

	DIN EN 61936-1 (VDE 0101-1)	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 29.240.01

Einsprüche bis 2009-02-28

Entwurf

Mit
E DIN EN 50522
(VDE 0101-2):2008-12
Vorgesehen als Ersatz für
DIN VDE 0101
(VDE 0101):2000-01

**Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV –
Teil 1: Allgemeine Bestimmungen
(IEC 99/81/CDV:2008);
Deutsche Fassung FprEN 61936-1:2008**

Power installations exceeding 1 kV a.c. –
Part 1: Common rules
(IEC 99/81/CDV:2008);
German version FprEN 61936-1:2008

Installations électriques en courant alternatif de supérieure à 1 kV –
Partie 1: Règles communes
(CEI 99/81/CDV:2008);
Version allemande FprEN 61936-1:2008

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2008-12-08 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 198 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments FprEN 61936-1:2008 „Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV – Teil 1: Allgemeine Bestimmungen“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (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. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 99/81/CDV:2008 „Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules“ unverändert in den Entwurf FprEN 61936-1:2008 übernommen worden.

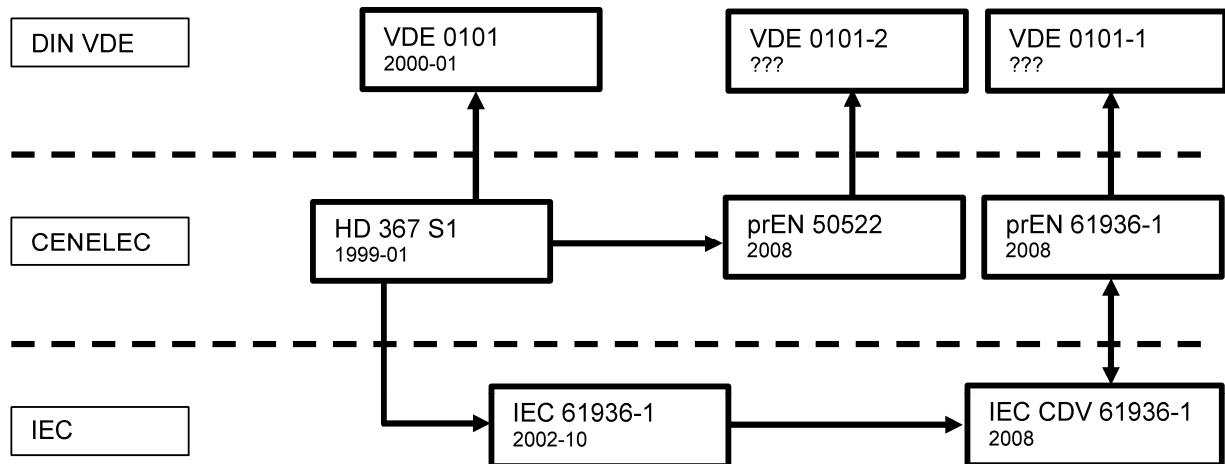
Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 99 „System engineering and erection of electrical power installations in systems with nominal voltages above 1 kV a.c. and 1,5 kV d.c., particularly considering safety aspects“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 222 „Errichten von Starkstromanlagen über 1 kV und deren Erdung“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die künftige EN 61936-1 wird das derzeitige CENELEC-Harmonisierungsdokument HD 637 S1:1999 ersetzen. Da in der EN 61936-1 die normativen Regelungen zur Errichtung von Erdungsanlagen deutlich weniger Umfang und damit eine geringere Detaillierung als im HD 637 S1 haben werden, wurde durch CENELEC beschlossen, dass zeitgleich eine neue Europäische Norm (EN 50522) erstellt wird, die in Ergänzung zur EN 61936-1 den derzeitigen Regelungsbestand des HD 637 S1 für Erdungsanlagen abdeckt. Der Entwurf der Erdungsnorm (prEN 50522:2008 „Erdung von Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV“ wird von der DKE zeitgleich veröffentlicht. Das nachstehende Diagramm soll die Zusammenhänge der unterschiedlichen Normungsvorhaben verdeutlichen.



