

	DIN IEC 60815-1 (VDE 0446-201)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE

ICS 29.080.10

Einsprüche bis 2007-08-31

Entwurf

Auswahl und Bemessung von Hochspannungsisolatoren für verschmutzte Umgebungen –

Teil 1: Begriffe, Definitionen und allgemeine Grundlagen (IEC 36/252A/CD:2006)

Selection and dimensioning of high-voltage insulators for polluted conditions –
Part 1: Definitions, information and general principles
(IEC 36/252A/CD:2006)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an **dke@vde.com** in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter **www.dke.de/stellungnahme** abgerufen werden
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 106 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

– Entwurf –

E DIN IEC 60815-1 (VDE 0446-201):2007-07

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 36/252A/CD:2006 „Selection and dimensioning of high-voltage insulators for polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 36 „Insulators“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 451 „Isolatoren“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (<http://www.dke.de>) zuständig.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen 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.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
HD 472 S1	IEC 60038	DIN IEC 60038 (VDE 0175)	VDE 0175
EN 60305	IEC 60305	DIN EN 60305 (VDE 0446-6)	VDE 0446-6

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60433	IEC 60433	DIN EN 60433 (VDE 0446-7)	VDE 0446-7
EN 60507	IEC 60507	DIN EN 60507 (VDE 0448-1)	VDE 0448-1
–	IEC 61245	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN IEC 60038 (VDE 0175), *IEC-Normspannungen*

DIN EN 60305 (VDE 0446-6), *Isolatoren für Freileitungen mit einer Nennspannung über 1 kV – Keramik- oder Glasisolatoren für Wechselspannungssysteme – Kenngrößen von Kappenisolatoren*

DIN EN 60433 (VDE 0446-7), *Isolatoren für Freileitungen mit einer Nennspannung über 1 kV – Keramik-Isolatoren für Wechselspannungssysteme – Kenngrößen von Kettenisolatoren in Langstabausführung*

DIN EN 60507 (VDE 0448-1), *Fremdschichtprüfungen an Hochspannungs-Isolatoren zur Anwendung in Wechselspannungssystemen*

Auswahl und Bemessung von Hochspannungsisolatoren für verschmutzte Umgebungen – Teil 1: Begriffe, Definitionen und allgemeine Grundlagen

Inhalt

	Seite
Einführung vom Projektleiter	6
1 Anwendungsbereich und Zweck.....	8
2 Normative Verweisungen.....	8
3 Begriffe.....	9
4 Abkürzungen.....	10
5 Vorgeschlagene Ansätze für die Auswahl und die Bemessung eines Isolators.....	11
6 Eingabeparameter für die Auswahl und die Bemessung von Isolatoren.....	14
7 Systemanforderungen	14
8 Umgebungsbedingungen.....	15
8.1 Ermittlung der Verschmutzungstypen.....	15
8.2 Allgemeine Umgebungsarten	16
8.3 Verschmutzungsgrad	17
9 Bewertung des Standortverschmutzungsgrades.....	18
9.1 Standortverschmutzungsgrad.....	18
9.2 Bewertungsverfahren für den Standortverschmutzungsgrad	18
9.3 Klassen des Standortverschmutzungsgrades	19
10 Auswahl und Bemessung von Isolatoren	23
10.1 Allgemeine Beschreibung des Prozesses	23
10.2 Allgemeine Richtlinien für Werkstoffe.....	23
10.3 Allgemeine Richtlinien für Profile	24
10.4 Betrachtungen zu Kriechweg und Isolatorlänge.....	25
10.5 Betrachtungen außergewöhnlicher oder besonderer Anwendungen oder Umgebungen.....	26
Anhang A Darstellung der Ablaufdiagramme für die Bemessungsansätze.....	28
Anhang B Mechanismen des Fremdschichtüberschlages.....	31
B.1 Beschreibung der Mechanismen des Fremdschichtüberschlages bei Verschmutzung des Typs A.....	31
B.2 Beschreibung von Mechanismen des Fremdschichtüberschlages bei Verschmutzung des Typs B.....	32
B.2.1 Leitfähiger Nebel.....	32
B.2.2 Verkrustungen durch Vogelkot	32
B.3 Mechanismen des Fremdschichtüberschlages auf hydrophoben Oberflächen	33
Anhang C Messung der äquivalenten Salzablagerungsdichte und der nicht löslichen Ablagerungsdichte	34
C.1 Einleitung	34
C.2 Zur Messung des Verschmutzungsgrades erforderliche Ausrüstung.....	35

	Seite
C.3 Auswahlverfahren der Verschmutzung für ESDD- und NSDD-Messungen.....	35
C.3.1 Abwischtechnik.....	35
C.3.2 Waschtechnik (Kappenisolatoren).....	36
C.4 Ermittlung von ESDD und NSDD	36
C.4.1 Berechnung der ESDD	36
C.4.2 NSDD-Berechnung.....	38
C.5 Chemische Analyse der Schmutzstoffe.....	39
Anhang D Bewertung des Verschmutzungsgrades des Typs B.....	40
D.1 Einleitung	40
D.2 Bewertung der standortäquivalenten Salzmassenkonzentration bei Verschmutzung des Typs B durch Messung des Ableitstromes	40
D.2.1 Messung des Leitwertes.....	40
D.2.2 Messung der Oberflächenableitströme	40
D.2.3 Kalibrierung durch eine Salznebelprüfung	40
D.3 Bewertung der standortäquivalenten Salzmassenkonzentration für Verschmutzung des Typs B durch Messung der Überschlagsbeanspruchung des Isolators.....	41
D.4 Ermittlung des Standortverschmutzungsgrades für Verschmutzung des Typs B	41
Anhang E Messungen mit dem gerichteten Staubablagerungssammler	42
E.1 Einleitung	42
E.2 Messverfahren.....	43
E.3 Bestimmung der Klasse des Standortverschmutzungsgrades aus den DDDG-Messungen	44
E.4 Korrektur des Klimaeinflusses	45
Anhang F Anwendung von Laborprüfverfahren.....	46
Anhang G Deterministische und statistische Ansätze für die Prüfschärfe von Fremdschichtprüfungen und Annahmekriterien	47
G.1 Deterministischer Ansatz.....	47
G.2 Statistischer Ansatz	48
Anhang H Beispiel für einen Fragebogen zur Erfassung von Informationen über das Verhalten von Isolatoren im verschmutzten Gebieten	49
Anhang I Formfaktor	52
Anhang J Zuordnung zwischen spezifischem Kriechweg und vereinheitlichtem spezifischem Kriechweg.....	53
Anhang K Literaturhinweise.....	54

Einführung vom Projektleiter

Inhalt und Ausrichtung

Zusätzlich zu den in 36/157/RVN gestellten Aufgaben hinsichtlich der Vorgehensweise und der Gestaltung richtet sich die Überarbeitung von IEC 60815 zum großen Teil auch auf die folgenden Bereiche, in denen CIGRE in IEC 60815:1986 Mängel festgestellt hat [1]:

- Leistungsfähigkeit von Polymerisolatoren;
- Isolatorausrichtung und Montagewinkel;
- Ausdehnung des Anwendungsbereiches auf Wechselspannungen über 525 kV;
- Bemessung für Gleichspannungsanwendungen;
- Isolatoren mit halbleitender Glasur;
- Leistungsanforderungen an die Umhüllung von Überspannungsableitern besonders im Bezug auf Polymerwerkstoffe;
- Längsrisse in Unterbrechereinheiten;
- Funkstörungen, Fernsehstörungen und Geräusche von verschmutzten Isolatoren;
- Auswirkungen der Errichtung in großen Höhen;
- Auswirkungen von starker Befeuchtung.

Die Überarbeitung von IEC 60815:1986 zielt auf die Einbeziehung des gegenwärtigen Erfahrungs- und Kenntnisstandes und der bestehenden Praxis in Bezug auf verschmutzte Isolatoren im Allgemeinen und auf Polymerisolatoren im Besonderen und die Ausdehnung des Geltungsbereiches auf Gleichspannungssysteme. Dies erfordert die Unterteilung der technischen Spezifikation in die folgenden fünf Teile:

- Teil 1: Begriffe, Definitionen und allgemeine Grundlagen;
- Teil 2: Keramik- und Glasisolatoren für Wechselspannungssysteme;
- Teil 3: Polymerisolatoren für Wechselspannungssysteme;
- Teil 4: Keramik- und Glasisolatoren für Gleichspannungssysteme;
- Teil 5: Polymerisolatoren für Gleichspannungssysteme.

Bei der Arbeit an Teil 1 hat sich gezeigt, dass die wichtigsten Aspekte die Bewertung und Messung des Standortverschmutzungsgrades (SPS) sind. Der Inhalt von Teil 1 umfasst jetzt in erster Linie die Bestimmung des SPS, die Beschreibung der Überschlagsmechanismen, Ansätze für die Auswahl und Bemessung sowie Prüfverfahren.

Gegenüber der ersten Ausgabe von IEC 60815 wurden folgende grundlegende Änderungen vorgenommen:

- Förderung von Messungen des Standortverschmutzungsgrades vorzugsweise über mindestens ein Jahr, um anstelle der früheren qualitativen Bewertung einen Standort zu klassifizieren;
- Erkenntnis, dass „feste“ Verschmutzungen auf Isolatoren aus zwei Komponenten besteht, einer löslichen Komponente, die als die äquivalente Salzablagerungsdichte (ESDD) angegeben wird, und einer nicht löslichen Komponente, die als die nicht lösliche Ablagerungsdichte (NSDD) angegeben wird;
- Erkenntnis, dass in bestimmten Fällen zur Bestimmung des SPS die Messung der Schichtleitfähigkeit verwendet werden sollte;
- Anwendung der Ergebnisse von Eigen- und Fremdschichtprüfungen zur Unterstützung der Bemessung;
- Erkenntnis, dass die Kriechweglänge nicht immer der einzige bestimmende Parameter ist;
- Anerkennung des Einflusses anderer geometrischer Parameter und der unterschiedlichen Bedeutung der Parameter in Abhängigkeit von der Größe und vom Typ des Isolators;
- Anerkennung der unterschiedlichen Bedeutung von Parametern in Abhängigkeit vom Typ der Verschmutzung;

- Anwendung von Korrekturfaktoren als Versuch, den Einfluss der angegebenen Verschmutzungs- und Isolatorparameter zu berücksichtigen.

Projektablauf

Die Teile 1 und 2 dieser technischen Spezifikation werden als CD als Diskussionsgrundlage für die bevorstehende Sitzung von TC 36 im September 2006 in Berlin herausgegeben. Gleichzeitig wird die New Yorker Vorlage für Teil 3 (Polymerisolatoren für Wechselspannungssysteme) zur Annahme veröffentlicht mit einem fast vollständigen angefügten Entwurf, für den die Abgabe von Kommentaren erbeten wird. Auf diese Weise ist es hoffentlich möglich, die endgültige Veröffentlichung aller drei Teile aufeinander abzustimmen und somit allgemeine Angaben und besondere Richtlinien für die gesamte Wechselspannungsisolation zu erfassen.

Es ist zu erwarten, dass sowohl zur Änderung der Teile 1 und 2 nach den Beiträgen der Nationalen Komitees als auch zur Endbearbeitung von Teil 3 zwei oder drei weitere Sitzungen der Arbeitsgruppe erforderlich sind. Die Vorlage des vollständigen Entwurfs der technischen Spezifikationen zur Abstimmung wird im zweiten Halbjahr von 2007 erwartet.

Die Teile 4 und 5 (die die Gleichspannungsisolation betreffen) werden zusammen erarbeitet, sobald es die Arbeit an den vorangehenden Teilen erlaubt. Da viele Informationen bezüglich der Gleichspannung bereits während der Untersuchungen an Wechselspannung gewonnen wurden, wird erwartet, dass die Vorentwürfe zum Anhang an den NWP im ersten Halbjahr von 2008 vorliegen werden. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese Arbeit von der Tätigkeit von CIGRE C4.03.03 abhängt, bei der technische Richtlinien erstellt werden, die als Grundlage für IEC 60815 dienen. Deshalb ist eine genauere Angabe schwierig.

Website

Interessenten werden daran erinnert, dass der Fortgang der Arbeit in TC36-WG auf der Website <http://clumb.free.fr/WG11/36wg11.php> verfolgt werden kann. Auf viele Dokumente einschließlich Programme und Sitzungsprotokolle kann öffentlich zugegriffen werden. Für eine Berechtigung zum Zugriff auf geschütztes Material wird gebeten, sich mit dem Projektleiter in Verbindung zu setzen.

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese technische Spezifikation gilt für die Auswahl von Isolatoren und die Festlegung ihrer entsprechenden Maße zur Anwendung in Hochspannungsnetzen unter Berücksichtigung von Verschmutzungen. Für die Anwendung dieser technischen Spezifikation werden die Isolatoren in die folgenden allgemeinen Kategorien unterteilt, die jeweils in einem eigenen Teil behandelt werden:

- IEC 60815-2 Keramik- und Glasisolatoren für Wechselspannungssysteme;
- IEC 60815-3: Polymerisolatoren für Wechselspannungssysteme;
- IEC 60815-4: Keramik- und Glasisolatoren für Gleichspannungssysteme;
- IEC 60815-5: Polymerisolatoren für Gleichspannungssysteme.

