

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1	Einleitung 9
1.1	Entwicklung der Übertragungsspannungen 9
1.2	Wesentliche charakteristische Eigenschaften der Kabel im Vergleich zu Freileitungen 12
1.3	Geschichtliche Entwicklung der Energiekabel 14
2	Physik der Hochspannungskabel für Wechselspannung . . 18
2.1	Elektrische Beanspruchung der Isolierung und spannungsabhängige Verluste 18
2.1.1	Beanspruchungsarten der Isolierung 19
2.1.2	Elektrische Feldstärke im Kabel 20
2.1.3	Erhöhung der Durchschlagfestigkeit durch Mehrschichten- dielektrikum 21
2.1.4	Teilentladungen 23
2.1.4.1	Auftreten, Wesen und Wirkungen von Teilentladungen 23
2.1.4.2	Nachweis und Lokalisierung von Teilentladungen in kunststoffisolierten Kabeln 24
2.1.4.3	Verhinderung von Teilentladungen bei papierisolierten Kabeln (thermische Stabilisierung) 25
2.1.5	Spannungsabhängige Verluste 26
2.1.5.1	Dielektrische Verluste, Verlustfaktor $\tan \delta$ 26
2.1.5.2	Verringerung der dielektrischen Verluste, Grenzen der Übertragungsspannung 30
2.1.6	Lebensdauer kennlinien (Langzeitverhalten) 32
2.1.6.1	Papierisolierte Kabel 32
2.1.6.2	Kabel mit extrudiertem Dielektrikum 34
2.2	Stromabhängige Verluste 36
2.2.1	Physik der Verluste 36
2.2.2	Verringerung der stromabhängigen Zusatzverluste 38
2.3	Kabelbelastbarkeit 39
2.3.1	Gesamtverluste im Kabel 39
2.3.2	Abführung der Verlustwärme, dosierte Bodenaustrocknung . . 40
2.3.3	Belastbarkeit natürlich gekühlter Kabel 46
2.3.3.1	Grundsätzliches 46
2.3.3.2	Grenzleistung natürlich gekühlter konventioneller Kabel . . . 48
2.3.4	Belastbarkeit zwangsgekühlter Kabel 50
3	Bauarten von Hochspannungskabeln 52
3.1	Konventionelle Drehstromkabel mit natürlicher Kühlung 52
3.1.1	Ölkabel mit Metallmantel 52
3.1.1.1	Kabel und Kabelanlage 52
3.1.1.2	Garnituren 57

3.1.2	Hochdruckölkabel im Stahlrohr	58
3.1.3	Gasinnendruckkabel	60
3.1.4	Gasaußendruckkabel	63
3.1.5	Kunststoffkabel mit homogenem extrudiertem Dielektrikum	66
3.1.5.1	Kabel	66
3.1.5.2	Garnituren	76
3.1.6	Unterwasserkabel	77
3.2	Hochspannungsgleichstromkabel	80
3.2.1	Kabel	80
3.2.2	Garnituren	84
3.3	Hochleistungskabel	84
3.3.1	Möglichkeiten zur Erhöhung der Übertragungsleistung	85
3.3.2	Kabel mit geschichtetem Kunststoff-Dielektrikum	85
3.3.3	Konventionelle Kabel mit Zwangskühlung	88
3.3.3.1	Kühlverfahren	88
3.3.3.1.1	Indirekte Kühlung der Kabeloberfläche (indirekte Kühlung)	88
3.3.3.1.2	Direkte Kühlung der Kabeloberfläche (direkte Kühlung)	93
3.3.3.1.3	Direkte Kühlung des Leiters (Leiterkühlung)	95
3.3.3.2	Einsatzgebiete und Probleme	104
3.3.4	Gasisolierte Rohrleiter und Kabel	105
3.3.4.1	Verhalten von Gasisolierungen, besonders SF ₆	105
3.3.4.2	Eigenschaften von SF ₆ -Kabeln	109
3.3.4.3	Bauarten	111
3.3.4.3.1	Starre Rohrleiter	111
3.3.4.3.2	Flexible Kabel	113
3.3.4.4	Einsatzgebiete	118
3.3.5	Tieftemperaturkabel	120
3.3.5.1	Normalleitung und Supraleitung	120
3.3.5.2	Kryokabel	123
3.3.5.3	Supraleiterkabel	126
3.3.5.4	Bisherige Erkenntnisse	131
4	Prüfung von Kabeln	134
4.1	Vorschriftenwesen	134
4.2	Prüfungen	135
5	Ausführung von Kabelanlagen	140
5.1	Technische Grundlagen für die Bemessung von Kabelanlagen	140
5.1.1	Spezielle Kabeleigenschaften (Ladestrom, Betriebsimpedanz und Zuverlässigkeit)	140
5.1.2	Belastungsverlauf des Netzes	143
5.1.3	Kurzschlußleistung im Netz	145

5.2	Elektrische Beeinflussung durch Hochspannungskabel . . .	147
5.2.1	Vorbemerkungen	147
5.2.2	Beeinflussungsmöglichkeiten	149
5.2.2.1	Dauer der Beeinflussung	149
5.2.2.2	Beeinflussende Ströme und Beeinflussungsfolgen	149
5.2.2.3	Induktive Beeinflussung	150
5.2.2.4	Ohmsche Beeinflussung	153
5.2.3	Prüfung von Beeinflussungsmöglichkeiten	154
5.2.3.1	Allgemeines	154
5.2.3.2	Notwendigkeit der Prüfung auf Gefährdung und Grenzwerte für Gefährdungsspannungen	154
5.2.3.3	Notwendigkeit der Prüfung auf Störung	155
5.2.4	Wichtigste Abhilfemaßnahmen	155
5.2.4.1	Allgemeines	155
5.2.4.2	Maßnahmen an beeinflussenden Drehstromkabeln	156
5.2.4.3	Maßnahmen an beeinflussten Fernmeldekabeln	157
5.2.5	Beispiel einer induktiven Beeinflussung	157
5.3	Korrosionsschutz	159
6	Wirtschaftlichkeit von Kabelanlagen	164
6.1	Einleitung	164
6.2	Spezifische Investitionskosten der verschiedenen Kabelbauarten	164
6.3	Verfahren zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit	166
6.4	Übertragungskosten (Gesamtausgaben) von Kabelanlagen	169
6.4.1	Ansatz für die Ermittlung der Übertragungskosten	170
6.4.2	Bezogene Übertragungskosten eines Kabels als Funktion der Kabelauslastung	172
6.5	Beispiel für die Ermittlung der Gesamtausgaben	174
7	Ausblick	178
8	Übersicht über wichtige Bestimmungen, Empfehlungen und Normen	181
9	Schrifttum	185
10	Stichwortverzeichnis	203