Änderungen

Gegenüber DIN VDE 0101 (VDE 0101):2000-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Präzisierung des Anwendungsbereichs (Abschnitt 1) mit explizitem Einschluss der Maststationen (unveränderte normative Regelungen siehe 7.7);
- Sämtliche Verweise sind auf IEC-Normen bezogen;
- Hinweise auf notwendige Vereinbarungen zwischen Lieferung (Hersteller) und Betreiber sind zusätzlich in einer eigenen Übersicht (4.1.2) zusammengefasst;
- Die Festlegungen für die Klima- und Umweltbedingungen (4.4) sind mit dem IEC Guide 111 abgestimmt;
- Die Mindestabstände in Luft (Tabellen 1 und 2) wurden in Übereinstimmung mit IEC 60071 gebracht;
- Abweichende Spannungswerte und die zugehörigen Mindestabstände sind im Anhang A aufgeführt;
- Die Angabe von Nennspannungen (Tabellen 1 und 2 sowie Abschnitt 5) ist entfallen;
- Bei den Regelungen für Betriebsmittel sind Festlegungen für Sicherungen (6.2.15) neu aufgenommen worden;
- Fabrikfertige Stationen für Hochspannung/Niederspannung nach IEC 61330 (neu: IEC 62271-202) gelten im Sinne der Norm (7.5.1) nicht als Gebäude;
- Der freie und gefahrlose Zugang für das Personal (7.5.4) muss jederzeit gewährleistet sein;
- Die Bedingungen für Fluchtwege wurden vereinfacht (7.5.4);
- Die bisherige Sonderregelung für Bedienungsgänge ist entfallen;
- Stationäre oder mobile Entqualmungslüfter (7.5.7) müssen geplant werden;
- Die Anforderungen für den Brandschutz (8.6) wurden überarbeitet;
- Die einzuhaltenden Abstände richten sich nicht mehr nach der elektrischen Leistung des Transformators, sondern nach der Isolierflüssigkeitsmenge;
- Für Transformatoren mit K-Flüssigkeiten werden modifizierte Abstände definiert;
- Für Transformatoren mit einer Flüssigkeitsmenge < 1 000 l werden keine besonderen Abstände zu anderen Transformatoren oder anderen Objekten gefordert;
- Für Planung, Errichtung, Überprüfung und Wartung von Erdungsanlagen (Abschnitt 10) werden nur noch grundlegende Anforderungen gestellt;
- Die Funktionsfähigkeit der an die Erdungsanlage angeschlossenen Betriebsmittel ist durch die Anforderungen gewährleistet;
- Zur Personensicherheit kann alternativ auch die Kurve der Berührungsspannung aus IEEE 80 verwendet werden.
- Normative und informelle Anhänge sind weitgehend entfallen.

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
EN 60034-1	IEC 60034-1	DIN EN 60034-1 (VDE 0530-1)	VDE 0530-1
HD 472 S1	IEC 60038	DIN IEC 60038 (VDE 0175)	VDE 0175
EN 60044-6	IEC 60044-6	DIN EN 60044-6 (VDE 0414-7)	VDE 0414-7
—	IEC 60050(151)	^a	—
—	IEC 60050(195)	^a	—
—	IEC 60050(411)	^a	—
—	IEC 60050(441)	^a	—
—	IEC 60050(601)	^a	—
—	IEC 60050(602)	^a	—
—	IEC 60050(604)	^a	—
—	IEC 60050(605)	^a	—
—	IEC 60050(651)	^a	—
—	IEC 60050(826)	^a	—
HD 588.1 S1	IEC 60060-1	DIN IEC 60060-1 (VDE 0432-1)	VDE 0432-1
Normen der Reihe EN 60068	Normen der Reihe IEC 60068	Normen der Reihe DIN EN 60068	—
EN 60071-1	IEC 60071-1	DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1)	VDE 0111-1
EN 60071-2	IEC 60071-2	DIN EN 60071-2 (VDE 0111-2)	VDE 0111-2
^a Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, im Rahmen der Datenbankanwendung DIN-TERM zu beziehen über Beuth Verlag.			

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60076-2	IEC 60076-2	DIN EN 60076-2 (VDE 0532-102)	VDE 0532-102
EN 60076-11	IEC 60076-11	DIN EN 60076-11 (VDE 0532-76-11)	VDE 0532-76-11
EN 60079-0	IEC 60079-0	DIN EN 60079-0 (VDE 0170-1)	VDE 0170-1
EN 60079-10	IEC 60079-10	DIN EN 60079-10 (VDE 0165-101)	VDE 0165-101
Normen der Reihe EN 60255	Normen der Reihe IEC 60255	Normen der Reihe DIN EN 60255	—
—	IEC 60331-21	—	—
—	IEC 60331-31	—	—
Normen der Reihe EN 60332	Normen der Reihe IEC 60332	Normen der Reihe DIN EN 60332	—
Normen der Reihe HD 384	Normen der Reihe IEC 60364	Normen der Reihe DIN VDE 0100 (VDE 0100)	Normen der Reihe VDE 0100
	IEC 60364-1	DIN VDE 0100-100 (VDE 0100-100)	VDE 0100-100
	IEC/TS 60479-1	DIN IEC/TS 60479-1 (VDE V 0140-479-1)	VDE V 0140-479-1
EN 60480	IEC 60480	DIN EN 60480 (VDE 0373-2)	VDE 0373-2
EN 60529	IEC 60529	DIN EN 60529 (VDE 0470-1)	VDE 0470-1
Normen der Reihe EN 60617	Normen der Reihe IEC 60617	Normen der Reihe DIN EN 60617	—
EN 60664-1	IEC 60664-1	DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1)	VDE 0110-1
—	IEC 60721-2-2	DIN IEC 60721-2-2	—
—	IEC 60721-2-3	DIN IEC 60721-2-3	—
—	IEC 60721-2-4	DIN IEC 60721-2-4	—
—	IEC 60721-2-6	—	—
—	IEC 60721-2-7	DIN IEC 60721-2-7	—
—	IEC 60754-1	—	—
—	IEC 60754-2	—	—
—	IEC 60815	—	—
—	IEC 60826	—	—
—	IEC 60842	—	—
EN 60865-1	IEC 60865-1	DIN EN 60865-1 (VDE 0103)	VDE 0103

