt, muß den Bedingungen des § 9 a) entsprechen; der gegenseitige Abstand der Leiter muß aber mindestens 2 m betragen, und zwar bei größtem Durchhang der Leiter nach § 8 b) und c).

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

8.15 Bei Verwendung von Tragketten für den obenliegenden Stromkreis muß außerdem der Abstand zwischen den Leitern der übereinander liegenden Stromkreise bei ungleicher Eisbelastung nach a) 3 mindestens 1,5 m sein. Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

8.2 Werden zwei oder mehrere Stromkreise an getrennten Gestängen nebeneinander geführt, wobei die Leiter an dem einen Gestänge Nennspannungen von 1 kV und darüber, die Leiter am anderen Gestänge Nennspannungen unter 1 kV haben, so sind folgende Abstände zwischen den Leitern der beiden Starkstrom-Freileitungen einzuhalten:

8.21 Wenn die Maste der parallel laufenden Starkstrom-Freileitungen nebeneinander oder annähernd nebeneinander stehen, so müssen die Abstände den Bedingungen von § 9 a) genügen.

8.22 Wenn die Maste der parallel laufenden Starkstrom-Freileitungen nicht nebeneinander stehen, so ist ein Ausschwingen der Leiter der einen Starkstrom-Freileitung mit dem Durchhang bei $+40^{\circ}\text{C}$ durch Windlast nach § 15 a) anzunehmen. Dabei muß zwischen den Leitern der Starkstrom-Freileitung mit Nennspannungen von 1 kV und darüber und den Leitern der Starkstrom-Freileitung mit Nennspannungen unter 1 kV ein Abstand von mindestens

$$\frac{U_n}{150 \text{ kV}}$$
 in Metern, in jedem Fall aber mindestens 0,5 m eingehalten werden. Hierin ist

U_n die Nennspannung in Kilovolt der Starkstrom-Freileitung mit Nennspannung von 1 kV und darüber.

9. Näherungen und Parallelführungen mit Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber

9.1 Werden zwei oder mehrere Stromkreise, die sämtlich eine Nennspannung von 1 kV und darüber besitzen, übereinander an einem gemeinsamen Gestänge geführt, so sind folgende Bestimmungen zu beachten:

9.11 Die Stromkreise mit der höheren Nennspannung sollen nach Möglichkeit oben liegen.

9.12 Bei einer Anordnung nach 9.11 muß die waagerechte Versetzung von zwei beliebigen

Leitern zweier Stromkreise mindestens $\frac{U_n}{150 \text{ kV}}$

in Metern, in jedem Falle aber mindestens 0,2 m betragen.

Hierin ist U_n die Nennspannung in Kilovolt des Stromkreises mit der höheren Nennspannung.

9.13 Wenn die waagerechte Versetzung der Leiter nach 9.12 nicht vorhanden ist, so sind folgende Bestimmungen einzuhalten.

9.131 Der obenliegende Stromkreis ist mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen.

9.132 Die Abstände zwischen den Leitern zweier übereinander liegender Stromkreise müssen den Bedingungen des § 9 a) entsprechen; der gegenseitige Abstand der Leiter muß aber mindestens 2 m betragen, und zwar bei größtem Durchhang der Leiter nach § 8 b) und c).

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

9.133 Bei Verwendung von Tragketten für den obenliegenden Stromkreis muß außerdem der Abstand zwischen den Leitern der übereinander liegenden Stromkreise, bei ungleicher Eisbelas-

tung gemäß a) 3 mindestens $\frac{U_n}{150 \text{ kV}}$

in Metern, in jedem Falle aber mindestens 0,5 m betragen. Hierin ist U_n die Nennspannung in Kilovolt des Stromkreises mit der höheren Nennspannung.

9.2 Werden zwei oder mehr Stromkreise mit Nennspannungen von 1 kV und darüber an getrennten Gestängen nebeneinander geführt, so sind folgende Abstände zwischen den Leitern der beiden Starkstrom-Freileitungen einzuhalten:

9.21 Wenn die Maste der parallel laufenden Starkstrom-Freileitungen nebeneinander oder annähernd nebeneinander stehen, so müssen die Abstände den Bedingungen von § 9 a) genügen.

9.22 Wenn die Maste der parallel laufenden Starkstrom-Freileitungen nicht nebeneinander stehen, so ist ein Ausschwingen der Leiter der einen Starkstrom-Freileitung mit dem Durchhang bei $\pm 40^\circ \text{ C}$ durch Windlast nach § 15 a) anzunehmen. Dabei muß zwischen den Leitern der einen und den Leitern und geerdeten Bauteilen der anderen Starkstrom-Freileitung

ein Abstand von mindestens $\frac{U_n}{150 \text{ kV}}$ in Me-

tern, in jedem Falle aber mindestens 0,5 m eingehalten werden. Hierin ist U_n der größere Wert der Nennspannungen der parallel laufenden Starkstrom-Freileitung in Kilovolt.

10. Näherungen und Parallelführungen mit Wasserstraßen, ausgenommen die unter § 35 genannten Anlagen

Starkstrom-Freileitungen, die sich einer Wasserstraße so weit nähern, daß die Entfernung der Maste vom Rand der Wasserstraße kleiner als die Gesamthöhe des nächststehenden Mastes der Starkstrom-Freileitung ist, sind im Näherungsbereich mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen. Wenn die bei $\pm 40^\circ \text{ C}$ durch Wind-

last nach § 15 a) ausgeschwungenen Leiter lotrecht über den genannten Anlagen liegen, so gelten die Bestimmungen von b) 10.

11. Näherungen und Parallelführungen mit Seilschwebbahnen für den Gütertransport und Schlepliftanlagen

11.1 Für Starkstrom-Freileitungen, die sich einer solchen Seilschwebanlage nähern, muß der waagerechte Abstand der Leiter der Starkstrom-Freileitung von den festen Anlageteilen

bei der Seilschwebbahn für den Gütertransport und von deren beweglichen Teilen (Trag- und Zugseile, Tragkörbe usw.) mindestens 2 m, bei Schlepliftanlagen mindestens 5 m betragen.

Dabei ist anzunehmen: Die Leiter schwingen mit dem Durchhang bei $\pm 40^\circ \text{ C}$ durch eine Windlast nach § 15 a) in Richtung der Seilschwebanlage aus. Die Trag- und Zugseile der Seilschwebanlage schwingen bei Wind mit einem Ausschwingwinkel von 45° in Richtung zur Starkstrom-Freileitung, also gegenläufig aus.

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

11.2 Wenn der waagerechte Abstand der Leiter der Starkstrom-Freileitung im ausgeschwungenen Zustand bei $\pm 40^\circ \text{ C}$ durch Windlast nach § 15 a) von den festen und beweglichen Anlageteilen

einer Seilschwebbahn für den Gütertransport 2 m,

einer Schlepliftanlage 5 m

unterschreitet, gelten die Bestimmungen von b) 11.

12. Näherungen und Parallelführungen mit Fernmeldeanlagen, ausgenommen die unter § 35 genannten Anlagen

12.1 Bei Starkstrom-Freileitungen, die sich einer Fernmeldefreileitung so weit nähern, daß die Entfernung der Maste vom nächstliegenden Bauteil der Fernmeldefreileitung kleiner als die Gesamthöhe des nächststehenden Mastes der Starkstrom-Freileitung ist, ist die Starkstrom-Freileitung im Näherungsbereich mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen.

12.2 Wenn sich Starkstrom-Freileitungen einer Fernmeldefreileitung so weit nähern, daß der waagerechte Abstand der Leiter der Starkstrom-Freileitung von den Leitern der Fernmeldefreileitung 2 m unterschreitet, so sind für die Ausführung der Starkstrom-Freileitung die Bestimmungen des § 32 b) 12 einzuhalten. Für die Ermittlung des waagerechten Abstandes der Leiter der Starkstrom-Freileitung von den Leitern der Fernmeldefreileitung ist ein Ausschwingen der Leiter der Starkstrom-Freileitung mit dem größten Durchhang bei $\pm 40^\circ \text{ C}$ nach § 8 b) und c) durch Windlast nach § 15 a) in Richtung zur Fernmeldefreileitung anzunehmen.

Bei Starkstrom-Freileitungen auf Holzmasten ist das Umfallen der Holzmaste in Betracht zu ziehen.

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

12.3 Wenn Fernmeldeanlagen mit Starkstrom-Freileitungen von 1 kV und darüber am gemeinsamen Gestänge geführt werden, gelten die Bestimmungen von c) 8.1.

Handelt es sich aber um Betriebsfernmeldefreileitungen, bei denen Vorrichtungen angebracht sind, die eine Gefährdung des Bedienungspersonals beim Übertreten von Spannungen von 1 kV und darüber auf die Betriebsfernmeldefreileitungen ausschließen (z. B. Schutztransformatoren mit genügend hoher Isolation), gelten die Bestimmungen von c) 9.1.

12.4 Mindestabstände zwischen Mastgründungen und Fernmeldekabelanlagen

12.41 In Netzen, die mit nicht starr geerdetem Sternpunkt betrieben werden [VDE 0111, § 6 c) 1], muß der Abstand der Mastgrün-

dungen einschließlich der zugehörigen Erdungsanlagen von Fernmeldekabelanlagen in allen Richtungen mindestens 5 m betragen.

Bei Starkstrom-Freileitungen mit Holzmasten ohne Erdung muß der Abstand in allen Richtungen mindestens 0,8 m betragen.

- 12.42 In Netzen, die mit starr geerdetem Sternpunkt betrieben werden [VDE 0111, § 6 c) 2], müssen die Abstände zwischen den Mastgründungen einschließlich der zugehörigen Erdungsanlagen von Fernmeldekabelanlagen in allen Richtungen mindestens 20 m betragen.

- 12.43 In Ausnahmefällen sind bei Anwendung besonderer Maßnahmen an den sich nähernden Anlagen geringere Abstände als die unter 12.41 und 12.42 genannten zulässig.

13. Näherungen an Brücken und ähnliche Bauwerke

Von Brücken und ähnlichen Bauwerken müssen die Leiter der Starkstrom-Freileitungen in allen Richtungen mindestens 1,5 m entfernt bleiben, und zwar auch unter Berücksichtigung des Ausschlagens der Leiter bei $\pm 40^\circ \text{C}$ durch Windlast nach § 15 a).

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 2 zu beachten.

§ 33

Erhöhte Sicherheit

Für Strecken erhöhter Sicherheit gelten folgende Bestimmungen:

a) Maste und Querträger

In Feldern erhöhter Sicherheit sind die Maste und Querträger nach den gleichen Grundsätzen zu bemessen wie auf den übrigen Strecken der betreffenden Freileitung. Sie müssen jedoch mindestens so stark bemessen werden wie die entsprechenden auf den anschließenden Strecken normal verwendeten Maste.

b) Leiter

Die Leiter müssen als Seile ausgeführt werden.

c) Befestigung der Leiter an Stützenisolatoren

1. Auf gerader Strecke sind wahlweise folgende Maßnahmen vorzusehen:

1.1 Befestigung der Leiter an je zwei Isolatoren der gleichen Größe, wie sie allgemein in der Strecke verwendet werden.

1.2 Befestigung der Leiter an einem Isolator der gleichen Größe, wie sie allgemein in der Strecke verwendet werden, in Verbindung mit einem Sicherheitsbügel üblicher Ausführung. Der Sicherheitsbügel muß aus dem gleichen Werkstoff wie der Leiter selbst bestehen, den gleichen Querschnitt wie dieser haben und ihn beiderseits des Isolators mit mindestens seinem Höchstzug festhalten.

Die Befestigung der Leiter an einem Isolator ist nur an Holzmasten zulässig; die Isolatorträger dürfen dabei nicht geerdet sein.

2. In Winkelpunkten müssen die Leiter an zwei Isolatoren befestigt werden.

d) Befestigung der Leiter an Kettenisolatoren

Bei Befestigung der Leiter an Kettenisolatoren sind wahlweise folgende Maßnahmen vorzusehen:

1. Aufhängung oder Abspannung der Leiter an Mehrfachketten, wenn die Zahl der nebeneinander liegenden Ketten und das Isoliervermögen der einzelnen Kette mindestens ebenso groß ist wie bei den allgemein auf der Strecke verwendeten Trag- oder Abspannketten.

