

Inhaltsverzeichnis

Teil I: Allgemeines über Starkstromkabel

	Seite
1 Einleitung	13
2 Aufbau	15
2.1 Leiter	15
2.2 Innere Leitschicht	19
2.3 Isolierung	19
2.3.1 Papier-Öl-Isolierung	20
2.3.2 Kunststoffisolierung	21
2.3.2.1 Polyvinylchlorid (PVC)	21
2.3.2.2 Polyethylen (PE)	24
2.3.2.3 Vernetztes Polyethylen (VPE)	25
2.3.2.4 Ethylen-Propylen-Gummi (EPR)	26
2.3.2.5 Besonderheiten der Kunststoffisolierungen	27
2.4 Äußere Leitschicht	34
2.5 Mantel	34
2.5.1 Metallmantel	34
2.5.2 Kunststoffmantel	35
2.6 Konzentrischer Leiter	35
2.7 Schirm	36
2.8 Bewehrung	36
2.9 Schutzhülle	36
3 Kurzzeichen	37
4 Kabelbauarten (Ausführungsbeispiele)	39
4.1 Bauarten der Niederspannungskabel	39
4.2 Bauarten der Mittelspannungskabel	41
4.3 Bauarten der Hochspannungskabel	43
4.3.1 Niederdruck-Ölkabel	43
4.3.2 Hochdruck-Ölkabel im Stahlrohr (Oilostatic-Kabel)	45
4.3.3 Gasinnendruck-Kabel	46
4.3.4 Gasaußendruck-Kabel	47
4.3.5 Hochspannungskabel mit Kunststoff-Isolierung	48
4.4 Kabel für große Leistungen	49
4.4.1 Zwangskühlung	51
4.4.1.1 Indirekte Kühlung	51
4.4.1.2 Direkte Kühlung	51

	Seite
4.4.2 Gasisolierung	51
4.4.3 Tiefkühlung (Kyrokabel)	51
4.4.4 Supraleitung	52
5 Prüfungen und Abnahme	53
5.1 Prüfungen an Kabeln	53
5.2 Abnahme von Lieferlängen	55
5.3 Prüfung von Kabelanlagen	55
6 Nationale und internationale Vorschriften	57
7 Richtwerttabelle (Beispiele)	62
8 Schrifttum	64

Teil II: Kabellegung

1 Vorarbeiten	66
1.1 Festlegung der Trasse	66
1.2 Rechtliche Sicherung der Trasse	67
1.2.1 Energiewirtschaftliche Anzeige	67
1.2.2 Raumordnungsverfahren	67
1.2.3 Eintragung einer Dienstbarkeit	67
1.3 Projektplan	68
1.4 Bodenuntersuchung	68
1.5 Information Dritter	68
1.6 Zeitplan	69
1.7 Verkehrsaufsichtliche Anordnung	69
1.8 Ausschreibung und Vergabe der Kabellegungsarbeiten	70
2 Sichern der Baustelle	71
2.1 Verkehrssicherung	71
2.2 Unfallverhütung	71
2.2.1 Bestehende Anlagen	71
2.2.2 Sicherung gegen Abrutschen von Massen	72
2.2.3 Verkehrswege an Baugruben und Gräben	72
2.2.4 Um- und Ausbau des Verbaues	72
2.3 Schutz gegen Baulärm	73

	Seite
3 Kabelgraben	73
3.1 Aufbrechen der Oberflächen	73
3.2 Legungstiefe und Grabenbreite	73
3.3 Aushub	73
3.4 Füllen des Kabelgrabens	74
3.5 Wiederherstellung von Oberflächen	74
4 Einbau der Durchzüge	74
5 Näherungen und Kreuzungen	76
5.1 mit Fernmeldeanlagen, Eisenbahnen, Autobahnen und Wasserstraßen	76
5.2 mit Fernwärmenetzen	76
5.2.1 Kreuzungen	77
5.2.2 Näherungen	77
5.2.2.1 bei Parallelführung bis 5 m Länge	77
5.2.2.2 bei Parallelführung über 5 m Länge	77
5.3 mit Gasleitungen	77
5.3.1 Kreuzungen	77
5.3.2 Näherungen	77
6 Behandlung der Kabel	78
6.1 Kabeltemperatur beim Einbau	78
6.2 Kabeltransport	80
6.2.1 Kabel auf Spulen	80
6.2.2 Kabel in Ringen	81
6.3 Kabelkontrolle	81
6.4 Auslegen der Kabel	82
6.4.1 Abziehen vom fahrenden Kabelwagen	82
6.4.2 Abziehen vom stehenden Kabelwagen oder von der aufgebockten Spule	83
6.4.2.1 Ausziehen von Hand	84
6.4.2.2 Ausziehen mit Maschinen	85
6.5 Übertragung der Seilzüge auf die Kabel	87
6.5.1 Ziehstrumpf	87
6.5.2 Ziehkopf	87
6.5.3 Zugöse	87
6.6 An den Kabeln zulässige Zugkräfte	88
6.7 Behandlung der im Graben vorhandenen Kabel	91

