

1 Inhaltsverzeichnis

2

Einleitung _____ **24**

3

Die Freileitungsanlage _____ **27**

3.1

Allgemeine Grundsätze _____ **27**

3.1.1

Bauteile _____ **27**

3.2

Bestandteile der
Freileitungsanlage _____ **27**

3.3

Abstände der Stützpunkte _____ **29**

3.4

Netzarten und
Spannungsbereiche _____ **30**

3.4.1

Normspannungen
gemäß DIN IEC 38 _____ **31**

3.5

Begriffsbestimmungen _____ **32**

3.6

Sicheres Arbeiten
in Freileitungsanlagen _____ **32**

3.6.1

Grundsätzliches _____ **32**

3.6.2

Einhalten der
5 Sicherheitsregeln _____ **32**

3.6.3

Vermeiden von
Absturzgefahren _____ **34**

4

Maste, Querträger und
Dachständer _____ **36**

4.1

Mastarten _____ **36**

4.1.1

Tragmaste _____ **36**

4.1.2

Winkeltragmaste _____ **38**

4.1.3

Winkelmaste _____ **38**

4.1.4

Abspannmaste _____ **39**

4.1.5

Winkelabspannmaste _____ **39**

4.1.6

Endmaste _____ **39**

4.2

Lastannahmen _____ **40**

4.2.1

Lasten _____ **40**

4.2.1.1

Ständige Lasten _____ **41**

4.2.1.2

Zusatzlasten _____ **42**

4.2.1.3

Montagelasten _____ **42**

4.2.1.4

Windlasten _____ **43**

4.3

Lastfälle _____ **47**

4.3.1

Lastfälle für Stützpunkte
in Niederspannungs-
Freileitungen _____ **48**

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

5.4	Isolatoren für Mittelspannungs-Freileitungen	83		
5.4.1	Stützenisolatoren	84		
5.4.1.1	Mittelbundanordnung	85		
5.4.1.2	Längsbundanordnung	86		
5.4.2	Kettenisolatoren	87		
5.4.3	Elektrische Bemessung	88		
5.4.4	Mechanische Bemessung	88		
5.4.4.1	Bemessungsfaktoren	89		
5.4.5	Mehrfach-Isolatorketten	90		
5.4.6	Zubehörteile für Mittelspannungs-Isolatoren	90		
5.4.6.1	Thermische Bemessung	90		
5.4.6.2	Mechanische Bemessung	90		
5.5	Werkstoffe für Isolatoren	91		
5.5.1	Porzellan	92		
5.5.2	Glas	93		
5.5.3	Kunststoff	94		
6	Leiter	95		
6.1	Leiter, Werkstoffe und Ausführung	95		
6.2	Einwerkstoffleiter	96		
6.2.1	Kupfer	96		
6.2.2	Aluminium	96		
6.2.3	Aldrey	97		
6.2.4	Stahl	97		
6.2.5	Bronze	97		
6.3	Verbundleiter	97		
6.4	Leiter mit Einzeldrähten aus zwei Werkstoffen	98		
6.5	Auswahl und Bemessung der Leiterseile	98		
6.5.1	Mindestquerschnitte	98		
6.5.2	Thermische Bemessung	98		
6.5.3	Mechanische Bemessung	100		
6.5.3.1	Durchhang	102		
6.5.3.2	Kritische Spannweite	102		

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

7.3.2	Verlegung.....	136	7.4.2	Abstände blanker Leiter von anderen Objekten im freien Gelände.....	144
7.3.3	Zugspannungen, Durchhänge.....	136	7.4.3	Abstände im Wald oder bei einzelnen Bäumen.....	144
7.3.4	Technische Daten.....	137	7.4.4	Abstände in der Nähe baulicher Anlagen und Verkehrsräume.....	144
7.3.4.1	Technische Daten für isolierte Freileitungen 10/12 kV.....	138	7.4.5	Abstände von Schornsteinen.....	144
7.3.4.2	Technische Daten für isolierte Freileitungen 20/24 kV.....	139	7.4.6	Abstände von Geräten und Blitzschutzanlagen.....	145
7.3.4.3	Technische Daten für isolierte Freileitungen 30/36 kV.....	140	7.4.7	Abstände von Verkehrsanlagen.....	145
7.3.5	Tragorgane und Verbindungsgarnituren.....	141	7.4.7.1	Überkreuzungen.....	145
7.4	Abstände in Niederspannungs- freileitungen.....	142	7.4.7.2	Unterkreuzungen.....	145
7.4.1	Abstände innerhalb der Freileitung.....	142	7.4.7.3	Näherungen und Parallelführungen.....	146
7.4.1.1	Freileitungen mit isolierten Leitern.....	142	7.4.8	Freileitungen und Spiel-, Sport- und Freizeitanlagen.....	146
7.4.1.2	Freileitungen mit blanken Leitern.....	142	7.4.9	Besonderheiten für Kreuzungsfelder.....	149
			7.4.9.1	Befestigung der Leiter an Stützenisolatoren.....	149