Der vorliegende Teil der IEC 60815 enthält allgemeine Definitionen sowie Bewertungsverfahren für den Standortverschmutzungsgrad und er gibt die Grundsätze an, die zu einer begründeten Beurteilung des möglichen Verhaltens eines vorgegebenen Isolators in bestimmten verschmutzten Umgebungen führen.

Diese technische Spezifikation gilt im Allgemeinen für alle Typen von Außenisolatoren einschließlich von Isolatoren, die Bestandteil von anderen Geräten sind. Die Benennung „Isolator“ wird nachfolgend für jeden Isolator typ verwendet.

Der Leser dieser technischen Spezifikation wird gebeten, die Dokumente von CIGRE C4 [1, 2, 3] heranzuziehen, die eine nützliche Ergänzung dieser technischen Spezifikation für diejenigen Leser bilden, die sich näher mit der Leistungsfähigkeit von Isolatoren bei Verschmutzung befassen wollen.

Diese technische Spezifikation behandelt keine Auswirkungen von Schnee, Eis oder Aufstellung in großen Höhen auf verschmutzte Isolatoren. Obwohl diese Themen von CIGRE behandelt werden [1, 4], ist der gegenwärtige Kenntnisstand sehr begrenzt und die praktischen Erfahrungen sind zu vielfältig.

Das Ziel dieser technischen Spezifikation ist es, dem Anwender Mittel zu geben, um:

- die Parameter des Systems, der Anwendung, der Einrichtung und des Standortes zu verstehen und zu bestimmen, die das Verhalten des Isolators bei Verschmutzung beeinflussen;
- den entsprechenden Ansatz für die Ausführung und die Auswahl der Isolatorlösung auf der Grundlage der geltenden Daten, Zeiten und Betriebsmittel zu verstehen und auszuwählen;
- den Typ der Verschmutzung am Standort zu kennzeichnen und den Standortverschmutzungsgrad (SPS) zu bestimmen;
- aus dem SPS den vereinheitlichten spezifischen Kriechweg (USDC) zu bestimmen;
- die Korrekturen in Bezug auf den „Referenzwert“ des USDC zu bestimmen und damit die speziellen Eigenschaften (vor allem das Isolatorprofil) der für den Standort, die Anwendung oder das System möglichen Isolatoren zu berücksichtigen;
- die relativen Vor- und Nachteile der möglichen Lösungen festzustellen;
- die Notwendigkeit und die Vorzüge von „Hybrid“-Lösungen oder Verbesserungsmaßnahmen zu bewerten;
- gegebenenfalls die passenden Prüfverfahren und Parameter zum Nachweis der Leistungsfähigkeit der ausgewählten Isolatoren festzulegen.

Die Einzelheiten des statistischen Verfahrens zur Bestimmung der Parameter für die Bestätigung durch Fremdschichtprüfungen werden bei CIGRE TF C4.03.03 ständig weiterentwickelt, wobei CIGRE auf Erfahrungen und Prüfdaten von Anwendern zurückgreift. Diese Informationen werden auf einer besonderen Gremiumssitzung zur Verfügung gestellt, die bei CIGRE für das Jahr 2008 vorgesehen ist.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60305, *Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1 000 V – Ceramic or glass insulator units for a.c. systems – Characteristics of insulator units of the cap and pin type*

IEC 60433, *Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1 000 V – Ceramic insulators for a.c. systems – Characteristics of insulator units of the long rod type*

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

IEC 61245, *Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on d.c. systems*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die folgenden Begriffe. Die nachfolgend angegebenen Begriffe sind entweder nicht in IEC 60050(471) enthalten oder weichen von diesen ab.

3.1

Referenz-Kappenisolator

ein U120B- oder ein U160B-Kappenisolator (nach IEC 60305), der gewöhnlich in Strängen von 7 bis 9 Einheiten zur Messung des Standortverschmutzungsgrades benutzt wird

3.2

Referenz-Langstabisolator

ein L100-Langstabisolator (nach IEC 60433) mit flachen Schirmen ohne Rippen zur Messung des Standortverschmutzungsgrades. Der Kopfwinkel des Schirmes liegt zwischen 14° und 24°, der Fußwinkel zwischen 8° und 16°. Es sind wenigstens 14 Schirme erforderlich

3.3

Strunk eines Isolators

isolierender Innenteil eines Isolators, aus dem die Schirme herausragen

ANMERKUNG Wird bei kleinen Isolatoren auch als Schaft bezeichnet.

3.4

Schirme

Teile, die über den Strunk bzw. Schaft eines Isolators hinausragen und der Verlängerung des Kriechweges dienen; einige typische Schirmprofile sind in 10.3 dargestellt

3.5

Kriechweg (Änderung des IEV nach dieser Definition)

kürzester Abstand oder Summe der kürzesten Abstände entlang des Isolierteils des Isolators zwischen den Teilen, zwischen denen gewöhnlich die Betriebsspannung anliegt

ANMERKUNG 1 Die Oberfläche von Zement oder eines anderen nichtisolierenden Verbindungswerkstoffes wird nicht als Bestandteil des Kriechweges angesehen.

ANMERKUNG2 Wenn Beschichtungen mit hohem Widerstand auf isolierende Teile eines Isolators aufgebracht sind, werden diese Teile als wirksame Isolierflächen angesehen und der Weg über sie wird in den Kriechweg einbezogen.

3.6

vereinheitlichter spezifischer Kriechweg (USCD)

Kriechweg eines Isolators geteilt durch die höchste Betriebsspannung am Isolator (bei Wechselspannungssystemen beträgt die höchste Spannung des Betriebsmittels gewöhnlich $U_m/\sqrt{3}$); er wird im Allgemeinen in mm/kV angegeben

ANMERKUNG Diese Definition unterscheidet sich von der des spezifischen Kriechweges, bei der der Phase-Phase-Wert der höchsten Spannung für das Betriebsmittel verwendet wird. Für die Phase-Erde-Isolierung ergibt diese Definition

E DIN IEC 60815-1 (VDE 0446-201):2007-07

den $\sqrt{3}$ -fachen Wert des durch die Definition des spezifischen Kriechweges nach IEC 60815 (1986) angegebenen Wertes. Einzelheiten siehe Anhang J.

3.7

Parameter des Isolatorprofils

Menge geometrischer Parameter, die die Leistungsfähigkeit bei Verschmutzung beeinflussen

3.8

Salzablagerungsdichte (SDD)

Natriumchloridmasse (NaCl) in der Fremdblagerung auf einer vorgegebenen Oberfläche des Isolators (Metallteile und Einkittung gehören nicht zur Oberfläche) geteilt durch die Größe dieser Oberfläche; im Allgemeinen in mg/cm^2 angegeben

3.9

äquivalente Salzablagerungsdichte (ESDD)

Natriumchloridmasse (NaCl), die bei Lösung in vollentsalztem Wasser die gleiche Volumenleitfähigkeit ergibt, wie die von einer vorgegebenen Oberfläche des Isolators entfernte natürliche Ablagerung, geteilt durch die Größe dieser Oberfläche; im Allgemeinen in mg/cm^2 angegeben

3.10

nicht lösliche Ablagerungsdichte (NSDD)

Masse der von einer vorgegebenen Oberfläche des Isolators entfernten nicht löslichen Rückstände geteilt durch die Größe dieser Oberfläche; im Allgemeinen in mg/cm^2 angegeben

3.11

standortäquivalente Salzmassenkonzentration (SES)

Salzmassenkonzentration einer Salznebelprüfung nach IEC 60507, die vergleichbare Spitzenwerte des Ableitstromes auf dem Isolator ergeben würde, wie er bei der gleichen Spannung durch natürliche Verschmutzung am Standort vorliegt; im Allgemeinen in kg/m^3 angegeben

3.12

Maßzahl der löslichen Staubablagerung (DDGIS)

Volumenleitfähigkeit der Schmutzstoffe, im Allgemeinen in $\mu\text{S}/\text{cm}$ angegeben, die in einem Staubablagerungssammler über eine vorgegebene Dauer aufgefangen werden, wenn sie in einer vorgegebenen Menge vollentsalztem Wasser gelöst werden

3.13

Maßzahl der nicht löslichen Staubablagerung (DDGIN)

Masse der nicht löslichen Rückstände, die in einem Staubablagerungssammler über eine vorgegebene Dauer aufgefangen werden; im Allgemeinen in mg angegeben

3.14

Standortverschmutzungsgrad (SPS)

über eine entsprechende Dauer aufgezeichneter Höchstwert von ESDD/NSDD, SES oder DDGIS/DDGIN

3.15

Klasse des Standortverschmutzungsgrades

Einteilung des Verschmutzungsgrades an einem Standort in Abhängigkeit vom SPS von sehr leicht bis sehr schwer

4 Abkürzungen

C_f	climatic factor Klimafaktor (für DDDG)
DDDG	directional dust deposit gauge gerichteter Staubablagerungssammler
DDGIS	dust deposit gauge index – soluble Maßzahl der löslichen Staubablagerung

DDGIN	dust deposit gauge index – non-soluble Maßzahl der nicht löslichen Staubablagerung
D_m	dry month trockene Monate (für DDDG)
ESDD	equivalent salt deposit density äquivalente Salzablagerungsdichte
F_d	fog days Nebeltage (für DDDG)
Ff	form factor Formfaktor
NSD	non soluble deposit nicht lösliche Ablagerung
NSDD	non soluble deposit density nicht lösliche Ablagerungsdichte
PI	pollution index Maßzahl der Verschmutzung (für DDDG)
SDD	salt deposit density Salzablagerungsdichte
SES	site equivalent salinity standortäquivalente Salzmassenkonzentration
SPS	site pollution severity Standortverschmutzungsgrad
TOV	temporary overvoltage zeitweilige Überspannung
USCD	unified specific creepage distance vereinheitlichter spezifischer Kriechweg

5 Vorgeschlagene Ansätze für die Auswahl und die Bemessung eines Isolators

Um anhand der Systemanforderungen und der Umgebungsbedingungen aus Katalogen geeignete Isolatoren auszuwählen, werden drei Ansätze (A, B, C in der nachfolgenden Tabelle 1) empfohlen. Diese Ansätze sind im Anhang A auch in Form von Ablaufdiagrammen dargestellt.

Tabelle 1 enthält die Daten und Entscheidungen, die für jeden Ansatz erforderlich sind bzw. getroffen werden müssen. Die Anwendbarkeit jedes Ansatzes hängt von den Daten, der Zeit und den Kosten ab, die für das Projekt zur Verfügung stehen. Der Sicherheitsgrad dafür, dass der richtige Isolortyp und die richtige Isolatorgröße ausgewählt wurden, richtet sich außerdem nach den während des Prozesses getroffenen Entscheidungen. Falls die Auswahl nach einem Schnellverfahren erfolgt ist, muss die Lösung eher eine Überdimensionierung darstellen, als dass beim Betrieb eine große Ausfallgefahr besteht.

In der Praxis wird die Leistungsfähigkeit des Isolators bei Verschmutzung durch komplizierte und dynamische Wechselwirkungen zwischen der Umgebung und dem Isolator bestimmt. Anhang B gibt eine kurze Zusammenfassung der Mechanismen eines Fremdschichtüberschlages. Mit Ansatz A können solche Wechselwirkungen an einer unter Spannung stehenden Leitung oder in Unterwerken gut widerspiegelt und auch in einer Prüfanlage dargestellt werden. Mit Ansatz B können diese Wechselwirkungen in Laborprüfungen wie z. B. den in IEC 60507 und IEC 61245 festgelegten Prüfungen nicht vollständig dargestellt werden. Mit Ansatz C können diese Wechselwirkungen nur in einem bestimmten Umfang mit Korrekturfaktoren dargestellt werden. Ansatz C ist ein schneller und kostengünstiger Prozess für die Auswahl und die Bemessung, er kann aber zu einer Unterbewertung des SPS führen oder zu einer kostengünstigeren Lösung aufgrund einer Überdimensionierung. Bei der Auswahl nach den drei Ansätzen sind die Gesamtkosten einschließlich der vorgegebenen Leistungsanforderungen zu betrachten. Soweit es die Umstände zulassen, sollten die Ansätze A oder B verwendet werden.

– Entwurf –

E DIN IEC 60815-1 (VDE 0446-201):2007-07

Die Zeitmaßstäbe für die drei Ansätze sind folgende:

- Für Betriebserfahrungen (Ansatz A) kann ein zufrieden stellender Betrieb von fünf bis zehn Jahren angenommen werden. Diese Dauer kann je nach Häufigkeit oder Schärfegrad von Klima- und Verschmutzungsereignissen länger oder kürzer sein.
- Für die Erfahrungen aus Prüfanlagen (Ansatz A) kann eine Untersuchungsdauer von zwei bis fünf Jahren als typisch betrachtet werden. Diese Dauer kann in Abhängigkeit vom Prüfprotokoll und der Prüfschärfe länger oder kürzer sein.
- Für die Messung des Standortschärfegrades (Ansätze B und C) ist eine Dauer von mindestens einem Jahr erforderlich (siehe 9.2).
- Für die Bewertung des Standortschärfegrades (Ansätze B und C) sind Untersuchungen des Klimas und der Umgebung sowie die Feststellung und Auswertung aller möglichen Verschmutzungsquellen erforderlich. Daher ist die Bewertung nicht notwendigerweise ein unmittelbarer Vorgang, sondern er kann mehrere Wochen oder Monate erfordern.
- Für Laborprüfungen (Ansatz B) beträgt die notwendige Dauer abhängig von Art und Umfang der Prüfungen Wochen oder Monate.

