

1 Inhaltsverzeichnis

2		4	
Einleitung	24	Maste, Querträger und Dachständer	36
3		4.1	
Die Freileitungsanlage	27	Mastarten	36
3.1		4.1.1	
Allgemeine Grundsätze	27	Tragmaste	36
3.1.1		4.1.2	
Bauteile	27	Winkeltragmaste	38
3.2		4.1.3	
Bestandteile der Freileitungsanlage	27	Winkelmaste	38
3.3		4.1.4	
Abstände der Stützpunkte	29	Abspannmaste	39
3.4		4.1.5	
Netzarten und Spannungsbereiche	30	Winkelabspannmaste	39
3.4.1		4.1.6	
Normspannungen gemäß DIN IEC 38	31	Endmaste	39
3.5		4.2	
Begriffsbestimmungen	32	Lastannahmen	40
3.6		4.2.1	
Sicheres Arbeiten in Freileitungsanlagen	32	Lasten	40
3.6.1		4.2.1.1	
Grundsätzliches	32	Ständige Lasten	41
3.6.2		4.2.1.2	
Einhalten der		Zusatzzlasten	42
5 Sicherheitsregeln	32	4.2.1.3	
3.6.3		Montagelasten	42
Vermeiden von Absturzgefahren	34	4.2.1.4	
		Windlasten	43
		4.3	
		Lastfälle	47
		4.3.1	
		Lastfälle für Stützpunkte in Niederspannungs- Freileitungen	48

4.3.2	4.4.3.2
Lastfälle für Mastschäfte	Stahlvollwandmaste
in Mittelspannungs-	69
Freileitungen	
49	
4.3.2.1	4.4.3.3
Normalbelastung (MN)	Profilstahlmaste
49	70
4.3.2.2	4.5
Ausnahmebelastung (MA)	Querträger
51	70
4.4	4.5.1
Mastwerkstoffe	Querträger aus Beton
52	70
4.4.1	4.5.2
Holzmaste	Querträger aus Stahl
53	71
4.4.1.1	4.5.3
Einfachmaste	Lastfälle für Querträger
56	und Erdseilstützen
4.4.1.2	71
Maste mit Ankern	4.5.3.1
und Streben	Normalbelastung
56	73
4.4.1.3	4.5.3.2
Maste mit Strebe	Ausnahmebelastung
56	73
4.4.1.4	4.6
Maste mit Anker	Dachständer
58	77
4.4.1.5	■
Doppelmaste	5
59	Isolatoren
4.4.1.6	78
A-Maste	5.1
60	Aufgabe
4.4.2	und Anforderungen
Betonmaste	78
64	5.2
4.4.2.1	Bauformen
Schleuderbetonmaste	78
66	5.3
4.4.2.2	Isolatoren für Freileitungs-
Rüttelbetonmaste	anlagen bis 1000 Volt
67	78
4.4.3	5.3.1
Stahlmaste	Zubehörteile für Nieder-
67	spannungs-Isolatoren
4.4.3.1	80
Gittermaste	5.3.2
68	Mechanische Bemessung
	und Anforderungen
	82

5.4	6	
Isolatoren für Mittelspannungs-Freileitungen	Leiter	95
5.4.1	6.1	
Stützenisolatoren	Leiter, Werkstoffe und Ausführung	95
5.4.1.1	6.2	
Mittelbundanordnung	Einwerkstoffleiter	96
5.4.1.2	6.2.1	
Längsbundanordnung	Kupfer	96
5.4.2	6.2.2	
Kettenisolatoren	Aluminium	96
5.4.3	6.2.3	
Elektrische Bemessung	Aldrey	97
5.4.4	6.2.4	
Mechanische Bemessung	Stahl	97
5.4.4.1	6.2.5	
Bemessungsfaktoren	Bronze	97
5.4.5	6.3	
Mehrfach-Isolatorketten	Verbundleiter	97
5.4.6	6.4	
Zubehörteile für Mittelspannungs-Isolatoren	Leiter mit Einzeldrähten aus zwei Werkstoffen	98
5.4.6.1	6.5	
Thermische Bemessung	Auswahl und Bemessung der Leiterseile	98
5.4.6.2	6.5.1	
Mechanische Bemessung	Mindestquerschnitte	98
5.5	6.5.2	
Werkstoffe für Isolatoren	Thermische Bemessung	98
5.5.1	6.5.3	
Porzellan	Mechanische Bemessung	100
5.5.2	6.5.3.1	
Glas	Durchhang	102
5.5.3	6.5.3.2	
Kunststoff	Kritische Spannweite	102

