



# SLOVENSKI STANDARD

## SIST EN 50341-1:2013

01-marec-2013

Nadomešča:

SIST EN 50341-1:2002

SIST EN 50341-1:2002/A1:2009

SIST EN 50423-1:2005

---

**Nadzemni električni vodi za izmenične napetosti nad 1 kV - 1. del: Splošne zahteve  
- Skupna določila**

Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV - Part 1: General requirements - Common specifications

**iTeh STANDARD PREVIEW**

**(standards.iteh.ai)**

Freileitungen über AC 1 kV - Teil 1: Allgemeine Anforderungen - Gemeinsame Festlegungen

[SIST EN 50341-1:2013](#)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/520f2a71-0ac8-4d14-964f-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/520f2a71-0ac8-4d14-964f-f9a5a52284f5/sist-en-50341-1-2013)

[f9a5a52284f5/sist-en-50341-1-2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/520f2a71-0ac8-4d14-964f-f9a5a52284f5/sist-en-50341-1-2013)

Lignes électriques aériennes dépassant AC 1 kV - Partie 1: Règles générales - Spécifications communes

**Ta slovenski standard je istoveten z: EN 50341-1:2012**

---

**ICS:**

29.240.20 Daljnovodi

Power transmission and distribution lines

**SIST EN 50341-1:2013**

**de**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[SIST EN 50341-1:2013](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/520f2a71-0ac8-4d14-964f-f9a5a52284f5/sist-en-50341-1-2013>

EUROPÄISCHE NORM  
EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE

**EN 50341-1**

Dezember 2012

ICS 29.240.20

Ersatz für EN 50341-1:2001 + A1:2009, EN 50423-1:2005

Deutsche Fassung

**Freileitungen über AC 1 kV -  
Teil 1: Allgemeine Anforderungen -  
Gemeinsame Festlegungen**

Overhead electrical lines exceeding AC  
1 kV -  
Part 1: General requirements -  
Common specifications

Lignes électriques aériennes dépassant  
AC 1 kV -  
Partie 1: Règles générales -  
Spécifications communes

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
(standards.iteh.ai)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2012-11-19 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

**CENELEC**

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung  
European Committee for Electrotechnical Standardization  
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

**Management Centre: Avenue Marnix 17, B - 1000 Brüssel**

## Inhalt

	Seite
Vorwort.....	18
0 Einleitung.....	18
0.6 Nationale Ergänzungen (NCPT, en: National Complements).....	19
0.7 Sprache.....	19
1 Anwendungsbereich.....	20
2 Normative Verweisungen, Begriffe und Symbole.....	22
2.1 Normative Verweisungen.....	22
2.2 Begriffe.....	27
2.3 Symbole.....	38
3 Grundlagen für Auslegung und Bemessung.....	43
3.1 Einleitung.....	43
3.2 Anforderungen an Freileitungen.....	45
3.2.1 Grundlegende Anforderungen.....	45
3.2.2 Anforderungen an die Zuverlässigkeit.....	45
3.2.3 Anforderungen an die Betriebssicherheit.....	47
3.2.4 Anforderungen an die Personensicherheit.....	47
3.2.5 Abstimmung der Beanspruchbarkeit.....	47
3.2.6 Zusätzliche Betrachtungen.....	48
3.2.7 Bemessungslebensdauer.....	48
3.2.8 Dauerhaftigkeit.....	48
3.2.9 Qualitätssicherung.....	48
3.3 Grenzzustände.....	48
3.3.1 Allgemeines.....	48
3.3.2 Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	48
3.3.3 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.....	49
3.4 Einwirkungen.....	49
3.4.1 Einteilung in Hauptklassen.....	49
3.4.2 Einteilung der Einwirkungen gemäß ihrer zeitlichen Wirkung.....	49
3.4.3 Einteilung der Einwirkungen nach ihrer Art und/oder der Reaktion des Tragwerks.....	50
3.5 Charakteristische Werte.....	50
3.5.1 Charakteristische Werte einer Einwirkung.....	50
3.5.2 Charakteristischer Wert einer Werkstoffeigenschaft.....	51
3.6 Bemessungswerte.....	51
3.6.1 Allgemeines.....	51
3.6.2 Bemessungswert für eine Einwirkung.....	51
3.6.3 Bemessungswert einer Werkstoffeigenschaft.....	52
3.6.4 Kombinationswert für eine veränderliche Einwirkung.....	52