2. Aufhängung oder Abspannung der Leiter an Einfach-Isolatorenketten, wenn die Leiter allgemein auf der Strecke nur an Einfachketten aufgehängt oder abgespannt werden und wenn

$$R_A \leq \frac{U_{st}}{I_{st}}$$

ist. Dabei ist

R_A der nach § 31 d) gemessene Ausbreitungswiderstand der Masterdung in Ω . Bei Freileitungen mit Erdseil ist der Ausbreitungswiderstand mit vom Mast isoliertem Erdseil zu messen.

U_{st} die Stehstoßspannung (VDE 0111) der Freileitungsisolations in Kilovolt.

I_{st} der Scheitelwert der Blitzstromstärke am Mast in Kiloampere, für den 30 kA einzusetzen ist.

Bei Freileitungen mit Nennspannungen von 1 bis 60 kV einschließlich, bei denen die Herabsetzung der Ausbreitungswiderstände auf einen Wert $R_A \leq U_{st}/I_{st}$ unter Zugrundelegung von $I_{st} = 30 \text{ kA}$ im allgemeinen nicht möglich ist, sind Einfachisolatorenketten zulässig, wenn die Erdung den Vorschriften über die Bemessung von Schutzerdungen an Freileitungsmasten nach § 31 a) 1.2 entspricht.

Bei Freileitungen auf Holzmasten oder auf Masten mit Holzquerträgern, bei denen die Aufhängepunkte der Isolatorenketten gegeneinander oder gegen Erde durch dazwischenliegende Holzteile getrennt sind, deren Länge mindestens gleich dem Überschlagweg der Isolatorenkette ist, ist die gleiche Isolation, wie allgemein auf der Strecke verwendet, zulässig.

§ 34

Freileitungen in der Nähe von Bäumen

a) Für den Abstand zwischen unter Spannung stehenden Teilen einer Freileitung und Bäumen unter oder seitlich einer Freileitung, die zur Ausführung von Arbeiten bestiegen werden, gelten zum Schutz gegen zufällige Berührung die Bestimmungen unter § 4 a) 2.

b) Für den Abstand zwischen unter Spannung stehenden Teilen einer Freileitung und Bäumen unter oder seitlich einer Freileitung, bei denen mit einem Besteigen zur Ausführung von Arbeiten nicht zu rechnen ist, gelten folgende Bestimmungen:

1. Der Abstand zwischen den Leitern einer Freileitung und Bäumen unter der Freileitung soll mindestens 2,5 m betragen, und zwar bei größtem Durchhang der Leiter nach § 8 b) und c). Bei Nennspannungen über

110 kV ist dieser Mindestabstand um $\frac{U_n - 110 \text{ kV}}{150 \text{ kV}}$ in

Metern zu vergrößern. Hierin ist U_n die Nennspannung in Kilovolt.

2. Der Abstand zwischen den Leitern einer Freileitung und Bäumen seitlich der Freileitung soll bei größtem Durchhang der Leiter nach § 8 b) und c) und unter Berücksichtigung des nach den örtlichen Verhältnissen

zu erwartenden Ausschlagens mindestens $\frac{U_n}{150 \text{ kV}}$ in

Metern betragen. Hierin ist U_n die Nennspannung in Kilovolt.

3. Bei Leitungen mit Nennspannungen von 110 kV und darüber und bei Leitungen in Netzen mit starr geerdetem Sternpunkt soll der waagerechte Abstand eines Baumes von der Leitungsachse das aus der Formel

$$b \div \sqrt{(H \div a)^2 - h^2}$$

errechnete Maß nicht unterschreiten.

Hierin bedeuten:

$a = \frac{U_n}{150 \text{ kV}}$ in Metern. Hierin ist U_n die Nennspannung in Kilovolt,

b = waagerechter Abstand von der Leitungssache bis zu dem am meisten gefährdeten Leiter in Metern.

H = Höhe des seitlich der Leitung stehenden Baumes in Metern,

h = lotrechter Abstand zwischen dem am meisten gefährdeten, nicht ausgeschwungenen Leiter und einer durch den Standort des Baumes gedachten Waagerechten.

Eine Erleichterung dieser Bestimmung ist zulässig, wenn wegen der Art des Baumbestandes, der Bodengestaltung oder der Lage der Leitung zur vorherrschenden Windrichtung ein Umstürzen von Bäumen in Richtung zur Starkstrom-Freileitung unwahrscheinlich ist.

§ 35

Kreuzungen mit Eisenbahnen, Fernmeldefreileitungen, Wasserstraßen und Seilbahnen sowie Näherungen

a) Allgemeines

1. Die Bestimmungen gelten für Kreuzungen und Näherungen von Starkstrom-Freileitungen mit folgenden Anlagen:
 - 1.1 Eisenbahnen, die dem öffentlichen Personenverkehr dienen, insbesondere Anlagen der Deutschen Bundesbahn,
 - 1.2 Fernmeldefreileitungen der Deutschen Bundespost, der Deutschen Bundesbahn oder der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung der Bundesrepublik Deutschland (Wasserstraßenverwaltung),
 - 1.3 Wasserstraßen, die der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung der Bundesrepublik Deutschland (Wasserstraßenverwaltung) unterstehen und in Anlage 2 der „Wasserstraßen-Kreuzungsvorschriften für fremde Starkstromanlagen, WKV“ genannt sind,
 - 1.4 Seilschwebbahnen und Standseilbahnen für den öffentlichen Personenverkehr.
2. Für die Zulassung von Kreuzungen und Näherungen von Starkstrom-Freileitungen mit Anlagen nach 1 sind außer den technischen Bestimmungen dieses Paragraphen noch die unter § 2 d) aufgeführten Richtlinien und Verwaltungsvorschriften zu beachten.
3. Die Kreuzungen von Starkstrom-Freileitungen mit Anlagen nach 1 sind möglichst im rechten Winkel auszuführen. Hiervon kann abgewichen werden, wenn durch eine schräge Kreuzung die Leitungsführung ohne Nachteile für die an der Kreuzung beteiligten Unternehmen technisch und wirtschaftlich verbessert wird.
4. Kreuzungen von Eisenbahnen im Bereich von Bahnhöfen sind möglichst zu vermeiden.
5. Unterkreuzungen von Fernmeldefreileitungen der genannten Verwaltungen sind zu vermeiden. Ausnahmen sind nur mit ausdrücklicher Genehmigung der zuständigen Verwaltung zulässig.
6. Unterkreuzungen von Seilschwebbahnen für den öffentlichen Personenverkehr sind zu vermeiden. Ausnahmen sind nur mit ausdrücklicher Genehmigung der zuständigen Aufsichtsbehörde für Bergbahnen zulässig.
7. Über- oder Unterführungsbauwerke dürfen zum Anbringen von Starkstrom-Freileitungen an Kreuzungen mit Eisenbahnen, Fernmeldefreileitungen, Wasserstraßen und Seilbahnen für den öffentlichen Personenverkehr benutzt werden, wenn es technisch und wirtschaftlich zweckmäßig ist.
8. Die im nachstehenden unter b) und c) genannten Mindestabstände gelten, soweit nichts besonderes angegeben ist, für Starkstrom-Freileitungen aller Nennspannungen. Bei den Bestimmungen, die einen Hinweis auf a) 8 enthalten, sind für Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen über 110 kV die genannten Mindestabstände bei Kreuzungen und Näherungen um

$\frac{U_n - 110 \text{ kV}}{150 \text{ kV}}$ in Metern zu vergrößern. Hierin ist U_n die Nennspannung in Kilovolt.

b) Mindestabstände bei Kreuzungen

1. Kreuzung von Eisenbahnen, die dem öffentlichen Personenverkehr dienen, ohne Fahrleitung
 - 1.1 Der lichte waagerechte Abstand der Maste der Starkstrom-Freileitung von Mitte des nächsten Gleises muß mindestens 5 m betragen.
 - 1.2 Der lotrechte Abstand zwischen den Leitern der Starkstrom-Freileitung und der Schienenoberkante muß mindestens betragen:
 - 1.21 für unter Spannung stehende Leiter der Starkstrom-Freileitung mindestens 7 m,
 - 1.22 für nicht unter Spannung stehende Leiter der Starkstrom-Freileitung mindestens 6 m,
 und zwar bei größtem Durchhang der Leiter nach § 8 b) und c). Bei Fernmeldefreileitungen am Gestänge von Starkstrom-Freileitungen, die so eingerichtet sind, daß gefährliche Spannungen (über 65 V) in ihnen nicht auftreten können, gilt der Abstand wie für nicht unter Spannung stehende Leiter. Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 8 zu beachten.
 - 1.3 Bei Verwendung von Tragketten ist der lotrechte Abstand nach 1.2 auch bei ungleicher Eisbelastung gemäß § 32 a) 3 einzuhalten. Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 8 zu beachten.
 - 1.4 Bei Eisenbahnen, für die eine Umstellung auf Fahrleitungsbetrieb in Aussicht genommen ist, muß auf freier Strecke bei ein- und zweigleisigen Bahnen der lichte waagerechte Abstand der Maste der Starkstrom-Freileitung von Mitte des nächsten Gleises, soweit nicht besondere Vereinbarungen getroffen werden, mindestens 15 m betragen. Der lotrechte Abstand der Leiter von Schienenoberkante muß für unter Spannung und für nicht unter Spannung stehende Leiter der Starkstrom-Freileitung mindestens 12,5 m betragen, und zwar jeweils bei größtem Durchhang der Leiter nach § 8 b) und c). Bei drei- und mehrgleisigen Strecken und auf Bahnhöfen sind die obengenannten Abstände, insbesondere der lotrechte Abstand, im Einvernehmen mit der zuständigen Bundesbahndirektion nach b) 2.2 zu bestimmen. Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 8 zu beachten.
 - 1.5 Für die Unterkreuzung von Eisenbahnen ohne Fahrleitung durch eine Starkstrom-Freileitung gilt § 32 b) 3.11.
2. Kreuzung von Eisenbahnen, die dem öffentlichen Personenverkehr dienen, mit Fahrleitung
 - 2.1 Der lichte waagerechte Abstand geerdeter Bauteile der Starkstrom-Freileitung von Bauteilen der Fahrleitungsanlage muß mindestens 1,25 m betragen.
 - 2.2 Der Abstand der unter Spannung und nicht unter Spannung stehenden Leiter der Starkstrom-Freileitung von unter Spannung stehenden oder geerdeten Bauteilen der Fahrleitungsanlage muß mindestens 3 m betragen, und zwar auch bei Ausschwingen der Leiter bei -40° C durch Windlast nach § 15 a). Für die überkreuzenden Leiter sind die größten Durchhänge nach § 8 b) und c), für die gekreuzten Leiter sind die Durchhänge bei -5° C ohne Eislast anzunehmen. Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 8 zu beachten.
 - 2.3 Bei Verwendung von Tragketten muß der lotrechte Abstand zwischen den Leitern und der Fahrleitung bei ungleicher Eisbelastung gemäß § 32 a) 3 noch mindestens 2 m betragen.

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 8 zu beachten.