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
Normen der Reihe EN 60909	Normen der Reihe IEC 60909	Normen der Reihe DIN EN 60909 (VDE 0102)	Normen der Reihe VDE 0102
–	IEC 60949	–	–
–	IEC 61000-5-2	–	–
EN 61034-1	IEC 61034-1	DIN EN 61034-1 (VDE 0482-1034-1)	VDE 0482-1034-1
EN 61082-1	IEC 61082-1	DIN EN 61082-1 (VDE 0040-1)	VDE 0040-1
EN 61100	IEC 61100	DIN EN 61100 (VDE 0389-2)	VDE 0389-2
EN 61140	IEC 61140	DIN EN 61140 (VDE 0140-1)	VDE 0140-1
EN 61219	IEC 61219	DIN EN 61219 (VDE 0683-200)	VDE 0683-200
EN 61230	IEC 61230	DIN EN 61230 (VDE 0683-100)	VDE 0683-100
EN 61241-10	IEC 61241-10	DIN EN 61241-10 (VDE 0165-102)	VDE 0165-102
Normen der Reihe EN 61243	Normen der Reihe IEC 61243	Normen der Reihe DIN EN 61243 (VDE 0682)	Normen der Reihe VDE 0682
–	IEC 61634	–	–
–	IEC 62271-1	–	–
EN 62271-200	IEC 62271-200	DIN EN 62271-200 (VDE 0671-200)	VDE 0671-200
EN 62271-201	IEC 62271-201	DIN EN 62271-201 (VDE 0671-201)	VDE 0671-201
EN 62271-202	IEC 62271-202	DIN EN 62271-202 (VDE 0671-202)	VDE 0671-202
EN 62271-203	IEC 62271-203	DIN EN 62271-203 (VDE 0671-203)	VDE 0671-203
Normen der Reihe EN 62305	Normen der Reihe IEC 62305	Normen der Reihe DIN EN 62305 (VDE 0185-305)	Normen der Reihe VDE 0185-305
–	IEC Guide 107	–	–
–	ISO/IEC Guide 51	DIN 820-120	–
–	ISO 1996-1	–	–
–	IEEE 80	–	–
–	IEEE 980	–	–
–	IEEE 998	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN 820-120, *Normungsarbeit – Teil 120: Leitfaden für die Aufnahme von Sicherheitsaspekten in Normen*

DIN EN 60034-1 (VDE 0530-1), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten*

DIN EN 60044-6 (VDE 0414-7), *Messwandler – Teil 6: Anforderungen an Stromwandler für Schutzzwecke zur Übertragung für transientes Übertragungsverhalten*

DIN EN 60068 (Reihe), *Umweltprüfungen*

DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1), *Isolationskoordination – Teil 1: Begriffe, Grundsätze und Anforderungen*

DIN EN 60071-2 (VDE 0111-2), *Isolationskoordination – Teil 2: Anwendungsrichtlinie*

DIN EN 60076-2 (VDE 0532-102), *Leistungstransformatoren – Teil 2: Übertemperaturen*

DIN EN 60076-11 (VDE 0532-76-11), *Leistungstransformatoren – Teil 11: Trockentransformatoren*

DIN EN 60079-0 (VDE 0170-1), *Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche – Teil 0: Allgemeine Anforderungen*

DIN EN 60079-10 (VDE 0165-101), *Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche – Teil 10: Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche*

DIN EN 60255 (Reihe), *Elektrische Relais*

DIN EN 60332 (Reihe), *Prüfungen an Kabeln, isolierten Leitungen und Glasfaserkabeln im Brandfall*

DIN EN 60480 (VDE 0373-2), *Richtlinien für die Prüfung und Aufbereitung von Schwefelhexafluorid (SF₆) nach Entnahme aus elektrischen Betriebsmitteln und Spezifikation für dessen Wiederverwendung*

DIN EN 60529 (VDE 0470-1), *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)*

DIN EN 60617 (Reihe), *Graphische Symbole für Schaltpläne*

DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1), *Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen*

DIN EN 60865-1 (VDE 0103), *Kurzschlussströme – Berechnung der Wirkung – Teil 1: Begriffe und Berechnungsverfahren*

DIN EN 60909 (VDE 0102) (Reihe), *Kurzschlussströme in Drehstromnetzen*

DIN EN 61034-1 (VDE 0482-1034-1), *Messung der Rauchdichte von Kabeln und isolierten Leitungen beim Brennen unter definierten Bedingungen – Teil 1: Prüfeinrichtung*