	Seite
3.7 Methode der Teilsicherheitsbeiwerte und Bemessungsgleichung .....	52
3.7.1 Methode der Teilsicherheitsbeiwerte .....	52
3.7.2 Grundlegende Bemessungsgleichung .....	53
3.7.3 Gesamtbemessungswert der Auswirkung von Kombinationen von Einwirkungen .....	53
3.7.4 Bemessungswert der Tragwerksbeanspruchbarkeit .....	54
4 Einwirkungen auf Freileitungen .....	54
4.1 Einführung .....	54
4.2 Ständige Lasten .....	57
4.3 Windlasten .....	57
4.3.1 Anwendungsbereich und Basiswindgeschwindigkeit .....	57
4.3.2 Mittlere Windgeschwindigkeit .....	57
4.3.3 Mittlerer Staudruck .....	59
4.3.4 Turbulenzintensität und Spitzenwert des Staudrucks .....	59
4.3.5 Windlasten auf eine Komponente einer Freileitung .....	60
4.4 Windlasten auf Freileitungskomponenten .....	61
4.4.1 Windlasten auf Leiter .....	61
4.4.2 Windlasten auf Isolatorketten .....	67
4.4.3 Windlasten auf Gittermasten .....	67
4.4.4 Windlasten auf einstuellige Masten .....	70
4.5 Eislasten .....	72
4.5.1 Allgemeines .....	72
4.5.2 Eislast an Leitern .....	72
4.6 Gleichzeitige Wind- und Eislasten .....	73
4.6.1 Verbundene Wahrscheinlichkeiten .....	73
4.6.2 Windwiderstandsbeiwerte und Eisdichten .....	74
4.6.3 Mittlerer Staudruck und Spitzenwert des Staudrucks .....	75
4.6.4 Äquivalenter Durchmesser $D$ der Leiter mit Eisansatz .....	75
4.6.5 Windlasten auf Stützpunkte, herrührend von Leitern mit Eisansatz .....	75
4.6.6 Gleichzeitiges Wirken von Windgeschwindigkeiten und Eislasten .....	76
4.7 Temperatureinwirkungen .....	77
4.8 Betriebssicherheitslasten .....	78
4.8.1 Allgemeines .....	78
4.8.2 Torsionslasten .....	78
4.8.3 Längslasten .....	78
4.8.4 Mechanische Bedingungen für die Anwendung .....	78
4.9 Personensicherheitslasten .....	79
4.9.1 Lasten aus Errichtung und Instandhaltung .....	79
4.9.2 Lasten aus dem Gewicht von Monteuren .....	79
4.10 Kurzschlusslasten .....	79

iTech STANDARD PREVIEW  
(standards.itech.ai)

SIST EN 50341-1:2013

[https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/520e2a71-0ac8-4d14-964f-](https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/520e2a71-0ac8-4d14-964f-0a5a52284f5/sist-en-50341-1-2013)

[0a5a52284f5/sist-en-50341-1-2013](https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/520e2a71-0ac8-4d14-964f-0a5a52284f5/sist-en-50341-1-2013)

	Seite
4.11	Andere Sonderlasten..... 80
4.11.1	Lawinen, rutschender Schnee..... 80
4.11.2	Erdbeben..... 80
4.12	Lastfälle..... 80
4.12.1	Allgemeines..... 80
4.12.2	Standardlastfälle..... 81
4.13	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen..... 84
5	Elektrische Anforderungen..... 85
5.1	Einleitung..... 85
5.2	Ströme..... 87
5.2.1	Betriebsstrom..... 87
5.2.2	Kurzschlussstrom..... 87
5.3	Isolationskoordination..... 87
5.4	Einteilung der Spannungen und Überspannungen..... 88
5.4.1	Allgemeines..... 88
5.4.2	Repräsentative betriebsfrequente Spannungen..... 88
5.4.3	Repräsentative zeitweilige Überspannungen..... 89
5.4.4	Repräsentative langsam ansteigende Überspannungen..... 90
5.4.5	Repräsentative schnell ansteigende Überspannungen..... 90
5.5	Mindestabstände in Luft zur Vermeidung von Überschlägen..... 91
5.5.1	Allgemeines..... 91
5.5.2	Anwendung der im Anhang E enthaltenen theoretischen Methode..... 91
5.5.3	Empirische Methode auf Grundlage von Erfahrungen in Europa..... 95
5.6	Lastfälle für die Berechnung von Abständen..... 96
5.6.1	Belastungszustände..... 96
5.6.2	Höchste Leitertemperatur..... 96
5.6.3	Windlasten für die Festlegung von elektrischen Abständen..... 97
5.6.4	Eislasten für die Festlegung von elektrischen Abständen..... 97
5.6.5	Gleichzeitige Wind- und Eisbelastung..... 98
5.7	Abstimmung der Lage der Leiter und der Isolationsbeanspruchung..... 98
5.8	Innere Abstände im Feld und am Stützpunkt..... 99
5.9	Äußere Abstände..... 102
5.9.1	Allgemeines..... 102
5.9.2	Äußere Abstände zum Boden in Gebieten abseits von Gebäuden, Straßen usw..... 103
5.9.3	Äußere Abstände zu Wohn- und anderen Gebäuden..... 104
5.9.4	Äußere Abstände zu gekreuzten Verkehrswegen..... 105
5.9.5	Äußere Abstände zu angrenzenden Verkehrswegen..... 107
5.9.6	Äußere Abstände zu anderen Freileitungen oder Fernmeldeleitungen..... 108
5.9.7	Äußere Abstände zu Erholungsflächen (Spielplätze, Sportflächen usw.)..... 109