- 2.4 Für die Unterkreuzung von Eisenbahnen mit Fahrleitung durch eine Starkstrom-Freileitung gilt § 32 b) 3.11.
3. Kreuzung von Wasserstraßen, die in Anlage 2 der „Wasserstraßenkreuzungsvorschriften für fremde Starkstromanlagen WKV“ genannt sind
- 3.1 Der lotrechte Abstand der Leiter ist von Fall zu Fall besonders festzulegen, und zwar so, daß der unterste Leiter der Starkstrom-Freileitung bei größtem Durchhang nach § 8 b) und c) mindestens 2,5 m über dem Punkt liegt, bis zu dem nach den wasserpolizeilichen Vorschriften die höchsten Maste der dort verkehrenden Schiffe bei dem höchsten schiffbaren Wasserstand zugelassen sind.
Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 8 zu beachten.
- 3.2 Bei Verwendung von Tragketten und bei ungleicher Eisbelastung gemäß § 32 a) 3 muß der lotrechte Abstand nach 3.1 noch mindestens 1 m betragen.
- 3.3 An Stellen, an denen Schiffsmaste an sich umgelegt werden, gilt beiderseits — bei Wasserstraßen mit nennenswerten Strömungen nur stromabwärts — bis auf 50 m Entfernung als Durchfahrthöhe das um 2,5 m erhöhte Durchgangsprofil, mindestens aber eine Höhe von 10 m über dem höchsten schiffbaren Wasserstand.
Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 8 zu beachten.
- 3.4 Für die Unterkreuzung von Wasserstraßen durch eine Starkstrom-Freileitung gilt § 32 b) 3.11.
4. Kreuzungen von Seilschwebbahnen und Standseilbahnen für den öffentlichen Personenverkehr
- 4.1 Der lichte waagerechte Abstand geerdeter Bauteile der Starkstrom-Freileitung von Anlageteilen einer solchen darunter liegenden Seilbahn muß mindestens 5 m betragen. Dabei ist das Ausschwingen der Trag- und Zugseile, Hängesitze, Kabinen usw. der Seilbahn durch Wind mit einem Ausschwingwinkel von 45° zu berücksichtigen.
- 4.2 Der lotrechte Abstand zwischen den Leitern und dem betriebsmäßig höchsten Punkt einer solchen darunter liegenden Seilbahn muß bei unter Spannung und bei nicht unter Spannung stehenden Leitern der Starkstrom-Freileitung mindestens 3 m betragen, und zwar jeweils bei größtem Durchhang der Leiter der Starkstrom-Freileitung nach § 8 b) und c). Der betriebsmäßig höchste Punkt wird unter Zugrundelegung einer um 25 % vergrößerten Höchstzugspannung der Seilbahnseile ermittelt.
Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 8 zu beachten.
- 4.3 Bei Verwendung von Tragketten ist der lotrechte Abstand nach 4.2 auch bei ungleicher Eisbelastung gemäß § 32 a) 3 einzuhalten.
5. Kreuzung von Fernmeldefreileitungen (einschließlich Luftkabel) der Bundespost, Bundesbahn und Wasserstraßenverwaltung
- 5.1 Der lichte waagerechte Abstand der Maste der Starkstrom-Freileitungen von Bauteilen der Fernmeldefreileitungen muß mindestens 1,25 m betragen.
- 5.2 Der lotrechte Abstand zwischen den Leitern der Starkstrom-Freileitungen und Fernmeldefreileitungen der Bundespost, Bundesbahn und Wasserstraßenverwaltung muß betragen:
- 5.21 für unter Spannung stehende Bauteile der Starkstrom-Freileitung mindestens 2 m,
- 5.22 für geerdete Bauteile der Starkstrom-Freileitung mindestens 1 m,
- und zwar bei größtem Durchhang der Leiter der Starkstrom-Freileitung nach § 8 b) und c).

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 8 zu beachten.

- 5.3 Wenn die Leiter an Mehrfachketten abgespannt sind, muß der lotrechte Abstand nach 5.21 unter Berücksichtigung der Durchhangsvergrößerung bei Reißen eines Isolators noch mindestens 1,5 m betragen.
Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 8 zu beachten.
- 5.4 Bei Verwendung von Tragketten an der Starkstrom-Freileitung muß der lotrechte Abstand nach 5.21 bei ungleicher Eisbelastung gemäß § 32 a) 3 noch mindestens 1,5 m betragen.
Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 8 zu beachten.
- 5.5 Werden Leiter von Starkstrom-Freileitungen über Masten von Fernmeldefreileitungen geführt, muß der lotrechte Abstand von diesen Masten bei größtem Durchhang nach § 8 b) und c) 2 m betragen.
Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 8 zu beachten.

c) Mindestabstände und sonstige Maßnahmen bei Näherungen

Wenn sich Starkstrom-Freileitungen den Anlagen nach a) 1 so weit nähern, daß die Entfernung der Maste von diesen Anlagen kleiner ist als die Gesamthöhe des nächststehenden Mastes der Starkstrom-Freileitung, so sind im Näherungsbereich die Starkstrom-Freileitungen mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen. Die Höchstzugspannung der Leiter darf 75 % der in § 7 a) festgelegten Werte nicht überschreiten und die Spannweite muß so gewählt werden, daß die dreifache Zusatzlast [siehe § 8 b)] den Werkstoff höchstens bis zur Dauerzugfestigkeit beansprucht.

Für die Abstände gelten:

1. Bei Näherungen an Eisenbahnen, die dem öffentlichen Personenverkehr dienen: § 32 c) 6 und 7. Wenn die Leiter der Starkstrom-Freileitung über den genannten Anlagen liegen, auch im ausgeschwungenen Zustand bei $\pm 40^\circ \text{C}$ durch Windlast nach § 15 a), gelten die Bestimmungen von b) 1 und 2.
2. Bei Näherungen an Fernmeldeanlagen der Deutschen Bundespost, der Deutschen Bundesbahn (einschließlich deren Signalanlagen), der Wasserstraßen- und der Seilbahnverwaltung: § 32 c) 12. Wenn der waagerechte Abstand der Leiter der Starkstrom-Freileitung von den Leitern der Fernmeldefreileitung 2 m unterschreitet, sind die Anlagen nach b) 5 auszuführen.
3. Bei Näherungen an Wasserstraßen, die in Anlage 2 der „Wasserstraßen-Kreuzungsvorschriften für fremde Starkstromanlagen WKV“ genannt sind: § 32 c) 10. Wenn die Leiter der Starkstrom-Freileitung über den genannten Anlagen liegen, auch im ausgeschwungenen Zustand bei $\pm 40^\circ \text{C}$ durch Windlast nach § 15 a), gelten die Bestimmungen von b) 3.
4. Bei Näherungen an Seilschwebbahnen und Standseilbahnen für den öffentlichen Personenverkehr muß der waagerechte Abstand der Leiter der Starkstrom-Freileitung von den festen Anlageteilen dieser Bahnen und von den beweglichen Teilen der Seilschwebbahnen (Trag- und Zugseile, Hängesitze, Kabinen usw.) mindestens 5 m betragen.

Dabei ist anzunehmen: Die Leiter schwingen mit dem Durchhang bei $\pm 40^\circ \text{C}$ durch eine Windlast nach § 15 a) in Richtung der Seilschwebbahn aus. Die Trag- und Zugseile, Hängesitze, Kabinen usw. der Seilschwebbahn schwingen bei Wind mit einem Ausschwingwinkel von 45° in Richtung zur Starkstrom-Freileitung, also gegenläufig aus. Wenn der waagerechte Abstand der Leiter der Starkstrom-Freileitung im ausgeschwungenen Zustand bei $\pm 40^\circ \text{C}$ durch Windlast nach § 15 a) von den festen und beweglichen Anlageteilen einer Seilschwebbahn 5 m unterschreitet, gelten die Bestimmungen von b) 4.

Bei Nennspannungen über 110 kV ist a) 8 zu beachten.

d) Beschaffenheit der Leiter, Mindestquerschnitt, zulässige Zugspannungen und Spannweiten, Anordnung der Leiter, Leiterverbindungen an Kreuzungsstellen

1. Für die Beschaffenheit der Leiter und die Mindestquerschnitte gilt § 6 mit folgenden Einschränkungen:

1.1 Für alle überkreuzenden Leiter und für Schutzleiter über gekreuzten Leitern dürfen nur Seile verwendet werden.

1.2 Der zulässige Mindestquerschnitt für Seile beträgt bei Spannweiten

	bis 50 m	über 50 m
für Kupfer, Bronze und Stahl	16 mm ²	25 mm ²
für Aluminium	35 mm ²	50 mm ²
für Aldrey	25 mm ²	35 mm ²
für Stahlaluminiumseile nach DIN 48 204	25/4 mm ²	35/6 mm ²

2. Für die Zugspannungen der Leiter und für die Spannweite im Kreuzungsabschnitt gelten die Bestimmungen von § 32 b) 3.5...3.7.

3. Für die Anordnung der Leiter von Starkstrom-Freileitungen gelten die Bestimmungen von § 9. Zusätzlich sind folgende Bedingungen einzuhalten:

Wenn die Leiter der Starkstrom-Freileitung im Kreuzungsabschnitt an Mehrfachketten abgespannt sind, so müssen die in § 9 a) geforderten gegenseitigen Abstände

der Leiter $\frac{U_n}{150 \text{ kV}}$ in Metern, mindestens jedoch 0,2 m,

auch noch beim Reißen eines Isolators der Mehrfachkette eingehalten werden. Hierin ist U_n die Nennspannung in Kilovolt. Dabei sind die Durchhänge bei -20°C einzusetzen.

Bei Verwendung von Tragketten müssen die genannten Mindestabstände noch vorhanden sein, wenn nur ein Leiter eines Kreuzungsfeldes bei -5°C und Zusatzlast nach § 8 b) belastet und alle übrigen Leiter unbelastet sind.

4. Das Überkreuzen von Leitern und Isolator eines Kreuzungsfeldes durch andere Leiter ist nur dann zulässig, wenn die überkreuzenden Leiter mindestens zweifach aufgehängt oder abgespannt sind.

5. Die Leiter von Starkstrom-Freileitungen müssen bei Kreuzungen von Anlagen nach a) 1 im Kreuzungsfeld aus einem Stück ohne Verbindungsstellen bestehen. In bestehenden Anlagen kann im Kreuzungsfeld je Leiter eine Verbindungsstelle belassen werden. Bei Behebung von Schäden ist das Einsetzen einer Verbindungsstelle je Leiter zulässig.

6. Verbinder oder Stromklemmen für Abzweigungen dürfen an den unter Zug stehenden Leitern in Kreuzungsfeldern nicht angebracht werden.

7. Werden Erdseile an Kreuzungsmasten abgespannt, so müssen sie mit mindestens 90 % ihrer Nennlast festgehalten werden.

e) Befestigung der Leiter an Stützenisolatoren

1. An den Kreuzungsmasten sind die Leiter abzuspannen und durch ein etwa 1 m langes Hilfsseil mit gleichem Querschnitt und aus gleichem Werkstoff wie das Hauptseil an einem zweiten Isolator so zu befestigen, daß das Hilfsseil bei unbeschädigter Abspannung nicht auf Zug beansprucht ist. Die Verbindung des Hilfsseiles mit dem Leiter muß einer Zuglast von 90 % der Nennlast des Leiters genügen.

Bei gleichem Höchstzug der Leiter im Kreuzungsabschnitt und in den Nachbarfeldern können die Leiter ohne Abspannung durchgeführt werden. Sie sind in gleicher Art mit einem Hilfsseil an einem zweiten Isolator zu befestigen.

2. An den Zwischenmasten sind die Leiter mit einem Hilfsseil an einem zweiten Stützenisolator zu befestigen. Die Verbindung des Hilfsseils mit dem Leiter muß dem Höchstzug des Leiters genügen.

3. Für die elektrische Zuordnung der Stützenisolatoren an Kreuzungs- und Zwischenmasten zu den Reihen-spannungen gelten die Bestimmungen in § 12 a). Ihr Isoliervermögen muß mindestens so groß sein wie das der allgemein auf der Strecke verwendeten Isolatoren.

4. Für die mechanische Zuordnung der Stützenisolatoren an Kreuzungs- und Zwischenmasten zu den Beanspruchungen durch die Leiter gelten die Bestimmungen in § 12 b) 1. Ihre mechanische Festigkeit muß mindestens so groß sein wie die der allgemein auf der Strecke verwendeten Isolatoren.

5. Werden die Leiter des Kreuzungsabschnittes und der Nachbarfelder getrennt an Stützenisolatoren abgespannt, dann gilt als Höchtsbeanspruchung der Isolatorstützen der einseitige Höchstzug im Kreuzungsabschnitt.

Bei Abspannung an gemeinsamen Isolator ist mit der Mittelkraft der Leiterzüge, mindestens aber mit dem einseitigen Höchstzug im Kreuzungsabschnitt zu rechnen.

6. Werden Leiter mit Nennspannungen unter 1 kV oder Betriebsfernmeldeleitungen im Kreuzungsfeld am gleichen Gestänge wie Leiter von 1 kV und darüber geführt, so sind sie an je zwei Isolator der gleichen Größe wie in den anschließenden Strecken in der unter 1 und 2 beschriebenen Art zu befestigen.

f) Befestigung der Leiter an Kettenisolatoren

1. An den Kreuzungsmasten sind die Leiter wie folgt zu befestigen:

1.1 Die Leiter sind an Mehrfachketten abzuspannen, wobei die Anzahl der nebeneinander anzuordnenden Ketten mindestens so groß sein muß wie bei der Abspannung der Leiter an den Abspannmasten der anschließenden Strecken.

1.2 Von der Abspannung kann abgesehen werden, wenn die Leiter an lotrecht hängenden Mehrfachketten aufgehängt und so befestigt werden, daß sie als Abspannketten wirken können. Dabei müssen die Leiter in ihren Tragklemmen mit ihrem Höchstzug festgehalten werden.

2. An den Zwischenmasten sind die Leiter an Mehrfachketten aufzuhängen.

3. Für die elektrische Zuordnung der Kettenisolatoren an Kreuzungs- und Zwischenmasten zu den Reihen-spannungen gelten die Bestimmungen in § 12 a). Ihr Isoliervermögen muß mindestens so groß sein wie das der allgemein auf der Strecke verwendeten Isolator-ketten.

