

Bau von Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen über 1 kV

DIN
VDE 0210

Diese auch von Vorstand des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE) e.V. genehmigte Norm ist damit zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist unter obenstehender Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.

Planning and design of overhead power lines
with rated voltages above 1 kV

Ersatz für
VDE 0210/05.69

Für den Anwendungsbereich dieser Norm bestehen keine entsprechenden regionalen oder internationalen Normen. Der Norminhalt war veröffentlicht im Entwurf DIN 57210/VDE 0210/04.83.

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm (VDE-Bestimmung) gilt ab 1. Dezember 1985.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	2
2 Begriffe	2
3 Allgemeine Anforderungen	3
4 Leiter	3
5 Zubehörteile für Leiter	7
6 Isolatoren, Isolatorketten	7
7 Zubehörteile für Isolatorketten und sonstige Leiterbefestigungen	8
8 Maste	8
9 Gründungen	20
10 Erdungen	29
11 Mindestabstände innerhalb der Freileitung	29
12 Mindestabstände im Gelände	31
13 Mindestabstände und Leitungsausführung im Bereich von baulichen Anlagen und Verkehrsräumen	31
14 Besondere Bestimmungen für Kreuzungen und Näherungen	38
Anhang A Verzinkung von Masten und sonstigen Bauteilen	38
Zitierte Normen und andere Unterlagen	39
Frühere Ausgaben	41
Änderungen	41
Erläuterungen	42

Fortsetzung Seite 2 bis 46

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für den Bau von Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen über 1 kV.

Sie gilt auch für den Bau von Fernmeldelinien an Gestängen von Starkstrom-Freileitungen.

2 Begriffe

2.1 Freileitung

Freileitung ist die Gesamtheit einer Anlage zur oberirdischen Fortleitung von elektrischer Energie, bestehend aus Stützpunkten und Leitungsteilen.

Stützpunkte umfassen Maste, deren Gründungen und Erdungen.

Leitungsteile umfassen oberirdisch verlegte Leiter und Isolatoren jeweils mit Zubehörteilen.

2.2 Maste

Maste sind Teile der Stützpunkte, bestehend aus Mastschaft, Erdseilstütze(n) und Querträger(n). Sie haben nach den Abschnitten 2.2.1 bis 2.2.7 folgende Funktionen.

2.2.1 Tragmaste tragen die Leiter in gerader Strecke.

2.2.2 Winkeltragmaste übernehmen die Funktion der Tragmaste in Winkelpunkten.

2.2.3 Winkelmaste nehmen die resultierenden Leiterzugkräfte in Winkelpunkten auf.

2.2.4 Abspann- und Winkelabspannmaste nehmen die Leiterzugkräfte in Leitungsrichtung bzw. in Richtung der Gesamtmittelkraft auf und sind zusätzliche Festpunkte in der Leitung.

2.2.5 Endmaste nehmen die gesamten einseitigen Leiterzugkräfte auf.

2.2.6 Sondermaste übernehmen eine oder mehrere der vorgenannten Funktionen.

2.2.7 Abgespannte Maste haben zur Erzielung der Standfestigkeit des Mastes zusätzlich Abspannseile.

2.2.8 Nutzzugkraft eines Mastes ist die an der Mastspitze horizontal angreifende zulässige Gesamtzugkraft abzüglich der auf die Mastspitze bezogenen Windlast auf den Mast.

2.2.9 Hoch- oder Tiefzugkräfte sind die infolge unterschiedlicher Höhenlage der Aufhängepunkte auftretenden Komponenten der Leiterzugkräfte. Sie wirken entgegen bzw. in Richtung der Leitereigengewichtskräfte.

2.2.10 Zusatzlast berücksichtigt die Belastung der Leiter, Isolatoren und Marker durch Eis, Reif und Schnee. Längs eines Leiters ist sie in jedem Spannungsfeld als gleichmäßig verteilt anzunehmen.

2.2.11 Spannweite ist die waagerechte Entfernung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Stützpunkten. (Für die Ermittlung der waagerechten Entfernung der Aufhängepunkte eines Leiterseiles ist gegebenenfalls die Winkelstellung der Querträger zu berücksichtigen.)

2.2.12 Windspannweite eines Mastes ist das arithmetische Mittel der Längen der beiden angrenzenden Spannungsfelder.

2.2.13 Unter **Ausrüstung eines Mastes** werden alle Teile zusammengefaßt, die nicht Teil der Mastkonstruk-

tion oder der Leiter sind. Dazu gehören Isolatoren und Armaturen.

2.3 Gründungen

Gründungen sind Teile der Stützpunkte und haben die Aufgabe, die aus dem Mast kommenden Bauwerkslasten in den Baugrund einzuleiten und zugleich den Mast vor kritischen Baugrundbewegungen zu schützen.

2.3.1 Kompaktgründungen nehmen den Mast in einem einzigen Fundamentkörper auf.

2.3.2 Aufgeteilte Gründungen nehmen die Eckstiele des Mastes in getrennten Fundamentkörpern auf.

2.3.3 Nennlast eines Fundaments ist die vom Mast auf das Fundament bei einem definierten Lastfall abgegebene Belastung.

2.3.4 Grenzlast eines Fundaments ist die Last, unter der das Fundament versagt. Das Versagen ist durch unzulässig große Fundamentbewegungen gekennzeichnet und tritt im Übergangsbereich zwischen stabilem und labilem Gleichgewichtszustand ein.

2.4 Leiter

Leiter sind die zwischen den Stützpunkten einer Freileitung frei gespannten blanken oder umhüllten, isolierten oder geerdeten Seile, unabhängig davon, ob sie unter Spannung stehen oder nicht.

2.4.1 Bündelleiter sind Anordnungen von zwei oder mehr an Stelle eines Einfachleiters verwendeten und auf ihrer ganzen Länge in annähernd gleichem Abstand gehaltenen Teilleitern.

2.4.2 Nennkraft eines Leiters ist das 0,95fache der rechnerischen Bruchkraft nach den Normen der Reihe DIN 48201, DIN 48204 und DIN 48206.

2.4.3 Querschnittsbezogene Längengewichtskraft (QLK) ist die Kraft je m Leiterlänge und je mm² Sollquerschnitt.

2.4.4 Nennquerschnitt eines Leiters ist die zur Bezeichnung dienende Querschnittsangabe.

2.4.5 Sollquerschnitt eines Leiters ist der sich aus dem Aufbau ergebende Metallquerschnitt ohne Berücksichtigung der Fertigungstoleranzen.

2.4.6 Zugspannung eines Leiters ist der Rechenwert, der sich aus der Leiterzugkraft geteilt durch den Sollquerschnitt ergibt.

2.4.7 Höchstzugspannung ist die Horizontalkomponente der gewählten größten Leiterzugspannung, die unter Einbaubedingungen und den gewählten Lastannahmen auftritt.

2.4.8 Zulässige Höchstzugspannung nach Tabelle 3, Spalte 6, ist die Horizontalkomponente der Leiterzugspannung.

2.4.9 Dauerzugspannung ist die Zugspannung, die ein Leiter ein Jahr lang aushält, ohne zu reißen.

2.4.10 Mittelzugspannung ist die Horizontalkomponente der Leiterzugspannung, die bei der Jahresmitteltemperatur (in der Regel +10°C) ohne Windlast auftritt.

2.4.11 Höchstzugkraft eines Leiters ist das Produkt aus Sollquerschnitt und Höchstzugspannung.

2.4.12 Leitertemperatur ist die Temperatur eines Leiters unter dem Einfluß von Umgebungstemperatur, Wind und Betriebsstrom.