Tabelle 1 – Die drei Ansätze für die Auswahl und die Bemessung von Isolatoren

	Ansatz A (Nutzung vorliegender Erfahrungen)		Ansatz B (Messung und Prüfung)		Ansatz C (Messung und Auslegung)	
Verfahren	– Nutzung vorliegender Felderfahrungen oder Erfahrungen aus Prüfanlagen für den gleichen Standort, einen nahen Standort oder einen Standort mit ähnlichen Bedingungen		– Messung oder Einschätzung des Standortverschmutzungsgrades – Auswahl der möglichen Isolatoren nach den Richtlinien für Profil und Kriechweg – Auswahl der zutreffenden Laborprüfung und der Prüfkriterien – Nachweis/Anpassung der möglichen Isolatoren		– Messung oder Einschätzung des Standortverschmutzungsgrades – Nutzung dieser Daten zur Auswahl des Typs und der Größe der Isolation nach den Richtlinien für Profil und Kriechweg	
Eingabedaten	– Systemanforderungen – Umgebungsbedingungen – Isolatorparameter – Verlauf der Leistungsfähigkeit		– Systemanforderungen – Umgebungsbedingungen – Isolatorparameter – verfügbare Zeit und Betriebsmittel		– Systemanforderungen – Umgebungsbedingungen – Isolatorparameter – verfügbare Zeit und Betriebsmittel	
Entscheidungen	– Erfüllt die bestehende Isolation die Projektanforderungen und soll die gleiche Ausführung der Isolation genutzt werden?		– Genügt die Zeit zur Messung des Standortverschmutzungsgrades?		– Genügt die Zeit zur Messung des Standortverschmutzungsgrades?	
	JA Nutzung der gleichen Ausführung der Isolation	NEIN Verwendung einer anderen Ausführung der Isolation, anderer Werkstoffe oder einer anderen Größe. Nutzung von Erfahrungen zur Vorauswahl der neuen Lösung oder Größe.	JA Messung	NEIN Einschätzung	JA Messung	NEIN Einschätzung
			– der Typ der Verschmutzung bestimmt das anzuwendende Laborprüfverfahren – der Standortschärfegrad bestimmt die Prüfwerte			
Auswahlprozess	– Gegebenenfalls werden die Richtlinien für Profil und Kriechweg zur Anpassung der Parameter der bestehenden Isolation an die neue Auswahl nach Ansatz B oder C benutzt.		– Auswahl der möglichen Isolatoren – Prüfung, ob keine Daten der Leistungsfähigkeit bei Verschmutzung für die möglichen Isolatoren zur Verfügung stehen – gegebenenfalls werden Auswahl/Größe anhand der Prüfergebnisse angepasst		– Mit dem Verschmutzungstyp und dem Klimatyp werden geeignete Profile nach den Richtlinien ausgewählt. – Anwendung des Verschmutzungsgrades und der Korrekturfaktoren für die Gestaltung des Profils und für den Werkstoff zur Dimensionierung der Isolation nach den Richtlinien	
Genauigkeit	– Auswahl mit einer hohen Genauigkeit		– Auswahl mit einer Genauigkeit, die nach dem Umfang der Fehler und/oder Schnellverfahren bei der Bewertung des Standortschärfegrades und in Abhängigkeit von den Annahmen oder Randbedingungen der ausgewählten Laborprüfung schwankt		– mögliche über- oder unterdimensionierte Lösung gegenüber A oder B – Auswahl mit einer Genauigkeit, die nach dem Umfang der Fehler und/oder Schnellverfahren bei der Bewertung des Standortschärfegrades und der Anwendbarkeit der ausgewählten Korrekturfaktoren schwankt	

Die folgenden Abschnitte enthalten weitere Informationen zu Systemanforderungen, zur Umgebung und zur Bestimmung des Standortverschmutzungsgrades.

Mit dem im Anhang H enthaltenen Beispiel für einen Fragebogen für Ansatz A können Betriebserfahrungen aus bestehenden Leitungen oder Unterwerken ermittelt werden.

Anhang F enthält eine allgemeine Beschreibung der Richtlinien für Laborprüfungen für Ansatz B. Anhang G gibt eine kurze Beschreibung des deterministischen sowie des statistischen Auslegungsverfahrens, die für die Bemessung und Auswahl geeigneter Isolatorlösungen auf dem SPS und den Ergebnissen der Laborprüfung beruhen.

Die für Ansatz C erforderlichen Mindestwerte des vereinheitlichten spezifischen Kriechweges und die Korrekturfaktoren sind in den entsprechenden Teilen des vorliegenden Dokumentes angegeben.

6 Eingabeparameter für die Auswahl und die Bemessung von Isolatoren

Die Auswahl und die Bemessung von Freiluftisolatoren ist ein komplexer Vorgang, bei dem für ein erfolgreiches Ergebnis eine große Anzahl von Parametern betrachtet werden müssen. Für einen vorgegebenen Standort oder ein vorgegebenes Projekt sind Eingaben in drei Kategorien erforderlich, und zwar Systemanforderungen, Umgebungsbedingungen am Standort und Isolatorparameter aus den Herstellerkatalogen. Wie die nachfolgende Tabelle 2 zeigt, umfasst jede dieser drei Kategorien eine Anzahl von Parametern. Diese Parameter werden in den folgenden Abschnitten näher erläutert.

Tabelle 2 – Eingabeparameter für die Auswahl und die Bemessung von Isolatoren

Systemanforderungen	Umgebungsbedingungen	Isolatorparameter
Systemart	Verschmutzungstyp und -pegel	Gesamtlänge
Höchste Betriebsspannung über der Isolation	Regen, Nebel, Tau, <i>Schnee und Eis ...</i>	Typ
Parameter der Isolationskoordination	Wind, Stürme	Werkstoff
	Temperatur, Feuchte	Profil
Vorgegebene Leistungsanforderungen	Höhe	Kriechweg
Luftstrecken, vorgegebene Geometrie, Maße	<i>Blitze, Erdbeben</i>	Durchmesser
	<i>Vandalismus, Tiere</i>	Schlagweite
Arbeiten an unter Spannung stehenden Leitungen und Instandhaltungsarbeiten	<i>Biologisches Wachstum</i>	<i>Mechanische und elektrische Ausführung</i>

ANMERKUNG Parameter, die sich nicht auf Verschmutzungen beziehen, sind in *kursiver Schrift* angegeben und werden im vorliegenden Dokument nicht weiter behandelt, sie können jedoch die Auswahl des zu verwendenden Isolortyps beeinflussen oder eingrenzen.

7 Systemanforderungen

Die Auswahl und die Bemessung der Freiluftisolation erfolgt anhand der Systemanforderungen. Die folgenden Aspekte können die Bemessung des Isolators stark beeinflussen und sind daher zu berücksichtigen.

– Art des Systems (Wechselspannung oder Gleichspannung)

Aus Betriebserfahrungen und Laborprüfungen ist allgemein bekannt, dass eine bestimmte Gleichspannungsisolation bei den gleichen Verschmutzungsbedingungen im Vergleich zur Wechselspannungsisolation einen etwas höheren Wert des vereinheitlichten spezifischen Kriechweges erfordert. Dieser Effekt wird in den Teilen 4 und 5 des vorliegenden Dokumentes im Einzelnen behandelt.

– *Größte Betriebsspannung über der Isolation*

Ein Wechselspannungssystem ist gewöhnlich durch die Höchstspannung U_m für die Einrichtung gekennzeichnet, siehe IEC 60038.

Die Isolation zwischen Phase und Erde wird mit der Phase-Erde-Spannung $U_{ph-e} = U_m/\sqrt{3}$ beansprucht.

Die Isolation zwischen den Phasen wird mit der Phase-Phase-Spannung $U_{ph-ph} = U_m$ beansprucht.

Bei einem Gleichspannungssystem ist die größte Systemspannung gewöhnlich gleich der größten Phase-Erde-Spannung. Bei gemischten Spannungswellenformen muss möglicherweise der Effektivwert der Spannung verwendet werden.

– *Überspannungen*

Aufgrund ihrer kurzen Dauer müssen die Auswirkungen von transienten Spannungen nicht betrachtet werden.

Zeitweilige Überspannungen können aufgrund einer plötzlichen Lastfreigabe von Generatoren und durch Leitungsstörungen oder Erdschlüsse entstehen und nicht immer vernachlässigt werden.

ANMERKUNG Die Dauer der TOV hängt vom Aufbau des Systems ab und kann bis zu einer halben Stunde oder bei einem Netz mit isoliertem Sternpunkt auch mehr betragen. Abhängig von der Dauer der TOV und deren Auftretenswahrscheinlichkeit muss die kombinierte Wirkung von TOV und Isolatorverschmutzung betrachtet werden. CIGRE 158 [1] gibt Informationen zu diesem Thema und zu weiteren Gefahren wie Kaltstart.

– *Vorgegebene Leistungsanforderungen*

Die für die Synchronisation verwendete Längsisolierung kann bis zum 2,5fachen Wert der Phase-Erde-Spannung beansprucht werden.

Manche Kunden fordern Leistungspegel für die Freiluftisolation unter Berücksichtigung von Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Zuverlässigkeit. Diese Aspekte können z. B. als die größte zulässige Anzahl von Fremdschichtüberschlägen je Station oder je 100 km Leitungslänge in einer gegebenen Zeit angegeben werden. Bestimmte Anforderungen können auch die längste Nichtverfügbarkeitszeit nach einem Überschlag betreffen.

Die vorgegebenen Anforderungen könnten zusätzlich zur Isolatorbemessung anhand der Standortbedingungen der bestimmende Faktor für die Isolatorparameter werden.

– *Luftstrecken, vorgegebene Geometrie und Maße*

In bestimmten Fällen oder in einer bestimmten Kombination von Fällen sind besondere Lösungen für Isolationsarten und –maße erforderlich.

Beispiele sind:

- Kompaktleitungen;
- ungewöhnliche Lage eines Isolators;
- ungewöhnliche Ausführung von Masten und Unterwerken;
- isolierte Leiter;
- Leitungen oder Unterwerke mit einem ungünstigen visuellen Eindruck.

8 Umgebungsbedingungen

8.1 Ermittlung der Verschmutzungstypen

Es gibt zwei grundlegende Typen von Isolatorverschmutzungen, die zu einem Überschlag führen können:

Typ A: Dabei lagert sich eine feste Verschmutzung mit einer nicht löslichen Komponente auf der Isolatoroberfläche ab. Diese Ablagerung wird bei Befeuchtung leitend. Dieser Verschmutzungstyp kann am besten mit ESDD-/NSDD- und DDGIS/DDGIN-Messungen nachgewiesen werden.

ANMERKUNG Die ESDD einer festen Schmutzschicht darf auch mit der Oberflächenleitfähigkeit unter kontrollierten Befeuchtungsbedingungen bewertet werden.

Typ B: Dabei lagern sich flüssige Elektrolyte mit sehr wenig nicht löslichen Komponenten oder ohne nicht lösliche Komponenten auf dem Isolator ab. Dieser Verschmutzungstyp kann am besten mit Leitwertmessungen oder Messungen des Ableitstromes nachgewiesen werden.

Es können Kombinationen dieser beiden Verschmutzungstypen vorliegen.

Anhang A enthält eine kurze Beschreibung der Mechanismen des Fremdschichtüberschlages für Verschmutzungen des Typs A und des Typs B.

8.1.1 Verschmutzung des Typs A

Verschmutzung des Typs A liegt meistens im Inland, in Wüstengebieten und Gebieten mit industrieller Belastung vor (siehe 8.2). Sie können außerdem in Küstengebieten auftreten, wenn sich eine trockene Salzschrift aufbaut, die dann durch Tau, Dunst, Nebel oder Sprühregen befeuchtet wird.

Eine Verschmutzung des Typs A besteht aus zwei Hauptkomponenten, und zwar einer löslichen Verschmutzung, die bei Befeuchtung eine leitende Schicht bildet, und einer nicht löslichen Verschmutzung, die eine Bindschicht für die lösliche Verschmutzung bildet. Die Komponenten werden nachfolgend beschrieben:

- *lösliche Verschmutzung*

Lösliche Verschmutzung wird unterteilt in stark lösliche Salze (z. B. Salze, die sich leicht in Wasser lösen) und schwer lösliche Salze (z. B. Salze, die sich kaum lösen). Lösliche Verschmutzung wird als äquivalente Salzablagerungsdichte in mg/cm^2 angegeben.

- *nicht lösliche Verschmutzung*

Beispiele für nicht lösliche Verschmutzung sind Staub, Sand, Ton, Öl usw. Nicht lösliche Verschmutzung wird als nicht lösliche Ablagerungsdichte in mg/cm^2 angegeben.

ANMERKUNG In dieser technischen Spezifikation wird der Einfluss der Löslichkeit der Salze auf die Stehspannung bei Verschmutzung nicht berücksichtigt, er ist zurzeit noch in Beratung. Gleichmaßen wird der Einfluss des Typs der nicht löslichen Verschmutzung nicht berücksichtigt. Darüber hinaus kann die nicht lösliche Komponente eine leitfähige Verschmutzung enthalten (z. B. Verschmutzung mit leitfähigen Metallteilchen).

Literaturhinweis [1] enthält weitere Informationen zum Einfluss der Arten von Fremdstoffen.