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

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



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

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

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

13	
Isolationskoordination	228
13.1	
Zweck der Isolationskoordination	228
13.2	
Spannungsbeanspruchungen	229
13.3	
Überspannungskategorien	229
13.4	
Verschmutzungsgrade	229
13.5	
Isolationskoordination in Niederspannungsanlagen	230
13.6	
Isolationskoordination in Drehstromnetzen über 1 kV	230
14	
Schutz gegen Überspannungen	235
14.1	
Beanspruchung der Betriebsmittel	235
14.1.1	
Spannungserhöhungen	235
14.1.2	
Überspannungen	236
14.1.2.1	
Blitzüberspannungen	236
14.1.2.2	
Schaltüberspannungen	236
14.2	
Schutz gegen Überspannungen im Niederspannungsnetz	237
14.2.1	
Einbau von Ableitern in verschiedene Netz-Systeme	238
14.2.1.1	
TN-Systeme	238
14.2.1.2	
TT-Systeme	239
14.2.1.3	
IT-Systeme	239
14.2.2	
Einbauorte von Ableitern	239
14.3	
Schutz gegen Überspannungen in Mittelspannungsnetzen	240
14.3.1	
Einbauorte von Ableitern	241
14.3.2	
Anordnung und Montage am Einbauort	241
14.4	
Überspannungsableiter	243
14.4.1	
Ausführungsformen von Überspannungsableitern	243
14.4.2	
Gehäuse und Überlastungsschutz	246
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 salzimpregnierter Maste	262		
17.1.4			
Anforderungen an die Qualität der Holzpaste	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 _ 268	Möglichkeiten _____ 277
17.1.7.2	18.3
Salzimprägnierte Maste _____ 268	Materialien _____ 278
17.1.7.3	18.3.1
Kyanisierte Maste _____ 268	Vogelschutzhauben _____ 278
17.2	18.3.2
Schutz von Stahl	Vogelsitzstangen _____ 278
vor Korrosion _____ 269	
17.2.1	18.3.3
Schutzmaßnahmen	Vogelabweiser _____ 279
und Schutzdauer _____ 269	18.3.4
17.2.2	Isolierschläuche _____ 279
Feuerverzinkung _____ 270	18.4
17.2.2.1	Kriechstrom- und
Anforderungen an den	Spannungsfestigkeit _____ 279
Zinküberzug _____ 271	
17.2.2.2	19
Schichtdicke _____ 272	Normen für den Bereich
17.2.2.3	der Freileitung _____ 280
Eigenkorrosion von Zink _ 272	19.1
17.2.3	Grundsätzliches
Korrosionsschutz	zur Normung _____ 280
mit Beschichtungsstoffen _ 272	19.1.1
17.2.4	Definition für den Begriff
Korrosionsschutzsysteme _ 273	„Stand der Technik“ _____ 280
17.2.4.1	19.2
Duplex-System _____ 274	Gesetze, Verordnungen,
	Vorschriften,
18	Bestimmungen _____ 281
Vogelschutz _____ 276	19.3
18.1	VDE-Bestimmungen _____ 282
Grundsätzliches _____ 276	19.3.1
	Normen für Freileitungen _ 284

19.4		20.5.1	
TGL-Normen	284	Seilgewicht	
		ohne Zusatzlast	292
19.5		20.5.2	
Unfallverhütungs-		Seilgewicht mit normaler	
vorschriften	284	Zusatzlast	293
19.6		20.5.3	
Weitere Normen	285	Seilgewicht mit Windlast	293
19.7		20.5.4	
Normen von Verbänden	285	Seilgewicht mit Zusatzlast	
19.8		und halber Windlast	294
Werknormen	285		
20		21	
Berechnungsbeispiele	286	Literaturverzeichnis	296
20.1			
Kritische Spannweite	286	22	
20.1.1		Stichwortverzeichnis	302
Programm für die			
Berechnung der			
kritischen Spannweite	287		
20.2			
Berechnung			
der Zugspannung	287		
20.3			
Berechnung			
des Durchhanges	288		
20.4			
Programm zur Berechnung			
der kritischen Spannweite,			
der Zugspannung und des			
Durchhanges	289		
20.5			
Lastfälle			
und Temperaturen	292		