2.4.13 Durchhang eines Leiters ist der lotrechte Abstand zwischen dem Leiter und der Verbindungslinie der Seilaufhängepunkte (Tragpunkte) bzw. Befestigungspunkte am Stützpunkt (Abspannungen).

2.5 Isolatoren

Isolatoren dienen der Isolation spannungsführender Leiter gegenüber geerdeten oder anderen spannungsführenden Teilen.

Die Begriffe für Isolatoren sind in DIN VDE 0441 Teil 2 und DIN VDE 0446 Teil 1 festgelegt.

2.5.1 Mehrfach-Isolatorkette ist eine Anordnung mit mehreren Isolatorkettensträngen.

2.5.2 Stückprüfkraft eines Isolators ist die statische Kraft, mit der jeder Isolator nach den in DIN VDE 0446 Teil 1 festgelegten Bedingungen geprüft werden muß.

2.6 Armaturen

Armaturen dienen der mechanischen Befestigung, der elektrischen Verbindung und dem Schutz von Leitern und Isolatoren.

Die Begriffe für Armaturen, Zubehörteile für Leiter und Zubehörteile für Isolatorketten und sonstige Leiterbefestigungen sind in DIN VDE 0212 Teil 50 festgelegt.

2.6.1 Zubehörteile für Leiter sind Bauteile, die mit dem Leiter unmittelbar in Verbindung stehen und zum Abspannen, Tragen oder Verbinden derselben dienen. Hierzu gehören auch Schwingungsschutzarmaturen und Bündelleiter-Feldabstandhalter.

2.6.2 Zubehörteile für Isolatorketten und sonstige Leiterbefestigungen sind Bauteile, die zum Verbinden der Abspann- oder Tragelemente (Zubehörteile für Leiter) mit den Stützpunkten dienen. Bei Isolatorketten fallen hierunter auch die Teile zum Verbinden der Isolatoren. Die Isolatoren zählen nicht hierzu.

Üblicherweise handelt es sich, mit Ausnahme von Isolatoren, um alle durch die Leiterzugkraft oder durch das Leitergewicht mechanisch beanspruchten Bauteile zwischen der Baugruppe der Abspann- oder Tragklemmen und dem ersten lösbaren Bauteil am Stützpunkt, z. B. Verbindungsbolzen oder U-Bügel. Hierzu gehören auch Lichtbogen- und Glimmschutzarmaturen.

2.7 Leitungsausführung

2.7.1 Abspannabschnitt ist der zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abspannstützpunkten liegende Teil einer Freileitung.

2.7.2 Spannfeld ist der zwischen zwei aufeinanderfolgenden Stützpunkten liegende Teil einer Freileitung.

2.7.3 Kreuzungsfeld ist der zwischen zwei aufeinanderfolgenden Stützpunkten liegende Teil einer Freileitung über oder unter einer gekreuzten Anlage.

2.7.4 Abstände im Sinne der Abschnitte 11, 12 und 13 sind Mindestabstände und dürfen unter Berücksichtigung des „größten Durchhangs“ bei der gewählten Leitertemperatur nach den Abschnitten 4.3.1 bzw. 4.3.2 nicht unterschritten werden.

3 Allgemeine Anforderungen

Alle Bauteile einer Freileitung sind so auszuwählen, auszubilden und einzubauen, daß sie sich unter den regelmäßig zu erwartenden klimatischen Bedingungen, unter der Betriebsspannung, unter Einwirkung des Betriebs-

stromes und unter der zu erwartenden Kurzschlußbeanspruchung betriebssicher verhalten. Soweit erforderlich, ist der Einfluß von atmosphärischen Überspannungen und Schaltüberspannungen zu berücksichtigen.

Diese Anforderungen sind erfüllt, wenn eine Leitung entsprechend den nachfolgenden Festlegungen errichtet wird.

Für Betrieb und Instandhaltung ist DIN VDE 0105 Teil 1 maßgebend.

4 Leiter

4.1 Bemessung

4.1.1 Thermische Bemessung

Werkstoff und Querschnitt eines Leiters sind so zu wählen, daß der Leiter unter Belastung durch den maximalen Betriebsstrom unter Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen oder durch die höchste zu erwartende Kurzschlußbeanspruchung keine Temperatur annimmt, die zu einer unzulässigen Verminderung seiner mechanischen Festigkeit führt.

Angaben über die Dauerstrombelastbarkeit genormter Leiter sind in den Normen der Reihe DIN 48201, DIN 48204 und DIN 48206 enthalten.

Für die mechanische und thermische Kurzschlußfestigkeit ist DIN VDE 0103 maßgebend. Abweichend hiervon ist die zulässige Leitertemperatur auf die Werte nach Tabelle 1 zu begrenzen.

Tabelle 1. Zulässige Leitertemperaturen bei Kurzschlußbeanspruchung

Leiterart	Werkstoff	zulässige Leitertemperatur in °C bei Kurzschluß
Einwerkstoff-leiter	Cu	170
	Al	130
	E-AlMgSi	160
	St	200
Verbundleiter	Al/St	160
	E-AlMgSi/St	160

4.1.2 Mechanische Bemessung

4.1.2.1 Beanspruchung bei Höchstzugspannung

Bei -5 °C und der normalen Zusatzlast nach Abschnitt 8.1.1.2 und

bei -20 °C ohne Zusatz- und ohne Windlast und

bei $+5\text{ °C}$ und der Windlast nach Abschnitt 8.1.2.1

darf die Horizontalkomponente der Leiterzugspannung die zulässige Höchstzugspannung nach Tabelle 3, Spalte 6, nicht überschreiten.

In diesen Fällen darf ferner die Leiterzugspannung an den Aufhängepunkten die zulässige Höchstzugspannung um nicht mehr als 5 % überschreiten. Bei Spannungsfeldern mit annähernd gleich hohen Aufhängepunkten erübrigt sich eine Nachprüfung, wenn der Durchhang nach Abschnitt 4.3 etwa 4 % der Spannweite nicht überschreitet.

Bei -5 °C und der erhöhten Zusatzlast nach Abschnitt 8.1.1.2 und

bei -5 °C und der normalen Zusatzlast mit Windlast nach Abschnitt 8.2.1.3 und

bei -5 °C und der erhöhten Zusatzlast mit Windlast nach Abschnitt 8.2.1.3

brauchen die zulässigen Höchstzugspannung nach Tabelle 3, Spalte 6, nicht eingehalten zu werden, jedoch sind die Bedingungen bei Dauerzugspannung nach Abschnitt 4.1.2.2 zu beachten.

Für selbsttragende metallbewehrte Fernmeldeluftkabel ist die zulässige Höchstzugspannung in Anlehnung an Tabelle 3, Spalte 6, entsprechend Werkstoff und Aufbau ihrer tragenden Bewehrung zu wählen.

4.1.2.2 Beanspruchung bei Dauerzugspannung

Bei -5 °C und der dreifachen normalen oder der zweifachen erhöhten Zusatzlast nach Abschnitt 8.1.1.2 oder

bei -5 °C und der normalen Zusatzlast mit Windlast nach Abschnitt 8.2.1.3 oder

bei -5 °C und der erhöhten Zusatzlast mit Windlast nach Abschnitt 8.2.1.3

darf die Leiterzugspannung an den Aufhängepunkten die Dauerzugspannung nach Tabelle 3, Spalte 8, nicht überschreiten, wobei der größere Wert gilt.