6.5.3.3	7.2.1
Seilzugsspannung bei einer bestimmten LeiterTemperatur	Elektrische Daten
103	118
6.5.3.4	7.2.2
Durchhang von Leiterseilen mit gleich hohen Aufhängepunkten	Bezeichnungen
104	119
6.5.3.5	7.2.3
Durchhang von Leiterseilen mit ungleich hohen Aufhängepunkten	Aufhängungen und Abspannungen
105	124
6.5.3.6	7.2.3.1
Höchstzugsspannung	Tragpunkte
106	124
6.5.3.7	7.2.3.2
Zugspannung des Leiters	Winkel- und Abspannpunkte
106	127
6.5.3.8	7.2.4
Dauerzugsspannung	Leitungsabzweige
106	127
6.5.3.9	7.2.5
Mittelzugsspannung	Leitungsverbinder
107	129
6.6	7.2.6
Leiterwerkstoffe und spezifische Kennwerte	Montage
107	130
7	7.2.6.1
Leitungen, Durchhänge, Abstände	Seilzug
113	131
7.1	7.2.6.2
Verlegen von Leiterseilen	Spannen der Seile
113	131
7.1.1	7.2.6.3
Einstellen des Durchhanges	Durchhänge
113	131
7.1.2	7.2.7
Lagerung der Leiterseile	Behandlung, Lagerung und Transport
115	132
7.2	7.2.8
Leitungen mit isolierten Leitern, Niederspannung	Sicherungs-Trennschalter mit NH-Sicherungen
116	133
7.3	7.3
	Leitungen mit isolierten Leitern, Mittelspannung
	134
7.3.1	7.3.1
	Aufbau
	135

7.3.2	7.4.2
Verlegung	Abstände blanker Leiter von anderen Objekten im freien Gelände
7.3.3	144
Zugspannungen, Durchhänge	
7.3.4	7.4.3
Technische Daten	Abstände im Wald oder bei einzelnen Bäumen
7.3.4.1	144
Technische Daten für isolierte Freileitungen 10/12 kV	7.4.4
138	Abstände in der Nähe baulicher Anlagen und Verkehrsräume
7.3.4.2	144
Technische Daten für isolierte Freileitungen 20/24 kV	7.4.5
139	Abstände von Schornsteinen
7.3.4.3	144
Technische Daten für isolierte Freileitungen 30/36 kV	7.4.6
140	Abstände von Geräten und Blitzschutzanlagen
7.3.5	145
Tragorgane und Verbindungsgarnituren	7.4.7
141	Abstände von Verkehrsanlagen
7.4	145
Abstände in Niederspannungs- freileitungen	7.4.7.1
142	Überkreuzungen
7.4.1	145
Abstände innerhalb der Freileitung	7.4.7.2
142	Unterkreuzungen
7.4.1.1	145
Freileitungen mit isolierten Leitern	7.4.7.3
142	Näherungen und Parallelführungen
7.4.1.2	146
Freileitungen mit blanken Leitern	7.4.8
142	Freileitungen und Spiel-, Sport- und Freizeitanlagen
7.4.9	146
	Besonderheiten für Kreuzungsfelder
7.4.9.1	149
	Befestigung der Leiter an Stützenisolatoren
	149

