

	Überspannungsableiter Teil 5: Anleitung für die Auswahl und die Anwendung (IEC 60099-5:1996, modifiziert + A1:1999) Deutsche Fassung EN 60099-5:1996 + A1:1999	DIN EN 60099-5
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekannt gegeben worden.	Klassifikation VDE 0675 Teil 5
ICS 29.120.50 Surge arresters – Part 5: Selection and application recommendations (IEC 60099-5:1996, modified + A1:1999); German version EN 60099-5:1996 + A1:1999 Parafoudres – Partie 5: Recommandations pour le choix et l'utilisation (CEI 60099-5:1996, modifiée + A1:1999); Version allemande EN 60099-5:1996 + A1:1999 Die Europäische Norm EN 60099-5:1996, zusammen mit der eingearbeiteten Änderung A1:1999, hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 60099-5 wurde am 1996-07-02 angenommen. Das Amendment A1 wurde am 1999-12-01 angenommen. Daneben darf DIN EN 60099-5 (VDE 0675 Teil 5):1997-08 noch bis 2002-12-01 angewendet werden. Nationales Vorwort Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 441 „Überspannungsableiter“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig. Der Text der Änderung A1 ist am Seitenrand durch eine einfache senkrechte Linie gekennzeichnet. Europäisch wurde gegenüber dem IEC-Original, wie schon in der alten Ausgabe, Anhang B ersetzt und Anhang ZA ergänzt. Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 37/195/CDV (VDE 0675 Teil 5/A1):1998-06. Fortsetzung Seite 2 und 46 Seiten EN Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)		

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 60099-5 (VDE 0675 Teil 5):1997-08** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Abschnitt 6 wurde völlig überarbeitet und umbenannt.
- Der Anwender wird beim geplanten Einsatz von Diagnoseverfahren unterstützt.
- Die verschiedenen Möglichkeiten der Leckstromanalyse zur Zustandsbewertung werden aufgezeigt.

Frühere Ausgaben

DIN 57675-2 (VDE 0675 Teil 2):1975-08

DIN EN 60099-5 (VDE 0675 Teil 5):1997-08

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang zitierter Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60071-1:1995	IEC 60071-1:1993	DIN EN 60071-1 (VDE 0111 Teil 1):1996-07	VDE 0111 Teil 1
EN 60071-2:1997	IEC 60071-2:1996	DIN EN 60071-2 (VDE 0111 Teil 2):1997-09	VDE 0111 Teil 2
EN 60099-1:1994 + A1:1999	IEC 60099-1:1991 (mod.) + A1:1999	DIN EN 60099-1 (VDE 0675 Teil 1):2000-xx^a	VDE 0675 Teil 1
–	IEC 60099-3:1990	–	–
EN 60099-4:1993	IEC 60099-4:1991	DIN EN 60099-4 (VDE 0675 Teil 4):1994-05	VDE 0675 Teil 4
EN 60507:1993	IEC 60507:1991	DIN EN 60507 (VDE 0448 Teil 1):1994-04	VDE 0448 Teil 1
–	IEC 60815	–	–
^a in Vorbereitung			

Literaturhinweise

DIN EN 60071-1 (VDE 0111 Teil 1), Isolationskoordination – Teil 1: Begriffe, Grundsätze und Anforderungen (IEC 60071-1:1993); Deutsche Fassung EN 60071-1:1995

DIN EN 60071-2 (VDE 0111 Teil 2), Isolationskoordination – Teil 2: Anwendungsrichtlinie (IEC 60071-2:1996); Deutsche Fassung EN 60071-2:1997

DIN EN 60099-1 (VDE 0675 Teil 1), Überspannungsableiter – Teil 1: Überspannungsableiter mit nichtlinearen Widerständen für Wechselspannungsnetze (IEC 60099-1:1991 + A1:1999); Deutsche Fassung EN 60099-1:1994 + A1:1999

DIN EN 60099-4 (VDE 0675 Teil 4), Überspannungsableiter – Teil 4: Metalloxidableiter ohne Funkenstrecken für Wechselspannungsnetze (IEC 60099-4:1991); Deutsche Fassung EN 60099-4:1993

DIN EN 60507 (VDE 0448 Teil 1), Fremdschichtprüfungen an Hochspannungs-Isolatoren zur Anwendung in Wechselspannungssystemen (IEC 60507:1991); Deutsche Fassung EN 60507:1993

Deutsche Fassung

Überspannungsableiter

Teil 5: Anleitung für die Auswahl und die Anwendung
(Einschließlich Änderung A1:1999)
(IEC 60099-5:1996, modifiziert)

Surge arresters

Part 5: Selection and application recommendations
(Includes Amendment A1:1999)
(IEC 60099-5:1996, modified + A1:1999)

Parafoudres

Partie 5: Recommandations pour le choix et l'utilisation
(Inclut l'amendement A1:1999)
(CEI 60099-5:1996, modifiée + A1:1999)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1996-07-02 und A1 am 1999-12-01 angenommen.

Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort der EN 60099-5:1996

Der Text der Internationalen Norm IEC 60099-5:1996, ausgearbeitet von dem IEC/TC 37 „Surge arresters“, wurde zusammen mit den von dem CENELEC-Berichtersekretariat SR 37 ausgearbeiteten gemeinsamen Abänderungen dem Einstufigen Annahmeverfahren unterworfen und von CENELEC am 1996-07-02 als EN 60099-5 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 1997-06-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 1997-06-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norm-Inhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm ist Anhang ZA normativ, und die Anhänge A, B und C sind informativ.

Der Anhang ZA wurde durch CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60099-5:1996 wurde von CENELEC mit der gemeinsamen Abänderung im Anhang B als Europäische Norm angenommen. Der Anhang B enthält die in Deutschland gebräuchlichen Ableiterkennwerte.

Vorwort der EN 60099-5:1996 + A1:1999

Der Text des Schriftstücks 37/224/FDIS, zukünftige Änderung 1 zu IEC 60099-5, ausgearbeitet von dem IEC TC 37 „Surge arresters“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 1999-12-01 als Änderung A1 zu EN 60099-5:1996 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2000-09-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2002-12-01

Anerkennungsnotiz

Der Text der Änderung A1:1999 zur Internationalen Norm IEC 60099-5:1996 wurde von CENELEC als Änderung zur Europäischen Norm ohne irgendeine Abänderung angenommen.

Inhalt

	Seite
Einleitung	4
Hauptabschnitt 1: Allgemeines	4
1.1 Anwendungsbereich	4
1.2 Normative Verweisungen	4
1.3 Allgemeine Regeln zur Anwendung von Überspannungsableitern	4
1.4 Allgemeines Verfahren zur Auswahl von Überspannungsableitern	5
1.5 Spannungsfestigkeit des Ableitergehäuses bei Fremdschichtbeanspruchung	5
Hauptabschnitt 2: Funkenstreckenableiter nach IEC 60099-1	7
2.1 Kennwerte von Funkenstreckenableitern	7
2.2 Auswahl von Funkenstreckenableitern Leiter – Erde	8
Hauptabschnitt 3: Metalloxidableiter ohne Funkenstrecken nach IEC 60099-4	11
3.1 Kennwerte von Metalloxidableitern ohne Funkenstrecken	11
3.2 Auswahl von funkenstreckenlosen Metalloxidableitern Leiter – Erde	12
Hauptabschnitt 4: Anwendung von Überspannungsableitern	16
4.1 Prinzip der Isolationskoordination	16
4.2 Schutz gegen langsam ansteigende Überspannungen	16
4.3 Schutz gegen Blitzüberspannungen	17
Hauptabschnitt 5: Überspannungsableiter für besondere Anwendungen	22
5.1 Überspannungsableiter an Transformator-Sternpunkten	22
5.2 Überspannungsableiter zwischen den Leitern	23
5.3 Überspannungsableiter an rotierenden Maschinen	23
5.4 Weitere besondere Anwendungen von Überspannungsableitern	24
5.5 Überspannungsableiter für besondere Betriebsbedingungen	24
Hauptabschnitt 6: Diagnosegeräte für Metalloxidableiter im Betrieb	24
6.1 Allgemeines	24
6.2 Messung des Gesamtleckstromes	29
6.3 Messung des resistiven Stromes oder der Verlustleistung	30
6.4 Informationen des Ableiterherstellers zum Leckstrom	33
6.5 Zusammenfassung der Diagnoseverfahren	35
Anhang A (informativ) Bestimmung zeitweiliger Überspannungen infolge von Erdfehlern	36
Anhang B (informativ) Gebräuchliche Ableiterkennwerte	42
Anhang C (informativ) Literaturhinweise	45
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.	46

Einleitung

Dieser Teil von IEC 60099 soll die optimale Auswahl und Anwendung von Überspannungsableitern nach IEC 60099-1 und IEC 60099-4 ermöglichen.