Für selbsttragende metallbewehrte Fernmeldeluftkabel ist die Dauerzugspannung in Anlehnung an Tabelle 3, Spalte 8, entsprechend Werkstoff und Aufbau ihrer tragenden Bewehrung zu wählen.

4.1.2.3 Beanspruchung bei Mittelzugspannung

Bei der Jahresmitteltemperatur, die in der Regel mit $+10\text{ °C}$ angenommen werden kann, soll ohne Windlast die Horizontalkomponente der Leiterzugspannung die Mittelzugspannung nach Tabelle 3, Spalte 7, nicht überschreiten.

Im Einzelfall kann je nach Ausbildung der Tragpunkte und der Wirksamkeit des Schwingungsschutzes die Horizontalkomponente der Leiterzugspannung die Mittelzugspannung nach Tabelle 3, Spalte 7, um bis zu 25 % überschreiten.

Für selbsttragende metallbewehrte Fernmeldeluftkabel ist die Mittelzugspannung in Anlehnung an Tabelle 3, Spalte 7, entsprechend Werkstoff und Aufbau ihrer tragenden Bewehrung zu wählen.

4.1.2.4 Beanspruchung durch winderregte Schwingungen

Leiter werden durch laminare Luftströmungen zu Schwingungen angeregt, die zu Schäden in Form von Brüchen einzelner Drähte und schließlich des gesamten Leiters führen können. Häufigkeit und Intensität der zu erwartenden Schwingungen hängen von Werkstoff, Aufbau und Querschnitt des Leiters, von der Höhe der Mittelzugspannung, von den örtlichen Wind- und Gelände-verhältnissen, von der Ausbildung der Tragpunkte und den dort eingesetzten Bauteilen sowie von der Spannweite und der Höhe der Leiter über der Erdoberfläche ab.

Bei der Wahl der Mittelzugspannung nach Abschnitt 4.1.2.3 besteht bei Verbundleitern aus Aluminium und Stahl sowie bei Einwerkstoffleitern aus Kupfer, aus Stahl, aus Cu-Knetlegierungen und aus Al-ummanteltem Stahl unter günstigen Umgebungsbedingungen und geeigneter Ausbildung der Tragpunkte nur ein geringes Risiko für Schwingungsschäden an den Leitern. Bei schwingungsanfälligen Leitungen kann dann durch zusätzliche Schwingungsschutzeinrichtungen möglichen Schwingungsschäden wirksam begegnet werden.

Leiter mit geringem Stahlanteil, Einwerkstoffleiter aus Aluminium oder E-AlMgSi und Verbundleiter aus E-AlMgSi und Stahl sowie Leiter mit Durchmessern größer als 25 mm und Leiter in Spannweiten über 500 m neigen eher zu Schwingungen.

Wenn erhöhte Schwingungsneigung angenommen werden muß oder festgestellt wird, ist durch geeignete Wahl der Bauformen der Tragpunkte und/oder der Dämpfungseinrichtungen für einen wirksamen Schutz der Leiter zu sorgen.

4.2 Ausführung

4.2.1 Werkstoffe

Für genormte Leiter sind die Werkstoffe in den DIN-Normen festgelegt.

Soweit für nicht genormte Leiter Werkstoffe verwendet werden, deren mechanische und elektrische Werte der Tabelle 3 und den DIN-Normen entsprechen, erübrigen sich Eignungsnachweise.

Werden Werkstoffe verwendet, deren mechanische und elektrische Werte von Tabelle 3 und den DIN-Normen abweichen, sind ihre Eigenschaften und ihre Eignung für den Anwendungsfall nachzuweisen.

4.2.2 Beschaffenheit

Für die Beschaffenheit und Maße genormter Leiter sind die Normen der Reihe DIN 48200, Normen der Reihe DIN 48201, Normen der Reihe DIN 48203, DIN 48204 und DIN 48206 maßgebend.

Für nicht genormte Leiter sind ihre Eigenschaften und ihre Eignung für den Anwendungsfall nachzuweisen.

Dies gilt auch für selbsttragende metallbewehrte Fernmeldeluftkabel nach DIN VDE 0818.

4.2.3 Mindestquerschnitte

Tabelle 2. Mindestquerschnitte

Werkstoff	Nennquerschnitt mm ²
Aluminium-Stahl nach DIN 48 204	35/6
Aluminium nach DIN 48 201 Teil 5	50
E-AlMgSi/St nach DIN 48 206	35/6
E-AlMgSi nach DIN 48 201 Teil 6	35
Kupfer nach DIN 48 201 Teil 1	25
Kupfer-Knetlegierungen nach DIN 48 201 Teil 2	25
Stahl nach DIN 48 201 Teil 3	25
Stahl, aluminium-ummantelt nach DIN 48 201 Teil 8	25

Eindrängige Leiter dürfen nicht verwendet werden.

4.2.4 Prüfung

Für die Prüfung der Leiter sind die Normen der Reihe DIN 48203 maßgebend.

4.3 Durchhang

4.3.1 Als größter Durchhang gilt der größere der Werte, die sich ergeben

bei -5 °C Leitertemperatur und normaler oder erhöhter Zusatzlast nach Abschnitt 8.1.1.2 oder

bei $+40\text{ °C}$ Leitertemperatur ohne Zusatzlast.

Tabelle 3. Aufbau, mechanische Festwerte, zulässige Höchst-, Mittel- und Dauerzugspannungen für genormte Leiter nach den Normen der Reihe DIN 48201, DIN 48204 und DIN 48206

1	2		3	4	5	6	7	8		
Leiterwerkstoff	Quer- schnitts- verhältnis	Anzahl der Drähte	Querschnitts- bezogene Längen- gewichtskraft QLK $\left(\frac{N}{m \cdot mm^2}\right)$	Längen- ausdehnungs- koeffizient ϵ_1 $\left(\frac{10^{-6}}{K}\right)$	Praktischer Elastizitäts- modul E kN/mm ²	Zulässige Höchstzug- spannung N/mm ²	Mittelzug- spannung N/mm ²	Dauerzug- spannung N/mm ²		
Al/St DIN 48 204 bzw. E-AlMgSi/St (Aldrey/Stahl)	1,4	14/7	0,0491	15,0	110	Al/St 240	Al/St 90	Al/St 401		
		14/19				E-AlMgSi/St 270	E-AlMgSi/St 104	E-AlMgSi/St 464		
	1,7	12/7	0,0466	15,3	107	220	84	368		
	4,3	30/7	0,0375	17,8	82	140	57	240		
	6,0	6/1	0,0350	19,2	81	120	56	208		
26/7		18,9		328						
DIN 48 206	7,7	24/7	0,0336	19,6	74	110	52	189		
		54/7		19,3					63	284
		54/19		19,4						
	11,3	48/7	0,0320	20,5	62	95	44	53	165	
	14,5	45/7	0,0309	20,9	61	90	40	50	152	
23,1	72/7	0,0298	21,7	60	80	35	—	130		

Tabelle 3. (Fortsetzung)