	Seite
5.10 Auswirkungen der Corona.....	110
5.10.1 Funkstörungen .....	110
5.10.2 Koronageräusche .....	111
5.10.3 Koronaverluste .....	111
5.11 Elektrische und magnetische Felder .....	112
5.11.1 Elektrische und magnetische Felder unter einer Freileitung.....	112
5.11.2 Induktion infolge elektrischer und magnetischer Felder .....	112
5.11.3 Beeinflussung von Fernmeldestromkreisen.....	113
6 Erdungsanlagen .....	113
6.1 Einleitung.....	113
6.1.1 Zweck.....	113
6.1.2 Anforderungen an die Bemessung von Erdungsanlagen .....	113
6.1.3 Erdungsmaßnahmen gegen Blitzauswirkungen .....	114
6.1.4 Potentialverschleppungen.....	114
6.2 Auslegung im Hinblick auf Korrosion und mechanische Festigkeit .....	114
6.2.1 Erder.....	114
6.2.2 Erdungs- und Verbindungsleiter .....	115
6.3 Auslegung im Hinblick auf thermische Festigkeit.....	115
6.3.1 Allgemeines.....	115
6.3.2 Auslegung im Hinblick auf den Strom .....	115
6.4 Auslegung bezüglich Personensicherheit.....	116
6.4.1 Zulässige Werte für Berührungsspannungen.....	116
6.4.2 Grenzwerte der Berührungsspannungen an unterschiedlichen Standorten.....	116
6.4.3 Grundlegende Auslegung der Erdungsanlage bezüglich zulässiger Berührungsspannungen .....	118
6.4.4 Maßnahmen in Anlagen mit isoliertem Sternpunkt oder mit Erdschlusskompensation.....	120
6.5 Inspektion von Erdungsanlagen vor Ort und Dokumentation .....	120
7 Stützpunkte .....	121
7.1 Einführende Überlegungen zur Bemessung.....	121
7.1.1 Einführung.....	121
7.1.2 Bemessungswert der Tragwerksbeanspruchbarkeit eines einstieligen Masts .....	121
7.1.3 Knickbeanspruchbarkeit.....	121
7.2 Werkstoffe .....	121
7.2.1 Stahlwerkstoffe, Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben, Schweißwerkstoffe .....	121
7.2.2 Kaltverformter Stahl .....	122
7.2.3 Anforderungen an zum Verzinken geeignete Stahlgüten .....	122
7.2.4 Ankerschrauben .....	122
7.2.5 Beton und Bewehrungsstahl .....	122
7.2.6 Holz .....	122