Umfangreichere Berechnungsverfahren als in diesem Text aufgeführt können für eine genauere Bestimmung der für ein bestimmtes Netz gestellten Anforderungen erforderlich sein. Es sollten jedoch die in dieser Richtlinie vorgegebenen Prinzipien angewendet werden.

Die nach dieser Richtlinie ermittelten Ableiterkennwerte sind für unterschiedliche Netze verschieden. Allgemein gültige Zahlenwerte können nicht empfohlen werden. Es ist jedoch möglich, dass für bestimmte Netze oder in einigen Ländern die Anforderungen an die Zuverlässigkeit und die Netzkonstellation so einheitlich sind, dass die Empfehlungen dieser Richtlinie zur Festlegung eines engen Bereichs geeigneter Überspannungsableiter-Kennwerte führen. In diesen Fällen braucht der Anwender von Überspannungsableitern nicht die einzelnen, in dieser Richtlinie aufgezeigten Schritte für jede neue Anlage nachzuvollziehen, sondern kann die in langjähriger Praxis erprobten Ableiterkennwerte verwenden. Entsprechende Kennwerte können von den nationalen Gremien in [Anhang B](#) angegeben werden.

Hauptabschnitt 1: Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60099 gibt Empfehlungen zur Auswahl und Anwendung von Überspannungsableitern, die in Drehstromnetzen mit Nennspannungen über 1 kV eingesetzt werden. Er gilt für Funkenstreckenableiter nach IEC 60099-1 und für funkenstreckenlose Metalloxidableiter nach IEC 60099-4.

1.2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Bestimmungen, die durch die Erwähnung in diesem Text zu Bestimmungen dieses Teils von IEC 60099 werden. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, die Vereinbarungen auf der Grundlage dieses Teils von IEC 60099 treffen, sind aufgefordert zu prüfen, ob die jeweils neueste Ausgabe der nachstehend aufgeführten Normen angewendet werden kann. IEC- und ISO-Mitglieder führen Verzeichnisse der jeweils gültigen internationalen Norm.

IEC 60071-1:1993, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60071-2:1996, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guide*

IEC 60099-1:1991, *Surge arresters – Part 1: Non-linear resistor type gapped surge arresters for a.c. systems*

IEC 60099-3:1990, *Surge arresters – Part 3: Artificial pollution testing of surge arresters*

ANMERKUNG Diese Norm gilt für Funkenstreckenableiter nach IEC 60099-1.

IEC 60099-4:1991, *Surge arresters – Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems*

IEC 60507:1991, *Artificial pollution tests on high voltage insulators to be used on a.c. systems*

IEC 60815:1986, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*

1.3 Allgemeine Regeln zur Anwendung von Überspannungsableitern

Die IEC 60077-1 legt Bemessungsspannungen für zwei Bereiche der höchsten Spannungen für Betriebsmittel fest:

- Bereich I: über 1 kV bis 245 kV;
- Bereich II: über 245 kV.

Im Bereich I werden die Betriebsmittel in Netzen mit Freileitungen hauptsächlich durch indirekte und direkte Blitzeinschläge in die angeschlossenen Freileitungen gefährdet. In reinen Kabelnetzen können Überspannungen nur durch Fehler oder Schalthandlungen entstehen. In Netzen des Bereiches II werden zusätzlich Schaltüberspannungen bedeutend, und zwar umso mehr, je höher die Netzspannung ist. Überspannungen können Überschläge und Schäden an Betriebsmitteln verursachen und dadurch die Stromversorgung von Kunden gefährden. Dies muss durch eine geeignete Koordination der Schutzkennwerte des Ableiters mit den Festigkeitswerten der Isolation verhindert werden.

Es wird daher empfohlen, Überspannungsableiter immer dann einzusetzen, wenn Blitz- oder hohe Schaltüberspannungen zu erwarten sind, die die Betriebsmittel gefährden können.

Überspannungsableiter sollten aber auch ein zuverlässiges Betriebsmittel im Netz sein. Hierzu sind sie so zu bemessen, dass sie den Spannungen und den durch sie fließenden Strömen mit ausreichend hoher Wahrscheinlichkeit standhalten, wobei Verschmutzungen und andere örtliche Bedingungen berücksichtigt werden müssen. In jedem Netz treten die folgenden Spannungsbeanspruchungen auf (siehe IEC 60071-1):

- betriebsfrequente Dauerspannung;
- zeitweilige Überspannungen;
- langsam ansteigende Überspannungen;
- schnell ansteigende Überspannungen.

Langsam ansteigende Überspannungen, die durch Schalthandlungen verursacht werden, sind besonders beim Ableiterschutz von Betriebsmitteln in Netzen des Bereiches II zu beachten.

Grundsätzlich stellen der bestmögliche Schutz eines Betriebsmittels gegen Überspannungen und eine hohe Lösch- bzw. Bemessungsspannung des Ableiters gegensätzliche Anforderungen dar. Deshalb ist die Auswahl eines geeigneten Ableiters eine Optimierungsaufgabe, die eine große Anzahl von Netz- und Betriebsmittelgrößen zu berücksichtigen hat.

Funkenstreckenlose Metalloxidableiter haben besonders in Netzen mit niederohmiger Sternpunktterdung Vorteile beim Schutz gegen langsam ansteigende Überspannungen. Dieser Ableitertyp wird heute bei Neubeschaffung für solche Netze bereits überwiegend berücksichtigt. Die Auswahl von Überspannungsableitern für diese Netze wird sich daher fast ausschließlich auf Metalloxidableiter beziehen. In manchen Netzen mit isoliertem Sternpunkt oder mit Erdschlusskompensation, in denen mit lang andauernden zeitweiligen Spannungserhöhungen durch Erdfehler gerechnet werden muss, können Funkenstreckenableiter Vorteile haben, wenn niedrige Schutzpegel gefordert werden. Obwohl Funkenstreckenableiter in allen Spannungsebenen seit vielen Jahren eingesetzt sind, werden Regeln für ihre Auswahl nur noch für Netze des Bereiches I angegeben, wobei insbesondere die niedrigeren Netzspannungen berücksichtigt sind.

1.4 Allgemeines Verfahren zur Auswahl von Überspannungsableitern

Das nachfolgend angegebene iterative Verfahren zur Auswahl von Überspannungsableitern, wie es im Flussdiagramm des Bildes 1 dargestellt ist, wird empfohlen.

- Bestimmung der Ableiter-Dauerspannung unter Berücksichtigung der höchsten Betriebsspannung des Netzes;
- Bestimmung der Bemessungsspannung des Ableiters unter Berücksichtigung der zeitweiligen Überspannungen;
- Abschätzung der Höhe und der Wahrscheinlichkeit der durch den Ableiter fließenden Entladungsströme und Ermittlung der Leitungsentladungsanforderungen. Auswahl des Nenn-Ableitstoßstromes, des Wertes für den Hochstoßstrom und der Leitungsentladungsklasse des Ableiters;

ANMERKUNG Wenn andere als die für den Hochstoßstrom genormten Werte (siehe IEC 60099-4, Tabelle 6, Anmerkung) erforderlich sind, sollten diese entsprechend dem Blitzstrom ausgewählt werden.