1	Leiterwerkstoff		2	3	4	5	6	7	8
	Querschnittsverhältnis	Anzahl der Drähte	Querschnittsbezogene Längengewichtskraft QLK $\left(\frac{N}{m \cdot mm^2}\right)$	Längenausdehnungskoeffizient ε_l $\left(\frac{10^{-6}}{K}\right)$	Praktischer Elastizitätsmodul E kN/mm ²	Zulässige Höchstzugspannung N/mm ²	Mittelzugspannung N/mm ²	Dauerzugspannung N/mm ²	
Al DIN 48 201 Teil 5		7	0,0275	23,0	60	70	30	120	
		19			57				
		37			55				
		61			60				
		91			57				
E-AlMgSi (Aldrey) DIN 48 201 Teil 6		7	0,0275	23,0	60	140	44	240	
		19			57				
		37			55				
		61			113				
		91			105				
Cu DIN 48 201 Teil 1		7	0,0906	17,0	113	175	85	300	
		19			105				
		37			100				
		61			113				
		7			105				
Cu-Knetlegierungen Bz I ... Bz III DIN 48 201 Teil 2		7	0,0906	17,0	113	I 235 Bz II 295 III 365	100	400	
		19			105				
		37			100				
		61			160				
		7			180				
Stahl St I—St IV DIN 48 201 Teil 3		7	0,0792	11,0	180	I 160 II 280 St III 450 IV 550	120	320	
		19			175				
		37			130				
		61			150				
		7			1100				
Al-ummantelter Stahl DIN 48 201 Teil 8		7	0,0671	13,0	159	567	137	1112	
		19			157				
		37							
		61							
		7							

4.3.2 Bei Leitungen, bei denen auch im Sommer hohe Strombelastungen zu erwarten sind, ist bei der Ermittlung des größten Durchhangs mit einer von + 40 °C abweichenden höheren Leitertemperatur zu rechnen.

4.3.3 Wird der Durchhang aus den bezogenen Werten berechnet, gelten für die genormten Leiter die in Tabelle 3 angegebenen Werte.

Bei nicht genormten Leitern wird das querschnittsbezogene Längengewicht mit der Dimension $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2}\right)$ mit dem Faktor 10 in die querschnittsbezogene Längengewichtskraft QLK mit der Dimension $\left(\frac{\text{N}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2}\right)$ umgerechnet.

4.3.4 Die Leiter unterliegen im Laufe der Zeit bleibenden Längungen, die zu Durchhangsvergrößerungen führen. Diese Durchhangsvergrößerungen dürfen zu keiner Zeit zu einer Unterschreitung der geforderten Abstände führen.

5 Zubehörteile für Leiter

5.1 Bemessung

5.1.1 Thermische Bemessung

Zubehörteile für Leiter sind so auszuwählen, daß sie unter dem Einfluß des höchsten zulässigen Dauerstromes keine höhere Temperatur annehmen als der Leiter selbst und durch die höchste zu erwartende Kurzschlußbeanspruchung keine Temperatur annehmen, die zu einer unzulässigen Verminderung ihrer mechanischen Festigkeit führt.

5.1.2 Mechanische Bemessung

5.1.2.1 Befestigung der Leiter an Stützenisolatoren

Zubehörteile, die zur Befestigung von Leitern an Stützenisolatoren dienen, müssen so bemessen werden, daß sie die aus den Lasten auf die Leiter nach den Abschnitten 8.1 und 8.2 resultierenden Leiterzugkräfte aufnehmen können. Außerdem müssen sie den Leiter bei den Differenzzugkräften nach Abschnitt 8.2.2 zuverlässig halten. Dies gilt nicht für Zubehörteile, die funktionsbedingt ein Durchgleiten der Leiter ermöglichen sollen.

Wird der durchgehende Leiter (Hauptseil) beiderseits des Stützenisolators mit einem an einem zweiten Isolator befestigten Hilfsseil verbunden, so muß die Verbindung der beiden Leiter nur für die Höchstzugkraft bemessen werden.

An Winkelpunkten sind die Leiter so zu legen, daß der Isolator von dem durch den Leiter gebildeten Winkel eingeschlossen wird.

5.1.2.2 Befestigung der Leiter an Isolatorketten

Abspannklemmen müssen den Leiter mit 2,5facher Höchstzugkraft oder mit 85 % seiner Nennkraft halten. Maßgebend ist jeweils der niedrigere Wert.

Tragklemmen müssen für den 2,5fachen Wert der auf den Leiter wirkenden Kräfte nach Abschnitt 8.1 bemessen werden.

Tragklemmen müssen außerdem den Leiter bei den Differenzzugkräften nach Abschnitt 8.2.2 zuverlässig halten. Dies gilt nicht für Tragklemmen, die funktionsbedingt ein Durchgleiten der Leiter ermöglichen sollen.

5.1.2.3 Leiterverbindungen

Unter Zug stehende Leiterverbindungen müssen den Leiter mit der 2,5fachen Höchstzugkraft oder mit 85 % seiner Nennkraft halten. Maßgebend ist jeweils der niedrigere Wert.

5.2 Werkstoffe, Ausführung und Prüfung

Zubehörteile für Leiter müssen den Anforderungen nach DIN VDE 0212 Teil 50, DIN VDE 0212 Teil 51*), DIN VDE 0212 Teil 52*), DIN VDE 0212 Teil 53 und DIN VDE 0212 Teil 54*) entsprechen.

6 Isolatoren, Isolatorketten

6.1 Bemessung

6.1.1 Elektrische Bemessung

Isolatoren und Isolatorketten sind so zu bemessen, daß sie den elektrischen Anforderungen nach DIN VDE 0111 Teil 1 und DIN VDE 0111 Teil 2 entsprechen. Die Festlegung des Isolationspegels obliegt dem Betreiber der Leitung.

6.1.2 Mechanische Bemessung

Für die mechanische Bemessung sind die auf die Isolatoren und Isolatorketten wirkenden Kräfte anzunehmen, die sich aus den größten Lasten nach den Abschnitten 8.1 bis 8.3 ergeben.

Dabei sind die nachstehend angegebenen Bemessungsfaktoren zu beachten. Es gilt

mechanische

Nennkraft $\geq$ größte Kraft $\times$ Bemessungsfaktor a
oder

Stückprüfkraft $\geq$ größte Kraft $\times$ Bemessungsfaktor b

6.1.2.1 Stützenisolatoren und Freileitungsstützer (Typ A und B)

Stützenisolatoren und Freileitungsstützer dürfen nur an Trag- und Winkelmasten, nicht jedoch für Abspannungen verwendet werden. Bemessungsfaktor $a = 2,5$ bezogen auf die mechanische Nennkraft.

6.1.2.2 Langstab- und Vollkernisolatoren (Kettenisolatoren Typ A) und Freiluft-Verbund-Isolatoren

Bemessungsfaktor $a = 3,12$ bezogen auf die mechanische Nennkraft.

Bemessungsfaktor $b = 2,5$ bezogen auf die Stückprüfkraft.

6.1.2.3 Kappenisolatoren (Kettenisolatoren Typ B)

Bemessungsfaktor $a = 3,12$ bezogen auf die elektromechanische Nennkraft bzw. die mechanische Nennkraft.

Bemessungsfaktor $b = 1,87$ bezogen auf die Stückprüfkraft.

6.1.2.4 Mehrfach-Isolatorketten

Mehrfach-Isolatorketten bestehen aus zwei oder mehr Isolatorkettensträngen. Die zulässige Belastung einer n -fachen Isolatorkette darf höchstens dem n -fachen Wert der zulässigen Belastung eines einzelnen Isolatorkettenstranges gleichgesetzt werden.

Voraussetzung dafür ist eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Gesamtbelastung der Mehrfachisolatorkette auf die einzelnen Isolatorkettenstränge.

*) Z. Z. Entwurf

Bei Fortfall eines Isolatorkettenstranges

- muß eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Gesamtbelastung auf die verbleibenden Isolatorkettenstränge sichergestellt sein,
- dürfen die Bemessungsfaktoren der verbleibenden zugbeanspruchten Isolatoren auf 50 % nach der in den Abschnitten 6.1.2.2 und 6.1.2.3 angegebenen Werte vermindert werden.
- ist den auftretenden dynamischen Kräften und Momenten entgegenzuwirken.