7.4.9.2	7.5.4.4
Höchstzugsspannung	Maststationen
und Zusatzlast	154
149	
7.5	7.5.4.5
Abstände in Mittel-	Durchhang und Leiterabstand
spannungsfreileitungen	bei ungleicher Zusatzlast
149	155
7.5.1	7.6
Mindestabstände innerhalb	Sicherheitsabstände beim
der Freileitung	Betrieb von Beregnungs-
150	anlagen
7.5.2	155
Mindestabstände	7.6.1
im Gelände	Beregnungsanlagen
152	155
7.5.3	7.6.2
Mindestabstände im Bereich	Berechnung des
von baulichen Anlagen und	Sicherheitsabstandes
Verkehrsräumen	156
152	7.6.3
7.5.3.1	Diagramme zur überschläg-
Mindestabstände zu Wohn-	igen Ermittlung des
gebäuden und anderen	Sicherheitsabstandes
Bauwerken	157
153	
7.5.3.2	8
Mindestabstände	Befestigungen,
zu Verkehrsanlagen	Verbindungen, Abzweige
153	160
7.5.4	8.1
Besonderheiten bei	Allgemeines
Kreuzungen	160
und Näherungen	8.1.1
154	Zugfeste Klemmen
	und Verbinder
154	160
7.5.4.1	8.1.2
Befestigung der Leiter an	Nicht zugfeste Klemmen
Stützenisolatoren	und Verbinder
154	160
7.5.4.2	8.1.3
Befestigung der Leiter an	Leiter verschiedener
Mehrfach-Isolatorketten	Werkstoffe
154	161
7.5.4.3	8.1.4
Holzmaste	Spiralarmaturen
154	162

8.2	8.3.5.1
Befestigung von Leiter- seilen an Isolatoren im Niederspannungsnetz	Befestigungen der Leiter an Stützenisolatoren
163	178
8.2.1	8.3.5.2
Befestigung an Stützenisolatoren	Befestigungen der Leiter an Isolatorketten
163	179
8.2.2	8.4
Befestigung an Schäkel- isolatoren und Isoliereiern	Verbindungen von Leiter- seilen mit Leiterseilen
165	179
8.2.3	8.4.1
Besonderheiten bei Kreuzungsfeldern	Zugfeste Leiter- verbindungen
166	182
8.3	8.4.1.1
Befestigung von Leiter- seilen an Isolatoren im Mittelspannungsnetz	Verbindung von Aluminium- Stahl-Seilen mit Sechskant- preßverbindern
168	182
8.3.1	8.4.1.2
Stützenisolatoren mit Mittelbundbefestigung	Verbindung von Aluminium- und Kupferseilen mit Sechskantpreßverbindern
169	183
8.3.2	8.4.2
Stützenisolatoren mit Längsbundbefestigung	Nicht zugfeste Leiterverbindungen
170	184
8.3.3	8.4.3
Kettenisolatoren an Tragpunkten	Verbindung von Leiter- seilen mit Kabelleitern
172	184
8.3.4	8.5
Kettenisolatoren an Abspannpunkten	Abzweige
173	185
8.3.4.1	■
Befestigungen an Querträgern	9
175	Hauseinführungen und Beleuchtungsanschlüsse
8.3.5	187
Besonderheiten an Kreuzungen und Näherungen	9.1
178	Grundsätzliches
	187
	9.2
	Arten von
	Hauseinführungen
	187

9.2.1	10.2.2
Kabelanschlüsse	Aufgeteilte Gründungen
188	197
9.2.2	10.3
Wandanschlüsse	Baugrunderkundung
188	198
9.2.2.1	10.4
Wandanschlüsse mit	Der Baugrund
Auslegererrohrgestängen	198
190	10.4.1
9.2.2.2	Gewachsener Boden
Wanddurchführungen	199
190	10.4.2
9.2.3	Fels
Dachständeranschlüsse	199
191	10.4.3
9.3	Geschütteter Boden
Hausanschlußkästen	200
193	10.5
9.3.1	Boden- und Felsklassen
Grundsätzliches	nach DIN 18 300
193	200
9.3.2	10.5.1
Anbringungsorte für	Oberboden
Hausanschlußkästen	200
194	10.5.2
9.4	Fließende Bodenarten
Überstromschutz für	200
Hauseinführungsleitungen	10.5.3
oder -kabel in Freileitungs-	Leicht lösbare
netzen	Bodenarten
194	200
9.5	10.5.4
Anschlüsse für Leuchtstellen	Mittelschwer lösbare
im Freileitungsnetz	Bodenarten
195	200
10	10.5.5
Gründungen	Schwer lösbare
196	Bodenarten
10.1	201
Grundsätzliches	10.5.6
196	Leicht lösbarer Fels und
10.2	vergleichbare Bodenarten
Arten der Gründungen	201
196	10.5.7
10.2.1	Schwer lösbarer Fels
Kompaktgründungen	201
197	10.6
	Bodenkennwerte,
	zulässige Bodenpressung
	201