DIN EN 61082-1 (VDE 0040-1), *Dokumente der Elektrotechnik – Teil 1: Regeln*

DIN EN 61100 (VDE 0389-2), *Einteilung von Isolierflüssigkeiten nach dem Brennpunkt und dem spezifischen Heizwert H_u*

DIN EN 61140 (VDE 0140-1), *Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel*

E DIN EN 61936-1 (VDE 0101-1):2008-12

DIN EN 61219 (VDE 0683-200) *Arbeiten unter Spannung – Erdungs- oder Erdungs- und KurzschlieÙvorrichtung mit Stäben als kurzschlieÙendes Gerät – Stäberdung*

DIN EN 61230 (VDE 0683-100) *Arbeiten unter Spannung – Ortsveränderliche Geräte zum Erden oder Erden und Kurzschließen*

DIN EN 61241-10 (VDE 0165-102) *Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub – Teil 10: Einteilung von staubexplosionsgefährdeten Bereichen*

DIN EN 61243-1 (VDE 0682-411) *Arbeiten unter Spannung – Spannungsprüfer*

DIN EN 62271-200 (VDE 0671-200) *Hochspannungs-Schaltgeräte und Schaltanlagen – Teil 200: Metallgekapselte Wechselstrom-Schaltanlagen für Bemessungsspannungen über 1 kV bis einschließlich 52 kV*

DIN EN 62271-201 (VDE 0671-201) *Hochspannungs-Schaltgeräte und –Schaltanlagen – Teil 201: Isolierstoffgekapselte Wechselstrom-Schaltanlagen für Bemessungsspannungen über 1 kV bis einschließlich 52 kV*

DIN EN 62271-202 (VDE 0671-202) *Hochspannungs-Schaltgeräte und –Schaltanlagen – Teil 202: Fabrikfertige Stationen für Hochspannung/Niederspannung*

DIN EN 62271-203 (VDE 0671-203) *Hochspannungs-Schaltgeräte und –Schaltanlagen – Teil 203: Gasisolierte metallgekapselte Schaltanlagen für Bemessungsspannungen von 52 kV und darüber*

DIN EN 62305 (VDE 0185-305) (Reihe) *Blitzschutz*

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

DIN IEC 60060-1 (VDE 0432-1) *Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 1: Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen*

DIN IEC/TS 60479-1 (VDE V 0140-479-1) *Wirkungen des elektrischen Stromes auf Menschen und Nutztiere – Teil 1: Allgemeine Aspekte*

DIN IEC 60721-2-2, *Elektrotechnik – Klassifizierung von Umweltbedingungen – Teil 2: Natürliche Einflüsse – Niederschlag und Wind*

DIN IEC 60721-2-3, *Elektrotechnik – Klassifizierung von Umweltbedingungen – Natürliche Einflüsse, Luftdruck*

DIN IEC 60721-2-4, *Elektrotechnik – Klassifizierung von Umweltbedingungen – Natürliche Einflüsse, Sonnenstrahlung*

DIN IEC 60721-2-7, *Elektrotechnik – Klassifizierung von Umweltbedingungen – Natürliche Einflüsse, Fauna und Flora*

DIN VDE 0100 (VDE 0100) *Elektrische Anlagen von Gebäuden*

DIN VDE 0100-100 (VDE 0100-100) *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 100: Anwendungsbe reich, Zweck und Grundsätze*

.

Deutsche Fassung

**Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV –
Teil 1: Allgemeine Bestimmungen**

Inhalt

	Seite
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	9
3.1 Allgemeines	9
3.2 Anlagen	11
3.3 Anlagenarten	11
3.4 Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag	12
3.5 Abstände	13
3.6 Steuerung und Schutz	14
3.7 Erdung	14
4 Grundlegende Anforderungen	17
4.1 Allgemeines	17
4.2 Elektrische Anforderungen	19
4.3 Mechanische Anforderungen	21
4.4 Klima- und Umweltbedingungen	23
4.5 Besondere Anforderungen	26
5 Isolation	26
5.1 Wahl des Isolationspegels	26
5.2 Nachweis der Spannungsfestigkeit	27
5.3 Mindestabstände von aktiven Teilen	27
5.4 Mindestabstände zwischen Teilen unter besonderen Bedingungen	29
5.5 Geprüfte Anschlusszonen	30
6 Betriebsmittel	30
6.1 Allgemeine Anforderungen	30
6.2 Spezielle Anforderungen	31
7 Anlagen	39
7.1 Allgemeine Anforderungen	39
7.2 Freiluftanlagen in offener Bauweise	41
7.3 Innenraumanlagen in offener Bauweise	43
7.4 Aufstellen von fabrikgefertigten typgeprüften Schaltanlagen	43