4. Für die mechanische Zuordnung der Kettenisolatoren an Kreuzungs- und Zwischenmasten gilt:

4.1 Für Kettenisolatoren, die zur Leiterabspannung an Kreuzungsmasten nach 1.1 und zur Leiteraufhängung an Zwischenmasten nach 2 benutzt werden, gelten die Bestimmungen nach § 12 b) 2 und 3.

4.2 Kappenisolatoren, die zur Leiteraufhängung an Kreuzungsmasten nach 1.2 benutzt werden, müssen eine elektromechanische Last gleich dem zweifachen Höchstzug der Leiter haben.

Vollkernisolatoren, die zur Leiteraufhängung an Kreuzungsmasten nach 1.2 benutzt werden, müssen einen Mittelwert der Bruchlast gleich dem zweifachen Höchstzug der Leiter haben. Die mechanische Festigkeit der Ketten muß mindestens so groß sein wie die der allgemein auf der Strecke verwendeten Isolatoren.

5. Erdseile brauchen an Kreuzungs- und Zwischenmasten nicht doppelt befestigt zu werden.

g) Kreuzungs- und Zwischenmaste, Belastungsannahmen, Berechnung der Maste und Gründungen

1. Bei Kreuzungen durch Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber sind für die Berechnung der Maste einschließlich Gründungen die Annahmen nach Tafel 12 zugrunde zu legen.

Tafel 12

**Berechnungsannahmen für die einzelnen Mastarten in Kreuzungsabschnitten
für Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber**

Nr.	1	2	3
	Mastart	Normalbelastung nach § 35 g), Abschnitt 1 a)	Ausnahmebelastung nach § 35 g), Abschnitt 1 b)
1.	Kreuzungsmaste nach 16 a) 6		
1.1	Maste mit Leitungsabspannung	α) Sämtliche Leiterzüge in allen von einem Mast abgehenden Feldern und gleichzeitig Windlast auf Mast und Kopfausrüstung in Richtung der Mastquerträger. Gleichzeitig Eigengewicht einschließlich aller Leiter mit Eislast. β) Zwei Drittel der einseitigen Höchstzüge der Leiter im Kreuzungsabschnitt in Mastmitte und in Richtung des Kreuzungsabschnittes, gleichzeitig Windlast auf Mast und Kopfausrüstung in Richtung der Mastquerträger. Gleichzeitig Eigengewicht einschließlich aller Leiter mit Eislast.	Die Normalbelastung nach α) und die Belastung nach § 35 g) Abschnitt 1 b) sind bei Masten ohne Leitungswinkel mit unterschiedlichen Leiterzügen im Kreuzungsabschnitt und Nachbarfeldern, bei Masten mit Leitungswinkel, bei Abzweigmasten und Endmasten als gleichzeitig wirkend anzunehmen. Dabei ist die Normalbelastung nach α) ohne Wind, und unter Berücksichtigung des Fortfalls eines Leiterzuges im Nachbarfeld einzusetzen. Eigengewicht ohne Eislast. Bei Masten ohne Leitungswinkel mit gleichen Leiterzügen im Kreuzungsabschnitt und Nachbarfeldern bleibt die Normalbelastung nach α) unberücksichtigt. Nur die Belastung nach § 35 g) Abschnitt 1 b) kommt in Betracht. Keine Windlast, Eigengewicht ohne Eislast. Die Normalbelastung nach β) ist nicht gleichzeitig mit der Belastung nach § 35 g) Abschnitt 1 b) anzuwenden.
1.2	Maste mit Tragketten	α) Die Berechnungsannahmen nach § 17, Tafel 6, 1., Spalte 2. β) Die Hälfte des Höchstzuges der Leiter im Kreuzungsabschnitt. Gleichzeitig Eigengewicht einschließlich aller Leiter mit Eislast (ohne Windlast).	Die Normalbelastung bleibt unberücksichtigt. Nur die Belastung nach § 35 g) Abschnitt 1 b) kommt in Betracht. Keine Windlast, Eigengewicht ohne Eislast.
2.	Zwischenmaste nach § 16a) 7		
2.1	Tragmaste	Die Berechnungsannahmen nach § 17, Tafel 6, 1., Spalte 2.	Die Berechnungsannahmen nach § 17, Tafel 6, 1., Spalte 3.
2.2	Winkelmaste	Die Berechnungsannahmen nach § 17, Tafel 6, 2., Spalte 2.	Die Berechnungsannahmen nach § 17, Tafel 6, 2., Spalte 3.

a) Normalbelastung

Hierfür gelten die Berechnungsgrundlagen nach Tafel 12, Spalte 2. Diese Belastungen sind jedoch nicht gleichzeitig wirkend anzunehmen, sondern es sind die Fälle auszuwählen, bei denen in den einzelnen Bauteilen die größten Spannungen auftreten. Bei Masten, die dauernd einer Verdrehungsbelastung unterworfen sind, ist gleichzeitig das Drehmoment zu berücksichtigen.

b) Ausnahmebelastung

Stahlgittermaste, Stahlrohrmaste, Stahlbetonmaste und Holzgittermaste mit Kettenisolatoren sind außerdem für eine Ausnahmebelastung nach Tafel 12, Spalte 3, unter der Annahme zu berechnen, daß durch den Fortfall eines Leiterzuges eine Verdrehungsbelastung hervorgerufen wird, die in den einzelnen Bauteilen die größten Spannungen ergibt. Dabei ist bei den Kreuzungsmasten nach Tafel 12, 1.1 und 1.2 der Fortfall eines Leiterzuges im Nachbarfeld zu berücksichtigen und der volle einseitige Höchstzug der Leiter einzusetzen. Für die Zwischenmaste nach Tafel 12, 2.1 und 2.2 ist § 17 zu berücksichtigen; als Leiterzug darf dabei der Höchstzug eines Leiters im Kreuzungsfeld eingesetzt werden.

Erdseile, die so beschaffen und verlegt sind, daß sie eine größere Zusatzlast als die unter Spannung stehenden Leiter aushalten, können bei der Ausnahmebelastung unberücksichtigt bleiben.

2. Für die Berechnung nach 1 a) gelten für Stahlgittermaste die in § 24 a), Tafel 7, Spalte 2, bei der Berechnung nach 1 b) die in § 24 a), Tafel 7, Spalte 3, angegebenen zulässigen Spannungen. Für Stahlrohrmaste gelten die nach § 24 i) und k) und für Stahlbetonmaste die nach § 25 anzunehmenden zulässigen Spannungen und Sicherheiten.

Für Holzmaste gelten §§ 21 und 22.

3. Bei Kreuzungen durch Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber sind die Querträger und Erdseilstützen der Kreuzungsmaste für die größte Belastung infolge des Höchstzuges aller Leiter,

das Eigengewicht der Querträger bzw. Erdseilstützen und der vereisten Leiter einschließlich der Isolatoren zu berechnen. Als größte Belastung ist hierbei der Differenzzug, mindestens aber der einseitige Höchstzug des Kreuzungsabschnittes einzusetzen.

Die Querträger und Erdseilstützen der Kreuzungsmaste mit Tragketten nach Tafel 12, 1.2 sind für die Hälfte des Höchstzuges aller Leiter im Kreuzungsfeld als Normalbelastung und für den Höchstzug eines Leiters als Ausnahmebelastung zu berechnen. Maßgebend ist der Belastungsfall, für den sich in den einzelnen Bauteilen die ungünstigsten Spannungen ergeben.

Querträger und Erdseilstützen der Zwischenmaste sind nach § 17 e) zu berechnen, wobei die Höchstzüge der Leiter des Kreuzungsabschnittes einzusetzen sind.

4. Der Kreuzungsabschnitt darf durch höchstens drei Zwischenmaste unterteilt werden, die Trag- oder Winkelmaste sein können. Bei solchen Winkelmasten darf der Leitungswinkel in der Waagerechten nicht kleiner als 165° sein.
5. Wenn bei Kreuzungen durch Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber Bauwerke als Stützpunkte benutzt werden, müssen diese sich in ihrer Festigkeit und Ausführung für den angegebenen Zweck eignen.
6. Für Kreuzungsmaste aus Holz mit einem Leitungswinkel von 180°-160° sind nur A-Maste zu verwenden. Für Leitungswinkel unter 160° sind besondere Konstruktionen zu verwenden, die den gegebenen Beanspruchungen gewachsen sind. Leitungswinkel von 180°-175° brauchen bei der Berechnung nicht berücksichtigt zu werden.
7. Als Zwischenmaste in Kreuzungsabschnitten nach 4 dürfen auch Einfach- oder Doppel-Holzmaste verwendet werden.
- Werden als Zwischenmaste A-Maste verwendet, dann sind sie bei gerader Leitungsführung quer zur Leitungsrichtung, in Winkelpunkten in Richtung der Mittelkraft der Leiterzüge zu stellen.

8. Bei Kreuzung mit Eisenbahnen nach b) 2 ist die Verwendung von Holzmasten nicht zulässig.
 9. Schalter und Transformatoren dürfen an Zwischenmasten nicht angebracht werden. An Kreuzungsmasten ist ihre Anbringung in Ausnahmefällen zulässig, wenn sie auf der dem Kreuzungsabschnitt abgekehrten Mastseite angebracht und wenn die Verbindungsleiter nicht an die unter Zug stehenden Leiter angeschlossen werden.
- Das Anbringen von Schaltern und Transformatoren auf Holzmasten ist unzulässig.
10. Für die Berechnung und Bemessung der Mastgründungen gelten die §§ 27–29.

§ 36

Freileitungen für Nennspannungen unter 1 kV

Für Freileitungen mit Nennspannungen unter 1 kV gelten die gleichen Bestimmungen wie unter I, II, III, IV und Anhang, soweit diese nicht durch die folgenden Bestimmungen geändert oder aufgehoben werden.

A. Leiter (§§ 4–11)

1. Schutz gegen zufällige Berührung

1.1 zu § 4 a) 1:

Der Abstand zwischen den Leitern und dem Erdboden muß mindestens 5 m betragen, und zwar bei größtem Durchhang nach § 8 b) und c).

Bei Hausanschlußleitungen kann dieser Abstand auf 4 m verringert werden, wenn die Starkstrom-Freileitungen auf dem Grundstück des angeschlossenen Gebäudes verlaufen und das Unterfahren mit Wagen unmöglich gemacht ist.

1.2 zu § 4 a) 2:

Der Abstand zwischen unter Spannung stehenden Teilen einer Starkstrom-Freileitung und Bäumen unter oder seitlich der Starkstrom-Freileitung, die zur Ausführung von Arbeiten (z. B. Pflege von Obstbäumen, Einbringen der Obsternte und dgl.) bestiegen werden, soll im allgemeinen 1 m betragen.

1.3 zu § 4 b)–e):

Diese Bestimmungen finden keine Anwendung.

2. Beschaffenheit der Leiter, Mindestquerschnitte

2.1 zu § 6 d):

Eindrähtige Leiter aus Aluminium sowie seinen Legierungen sind nicht zulässig. Eindrähtige Leiter aus Kupfer, Bronze, Stahl und Stahlkupfer sind nur bis zu einem Höchstquerschnitt von 16 mm² und bis zu einer Spannweite von 80 m zulässig (Ausnahme für Betriebsfernmeldeleitungen siehe 4).

2.2 zu § 6 e):

Der zulässige Mindestquerschnitt beträgt:

für Kupfer und Bronze	10 mm ²
für Stahl	16 mm ²
für Aluminium und seine Legierungen	25 mm ²
für Stahlaluminium nach DIN 48204	16/2,5 mm ²

Bei Leitern aus Stahlkupfer muß der Querschnitt so groß sein, daß die Nennlast mindestens 380 kg beträgt. Bei Spannweiten bis zu 45 m werden Kupferleiter von 6 mm², Leiter aus Aluminiumseil von 16 mm² Querschnitt und Leiter aus anderen Werkstoffen mit einer Nennlast von 228 kg zugelassen.

Die Zulassung von Leitern mit 228 kg Nennlast ermöglicht die Verwendung von Bronze, Stahl und Stahlkupfer mit Querschnitten unter 6 mm².

3. Anordnung der Leiter

zu § 9 a):

Die unter Spannung stehenden Leiter müssen voneinander und von den Leitern eines anderen Stromkreises für Nennspannungen unter 1 kV einen solchen Abstand erhalten, daß ein Zusammenschlagen nicht zu befürchten ist. Dabei muß der Abstand

der nicht ausgeschwungenen Leiter bei Spannweiten bis 60 m mindestens 0,35 m betragen.

