

## Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	8
1 Anwendungsbereich.....	9
1.1 Allgemeines.....	9
1.2 Anwendungsgebiet.....	9
2 Normative Verweisungen, Begriffe und Symbole.....	9
2.1 Normative Verweisungen.....	9
2.2 Begriffe.....	14
2.3 Symbole.....	20
3 Grundlagen für Auslegung und Bemessung.....	24
3.2 Anforderungen an Freileitungen.....	24
3.2.1 Grundlegende Anforderungen.....	24
3.2.2 Anforderungen an die Zuverlässigkeit.....	24
3.2.5 Abstimmung der Beanspruchbarkeit.....	24
3.2.6 Zusätzliche Betrachtungen.....	25
3.4 Einwirkungen.....	25
3.4.3 Einteilung der Einwirkungen nach ihrer Art und/oder der Reaktion des Tragwerks.....	25
3.6 Bemessungswerte.....	25
3.6.3 Bemessungswert einer Werkstoffeigenschaft.....	25
3.6.4 Kombinationswert für eine veränderliche Einwirkung.....	25
4 Einwirkungen auf Freileitungen.....	26
4.1 Einführung.....	26
4.3 Windlasten.....	26
4.4 Windlasten auf Freileitungskomponenten.....	29
4.4.1 Windlasten auf Leiter.....	29
4.4.2 Windlasten auf Isolatorketten.....	31
4.4.3 Windlasten auf Gittermasten.....	32
4.4.4 Windlasten auf einstielige Masten.....	34
4.5 Eislasten.....	34
4.5.2 Eislast an Leitern.....	34
4.6 Gleichzeitige Wind- und Eislasten.....	35
4.6.4 Äquivalenter Durchmesser $D_1$ der Leiter mit Eisansatz.....	35
4.6.6 Gleichzeitiges Wirken von Windgeschwindigkeiten und Eislasten.....	36
4.8 Betriebssicherheitslasten.....	36
4.8.1 Allgemeines.....	36
4.9 Personensicherheitslasten.....	36
4.9.1 Lasten aus Errichtung und Instandhaltung.....	36
4.9.2 Lasten aus dem Gewicht von Monteuren.....	37
4.10 Kurzschlusslasten.....	37

	Seite
4.11	Andere Sonderlasten ..... 37
4.12	Lastfälle ..... 37
4.12.1	Allgemeines ..... 37
4.12.2	Standardlastfälle ..... 38
4.13	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen ..... 41
5	Elektrische Anforderungen ..... 42
5.2	Ströme ..... 42
5.2.1	Betriebsstrom ..... 42
5.4	Einteilung der Spannungen und Überspannungen ..... 42
5.4.2	Repräsentative betriebsfrequente Spannungen ..... 42
5.4.5	Repräsentative schnell ansteigende Überspannungen ..... 42
5.5	Mindestabstände in Luft zur Vermeidung von Überschlägen ..... 43
5.5.3	Empirische Methode auf Grundlage von Erfahrungen in Europa ..... 43
5.6	Lastfälle für die Berechnung von Abständen ..... 43
5.6.3	Windlasten für die Festlegung von elektrischen Abständen ..... 43
5.6.4	Eislasten für die Festlegung von elektrischen Abständen ..... 44
5.6.5	Gleichzeitige Wind- und Eislasten ..... 44
5.8	Innere Abstände im Feld und am Stützpunkt ..... 44
5.9	Äußere Abstände ..... 45
5.9.1	Allgemeines ..... 45
5.9.2	Äußere Abstände zum Boden in Gebieten abseits von Gebäuden, Straßen usw. .... 48
5.9.3	Äußere Abstände zu Wohn- und andere Gebäuden ..... 48
5.9.4	Äußere Abstände zu gekreuzten Verkehrswegen ..... 50
5.9.5	Äußere Abstände zu angrenzenden Verkehrswegen ..... 51
5.9.6	Äußere Abstände zu anderen Freileitungen oder Fernmeldeleitungen ..... 51
5.11	Elektrische und magnetische Felder ..... 51
5.11.1	Elektrische und magnetische Felder unter einer Freileitung ..... 51
5.11.2	Induktion infolge elektrischer und magnetischer Felder ..... 52
5.11.3	Beeinflussung von Fernmeldestromkreisen ..... 52
6	Erdungsanlagen ..... 52
6.1	Einleitung ..... 52
6.1.2	Anforderungen an die Bemessung von Erdungsanlagen ..... 52
6.1.3	Erdungsmaßnahmen gegen Blitzeinwirkungen ..... 54
6.3	Auslegung im Hinblick auf thermische Festigkeit ..... 54
6.3.2	Auslegung im Hinblick auf den Strom ..... 54
6.4	Auslegung bezüglich Personensicherheit ..... 55
6.4.2	Grenzwerte der Berührungsspannungen an unterschiedlichen Standorten ..... 55
6.4.3	Grundlegende Auslegung der Erdungsanlage bezüglich zulässiger Berührungsspannungen ..... 55