	Seite
7.5 Anforderungen an Gebäude	45
7.6 Fabrikfertige Stationen für Hochspannung/Niederspannung	49
7.7 Mast- und Turmstationen	49
8 Schutzmaßnahmen	53
8.1 Schutz gegen direktes Berühren	53
8.2 Schutz bei indirektem Berühren	55
8.3 Schutz bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	55
8.4 Schutz vor Gefährdung durch Störlichtbögen	58
8.5 Schutz gegen direkte Blitzeinschläge	58
8.6 Brandschutz	59
8.7 Schutz gegen Leckverlust an Isolierflüssigkeit und SF ₆	64
8.8 Kennzeichnung und Beschriftung	66
9 Hilfseinrichtungen, Steuerungs- und Schutzsysteme	70
9.1 Überwachungs- und Steuerungssysteme	70
9.2 Gleichstrom- und Wechselstrom-Hilfsstromkreise	72
9.3 Druckluftanlagen	73
9.4 SF ₆ -Gas-Wartungsgeräte	74
9.5 Wasserstoff-Wartungsgeräte	74
9.6 Grundregeln zur elektromagnetischen Verträglichkeit von Steuerungssystemen	74
10 Erdungsanlagen	77
10.1 Allgemeines	77
10.2 Grundlegende Anforderungen	77
10.3 Auslegung von Erdungsanlagen	79
10.4 Errichtung von Erdungsanlagen	81
10.5 Messungen	81
10.6 Instandhaltbarkeit	81
11 Inspektion und Prüfung	82
11.1 Überprüfung der spezifizierten Leistungsmerkmale	83
11.2 Prüfungen während der Errichtung und Inbetriebnahme	83
11.3 Probetrieb	83
12 Betriebs- und Wartungsanleitungen	84
Anhang A (normativ) Bemessungsisolationspegel und Mindestabstände, die zur Zeit in einigen Ländern angewendet werden	85
Anhang B (normativ) Berechnungsverfahren für die höchste zulässige Berührungsspannung	88
Anhang C (normativ) Zulässige Berührungsspannung nach IEEE 80	89
Anhang D (normativ) Auslegung von Erdungsanlagen (Flussdiagramm)	90
Anhang E (informativ) Schutzmethoden gegen direkten Blitzeinschlag	91
E.1 Blitzschutzseile	91

	Seite
E.2 Blitzschutzstangen.....	91
Literaturhinweise.....	94
 Bild 1 – Schutz gegen direktes Berühren durch Abdeckungen/Hindernisse in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten	 49
Bild 2 – Schutzvorrichtungsabstände und Mindesthöhen an der äußeren Umzäunung	50
Bild 3 – Mindesthöhen und Mindestarbeitsabstände in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten.....	50
Bild 4 – Annäherungen an Gebäude (in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten)	51
Bild 5 – Transportabstand.....	52
Bild 6 – Trennwände zwischen Transformatoren	67
Bild 7 – Brandschutz zwischen Transformatoren und Gebäuden	68
Bild 8 – Auffangwanne mit integriertem Sammelbehälter.....	69
Bild 9 – Auffangwanne mit getrenntem Sammelbehälter	69
Bild 10 – Auffangwanne mit integriertem, gemeinsamen Sammelbehälter.....	70
Bild 11 – Beispiel für kleine Transformatoren ohne Kiesschicht und Sammelbehälter	70
Bild 12 – Berührungsspannungskurve.....	82
Bild C.1 – Typische Berührungsspannungskurve nach IEEE 80	89
Bild E.1 – Einzelnes Blitzschutzseil	92
Bild E.2 – Zwei Blitzschutzseile	92
Bild E.3 – Einzelne Blitzschutzstange.....	92
Bild E.4 – Zwei Blitzschutzstangen.....	93
 Tabelle 1 – Mindestabstand in Luft, Spannungsbereich I ($1\text{ kV} < U_m \leq 245\text{ kV}$).....	 28
Tabelle 2 – Mindestabstand in Luft, Spannungsbereich II ($U_m > 245\text{ kV}$)	29
Tabelle 3 – Richtwerte für Transformatorabstände in Freiluft	61
Tabelle 4 – Mindestanforderungen für die Aufstellung von Innenraumtransformatoren	62
Tabelle 5 – Minimalanforderungen für den Zusammenschluss von Niederspannungs- und Hochspannungs-Erdungsanlagen basierend auf der Erdungsspannung (EPR).....	79
Tabelle A.1 – Bemessungsisolationspegel und Mindestabstände in Luft mit $1\text{ kV} < U_m \leq 245\text{ kV}$ als höchste Spannung für Betriebsmittel U_m , die nicht von IEC genormt, aber in einigen Ländern eingeführt sind.....	85
Tabelle A.2 – Bemessungsisolationspegel und Mindestabstände in Luft mit $1\text{ kV} < U_m \leq 245\text{ kV}$ als höchste Spannung für Betriebsmittel U_m , die nicht von IEC genormt, aber in einigen Ländern eingeführt sind.....	86
Tabelle A.3 – Bemessungsisolationspegel und Mindestabstände in Luft mit $U_m > 245\text{ kV}$ als höchste Spannung für Betriebsmittel U_m , die nicht von IEC genormt, aber in einigen Ländern eingeführt sind.....	87

Einleitung

Es gibt viele nationale Gesetze, Normen und interne Regelungen, die Themen im Rahmen des Anwendungsbereichs dieser Norm behandeln. Diese Praktiken wurden der Ausarbeitung dieses Schriftstücks zugrunde gelegt.