7 Schutz der Kabel gegen mechanische und elektrische Beschädigung	92
7.1 Kabelabdeckung	92
7.2 Aktiver Korrosionsschutz	92
8 Kabellegung (Sonderfälle)	93
8.1 Legen durch Gewässer	93
8.2 Legen in Brücken	94
8.3 Legen in Gebäuden	97
8.3.1 Bauliche Maßnahmen	97
8.3.2 Vorbeugende Brandschutzmaßnahmen	98
8.4 Luftkabel und isolierte Freileitungsseile	99
8.5 Legen in Gefällstrecken	100
8.6 Einpflügen von Kabeln	101
8.7 Legen von Hoch- und Höchstspannungskabeln	102
8.7.1 Direkt ins Erdreich zu legende Kabel	103
8.7.1.1 Niederdruck – Ölkabel	103
8.7.1.2 Gasinnendruck – Kabel mit Aluminiummantel	105
8.7.1.3 Kunststoffkabel	105
8.7.2 Kabel im Stahlrohr	105
8.7.2.1 Gasaußendruck-Kabel	106
8.7.2.2 Gasinnendruck-Kabel	107
8.7.2.3 Kathodischer Korrosionsschutz von Stahlrohrkabeln	107
9 Planunterlagen	107

Teil III: Kabelgarnituren

1 Allgemeines	108
1.1 Begriffe	108
1.2 Anforderungen	108
1.3 Tendenz	109
2 Aufbau	109
2.1 Grundelemente	109
2.1.1 Leiterverbindungen	109
2.1.1.1 Thermisch hergestellte Leiterverbindungen	110
2.1.1.2 Mechanisch hergestellte Leiterverbindungen	110
2.1.2 Isolierungen	113
2.1.3 Schutzhüllen	114

	Seite	
2.2	Grundtechniken bei Kabelgarnituren	115
2.2.1	Wickeltechnik	115
2.2.2	Heißvergußtechnik	115
2.2.3	Kaltvergußtechnik	116
2.2.4	Gießharztechnik	116
2.2.5	Warm Schrumpftechnik	116
2.2.6	Kaltschrumpftechnik	117
2.2.7	Aufschiebetchnik	118
2.2.8	Stecktechnik	118
3	Muffen	120
3.1	Anforderungen	120
3.2	Auswahl und Zuordnung	120
3.2.1	Verbindungs-muffen für Massekabel	120
3.2.2	Verbindungs-muffen für kunststoffisolierte Kabel	120
3.2.3	Übergangsmuffen	120
3.2.4	Abzweig-muffen	121
4	Endverschlüsse	121
4.1	Anforderungen	121
4.2	Auswahl und Zuordnung	122
4.2.1	Endverschlüsse für Massekabel	122
4.2.1.1	Niederspannungs-Innenraum-Endverschlüsse	122
4.2.1.2	Niederspannungs-Freiluft-Endverschlüsse	122
4.2.1.3	Mittelspannungs-Innenraum-Endverschlüsse	122
4.2.1.4	Mittelspannungs-Freiluft-Endverschlüsse	122
4.2.2	Endverschlüsse für Kunststoffkabel	123
4.2.2.1	Niederspannungs-Innenraum-Endverschlüsse	123
4.2.2.2	Niederspannungs-Freiluft-Endverschlüsse	123
4.2.2.3	Mittelspannungs-Innenraum-Endverschlüsse	123
4.2.2.4	Mittelspannungs-Freiluft-Endverschlüsse	124
5	Montage	124
5.1	Allgemeines	124
5.2	Montage-regeln	125
5.3	Arbeitssicherheit	125
5.3.1	Sicherheits-regeln	125
5.3.2	Sicherstellen der Spannungsfreiheit an ungeschnittenen Kabeln	125
5.3.3	Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen	126