- Auswahl der Ableiter-Druckentlastungsklasse entsprechend dem zu erwartenden Fehlerstrom durch den Ableiter;
- Auswahl eines Überspannungsableiters, der die vorstehend genannten Anforderungen erfüllt;
- Bestimmung der Schutzkennwerte des Ableiters für Blitz- und Schaltüberspannungen;
- Einbau des Überspannungsableiters so nahe wie möglich am zu schützenden Betriebsmittel;
- Ermittlung der Bemessungs-Schaltstoßspannung des zu schützenden Betriebsmittels unter Berücksichtigung der repräsentativen langsam ansteigenden Überspannungen und der Netzgegebenheiten;
- Ermittlung der Bemessungs-Blitzstoßspannung unter Berücksichtigung
 - der auftretenden repräsentativen Blitzüberspannung, die sich aus dem Verhalten der Freileitung, an die der Ableiter angeschlossen ist, und eines akzeptablen Fehlerrisikos des zu schützenden Betriebsmittels ergibt;
 - der Auslegung der Schaltanlage;
 - der Leitungsanschlusslänge zwischen Ableiter und zu schützendem Betriebsmittel;
- Bestimmung der Isolationspegel der betreffenden Betriebsmittel nach IEC 60071-1;
- Werden niedrigere Bemessungsstoßspannungen des Betriebsmittels gewünscht, so sollte untersucht werden, ob ein Ableiter mit niedrigerer Dauerspannung, niedrigerer Bemessungs- bzw. Löschspannung, höherem Nenn-Ableitstoßstrom, höherer Leitungsentladungsklasse oder mit einer anderen Auslegung eingesetzt werden oder ob die Leitungslänge zwischen Ableiter und zu schützendem Betriebsmittel verringert werden kann.

ANMERKUNG Eine niedrigere Dauer- oder Bemessungsspannung kann die Betriebszuverlässigkeit des Ableiters beeinträchtigen.

Einzelheiten zum schrittweisen Vorgehen werden in den Abschnitten 2, 3 und 4 besprochen.

1.5 Spannungsfestigkeit des Ableitergehäuses bei Fremdschichtbeanspruchung

Die Verschmutzung des Ableitergehäuses kann beim Funkenstreckenableiter zum Ansprechen oder zu Temperaturerhöhungen an den Steuerviderständen und beim Metalloxidableiter zu einer überhöhten Temperatur der Metalloxidwiderstände führen. Um ein Fehlverhalten des Ableiters bei Fremdschichtbeanspruchung zu verhindern, müssen Ableiter ausgewählt werden, die in der Lage sind, den gegebenen Verschmutzungsbedingungen standzuhalten. Obwohl in IEC 60099-1 und IEC 60099-4 keine entsprechenden Festlegungen getroffen sind, sollten Überspannungsableiter für den Einsatz in normaler Umgebung nach den in IEC 60071-2 für die Klasse II (Gebiete mit mittlerer Verschmutzung) geforderten Fremdschichtbeanspruchungen ausgelegt sein. Wenn das Einsatzgebiet des Ableiters einen höheren Verschmutzungsgrad aufweist, kann das Ableiterverhalten stark beeinträchtigt werden. Werden Ableiter mit einer hierfür nicht geeigneten Auslegung in Gebieten hoher (Klasse III) oder sehr hoher (Klasse IV) Fremdschichtbelastung eingesetzt, kann regelmäßiges Reinigen oder Silikonisieren des Ableitergehäuses ein Fehlverhalten verhindern.

Sollen Überspannungsableiter abgespritzt werden, müssen sie hierfür speziell ausgelegt werden.

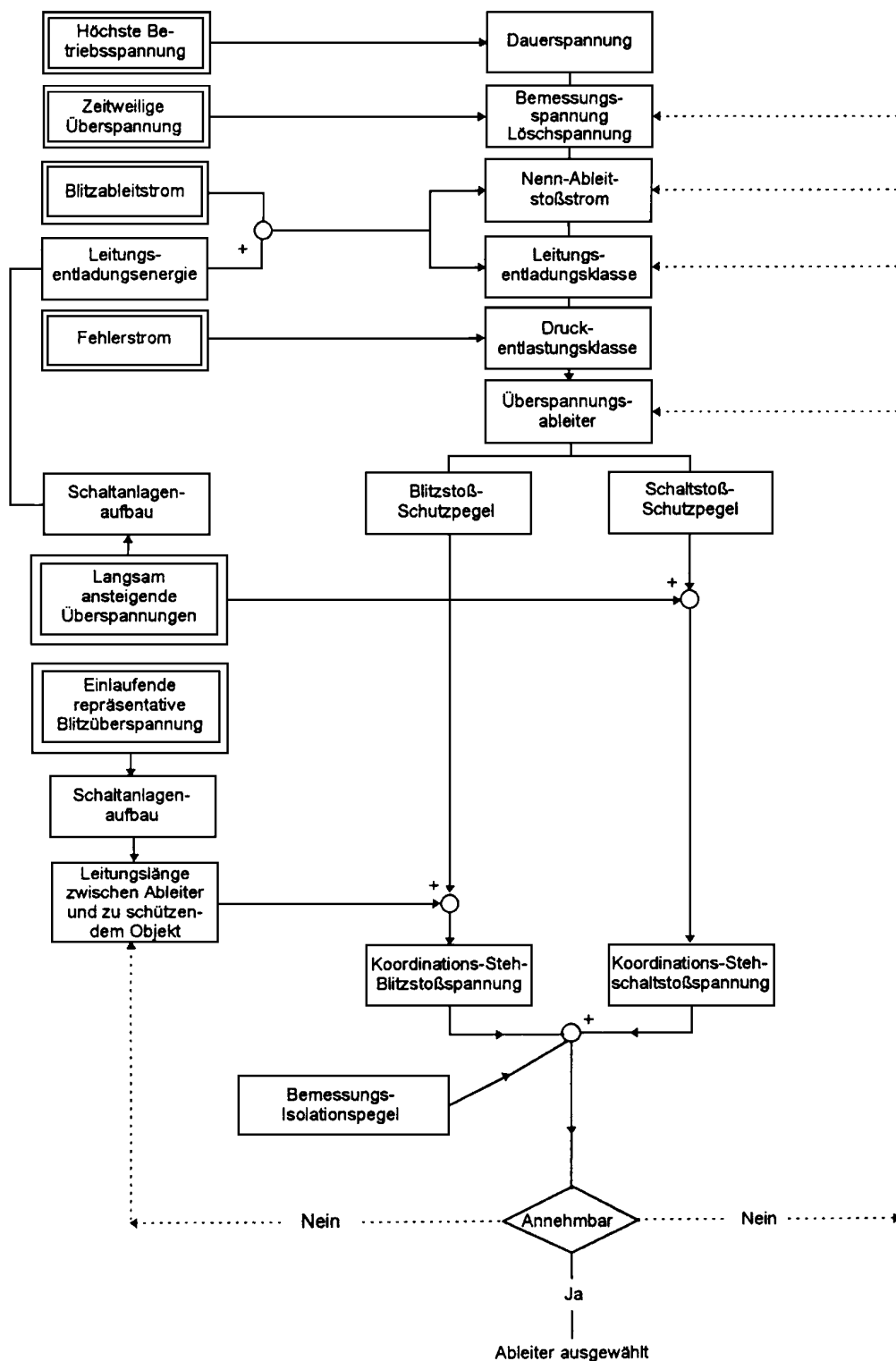


Bild 1 – Flussdiagramm für die Auswahl von Überspannungsableitern

Hauptabschnitt 2: Funkenstreckenableiter nach IEC 60099-1

2.1 Kennwerte von Funkenstreckenableitern

2.1.1 Allgemeines

Grundlegende Kennwerte von Funkenstreckenableitern sind Löschspannung, Ansprechspannungen, Nenn-Ableitstoßstrom und Restspannungen bei Stoßströmen.