IEC 61936-1 enthält Minimalanforderungen, die für alle IEC-Länder gültig sind, sowie einige zusätzliche Informationen, die eine annehmbare Zuverlässigkeit einer Anlage und ihres sicheren Betriebes sicherstellen.

Die Herausgabe dieser Norm wird als ein entscheidender Schritt angesehen, weltweit zu einer allmählichen Angleichung der Praktiken im Hinblick auf die Auslegung und Errichtung von Starkstromanlagen zu gelangen.

In dieser Norm sind eingeschlossen die besonderen Anforderungen für Starkstromanlagen in Übertragungs- und Verteilungsnetzen sowie die besonderen Anforderungen bei der Energieerzeugung und in Industrieanlagen.

Die entsprechenden Gesetze und Regelungen, die in die Zuständigkeit von Behörden fallen, haben Vorrang.

1 Anwendungsbereich

IEC 61936-1 gibt in einer zweckmäßigen Form allgemeine Regeln für die Projektierung und Errichtung von Starkstromanlagen in Netzen mit Nennwechselspannungen über 1 kV und einer Nennfrequenz bis einschließlich 60 Hz, um eine sichere und störungsfreie Funktion im bestimmungsgemäßen Betrieb sicherzustellen.

Starkstromanlagen im Sinne dieser Norm sind:

- a) Schalt- und Umspannanlagen
- b) Elektrische Anlagen auf Masten oder in Türmen
Schaltgeräte und/oder Transformatoren außerhalb abgeschlossener elektrischer Betriebsstätten
- c) Eine (oder mehrere) Stromerzeugungsanlage(n) an einem räumlich begrenzten Ort
Die Anlage enthält Generatoren und Transformatoren mit zugehörigen Schaltgeräten und elektrischen Hilfseinrichtungen. Verbindungen zwischen Stromerzeugungsanlagen an unterschiedlichen Orten sind ausgeschlossen.
- d) Das elektrische Netz einer Fabrik, Industrieanlage oder anderer industrieller, landwirtschaftlicher, gewerblicher oder öffentlicher Räumlichkeiten

In Starkstromanlagen können unter anderem folgende Betriebsmittel vorkommen:

- Drehende elektrische Maschinen;
- Schaltgeräte;
- Transformatoren und Reaktoren;
- Stromrichter;
- Kabel;
- Verdrahtungen;
- Batterien;
- Kondensatoren;
- Erdungsanlagen;
- Gebäude und Umzäunungen, die zu einer abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätte gehören;
- zugehörige Schutz-, Steuerungs- und Hilfssysteme;
- große Luftdrosselspulen.

ANMERKUNG Grundsätzlich haben Festlegungen von Betriebsmittelnormen Vorrang vor dieser Norm.

Diese Norm gilt nicht für die Projektierung und Errichtung von:

- Freileitungen und Kabeln zwischen getrennten Anlagen;
- elektrische Bahnen (außer für Schaltanlagen zur Speisung von Bahnanlagen);
- Bergwerksausrüstungen und -anlagen;
- Leuchtröhrenanlagen;
- Anlagen auf Schiffen und off-shore-Plattformen;
- elektrostatischen Einrichtungen (z. B. Elektrofilter, Pulverbeschichtungsanlagen);
- Prüffeldern;
- medizinischen Einrichtungen, z. B. medizinischen Röntgeneinrichtungen.

Diese Norm gilt nicht für die Konstruktion und Herstellung von fabrikfertigen, typgeprüften Schaltanlagen, für die es besondere IEC-Normen gibt.

Diese Norm gilt nicht für die Anforderungen zur Durchführung von Arbeiten unter Spannung an elektrischen Anlagen.

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 60034-1, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60044-6, *Instrument transformers – Part 6: Requirements for protective current transformers for transient performance*

IEC 60050(151), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050(195), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

IEC 60050(411), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 411: Rotating machines*

IEC 60050(441), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050(601), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*

IEC 60050(602), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 602: Generation, transmission and distribution of electricity – Generation*

IEC 60050(604), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60050(605), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 605: Generation, transmission and distribution of electricity – Substations*

IEC 60050(651), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 651: Live working*

IEC 60050(826), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 826: Electrical installations*

IEC 60060-1, *High voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068 (alle Teile), *Environmental testing*

IEC 60071-1, *Insulation coordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60071-2, *Insulation coordination – Part 2: Application guide*

IEC 60076-2, *Power transformers – Part 2: Temperature rise*

IEC 60076-11, *Power transformers – Part 11: Dry-type transformers*

IEC 60079-0, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 0: General requirements*

IEC 60079-10, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 10: Classification of hazardous areas*

IEC 60255 (alle Teile), *Electrical relays*

IEC 60331-21, *Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity – Part 21: Procedures and requirements – Cables of rated voltage up to and including 0,6/1,0 kV*