8.1.2 Verschmutzung des Typs B

Verschmutzung des Typs B liegt meistens im Küstengebieten vor, wo sich Salzwasser oder leitfähiger Nebel auf der Isolatoroberfläche ablagert. Weitere Quellen von Verschmutzung des Typs B sind beispielsweise Pflanzenschutz durch Besprühen, chemische Niederschläge und saurer Regen.

8.2 Allgemeine Umgebungsarten

Für die Anwendung dieses Dokumentes werden die folgenden fünf Arten der Umgebung angegeben. Die einzelnen Arten beschreiben die typischen Kennwerte von Verschmutzungen in einer Region. Im Textverlauf werden Beispiele für den Typ der Verschmutzung (A oder B nach 8.1) angegeben. In der Praxis umfassen die meisten verschmutzten Umgebungen mehr als eine Umgebungsart wie z. B. Küstenbereiche mit Sandstrand. In diesen Fällen ist die Angabe wichtig, welcher Typ der Verschmutzung (A oder B) vorherrscht.

- Umgebungsart „Wüste“

Diese Umgebungen sind Gebiete mit Sandböden, in denen über lange Zeiträume Trockenheit herrscht. Dabei kann es sich um ausgedehnte Gebiete handeln. Die Schmutzschicht enthält in diesen Gebieten gewöhnlich Salze, die sich im Zusammenhang mit einem hohen NSDD-Pegel (Typ A) langsam lösen. Die Isolatoren werden hauptsächlich durch windtransportierte Fremdstoffe verschmutzt. Während seltener Perioden mit Regenfällen oder durch „Sandstrahlen“ bei starkem Wind kann eine natürliche Reinigung erfolgen. Seltene Regenfälle zusammen mit sich langsam lösenden Salzen führen bei diesem Verschmutzungstyp dazu, dass die natürliche Reinigung wenig wirksam ist. Durch Tau auf den Isolatoren kann relativ häufig eine kritische Befeuchtung stattfinden, die die Gefahr eines Isolatorüberschlages mit sich bringt.

– Umgebungsart „Küste“

Diese Gebiete befinden sich gewöhnlich in direkter Küstennähe, aber in bestimmten Fällen können sie sich abhängig von der Topografie bis zu 50 km ins Inland erstrecken. Die Verschmutzung lagert sich auf den Isolatoren hauptsächlich durch Sprühregen, Wind und Nebel ab. Sie baut sich besonders bei Sprühregen oder leitfähigem Nebel (Typ B) sehr schnell auf. Außerdem kann sich durch Ablagerung von windtransportierten Teilchen über lange Zeit eine Verschmutzung aufbauen, wobei die Fremdschicht auf den Isolatoren aus sich schnell lösenden Salzen mit einem inaktiver Anteil (Typ A) besteht, der von den örtlichen Bodenkennwerten abhängen. Es erfolgt gewöhnlich eine wirksame natürliche Reinigung der Isolatoren, da die aktive Verschmutzung hauptsächlich aus sich schnell lösenden Salzen besteht.

– Umgebungsart „Industrie“

Diese Umgebungen sind Gebiete nahe einer industriellen Verschmutzungsquelle, die nur wenige Anlagen betreffen. Die Schmutzschicht kann bestehen aus einer leitfähigen Verschmutzung aus Feststoffteilchen wie Kohle- oder Metallablagerungen oder aus gelösten Gasen wie NO_x oder SO_x (Typ B) oder einer sich langsam lösenden Verschmutzung wie Zement oder Gips (Typ A). Die Schmutzschicht kann einen mittleren bis hohen inaktiven Anteil (mittlere bis hohe NSDD) (Typ A) aufweisen. Die Wirksamkeit einer natürlichen Reinigung in einem Industriegebiet kann abhängig vom Typ der vorliegenden Verschmutzung sehr unterschiedlich sein. Die Verschmutzung besteht häufig aus schweren Teilchen, die sich auf waagerechten Oberflächen absetzen.

– Umgebungsart „Landwirtschaft“

Diese Umgebungen sind Gebiete, die sich in der Nähe von Landwirtschaftsbetrieben befinden. Gewöhnlich sind das Gebiete, in denen gepflügt (Typ A) wird oder Pflanzenschutzmittel versprüht (Typ B) werden. Die Schmutzschicht auf den Isolatoren besteht hauptsächlich aus sich schnell oder langsam lösenden Salzen wie Chemikalien, Vogelkot oder im Boden vorhandenen Salzen. Die Schmutzschicht hat gewöhnlich einen mittleren bis hohen inaktiven Anteil (mittlere bis hohe NSDD). Die natürliche Reinigung des Isolators kann abhängig von der Art der abgelagerten Salze recht wirksam sein. Die Verschmutzung besteht häufig aus schweren Teilchen, die sich auf waagerechten Oberflächen absetzen, aber auch aus windtransportierten Verschmutzungen.

– Umgebungsart „Inland“

Diese Umgebungen sind Gebiete mit einem geringen Verschmutzungsgrad ohne eindeutig feststellbare Quellen der Verschmutzung.

8.3 Verschmutzungsgrad

Messungen des Verschmutzungsgrades an einem Standort werden gewöhnlich angegeben als:

- ESDD und NSDD für Verschmutzung des Typs A;
- SES für Verschmutzung des Typs B;
- DDGIS und DDGIN für beide Typen.

Messungen des Verschmutzungsgrades an natürlich verschmutzten Isolatoren werden gewöhnlich angegeben als:

- ESDD und NSDD für Verschmutzung des Typs A;
- Oberflächenleitfähigkeit für Verschmutzung des Typs B.

ANMERKUNG In bestimmten Fällen können für Verschmutzung des Typs B ESDD-Messungen verwendet werden.

Verschmutzungsgrad bei Fremdschichtprüfungen an Isolatoren werden im Allgemeinen angegeben als:

- SDD und NSDD beim Verfahren mit haftender Fremdschicht;
- Salzmassenkonzentration des Nebels (kg/m³) beim Salznebelverfahren.

9 Bewertung des Standortverschmutzungsgrades

9.1 Standortverschmutzungsgrad

Der SPS ist der Höchstwert entweder von ESDD und NSDD (bei Kappenisolatoren der mittlere Wert für ESDD/NSDD für die Ober- und die Unterseite) oder der SES oder von DDGIS und DDGIN, die nach den in dieser technischen Spezifikation angegebenen Verfahren gemessen werden und über einen längeren Zeitraum – d. h. ein Jahr oder mehr – in bestimmten Messabständen aufgezeichnet werden. Der Messabstand (Dauermessung, monatlich, alle drei Monate, halbjährlich, jährlich usw., siehe Anhänge C und D) kann nach der Kenntnis der örtlichen Klima- und Umgebungsbedingungen ausgewählt werden.

Wenn es in dieser Messperiode regnet, sollten die Messungen in geeigneten Abständen wiederholt werden, um die Wirkungen einer natürlichen Reinigung festzustellen; der SPS ist dann der größte Wert, der in diesen Messreihen aufgenommen wurde.

ANMERKUNG 1 Selbst wenn die Höchstwerte von ESDD und NSDD (oder DDGIS und DDGIN) nicht gleichzeitig auftreten, wird der SPS trotzdem als Kombination dieser Höchstwerte angenommen.

ANMERKUNG 2 Wenn während der Messperiode keine natürliche Reinigung stattfindet, können die Höchstwerte für ESDD und NSDD aus der Kurve der Ablagerungsdichte als Funktion des Logarithmus der Zeit abgelesen werden, wobei ein Zeitwert mit Bezug auf die erwartete Regenhäufigkeit benutzt wird.

ANMERKUNG 3 Wenn genügend Daten vorliegen, können die Höchstwerte durch statistische Werte (z. B. 1 %, 2 %, 5 %) ersetzt werden.

9.2 Bewertungsverfahren für den Standortverschmutzungsgrad

Die Bewertung des Verschmutzungsgrades kann mit sinkendem Sicherheitsgrad wie folgt vorgenommen werden:

- 1) aus Messungen am Einsatzort;
- 2) aus Informationen über das Verhalten der Isolatoren an Leitungen und in Unterwerken, die bereits in Betrieb sind oder sich in der Nähe des Standortes befinden (siehe Anhang H);
- 3) aus Simulationen, mit denen der Verschmutzungsgrad aus dem Wetter und anderen Umgebungsparametern berechnet wird (siehe CIGRE 158 [1]);
- 4) falls keine andere Möglichkeit besteht, qualitative Ermittlung aus den Angaben in Tabelle 3.

Für Messungen am Einsatzort gibt es im Allgemeinen verschiedene Möglichkeiten. Diese sind:

- entweder
ESDD und NSDD auf der Isolatoroberfläche von Referenzisolatoren (siehe Anhang C) für Standorte mit Verschmutzung des Typs A;
oder
SES aus Standortmessungen des Ableitstromes oder des Leitwertes an Referenzisolatoren oder einem Kontrollmuster (siehe Anhang D) für Standorte mit Verschmutzung des Typs B;
oder
DDGIS und DDGIN der Schadstoffe, die mit einem DDDG aufgefangen werden (siehe Anhang E) für Standorte mit Verschmutzung der Typen A oder B;
- Gesamtzahl der Überschlüge von Isolatoren verschiedener Längen;
- Ableitstrom oder Leitwert eines Musterisolators.

ANMERKUNG Literaturhinweis [5] enthält Beispiele für Überwachungslösungen für den Standortverschmutzungsgrad.

Die ersten drei Verfahren erfordern keine teure Ausrüstung und sind leicht durchführbar. Mit dem ESDD-/NSDD-Verfahren und dem SES-Verfahren kann der Verschmutzungsgrad des Standortes anhand eines Referenzisolators ermittelt werden. Das DDDG-Verfahren ergibt ein Maß für den Betrag der

Umgebungsverschmutzung. Unter allen Umständen sollten mit einer geeigneten meteorologischen Messeinrichtung zusätzlich Informationen über Regenfall und Befeuchtung ermittelt werden.

Die Genauigkeit dieser Verfahren hängt von der Messhäufigkeit und der Untersuchungsdauer ab. Die Genauigkeit kann durch die Kombination von zwei oder mehr Verfahren verbessert werden.

Das Verfahren, das auf vollständigen Überschlügen beruht, erfordert eine teure Prüfeinrichtungen. Zuverlässige Informationen können mit Prüfisolatoren mit einer Länge erzielt werden, die in etwa der vorgesehenen Länge entspricht, und mit Überschlügen bei einer Spannung nahe der tatsächlichen Betriebsspannung.

Die letzten beiden Verfahren, die eine Spannungsquelle und besondere Aufzeichnungseinrichtungen erfordern, haben den Vorteil, dass die Auswirkungen der Verschmutzung ununterbrochen überwacht werden. Sie wurden entwickelt, um die Geschwindigkeit des Schmutzschichtaufbaus zu bewerten. Unter Bezugnahme auf die Prüfdaten können sie angeben, ob die Verschmutzung noch sicher ist, oder melden, dass eine Reinigung oder eine andere Verbesserungsmaßnahme erforderlich ist. Diese beiden Verfahren ermöglichen die direkte Bestimmung des kleinsten USCD, der für den am Standort geprüften Isolator notwendig ist.

Wenn Messungen an Referenzisolatoren durchgeführt werden, kann es zur Untersuchung der Ablagerungs- und Selbstreinigungsmechanismen für den Standort sehr hilfreich sein, Isolatoren mit anderen Profilen und Ausrichtungen einzubeziehen. Diese Informationen können dann zur Verbesserung der Auswahl eines geeigneten Profils verwendet werden.

Verschmutzungsereignisse sind oft saison- und klimabedingt, deshalb ist zur Berücksichtigung von saisonbedingten Effekten eine Messdauer von mindestens einem Jahr erforderlich. Zur Berücksichtigung außergewöhnlicher Verschmutzungsereignisse oder zur Kennzeichnung von Tendenzen können längere Perioden erforderlich sein. Gleichmaßen kann es notwendig sein, in ariden Gebieten (siehe 10.4.2^{N1)}) über mindestens drei Jahre zu messen.

ANMERKUNG Es sollten die zukünftige industrielle Entwicklung, Transportnetze usw. berücksichtigt werden. Es ist empfehlenswert, den Verschmutzungsgrad nach der Errichtung weiter zu überwachen.

9.3 Klassen des Standortverschmutzungsgrades

Für die Normung sind fünf qualitative Verschmutzungsklassen definiert, die den Schärfegrad des Standortes kennzeichnen und die von sehr leicht bis sehr schwer reichen:

- a – sehr leicht
- b – leicht
- c – mittel
- d – schwer
- e – sehr schwer

ANMERKUNG 1 Diese Buchstabezuordnung zu den Klassen entspricht nicht direkt der früheren Ziffernzuordnung zu den Klassen in IEC 60815:1986.

ANMERKUNG 2 In der Praxis erfolgt der Wechsel von einer Klasse zu einer anderen schrittweise, folglich können bei der Festlegung der Isolatormaße anstelle der Klasse die tatsächlichen SPS-Werte benutzt werden, wenn Messwerte vorliegen.