Das Schutzvermögen ist gekennzeichnet durch die Stirn-Ansprech-Stoßspannung, die Ansprech-Blitzstoßspannung, falls erforderlich, die Ansprech-Schaltstoßspannung, die Restspannung bei Nenn-Ableitstoßstrom und, falls erforderlich, die Restspannungen bei Schaltstoßströmen. Für eine vorgegebene Löschspannung gibt es verschiedene Ableiterausführungen und damit auch unterschiedliche Schutzpegel.

Ebenfalls zu berücksichtigende Ableitereigenschaften sind die Dauerspannung, die Leitungsentladungsklasse, die Druckentlastungsklasse, die Spannungsfestigkeit unter Fremdschicht, die Spannungsfestigkeit beim Abspritzen und besondere mechanische Eigenschaften.

2.1.2 Löschspannung (U_T)

Sie ist der höchste zulässige Wert einer zwischen den Ableiteranschlussklemmen anliegenden betriebsfrequenten Wechsellspannung, bei der der Ableiter in der Arbeitsprüfung noch einwandfrei löschen kann. Die Löschspannung wird als Bezugswert für die Festlegung der Arbeitskennwerte benutzt.

ANMERKUNG Einige Ableitertypen für den Bereich II sind so ausgelegt, dass sie auch bei betriebsfrequenten Wechsellspannungen höher als die Löschspannung löschen können. Diese Spannung wird allgemein als „Löschspannung bei zeitweiligen Überspannungen“ bezeichnet. Da die IEC 60099-1 keine Prüfungen enthält, in denen das einwandfreie Arbeiten so ausgelegter Ableiter nachgewiesen wird, müssen entsprechende Prüfungen und der Anwendungsbereich solcher Ableiter zwischen Anwender und Hersteller vereinbart werden.

In einigen Fällen, z. B. bei den Fremdschichtprüfungen nach IEC 60099-3, muss die höchste betriebsfrequente Wechsellspannung, die dauernd an den Ableiterklemmen anliegen darf, bekannt sein. Bei Ableitern, die zum Schutz von Betriebsmitteln im Bereich I nach IEC 60071-1 eingesetzt werden, sollte die Dauerspannung gleich der Löschspannung sein. Für Ableiter, die im Bereich II eingesetzt werden, ist die Dauerspannung üblicherweise niedriger als die Löschspannung. Da IEC 60099-1 keine Prüfungen enthält, die das einwandfreie Verhalten des Ableiters unter Dauerspannung nachweisen, muss der zulässige Wert der Dauerspannung vom Hersteller angegeben werden.

2.1.3 Schutzpegel

Der Blitzstoß-Schutzpegel eines Ableiters ist der höchste der folgenden Werte:

- die Ansprech-Blitzstoßspannung;
- die Restspannung beim Nenn-Ableitstoßstrom.

ANMERKUNG Für den Schutz gegen schnell ansteigende Überspannungen darf bei der Stirn-Ansprech-Stoßspannung angenommen werden, dass die Festigkeit der Öl-Papier-Isolation von Transformatoren für eine Spannungsdauer kürzer als 3 µs mindestens 15 % über ihrer Bemessungs-Blitzstoßspannung liegt. Daher sind die in IEC 60099-1, Tabelle 8, aufgelisteten Werte für die Stirn-Ansprech-Stoßspannung 15 % höher als die entsprechenden Werte der genormten Ansprech-Blitzstoßspannung.

Andere Isolationsarten wie z. B. in Wandlern, Kabeln oder gasisolierten Schaltanlagen (GIS) können ein unterschiedliches Festigkeitsverhalten aufweisen. In solchen Fällen sind für die Stirn-Ansprech-Stoßspannung besondere Überlegungen erforderlich.

Der Schaltstoß-Schutzpegel wird angewendet für den Schutz eines Betriebsmittels gegen langsam ansteigende Überspannungen. Er ist der höchste Wert aus Ansprech-Schaltstoßspannung und Restspannung bei Schaltstoßstrom.

ANMERKUNG Ist die Ansprech-Schaltstoßspannung eines Ableitertyps nicht bekannt, kann sie nur näherungsweise aus seiner Ansprech-Wechsellspannung ermittelt werden.

2.1.4 Nenn-Ableitstoßstrom

Der Nenn-Ableitstoßstrom ist der Scheitelwert eines Stoßstromes der Form 8/20, der zur Klassifizierung des Ableiters dient. Er dient dazu, in der Arbeitsprüfung den Folgestrom einzuleiten und den Blitzstoß-Schutzpegel festzulegen.

2.1.5 Leitungsentladungsklasse

Sie gibt das Energieaufnahmevermögen eines Ableiters beim Entladen langer Leitungen an. Die steigenden Klassenzahlen (siehe IEC 60099-1, Tabelle 5) berücksichtigen steigende Netzspannungen und die damit verbundenen längeren Leitungen, abnehmenden Wellenwiderstände und fallenden Überspannungsfaktoren.

2.1.6 Druckentlastungsklasse

Sie gibt die Fähigkeit eines Ableiters an, einem durch ihn fließenden Fehlerstrom nach dem Versagen des Ableiters standzuhalten, ohne unzulässig zu zerbersten. Siehe hierzu 8.7 von IEC 60099-1.

2.1.7 Festigkeit unter Fremdschicht

Überspannungsableiter, die in Gebieten eingesetzt werden, die nach IEC 60071-2 den Fremdschichtklassen III und IV zuzuordnen sind, müssen einer Fremdschichtprüfung nach IEC 60099-3 unterzogen werden. Diese Prüfung ermittelt das Ansprechverhalten unter Fremdschicht. Das Überschlagsverhalten des Ableitergehäuses kann nach IEC 60507 geprüft werden.

2.1.8 Abspritzfestigkeit

Wenn Überspannungsableiter unter Spannung abgespritzt werden sollen, sind eine besondere Ableiterauslegung und die Festlegung hierzu geeigneter Prüfverfahren erforderlich.

Bei der Auslegung der Abspritzanlage muss auf folgende Punkte geachtet werden:

- zum Abspritzen darf nur Wasser mit geeigneter Leitfähigkeit verwendet werden;
- der Wasserdruck und die Anordnung der Abspritzdüsen sollten so gewählt sein, dass der Ableiter in seiner ganzen Länge und von allen Seiten so gleichmäßig und gleichzeitig wie möglich befeuchtet wird. Dabei ist die höchste zulässige Windgeschwindigkeit zu beachten.

2.2 Auswahl von Funkenstreckenableitern Leiter – Erde

2.2.1 Löschspannung

Es ist üblich, einen Überspannungsableiter so auszuwählen, dass er den zeitweiligen Überspannungen standhält, die beim Erdschluss in den nicht vom Erdfehler betroffenen Leitern entstehen, wenn gleichzeitig ein Ableiter in diesen Leitern anspricht. Auch andere Ursachen für zeitweilige Überspannungen sollten bei der Wahl der Höhe der Löschspannung eines Ableiters bedacht werden, und die Höhe der Löschspannung sollte entsprechend der höchsten, bei den verschiedenen Vorgängen auftretenden zeitweiligen Überspannung gewählt werden. In einigen Fällen kann es erforderlich sein, auch die zeitweiligen Überspannungen zu berücksichtigen, die durch das gleichzeitige Auftreten verschiedener Ursachen entstehen, wie z. B. ein Lastabwurf mit gleichzeitigem Erdschluss, wobei die Wahrscheinlichkeit des Auftretens solcher Ereignisse zu berücksichtigen ist.