	Seite
6.4.4 Maßnahmen in Anlagen mit isoliertem Sternpunkt oder mit Erdschlusskompensation .....	56
6.5 Inspektion von Erdungsanlagen vor Ort und Dokumentation.....	56
7 Stützpunkte.....	57
7.1 Einführende Überlegungen zur Bemessung .....	57
7.2 Werkstoffe .....	57
7.2.1 Stahlwerkstoffe, Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben, Schweißwerkstoffe .....	57
7.2.6 Holz .....	57
7.2.8 Andere Werkstoffe.....	57
7.3 Stahlgittermasten.....	58
7.3.1 Allgemeines .....	58
7.3.5 Tragwerksberechnung.....	58
7.3.6 Grenzzustände der Tragfähigkeit .....	58
7.3.8 Beanspruchbarkeit der Verbindungen.....	59
7.4 Einstielige Stahlmasten .....	60
7.4.1 Allgemeines .....	60
7.4.5 Tragwerksberechnung.....	60
7.4.6 Grenzzustände der Tragfähigkeit (EN 1993-1-1:2005, Abschnitt 6).....	60
7.4.7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit .....	61
7.4.8 Beanspruchbarkeit der Verbindungen.....	61
7.5 Holzmasten.....	61
7.5.2 Grundlagen für Auslegung und Bemessung .....	61
7.5.3 Werkstoffe .....	61
7.5.5 Grenzzustände der Tragfähigkeit .....	62
7.5.6 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit .....	62
7.5.7 Beanspruchbarkeit von Verbindungen .....	62
7.6 Betonmasten .....	62
7.6.2 Grundlagen für Berechnung und Konstruktion.....	62
7.6.4 Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	62
7.6.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit .....	63
7.7 Abgespannte Tragwerke .....	63
7.7.1 Allgemeines .....	63
7.7.3 Werkstoffe .....	63
7.8 Andere Tragwerke .....	63
7.9 Korrosionsschutz und Endbehandlung.....	64
7.9.1 Allgemeines .....	64
7.9.2 Verzinkung.....	64
7.9.4 Beschichtung verzinkter Teile in der Werkstatt (Duplex-System).....	64
7.9.7 Schutz von Holzmasten.....	64
7.10 Instandhaltungseinrichtungen .....	64

	Seite
7.10.1	Besteigen ..... 64
7.10.2	Instandhaltbarkeit..... 66
7.10.3	Anforderungen an die Personensicherheit..... 66
8	Gründungen ..... 66
8.2	Grundlagen der geotechnischen Bemessung..... 66
8.2.2	Geotechnische Bemessung durch Berechnung ..... 66
8.2.3	Bemessung mit praktisch bewährten Methoden..... 67
8.2.4	Belastungsprüfungen und Prüfungen an experimentellen Modellen ..... 67
8.6	Zusammenwirken zwischen Tragwerksgründungen und Boden ..... 67
9	Leiter und Erdseile ..... 67
9.2	Leiter mit Aluminium als Leitmaterial ..... 67
9.2.1	Kennwerte und Maße..... 67
9.2.3	Leiterbetriebstemperaturen und Eigenschaften des Fetts ..... 69
9.3	Leiter aus Stahldrähten..... 69
9.3.1	Kennwerte und Maße..... 69
9.3.3	Leiterbetriebstemperaturen und Eigenschaften des Fetts ..... 70
9.3.4	Mechanische Anforderungen ..... 70
9.6	Allgemeine Anforderungen..... 71
9.6.2	Teilsicherheitsbeiwert für Leiter ..... 71
9.6.3	Kleinste Querschnitte ..... 71
9.6.4	Spannungs-Durchhangsberechnungen ..... 72
10	Isolatoren..... 72
10.1	Einführung..... 72
10.4	Anforderungen an das Verhalten unter Verschmutzung..... 73
10.7	Mechanische Anforderungen ..... 74
11	Armaturen..... 76
11.1	Einführung..... 76
11.2	Elektrische Anforderungen..... 76
11.2.1	Für alle Armaturen geltende Anforderungen..... 76
11.2.2	Für stromfeste Armaturen geltende Anforderungen ..... 77
11.6	Mechanische Anforderungen ..... 77
12	Qualitätssicherung, Prüfung und Abnahmen ..... 79
Anhang G (normativ)	Berechnungsmethoden für Erdungsanlagen ..... 80
G.4	Berührungsspannung und Körperstrom..... 80
G.4.1	Zusammenhang zwischen Berührungsspannung und Körperstrom..... 80
Anhang J (normativ)	Winkelprofile in Stahlgittermasten ..... 81
J.2	Allgemeines..... 81
J.3	Zugbeanspruchbarkeit von Winkelprofilen, die mit einem Schenkel angeschlossen sind..... 81
J.4	Knickbeanspruchbarkeit von Winkelprofilen unter Druckbelastung..... 82

