

**Überspannungsableiter –  
Teil 4: Metalloxidableiter ohne Funkenstrecken für Wechselspannungsnetze**

**Inhalt**

	Seite
Einleitung .....	8
1 Anwendungsbereich .....	9
2 Normative Verweisungen .....	9
3 Begriffe .....	10
4 Ableiter-Kennzeichnung und Ableiter-Einteilung .....	19
4.1 Ableiter-Kennzeichnung .....	19
4.2 Ableiter-Einteilung .....	19
5 Genormte Bemessungswerte und Betriebsbedingungen .....	20
5.1 Genormte Bemessungsspannungen .....	20
5.2 Genormte Bemessungsfrequenzen .....	20
5.3 Genormte Nenn-Ableitstoßströme .....	20
5.4 Betriebsbedingungen .....	20
6 Anforderungen .....	21
6.1 Spannungsfestigkeit .....	21
6.2 Referenzspannung .....	21
6.3 Restspannungen .....	21
6.4 Innere Teilentladungen .....	22
6.5 Leckrate des Dichtungssystems .....	22
6.6 Stromaufteilung in mehrsäuligen Ableitern .....	22
6.7 Thermische Stabilität .....	22
6.8 Langzeitstabilität bei Dauerspannung .....	22
6.9 Verhalten bezüglich der Wärmeabgabe eines Prüflings .....	23
6.10 Wiederholtes Ladungsableitvermögen .....	23
6.11 Arbeitsprüfung .....	23
6.12 Wechselspannungs-Zeit-Kennlinie eines Ableiters .....	23
6.13 Kurzschluss .....	23
6.14 Abtrennvorrichtung .....	23
6.15 Anforderungen an interne Steuerkomponenten .....	24
6.16 Mechanische Belastungen .....	24
6.17 Lebensende .....	25
6.18 Blitzstrom-Ableitvermögen .....	25
7 Allgemeines zu den Prüfverfahren .....	25
7.1 Messeinrichtung und Messgenauigkeit .....	25
7.2 Messung der Referenzspannung .....	25
7.3 Prüflinge .....	25
8 Typprüfungen .....	27

	Seite
8.1 Allgemeines .....	27
8.2 Prüfung der Isolationsfestigkeit .....	29
8.3 Restspannungsprüfungen .....	31
8.4 Prüfung zum Nachweis der Langzeitstabilität bei Dauerspannung.....	33
8.5 Prüfung zum Nachweis des wiederholten Nenn-Ladungsableitvermögens, $Q_{rs}$ .....	36
8.6 Wärmeabgabeverhalten des Prüflings .....	40
8.7 Arbeitsprüfung .....	40
8.8 Prüfung der Wechselladungs-Zeit-Kennlinie .....	44
8.9 Prüfung einer Ableiterabtrennvorrichtung.....	46
8.10 Kurzschlussprüfung .....	49
8.11 Prüfung des Biegemoments .....	58
8.12 Prüfungen von Umwelteinflüssen.....	60
8.13 Leckratenprüfung.....	61
8.14 Prüfung der Funkstörspannung.....	62
8.15 Prüfung zum Nachweis der dielektrischen Festigkeit von inneren Komponenten .....	63
8.16 Prüfung der inneren Steuerelemente .....	64
9 Stück- und Abnahmeprüfungen.....	65
9.1 Stückprüfungen .....	65
9.2 Abnahmeprüfungen .....	66
10 Prüfanforderungen für kunststoffisolierte Überspannungsableiter.....	67
10.1 Anwendungsbereich .....	67
10.2 Normative Verweise .....	67
10.3 Begriffe .....	68
10.4 Ableiter-Kennzeichnung und Ableiter-Einteilung.....	68
10.5 Genormte Bemessungswerte und Betriebsbedingungen.....	68
10.6 Anforderungen.....	68
10.7 Allgemeines zu den Prüfverfahren .....	69
10.8 Typprüfungen (Design-Prüfungen).....	69
10.9 Stückprüfung .....	85
11 Prüfanforderungen an gasisolierte, metallgekapselte Überspannungsableiter (GIS-Ableiter) .....	85
11.1 Allgemeines .....	85
11.2 Normative Verweise .....	85
11.3 Begriffe .....	85
11.4 Ableiter-Kennzeichnung und Ableiter-Einteilung.....	85
11.5 Genormte Bemessungswerte und Betriebsbedingungen.....	86
11.6 Anforderungen.....	86
11.7 Allgemeines zu den Prüfverfahren .....	88
11.8 Typprüfungen (Design-Prüfungen).....	88
11.9 Stückprüfungen .....	92