11	12
Ortsnetzstationen	Erdungen
und Schaltgeräte	208
11.1	12.1
Aufgabe	Grundsätzliches
der Ortsnetzstationen	über Erdungen
203	208
11.1.1	12.2
Bestandteile	Aufgaben der Erdung
203	208
11.2	12.3
Bauarten	Arten der Erdung
204	208
11.2.1	12.4
Turmstationen	Anlagen
204	mit Nennspannungen
11.2.2	bis zu 1000 V
Maststationen	208
204	12.4.1
11.2.3	TN-System
Ortsnetzstationen	209
in Wasserschutzgebieten	12.4.1.1
204	TN-S-System
11.2.4	211
Transformatoren	12.4.1.2
205	TN-C-System
11.3	211
Schaltgeräte	12.4.1.3
205	TN-C-S-System
11.3.1	211
Trennschalter	12.4.2
206	TT-System
11.3.2	212
Lasttrennschalter	12.4.3
206	IT-System
11.3.3	12.5
Hochspannungs-	Erdungen in Freileitungs-
Hochleistungssicherungen	anlagen mit Nennspannungen
206	über 1 kV
11.3.4	212
Erdungsschalter	12.5.1
207	Erdungsmaßnahmen
11.3.5	an Freileitungsmasten
Streckenschalter	212

12.5.1.1	12.5.4.3
Bemessung der	Potentialsteuerung
Berührungsspannung	217
an Freileitungsmasten	
212	
12.5.2	12.5.5
Maste in Netzen	Mastschalter
mit isoliertem Sternpunkt	218
oder E-Kompensation	
oder vorübergehender	
Sternpunktterdung	
213	
12.5.2.1	12.5.6
Potentialsteuerung	Maststationen
215	220
12.5.2.2	12.5.7
Standortisolierung	Kabelendmaste
215	220
12.5.2.3	12.6
Absperrung	Gemeinsame oder getrennte
215	Erdungsanlagen für
12.5.3	Niederspannung und
Maste in Netzen	Hochspannung
mit niederohmigem	221
Sternpunkt	
215	
12.5.3.1	12.6.1
Potentialsteuerung	Gemeinsame Erdung
216	221
12.5.3.2	12.6.2
Standortisolierung	Erdung an getrennten
216	Erdungsanlagen
12.5.3.3	222
Absperrung	
217	
12.5.4	12.7
Maste in Freibädern sowie	Erdungen für den Blitz-
auf Spiel-, Sport- und	schutz von Freileitungen
Campingplätzen	222
217	
12.5.4.1	12.8
Absperrung	Erdung von
217	Überspannungsableitern
12.5.4.2	224
Isolierung des Standortes	
217	
12.9.1	12.9
Arten von Erdern	Erder und Erdermaterial
226	225
12.9.1.1	
Oberflächenerder	
226	
12.9.1.2	12.9.1.3
Tiefenerder	Erderkombinationen
226	227

13	14.2
Isolationskoordination	Schutz gegen Überspannungen im Niederspannungsnetz
13.1	237
Zweck der Isolationskoordination	14.2.1
	Einbau von Ableitern in ver- schiedene Netz-Systeme
13.2	238
Spannungs- beanspruchungen	14.2.1.1
	TN-Systeme
13.3	238
Überspannungs- kategorien	14.2.1.2
	TT-Systeme
13.4	239
Verschmutzungsgrade	14.2.1.3
13.5	IT-Systeme
Isolationskoordination in Niederspannungsanlagen	239
13.6	14.2.2
Isolationskoordination in Drehstromnetzen über 1 kV	Einbauorte von Ableitern
	230
14	239
Schutz gegen Überspannungen	14.3
	Schutz gegen Über- spannungen in Mittelspannungsnetzen
14.1	240
Beanspruchung der Betriebsmittel	14.3.1
	Einbauorte von Ableitern
14.1.1	241
Spannungserhöhungen	14.3.2
	Anordnung und Montage
14.1.2	241
Überspannungen	am Einbauort
14.1.2.1	14.4
Blitzüberspannungen	Überspannungsableiter
	243
14.1.2.2	14.4.1
Schaltüberspannungen	Ausführungsformen von Überspannungsableitern
	243
14.4.2	14.4.2
	Gehäuse und Überlastungsschutz
	246
14.4.2.1	14.4.2.1
	Niederspannung
	246