	Seite
J.4.1 Biegeknickbeanspruchbarkeit .....	82
J.4.2 Wirksame Schlankheit für die Biegeknickbeanspruchbarkeit.....	83
J.4.2.4 Wirksame dimensionslose Schlankheit $\bar{\lambda}_{\text{eff}}$ .....	83
J.4.3 Schlankheit von Stäben.....	83
J.4.3.2 Eckstiele und Gurte .....	83
J.4.3.3 Anordnungen von Diagonalstäben .....	84
J.4.3.4 Mehrteilige Gitterstäbe .....	88
J.4.4 Sekundäre (oder redundante) Füllstäbe.....	89
J.5 Bemessungsbeanspruchbarkeit für Schraubverbindungen .....	89
J.5.1 Allgemeines .....	89
Anhang M (informativ) Geotechnische und bautechnische Planung von Tragwerksgründungen .....	90
M.3 Beispiel eines halbempirischen Verfahrens zur Ermittlung der Beanspruchbarkeit.....	90
M.3.1 Geotechnische Bemessung aufgrund von Berechnungen.....	90
M.3.1.1 Allgemeines .....	90
M.3.1.2 Einblockgründungen.....	90
M.3.1.3 Plattengründungen .....	90
M.3.1.4 Schwellen-Plattengründungen .....	90
M.3.1.5 Einpfahlgründungen .....	91
M.3.1.6 Aufgeteilte Stufengründungen, Pilzgründungen.....	91
M.3.1.9 Pfahlgründungen .....	91
M.3.2 Bautechnische Bemessung und Ausführung von Betongründungen.....	91
Anhang AA (informativ) Annahmen für Eislasten .....	92
Literaturhinweise.....	94
<b>Bilder</b>	
Bild 4/DE.1 – Windzonenkarte für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland nach DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12.....	28
Bild 4/DE.2 – Windeinwirkung auf Leiter und resultierende Windbelastung bei beliebiger Windrichtung.....	30
Bild 4/DE.3 – Windwirkung auf Masten .....	34
Bild 5/DE.1 – Beschreibung der Windnachlaufströmung hinter einer Windenergieanlage, wobei $\tan\beta = 0,1$ anzunehmen ist.....	50
Bild 6/DE.1 – Getrennte Erdungsanlagen mit Verbindung durch eine Freileitung .....	53
Bild 6/DE.2 – Getrennte Erdungsanlagen mit Kabelverbindung .....	53
Bild J.4/DE.1 – <b>Schlankheit</b> $\lambda$ der Eckstiele .....	84
Bild J.4/DE.2 – Übliche Diagonalausfachungen .....	85
Bild J.4/DE.3 – Verwendung von sekundären und räumlichen Ausfachungssystemen.....	85
Bild AA.1 – Eislastzonenkarte für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland (informativ) .....	93

**Tabellen**

Tabelle 3/DE.1 – Material-Teilsicherheitsbeiwerte für Werkstoffe für Masten .....	25
Tabelle 4/DE.1 – Windwiderstandsbeiwert $C_x$ .....	31
Tabelle 5/DE.1 – Nennspannungen im 380 kV Netz und zugeordnete höchste Betriebsspannungen und höchste Spannung für Betriebsmittel .....	42
Tabelle 5/DE.2 – Nennspannungen im Netz und spannungsabhängige Mindestabstände.....	48
Tabelle 6/DE.1 – Häufigkeit von Blitzströmen in Masten von Freileitungen mit Erdseil .....	54
Tabelle 6/DE.2 – Maßgebende Ströme zur Bemessung der Erdungsanlage .....	55
Tabelle 7/DE.1 – Anschlussmaße und Endabstände von Verbindungselementen.....	60
Tabelle 9/DE.1 – Mechanische Festwerte, zulässige Mittelzugspannungen für genormte Leiter nach DIN EN 50182:2001-12 .....	68
Tabelle 9/DE.2 – Zulässige Leitertemperatur bei Kurzschlussbeanspruchung für Leiter mit Aluminium als Leitermaterial .....	69
Tabelle 9/DE.3 – Zulässige Leitertemperatur bei Kurzschlussbeanspruchung für Leiter aus Stahl .....	70
Tabelle 9/DE.4 – Mechanische Festwerte, zulässige Mittelzugspannungen für genormte Leiter mit Stahldrähten nach DIN VDE 0212-399 (VDE 0212-399) und DIN EN 50182:2001-12 .....	70
Tabelle 9/DE.5 – Mindestquerschnitte .....	71
Tabelle 10/DE.1 – Material-Teilsicherheitsbeiwerte für Isolatoren.....	75