Bei Leitern mit verschiedenen Querschnitten oder aus verschiedenen Werkstoffen oder mit ungleichen Durchhängen muß die Gefahr des Zusammenschlagens der Leiter in erhöhtem Maße berücksichtigt werden.

Im übrigen gelten keine weiteren Bestimmungen von § 9.

4. Betriebsfernmeldeleitungen am Gestänge von Starkstrom-Freileitungen

zu § 11:

Betriebsfernmeldeleitungen und -luftkabel dürfen mit Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen unter 1 kV nur dann am gleichen Gestänge geführt werden, wenn die induzierte Spannung unter 1 kV bleibt. Im übrigen sind diese Betriebsfernmeldeleitungen wie Starkstrom-Freileitungen unter 1 kV zu behandeln.

Bei Spannweiten bis 120 m werden eindrähtige Leiter aus Bronze, Stahl und Stahlkupfer, deren Nennlast mindestens 380 kg beträgt, mit einem geringeren Querschnitt als 10 bzw. 16 mm² zugelassen.

Alle übrigen Bestimmungen gelten sinngemäß.

B. Isolatoren und Zubehör (§§ 12–14)

1. Isolatoren

1.1 zu § 12 a):

An Stelle dieser Bestimmungen für die elektrische Zuordnung der Isolatoren gilt für Freileitungen mit Nennspannung unter 1 kV: Bei Verwendung genormter Isolatoren (DIN 48 150, 48 151, 48 152, 48 154, 48 156) ist die Einhaltung der erforderlichen elektrischen Eigenschaften sichergestellt; nicht genormte Isolatoren müssen in ihren elektrischen Eigenschaften genormten Isolatoren mindestens entsprechen.

1.2 zu § 12 b):

Für die mechanische Zuordnung von Isolatoren für Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen unter 1 kV gelten die Bestimmungen von § 12 b) sinngemäß.

1.3 zu § 12 c):

Für die Prüfung von Isolatoren für Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen unter 1 kV gelten die Bestimmungen von VDE 0446/3.55 und von § 12 c) sinngemäß.

1.4 zu § 12 d):

Dieser Hinweis gilt nicht für Isolatoren für Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen unter 1 kV.

2. Stützen, Bunde und sonstiges Zubehör für Stützenisolatoren

2.1 zu § 13 d):

Werden gebogene Isolatorstützen an Holzmasten verwendet, so sind auch solche zum Einschrauben zulässig.

2.2 zu § 13:-

Die übrigen Bestimmungen gelten auch für Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen unter 1 kV sinngemäß.

3. Zubehörteile für Kettenisolatoren und für Leiter

Zu § 14:

Die Bestimmungen gelten sinngemäß auch für Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen unter 1 kV.

C. Gestänge (§§ 15–31)

1. Äußere Lasten

Zu § 15:

Im allgemeinen werden die Bestimmungen für 0–40 m Höhe über Gelände ausreichen.

2. Einteilung der Maste nach dem Verwendungszweck

Zu § 16:

Für die Einteilung der Maste gilt nur a) 1...a) 5 und b). Für Dachständer gelten diese Bestimmungen sinngemäß (DIN 48170 und 48171).

3. Belastungsannahmen

Zu § 17 a) und b):

Als Berechnungsgrundlage gilt nur a) Normalbelastung.

Für Dachständer gelten diese Bestimmungen sinngemäß.

Werden Dachständer verwendet, so muß die Dachdeckung des Gebäudes mindestens feuerhemmend gemäß DIN 4102 sein und die Dachkonstruktion muß die zusätzliche Belastung durch den Dachständer aufnehmen können.

4. Vogelschutz

Zu § 19: entfällt

5. Gründung der Maste

Zu § 27 a) 3:

Mast- und Dachständer-Anker sind zulässig, sie dürfen bis zu 40% der Bruchlast beansprucht werden (DIN 48324, 48328, 48335, 48342). Bei Holzmasten ist zur Isolierung gegen Erde im Zuge des Mastankers außerhalb des Handbereiches [siehe D. I. b) und c) 1.1] ein mechanisch und elektrisch ausreichend bemessener Isolator anzuordnen.

Zu § 27 a) 5:

Es gelten die Mindestabstände nach § 36 D. I. b) und c) 12.15.

6. Erdungen

Zu § 31:

An Stelle dieser Bestimmungen gilt für Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen unter 1 kV VDE 0100 und 0140.

D. Besondere Bestimmungen (§§ 32...35)

I. Zu § 32: Kreuzungen und Näherungen

a) Allgemeines

Die Bestimmungen von a) 3 finden keine Anwendung.

b) und c) Kreuzungen und Näherungen.

1. Zu § 32 b) 1 und c) 1: Wohngebäude und gewerbliche Anlagen

1.1 Die Leitungen sind so anzubringen, daß sie bei begehbaren Dächern (es handelt sich im allgemeinen um flache Dächer mit einer Neigung von nicht mehr als 15°), Ausbauten, Fenstern und bei anderen von Menschen regelmäßig betretenen und ohne besondere Hilfsmittel zugänglichen Stätten außerhalb des Handbereiches liegen. Dabei ist unter Handbereich in lotrechter Richtung nach oben ein Mindestabstand von 2,5 m (bei Fenstern gerechnet vom Fensterbrett aus), nach unten oder seitwärts ein Mindestabstand von 1,25 m zu verstehen.

Ständige Zugänge zur Bedienung von Schornsteinen*) gelten als ohne besondere Hilfsmittel zugängliche Stätten.

Die Führung von Leitungen über Schornsteinen ist nicht zulässig.

Wenn bei Hausanschlüssen an Giebelwänden vorstehende Mindestabstände aus Platzmangel nicht eingehalten werden können, so sind hierfür wetterfeste gummiisierte Leitungen NFGW (PR) nach VDE 0283/12.57 „Vorschriften für probeweise verwendbare isolierte Starkstromleitungen“ mit isolierten Abspannungen zu verwenden. Dabei sind folgende Mindestabstände einzuhalten:

Nach oben 0,3 m oberhalb der Fenster- bzw. Türöffnung,
nach unten oder seitlich 0,6 m.

1.2 Von nicht begehbaren Dächern müssen die Leiter einen Abstand von mindestens 0,5 m aufweisen, und zwar jeweils bei größtem Durchhang nach § 8 b) und c). Bei Überquerung des Firstes genügt ein Abstand von 0,4 m.

1.3 Bei der Kreuzung von Gebäuden mit einer Dachdeckung, die entsprechend DIN 4102 feuerhemmend ist, dürfen eindrähtige Leiter aus Kupfer, Bronze, Stahl und Stahlkupfer unter Beachtung der Bestimmungen A. 2.1 verwendet werden. Dachpappe, die normgerecht hergestellt ist, gilt dabei als feuerhemmend.

Bei der Kreuzung von Gebäuden mit nicht feuerhemmender Dachdeckung dürfen nur Seile verwendet werden.

1.4 Für Schornsteine, die vom Dachboden aus gereinigt werden, gilt folgendes: Wird die Leitung oberhalb der Schornsteinmündung geführt, genügt ein waagerechter Abstand von 0,8 m von der Außenwand des Schornsteins. Wird die Leitung unterhalb der Schornsteinmündung geführt, muß der Abstand zwischen Schornsteinaußenwand und Leiter mindestens 1,2 m betragen.

Sind geeignete Vorkehrungen getroffen, die eine Berührung eines über die Schornsteinmündung hinausgestoßenen Kehrbesens mit unter Spannung stehenden Teilen ausschließen, so genügt im ersten Fall ein seitlicher Abstand von 0,4 m, im zweiten Fall ein seitlicher Abstand von 0,5 m. Wenn ein Ausschwingen der Leiter nicht möglich ist, kann dieser Abstand auf 0,2 m verringert werden.

1.5 Außer 1.1...1.4 gelten keine weiteren Bestimmungen von § 32 b) 1 und c) 1.

2. Zu § 32 b) 2: Sportplätze

2.1 Die Überkreuzung der Spielfelder von Sportplätzen durch Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen unter 1 kV ist nicht zulässig.

2.2 Außer 2.1 gelten keine weiteren Bestimmungen von § 32 b) 2.

3. Zu § 32 b) 3 und c) 3: Autobahnen und verkehrsreiche Straßen einer Großstadt

3.1 Der lotrechte Abstand zwischen Leitern und der Fahrbahn einer Autobahn oder einer verkehrsreichen Straße einer Großstadt muß mindestens 6 m betragen, und zwar jeweils bei größtem Durchhang nach § 8 b) und c).

3.2 Für die Leiter eines Kreuzungsfeldes nach 3.1 sind Seile zu verwenden.

3.3 Starkstrom-Freileitungen, die eine Autobahn kreuzen oder die auf dem Mittelstreifen einer Autobahn geführt werden, sind im Kreuzungsfeld oder in dem Leitungsabschnitt, der auf dem Mittelstreifen verläuft, mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen. Die Leiter an diesen Masten sind bei Verwendung von Kettenisolatoren nach § 33 d) 1 zu befestigen. Außerdem gelten die Bestimmungen von § 32 b) 3.2, 3.4...3.7 und 3.10.

3.4 Wenn die Nennspannung der Starkstrom-Freileitung an einer Kreuzung mit einer Autobahn nicht höher als 380 V ist und die Spannweite im Kreuzungsfeld 50 m nicht überschreitet, ist es zulässig, die Leiter der Starkstrom-Freileitung unter Fortfall der erhöhten Sicherheit an einem Isolator zu befestigen. Dabei sind die Leiter an Masten ohne Leitungswinkel auf der dem Mast zugekehrten Seite der Isolatoren und an Winkelpunkten so zu befestigen, daß sich die Leiter unter dem Einfluß des Zuges gegen die Isolatoren legen.

*) Als ständige Zugänge gelten auch festangebrachte Laufstege zwischen Aussteiglücke und Schornstein auf nicht begehbaren Dächern.