14.4.2.2	
Mittelspannung	246
14.5	
Abtrennvorrichtungen	249
14.6	
Begriffsbestimmungen	250
14.7	
Auswahlkriterien für Ableiter	251
14.7.1	
Ventilableiter (SiC-Ableiter)	251
14.7.2	
Metalloxid-Ableiter	252
14.7.3	
Auswahl des Nenn-Ableitstoßstromes	253
15	
Kurzschlußanzeiger in Mittelspannungs- Freileitungsnetzen	254
15.1	
Wirkungsweise und Ausführungsformen	254
15.2	
Ansprechstrom und Ansprech- zeit, Auswahlkriterien	255
15.3	
Betriebliche Erfahrungen	255
15.4	
Rückstellen nach Auslösung	257
15.5	
Fehlauslösungen und Nichtauslösungen	258
16	
Funkstörungen durch Freileitungen	259
16.1	
Ursachen und Entstehung	259
16.2	
Behebung von Funkstörungen durch Freileitungen	260
17	
Holz- und Korrosionsschutz	261
17.1	
Holzschutz	261
17.1.1	
Grundsätzliches	261
17.1.2	
Holzarten	261
17.1.3	
Zusätzliche Teerölimprägnie- rung des Fußbereiches salzimprägnierter Maste	262
17.1.4	
Anforderungen an die Qualität der Holzmaste	262
17.1.5	
Holzschutzmittel	262
17.1.6	
Teerölverordnung	262
17.1.6.1	
Erneutes Inverkehrbringen gebrauchter Maste	265
17.1.7	
Entsorgung imprägnierter Maste	266

17.1.7.1	18.2
Teerölimprägnierte Maste	Möglichkeiten
268	277
17.1.7.2	18.3
Salzimprägnierte Maste	Materialien
268	278
17.1.7.3	18.3.1
Kyanisierte Maste	Vogelschutzauben
268	278
17.2	18.3.2
Schutz von Stahl	Vogelsitzstangen
vor Korrosion	278
17.2.1	18.3.3
Schutzmaßnahmen	Vogelabweiser
und Schutzdauer	279
269	18.3.4
17.2.2	Isolierschläuche
Feuerverzinkung	279
270	18.4
17.2.2.1	Kriechstrom- und
Anforderungen an den	Spannungsfestigkeit
Zinküberzug	279
271	■
17.2.2.2	19
Schichtdicke	Normen für den Bereich
272	der Freileitung
17.2.2.3	280
Eigenkorrosion von Zink	19.1
272	Grundsätzliches
17.2.3	zur Normung
Korrosionsschutz	280
mit Beschichtungsstoffen	19.1.1
272	Definition für den Begriff
17.2.4	„Stand der Technik“
Korrosionsschutzsysteme	280
273	19.2
17.2.4.1	Gesetze, Verordnungen,
Duplex-System	Vorschriften,
274	Bestimmungen
■	281
18	19.3
Vogelschutz	VDE-Bestimmungen
276	282
18.1	19.3.1
Grundsätzliches	Normen für Freileitungen
276	284

19.4	20.5.1
TGL-Normen	Seilgewicht
	ohne Zusatzlast
19.5	292
Unfallverhütungs-	20.5.2
vorschriften	Seilgewicht mit normaler
	Zusatza last
19.6	293
Weitere Normen	20.5.3
	Seilgewicht mit Windlast
19.7	293
Normen von Verbänden	20.5.4
	Seilgewicht mit Zusatzlast
19.8	und halber Windlast
Werknormen	294
20	21
Berechnungsbeispiele	Literaturverzeichnis
	296
20.1	22
Kritische Spannweite	Stichwortverzeichnis
	302
20.1.1	
Programm für die	
Berechnung der	
kritischen Spannweite	
20.2	
Berechnung	
der Zugspannung	
20.3	
Berechnung	
des Durchhanges	
20.4	
Programm zur Berechnung	
der kritischen Spannweite,	
der Zugspannung und des	
Durchhanges	
20.5	
Lastfälle	
und Temperaturen	
	292