	Seite
7.2.7 Werkstoffe für Abspannungen.....	122
7.2.8 Andere Werkstoffe.....	122
7.3 Stahlgittermasten.....	122
7.3.1 Allgemeines .....	122
7.3.2 Grundlagen für Auslegung und Bemessung .....	123
7.3.3 Werkstoffe .....	123
7.3.4 Dauerhaftigkeit .....	123
7.3.5 Tragwerksberechnung.....	123
7.3.6 Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	124
7.3.7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.....	126
7.3.8 Beanspruchbarkeit der Verbindungen.....	126
7.3.9 Versuchsgestützte Bemessung.....	126
7.3.10 Ermüdung .....	126
7.4 Einstielige Stahlmasten .....	127
7.4.1 Allgemeines .....	127
7.4.2 Grundlagen für die Bemessung und Konstruktion (EN 1993-1-1:2005, Abschnitt 2) .....	127
7.4.3 Werkstoffe (EN 1993-1-1:2005, Abschnitt 3) .....	127
7.4.4 Dauerhaftigkeit (EN 1993-1-1:2005, Abschnitt 4) .....	127
7.4.5 Tragwerksberechnung (EN 1993-1-1:2005, Abschnitt 5) .....	127
7.4.6 Grenzzustände der Tragfähigkeit (EN 1993-1-1:2005, Abschnitt 6).....	128
7.4.7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (EN 1993-1-1:2005, Abschnitt 7).....	128
7.4.8 Beanspruchbarkeit der Verbindungen.....	128
7.4.9 Versuchsgestützte Bemessung.....	130
7.5 Holzmasten.....	130
7.5.1 Allgemeines .....	130
7.5.2 Grundlagen für Auslegung und Bemessung .....	131
7.5.3 Werkstoffe .....	131
7.5.4 Dauerhaftigkeit .....	131
7.5.5 Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	131
7.5.6 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit .....	133
7.5.7 Beanspruchbarkeit von Verbindungen .....	133
7.5.8 Versuchsgestützte Bemessung.....	133
7.6 Betonmasten .....	133
7.6.1 Allgemeines .....	133
7.6.2 Grundlagen für Berechnung und Konstruktion.....	134
7.6.3 Werkstoffe .....	134
7.6.4 Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	134
7.6.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.....	134
7.6.6 Versuchsgestützte Bemessung.....	135



	Seite
7.7	Abgespannte Tragwerke ..... 135
7.7.1	Allgemeines ..... 135
7.7.2	Grundlagen der Bemessung und Konstruktion ..... 135
7.7.3	Werkstoffe ..... 135
7.7.4	Grenzzustände der Tragfähigkeit ..... 136
7.7.5	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ..... 138
7.7.6	Auslegung und Bemessung der Anker Ausführungen ..... 138
7.8	Andere Tragwerke ..... 140
7.9	Korrosionsschutz und Endbehandlung ..... 140
7.9.1	Allgemeines ..... 140
7.9.2	Verzinkung ..... 140
7.9.3	Metallspritzverzinkung ..... 140
7.9.4	Beschichtung verzinkter Teile in der Werkstatt (Duplex-System) ..... 140
7.9.5	Farbliche Endbehandlung ..... 141
7.9.6	Verwendung von wetterfesten Stählen ..... 141
7.9.7	Schutz von Holzmasten ..... 141
7.10	Instandhaltungseinrichtungen ..... 141
7.10.1	Besteigen ..... 141
7.10.2	Instandhaltbarkeit ..... 142
7.10.3	Anforderungen an die Personensicherheit ..... 142
7.11	Belastungsprüfungen ..... 142
7.12	Zusammenbau und Errichtung ..... 142
8	Gründungen ..... 142
8.1	Einführung ..... 142
8.2	Grundlagen der geotechnischen Bemessung (EN 1997-1:2004, Abschnitt 2) ..... 143
8.2.1	Allgemeines ..... 143
8.2.2	Geotechnische Bemessung durch Berechnung ..... 143
8.2.3	Bemessung mit praktisch bewährten Methoden ..... 145
8.2.4	Belastungsprüfungen und Prüfungen an experimentellen Modellen ..... 145
8.3	Baugrunderkundungen und geotechnische Angaben (EN 1997-1:2004, Abschnitt 3) ..... 145
8.4	Überwachung der Einbringung, des Verhaltens im Betrieb und der Instandhaltung (EN 1997-1:2004, Abschnitt 4) ..... 145
8.5	Schüttungen, Wasserhaltung, Bodenverbesserung und Bodenbewehrung (EN 1997-1:2004, Abschnitt 5) ..... 146
8.6	Zusammenwirken zwischen Tragwerksgründungen und Boden ..... 146
9	Leiter und Erdseile ..... 146
9.1	Einleitung ..... 146
9.2	Leiter mit Aluminium als Leitmaterial ..... 146
9.2.1	Kennwerte und Maße ..... 146
9.2.2	Elektrische Anforderungen ..... 147

iTech STANDARD PREVIEW

(standards.itech.ai)

SIST EN 50341-1:2013

[https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/520e2a71-0ac8-4d14-964f-](https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/520e2a71-0ac8-4d14-964f-5a52284f5/sist-en-50341-1-2013)[520e2a71-0ac8-4d14-964f-5a52284f5/sist-en-50341-1-2013](https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/520e2a71-0ac8-4d14-964f-5a52284f5/sist-en-50341-1-2013)