6.2 Werkstoffe und Ausführung

Werkstoffe und Ausführung der Isolatoren sind so zu wählen, daß sie gegen atmosphärische Einflüsse widerstandsfähig sind. Für genormte Isolatoren sind die Werkstoffe und die Ausführung in den DIN-Normen festgelegt. Für nicht genormte Isolatoren sind ihre Eigenschaften und ihre Eignung für den Anwendungsfall nachzuweisen.

6.3 Prüfung

Für die Prüfung zum Nachweis der Einhaltung der Anforderungen sind DIN VDE 0441 Teil 2 oder DIN VDE 0446 Teil 1 maßgebend.

7 Zubehörteile für Isolatorketten und sonstige Leiterbefestigungen

7.1 Bemessung

7.1.1 Thermische Bemessung

Die Zubehörteile für Isolatorketten und sonstige Leiterbefestigungen müssen den zu erwartenden Kurzschlußbeanspruchungen standhalten und dürfen durch die höchste zu erwartende Kurzschlußbeanspruchung keine Temperatur annehmen, die zu einer unzulässigen Verminderung ihrer mechanischen Festigkeit führt.

7.1.2 Mechanische Bemessung

7.1.2.1 Zubehörteile für Stützenisolatoren

Zubehörteile, die zur Befestigung der Isolatoren an den Masten dienen, müssen mindestens für das 2,5fache der von den größten Lasten nach den Abschnitten 8.1 bis 8.3 erzeugten Kräfte bemessen werden.

Für genormte Isolatorstützen sind die in den DIN-Normen angegebenen Werte für die zulässige Beanspruchung zu beachten (siehe z. B. DIN 48044, DIN 48045). Werden Stützenisolatoren an Winkelmasten aus Holz befestigt, so ist für die Stützen eine Ausführung zum Durchstecken mit beiderseitigen Scheiben zu wählen.

7.1.2.2 Zubehörteile für Isolatorketten und sonstige Leiterbefestigungen

Die Zubehörteile müssen für ein dem jeweiligen Bemessungsfaktor in Tabelle 4 entsprechendes Vielfaches der Kräfte bemessen werden, die von den größten Lasten nach den Abschnitten 8.1 bis 8.3 erzeugt werden.

Tabelle 4. **Bemessungsfaktoren für Zubehörteile für Isolatorketten und sonstige Leiterbefestigungen**

Werkstoff	Bemessungsfaktor
Baustahl nach DIN 17 100 Vergütungsstahl nach DIN 17 200 Stahlguß nach DIN 1681 Temperguß nach DIN 1692 Gußeisen mit Kugelgraphit nach DIN 1693 Teil 1	3,3
Al-Knetlegierung nach DIN 1725 Teil 1	4,0
Al-Gußlegierung nach DIN 1725 Teil 2*)	3,3
Kupfer-, Zinn- und Kupfer-Zinn-Zink-Gußlegierungen nach DIN 1705	4,5
Kupfer-Knetlegierungen niedrig legiert nach DIN 17 666	4,0
Kupfer-Al-Gußlegierungen nach DIN 1714	3,3
mit σ_s mindestens 12 %	3,3
*) Z. Z. Entwurf	

Für genormte Zubehörteile gelten die in den DIN-Normen festgelegten Nennkräfte. Für Spannschlösser gelten außerdem die in DIN 48334 angegebenen zulässigen Betriebskräfte. Die Spannschlösser dürfen nicht auf Biegung beansprucht werden.

Für nicht genormte Teile ist nachzuweisen, daß ihre Nennkräfte den festgelegten Anforderungen entsprechen.

Zubehörteile für Mehrfach-Isolatorketten müssen eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Kräfte auf die einzelnen Isolatorkettenstränge sicherstellen.

Bei Fortfall eines Isolatorkettenstranges einer Mehrfach-Isolatorkette

- dürfen die Bemessungsfaktoren der verbleibenden zugbeanspruchten Zubehörteile für Isolatorketten auf 50 % der in Tabelle 4 angegebenen Werte vermindert werden,
- muß eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Gesamtbelastung auf die verbleibenden Isolatorkettenstränge sichergestellt sein.

7.2 Werkstoffe, Ausführung und Prüfung

Zubehörteile für Isolatorketten und sonstige Leiterbefestigungen müssen den Anforderungen nach DIN VDE 0212 Teil 50, DIN VDE 0212 Teil 53 und DIN VDE 0212 Teil 54*) entsprechen.

8 Masten

8.1 Lastannahmen

Maste sind nach ihrem Verwendungszweck und den dafür nachfolgend beschriebenen Lastfällen zu bemessen.

*) Z. Z. Entwurf

8.1.1 Lotrechte lasten

8.1.1.1 Ständige Lasten

Als solche gelten die Eigenlasten der Maste, der Ausrüstung und der Leiter aus den anteiligen Spannfeldlängen. Hoch- und Tiefzugkräfte sind zu berücksichtigen.

8.1.1.2 Zusatzlasten

Für die Leiter ist zwischen normaler und erhöhter Zusatzlast zu unterscheiden. Die normale Zusatzlast ist mit $(5 + 0,1 d)$ N je 1 m Leiter- oder Teilleiterlänge anzunehmen. Hierin ist d der Leiterdurchmesser in mm.

Die erhöhte Zusatzlast ist vom Baugebiet der Freileitung abhängig und zu berücksichtigen, wenn sie regelmäßig auftritt. Sie kann ein Vielfaches der normalen Zusatzlast betragen.

Bei Festlegung der erhöhten Zusatzlast sind die Beobachtungen früherer Jahre und die besonderen topographischen und meteorologischen Verhältnisse des Baugebietes der Freileitung zu berücksichtigen.

Für Isolatoren ist die normale Zusatzlast mit 50 N je 1 m Isolatorkettenstrang zu berücksichtigen.

Für Radarmarker und Flugwarnkugeln mit aerodynamisch günstiger Form (z. B. Kugel, Doppelkegel) ist die normale Zusatzlast unter der Annahme einer 1 cm dicken Eisschicht auf der gesamten Oberfläche zu berücksichtigen, bei anderen Formen entsprechend der geometrischen Ausbildung. Die Wichte des Eises ist dabei mit $0,0075 \text{ N/cm}^3$ anzunehmen.

Für Maste ist keine Zusatzlast anzunehmen.

8.1.1.3 Montagelasten

Als Montagelasten der Querträger sind für Trag- und Winkeltragmaste mindestens 1,5 kN, für alle übrigen Maste mindestens 3 kN anzunehmen, und zwar bei Gitterkonstruktionen an dem jeweils ungünstigsten Untergurtnotenpunkt einer Querträgerwand, sonst in Querträgerachse am Befestigungspunkt eines Leiters.

Für begehbare Stäbe, die weniger als 30° zur Waagerechten geneigt sind, ist eine lotrechte Montagelast von 1,5 kN in Stabmitte wirkend, jedoch ohne sonstige Lasten, anzunehmen.

Dabei gelten die für Ausnahmebelastung zulässigen Beanspruchungen.

8.1.2 Waagerechte Lasten

8.1.2.1 Windlast

Die Windrichtung ist waagerecht, die Windlast

$$W = c_f q A \text{ in kN}$$

rechtwinklig zu der vom Wind getroffenen Fläche wirkend anzunehmen.