Folgende Ursachen für das Entstehen zeitweiliger Überspannungen sollten in jedem Fall berücksichtigt werden:

- Erdfehler:
Hierbei entstehen Überspannungen in weiten Teilen des Netzes. Hinweise zur Bestimmung der Höhe solcher zeitweiligen Überspannungen sind im [Anhang A](#) gegeben. Die Zeitdauer solcher Spannungserhöhungen hängt von der Fehlerdauer (Zeit bis zur Fehlerabschaltung) ab. In Netzen mit direkter Sternpunktterdung ist sie im allgemeinen kürzer als 1 s. In Netzen mit Erdschlusslöschung und automatischer Fehlerabschaltung ist sie im allgemeinen kürzer als 10 s. In Netzen ohne automatische Fehlerabschaltung kann sie mehrere Stunden betragen.
- Lastabwurf:
Nach einem Lastabwurf steigt die Spannung auf der Einspeiseseite des abschaltenden Leistungsschalters an. Die Amplitude dieser Spannungserhöhung hängt von den Eigenschaften der abgeschalteten Last und der in der speisenden Schaltanlage anstehenden Kurzschlussleistung ab. Die zeitweiligen Überspannungen sind nach einer Vollastabschaltung eines Maschinen-Transformators besonders hoch. Die durch Lastabwurf verursachten Überspannungen sind üblicherweise nicht über ihre gesamte Zeitdauer konstant. Für eine genaue Berechnung müssen zahlreiche Parameter berücksichtigt werden.
Als Richtlinie können die folgenden Anhaltswerte angewendet werden:
 - In wenig ausgedehnten Netzen führt ein Vollastabwurf zu zeitweiligen Überspannungen Leiter gegen Erde, die üblicherweise kleiner als 1,2 p. u. sind. Die Zeitdauer der Überspannung hängt von den Einrichtungen zur Spannungsregelung ab und kann bis zu mehreren Minuten betragen.
 - In ausgedehnten Netzen kann nach einem Vollastabwurf die zeitweilige Überspannung Leiter gegen Erde Werte bis zu 1,5 p. u. erreichen. Noch höhere Werte entstehen, wenn Ferranti-Effekte oder Resonanzerscheinungen auftreten. Die Zeitdauer kann im Bereich von einigen Sekunden liegen.
 - Beim Lastabwurf eines Maschinentransformators können zeitweilige Überspannungen bis zu 1,4 p. u. bei Turbogeneratoren und bis zu 1,5 p. u. bei Wasserkraftgeneratoren auftreten. Die Zeitdauer beträgt etwa 3 s.

Ist die Zeitabhängigkeit der Amplitude der Überspannungen bekannt, kann sie durch den Maximalwert und die Dauer, während der die Amplitude oberhalb von 90 % ihres Maximalwertes bleibt, beschrieben werden.

In manchen Netzen sind auch die folgenden Ursachen zeitweiliger Überspannungen zu betrachten:

- Resonanzerscheinungen, z. B. beim Zuschalten langer unbelasteter Leitungen oder bei Resonanzen zwischen Netzteilen;
- Spannungserhöhungen entlang langer Leitungen (Ferranti-Effekt);
- Resonanzerscheinungen für höhere Harmonische, z. B. beim Schalten von Transformatoren;
- Rückspeisung über zusammengeschaltete Transformatorwicklungen, z. B. bei Fehlerabschaltung einer Anordnung von zwei parallelen Transformatoren mit gemeinsamer Unterspannungsschiene oder einphasige Abschaltung eines Dreiphasen-Transformators, der auf der Unterspannungsseite unsymmetrisch belastet ist.

Zeitweilige Überspannungen, die infolge von Ferroresonanzen entstehen, sollten für die Ableiterauswahl nicht bestimmend sein, sondern sollten vermieden werden.

Das zeitliche Zusammentreffen von Ereignissen, die Überspannungen hervorrufen, wie z. B. Lastabwurf und dadurch ausgelöste Erdschlüsse, kann zu höheren Überspannungen führen, als wenn jedes Ereignis nur für sich allein auftritt. Sind solche Kombinationen genügend wahrscheinlich, müssen die Überspannungen der Einzelereignisse unter Berücksichtigung der gegebenen Netzverhältnisse höher überlagert werden.

ANMERKUNG 1 Bei der Auswahl der Ableiterlöschspannung entsprechend der höchsten zeitweiligen Überspannungen im Netz wird vorausgesetzt, dass die höchste Betriebsspannung eines Netzes bei üblichen Betriebsbedingungen nicht überschritten wird. Wenn mit dem Auftreten außergewöhnlicher Betriebsbedingungen gerechnet werden muss, die ein häufiges Ansprechen der Ableiter verursachen können, kann es dann erforderlich sein, Ableiter mit einer höheren Löschspannung einzusetzen, als sie durch die beschriebene Vorgehensweise ermittelt wurde.

ANMERKUNG 2 Betriebsspannungen mit anderen Frequenzen als 50 Hz oder 60 Hz können bei der Herstellung oder Anwendung von Überspannungsableitern besondere Überlegungen erfordern und sollten zwischen Hersteller und Anwender besprochen werden.

Funkenstreckenableiter für Netze mit isoliertem Sternpunkt oder Erdschlusskompensation ohne automatische Fehlerabschaltung sollten wegen der möglicherweise lang andauernden zeitweiligen Überspannungen die Löschspannung dauernd aushalten können. Überspannungsableiter für Netze mit automatischer Erdschlussabschaltung müssen nur die höchste Leiter-Erde-Spannung dieser Netze aushalten. Dieser abgesenkte Wert der dauernd zulässigen Spannung kann vom Hersteller erfragt werden.

2.2.2 Nenn-Ableitstoßstrom

2.2.2.1 Faktoren, die den Blitzstoßstrom beeinflussen

In aller Regel sind die Ströme durch den Ableiter infolge von Blitzeinschlägen geringer als die Blitzströme selbst. Bei einem Direkteinschlag in die Leiterseile laufen Wanderwellen vom Einschlagort in beide Richtungen. Überschläge an den Freileitungsisolatoren bilden einen parallelen Pfad zur Erde, der einen Teil des Blitzstroms ableitet. Bei Blitzeinschlägen in mehr als ein Leiterseil oder bei Überschlägen zwischen den Leitern können zwei oder mehr Überspannungsableiter ansprechen, wobei jeder einen Teil des Stromes übernimmt. Nur bei einem direkten Blitzeinschlag in unmittelbarer Nähe des Ableiteranschlusses entsteht kein Überschlag der Freileitungsisolation vor dem Ansprechen des Ableiters, und der Ableiter muss den größten Teil des Blitzstroms übernehmen. Die Wahrscheinlichkeit eines solchen Ereignisses kann durch geeignete Schirmung der Leitung erheblich reduziert werden. Auskunft über die Parameter von Blitzströmen geben allgemeingültige oder für den Einsatzort ermittelte statistische Daten. Die Beziehungen zwischen den Blitzströmen und den Strömen durch den Ableiter können durch Wanderwellenberechnungen bestimmt werden.

Freileitungen können gegen direkte Blitzeinschläge in die Leiterseile durch Erdseile geschützt werden, die so angeordnet werden, dass sie Blitzeinschläge auffangen und den Blitzstrom über die Maste direkt gegen Erde ableiten. Bei Holzmastleitungen mit Erdseilen werden diese über Erdungsleitungen mit niedriger Impedanz geerdet.