	Seite
11.10 Prüfungen nach der Vor-Ort-Montage.....	92
12 Abtrennbare und berührungssichere Überspannungsableiter .....	93
12.1 Anwendungsbereich.....	93
12.2 Normative Verweise .....	93
12.3 Begriffe .....	93
12.4 Ableiter-Kennzeichnung und Ableiter-Einteilung.....	93
12.5 Genormte Bemessungswerte und Betriebsbedingungen .....	93
12.6 Anforderungen.....	94
12.7 Allgemeines zu den Prüfverfahren .....	94
12.8 Typprüfungen (Design-Prüfungen).....	94
12.9 Stück- und Abnahmeprüfungen .....	100
13 Ableiter in Isolierflüssigkeit.....	100
13.1 Anwendungsbereich.....	100
13.2 Normative Verweisungen .....	100
13.3 Begriffe .....	100
13.4 Ableiter-Kennzeichnung und Ableiter-Einteilung.....	101
13.5 Genormte Bemessungswerte und Betriebsbedingungen .....	101
13.6 Anforderungen.....	101
13.7 Allgemeines zu den Prüfverfahren .....	101
13.8 Typprüfungen (Design-Prüfungen).....	102
13.9 Stück- und Abnahmeprüfungen .....	107
Anhang A (normativ) Besondere Betriebsbedingungen.....	108
Anhang B (normativ) Prüfung zum Nachweis des gleichen thermischen Verhaltens von Ableiter und Tei­ableiter.....	109
Anhang C (normativ) Fremdschichtprüfung zur Ermittlung der thermischen Belastung von mehrteiligen Metalloxidableitern im Porzellan­gehäuse.....	111
C.1 Glossar .....	111
C.1.1 Gemessene Größen.....	111
C.1.2 Berechnete Größen.....	111
C.2 Allgemeines.....	112
C.3 Einteilung der Fremdschichtbelastung am Einsatzort.....	115
C.4 Vorgehende Erwärmungsprüfung: Messung der thermischen Zeitkonstante $\tau$ und Berechnung von $\beta$ .....	115
C.5 Überprüfung der Notwendigkeit zur Durchführung der Fremdschichtprüfung .....	116
C.6 Allgemeine Anforderungen für die Fremdschichtprüfung.....	116
C.6.1 Prüfling .....	116
C.6.2 Prüffeld .....	117
C.6.3 Messgeräte und Messverfahren.....	117
C.6.4 Vorbereitung der Prüfung.....	119
C.7 Prüfverfahren.....	119

	Seite
C.7.1 Verfahren mit fließender Fremdschicht .....	119
C.7.2 Salznebelverfahren.....	121
C.8 Auswertung der Prüfergebnisse .....	123
C.8.1 Berechnung von $K_{ie}$ .....	123
C.8.2 Berechnung der im Betrieb zu erwartenden Temperaturerhöhung $\Delta T_z$ .....	124
C.8.3 Vorbereitung der Arbeitsprüfung .....	124
C.9 Beispiel .....	124
C.9.1 Vorgehende Erwärmungsprüfung .....	124
C.9.2 Überprüfung der Notwendigkeit zur Durchführung der Fremdschichtprüfung .....	124
C.9.3 Salznebelprüfungen.....	125
C.9.4 Nach fünf Prüfzyklen durchgeführte Berechnung .....	126
C.9.5 Nach zehn Prüfzyklen durchgeführte Berechnung.....	126
Anhang D (informativ) Typische Angaben für Anfragen und Angebote .....	128
D.1 Angaben für Anfragen .....	128
D.1.1 Netzdaten .....	128
D.1.2 Betriebsbedingungen.....	128
D.1.3 Betriebsart des Ableiters .....	128
D.1.4 Kennwerte des Ableiters .....	129
D.1.5 Zusatzeinrichtungen und Armaturen .....	129
D.1.6 Andere besondere Betriebsbedingungen.....	129
D.2 Angaben für Angebote.....	129
Anhang E (informativ) Alterungsprüfverfahren – Arrheniusgesetz – Probleme bei erhöhten Temperaturen .....	131
Anhang F (informativ) Leitfaden für die Ermittlung der Spannungsverteilung an Metalloxid- Überspannungsableitern .....	133
F.1 Allgemeines .....	133
F.2 Modellierung des Überspannungsableiters.....	133
F.3 Nachbildung der Randbedingungen.....	134
F.4 Berechnungsverfahren .....	134
F.4.1 Kapazitive Nachbildung der MO-Widerstandssäule.....	134
F.4.2 Kapazitive und resistive Nachbildung der Widerstandssäule .....	135
F.4.3 Bestimmung von $U_{ct}$ .....	135
F.5 Beispielrechnungen .....	135
F.5.1 Modellierung des Ableiters und der Randbedingungen .....	136
F.5.2 Resistive Einflüsse der nichtlinearen Metalloxidwiderstände.....	136
F.5.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus den elektrischen Feldberechnungen .....	136
Anhang G (normativ) Mechanische Aspekte .....	141
G.1 Prüfung des Biegemoments .....	141
G.2 Erdbebenprüfung.....	142