6	Vorschriften	127
6.1	VDE-Bestimmungen	127
6.2	DIN-Normen	128

Teil IV: Fehlerortung

1	Allgemeines	129
2	Kabelfehlerursachen	129
2.1	Fertigungsfehler	129
2.2	Fehler durch Transport und Lagerung	130
2.3	Legungsfehler	130
2.4	Montagefehler	131
2.5	Mechanische Beschädigungen	131
2.6	Korrosionsschäden	131
2.7	Schäden durch außergewöhnliche thermische Beanspruchung	132
2.8	Schäden durch innere und äußere elektrische Überspannungen	132
2.9	Fehler durch Alterung	132
3	Fehlerarten und deren Feststellung	133
4	Einbrennen von Kabelfehlern	133
5	Meßverfahren	134
5.1	Vorortungs-Meßverfahren	134
5.1.1	„Klassische“ Meßverfahren	135
5.1.1.1	Widerstandsverhältnismessung	135
5.1.1.2	Spannungsfall-Verfahren	136
5.1.2	Moderne Meßverfahren (Impulsecho-Verfahren)	137
5.1.3	Meßverfahren mit Hochspannungsimpulsen	138
5.1.3.1	Lichtbogen-Verfahren	138
5.1.3.2	Stoßspannungs-Verfahren	139
5.1.3.3	Ausschwing-Verfahren	139
5.2	Nachortungs-Meßverfahren	139
5.2.1	Tonfrequenz-Verfahren, Minimumtrübungs-Verfahren	139
5.2.2	Stoßspannungs-Verfahren(akustisches Verfahren)	140
5.3	Schrittspannungs-Verfahren	141
5.4	Ortung in Niederspannungsnetzen	143

	Seite
6 Zusammenfassung der Meßverfahren zur Fehlerortung	144
7 Bestimmung des Trassenverlaufs von Kabelstrecken	144
8 Bestimmung der Legungstiefe von Kabeln	145
9 Bestimmung der Lage von Muffen	146
10 Kabelauslese	146
10.1 Speisen mit tonfrequentem Wechselstrom	146
10.2 Speisen mit Gleichstromimpulsen	147
10.3 Kabelerkennungsgerät	147
11 Ortung von Leckstellen an Öl- und Gasdruckkabeln	148
11.1 Ölkabel	148
11.2 Gasdruckkabel	149
12 Schrifttum	149

Teil V: Maßnahmen zur Vermeidung von Kabelschäden durch Baumaschinen

1 Allgemeines	150
2 Textvorschlag für eine Kabelschutzanweisung	150

Teil VI: Störungs- und Schadensstatistik

1 Zweck	153
2 Aufbau	153
3 Auswertung	155
4 Betriebsstatistik	155
5 Schrifttum	156

Teil VII: Belastbarkeit der Kabelanlage im Betrieb

1 Allgemeines zur Belastbarkeit	157
2 Voraussetzungen einer höheren Belastung	157
2.1 Umgebungstemperatur	158
2.2 Niedrigerer Belastungsgrad	158
2.3 Geringerer Wärmewiderstand des Erdreiches	158

2.4	Ausnutzung der Kurzzeitbelastbarkeit	159
2.5	Inkaufnahme einer kalkulierten Überlastung	159
2.6	Vorübergehender Belastungsanstieg	160
3	Gründe für die Verminderung der Belastung	160
3.1	Parallelliegung anderer Leistungskabel (Kabelhäufung)	160
3.2	Legung in der Nähe anderer Wärmequellen	160
3.3	Örtlich begrenzte schlechte Wärmeabfuhr	161
4	Schrifttum	162

Teil VIII: Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

1	Vergleich verschiedener Kabeltypen	163
2	Wirtschaftliche Mitlegung von erst später benötigten Kabeln	165
3	Mitlegung von Kunststoffrohren für die spätere Nachlegung von Kabeln	171
4	Wirtschaftlicher Kabelquerschnitt	172
5	Wirtschaftlichkeitsvergleich in Einzelfragen	172
5.1	Aufwand für den Kabelschutz je Kilometer	173
5.2	Mitlegung eines 10-kV-Kabels oder 10-kV-Kabellegung mit Nachlegung im Bedarfsjahr	173
5.3	Wiederholung des vorstehenden Rechenbeispiels unter Berücksichtigung der Teuerungsrate	173
6	Berücksichtigung der Überlastbarkeit	174
6.1	Niederspannungsnetz	174
6.2	Mittelspannungsnetz	175
6.3	Hochspannungsnetz	175
7	Schrifttum	175

Teil IX: Stichwortverzeichnis 184

Anhang: Beispiele zur Beurteilung der Kurzzeitbelastung von Kabeln	176
---	------------