Nahezu alle Blitzeinschläge in Freileitungen werden durch den Einsatz von Erdseilen verhindert. Wenn ein solcher direkter Einschlag doch erfolgt (Schirmfehler), kommt es in dem Bereich I praktisch immer zu einem Überschlag auf der Freileitung. Die Schutzwirkung der Erdseile kann durch ihre Anzahl und Anordnung beeinflusst werden. Bei einem Blitzeinschlag ins Erdseil wird der Strom über die Erdseile und die Maste nach Erde abgeleitet. Durch die Impedanz des Strompfades und die Stoßerdungsimpedanz des Mastes entsteht an der Spitze der Leitungsmasten eine Spannung. Ein Teil der Spannung wird in die Leiterseile eingekoppelt. Die Differenz zwischen dem Potential der Leiterseile und dem Potential der Mastspitze beansprucht die Isolation der Leitungen und kann einen Überschlag verursachen. Ein solcher Vorgang wird als rückwärtiger Überschlag bezeichnet. Die Häufigkeit eines rückwärtigen Überschlages kann durch die Auswahl einer geeigneten Isolation, niedriger Erdwiderstände der Masten, ausreichender Schlagweiten zwischen Leiterseil und Mast, Leiterseil und Erdseil und zwischen Leiter und Leiter und durch eine optimierte Mastbauweise begrenzt werden.

Analog zu jenen Verfahren, wie sie für die Schirmung von Freileitungen verwendet werden, kann auch die Schirmung der Stationen ausgeführt werden. Entsprechende Maßnahmen schließen Erdseile, Metallmasten und Blitzschutzstangen, die auf den Stationsportalen stehen, ein. Diese Maßnahmen können in vielen Kombinationen ausgeführt werden.

Bei Anlagen, die nicht gegen direkte Blitzeinschläge geschützt sind, z. B. bei Verteilertransformatoren oder Kabelverbindungen zu Freileitungen auf Holzmasten, können sowohl die Isolation als auch der Ableiter direkten Blitzeinschlägen ausgesetzt sein, die extrem hohe Ableitströme hervorrufen. Im allgemeinen müssen der Blitzstrom selbst und der repräsentative Ableitstrom mit der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens bestimmt werden.

Durch die Stationsschirmung soll das Risiko von Isolationsausfällen auf einen annehmbaren Wert reduziert werden. In einigen Fällen kann dies durch Schirmung der Station allein erreicht werden. In anderen Fällen kann es notwendig werden, alle mit der Station verbundenen Freileitungen mit Erdseilen auszurüsten. Hierbei genügt es, die Freileitungen auf einer verhältnismäßig kurzen Strecke vor der Station mit Erdseilen zu versehen.

Gut bemessene Schirmungs-, Isolations- und Erdungssysteme reduzieren die Wahrscheinlichkeit eines direkten Blitzeinschlages in die Leiterseile auf ein geringes Maß. Die Spannungen an den Isolatoren werden damit im Falle

eines Einschlages in das Schirmungssystem so weit reduziert, dass sie geringer als die Überslagsspannungen sind. Der Entladestrom durch die Ableiter wird somit verringert. Daher kann der Ableiter die Isolation der Anlage besser schützen und wird geringer belastet.

2.2.2.2 Auswahl des Nenn-Ableitstoßstromes

Im allgemeinen werden bei der Bestimmung des Nenn-Ableitstoßstromes folgende Punkte beachtet:

- die Bedeutung und die angestrebte Wirksamkeit des Schutzes. Legt man den Schutz auf höhere Scheitelwerte und Anstiegssteilheiten des Stromes aus, erhöht sich die Zuverlässigkeit des Schutzes;
- die Anzahl der Leitungsabgänge, die während des Ableiteransprechens angeschlossen sind. Aufgrund von Reflexionen der Wanderwellen wird der Ableitstrom des Ableiters durch die parallelgeschalteten Wellenwiderstände von Leitungen und Kabeln erniedrigt;
- die Leitungsisolation. Die zu erwartenden Blitzstromamplituden erhöhen sich mit höherer Leitungsisolation (z. B. Holzmaste), wenn der Einschlag nicht so nahe bei dem Ableiter erfolgt, dass die Freileitung den Überspannungsvorgang nicht beeinflussen kann. Wenn Ableiter in einer Station eingesetzt werden, an die Holzmastleitungen mit ungeerdeten Traversen oder Stützisolatoren angeschlossen sind, sollte wenigstens ein Mast, vorzugsweise der letzte vor der Station, geerdete Traversen oder Isolatorenhalterungen mit niedriger Erdungsimpedanz haben. Bei hohen Erdwiderständen sollten mehrere Masten im Bereich von etwa fünf Spannungsfeldern vor der Station geerdet werden;
- die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines höheren Blitzstromes. Die Höhe der Blitzströme ist über einen weiten Bereich veränderlich. Leitungen, die sich in Gebieten mit hoher Gewitterhäufigkeit befinden, werden häufiger von Blitzen mit hohen Stromamplituden getroffen;
- Verhalten der Freileitung und Gewitteraktivität. Höhe und Steilheit der bei Blitzeinschlägen auftretenden Ableitströme sind abhängig von der Anzahl der rückwärtigen Überschläge und der Schirmungsfehler der Erdseile (oder Häufigkeit der Überschläge an ungeschirmten Freileitungen) im Bereich eines begrenzten Abstandes vor der Station. Höhere (niedrigere) Fehlerraten der Freileitung vergrößern (verkleinern) die Wahrscheinlichkeit eines Ableitstromes mit Amplitude und Anstiegssteilheit.

Die Erfahrung mit Nenn-Ableitstoßströmen nach IEC 60099-1 zeigt, dass ein zufriedenstellender Schutz dann erreicht wird, wenn die folgenden Empfehlungen beachtet werden:

Bereich I (über 1 kV bis 245 kV): 5 kA oder 10 kA

In Netzen des Bereichs I nach IEC 60071-1, in denen die Leitungslängen zwischen den Ableitern klein (unter 5 km) sind, haben sich Überspannungsableiter mit einem Nenn-Ableitstoßstrom von 5 kA an Verteiltransformatoren als ausreichend zuverlässig erwiesen, auch wenn die Transformatoren an Holzmast-Leitungen mit nicht geerdeten Traversen angeschlossen sind.

In Netzen mit höchsten Betriebsspannungen von 72,5 kV und darunter können Überspannungsableiter mit einem Nenn-Ableitstoßstrom von 5 kA ausreichend sein, wenn sie in Gebieten mit einer geringen Gewitterhäufigkeit und mit Freileitungen eingesetzt werden, die Erdseile und niedrige Masterdungswiderstände haben.

Überspannungsableiter mit einem Nenn-Ableitstoßstrom von 10 kA sollten vorzugsweise bei wichtigen Anlagen (Notwendigkeit des bestmöglichen Schutzes) oder in Gebieten mit hoher Gewitterhäufigkeit oder bei hohen Stoßerdungswiderständen von Freileitungen eingesetzt werden.

Für Netze mit höchsten Betriebsspannungen über 72,5 kV werden grundsätzlich Überspannungsableiter mit einem Nenn-Ableitstoßstrom von 10 kA gefordert.

Bereich II (über 245 kV): 10 kA oder 20 kA

In Netzen mit höchsten Betriebsspannungen von 420 kV und darunter haben sich Überspannungsableiter mit einem Nenn-Ableitstoßstrom von 10 kA im allgemeinen als ausreichend erwiesen.

Netze mit höchsten Betriebsspannungen über 420 kV können Ableiter mit einem Nenn-Ableitstoßstrom von 20 kA erforderlich machen.

2.2.3 Belastbarkeit bei Leitungsentladung

Ableiter in Anlagen, an die lange Leitungen, Kabel oder große Kondensatorbatterien angeschlossen sind, müssen in der Lage sein, Ableitströme und Energien, die durch Schaltüberspannungen entstehen, abzuleiten. Darum wurden für 10-kA-Ableiter der schweren Ausführung Prüfwerte für verschiedene Bereiche der Netzspannungen (8.5.3 von IEC 60099-1) festgelegt, die typische Entladungsenergien durch Ableiter in den betreffenden Netzen darstellen. Ableiter schwerer Ausführung werden allgemein in Anlagen des Bereichs II eingesetzt.