	Seite
G.3 Festlegung mechanischer Lasten .....	143
G.4 Definition der Leckrate .....	143
G.5 Berechnung des Biegemoments durch Wind.....	144
G.6 Flussdiagramm – Prüfprozedur für Ableiter mit Porzellan-/Gießharzgehäuse und Polymerableiter .....	146
Anhang H (normativ) Prüfverfahren zur Ermittlung des Blitzstrom-Ableitvermögens .....	147
H.1 Allgemeines .....	147
H.2 Auswahl der Prüflinge .....	147
H.3 Prüfverfahren.....	147
H.4 Prüfparameter für die Prüfung des Blitzstrom-Ableitvermögens.....	148
H.5 Messungen während der Prüfung des Blitzstossstrom-Ableitvermögens.....	148
H.6 Bemessungswert des Blitzstossstrom-Ableitvermögens .....	148
H.7 Liste der Bemessungs-Energiewerte .....	149
H.8 Liste der Bemessungs-Ladungswerte.....	149
Anhang I (normativ) Bestimmung der Starttemperatur in Prüfungen, welche eine Überprüfung der thermischen Stabilität vorsehen .....	150
Anhang J (normativ) Bestimmung der mittleren Temperatur eines mehrteiligen Hochspannungsableiters.....	151
Anhang K (informativ) Beispielberechnung der Prüfparameter für die Arbeitsprüfung (8.7) entsprechend den Anforderungen nach (7.3) .....	153
Anhang L (informativ) Vergleich des alten Energieeinteilungssystems basierend auf Leitungsentladungsklassen und dem neuen Einteilungssystem basierend auf thermischen Nennenergien für Arbeitsprüfungen und wiederholten Nenn-Ladungsableitvermögen für wiederholte Einzelenergieeinträge .....	154
Literaturhinweise.....	162
<b><u>Bilder</u></b>	
Bild 1 – Verlustleistung des Ableiters bei erhöhten Temperaturen über der Zeit.....	33
Bild 2 – Prüfungsverfahren zum Nachweis der wiederholten Nenn-Ladungsableitvermögens, $Q_{rs}$ .....	38
Bild 3 – Prüfverfahren um das thermische Nennenergie, $W_{th}$ , und das thermische Nenn-Ladungsableitvermögen, $Q_{th}$ , zu verifizieren .....	41
Bild 4 – Prüfverfahren zur Verifikation der Wechselladungs-Zeit-Kennlinie (TOV Prüfung) .....	45
Bild 5 – Beispiele für Ableiterbauglieder.....	53
Bild 6 – Beispiele von Schmelzdrahtanordnungen für Ableiter nach „Bauart A“ .....	53
Bild 7 – Beispiele von Schmelzdrahtanordnungen für Ableiter nach „Bauart B“ .....	54
Bild 8 – Prüfanordnung für Ableiter mit Porzellangehäuse.....	54
Bild 9 – Prüfanordnung für kunststoffisolierte Ableiter .....	73
Bild 10 – Beispiel für einen Prüfstromkreis für Kurzschlussprüfungen kurz bevor der Kurzschluss-Prüfstrom eingeschaltet wird .....	75
Bild 11 – Thermomechanische Vorbeanspruchung .....	79
Bild 12 – Beispiel einer Prüfanordnung für die thermomechanische Vorbeanspruchung und Richtung der Biegebeanspruchung .....	80
Bild 13 – Wasserlagerung .....	81