IEC 60331-31, *Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity – Part 31: Procedures and requirements for fire with shock – Cables for rated voltage up to and including 0,6/1 kV*

IEC 60332, *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions*

IEC 60364 (alle Teile), *Electrical installations of buildings*

IEC 60364-1, *Low voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC/TS 60479-1, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC 60480, *Guidelines for the checking and treatment of sulphur hexafluoride (SF₆) taken from electrical equipment and specification for its re-use*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60617 (alle Teile), *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60664-1, *Insulation co ordination for equipment within low voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60721-2-2, *Classification of environmental conditions – Part 2-2: Environmental conditions appearing in nature – Precipitation and wind*

IEC 60721-2-3, *Classification of environmental conditions – Part 2-3: Environmental conditions appearing in nature – Air pressure*

IEC 60721-2-4, *Classification of environmental conditions – Part 2-4: Environmental conditions appearing in nature – Solar radiation and temperature*

IEC 60721-2-6, *Classification of environmental conditions – Part 2-6: Environmental conditions appearing in nature – Earthquake vibration and shock*

IEC 60721-2-7, *Classification of environmental conditions – Part 2-7: Environmental conditions appearing in nature. Fauna and flora*

IEC 60754-1, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 1: Determination of the amount of halogen acid gas*

IEC 60754-2, *Test on gases evolved during combustion of electric cables – Part 2: Determination of degree of acidity of gases evolved during the combustion of materials taken from electric cables by measuring pH and conductivity*

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

IEC 60826, *Design criteria of overhead transmission lines*

IEC 60842, *Guide for application and operation of turbine-type synchronous machines using hydrogen as a coolant*

IEC 60865-1, *Short-circuit currents – Calculation of effects – Part 1: Definitions and calculation methods*

IEC 60909, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems*

IEC 60949, *Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects*

IEC 61000-5-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 2: Earthing and cabling*

IEC 61034-1, *Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions – Part 1: Test apparatus*

IEC 61082-1, *Preparation of documents used in electrotechnology - Part 1: Rules*

IEC 61100, *Classification of insulating liquids according of fire-point and net caloric value*

IEC 61140, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61219, *Live working – Earthing or earthing and short-circuiting equipment using lances as a short-circuiting device – Lance earthing*

IEC 61230, *Live working – Portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting*

IEC 61241-10, *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust – Part 10: Classification of areas where combustible dusts are or may be present*

IEC 61243 (alle Teile), *Live working – Voltage detectors*

IEC 61634, *High voltage switchgear and controlgear – Use and handling of sulphur hexafluoride (SF₆) in high voltage switchgear and controlgear*

IEC 62271-1, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications*

IEC 62271-200, *High voltage switchgear and controlgear – Part 200: A.C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEC 62271-201, *High voltage switchgear and controlgear – Part 201: A.C. insulation-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEC 62271-202, *High voltage switchgear and controlgear – Part 202: High voltage/low voltage prefabricated substations*

IEC 62271-203, *High voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV*

IEC 62305 (all parts), *Protection against lightning*

IEC Guide 107, *Electromagnetic compatibility – Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications*

ISO/IEC Guide 51, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

ISO 1996-1, *Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment-procedures*

IEEE 80, *The IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*

IEEE 980, *Guide for Containment and Control of Oil Spills in Substations*

IEEE 998, *Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations*

Official Journal of the European Communities, No. C 62/23 dated 28.2.1994: *Interpretative document, Essential requirements No. 2, "safety in case of fire"*

3 Begriffe

Für die Anwendung der IEC 61936-1 gelten folgende Begriffe:

3.1 Allgemeines

3.1.1

elektrisches Betriebsmittel

alle Gegenstände, die zum Zwecke der Erzeugung, Umwandlung, Übertragung, Verteilung und Anwendung von elektrischer Energie benutzt werden, z. B. Maschinen, Transformatoren, Schaltgeräte, Messgeräte, Schutzeinrichtungen, Kabel und Leitungen, Stromverbrauchsgeräte

[IEV 826-07-01]

3.1.2

Nennwert

Wert einer Größe, der zur Bezeichnung und Identifizierung eines Bauelements, eines Geräts, einer Ausrüstung oder eines Systems verwendet wird

[IEV 151-16-09]

3.1.3

Nennspannung eines Netzes

ein geeigneter, gerundeter Spannungswert zur Bezeichnung oder Identifizierung eines Netzes

[IEV 601-01-21]

3.1.4

Bemessungswert

Wert einer Größe, der für Spezifikationszwecke verwendet wird und für bestimmte Betriebsbedingungen eines Bauelements, eines Geräts, einer Ausrüstung oder eines Systems gilt

[IEV 151-16-08]

3.1.5

höchste Spannung der Anlage

höchster Effektivwert der Spannung (Phase-Phase), für die die Isolation der Anlage ausgelegt ist