Tabelle 5. Annahmen für den Staudruck

Höhe der Freileitung über Gelände m	Höhe der Bauteile über Gelände m	Staudruck q in kN/m^2	
		Maste Querträger Isolatoren	Leiter
bis 20	bis 15	0,55	0,44
0 bis 200	über 15 bis 20	0,70	0,53
	0 bis 40	0,70	0,53
	über 40 bis 100	0,90	0,68
	über 100 bis 150	1,15	0,86
	über 150 bis 200	1,25	0,95

Für Leiter oder Teilleiter ergibt sich die Windlast

$$W = c_f q d L \text{ in kN} \quad \text{für Spannweiten bis 200 m}$$

$$W = c_f q d (80 + 0,6 L) \text{ in kN} \quad \text{für Spannweiten über 200 m}$$

Hierin bedeuten:

c_f aerodynamischer Kraftbeiwert, der von der Gestalt und der Oberflächenbeschaffenheit des vom Wind getroffenen Körpers abhängig ist (siehe Tabelle 6). Für alle dort nicht aufgeführten Bauformen gelten sinngemäß die entsprechenden Werte nach DIN 1055 Teil 1 bis Teil 5.

$q = \frac{v^2}{1600}$ Staudruck in kN/m^2 (siehe Tabelle 5), wobei v die Windgeschwindigkeit in m/s ist,

A vom Wind getroffene Fläche in m^2 ,

d Leiter- bzw. Teilleiterdurchmesser oder Durchmesser der kreisförmig angenommenen Zusatzlast in m,

L Spannweite in m. Für die Berechnung der Maste ist hierfür die Windspannweite einzusetzen.

Die Windlast auf die Leiter ist für die Höhe ihrer Aufhängpunkte zu ermitteln.

In besonders windgefährdeten Gegenden ist mit einer den örtlichen Verhältnissen entsprechend erhöhten Windlast zu rechnen.

8.1.2.2 Belastung durch Leiterzugkräfte

Die Leiterzugkräfte sind je nach Lastfall anzunehmen.

8.2 Lastfälle für Mastschäfte

Für die Berechnung der Mastschäfte sind die in Tabelle 7 bei den einzelnen Lastfällen aufgeführten Lasten als gleichzeitig wirkend anzunehmen. Für jedes Bauteil ist der Lastfall auszuwählen, der die größte Beanspruchung ergibt.

Bei Abspannmasten, die planmäßig ständigen Differenzzugkräften oder Verdrehungsbelastungen ausgesetzt sind, ist dies zu berücksichtigen.

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

Bei Mastarten, die in Tabelle 7 nicht behandelt sind, sind die Lastfälle entsprechend der Verwendung der Maste anzusetzen.

8.2.1 Normalbelastung

8.2.1.1 Allgemeines

Hierfür gelten die in Tabelle 7 angeführten Lastfälle MN 1 bis MN 5.

Tabelle 6. Aerodynamischer Kraftbeiwert

Bauteil	aerodynamischer Kraftbeiwert c_f
Ebene Fachwerkwände aus Profilen	1,6
Quadratische und rechteckige Fachwerkmaste aus Profilen	2,8
Ebene Fachwerkwände aus Rohren	1,2
Quadratische und rechteckige Fachwerkmaste aus Rohren	2,1
Stahlrohr-, Stahlbeton- und Holzmaste mit kreisförmigem Querschnitt	0,7
Stahlrohr- und Stahlbetonmaste mit quadratischem und rechteckigem Querschnitt	1,4
Stahlrohr- und Stahlbetonmaste mit sechs- und achteckigem Querschnitt	1,0
Doppel- und A-Maste aus Stahlrohr, Stahlbeton und Holz mit kreisförmigem Querschnitt	
in der Mastebene	
dem Wind zugekehrter Mastteil	0,7
im Windschatten liegender Mastteil	
für $a < 2 d_m$ ¹⁾	0
für $a = 2 d_m$ bis $a = 6 d_m$	0,35
für $a > 6 d_m$	0,7
rechtwinklig zur Mastebene	
für $a < 2 d_m$	0,8
Leiter bis 12,5 mm Durchmesser	1,2
Leiter über 12,5 bis 15,8 mm Durchmesser	1,1
Leiter über 15,8 mm Durchmesser	1,0
Leiter mit nicht rundem Querschnitt	1,3
Radarmarker und Flugwarnkugeln mit Durchmesser zwischen 300 mm und 1000 mm	0,4

¹⁾ a, d_m entsprechend DIN 48 351 Teil 1

Bei Fachwerkmasten mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt ist nur die Fläche der dem Wind zugekehrten Fachwerkwand zu berücksichtigen. Der Winddruck auf Fachwerkverbände, deren Ebenen in der Windrichtung liegen, darf vernachlässigt werden.

8.2.1.2 Wind über Eck

Bei allen Masten ist Wind über Eck zu berücksichtigen. Dabei ist die Windrichtung bei quadratischen und rechteckigen Mastkonstruktionen unter einem Winkel von 45° zu einer Mastwand anzunehmen. Die auf den Mast wirkende Windlast kann durch ihre Komponenten senkrecht zu den dem Wind zugekehrten Mastwänden ersetzt werden. Diese Komponenten ermitteln sich aus dem Staudruck, dem um 10 % erhöhten aerodynamischen Kraftbeiwert und den jeweiligen Windangriffsflächen multipliziert mit dem Kosinus des Winkels zwischen Windrichtung und einer Lotrechten auf die Mastwand. Als Windangriffsfläche ist dabei die von Profilen ausgefüllte Fläche der jeweiligen Mastwand einzusetzen. Gleichzeitig sind in Richtung der Querträgerachse 80 % der Windlast auf den Leiter nach Lastfall MN 2 anzunehmen. Die weiteren, gleichzeitig bei Wind über Eck anzunehmenden Lasten sind dem Lastfall MN 4 der Tabelle 7 zu entnehmen.

8.2.1.3 Wind auf vereiste Leiter

Für alle Maste, ausgenommen Tragmaste mit Aufhängepunktshöhen der Leiter bis 15 m, ist Wind auch auf vereiste Leiter anzunehmen. Dabei sind 50 % der Windlast nach Abschnitt 8.1.2.1 auf Maste, Ausrüstung und auf Leiter mit normaler oder erhöhter Zusatzlast nach Abschnitt 8.1.1.2 anzunehmen. Die Wichte des Eises kann

mit 0,0075 N/cm³, der aerodynamische Kraftbeiwert mit 1,0 angenommen werden.

8.2.2 Ausnahmebelastung

Hierfür gelten die in Tabelle 7 angeführten Lastfälle MA 1 und MA 2. Alle Maste, ausgenommen Einfach-, Doppel- und A-Maste aus Holz, sind für den Fall einer ungewollten Verminderung eines oder mehrerer Leiterzugkräfte, wodurch Biegung und/oder Torsion hervorgerufen wird, zu berechnen.

Im einzelnen gelten hierfür die folgenden Annahmen.

8.2.2.1 Allgemeines

Bei Masten, die bis zu 2 Drehstromkreise tragen, ist im Lastfall MA 1 die Zugkraft eines Leiters nach den Abschnitten 8.2.2.2 oder 8.2.2.3 einseitig vermindert anzunehmen. Wenn Maste mehr als 2 Drehstromkreise tragen, ist für den 3. und 4. sowie für den 5. und 6. Stromkreis jeweils die Hälfte der Belastung nach den Abschnitten 8.2.2.2 oder 8.2.2.3 zusätzlich zu berücksichtigen.