	Seite
Bild 14 – Prüfaufbau für die Spannungsfestigkeitsprüfung von ungeschirmten, abtrennbaren Überspannungsableitern mit isolierendem Gehäuse .....	95
Bild C.1 – Flussdiagramm zum Verfahren der Ermittlung der Vorerwärmung eines Prüflings.....	114
Bild F.1 – Typische dreiphasige Ableiteranordnung .....	137
Bild F.2 – Vereinfachtes mehrstufiges Ersatzschaltbild eines Ableiters .....	138
Bild F.3 – Geometrie der Ableiternachbildung .....	139
Bild F.4 – Beispiel einer Spannungs-Strom-Kennlinie eines Metalloxidwiderstandes bei +20 °C im Leckstrombereich .....	140
Bild F.5 – Berechnete Spannungsverteilung entlang der Widerstandssäule für den Fall B.....	140
Bild G.1 – Biegemoment – mehrteiliger Ableiter.....	141
Bild G.2 – Bauglied eines Ableiters .....	143
Bild G.3 – Abmessungen eines Ableiters .....	144
Bild G.4 – Flussdiagramm Prüfverfahren des Biegemoments .....	146
Bild J.1 – Bestimmung der mittleren Temperatur für den Fall, dass alle Ableiterbauglieder die gleiche Bemessungsspannung haben .....	151
Bild J.2 – Bestimmung der mittleren Temperatur für den Fall, dass die Ableiterbauglieder unterschiedliche Bemessungsspannungen haben.....	152
Bild L.1 – Spezifische Energie $W'$ in kJ/kV (Bemessungsspannung) in Abhängigkeit von der Restspannung bei Schaltstoßstrom $U_{res}$ , bezogen auf die Bemessungsspannung $U_r$ des Ableiters.....	156
 <b><u>Tabellen</u></b>	
Tabelle 1 – Ableiter-Einteilung.....	20
Tabelle 2 – Bevorzugte Werte der Bemessungsspannung .....	20
Tabelle 3 – Ableiter-Typprüfungen <sup>a</sup> .....	28
Tabelle 4 – Anforderungen für Hochstoßströme .....	42
Tabelle 5 – Nennwerte des thermischen Ladungsableitvermögens, $Q_{th}$ .....	44
Tabelle 6 – Prüfanforderungen für Ableiter mit Porzellangehäuse.....	52
Tabelle 7 – Geforderte Ströme für die Kurzschlussprüfungen .....	56
Tabelle 8 – Prüfanforderungen für kunststoffisolierte Ableiter .....	72
Tabelle 9 – Dreiphasige GIS-Ableiter für 10 kA und 20 kA – Stehspannungsforderungen.....	87
Tabelle 10 – Dreiphasige GIS-Ableiter für 2,5 kA und 5 kA – Stehspannungsforderungen.....	88
Tabelle 11 – Werte für die Spannungsfestigkeitsprüfungen abtrennbarer und berührungssicherer Überspannungsableiter .....	95
Tabelle 12 – Werte für die Spannungsfestigkeitsprüfungen von berührungssicheren Überspannungsableitern oder abtrennbaren Ableitern mit geschirmtem Gehäuse .....	96
Tabelle 13 – Teilentladungs-Prüfspannungen für abtrennbare und berührungssichere Ableiter.....	100
Tabelle C.1 – Mittlere externe Ladung für verschiedene Fremdschichtbeanspruchungen .....	115
Tabelle C.2 – Eigenschaften des Prüflings für die Fremdschichtprüfung.....	117
Tabelle C.3 – Anforderungen an die Einrichtung zur Messung der Ladung .....	118
Tabelle C.4 – Anforderungen an die Einrichtung zur Messung der Temperatur.....	119
Tabelle C.5 – Berechnete Werte $\Delta T_{z \max}$ für das gewählte Beispiel .....	125

	Seite
Tabelle C.6 – Ergebnisse der Salznebelprüfung für das gewählte Beispiel.....	125
Tabelle C.7 – Nach 5 Zyklen berechnete Werte $\Delta T_Z$ und $T_{OD}$ für das gewählte Beispiel .....	126
Tabelle C.8 – Nach 10 Zyklen berechnete Werte $\Delta T_Z$ und $T_{OD}$ für das gewählte Beispiel .....	127
Tabelle E.1 – Nachgewiesene Mindestlebensdauervorhersage .....	131
Tabelle E.2 – Beziehung zwischen Prüfdauer bei 115 °C und der äquivalenten Zeit für unterschiedliche Obergrenzen der Umgebungstemperatur .....	131
Tabelle F.1 – Ergebnisse der elektrischen Feldberechnungen .....	137
Tabelle L.1 – Schaltstoßströme für die Restspannungsprüfung .....	154
Tabelle L.2 – Werte für die Leitungsentladungsprüfung an 20-kA- und 10-kA-Ableitern .....	155
Tabelle L.3 – Vergleich des alten und des neuen Einteilungssystems .....	158