In Anlagen des Bereichs I werden Ableiter schwerer Ausführung dann eingesetzt, wenn es sich um wichtige Stationen handelt, niedrige Schutzpegel erforderlich oder lange Freileitungen und Kabel mit der Sammelschiene verbunden sind. In anderen Fällen, bei z. B. verhältnismäßig kurzen (< 100 km) Anschlussleitungen, werden im Allgemeinen 10-kA-Ableiter leichter Ausführung oder 5-kA-Ableiter verwendet.

2.2.3.1 Ableiter schwerer Ausführung

Die Prüfanforderungen in **Tabelle 5 von IEC 60099-1** basieren auf den Bedingungen, die sich bei der Entladung von Übertragungsleitungen und bei einer Löschspannung des Ableiters ergeben, die dem 1,4fachen Wert der höchsten Netzspannung Leiter – Erde entspricht.

Die Leitungsentladungsklasse wird üblicherweise über die zugehörige Netzspannung bestimmt, siehe Tabelle 1. Weichen jedoch die Leitungskennwerte erheblich von den in Tabelle 1 aufgeführten Werten ab, muss die unter Betriebsbedingungen vom Ableiter aufzunehmende Energie mit der verglichen werden, die in der Prüfung nach Tabelle 1 auftritt. Ist eine höhere Energie zu erwarten, wird eine genauere Untersuchung der speziellen Randbedingungen erforderlich.

Tabelle 1 – Beziehungen zwischen der Leitungsentladungsklasse und den Leitungskennwerten
(siehe Tabelle C.1 der IEC 60099-1)

Leitungs- entladungsklasse	Angenäherter Bereich der höch- sten Betriebsspannung kV	Ungefähre Lei- tungslänge km	Näherungswert für den Wellenwiderstand der Leitung Ω	Näherungswert der Überspan- nungsfaktoren (p. u.) ^a
1	bis zu 245	300	450	3,0
2	bis zu 300	300	400	2,6
3	bis zu 420	360	350	2,6
4	bis zu 525	420	325	2,4
5	bis zu 765	480	300	2,2

^a Bezugswert ist der Scheitelwert der höchsten Betriebsspannung Leiter – Erde.

2.2.3.2 10-kA-Ableiter leichter Ausführung und 5-kA-Ableiter

Für 10-kA-Ableiter leichter Ausführung und 5-kA-Ableiter wird nicht nach der Netzspannung unterschieden. Es ist für die Prüfung nur ein Rechteckstoßstrom festgelegt.

2.2.4 Druckentlastungsklasse

Im Falle eines inneren Fehlers des Überspannungsableiters sollte der Fehlerstrom durch den Ableiter nicht zu unzulässigem Bersten seines Gehäuses führen. Der Ableiter sollte daher Fehlerströme standhalten können, die gleich oder größer sind als der größte Fehlerstrom durch den Ableiter am Aufstellungsort.

Sind höhere Werte als in Tabelle 7 von IEC 60099-1 aufgeführt erforderlich, sollte der Anwender den Hersteller ansprechen.

Hauptabschnitt 3: Metalloxidableiter ohne Funkenstrecken nach IEC 60099-4

3.1 Kennwerte von Metalloxidableitern ohne Funkenstrecken

3.1.1 Allgemeines

Grundlegende Kennwerte von Metalloxidableitern sind Dauerspannung, Bemessungsspannung, Nenn-Ableitstoßstrom und die Restspannungen bei Nenn-Ableitstoßstrom, Schaltstoßstrom und Steilstoßstrom.

Für eine vorgegebene Kombination von Dauer- und Bemessungsspannung gibt es verschiedene Ableiterausführungen und somit auch unterschiedliche Schutzpegel.

Ebenfalls zu berücksichtigende Ableitereigenschaften sind die Leitungsentladungsklasse, die Druckentlastungsklasse, die Spannungsfestigkeit unter Fremdschicht, die Spannungsfestigkeit beim Abspritzen und besondere mechanische Eigenschaften.

3.1.2 Dauerspannung

Die Dauerspannung ist die höchste zulässige betriebsfrequente sinusförmige Wechselspannung, die dauernd an den Ableiterklemmen anliegen kann.

Es ist zu beachten, dass die an einem Teilableiter liegende Dauerspannung in einem vollständigen Ableiter niedriger sein kann als bei der Arbeitsprüfung, beim Alterungsverfahren und bei der Prüfung der thermischen Stabilität. Diese niedrigere Dauerspannung kann aus Gründen der Spannungsfestigkeit des Ableitergehäuses bei Fremdschichtbeanspruchung gewählt sein oder aufgrund von Annäherungen zu anderen geerdeten oder spannungsführenden Teilen notwendig sein, da dies bei nicht voll wirksamen Steuerringen zu einer größeren Nichtlinearität in der Spannungsverteilung längs der Widerstandssäule führt, als für die Prüfung angenommen wurde.

3.1.3 Bemessungsspannung

Die Bemessungsspannung ist die höchste betriebsfrequente Wechselfspannung, die bei der Arbeitsprüfung während 10 s (siehe 2.9 von IEC 60099-4) an dem Ableiter liegt. Sie ist außerdem die Bezugsgröße für die Wechselspannungs-Zeit-Kennlinie und für die Anforderungen in der Leitungsentladungsprüfung.

3.1.4 Nenn-Ableitstoßstrom

Der Nenn-Ableitstoßstrom dient der Klassifizierung des Ableiters. Er ist der Hauptparameter für die Schutzwirkung und das Energieaufnahmevermögen des Ableiters.

3.1.5 Schutzpegel

Der Blitzstoß-Schutzpegel eines Ableiters ist der Maximalwert der Restspannung beim Nenn-Ableitstoßstrom. Er gilt für den Schutz der Betriebsmittel gegen schnell ansteigende Überspannungen.

Der Schaltstoß-Schutzpegel ist der Maximalwert der Restspannungen bei den festgelegten Schaltstoßströmen. Er gilt für den Schutz der Betriebsmittel gegen langsam ansteigende Überspannungen.

Für das Schutzverhalten eines Metalloxidableiters gegen schnell ansteigende Überspannungen muss die zeitliche Verzögerung im Leitungsmechanismus der Varistoren, wie sie bei der Steilstoßstromprüfung überprüft wird, beachtet werden [2]¹⁾.

ANMERKUNG In der ersten Ausgabe von IEC 60099-4:1991 sind die erforderlichen Prüfbedingungen für eine zuverlässige Bestimmung der Restspannung bei Steilstoßstrom nicht ausreichend festgelegt. Eine genauere Festlegung der Prüfbedingungen ist in Bearbeitung und wird Induktivitätseffekte und den Einfluss des Zeitverzuges durch den Werkstoff beachten.

3.1.6 Leitungsentladungsklasse

Die Leitungsentladungsklasse gibt das Energieaufnahmevermögen von 10-kA- und 20-kA-Ableitern für die Entladung langer Leitungen an. Nach IEC 60099-4, Tabelle 4, gibt es fünf Klassen, wobei steigende Klassen zunehmendes Energieaufnahmevermögen bedeuten.

Bei Ableitern der Leitungsentladungsklasse 2 und darüber wird der sich ergebende Ableitstrom dazu benutzt, bei der Arbeitsprüfung die thermische Stabilität nach einer Energieaufnahme nachzuweisen. Energieaufnahmen, die aus anderen Belastungen im Netz herrühren und daher einen anderen Verlauf haben, müssen in Energien und Ströme einer gleichwertigen Leitungsentladung umgerechnet werden.

3.1.7 Druckentlastungsklasse

Sie gibt die Fähigkeit eines Ableiters an, einem durch ihn fließenden Fehlerstrom nach dem Versagen des Ableiters standzuhalten, ohne unzulässig zu zerbersten. Siehe hierzu 5.11 von IEC 60099-4 und 8.7 von IEC 60099-1.