- An Holzmasten müssen auf Zug beanspruchte Isolatorstützen als durchgehende Stützen mit Mutter und Unterlegscheibe ausgebildet sein.
- 3.5 Bei Spannweiten über 50 m sind Holzmaste als Abspannmaste auszuführen.
 - 3.6 Wenn eine Starkstrom-Freileitung eine verkehrsreiche Straße einer Großstadt kreuzt oder in dieser geführt wird, sind nur die Bestimmungen unter 3.1 und 3.2, dagegen keine weiteren Bestimmungen von § 32 b) 3 einzuhalten.
 - 3.7 Außer 3.1...3.6 gelten keine weiteren Bestimmungen von § 32 b) 3 und c) 3.
4. Zu § 32 b) 4 und c) 4: Sonstige Straßen und Fahrwege
- 4.1 Bei Starkstrom-Freileitungen, die verkehrsreiche Straßen überkreuzen, muß der lotrechte Abstand zwischen den Leitern und der Fahrbahn mindestens 6 m betragen, und zwar jeweils bei größtem Durchhang der Leiter nach § 8 b) und c).
 - 4.2 Für die Leiter eines Kreuzungsfeldes nach 4.1 sind Seile zu verwenden.
 - 4.3 Bei Kreuzungen von Straßen mit geringem Verkehr und von Fahrwegen genügt ein lotrechter Abstand zwischen den Leitern und der Fahrbahn von mindestens 5 m.
 - 4.4 Bei Kreuzungen nach 4.3 dürfen eindrähtige Leiter aus Kupfer, Bronze, Stahl und Stahlkupfer unter Beachtung der Bestimmungen von A. 2 verwendet werden.
 - 4.5 Außer 4.1...4.4 gelten keine weiteren Bestimmungen von § 32 b) 4 und c) 4.
5. Zu § 32 b) 5 und c) 5: Straßenbahnen und Obuslinien
- 5.1 Die Starkstrom-Freileitung ist im Kreuzungsfeld mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen. Die Leiter an den Masten von Kreuzungsfeldern sind bei Verwendung von Kettenisolatoren nach § 33 d) 1 zu befestigen. Außerdem gelten die Bestimmungen von § 32 b) 3.2 und 3.4...3.7.
 - 5.2 Wenn jedoch die Nennspannung nicht höher als 380 V ist und die Spannweite im Kreuzungsfeld 50 m nicht überschreitet, so gelten die Bestimmungen von b) und c) 3.4.
 - 5.3 Der lichte waagerechte Abstand geerdeter Bauteile der Starkstrom-Freileitung von unter Spannung stehenden oder geerdeten Bauteilen der Fahrleitungsanlage muß mindestens 1,25 m betragen.
 - 5.4 Der lotrechte Abstand zwischen den Leitern der Starkstrom-Freileitung und dem höchsten Punkt der Stromabnehmer von Straßenbahnen und Obuslinien muß mindestens 1,5 m betragen, und zwar jeweils bei größtem Durchhang der Starkstrom-Freileitung nach § 8 b) und c).
 - 5.5 Bei Näherungen von Starkstrom-Freileitungen an Straßenbahnen oder Obuslinien müssen die seitlichen Abstände der Leiter von den Bauteilen der Fahrleitungen und der Umgrenzung der Fahrzeuge einschließlich Stromabnehmer mindestens 1,25 m betragen, und zwar auch bei Ausschwingen der Leiter bei -40°C durch Windlast nach § 15 a).
 - 5.6 Außer 5.1...5.5 gelten keine weiteren Bestimmungen von § 32 b) 5 und c) 5.
6. Zu § 32 b) 6 und c) 6: Industriebahnen, Industrianschlußgleise, Treideleien und Kleinbahnen ohne Fahrleitung
- 6.1 Die Starkstrom-Freileitung ist im Kreuzungsfeld mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen. Für Kleinbahnen sind die Bestimmungen nach b) und c) 5.1 zu beachten.
 - 6.2 Wenn jedoch die Nennspannung nicht höher als 380 V ist und die Spannweite im Kreuzungsfeld 50 m nicht überschreitet, so gelten die Bestimmungen von b) und c) 3.4.
 - 6.3 Für den lichten waagerechten Abstand der Maste von Mitte des nächstliegenden Gleises gelten die Bestimmungen von § 32 b) 6.2.
 - 6.4 Für den lotrechten Abstand zwischen den Leitern und Schienenoberkante einer darunter verlaufenden Eisenbahn gelten die Bestimmungen von § 32 b) 6.3.
 - 6.5 Bei Näherungen von Starkstrom-Freileitungen an eine Industriebahn, an ein Industrianschlußgleis, an eine Treidelei oder an eine Kleinbahn ohne Fahrleitung gelten die Bestimmungen von 6.2 und 5.5 sinngemäß.
 - 6.6 Außer 6.1...6.5 gelten keine weiteren Bestimmungen von § 32 b) 6 und c) 6.
7. Zu § 32 b) 7 und c) 7: Industriebahnen, Industrianschlußgleise, Treideleien und Kleinbahnen mit Fahrleitung
- 7.1 Die Starkstrom-Freileitung ist im Kreuzungsfeld mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen. Für Kleinbahnen sind die Bestimmungen nach b) und c) 5.1 zu beachten.
 - 7.2 Wenn jedoch die Nennspannung nicht höher als 380 V ist und die Spannweite im Kreuzungsfeld 50 m nicht überschreitet, so gelten die Bestimmungen von b) und c) 3.4.
 - 7.3 Für den lichten waagerechten Abstand der Maste einer Starkstrom-Freileitung von unter Spannung stehenden oder geerdeten Bauteilen der Fahrleitungsanlage gilt § 32 b) 7.2.
 - 7.4 Für den Abstand zwischen den Leitern und den darunter liegenden, unter Spannung stehenden oder geerdeten Bauteilen der Fahrleitungsanlage gilt § 32 b) 7.3.
 - 7.5 Bei Näherungen von Starkstrom-Freileitungen an eine Industriebahn, an ein Industrianschlußgleis, an eine Treidelei oder an eine Kleinbahn mit Fahrleitung gelten die Bestimmungen von 7.1, 7.2 und 5.5 sinngemäß.
 - 7.6 Außer 7.1...7.5 gelten keine weiteren Bestimmungen von § 32 b) 7 und c) 7.
8. Zu § 32 b) 8 und c) 8: Starkstrom-Freileitungen, die beide Nennspannungen unter 1 kV haben
- 8.1 Bei Kreuzungen und Näherungen zwischen Leitungen, die beide Nennspannungen unter 1 kV haben, oder bei Parallelführung solcher Leitungen am gleichen Gestänge sind die Bestimmungen A. 3 zu beachten.
 - 8.2 Es gelten keine weiteren Bestimmungen von § 32 b) 8 und c) 8.
9. Entfällt
10. Zu § 32 b) 10 und c) 10: Wasserstraßen, ausgenommen die unter § 35 genannten Anlagen
- 10.1 Die Starkstrom-Freileitung, die einen schiffbaren Wasserlauf, der nicht unter die Bestimmungen von § 35 fällt, kreuzt, ist im Kreuzungsfeld mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen.
 - 10.2 Wenn jedoch die Nennspannung nicht höher als 380 V ist und die Spannweite im Kreuzungsfeld 50 m nicht überschreitet, so gelten die Bestimmungen von b) und c) 3.4.
 - 10.3 Für den lotrechten Abstand zwischen den Leitern und dem höchsten schiffbaren Wasserstand gelten die Bestimmungen von § 32 b) 10.2 und 10.4.

- 10.4 Außer 10.1...10.3 gelten keine weiteren Bestimmungen von § 32 b) 10 und c) 10.
11. Zu § 32 b) 11 und c) 11 Seilschwebbahnen für den Gütertransport und Schleplifthanlagen
- 11.1 Die Starkstrom-Freileitung, die eine Seilschwebbahn für den Gütertransport oder eine Schleplifthanlage überkreuzt, ist im Kreuzungsfeld mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen.
Für den lotrechten Abstand zwischen den Leitern der Starkstrom-Freileitung und einer solchen darunter bzw. darüber liegenden Seilbahnanlage gelten die Bestimmungen von § 32 b) 11.4 bzw. 11.6.
- 11.2 Für Starkstrom-Freileitungen, die sich einer Seilschwebbahn für den Gütertransport oder einer Schleplifthanlage nähern, muß der waagerechte Abstand der Leiter von den festen Anlageteilen
einer Seilschwebbahn und von deren beweglichen Teilen (Trag- und Zugseile, Tragkörbe usw.) mindestens 1 m,
einer Schleplifthanlage mindestens 3 m betragen.
Dabei ist anzunehmen: Die Leiter schwingen mit dem Durchhang bei $+40^{\circ}\text{C}$ durch eine Windlast nach § 15 a) in Richtung der Seilbahn aus. Die Trag- und Zugseile der Seilschwebbahn schwingen durch Wind mit einem Ausschwingwinkel von 45° in Richtung der Starkstrom-Freileitung, als gegenläufig aus.
Wenn der waagerechte Abstand der Leiter der Starkstrom-Freileitung im ausgeschwungenen Zustand bei $+40^{\circ}\text{C}$ durch Windlast nach § 15 a) von den festen und beweglichen Anlageteilen
einer Seilschwebbahn für den Gütertransport 1 m,
einer Schleplifthanlage 3 m unterschreitet, gelten die Bestimmungen von 11.1.
- 11.3 Außer 11.1 und 11.2 gelten keine weiteren Bestimmungen von § 32 b) 11 und c) 11.
12. Zu § 32 b) 12 und c) 12: Fernmeldeanlagen
- 12.1 Die Starkstrom-Freileitung für Nennspannung unter 1 kV, die eine Fernmeldefreileitung überkreuzt, ist im Kreuzungsfeld mit erhöhter Sicherheit nach § 33 a), c) und d) 1 auszuführen.
An Holzmasten müssen auf Zug beanspruchte Isolatorstützen als durchgehende Stützen mit Mutter und Unterlegscheibe ausgebildet sein.
- 12.2 Wenn jedoch die Nennspannung der Starkstrom-Freileitung nicht höher als 380 V ist und die Spannweite im Kreuzungsfeld 50 m nicht überschreitet, so gelten die Bestimmungen von b) und c) 3.4.
- 12.3 Der lotrechte Abstand der Leiter der Starkstrom-Freileitung von den darunter liegenden Fernmeldefreileitungen muß mindestens 1,5 m betragen, und zwar jeweils bei größtem Durchhang der Leiter der obenliegenden Starkstrom-Freileitungen nach § 8 b) und c).
Er darf bis auf 1 m verringert werden, wenn die Nennspannung der Starkstrom-Freileitung nicht höher als 380 V ist.
- 12.4 Wenn die Starkstrom-Freileitung über Maste der Fernmeldefreileitung geführt wird, muß der lotrechte Abstand an dieser Stelle mindestens 1,5 m betragen.
- 12.5 Der lichte waagerechte Abstand der Maste der Starkstrom-Freileitung von Bauteilen der Fernmeldefreileitung muß mindestens 1,25 m betragen.
- 12.6 Wenn die Nennspannung der Starkstrom-Freileitung nicht höher als 380 V ist, gelten für die Beschaffenheit der Leiter die Bestimmungen von A. 2.
- 12.7 Wenn die Nennspannung der Starkstrom-Freileitung höher als 380 V ist, dürfen für die überkreuzenden Leiter nur Seile verwendet werden. Dabei dürfen die Mindestquerschnitte nach A. 2.2 nicht unterschritten werden.
- 12.8 Für die Verbinder und Stromklemmen der Starkstrom-Freileitung im Kreuzungsfeld gelten § 32 b) 2.3 und § 35 d) 5 und 6.
- 12.9 Das Unterkreuzen von Fernmeldefreileitungen durch Starkstrom-Freileitungen für Nennspannungen $\leq 380\text{ V}$ ist zulässig.
- 12.10 Der lotrechte Abstand der Starkstrom-Freileitung muß bei Kreuzungen nach 12.9 mindestens 1 m betragen, und zwar beim Durchhang der Leiter der Starkstrom-Freileitung bei -20°C ohne Eislast.
- 12.11 Bei Kreuzungen nach 12.9 sind an der untenliegenden Starkstrom-Freileitung für Nennspannungen $\leq 380\text{ V}$ im Zuge der Leiter und in ausreichender Höhe über diesen Leitern zwei oder mehr, zuverlässig geerdete oder mit dem Mittelpunktleiter verbundene Schutzleiter so anzuordnen, daß sie beim Herabfallen eines Leiters der obenliegenden Fernmeldefreileitung früher als die unter Spannung stehenden Leiter der untenliegenden Starkstrom-Freileitung berührt werden. Die Bestimmungen nach VDE 0140, §§ 9, 11 und 12 sind dabei zu beachten.
Bei Verteilungsleitungen und Hausanschlußleitungen kann auch der Mittelpunktleiter als Schutzleiter benutzt werden.
Aluminium und seine Legierungen sind für Schutzleiter nicht zu verwenden, da eine sichere Erdung hierbei nicht gewährleistet ist.
- 12.12 Wenn eine Starkstrom-Freileitung mit Nennspannungen $\leq 380\text{ V}$ eine Hauseinführung von Fernmeldeleitungen, die mit einer selbsttragenden Schlauchleitung nach VDE 0880 ausgeführt ist, über- oder unterkreuzt, sind zusätzliche Maßnahmen an der Starkstrom-Freileitung nicht erforderlich. Als Abstand zwischen den selbsttragenden Schlauchleitungen der Hauseinführungen von Fernmeldeleitungen und den Starkstrom-Freileitungen sind 0,5 m zulässig.
- 12.13 Wenn sich eine Starkstrom-Freileitung einer Fernmeldeleitung so weit nähert, daß die unter Spannung stehenden Teile der Starkstrom-Freileitung beim Umbruch von Freileitungsmasten aus Holz die blanken Leiter oder die Mastanker der Fernmeldefreileitung berühren können, oder wenn ein Auftreffen der mit dem Durchhang bei $+40^{\circ}\text{C}$ durch Windlast nach § 15 a) ausschwingenden und lotrecht herabfallenden Leiter möglich ist, so sind die Bestimmungen 12.1, 12.2, 12.6 und 12.7 einzuhalten.
- 12.14 Wenn Starkstrom-Freileitungen mit Fernmeldefreileitungen am gleichen Gestänge geführt werden, gelten die Bestimmungen unter 12.1 bis 12.3 und 12.5...12.8. Handelt es sich aber um Betriebsfernmeldefreileitungen, so gelten die Bestimmungen unter A. 4.
- 12.15 Der Abstand der Mastgründungen von Fernmeldekabelanlagen muß
in allen Richtungen mindestens 0,8 m betragen,
in Ausnahmefällen können Annäherungen bis zu 0,3 m zugelassen werden.
Fernmeldekabel sind gegen mechanische Beschädigung zu schützen. Dieser Schutz muß über die Annäherungsstellen hinaus nach beiden Seiten mindestens 0,5 m reichen.
- 12.16 Außer 12.1...12.15 gelten keine weiteren Bestimmungen von § 32 b) 12 und c) 12.
13. Zu § 32 c) 13:
Brücken und ähnliche Bauwerke
Von Brücken und ähnlichen Bauwerken müssen die Leiter der Starkstrom-Freileitung in allen Richtungen mindestens 0,5 m entfernt sein.