	Seite
9.2.3	Leiterbetriebstemperaturen und Eigenschaften des Fetts ..... 147
9.2.4	Mechanische Anforderungen ..... 148
9.2.5	Korrosionsschutz ..... 148
9.2.6	Prüfungsanforderungen ..... 148
9.3	Leiter aus Stahladrähten ..... 148
9.3.1	Kennwerte und Maße ..... 148
9.3.2	Elektrische Anforderungen ..... 149
9.3.3	Leiterbetriebstemperaturen und Kennwerte des Fetts ..... 149
9.3.4	Mechanische Anforderungen ..... 149
9.3.5	Korrosionsschutz ..... 149
9.3.6	Prüfanforderungen ..... 149
9.4	Leiter aus Kupferdrähten ..... 149
9.5	Leiter und Erdseile mit optischen Fasern für Telekommunikationskreise ..... 150
9.5.1	Kennwerte und Maße ..... 150
9.5.2	Elektrische Anforderungen ..... 150
9.5.3	Leiterbetriebstemperatur ..... 150
9.5.4	Mechanische Anforderungen ..... 150
9.5.5	Korrosionsschutz ..... 150
9.5.6	Prüfanforderungen ..... 150
9.6	Allgemeine Anforderungen ..... 151
9.6.1	Vermeiden von Beschädigungen ..... 151
9.6.2	Teilsicherheitsbeiwert für Leiter ..... 151
9.6.3	Kleinste Querschnitte ..... 151
9.6.4	Spannungs-Durchhangs-Berechnungen ..... 151
9.7	Prüfberichte und -zertifikate ..... 151
9.8	Auswahl, Lieferung und Verlegung von Leitern ..... 152
10	Isolatoren ..... 152
10.1	Einführung ..... 152
10.2	Genormte elektrische Anforderungen ..... 152
10.3	Anforderungen an die Funkstörfestigkeit und Koronaaussetzspannung ..... 152
10.4	Anforderungen an das Verhalten unter Verschmutzung ..... 153
10.5	Anforderungen an das Leistungslichtbogenverhalten ..... 153
10.6	Anforderungen an das Geräuschverhalten ..... 153
10.7	Mechanische Anforderungen ..... 154
10.8	Anforderungen an die Dauerhaftigkeit ..... 154
10.8.1	Allgemeine Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Isolatoren ..... 154
10.8.2	Schutz gegen Vandalismus ..... 154
10.8.3	Schutz der Eisenteile ..... 154
10.8.4	Zusätzlicher Korrosionsschutz ..... 155

iTech STANDARD PREVIEW  
(standards.itech.ai)

[SIST EN 50341-1:2013](https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/520e2a71-0ac8-4d14-964f-0a5a52284f5/sist-en-50341-1-2013)

[https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/520e2a71-0ac8-4d14-964f-](https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/520e2a71-0ac8-4d14-964f-0a5a52284f5/sist-en-50341-1-2013)

[0a5a52284f5/sist-en-50341-1-2013](https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/520e2a71-0ac8-4d14-964f-0a5a52284f5/sist-en-50341-1-2013)

	Seite
10.9	Werkstoffwahl und -festlegung..... 155
10.10	Kennwerte und Maße von Isolatoren ..... 155
10.11	Anforderungen an Typprüfungen ..... 155
10.11.1	Genormte Typprüfungen ..... 155
10.11.2	Wahlfreie Typprüfungen..... 156
10.12	Anforderungen an die Stichprobenprüfung ..... 156
10.13	Anforderungen an die Stückprüfung ..... 156
10.14	Zusammenfassung der Prüfanforderungen ..... 157
10.15	Prüfberichte und -zertifikate ..... 157
10.16	Auswahl, Lieferung und Einbau von Isolatoren..... 157
11	Armaturen..... 157
11.1	Einführung ..... 157
11.2	Elektrische Anforderungen ..... 157
11.2.1	Für alle Armaturen geltende Anforderungen ..... 157
11.2.2	Für stromfeste Armaturen geltende Anforderungen ..... 158
11.3	Anforderungen an Funkstörspannungen und Koronaaussetzspannungen ..... 158
11.4	Magnetische Eigenschaften ..... 158
11.5	Anforderungen hinsichtlich Kurzschluss- und Lichtbogenfestigkeit ..... 158
11.6	Mechanische Anforderungen ..... 158
11.7	Anforderungen an die Dauerbeständigkeit ..... 159
11.8	Werkstoffauswahl und -spezifikation ..... 159
11.9	Kennwerte und Maße von Armaturen ..... 159
11.10	Anforderungen an Typprüfungen ..... 160
11.10.1	Genormte Typprüfungen ..... 160
11.10.2	Wahlfreie Typprüfungen..... 160
11.11	Anforderungen an Stichprobenprüfungen ..... 160
11.12	Anforderungen an Stückprüfungen ..... 160
11.13	Prüfberichte und Zertifikate ..... 160
11.14	Auswahl, Lieferung und Einbau von Armaturen..... 160
12	Qualitätssicherung, Prüfungen und Abnahmen ..... 161
12.1	Qualitätssicherung..... 161
12.2	Prüfungen und Abnahmen ..... 161
Anhang A (informativ)	Abstimmung der Beanspruchbarkeit ..... 162
A.1	Empfohlene Auslegungskriterien ..... 162
A.2	Vorschlag für die Abstimmung der Beanspruchbarkeit..... 162
Anhang B (informativ)	Umrechnung der Windgeschwindigkeiten und Eislasten ..... 164
B.1	Definitionen der in diesem Anhang verwendeten Symbole ..... 164
B.2	Auswertung von extremen Windgeschwindigkeiten..... 164
B.3	Auswertung der Daten über extreme Eislast ..... 166