Für Verschmutzung des Typs A zeigen die Bilder 1 und 2 die Bereiche der ESDD-/NSDD-Werte, die jeder SPS-Klasse für den Referenz-Kappenisolator bzw. den Referenz-Langstabisolator entsprechen. Diese Werte werden aus Feldmessungen, Erfahrungen und Verschmutzungsprüfungen abgeleitet. Die Werte sind die Höchstwerte, die bei regelmäßigen Messungen über eine Dauer von mindestens einem Jahr ermittelt werden können. Diese Zahlen gelten nur für die Referenzisolatoren und berücksichtigen deren spezielle Schmutzansammlungseigenschaften.

^{N1)} Nationale Fußnote: Statt „10.4.2“ muss es „10.5.2“ heißen.

– Entwurf –

E DIN IEC 60815-1 (VDE 0446-201):2007-07

Bei extremen Standortverschmutzungsgraden in den schattierten Bereichen auf der rechten Seite der Bilder 1, 2 und 3 können die einfachen Regeln eine zufrieden stellende Leistung bei Verschmutzung nicht mehr sicherstellen. Diese Bereiche erfordern eine sorgfältige Untersuchung und eine Kombination von Isolationslösungen und Verbesserungsmaßnahmen (siehe 10.4.5^{N2)}).

ANMERKUNG 3 Für die beiden Arten von Referenzisolatoren sind einzelne Bilder angegeben, weil sie in der gleichen Umgebung nicht die gleiche Schmutzmenge ansammeln. Im Allgemeinen sammelt sich auf einem Referenz-Langstabisolator weniger Schmutz an als auf einem Referenz-Kappenisolator. Es ist jedoch zu beachten, dass sich unter bestimmten Bedingungen einer schnellen Schmutzablagerung (z. B. bei Küstenstürmen oder Taifunen) das Ansammlungsverhältnis zwischen den beiden Typen zeitweise umkehren kann.

Für Verschmutzung des Typs B zeigt Bild 3 für beide Typen von Referenzisolatoren die Zuordnung zwischen SES-Messungen und SPS-Klasse.

In den Tabellen 3 und 4 ist die Zuordnung zwischen DDDG-Messungen und SPS-Klasse für Verschmutzung der beiden Typen A und B dargestellt.

Die Werte in den Bildern 1 bis 3 basieren auf einer natürlichen Verschmutzung, die sich auf Referenzisolatoren abgelagert.

Achtung: Diese Bilder dürfen nicht direkt zur Bestimmung von Laborprüfschärfen benutzt werden. Der Unterschied zwischen natürlichen Bedingungen und Prüfbedingungen sowie zwischen Isolortypen kann durch Korrekturen ausgeglichen werden (siehe Anhang F).

Der Übergang von einer SPS-Klasse zu einer anderen geschieht nicht plötzlich, folglich sind die Grenzen zwischen den Klassen in den Bildern 1 bis 3 schattiert (siehe Anmerkung 2).

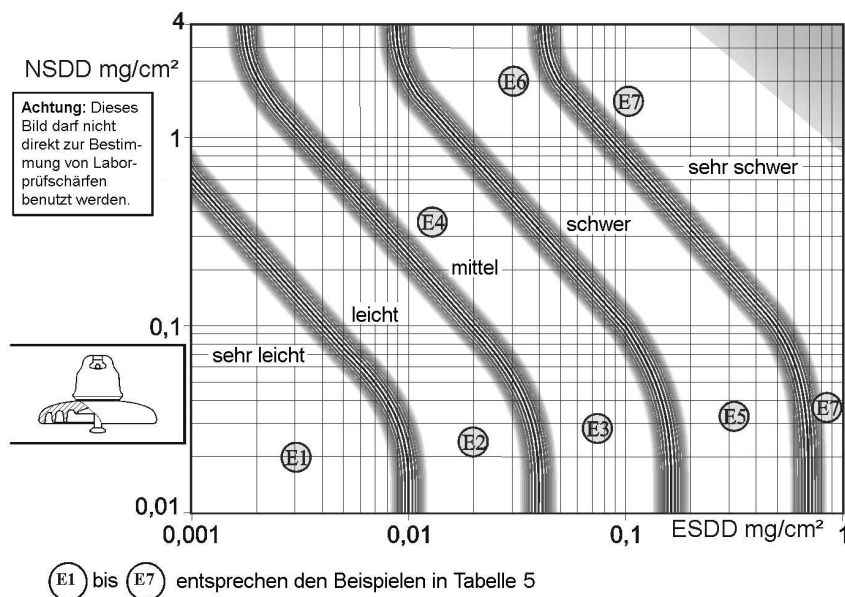


Bild 1 – Standortverschmutzungsgrad für Typ A
Beziehung zwischen ESDD/NSDD und SPS für den Referenz-Kappenisolator

^{N2)} Nationale Fußnote: Statt „10.4.5“ muss es „10.5.5“ heißen.

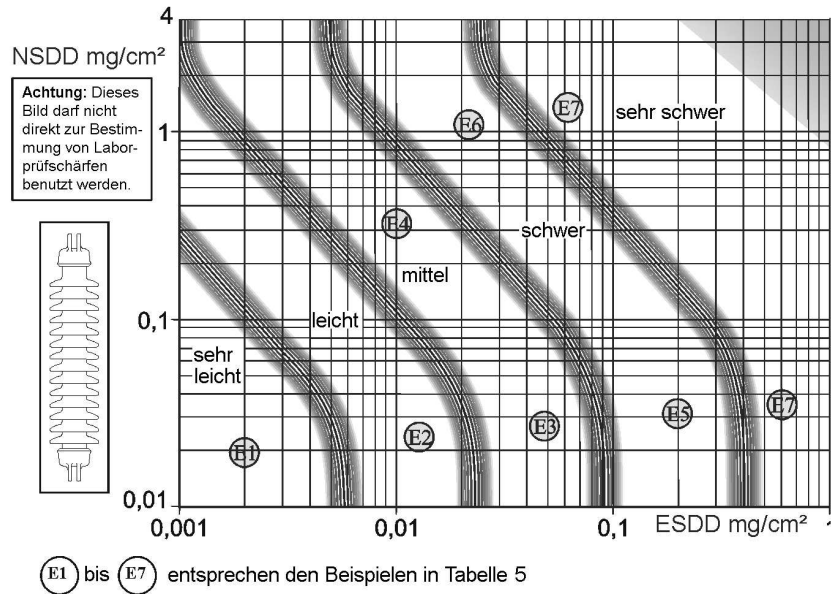


Bild 2 – Standortverschmutzungsgrad für Typ A
Beziehung zwischen ESDD/NSDD und SPS für den Referenz-Langstabisolator

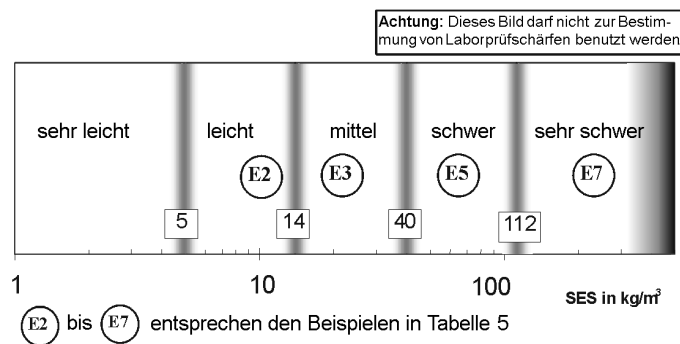


Bild 3 – Standortverschmutzungsgrad für Typ B
Beziehung zwischen SES und SPS für Referenzisolatoren oder ein Kontrollmuster

Tabelle 3 – Maßzahl der Verschmutzung des gerichteten Staubablagerungssammlers bezogen auf die SPS-Klasse

Maßzahl der Verschmutzung des gerichteten Staubablagerungssammlers, PI ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (höchster Wert wird verwendet) ^{a)}		Klasse des Standortverschmutzungsgrades	
Mittlerer monatlicher Wert über 1 Jahr	Monatlicher Höchstwert über 1 Jahr		
<25	<50	a	sehr leicht
25 bis 75	50 bis 175	b	leicht
76 bis 200	176 bis 500	c	mittel
201 bis 350	501 bis 850	d	schwer
>350	>850	e	sehr schwer

^{a)} Wenn für den betreffenden Standort Wetterdaten verfügbar sind, kann die Maßzahl der Verschmutzung des gerichteten Staubablagerungssammlers so angepasst werden, dass Klimaeinflüsse berücksichtigt werden. Siehe Anhang E.

– Entwurf –

E DIN IEC 60815-1 (VDE 0446-201):2007-07

Tabelle 4 – Korrektur der SPS-Klasse als Funktion des DDDG-NSD-Pegels

NSD des gerichteten Staubablagerungssammlers (g) (höchster Wert wird verwendet)		Korrektur der Klasse des Standort- verschmutzungsgrades
Mittlerer monatlicher Wert über 1 Jahr	Monatlicher Höchstwert über 1 Jahr	
<0,5	<1,5	keine
0,5 bis 1,0	1,5 bis 2,5	Erhöhung um eine Klasse
>1,0	>2,5	Erhöhung um eine oder zwei Klassen und eventuell Verbesserungsmaßnahmen (siehe 10.4.5 ^{N3)})

Tabelle 5 enthält ein Beispiel und eine annähernde Beschreibung einiger typischer entsprechender Umgebungen für jeden Verschmutzungsgrad. Die Liste der Umgebungen ist nicht vollständig und die Beschreibungen sollten möglichst nicht allein zur Beschreibung des Standortverschmutzungsgrades benutzt werden. Die Beispiele E1 bis E7 in Tabelle 5 sind in den Bildern 1, 2 und 3 wiedergegeben und zeigen typische SPS-Pegel. Bestimmte Isolator Kennwerte wie z. B. das Profil haben einen wichtigen Einfluss auf die Verschmutzungsmenge, die sich auf den Isolatoren selbst ablagert. Deshalb werden diese typischen Werte nur für den Referenz-Kappenisolator und den Referenz-Langstabisolator zur Verfügung gestellt.

Tabelle 5 – Beispiele für typische Umgebungen

Beispiel	Beschreibung der typischen Umgebung
E1	>50 km^I vom Meer, von der Wüste oder von offenem trockenem Land entfernt >10 km von künstlichen Verschmutzungsquellen^{II} entfernt Näher an den Verschmutzungsquellen als oben angegeben, aber: – vorherrschender Wind nicht direkt aus Richtung dieser Verschmutzungsquellen – und/oder mit regelmäßiger monatlicher Reinigung durch Regen
E2	10 km bis 50 km^I vom Meer, von der Wüste oder von offenem trockenem Land entfernt 5 km bis 10 km von künstlichen Verschmutzungsquellen^{II} entfernt Näher an den Verschmutzungsquellen als in E1 angegeben, aber: – vorherrschender Wind nicht direkt aus Richtung dieser Verschmutzungsquellen – und/oder mit regelmäßiger monatlicher Reinigung durch Regen
E3	3 km bis 10 km^{III} vom Meer, von der Wüste oder von offenem trockenem Land entfernt 1 km bis 5 km von künstlichen Verschmutzungsquellen^{II} entfernt Näher an den Verschmutzungsquellen als oben angegeben, aber: – vorherrschender Wind nicht direkt aus Richtung dieser Verschmutzungsquellen – und/oder mit regelmäßiger monatlicher Reinigung durch Regen
E4	Weiter weg von den Verschmutzungsquellen als in E3 angegeben, aber: – es tritt dichter Nebel (oder Sprühregen) auf, oft nach einer langen Zeit (mehrere Wochen oder Monate), in der sich trockener Schmutz ansammelt – und/oder es tritt starker Regen mit hoher Leitfähigkeit auf – und/oder es liegt ein hoher NSDD-Pegel zwischen dem fünf- und zehnfachen ESDD-Wert vor
E5	Innerhalb von 3 km^{III} vom Meer, von der Wüste oder von offenem trockenem Land entfernt Innerhalb von 1 km von künstlichen Verschmutzungsquellen^{II} entfernt
E6	Weiter weg von den Verschmutzungsquellen als in E5 angegeben, aber: – es tritt dichter Nebel (oder Sprühregen) auf, oft nach einer langen Zeit (mehrere Wochen oder Monate), in der sich trockener Schmutz ansammelt – und/oder es liegt ein hoher NSDD-Pegel zwischen dem fünf- und zehnfachen ESDD-Wert vor

^{N3)} Nationale Fußnote: Statt „10.4.5“ muss es „10.5.5“ heißen.

Tabelle 5 (fortgesetzt)

Beispiel	Beschreibung der typischen Umgebung
E7	Innerhalb des gleichen Abstandes von Verschmutzungsquellen entfernt wie für „schwere Verschmutzung“ festgelegt und: – direkt Meeressprühwasser oder dichtem salzhaltigem Nebel ausgesetzt – oder direkt Schmutzstoffen mit hoher Leitfähigkeit oder zementartigem Staub mit hoher Dichte ausgesetzt und mit häufiger Befeuchtung durch Nebel oder Sprühnebel – Wüstengebiete mit schneller Sand- und Salzansammlung und regelmäßiger Kondensation
I	Bei einem Sturm kann der ESDD-Pegel innerhalb dieses Abstandes vom Meer einen bedeutend höheren Wert annehmen.
II	Die Lage einer größeren Stadt hat einen Einfluss über eine größere Strecke, d. h. über einen größeren Abstand, als für das Meer, die Wüste und trockenes Land festgelegt ist.
III	Abhängig von der Topografie des Küstengebietes und der Windstärke.