II. Erhöhte Sicherheit

Zu § 33 d) 2:

Diese Bestimmungen finden keine Anwendung.

III. Freileitungen in der Nähe von Bäumen

Zu § 34 b):

Der Abstand zwischen den Leitern einer Freileitung und Bäumen unter oder seitlich der Freileitung soll bei größtem Durchhang der Leiter nach § 8 b) und c) mindestens dem üblichen Abstand zwischen den Leitern am Gestänge entsprechen.

IV. Zu § 35: Eisenbahnen, Fernmeldefreileitungen, Wasserstraßen und Seilbahnen

a) Allgemeines

Die Bestimmungen von a) 5 und a) 8 entfallen.

b) und c) Kreuzungen und Näherungen.

1. Zu § 35 b) 1 und c)---g): Eisenbahnen, die dem öffentlichen Personenverkehr dienen, ohne Fahrleitung

1.1 Die Starkstromfreileitung ist im Kreuzungsfeld mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen. Die Leiter an den Masten von Kreuzungsfeldern sind bei Verwendung von Kettenisolatoren nach § 33 d) 1 zu befestigen. Außerdem gelten die Bestimmungen von § 32 b) 3.4---3.7 und § 35 d) 6.

1.2 Wenn die Nennspannung der Starkstrom-Freileitung an einer Kreuzung mit Eisenbahnen ohne Fahrleitungen nicht höher als 380 V ist und die Spannweite im Kreuzungsfeld 50 m nicht überschreitet, ist es zulässig, die Leiter der Starkstrom-Freileitung unter Fortfall der erhöhten Sicherheit an einem Isolator zu befestigen. Dabei sind die Leiter an Masten ohne Leitungswinkel auf der dem Mast zugekehrten Seite der Isolatoren und an Winkelpunkten so zu befestigen, daß sich die Leiter unter dem Einfluß des Zuges gegen die Isolatoren legen.

An Holzmasten müssen auf Zug beanspruchte Isolatorstützen als durchgehende Stützen mit Mutter und Unterlegscheibe ausgebildet sein.

1.3 Wenn die Spannweite des Kreuzungsfeldes 50 m nicht überschreitet, dürfen abweichend von § 35 d) 1.2 Kupfer-, Bronze- und Stahlseile sowie Stahlaluminiumseile bis zu den in A. 2.2 genannten Mindestquerschnitten verwendet werden. Bei Verwendung von Seilen aus Aluminium und seinen Legierungen darf der Querschnitt nicht kleiner als 25 mm² sein. Bei Spannweiten über 50 m ist jeweils der nächsthöhere genormte Querschnitt zu wählen, wobei die Bestimmungen von § 32 b) 3.5---3.7 einzuhalten sind.

1.4 In den Endpunkten der Kreuzungsfelder sind bei Spannweiten bis 50 m Einfach- und Doppelholzmaste sowie Dachständer aus Stahlrohren und für die Aufnahme von Differenz- oder Winkelzügen Anker oder Streben zulässig.

Bei Spannweiten über 50 m sind Holzmaste als Abspannmaste auszuführen.

1.5 Für den lichten waagerechten Abstand der Maste der Starkstrom-Freileitung von Mitte des nächsten Gleises gilt die Bestimmung von § 35 b) 1.1.

1.6 Für den lotrechten Abstand zwischen den Leitern und der Schienenoberkante gelten die Bestimmungen von § 35 b) 1.2.

1.7 Wenn sich Starkstrom-Freileitungen Eisenbahnen so weit nähern, daß die Entfernung der Maste vom Rand der Anlage kleiner als die Gesamthöhe des nächststehenden Mastes der Starkstrom-Freileitung ist, so sind die Bestimmungen 1.1---1.4 entsprechend anzuwenden.

Außerdem müssen die mit dem Durchhang bei -40°C und durch eine Windlast nach § 15 a) ausgeschwungenen Leiter noch einen Abstand von mindestens 1,25 m von der Umgrenzung der Fahrzeuge haben.

1.8 Außer 1.1---1.7 gelten keine weiteren Bestimmungen von § 35 b) 1 und c)---g).

2. Zu § 35 b) 2 und c)---g): Eisenbahnen, die dem öffentlichen Personenverkehr dienen, mit Fahrleitung

2.1 Die Starkstrom-Freileitung ist im Kreuzungsbereich zu verkabeln. Ausnahmen hiervon sind nur in besonderen Fällen zulässig, z. B. wenn die Eisenbahn in einem Geländeeinschnitt liegt. In diesem Falle gelten die Bestimmungen von b) und c) 1.1---1.4.

2.2 Für den waagerechten Abstand geerdeter Bauteile der Starkstrom-Freileitung von Bauteilen der Fahrleitung gilt § 35 b) 2.1.

Für den Abstand der Leiter der Starkstrom-Freileitung von unter Spannung stehenden oder geerdeten Bauteilen der Fahrleitungsanlage gilt § 35 b) 2.2.

2.3 Wenn sich Starkstrom-Freileitungen Eisenbahnen mit Fahrleitung so weit nähern, daß die Entfernung der Maste vom Rande der Anlage kleiner als die Gesamthöhe des nächststehenden Mastes der Starkstrom-Freileitung ist, so sind die Bestimmungen von b) und c) 1.1---1.4 entsprechend anzuwenden. Außerdem müssen die mit dem Durchhang bei $+40^{\circ}\text{C}$ und durch eine Windlast nach § 15 a) ausgeschwungenen Leiter noch einen Abstand von mindestens 1,25 m von Bauteilen der Fahrleitungen oder von der Umgrenzung der Fahrzeuge einschließlich Stromabnehmern haben.

2.4 Außer 2.1---2.3 gelten keine weiteren Bestimmungen von § 35 b) 2 und c)---g).

3. Zu § 35 b) 3 und c)---g); Wasserstraßen, die in Anlage 2 der „Wasserstraßenkreuzungsvorschriften für fremde Starkstromanlagen WKV“ genannt sind

3.1 Bei Kreuzungen gelten die Bestimmungen von b) und c) 1.1---1.4.

3.2 Der lotrechte Abstand zwischen den Leitern und dem höchsten schiffbaren Wasserstand ist nach den Bestimmungen von § 35 b) 3 von Fall zu Fall besonders festzulegen.

3.3 Wenn sich Starkstrom-Freileitungen Wasserstraßen so weit nähern, daß die Entfernung der Maste vom Rande der Wasserstraße kleiner als die Gesamthöhe des nächststehenden Mastes der Starkstrom-Freileitung ist, so sind die Bestimmungen von b) und c) 1.1---1.4 entsprechend anzuwenden.

3.4 Außer 3.1---3.3 gelten keine weiteren Bestimmungen von § 35 b) 3 und c)---g).

4. Zu § 35 b) 4 und c)---g); Seilschwebbahnen und Standseilbahnen für den öffentlichen Personenverkehr

4.1 Starkstrom-Freileitungen, die Seilbahnen des öffentlichen Personenverkehrs kreuzen, sollen nach Möglichkeit verkabelt werden.

Für die Überkreuzung dieser Seilbahnen durch Starkstrom-Freileitungen gilt b) und c) 1.1---1.4 und § 35 b) 4.

Für die Unterkreuzung von Seilschwebbahnen durch Starkstrom-Freileitungen gilt § 35 a) 6.

4.2 Außer 4.1 gelten keine weiteren Bestimmungen von § 35 b) 4 und c)---g).

5. Zu § 35 b) 5 und c)---g): Fernmeldeanlagen

Es gelten die Bestimmungen von D. 1. b) und c) 12.

IV. Unterhaltung der Freileitungen

§ 37

Unterhaltung der Bauteile aus Stahl, Beton und Stahlbeton

a) Bauteile aus Stahl

Anstriche müssen rechtzeitig erneuert werden. Für die Beurteilung des Rostgrades siehe DIN 53 210.

Bei Rohren und dgl. ist dafür zu sorgen, daß sich in ihrem Innern kein Wasser ansammeln kann. Bei Masten mit Schwellengründungen sind Stichproben über den Zustand der Mastkonstruktionen und der Schwellen im Boden zu empfehlen.

Bei schwingungsanfälligen Leitungen empfehlen sich Kontrollen der Seile an den Klemmen.

b) Bauteile aus Beton und Stahlbeton

Betongründungen oder Betonschwellen sind bei besonderen Bodenverhältnissen von Zeit zu Zeit stichprobenweise auf ihren Zustand zu untersuchen und, soweit erforderlich, auszubessern.

Stahlbetonmaste sind auf gefährdende Risse zu beobachten. Ferner ist darauf zu achten, daß die Armierung entsprechend § 25 ausreichend mit einer Betonschicht überdeckt ist.

§ 38

Unterhaltung der Holzmaste

a) Der Zustand der Holzmaste muß überwacht werden. Dabei ist auf Insektenbefall und Fäulnis sowie auf den Zustand des Mastkopfes zu achten. Es werden Untersuchungen in Zwischenräumen von 3 Jahren empfohlen. Dabei sind solche Maste besonders sorgfältig zu überwachen, die in nicht natürlich gewachsenem Boden, in Ortschaften oder deren unmittelbarer Nähe, an Stellen, für die erhöhte Sicherheit vorgeschrieben ist, oder an solchen Stellen stehen, an denen sie mit Rücksicht auf die Beschaffenheit des Standortes häufigem Wechsel zwischen Feuchtigkeit und Trockenheit ausgesetzt sind. Waagrecht liegende Holzteile sind besonders sorgfältig zu überwachen.

b) Bei der Durchführung der Nachpflege sind Vorkehrungen zu treffen, daß Menschen und Tiere durch giftige Mittel nicht gefährdet werden.

c) Bei der Nachpflege ist darauf zu achten, daß stark zersetzte Holzteile vollständig entfernt werden. Um Übertragungen von Fäulnis zu verhindern, sollen die angefallenen Holzteile aus der Umgebung des Mastes entfernt werden.

Neben der Nachpflege der Maste an der besonders gefährdeten Erd-Luft-Zone ist auch einer Nachpflege der Zopfzone Beachtung zu schenken.

d) Bei Insektenbefall wird auf VDE 0215 verwiesen.

Anhang

Verzinkungsgüte verzinkter Stahldrähte und sonstiger verzinkter Bauteile, Anforderungen und Prüfverfahren

a) Verzinkte Stahldrähte

1. Allgemeines

Für die Verzinkung der Drähte dürfen nur Zinkbarren mit einem Mindestgehalt an Reinzink von 99,5% verwendet werden.

Geprüft werden:

- 1.1 Die Gewichtsmenge von Zink auf dem Stahldraht,
- 1.2 die Gleichmäßigkeit der Verteilung des Zinkes auf der Drahtoberfläche,
- 1.3 die Haftfestigkeit des Zinküberzuges.

Zu 1.1 Die Gewichtsmenge an Zink auf dem Stahldraht wird durch das Zinkgewicht in g/m² entzinkter Drahtoberfläche ausgedrückt. Die Zinkschicht wird in einem Säurebad abgelöst. Diesem sind Stoffe zugesetzt, die einen Angriff der Säure auf den Drahtkern verzögern.

Das Gewicht des abgelösten Zinkes wird entweder durch Wägung der Drahtprobe vor und nach dem Ablösen der Zinkschicht direkt ermittelt oder durch die Volumenmessung des entwickelten Wasserstoffes indirekt bestimmt.

Zu 1.2 Die Gleichmäßigkeit der Verteilung der Zinkschicht wird durch den Tauchversuch in Kupfervitriollösung nachgeprüft. Diese Prüfung stützt sich auf die Eigenschaften des Zinkes und des Eisens, aus einer wässrigen Lösung von Kupfersulfat das Kupfer auszuscheiden und an dessen Stelle in die Verbindung einzutreten. Durch Zink wird das Kupfer als schwarzes Pulver ausgefällt, während es sich in Gegenwart von Eisen als fest haftender, hellroter metallischer Überzug auf diesem niederschlägt. Das Erscheinen dieses fest haftenden hellroten Kupferniederschlags zeigt an, daß der Zinküberzug an der betreffenden Stelle abgeätzt ist.