	Seite
B.4	Statistische Eisparameter..... 167
B.4.1	Grundeislast $I_B$ ..... 167
B.4.2	Größte jährliche Eislast $I_m$ ..... 167
B.4.3	Größte Eislast während mehrerer Jahre $I_{max}$ ..... 167
B.4.4	Mittelwert $I_{mm}$ der größten jährlichen Eislasten ..... 167
B.4.5	Variationskoeffizient $v_1$ für größte jährliche Eislasten ..... 167
B.5	Auswertung der größten Eislasten, die aus unterschiedlichen Datenquellen stammen ..... 167
B.5.1	Datenquellen für die statistische Auswertung ..... 167
B.5.2	Jährliche Größtwerte der Eislasten $I_m$ während einer Periode von wenigstens 10 Jahren sind verfügbar ..... 168
B.5.3	Nur die größte Eislast $I_{max}$ ist für eine bestimmte Anzahl von Jahren bekannt ..... 168
B.5.4	Ermittlung der größten jährlichen Eislast $I_m$ durch Auswertung von meteorologischen Daten..... 168
Anhang C (informativ) Anwendungsbeispiele für Windlasten – Sonderlasten ..... 169	
C.1	Anwendungsbeispiele für die Berechnung von Windlasten nach den Festlegungen in 4.3 und 4.4..... 169
C.1.1	Beispiel 1: Typischer 24-kV-Holztragmast ..... 169
C.1.2	Beispiel 2: Typischer 225-kV-Traggittermast ..... 171
C.2	Sonderlasten ..... 174
C.2.1	Definition der in diesem Abschnitt C.2 verwendeten Symbole..... 174
C.2.2	Lasten infolge von Kurzschlüssen ..... 174
C.2.3	Lawinen, rutschender Schnee ..... 175
C.2.4	Erdbeben ..... 175
Anhang D (informativ) Statistische Daten für die Gumbel-Extremwertverteilung..... 176	
D.1	Definition der in diesem Anhang verwendeten Symbole..... 176
D.2	Gumbel-Verteilung..... 176
D.3	Beispiel für die Verwendung von $C_1$ und $C_2$ ..... 180
D.4	Berechnung von $C_1$ und $C_2$ ..... 180
Anhang E (normativ) Theoretisches Verfahren zur Berechnung der Mindestabstände in Luft..... 184	
E.1	Definition der in diesem Anhang verwendeten Symbole..... 184
E.2	Isolationskoordination..... 185
E.2.1	Entwicklung theoretischer Gleichungen für die Berechnung elektrischer Abstände..... 185
E.2.2	Repräsentative Spannungen und Überspannungen $U_{rp}$ ..... 187
E.2.3	Koordinationsstehspannung $U_{cw}$ ..... 188
E.2.4	Erforderliche Stehspannung der Funkenstrecke $U_{rw}$ ..... 188
E.2.5	Beziehung zwischen der erforderlichen Stehspannung und der Länge der Funkenstrecke..... 189
E.2.5.1	Statistischer Ansatz..... 189
E.2.5.2	Abweichungsfaktoren ..... 190
E.2.5.3	Funkenstreckenfaktoren..... 190