Die einseitigen, in gleicher Richtung wirkenden Leiterzugkräfte und die Reihenfolge der Stromkreise sind dabei so anzusetzen, daß sich in den einzelnen Bauteilen die ungünstigsten Beanspruchungen ergeben.

Unabhängig von der Anordnung der Stromkreise ist je Querträgerhälfte nur die Verminderung der Zugkraft eines Leiters zu berücksichtigen.

Bei Gleichstrom- und Einphasenwechselstromkreisen ist sinngemäß im Verhältnis zur Anzahl der Leiter zu verfahren.

Tabelle 7. Lastfälle für Mastschäfte

Mastart	Normalbelastung (MN) nach Abschnitt 8.2.1					Ausnahmebelastung (MA) nach Abschnitt 8.2.2	
	Lastfall MN 1	Lastfall MN 2	Lastfall MN 3	Lastfall MN 4	Lastfall MN 5	Lastfall MA 1	Lastfall MA 2
Tragmaste	Ständige Lasten, Zusatzlasten Windlast in Richtung der Querrä- gerachse auf Mast und Ausrüstung	Ständige Lasten Windlast in Rich- tung der Querrä- gerachse auf Mast, Ausrüstung und Leiter	Ständige Lasten Windlast recht- winklig zur Querrä- gerachse auf Mast und Ausrüstung	Ständige Lasten Windlast über Eck auf Mast, Ausrü- stung und Leiter nach Ab- schnitt 8.2.1.2	Ständige Lasten, Zusatzlasten Windlast in Rich- tung der Querrä- gerachse auf Mast, Ausrüstung und Leiter mit Zusatz- last nach Ab- schnitt 8.2.1.3	Ständige Lasten, Zusatzlasten	Ständige Lasten, Zusatzlasten
Winkeltrag- und Winkelmaste	Ständige Lasten, Zusatzlasten Windlast in Rich- tung der Querrä- gerachse auf Mast und Ausrüstung Leiterzugkräfte bei Zusatzlast	Ständige Lasten Windlast in Rich- tung der Querrä- gerachse auf Mast, Ausrüstung und Leiter Leiterzugkräfte bei + 5 °C und Wind- last	Ständige Lasten Windlast recht- winklig zur Querrä- gerachse auf Mast, Ausrüstung und Leiter Leiterzugkräfte bei + 5 °C und Wind- last	Ständige Lasten Windlast über Eck auf Mast, Ausrü- stung und Leiter nach Ab- schnitt 8.2.1.2 Leiterzugkräfte bei + 5 °C und Wind- last	Ständige Lasten, Zusatzlasten Windlast in Rich- tung der Querrä- gerachse auf Mast, Ausrüstung und Leiter mit Zusatz- last nach Ab- schnitt 8.2.1.3 Leiterzugkräfte bei Zusatzlast und Windlast nach Ab- schnitt 8.2.1.3	Ständige Lasten, Zusatzlasten Leiterzugkräfte nach Abschnitt 8.2.2.2	Ständige Lasten, Zusatzlasten Leiterzugkräfte bei Winkeltragmasten nach Abschnitt 8.2.2.2, bei Winkelmasten nach Abschnitt 8.2.2.3
Abspann- und Winkel- abspannmaste	Wie Winkeltrag- und Winkelmaste	Wie Winkeltrag- und Winkelmaste	Ständige Lasten, Zusatzlasten Windlast in Rich- tung der Querrä- gerachse auf Mast und Ausrüstung Zwei Drittel der größeren einseiti- gen Leiterzugkräfte bei Zusatzlast in Mastmitte wirkend	Wie Winkeltrag- und Winkelmaste	Wie Winkeltrag- und Winkelmaste	Ständige Lasten, Zusatzlasten	Ständige Lasten, Zusatzlasten Leiterzugkräfte nach Abschnitt 8.2.2.3

Tabelle 7. (Fortsetzung)

Mastart	Normalbelastung (MN) nach Abschnitt 8.2.1					Ausnahmebelastung (MA) nach Abschnitt 8.2.2	
	Lastfall MN 1	Lastfall MN 2	Lastfall MN 3	Lastfall MN 4	Lastfall MN 5	Lastfall MA 1	Lastfall MA 2
Endmaste	Ständige Lasten, Zusatzlasten Windlast in Richtung der Querträgerachse auf Mast und Ausrüstung	—	Ständige Lasten, Zusatzlasten Windlast rechtwinklig zur Querträgerachse auf Mast und Ausrüstung	Ständige Lasten Windlast über Eck auf Mast, Ausrüstung und Leiter	Ständige Lasten, Zusatzlasten Windlast in Richtung der Querträgerachse auf Mast, Ausrüstung und Leiter mit Zusatzlast nach Abschnitt 8.2.1.3	Ständige Lasten, Zusatzlasten —	Einseitige Leiterzugkräfte nach Abschnitt 8.2.2.3

8.2.2.2 Trag- und Winkeltragmaste**Lastfall MA 1**

Die Zugkraft eines Leiters bei normaler oder erhöhter Zusatzlast ist bei Einfachleitern um 50 % einseitig vermindert anzunehmen. Bei Bündelleitern ist die Zugkraft dieses Leiters bei Kettenlängen bis 2,5 m um 35 % und bei Kettenlängen über 2,5 m um 25 % einseitig vermindert anzunehmen. Bei Erdseilen ist eine Verminderung um 65 % anzunehmen.

Wird durch geeignete Maßnahmen (Rutschklemmen, Schwenkquerträger, Spannseile oder dergl.) die Verdrehungsbelastung der Maste verhindert oder vermindert, so darf dies in dem Maße berücksichtigt werden, wie es durch die die Verdrehungsbelastung vermindernenden Maßnahmen erreicht wird.

Lastfall MA 2

Die Zugkraft aller Leiter ist bei Stützenisolatoren und Tragmasten mit Kettenlängen bis 2,5 m um 20 % und bei Kettenlängen über 2,5 m 15 % einseitig vermindert anzunehmen. Bei Erdseilen ist eine Verminderung um 40 % anzunehmen.

8.2.2.3 Winkel-, Abspann- und Endmaste**Lastfall MA 1**

Die Zugkraft eines Leiters bei normaler oder erhöhter Zusatzlast ist um 100 % einseitig vermindert anzunehmen.

Lastfall MA 2

Die Zugkraft aller Leiter ist um 40 % einseitig vermindert anzunehmen.

8.3 Lastfälle für Querträger und Erdseilstützen

Für die Berechnung der Querträger und Erdseilstützen sind die in Tabelle 8 bei den einzelnen Lastfällen aufgeführten Lasten als gleichzeitig wirkend anzunehmen. Für jedes Bauteil ist der Lastfall auszuwählen, der die größte Beanspruchung ergibt.

Bei Querträgern und Erdseilstützen von Abspannmasten, die planmäßig ständigen Differenzzugkräften, ausgesetzt sind, sind diese zu berücksichtigen.

Bei Querträgern, die vorläufig nur teilweise belegt werden, muß dieses bei der Berechnung berücksichtigt werden.

Bei Mastarten, die in Tabelle 8 nicht behandelt sind, sind die Lastfälle entsprechend der Verwendung der Maste anzusetzen.

8.3.1 Normalbelastung

Hierfür gelten die in Tabelle 8 angeführten Lastfälle QN 1 bis QN 3.

8.3.2 Ausnahmebelastung

Hierfür gelten die in Tabelle 8 aufgeführten Lastfälle QA 1 bis QA 3.