3.1.8 Festigkeit unter Fremdschicht

Die Festigkeit des Ableiters unter Fremdschicht beinhaltet drei Gesichtspunkte:

- a) Das Gehäuse des Ableiters muss Fremdschichten ohne Überschlüge standhalten. Dies kann nach IEC 60507 überprüft oder durch eine Konstruktion nach IEC 60815 sichergestellt werden.
- b) Der Ableiter muss einer möglichen Temperaturerhöhung durch Veränderungen der Spannungsverteilung am Ableiter infolge von Fremdschichtbelastung auf der Oberfläche seines Gehäuses standhalten. Dabei sollte auf den Verschmutzungsgrad und die Häufigkeit und Höhe der durch Fehler oder Wiederausaltungen hervorgerufenen Spannungserhöhungen während der Fremdschichtperioden geachtet werden. Geeignete Prüfverfahren hierfür werden zur Zeit beraten.
- c) Der Ableiter muss inneren Teilentladungen, die durch die Störung der Spannungsverteilung infolge Fremdschichten auf dem Gehäuse hervorgerufen werden können, ohne Schäden an den Widerstandsblöcken oder den inneren Befestigungselementen standhalten können. Geeignete Prüfverfahren hierfür werden zur Zeit beraten.

3.1.9 Abspritzfestigkeit

Sollen Ableiter unter Spannung abgespritzt werden, ist sicherzustellen, dass dabei das Ableitergehäuse nicht überschlägt und die Temperatur der Widerstandsblöcke den festgelegten Höchstwert nicht überschreitet. Geeignete Prüfverfahren müssen festgelegt werden.

3.2 Auswahl von funkenstreckenlosen Metalloxidableitern Leiter – Erde

3.2.1 Dauerspannung

Der Scheitelwert der Dauerspannung des Überspannungsableiters sollte immer höher als der Scheitelwert der Betriebsspannung sein.

Der Scheitelwert der Betriebsspannung wird durch die betriebsfrequente Spannung bestimmt, die der höchsten Spannung im Netz entspricht, wobei mögliche Oberschwingungen der Spannung zu berücksichtigen sind. In normalen Netzen kann die Erhöhung des Spannungsscheitelwertes durch Oberschwingungen mit einem Sicherheits-

¹⁾ Zahlen in eckigen Klammern verweisen auf das Literaturverzeichnis.

zuschlag von 5 % auf die betriebsfrequente Spannung berücksichtigt werden. Allgemein gilt für die Dauerspannung:

- In Netzen mit automatischer Erdschlussabschaltung sollte die Dauerspannung gleich oder höher sein als der Scheitelwert der höchsten Betriebsspannung des Netzes gegen Erde geteilt durch $\sqrt{2}$.
- In Netzen mit Erdschlusskompensation oder mit isoliertem Sternpunkt ohne automatische Erdschlussabschaltung sollte die Dauerspannung größer oder gleich der höchsten Betriebsspannung des Netzes sein.

ANMERKUNG Für diese Netze wird angenommen, dass der Sicherheitsfaktor 1,05 durch die Wechselspannungs-Zeit-Kennlinie des Ableiters abgedeckt ist, da die Dauer von Erdschlüssen begrenzt ist.

Wenn die höchste Betriebsspannung des Netzes am Einsatzort des Ableiters nicht genau bekannt ist, sollte sie gleich der höchsten Spannung des Netzes oder gleich der höchsten Spannung für Betriebsmittel gesetzt werden.

Wenn der Überspannungsableiter näher an unter Spannung stehenden oder geerdeten Teilen eingebaut werden muss, als es der Hersteller empfiehlt, muss überprüft werden, ob bei der gewählten Dauerspannung die Spannungsverteilung entlang des Ableiters noch ausreichend linear ist.

3.2.2 Bemessungsspannung

Die Bemessungsspannung des Ableiters wird unter Berücksichtigung der zeitweiligen Überspannungen am Aufstellungsort des Ableiters bestimmt, wobei deren Amplituden wie auch deren Dauer zu berücksichtigen sind. Grundlegende Forderung ist, dass die Wechselspannungs-Zeit-Kennlinie des Ableiters höher sein sollte als das Überspannungs-Dauer-Verhalten des Netzes. Gegebenenfalls ist dabei auch die Festigkeit bei Verschmutzung und beim Abspritzen zu berücksichtigen.

Folgende Ursachen für das Entstehen zeitweiliger Überspannungen sollten in jedem Fall berücksichtigt werden:

- Erdfehler:

Hierbei entstehen Überspannungen in weiten Teilen des Netzes. Hinweise zur Bestimmung der Höhe solcher zeitweiligen Überspannungen sind im [Anhang A](#) gegeben. Die Zeitdauer solcher Spannungserhöhungen hängt von der Fehlerdauer (Zeit bis zur Fehlerabschaltung) ab. In Netzen mit direkter Sternpunktterdung ist sie im Allgemeinen kürzer als 1 s. In Netzen mit Erdschlusslöschung und automatischer Fehlerabschaltung ist sie im allgemeinen kürzer als 10 s. In Netzen ohne automatische Fehlerabschaltung kann sie mehrere Stunden betragen.

- Lastabwurf:

Nach einem Lastabwurf steigt die Spannung auf der Einspeiseseite des abschaltenden Leistungsschalters an. Die Amplitude dieser Spannungserhöhung hängt von den Eigenschaften der abgeschalteten Last und der in der speisenden Schaltanlage anstehenden Kurzschlussleistung ab. Die zeitweiligen Überspannungen sind nach einer Vollastabschaltung eines Maschinen-Transformators besonders hoch. Die durch Lastabwurf verursachten Überspannungen sind üblicherweise nicht über ihre gesamte Zeitdauer konstant. Für eine genaue Berechnung müssen zahlreiche Parameter berücksichtigt werden.

Als Richtlinie können die folgenden Anhaltswerte angewendet werden:

- In wenig ausgedehnten Netzen führt ein Vollastabwurf zu zeitweiligen Überspannungen Leiter gegen Erde, die üblicherweise kleiner als 1,2 p. u. sind. Die Zeitdauer der Überspannung hängt von den Einrichtungen zur Spannungsregelung ab und kann bis zu mehreren Minuten betragen.
- In ausgedehnten Netzen kann nach einem Vollastabwurf die zeitweilige Überspannung Leiter gegen Erde Werte bis zu 1,5 p. u. erreichen. Weitere Werte entstehen, wenn Ferranti-Effekte oder Resonanzerscheinungen auftreten. Die Zeitdauer kann im Bereich von einigen Sekunden liegen.
- Beim Lastabwurf eines Maschinentransformators können zeitweilige Überspannungen bis zu 1,4 p. u. bei Turbogeneratoren und bis zu 1,5 p. u. bei Wasserkraftgeneratoren auftreten. Die Zeitdauer beträgt etwa 3 s.

Ist die Zeitabhängigkeit der Amplitude der Überspannungen bekannt, kann sie durch den Maximalwert und die Dauer, während der die Amplitude oberhalb von 90 % ihres Maximalwertes bleibt, beschrieben werden.

In manchen Netzen sind auch die folgenden Ursachen zeitweiliger Überspannungen zu betrachten:

- Resonanzerscheinungen, z. B. beim Zuschalten langer unbelasteter Leitungen oder bei Resonanzen zwischen Netzteilen;
- Spannungserhöhungen entlang langer Leitungen (Ferranti-Effekt);
- Resonanzerscheinungen für höhere Harmonische, z. B. beim Schalten von Transformatoren;
- Rückspeisung über zusammengeschaltete Transformatorwicklungen, z. B. bei Fehlerabschaltung einer Anordnung von zwei parallelen Transformatoren mit gemeinsamer Unterspannungsschiene oder einphasige Abschaltung eines Dreiphasen-Transformators, der auf der Unterspannungsseite unsymmetrisch belastet ist.

Zeitweilige Überspannungen, die infolge von Ferroresonanzen entstehen, sollten für die Ableiterauswahl nicht bestimmend sein, sondern sollten vermieden werden.