	Seite
E.2.5.4 Isolationsverhalten bei Überspannungen.....	191
E.3 Berechnungsgleichungen für die kleinsten Funkenstrecken in Luft.....	192
E.4 Beispiele für die Berechnung von $D_{el}$ , $D_{pp}$ und $D_{50\text{ Hz}}$ für unterschiedliche Spannungen $U_s$ (informativ) .....	194
E.4.1 Bereich I: 90-kV-Freileitung, ausgerüstet mit Isolatorketten aus 6 Kappenisolatoren .....	194
E.4.2 Bereich I: 90-kV-System, ausgerüstet mit Isolatorketten aus 9 Kappenisolatoren .....	195
E.4.3 Bereich II: 400-kV-Freileitung.....	196
Anhang F (informativ) Empirische Methode zur Berechnung der Mindestabstände in der Feldmitte.....	198
F.1 Empirische Methode zur Bestimmung von Mindestabständen im Feld .....	198
F.2 Näherungsmethode für Abstände bei Leitern mit unterschiedlichen Querschnitten, Werkstoffen oder Durchhängen .....	199
F.3 Einfluss der Isolatorkette bei der Ermittlung der Abstände an Stützpunkten.....	199
Anhang G (normativ) Berechnungsmethoden für Erdungsanlagen .....	200
G.1 Definition der in diesem Anhang verwendeten Symbole .....	200
G.2 Mindestmaße von Erdern .....	201
G.3 Berechnung der Stromtragfähigkeit .....	202
G.4 Berührungsspannung und Körperstrom .....	204
G.4.1 Zusammenhang zwischen Berührungsspannung und Körperstrom .....	204
G.4.2 Berechnung mit Berücksichtigung zusätzlicher Widerstände .....	206
Anhang H (informativ) Einbau und Messungen von Erdungsanlagen .....	208
H.1 Definition der in diesem Anhang verwendeten Symbole .....	208
H.2 Grundlagen für den Nachweis .....	208
H.2.1 Spezifischer Bodenwiderstand .....	208
H.2.2 Erdausbreitungswiderstand.....	209
H.3 Einbau von Erdern und Erdungsleitern .....	211
H.3.1 Einbau von Erdern.....	211
H.3.1.1 Erder.....	211
H.3.1.2 Oberflächenerder .....	212
H.3.1.3 Lotrecht oder schräg eingetriebene Tiefenerder.....	212
H.3.1.4 Verbindung der Erder .....	212
H.3.2 Einbau von Erdungsleitern .....	212
H.3.2.1 Allgemeines.....	212
H.3.2.2 Verlegen von Erdungsleitern.....	212
H.3.2.3 Verbinden von Erdungsleiter.....	213
H.4 Messungen für und an Erdungsanlagen .....	213
H.4.1 Messung der spezifischen Bodenwiderstände.....	213
H.4.2 Messung von Berührungsspannungen .....	213
H.4.3 Messung von Ausbreitungswiderständen und Erdungsimpedanzen .....	214
H.4.4 Bestimmung der Erdpotentialerhöhung .....	215