Zu 1.3 Die Prüfung des Zinküberzuges auf Haftfestigkeit wird mit dem Tauchversuch unter 1.2 in der Form verbunden, daß eine Drahtprobe um einen Dorn vom 8fachen Drahtdurchmesser aufgewickelt, wieder abgewickelt und dann dem Tauchversuch unterzogen wird. Bei dem Wickelversuch darf der Zinküberzug nicht abblättern. Abblättern bedeutet hierbei, daß sich Teilchen der Zinkschicht durch Reiben mit dem Fingernagel leicht ablösen lassen.

An Stellen, an denen der Zinküberzug dieser Wickelprobe nicht standgehalten hat, bildet sich ein festhaftender hellroter Kupferniederschlag auf dem Stahlkern.

2. Anforderungen

2.1 Zinkauflage

Die Zinkauflage muß mindestens die Werte der Tafel 13 erreichen:

Tafel 13. Zinkauflage

Draht-Neendurchmesser mm	Zinkauflage	
	Prüffestigkeit der Drähte	
	< 60 kg/mm ² g/m ²	≥ 60 kg/mm ² g/m ²
1,35 ... 1,50	180	180
über 1,50 ... 1,80	200	195
„ 1,80 ... 2,20	—	210
„ 1,80 ... 2,50	225	—
2,20 ... 2,80	—	225
2,50 ... 3,20	250	—
2,80 ... 3,20	—	240
3,20 ... 4,00	275	—

Tafel 14. Tauchzahlen

Draht-Neendurchmesser mm	Zahl der Tauchungen
1,35 ... 1,50	3
über 1,50 ... 2,00	4
„ 2,00 ... 2,70	5
„ 2,70 ... 3,20	6
„ 3,20 ... 4,00	7

2.2 Tauchungen

Die um einen Dorn vom 8fachen Drahtdurchmesser auf- und wieder abgewickelten Drahtproben müssen mindestens die Tauchzahlen nach Tafel 14 aushalten:

Tafel 14 gilt für alle Drähte ohne Rücksicht auf ihre Prüffestigkeit.

3. Abnahmeprüfung

Bei der Probeentnahme ist darauf zu achten, daß der Zinküberzug nicht beschädigt wird. Dies gilt besonders bei Drahtproben aus Seilen. Vor der Durchführung der Prüfungen sind die Proben nötigenfalls durch Abreiben mit Äther, Benzin oder Tetrachlorkohlenstoff zu entfetten.

3.1 Zinkauflage

Bei der laufenden Überwachung der Drahtherstellung und bei Abnahmen wird die absolute Gewichtsmenge an Zink auf dem Stahldraht am zweckmäßigsten mit dem Apparat von Dr. Keller (mit der zugehörigen Tabelle) festgestellt.

In Zweifelsfällen und als Schiedsverfahren ist jedoch die Zinkauflage durch Wägung in folgender Weise zu bestimmen (gewichtsmäßige Bestimmung):

Eine Drahtprobe von etwa 30 cm Länge wird zu einer losen Spirale gebogen, mit Alkohol gewaschen, getrocknet, genau gewogen und vollständig in Salzsäure (Wichte 1,19) eingetaucht, die Antimontrichlorid enthält. Auf je 100 cm³ Salzsäure werden 5 cm³ einer Lösung zugesetzt, die aus 20 g Antimontrioxyd oder 32 g Antimontrichlorid in 1000 cm³ Salzsäure (Wichte 1,19) besteht.

Nach Beendigung der Wasserstoffentwicklung wird die Drahtprobe aus der Flüssigkeit herausgenommen, mit Wasser abgespült, mit einem Tuch abgewischt, in Alkohol getaucht, getrocknet und wieder genau gewogen.

Die Zinkauflage in g/m² ergibt sich dann aus der Formel

$$Z = 1950 \cdot d \cdot \frac{G_1 - G_2}{G_2}$$

Hierin bedeutet:

- Z die gesuchte Zinkauflage in g/m²,
- d den Drahtdurchmesser in mm nach dem Ablösen der Zinkschicht,
- G₁ das Gewicht der Drahtprobe in g vor dem Ablösen der Zinkschicht,
- G₂ das Gewicht der Drahtprobe in g nach dem Ablösen der Zinkschicht.

Das Gewicht ist auf volle Gramm abzurunden.

3.2 Tauchungen

3.21 Herstellung der Kupfervitriollösung:

1 Gewichtsteil chemisch reines kristallisiertes Kupfersulfat wird in 5 Gewichtsteilen destilliertem Wasser gelöst und die Lösung mit Kupferkarbonat neutralisiert. Die fertige Lösung soll bei 20° C eine Wichte von 1,113...1,115 besitzen.

3.22 Durchführung der Prüfung

Eine Drahtprobe von etwa 50 cm Länge wird in eng aneinanderliegenden Windungen um einen Dorn vom 8fachen Nennndurchmesser des Drahtes aufgewickelt, wieder abgewickelt und von Hand annähernd gerade gerichtet. Aus der Probemitte wird ein Drahtstück von etwa 30 cm Länge herausgeschnitten und möglichst senkrecht etwa 20 cm tief in die Kupfervitriollösung eingetaucht. Während der Eintauchdauer darf die Drahtprobe in der Flüssigkeit nicht bewegt werden. Nach einer Zeit von genau 1 min wird die Probe heraus-

genommen, schnell gut mit frischem Wasser abgespült und mit sauberer Watte oder einem weichen Tuch abgewischt. Dieser Vorgang wird als eine Tauchung bezeichnet.

Die Drahtproben müssen die in der Tafel 14 angegebene Tauchzahl aushalten, ohne daß sich ein zusammenhängender*) Belag von hellrotem metallischem Kupfer zeigt, der sich durch Abspülen und Abwischen nicht mehr entfernen läßt. Ein Kupferbelag bis 3 cm von einer Schnittstelle bleibt dabei unberücksichtigt.

Das verwendete Gefäß soll einen Durchmesser von mindestens 6 cm haben. Nicht mehr als 7 Drahtproben dürfen gleichzeitig eingetaucht werden. Nach jeder Reihe von Tauchungen soll die Lösung erneuert werden. Die Temperatur der Lösung muß zwischen 18° C und 20° C gehalten werden.

b) Maste und sonstige verzinkte Bauteile

1. Anforderungen

Für die Verzinkung dieser Teile kommt Feuerverzinkung, galvanische Verzinkung oder Spritzverzinkung in Frage, jedoch ist, soweit es die Formgebung der Bauteile zuläßt, Feuerverzinkung vorzuziehen. Wenn in Sonderfällen für Armaturen Einzelteile aus rostfreiem Stahl verwendet werden, erübrigt sich eine Verzinkung. Bei galvanischer Verzinkung oder Spritzverzinkung müssen die Gegenstände noch mit einem, die Schutzwirkung erhöhenden Überzug, z. B. Firnis, versehen werden.

Für die Verzinkung darf nur Original-Hüttenroh-zink mit mindestens 98,5 % Reinheit verwendet werden. Dieser Reinheitsgrad des Zinkbades ist laufend zu überwachen und erforderlichenfalls nachzuweisen. Remelted-Zink darf nur in dem Umfange zugesetzt werden, als das Zinkbad noch einem Reinheitsgrad von 98,5 % entspricht. Die restlichen 1,5 % bestehen aus Zusätzen an Zinn, Blei und Aluminium, welche die Korrosionsbeständigkeit, Haftung und Elastizität der Zinkhaut gewährleisten.

Bei feuerverzinkten Schrauben und Muttern von M 16 und kleiner muß eine Zinkschicht von 40...60 µ gewährleistet werden, wobei eine Dicke von im Mittel 60 µ einer Zinkauflage von etwa 425 g/m² entspricht. Für alle anderen feuerverzinkten Teile muß eine Zinkschicht von 60...70 µ gewährleistet werden, wobei eine Dicke von im Mittel 70 µ einer Zinkauflage von etwa 500 g/m² entspricht.

Schrauben oder sonstige mit Außengewinde versehene Teile sind so zu verzinken, daß sie möglichst die gleiche Lebensdauer wie die übrigen verzinkten Stahlteile haben. Werden Schrauben und Muttern feuerverzinkt, so darf das Gewinde der Mutter so weit nachgeschnitten werden, daß die Mutter auf der Schraube gängig ist.

2. Prüfung

Für die Prüfung der Verzinkungsgüte ist maßgebend:

- 2.1 die augenscheinliche Beurteilung der Zinkschicht,
- 2.2 die Gleichmäßigkeit der Verteilung des Zinkes auf der Stahloberfläche,
- 2.3 die Haftfestigkeit des Zinküberzuges,
- 2.4 die Gewichtsmenge oder Dicke der aufgetragenen Zinkschicht.

Zu 2.1 Die Zinkhaut muß zusammenhängend sein und darf keinerlei Poren zeigen.

Zu 2.2 Die Gleichmäßigkeit der Verteilung der Zinkschicht wird durch einen Tauchversuch [siehe

*) Als zusammenhängend gilt ein Belag, der entweder eine Fläche von mindestens 50 mm², also etwa die eines Kreises von 8 mm Durchmesser hat, oder in irgendeiner Ausdehnung die Länge von 40 mm überschreitet.

a) 3.22] in gesättigter*) Kupfervitriollösung nachgeprüft. Die Lösung ist gesättigt, wenn

39 Gewichtsteile Kupfervitriol bei $+ 20^{\circ}\text{C}$ in 100 Gewichtsteilen Wasser enthalten sind.

Man setzt zweckmäßig eine Lösung von 40 Gewichtsteilen Kupfervitriol und 100 Gewichtsteilen Wasser an und gibt allmählich noch so viel Kupfervitriol hinzu, bis ein ungelöster Überschuß am Boden des Gefäßes liegen bleibt. Um etwaige freie Säure zu neutralisieren, ist der Zusatz von Kupferkarbonat notwendig. Die fertige Lösung soll bei 20°C eine Wichte von etwa 1,19 besitzen.

Die zur Prüfung zu benutzenden Gefäße müssen ein im Verhältnis zur Oberfläche ausreichendes Fassungsvermögen**) haben.

Die Prüfungsgegenstände müssen die nachfolgend angeführte Zahl von Tauchungen aus-

halten, bevor sich ein zusammenhängender***) Kupferbelag zeigt:

Spritzverzinkte oder galvanisch verzinkte Teile 3 Tauchungen,

feuerverzinkte Schrauben und Muttern für M 16 und kleiner 5 Tauchungen,

alle übrigen feuerverzinkten Teile 7 Tauchungen.

Zu 2.3 Die Prüfung der Haftfestigkeit ist nur an gewissen Teilen möglich. Wo sie durchführbar ist, ist das Prüfstück um 90° hin und her zu biegen und dann einem Tauchversuch nach b) 2.2 zu unterwerfen. An Stellen, an denen die Zinküberzüge dieser Biegeprüfung nicht standgehalten haben, bildet sich dann ein roter Kupferniederschlag auf dem freiliegenden Eisenteil.

Zu 2.4 Nach Möglichkeit ist die Gewichtsmenge an Zink oder die Dicke der aufgetragenen Zinkschicht nach einem geeigneten Prüfverfahren zu bestimmen.

*) Eine gesättigte Lösung ist vorgesehen, weil eine 20%ige Lösung zu geringe Ätzwirkung hat und die Prüfdauer, namentlich bei umfangreichen Prüfstücken, erheblich verlängern würde.

**) Das Fassungsvermögen ist ausreichend, wenn die Flüssigkeitsmenge bei größeren Prüfgegenständen mindestens das 8fache Gewicht des zu prüfenden Körpers hat, oder wenn bei kleineren Gegenständen ihr Abstand von der Gefäßwand an allen Stellen mindestens 5 cm beträgt.

***) Siehe Fußnote *) zu a) 3.22.

— MBl. NW. 1959 S. 2785.

Einzelpreis dieser Nummer 2,40 DM.

Einzellieferungen nur durch die August Bagel Verlag GmbH., Düsseldorf, gegen Voreinsendung des Betrages zuzügl. Versandkosten (je Einzelheft 0,15 DM) auf das Postscheckkonto Köln 85 16 oder auf das Girokonto 35 415 bei der Rhein. Girozentrale und Provinzialbank Düsseldorf. (Der Verlag bittet, keine Postwertzeichen einzusenden.)

Herausgegeben von der Landesregierung Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Elisabethstraße 5. Druck: A. Bagel, Düsseldorf; Vertrieb: August Bagel Verlag GmbH., Düsseldorf. Bezug der Ausgabe A (zweiseitiger Druck) und B (einseitiger Druck) durch die Post. Bezugspreis vierteljährlich Ausgabe A 6,— DM, Ausgabe B 7,20 DM.