10 Auswahl und Bemessung von Isolatoren

10.1 Allgemeine Beschreibung des Prozesses

Der Gesamtprozess der Auswahl und Bemessung der Isolatoren kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Bestimmung des zutreffenden Ansatzes A, B oder C als Funktion der verfügbaren Kenntnisse, Zeiten und Betriebsmittel;
- Erfassung der erforderlichen Eingabedaten, vor allem, ob eine Speisung mit Wechselstrom oder Gleichstrom erfolgt, die Netzspannung und der Typ der angewendeten Isolation (Freileitungsisolatoren, Stützisolatoren, Durchführung usw.);
- Erfassung der erforderlichen Umgebungsdaten, vor allem Standortverschmutzungsgrad und Klasse.

Auf dieser Stufe kann eine Vorauswahl der möglichen Isolatoren erfolgen, die für die Anwendungen und Umgebung geeignet sein können (siehe 10.2 bis 10.4).

- Bestimmung des Referenzwertes des vereinheitlichten spezifischen Kriechweges für die Isolatortypen und -werkstoffe entweder nach den Angaben in den entsprechenden Teilen 2 bis 5 des vorliegenden Dokumentes oder bei Ansatz A aus Betriebserfahrungen oder Erfahrungen in Prüfanlagen;
- gegebenenfalls Änderung des Referenzwertes des vereinheitlichten spezifischen Kriechweges der möglichen Isolatoren um von der Größe, vom Profil, von der Ausrichtung usw. abhängige Faktoren;
- Nachweis, dass die sich ergebenden möglichen Isolatoren die anderen System- und Leitungsanforderungen in Tabelle 2 erfüllen (z. B. vorgegebene Geometrie, Maße, Kosten), Änderung der Lösung oder Anforderungen, falls kein zufrieden stellender möglicher Isolator zur Verfügung steht;
- bei Ansatz B Nachweis der Bemessung durch Laborprüfungen (siehe Anhang E).

ANMERKUNG Die speziellen Richtlinien für jeden angegebenen Isolatortyp sind in den entsprechenden Teilen 2 bis 5 von IEC 60815 enthalten.

10.2 Allgemeine Richtlinien für Werkstoffe

Die Werkstoffauswahl erfolgt vollständig nach den Randbedingungen der Umgebung oder des Systems. Andererseits kann die Auswahl des Isolatorwerkstoffes allein durch die Ziele und die Kostenvorgaben des Anwenders vorgeschrieben sein. Die herkömmlichen Werkstoffe für Freiluftisolatoren sind glasiertes Porzellan und Glas. Ein Alternative dazu ist die Verwendung von Polymerwerkstoffen entweder für den gesamten Isolator oder als Schirmhülle mit einem Glasfaserkern. Die verschiedenen Profile und Werkstofftechniken in Verbindung mit Polymerisolatoren ziehen nach sich, dass das Verhalten bei Verschmutzung nicht notwendigerweise den gleichen Parametern folgt wie bei herkömmlichen Isolatoren.

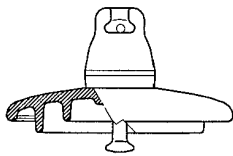
Die Teile 2 und 4 behandeln die Auswahl und Bemessung von Isolatoren aus herkömmlichen Werkstoffen. Die Teile 3 und 5 behandeln Polymerisolatoren. Siehe auch Literaturhinweise [2, 3].

10.3 Allgemeine Richtlinien für Profile

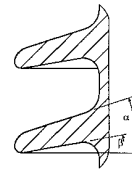
Typische Profile siehe Bilder 4 bis 7.

Unterschiedliche Typen von Isolatoren und selbst unterschiedliche Ausrichtungen des gleichen Isolatorstyps können in derselben Umgebung Verschmutzungen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit ansammeln. Außerdem sind durch Veränderungen der Beschaffenheit der Schmutzstoffe bestimmte Isolatorformen wirksamer als andere. Nachfolgend werden zusammenfassende Hinweise für die Auswahl des Profils angegeben. Es ist zu beachten, dass z. B. für die Isolationskoordination oder die Masthöhe die Mindest- oder die Höchstlänge der Isolation ein wichtiger vorgegebener Parameter ist.

Standardprofile (Bild 4) sind in Gebieten mit „sehr leichter“ bis „mittlerer“ Verschmutzung wirksam, wenn keine langen Kriechwege oder aerodynamisch wirksamen Profile erforderlich sind.



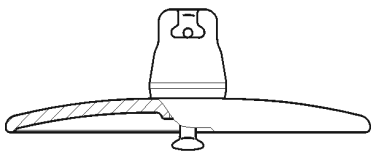
a) Standard-Scheibenform des Kappenisolators



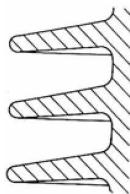
b) Standardprofil für Langstabisolatoren, Stützisolatoren, Schirmhüllen aus Porzellan

Bild 4 – Typische „Standard“-profile

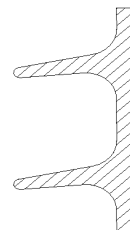
Aerodynamische oder offene Profile (Bild 5) sind günstig in Gebieten, in denen sich die Verschmutzung durch Wind auf dem Isolator ablagert, wie z. B. in Wüsten, in Industriegebieten mit schwerer Verschmutzung oder in Küstengebieten, die keinem direkten Salzsprühnebel ausgesetzt sind. Diese Profilart ist besonders in Gebieten mit ausgedehnten Trockenzeiten wirksam. Offene Profile besitzen gute Selbstreinigungseigenschaften und sind auch bei der Instandhaltung leichter zu reinigen.



a) Aerodynamische Scheibe



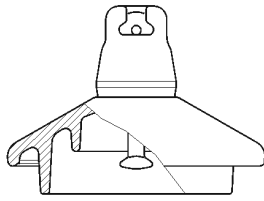
b) Profil für Porzellan-Langstabisolatoren, -Stützisolatoren, -Schirmhüllen



c) Profil für Polymer-Langstabisolatoren, -Stützisolatoren, -Schirmhüllen

Bild 5 – Typische „offene“ Profile

Die Verwendung von Antibeschlagprofilen mit steilen Schirmen oder tiefen Unterrippen (Bild 6) sind günstig in Gebieten, die Salzwassernebel oder Salzsprühnebel oder anderen gelösten Schmutzstoffen ausgesetzt sind. Diese Profile können auch in Gebieten mit einem Feststoffniederschlag mit langsam löslichen Salzen wirksam sein. Antibeschlagprofile (Bild 6) sind wirksam in Gebieten, die Salzwassernebel oder Salzsprühnebel oder anderen gelösten Schmutzstoffen ausgesetzt sind und auch in Gebieten mit geringer NSDD und langsam löslichen Salzen.



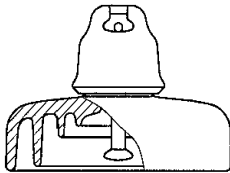
a) Steile Antibeschlagscheibe



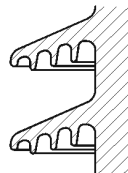
b) Steiles Profil für Porzellan-Langstabisolatoren, -Stützisolatoren, -Schirmhüllen



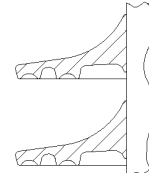
c) Steiles Profil für Polymer-Langstabisolatoren, -Stützisolatoren, -Schirmhüllen



d) Scheibe mit tiefen Unterrippen



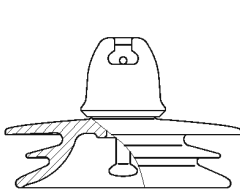
e) Tiefe Unterrippen in Porzellan-Langstabisolatoren, -Stützisolatoren, -Schirmhüllen



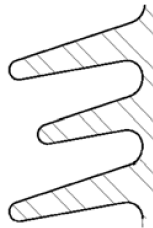
f) Unterrippen in Polymer-Langstabisolatoren, -Stützisolatoren, -Schirmhüllen

Bild 6 – Typische „Antibeschlag“-profile

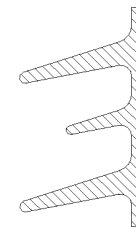
Die wechselnde Anordnung der Schirme (Bild 7) ist im Allgemeinen bei allen Profilen möglich, wenn auch steile Schirme ungünstig sind. Sie bietet einen verlängerten Kriechweg je Einheit ohne Verschlechterung der Leistungsfähigkeit bei starkem Regen oder Vereisung. Auf die gleiche Weise ergeben sich durch einfache wechselnde Anordnung Vorteile für offene Profile.



a) Wechselnde Schirmscheiben



b) Profil für Porzellan-Langstabisolatoren, -Stützisolatoren, -Schirmhüllen



c) Profil für Polymer-Langstabisolatoren, -Stützisolatoren, -Schirmhüllen

Bild 7 – Typische „Wechsel“-profile

Weitere Hinweise für Profile sind in den entsprechenden weiteren Teilen dieses Dokumentes enthalten.

10.4 Betrachtungen zu Kriechweg und Isolatorlänge

Die Auswahl und die Leistungsfähigkeit von Isolatoren für verschmutzte Umgebungen werden oft nur in Abhängigkeit vom Kriechweg angegeben, der notwendig ist, um den Bedingungen bei Verschmutzung bei der Systemspannung standzuhalten. Dies kann zum Vergleich von Isolatoren in Form des notwendigen Kriechweges je Spannungseinheit führen. Bei Verwendung des Kriechweges allein zur Aufstellung des Leistungsgrades werden keine anderen Faktoren berücksichtigt, die vom verfügbaren Kriechweg je Spannungseinheit des Isolators abhängig sind. Ein Strang von Standard-Kappenisolatoren mit einem Schirmabstand von 146 mm kann z. B. durch die größere Anzahl von Isolatoren im Strang eine gleiche Leistungsfähigkeit bei Verschmutzung zeigen wie ein gleichwertiger Strang mit der gleichen Länge mit einem Schirmabstand von 170 mm und Isolatoren mit langen Kriechwegen. Dies sollte bei der Auswahl der Isolatoren beachtet werden, vor allem bei Anwendungen, bei denen die Isolatorlänge eine Randbedingung mit geringer Bedeutung ist.

Im Gegensatz dazu kann, wenn die Länge oder die Höhe eine Randbedingung mit großer Bedeutung ist, ein verlängerter Kriechweg bei verfügbarem Platz aufgrund der geringeren Wirksamkeit des Profils möglicher-

weise nicht zu der vollständigen erwarteten Leistungsverbesserung führen. Außerdem kann bei Polymerwerkstoffen eine derartige Erhöhung des Kriechweges oder eine Verringerung des Schirmanstandes zu ungünstigeren Alterungseffekten führen.

10.5 Betrachtungen außergewöhnlicher oder besonderer Anwendungen oder Umgebungen

10.5.1 Hohlkernisolatoren

Polymer- und Porzellan-Hohlkernisolatoren werden als Geräteisolatoren, Durchführungen und auch als Stationsstützer eingesetzt. Sie werden z. B. als Umhüllungen für Kondensatoren, Überspannungsableiter, Schaltkammern und Halterungen für Leistungsschalter, Kabelendverschlüsse, Wanddurchführungen, Transformator durchführungen, Messtransformatoren und andere Messeinrichtungen verwendet.

Die Leistungsfähigkeit bei Verschmutzung von vollständigen Hohlkernisolatoren ist nicht nur eine Funktion von Profil, Kriechweg und Durchmesser, sondern auch eine Funktion der Gleichmäßigkeit der Spannungsverteilung. Zwei wichtige Parameter, die die Spannungsverteilung beeinflussen, betreffen innere und äußere Bauteile und eine ungleichmäßige Befeuchtung (siehe 10.4.1.1^{N4)} und 10.4.1.2^{N5)}). Die entsprechende Bemessung sollte sorgfältig erfolgen besonders bei geringen Verschmutzungsgraden, bei denen die Auswirkung der Ungleichmäßigkeit kritischer ist und sich das Überschlagsverhalten verschlechtern und die Gefahr eines Durchschlags vergrößern können.

10.5.1.1 Innere und äußere Bauteile

Das Vorhandensein eines Leiters, einer Schirmung oder von Potentialsteuerungseinrichtungen innerhalb oder außerhalb der Schirmhülle des Isolators kann die elektrische Leistung der Baugruppe stark beeinflussen. Zusätzlich zu den bekannten Verhaltensunterschieden zwischen leeren Schirmhüllen und zusammengesetzten Geräten mit der gleichen Schirmhülle bei einer Impulsprüfung, einer Trocken- oder Nassüberschlagsprüfung treten ähnliche elektrische Verhaltensunterschiede auf, wenn leere Schirmhüllen und zusammengesetzte Schirmhüllen Verschmutzungsprüfungen unterzogen werden.

Die beste Leistungsfähigkeit (hohe Überschlagsspannung und geringe Durchschlagsgefahr) wird im Allgemeinen an einem Isolationssystem mit einer gleichmäßigen axialen und radialen Spannungsverteilung erzielt wie bei Geräten mit Kondensatorsteuerung. Es ist daher eine Isolatorbemessung von Vorteil, die in erster Linie die Gesamtspannungsverteilung ausgleicht und in zweiter Linie die inneren zugehörigen Bauteile berücksichtigt.

Die Auswirkung einer ungleichmäßigen Spannungsverteilung ist bei geringen Verschmutzungsgraden (ESDD von 0,01 mg/cm² bis 0,03 mg/cm²) offensichtlicher, weil die schwächeren ohmschen Ableitströme die Ungleichmäßigkeit der Spannungsverteilung nicht ausreichend kompensieren, korrigieren oder gleichrichten können.