	Seite
H.4.5 Reduktionsfaktor durch Erdseile von Freileitungen.....	215
H.4.5.1 Allgemeines .....	215
H.4.5.2 Werte für den Reduktionsfaktor von Freileitungen.....	216
Anhang J (normativ) Winkelprofile in Stahlgittermasten.....	217
J.1 Definition der in diesem Anhang verwendeten Symbole.....	217
J.2 Allgemeines .....	218
J.3 Zugbeanspruchbarkeit von Winkelprofilen, die mit einem Schenkel angeschlossen sind.....	219
J.4 Knickbeanspruchbarkeit von Winkelprofilen unter Druckbelastung .....	220
J.4.1 Biegeknickbeanspruchbarkeit .....	220
J.4.2 Wirksamer Schlankheitsgrad für die Biegeknickbeanspruchbarkeit .....	221
J.4.2.1 Allgemeines .....	221
J.4.2.2 Schlankheit $\lambda$ .....	223
J.4.2.3 Dimensionslose Schlankheit $\bar{\lambda}$ .....	223
J.4.2.4 Wirksamer dimensionsloser Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_{\text{eff}}$ .....	223
J.4.3 Schlankheit von Stäben.....	225
J.4.3.1 Allgemeines .....	225
J.4.3.2 Eckstiele und Gurte .....	225
J.4.3.3 Anordnungen von Diagonalstäben.....	225
J.4.3.4 Mehrteilige Gitterstäbe .....	228
J.4.4 Sekundäre (oder redundante) Füllstäbe.....	229
J.5 Bemessungsbeanspruchbarkeit für Schraubverbindungen .....	230
J.5.1 Allgemeines .....	230
J.5.2 Widerstand gegen Blockversagen von Schraubverbindungen .....	231
Anhang K (normativ) Einstielige Stahlmasten .....	233
K.1 Definitionen der in diesem Anhang verwendeten Symbole.....	233
K.2 Klassifizierung von Querschnitten (EN 1993-1-1:2005, 5.5).....	234
K.3 Querschnitte der Klasse 4 (EN 1993-1-1:2005, 6.2.2.5, und EN 1993-1-5:2006, Abschnitt 4) .....	234
K.4 Beanspruchbarkeit von kreisförmigen Querschnitten .....	235
K.5 Beanspruchbarkeit von polygonalen Querschnitten.....	235
K.5.1 Querschnitte der Klasse 3 (EN 1993-1-1:2005, 6.2.9.2).....	235
K.5.2 Querschnitte der Klasse 4 (EN 1993-1-1:2005, 6.2.9.3).....	236
K.6 Bemessung von Ankerschrauben .....	236
Anhang L (informativ) Bemessungsanforderungen für Stützpunkte und Gründungen .....	240
L.1 Das Tragwerk betreffende Anforderungen .....	240
L.2 Anforderungen an die Anordnung: Arten der Stützpunkte und ihr Verwendungszweck.....	240
L.3 Befestigung für Außenleiter und Erdseile.....	243
L.4 Einbindung der Stahlteile in die Gründung.....	243
L.5 Hilfsmittel für Errichtung und Instandhaltung.....	243

	Seite
L.6	Einschränkungen bezüglich Massen und Maßen ..... 243
Anhang M (informativ)	Geotechnische und bautechnische Planung von Tragwerksgründungen ..... 244
M.1	Typische Werte für geotechnische Parameter von Böden und Fels ..... 244
M.1.1	Allgemeines ..... 244
M.1.2	Definitionen ..... 244
M.1.3	Symbole, Definitionen und Einheiten einiger Baugrundparameter ..... 244
M.2	Beispiele für analytische Modelle für die Berechnung der Zugtragfähigkeit ..... 247
M.2.1	Allgemeines ..... 247
M.2.2	Berechnung von $R_w$ ..... 247
M.2.3	Berechnung von $R_s$ ..... 248
M.2.4	Rechnerische Ermittlung von $R_d$ ..... 250
M.3	Beispiel eines halbempirischen Verfahrens zur Ermittlung der Beanspruchbarkeit ..... 251
M.3.1	Geotechnische Bemessung aufgrund von Berechnungen ..... 251
M.3.1.1	Allgemeines ..... 251
M.3.1.2	Einblockgründungen ..... 252
M.3.1.3	Plattengründungen ..... 254
M.3.1.4	Schwellen-Plattengründungen ..... 255
M.3.1.5	Einfahrgründungen ..... 256
M.3.1.6	Aufgeteilte Stufengründungen, Pilzgründungen ..... 256
M.3.1.7	Bohr- und Schachtgründungen ..... 258
M.3.1.8	Schwellen-Einzelgründungen ..... 259
M.3.1.9	Pfahlgründungen ..... 259
M.3.2	Bautechnische Bemessung und Ausführung von Betongründungen ..... 261
Anhang N (informativ)	Leiter und Erdseile ..... 262
N.1	Vorgaben für Leiter und Erdseile ..... 262
N.1.1	Parameter, die die Vorgaben für Leiter und Erdseile beeinflussen ..... 262
N.1.2	Betriebliche Einflüsse ..... 262
N.1.3	Anforderungen hinsichtlich Instandhaltung ..... 262
N.1.4	Umweltparameter ..... 262
N.2	Leiter- und Erdseilauswahl ..... 263
N.3	Verpackung und Lieferung von Leitern und Erdseilen ..... 263
N.4	Vorkehrungen während des Verlegens von Leitern und Erdseilen ..... 263
Anhang P (informativ)	Prüfungen an Freileitungsisolatoren und -isolatorketten ..... 264
Anhang Q (informativ)	Isolatoren ..... 266
Q.1	Anforderungen an Isolatoren ..... 266
Q.1.1	Faktoren, die die Anforderungen an Isolatoren beeinflussen ..... 266
Q.1.2	Betriebliche Faktoren ..... 266
Q.1.3	Anforderungen hinsichtlich Instandhaltung ..... 266
Q.1.4	Umweltparameter ..... 266