Alle Querträger der Maste sind für den Fall einer ungewollten Verminderung der Zugkraft eines Leiters, wodurch eine Belastung der Querträger in Richtung der Leiter hervorgerufen wird, und für den Fortfall eines Isolatorkettenstranges einer Mehrfachkette zu berechnen. Außerdem sind alle Querträger für eine Montagelast nach Abschnitt 8.1.1.3 zu berechnen.

Tabelle 8. Lastfälle für Querträger und Erdseilstützen

Mastart	Normalbelastung (QN) nach Abschnitt 8.3.1			Ausnahmebelastung (QA) nach Abschnitt 8.3.2	
	Lastfall QN 1	Lastfall QN 2	Lastfall QN 3	Lastfall QA 1	Lastfall QA 3
Tragmaste	Ständige Lasten, Zusatzlasten Windlast in Richtung der Querträgerachse auf Querträger, Ausrüstung und Leiter mit Zusatzlast nach Abschnitt 8.2.1.3	Ständige Lasten Windlast in Richtung der Querträgerachse auf Querträger, Ausrüstung und Leiter	Ständige Lasten Windlast rechtwinklig zur Querträgerachse auf Querträger und Ausrüstung	Ständige Lasten, Zusatzlasten Leiterzugkräfte nach Abschnitt 8.3.2.2	Ständige Lasten, Montagelasten nach Abschnitt 8.1.1.3 Leiterzugkräfte nach Abschnitt 8.3.2.2
Winkeltrag- und Winkelmaste	Ständige Lasten, Zusatzlasten Windlast in Richtung der Querträgerachse auf Querträger, Ausrüstung und Leiter mit Zusatzlast nach Abschnitt 8.2.1.3 Leiterzugkräfte bei Zusatzlast und Windlast nach Abschnitt 8.2.1.3	Ständige Lasten Windlast in Richtung der Querträgerachse auf Querträger, Ausrüstung und Leiter Leiterzugkräfte bei +5 °C und Windlast	Ständige Lasten Windlast rechtwinklig zur Querträgerachse auf Querträger und Ausrüstung Leiterzugkräfte bei +5 °C und Windlast	Ständige Lasten, Zusatzlasten Leiterzugkräfte bei Winkeltragmasten nach Abschnitt 8.3.2.2, bei Winkelmasten nach Abschnitt 8.3.2.3	Ständige Lasten, Montagelasten nach Abschnitt 8.1.1.3 Leiterzugkräfte bei Winkeltragmasten nach Abschnitt 8.3.2.2, bei Winkelmasten nach Abschnitt 8.3.2.3
Abspann- und Winkelabspannmaste	Wie Winkeltrag- und Winkelmaste	Wie Winkeltrag- und Winkelmaste	Ständige Lasten, Zusatzlasten Windlast in Richtung der Querträgerachse auf Querträger und Ausrüstung Größere einseitige Leiterzugkraft eines Leiters mit Zusatzlast an der ungünstigsten Stelle und zwei Drittel der größeren einseitigen Leiterzugkräfte der übrigen Leiter mit Zusatzlast	—	Ständige Lasten, Montagelasten nach Abschnitt 8.1.1.3 Leiterzugkräfte nach Lastfall QN 3

Tabelle 8. (Fortsetzung)

Mastart	Normalbelastung (QN) nach Abschnitt 8.3.1			Ausnahmebelastung (QA) nach Abschnitt 8.3.2		
	Lastfall QN 1	Lastfall QN 2	Lastfall QN 3	Lastfall QA 1	Lastfall QA 2	Lastfall QA 3
Endmaste	Ständige Lasten, Zusatzlasten Windlast in Richtung der Querträgerachse auf Querträger, Ausrüstung und Leiter mit Zusatzlast nach Abschnitt 8.2.1.3 Einseitige Leiterzugkräfte aller Leiter bei Zusatzlast und Windlast nach Abschnitt 8.2.1.3	—	Ständige Lasten, Zusatzlasten Windlast rechtwinklig zur Querträgerachse auf Querträger und Ausrüstung Einseitige Leiterzugkräfte aller Leiter bei Zusatzlast	—	Lasten nach den Lastfällen QN 1 oder QN 3 und Fortfall eines Isolatorkettenstranges nach Abschnitt 8.3.2.1	Ständige Lasten, Montagelasten nach Abschnitt 8.1.1.3 Leiterzugkräfte nach Lastfall QN 3

8.3.2.1 Allgemeines

Bei Querträgern ist je Querträgerhälfte nur die Zugkraft eines Leiters vermindert anzunehmen. Die einseitige Leiterzugkraft ist dabei so anzusetzen, daß sich in dem jeweiligen Bauteil die ungünstigste Beanspruchung ergibt. Auch ist jeweils nur der Fortfall eines Isolatorkettenstranges einer Mehrfachkette anzunehmen, und zwar in dem Angriffspunkt, der zur ungünstigsten Beanspruchung des Bauteiles führt.

8.3.2.2 Trag- und Winkeltragmaste

Für die Differenzzugkräfte gelten die Annahmen nach Abschnitt 8.2.2.2, Lastfall MA 1. Für Erdseile ist in allen Fällen mit einer einseitigen Verminderung der Leiterzugkraft um 65 % zu rechnen.

Neben den ständigen Lasten ist die normale oder erhöhte Zusatzlast nach Abschnitt 8.1.1.2 zu berücksichtigen.

8.3.2.3 Winkelmaste

Für die Differenzzugkräfte gelten die Annahmen nach Abschnitt 8.2.2.3, Lastfall MA 1. Neben den ständigen Lasten sind entweder die Montagelasten nach Abschnitt 8.1.1.3 oder die normale oder erhöhte Zusatzlast nach Abschnitt 8.1.1.2 anzusetzen.

8.3.2.4 Abspann- und Endmaste

Als Ausnahmebelastung sind hier die Montagelasten oder der Fortfall eines Isolatorkettenstranges einer Mehrfachkette anzusetzen. Im Lastfall QA 3 sind die Leiterzugkräfte des Lastfalles QN 3 nach Abschnitt 8.3.1 anzusetzen.

8.4 Stahlgittermaste**8.4.1 Allgemeine Bestimmungen**

Stahlgittermaste sind den Bauwerken mit vorwiegend ruhender Belastung zugeordnet. Die Berechnungsmethode ist nach der Art der Konstruktion zu wählen.

Die Gleichgewichtsbedingungen dürfen am unverformten System formuliert werden, d.h., die Ermittlung der Stabkräfte für die einzelnen Konstruktionsteile darf nach der Theorie I. Ordnung erfolgen.

Stahlgittermaste stellen räumliche Fachwerke dar. Sekundäre Biegespannungen sind zu beachten, brauchen jedoch in der Berechnung nicht gesondert nachgewiesen zu werden.

8.4.2 Berechnung und zulässige Spannungen**8.4.2.1 Stabkraftermittlung**

Für die Stabkraftermittlung des Mastschaftes von vierstiegligen Masten dürfen anstelle genauerer Annahmen die folgenden Vereinfachungen getroffen werden, wobei der Krafteinleitung besondere Bedeutung zukommt.

Waagerechte Lasten werden in Richtung der Mastwände zerlegt und hälftig auf diese verteilt. Jede Mastwand wird dann für die auf sie entfallende Belastung als ebenes Fachwerk berechnet. In den Eckstielen sind die Stabkräfte aus je zwei Mastwänden zu addieren.

Resultiert aus einer waagerechten Last Z ein Torsionsmoment M_d um die Mastschaftachse, so können die Horizontalkräfte nach Bild 1 ermittelt werden, für die dann jede Mastwand wiederum als ebenes Fachwerk zu berechnen ist.