Bei höheren Verschmutzungsgraden herrschen die ohmschen Oberflächenströme vor und setzen die Auswirkungen der Ungleichmäßigkeit der Spannungsverteilung herab. Diese Wirkung wird bei Laborprüfungen beobachtet, bei denen ähnliche Ergebnisse für leere und zusammengesetzte Schirmhüllen erzielt werden.

10.5.1.2 Ungleichmäßige Befeuchtung und Ablagerung der Verschmutzung

Bei Regen kann Abschattung durch Gebäude oder andere Einrichtungen eine ungleichmäßige Befeuchtung von Durchführungen und Schirmhüllen nach sich ziehen. In bestimmten Lagen kann die Betriebstemperatur von Durchführungen durch einfache Trocknung eine ungleichmäßige Befeuchtung des Isolators verursachen. Außerdem können unter natürlichen Bedingungen ungleichmäßige Schmutzablagerungen auftreten. Deshalb kann möglicherweise selbst bei höheren Verschmutzungsgraden bei Geräten wie z. B. bei waagrecht befestigten Wanddurchführungen die Beseitigung der Wirkung einer ungleichmäßigen Spannungsverteilung nicht so wirksam sein.

^{N4)} Nationale Fußnote: Statt „10.4.1.1“ muss es „10.5.1.1“ heißen.

^{N5)} Nationale Fußnote: Statt „10.4.1.2“ muss es „10.5.1.2“ heißen.

10.5.2 Aride Gebiete

Aride Gebiete stellen besondere Schwierigkeiten bei der Auswahl und Bemessung von Isolatoren dar. Die langen Trockenperioden können selbst in Gebieten, die sich nicht in direkter Küstennähe befinden, zu extremen ESDD- und NSDD-Pegeln führen. Der Grund dafür ist, dass der umgebende Sand einen hohen Salzgehalt haben kann.

In diesen Fällen kann der Einsatz aerodynamischer „selbstreinigender“ Profile genauso wie die Verwendung von Polymerisolatoren die Verringerung der Schmutzablagerung unterstützen. Auf gleiche Weise sichert eine halbleitende Glasur auf Porzellanisolatoren einen stetigen Stromfluss von etwa 1 mA, der die Taubildung verhindert.

10.5.3 Nahwirkungseffekt

Isolatoren, die axial eng zusammen liegen, wie z. B. Schaltkammer-Leistungsschalter und Steuerkondensatoren, bestimmte Trennschalter und mehrteilige Leitungsisolatoren, können eine nachteilige Auswirkung auf die Leistungsfähigkeit bei Verschmutzung haben. Der Grund dafür sind Spannungsgefälle, die durch unterschiedliche Feldverteilungen während der Verschmutzung aufgrund von Entladungsaktivitäten entstehen.

10.5.4 Ausrichtung

Die Auswirkungen der Ausrichtung der Isolation auf ihr Überschlagsverhalten unterliegen im Allgemeinen schwierigen Regeln. Der Isolatorotyp und die Isolatorgröße beeinflussen direkt die Leistungsfähigkeit der verschmutzten Isolation in verschiedenen Ausrichtungen. Darüber hinaus können der Verschmutzungsgrad am Standort und die Dauer für den Aufbau der größten Verschmutzungspegel die Wirkung der Ausrichtung bestimmen. Die Art und Weise des Befeuchtungsvorganges und die Überschlagmechanismen (z. B. Oberflächenüberschlag oder Durchschlag zwischen den Schirmen) sind ebenfalls wichtige Faktoren, die den Einfluss von Lage und Größe betreffen.

Folglich ist die Überschlagstärke der unterschiedlichen Isolatorotypen und Ausrichtungen ein Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Prozessen, die das Verhalten direkt beeinflussen.

Die Angaben in dieser technischen Spezifikation betreffen generell die senkrechte Ausrichtung. Weitere Angaben über die Auswirkungen der Ausrichtung können Literaturhinweis [1] entnommen werden.

10.5.5 Instandhaltungs- und Verbesserungsmaßnahmen

In außergewöhnlichen Fällen können Verschmutzungsprobleme durch eine geeignete Auswahl des Isolators nicht kostengünstig gelöst werden. Beispielsweise kann in Gebieten mit sehr schwerer Verschmutzung oder geringem jährlichen Regenfall die Instandhaltung der Isolatoren erforderlich sein. Dies ist auch der Fall, wenn sich die Umgebung einer bereits errichteten Station (oder Leitung) durch neue Verschmutzungsquellen verändert.

Instandhaltung und Verbesserungsmaßnahmen können in einer oder mehreren der folgenden Formen vorgenommen werden:

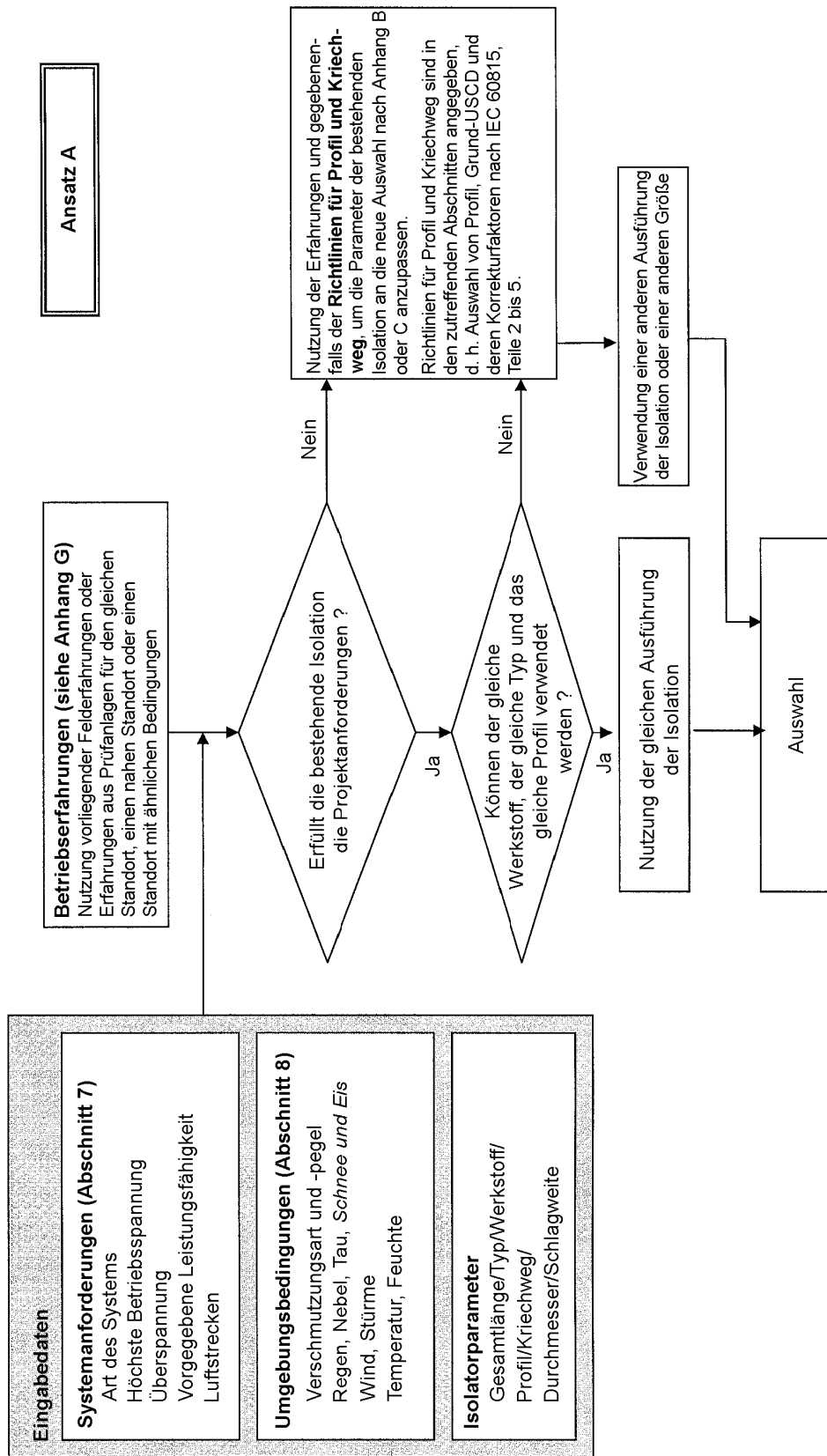
- *Reinigung und Abwaschen:* Diese Verfahren können von Hand oder automatisiert erfolgen. Bestimmte automatisierte Waschverfahren können an unter Spannung stehenden Isolatoren durchgeführt werden. Diese Verfahren können die Verschmutzung, die sich auf dem Isolator angesammelt hat, verringern.
- *Anwendung hydrophober Beschichtungen* wie z. B. Silikonkautschuk oder Fett. Die hydrophoben Eigenschaften dieser Beschichtungen verbessern die Leistungsfähigkeit des Isolators bei Verschmutzung.
- *Installation zusätzlicher Bauteile* wie z. B. von Zusatzschirmen oder Kriechwegerweiterungen. Zusatzschirme verbessern die Leistungsfähigkeit des Isolators hauptsächlich durch Isolationswirkungen und die Verringerung der Überbrückung der Schirme durch Wassertropfen. Kriechwegerweiterungen verlängern den Kriechweg des Isolators.

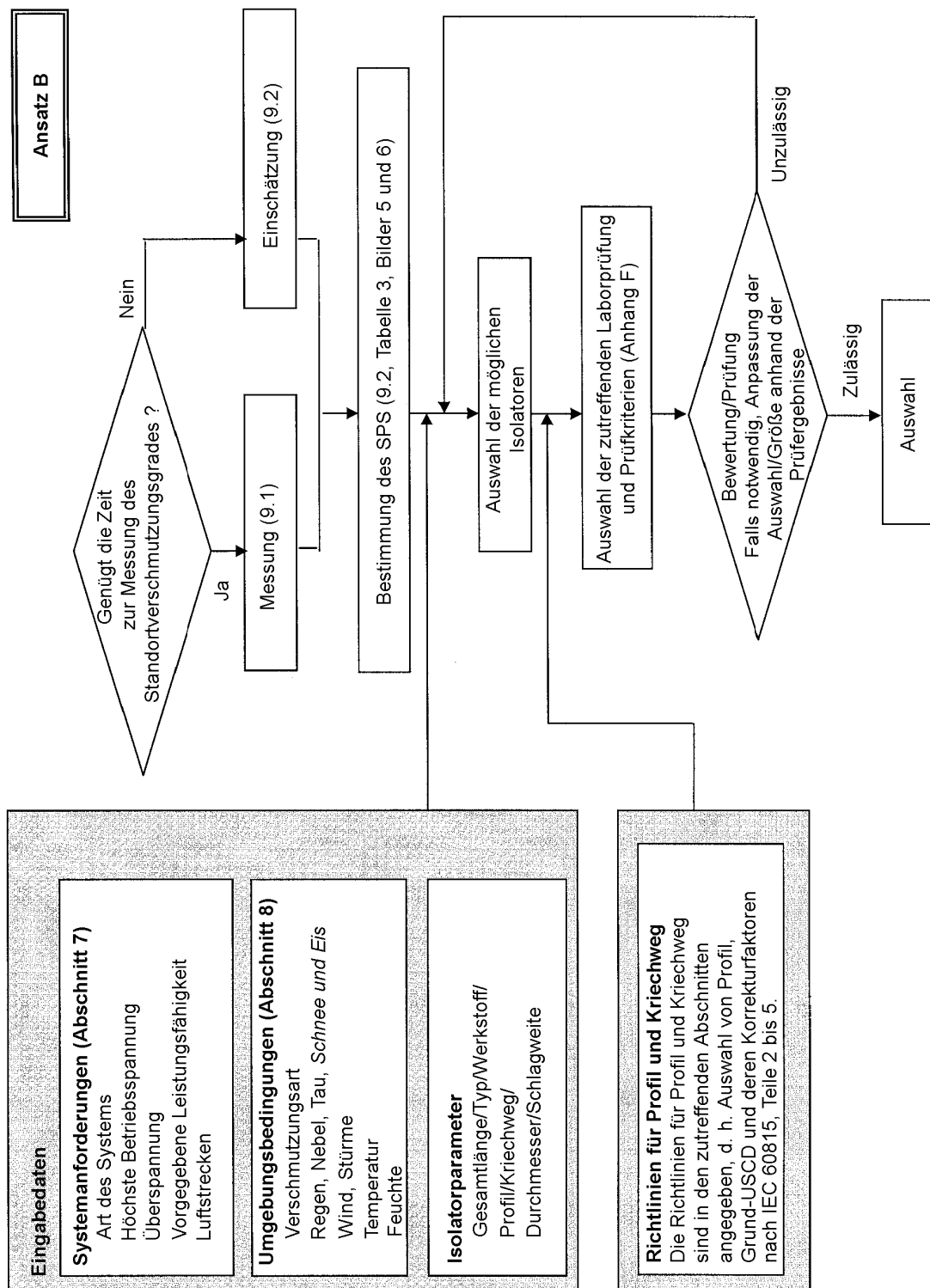
Diese Verfahren haben bereits breite Anwendung mit guten Erfahrungen gefunden. Die Auswahl der Instandhaltungs- und Verbesserungsmaßnahmen hängt von den Standortbedingungen, vom Isolatorotyp sowie praktischen und ökonomischen Anforderungen ab. Weitere Informationen können [1] und [2] entnommen werden.

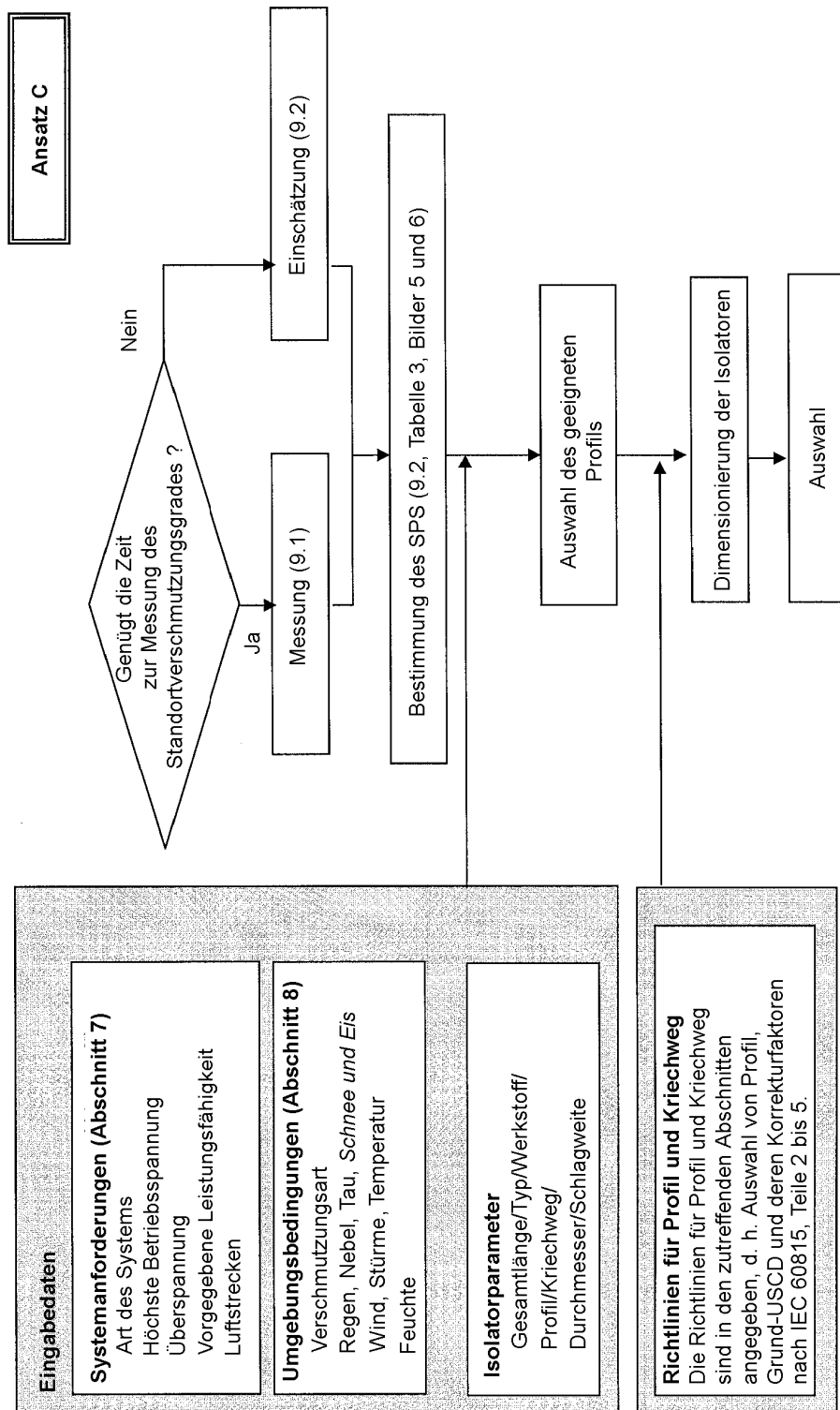
Anhang A

Darstellung der Ablaufdiagramme für die Bemessungsansätze

Die folgenden Ablaufdiagramme geben die Ansätze A, B und C aus Abschnitt 5 in grafischer Form wieder.







Anhang B

Mechanismen des Fremdschichtüberschlages

B.1 Beschreibung der Mechanismen des Fremdschichtüberschlages bei Verschmutzung des Typs A

Für ein leichteres Verständnis wird der Überschlagsvorgang bei einer Verschmutzung mit vorheriger Ablagerung (Typ A) in sechs Phasen unterteilt, die nachfolgend einzeln beschrieben werden. In der Praxis sind diese Phasen nicht voneinander getrennt, sondern sie gehen ineinander über.

Der Fremdschichtüberschlag bei Isolatoren wird größtenteils durch die Oberflächeneigenschaften des Isolators beeinflusst. Es werden zwei Oberflächenbedingungen betrachtet: entweder Wasser aufnehmend (hydrophil) oder Wasser abweisend (hydrophob). Eine hydrophile Oberfläche liegt im Allgemeinen bei Glas- und Keramikisolatoren vor während Polymerisolatoren besonders aus Silikongummi im Allgemeinen eine hydrophobe Oberfläche haben. Bei feuchten Bedingungen wie Regen, Nebel usw. werden hydrophile Oberflächen vollkommen durchtränkt, so dass der Isolator von einem Elektrolytfilm bedeckt ist. Im Gegensatz dazu perlt unter feuchten Bedingungen auf einer hydrophoben Oberfläche das Wasser in Tropfen ab.

Der Fremdschichtüberschlag wird außerdem wesentlich von der Spannungswellenform (Wechsel- oder Gleichspannung) beeinflusst. Bei Wechselspannung kann die Lichtbogenfortpflanzung über der Isolatoroberfläche mehrere Zyklen umfassen und der Lichtbogen ist deshalb etwa bei Stromnulldurchgang einem Löschen und Wiederzündungsvorgang ausgesetzt.

Ein verkomplizierendes Merkmal ist der Durchschlag der Luft zwischen benachbarten Punkten des Isolatorprofils (z. B. zwischen Rippen oder Schirmen), der das Überschlagsverhalten durch Verkürzung eines Teils der Isolatoroberfläche verschlechtert. Darüber hinaus können Wassertropen oder -ströme diese Herabsetzung der Leistungsfähigkeit noch fördern.

Nachfolgend wird der Prozess beschrieben, der auf hydrophilen Oberflächen wie Keramikwerkstoffen stattfindet.

Phase 1: Auf dem Isolator lagert sich eine Schmutzschicht ab. Wenn die Verschmutzung im trockenen Zustand nichtleitend ist (hochohmig), ist für einen Überschlag eine Befeuchtung (Phase 2) erforderlich.

Phase 2: Die Oberfläche des verschmutzten Isolators wird befeuchtet. Die Befeuchtung eines Isolators kann auf folgende Arten erfolgen: durch Wasseraufnahme, Kondensation und Niederschlag. Starker Regen (Niederschlag) kann die Elektrolytbestandteile eines Teils der Schmutzschicht oder der gesamten Schmutzschicht abwaschen, ohne dass andere Phasen im Durchschlagsprozess ausgelöst werden, oder er kann einen Überschlag durch Überbrückung der Abstände zwischen den Schirmen fördern. Wasseraufnahme tritt in Perioden mit hoher relativer Feuchte (>75 % relative Luftfeuchte) ein, wenn die Temperatur des Isolators und der Umgebungsluft gleich sind. Kondensation erfolgt, wenn die Luftfeuchtigkeit auf einer Oberfläche mit einer niedrigeren Temperatur als der Taupunkt kondensiert. Diese Kondensation tritt gewöhnlich bei Sonnenaufgang oder kurz davor ein.

Phase 3: Wenn ein unter Spannung stehender Isolator mit einer leitenden Schmutzschicht überzogen ist, fließen Oberflächenableitströme, deren Wärmewirkung innerhalb weniger Perioden der Netzfrequenz damit beginnt, Teile der Schmutzschicht auszutrocknen. Dies geschieht an Stellen, an denen die Stromdichte am höchsten ist, d. h. an denen der Isolator am schmalsten ist. Dadurch bilden sich so genannte Trockenbänder.

Phase 4: Die Schmutzschicht trocknet nie gleichmäßig, sondern der Leitweg bricht durch Trockenbänder ab, die den Fluss des Ableitstromes unterbrechen.

Phase 5: Die Leiter-Erde-Spannung über Trockenbändern (die nur wenige Millimeter breit sind) verursacht Luftdurchschläge, bei denen die Trockenbänder durch Lichtbögen überbrückt werden, die elektrisch in Reihe mit dem Widerstand des noch feuchten und leitfähigen Anteils der Schmutzschicht geschaltet sind. Dies führt jedes Mal, wenn die Trockenbänder an einem Isolator überschlagen, zu einem Ableitstromstoß.

Phase 6: Wenn der Widerstand des noch feuchten und leitfähigen Anteils der Schmutzschicht ausreichend niedrig ist, bilden sich über den Trockenbändern stehende Lichtbögen, die sich schließlich entlang des Isolators erstrecken können und dabei mehr und mehr seiner Oberfläche überbrücken. Das senkt wiederum den Widerstand in Reihe mit den Lichtbögen, erhöht den Strom und führt dazu, dass noch mehr Isolatoroberfläche überbrückt wird. Letztendlich stellt sich bei einer vollständigen Überbrückung ein Erdschluss (Überschlag) ein.

Zusammenfassend kann der gesamte Prozess als Wechselwirkung zwischen Isolator, Schmutzstoffen, Feuchtebedingungen und angelegter Spannung (sowie unter Laborbedingungen der Quellenimpedanz) betrachtet werden.

Die Wahrscheinlichkeit eines Überschlages steigt mit einem höheren Ableitstrom an und die Stromstärke wird hauptsächlich durch den Oberflächenschichtwiderstand bestimmt. Daraus kann geschlossen werden, dass nach dem angegebenen Modell der Oberflächenschichtwiderstand der grundlegende Faktor dafür ist, ob ein Überschlag am Isolator stattfindet oder nicht. Der Oberflächenschichtwiderstand kann unter der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung der Verschmutzung und bei gleichmäßiger Befeuchtung unter Anwendung des Formfaktors berechnet werden, siehe Anhang H.

In sehr trockenen Gebieten wie Wüsten kann Fremdschichtüberschlag ein Problem darstellen. Die Erklärung dafür ist oft die „thermische Verzögerung“ zwischen der Oberflächentemperatur des Isolators und der rasch ansteigenden Temperatur der Umgebungsluft bei Sonnenaufgang. Diese Temperaturdifferenz braucht selbst bei ziemlich niedrigen Werten der relativen Feuchte für das Auftreten einer beträchtlichen Kondensation nur wenige Grad Celsius zu betragen. Die Wärmekapazität und die Wärmeleitfähigkeit des Isolierstoffes bestimmen die Geschwindigkeit, mit der sich die Oberfläche erwärmt.

Weitere Informationen über Fremdschichtüberschlagsprozesse und –modelle sind CIGRE 158 [1] zu entnehmen.

B.2 Beschreibung von Mechanismen des Fremdschichtüberschlages bei Verschmutzung des Typs B

B.2.1 Leitfähiger Nebel

Eine „momentane Verschmutzung“ des Typs B bezieht sich auf Verschmutzung mit hoher Leitfähigkeit, die sich schnell auf der Isolatoroberfläche ablagert und zu einer Bedingung führt, bei dem der Isolator von einem annehmbar sauberen Zustand mit geringer Leitfähigkeit in einer kurzen Zeit (<1 h) zum Überschlag überwechselt und dann in einen Zustand geringer Leitfähigkeit zurückkehrt, wenn das Ereignis vorbei ist.

Für ein leichteres Verständnis läuft der momentane Fremdschichtüberschlag nach dem gleichen Prozess ab wie in A.1^{N6)} beschrieben. Die momentane Verschmutzung lagert sich jedoch gewöhnlich als stark leitfähige Schicht flüssiger Elektrolyte wie z. B. Salzsprühnebel, Salznebel oder industrieller saurerer Nebel ab, so dass der Prozess bei Phase 3 beginnt und schnell zu Phase 6 fortschreitet. In der Praxis verlaufen diese Phasen nicht voneinander getrennt, sondern gehen ineinander über. Dies bezieht sich nur auf hydrophile Oberflächen. Am meisten gefährdet sind Gebiete nahe von Chemiefabriken oder Gebiete in Küstennähe mit einem bekannten Verlauf von Temperaturumkehrvorgängen.

B.2.2 Verkrustungen durch Vogelkot

Ein besonderer Fall einer Verschmutzung des Typs B ist die Verkrustungen durch Vogelkot. Dabei handelt es sich um Vogelexkremente, die eine ununterbrochene, stark leitfähige (20 kΩ/m bis 40 kΩ/m) Verkrustung mit einer Länge bilden, die den Luftspalt so verringert, dass ein Überschlag entsteht. In diesem Fall spielen die Isolatorgeometrie und die Kennwerte nur eine untergeordnete oder keine Rolle und die beste Lösung kann sein, Abschreckungsvorrichtungen oder Vogelstangen anzubringen, die an die örtliche Fauna und die Konstruktion angepasst sind.

^{N6)} Nationale Fußnote: Statt „A.1“ muss es „B.1“ heißen.