3.1.6

geprüfte Anschlusszone

Zone in der Umgebung von Betriebsmittel-Anschlüssen, die eine dielektrische Typprüfung mit den entsprechenden Stehspannungswerten bestanden hat; die Ausführung des Anschlusses hat nach den Spezifikationen des Herstellers zu erfolgen

3.1.7

Trennstrecke

Schaltstrecke, die die für Trennschalter festgelegten Sicherheitsanforderungen erfüllt

[IEV 441-17-35]

3.1.8

freischalten

freischalten in Starkstromanlagen ist das allseitige Abschalten oder Abtrennen einer Anlage, eines Teils der Anlage oder eines Betriebsmittels von allen nicht geerdeten Leitern durch Herstellung von Trennstrecken

3.1.9

aktives Teil

Leiter oder leitfähiges Teil, der/das dazu vorgesehen ist, im üblichen Betrieb unter Spannung zu stehen, einschließlich eines Neutralleiters, vereinbarungsgemäß jedoch nicht eines PEN-Leiters, PEM-Leiters und PEL-Leiters

[IEV 195-02-19]

ANMERKUNG 1 Dieser Begriff besagt nicht unbedingt, dass das Risiko eines elektrischen Schlags besteht.

ANMERKUNG 2 Definitionen von PEM und PEL siehe IEV 195-02-13 und IEV 195-02-14.

3.1.10

Speiseleitung

Energieübertragungsleitung, die ausgehend von einer übergeordneten Station eine oder mehrere untergeordnete Stationen versorgt, oder eine oder mehrere Abzweigleitungen, oder eine Kombination von diesen beiden Anlagenarten

[IEV 601-02-08, geändert]

3.1.11

Ferroresonanz

Resonanz zwischen der Kapazität eines Betriebsmittels und der Induktivität des sättigbaren magnetischen Kreises eines benachbarten Betriebsmittels

[IEV 604-01-14]

3.1.12

Gleichstrom-Zeitkonstante der Wechselstromwicklung (primäre Zeitkonstante)

Zeit, die die Gleichstromkomponente des Kurzschlussstroms benötigt, um bei Bemessungsdrehzahl der Maschine nach einer plötzlichen Änderung der Betriebsbedingungen auf ihren 1/e-fachen Wert – das ist das 0,368fache – abzuklingen

[IEV 411-48-31, geändert]

3.1.13

transiente Überspannung

schwingende oder nichtschwingende, in der Regel stark gedämpfte Überspannung mit einer Dauer von einigen Millisekunden oder weniger

[IEV 604-03-13]

3.1.14

Hochspannung

Wechselspannung größer 1 000 V

3.1.15

Niederspannung

Wechselspannung kleiner oder gleich 1 000 V

3.1.16

Betrieb

alle Arbeiten – sowohl elektrische, als auch nicht elektrische Arbeiten –, die zur Funktion der Starkstromanlage notwendig sind. Diese Arbeiten beinhalten Schalten, Steuern, Überwachen und Instandhalten

3.1.17

normale Betriebsbedingungen

alle Betriebsbedingungen, die häufig vorkommen. Enthalten sind: Bemessungs-Betriebsbedingungen, maximale und minimale Betriebsbedingungen, Teillast, normale nichtstationäre Zustände (Anfahren, Abfahren, Lastwechsel), Bereitschaft

3.1.18

anormale Betriebsbedingungen

Betriebsbedingungen mit geringer Häufigkeit (üblicherweise nur wenige Male während der Lebensdauer der Geräte). Enthalten sind: Menschliches Versagen, Wegfall der Stromversorgung, Überspannungen, Erdbeben, usw. Nach dem Eintreten solcher Bedingungen kann eine Überprüfung der Geräte notwendig sein

3.1.19

elektrotechnische Arbeiten

Arbeiten an, mit oder in der Nähe einer Starkstromanlage, z. B. Erproben und Messen, Instandsetzen, Auswechseln, Ändern, Erweitern, Errichten und Prüfen

3.2 Anlagen

3.2.1

abgeschlossene elektrische Betriebsstätte

Raum oder Ort für den Betrieb elektrischer Anlagen und Betriebsmittel, der unter Verschluss gehalten wird und eindeutig durch geeignete Warnschilder gekennzeichnet ist. Zutritt haben Elektrofachkräfte und elektrotechnisch unterwiesene Personen oder Laien, letztere jedoch nur in Begleitung von Elektrofachkräften oder elektrotechnisch unterwiesenen Personen. Der Zugang kann z. B. durch Öffnen einer Tür oder Entfernen einer Schutzabdeckung mit Hilfe eines Schlüssels oder eines Werkzeuges erfolgen

3.2.2

brandgefährdete Betriebsstätten

Räume, Bereiche oder Orte, im Innenraum oder im Freien, in denen die Gefahr besteht, dass sich nach den örtlichen oder betrieblichen Verhältnissen leicht entzündliche feste Stoffe in gefährdender Menge den elektrischen Betriebsmitteln so nähern können, dass höhere Temperaturen an diesen Betriebsmitteln oder Lichtbögen eine Brandgefahr bilden

3.2.3

Auffangwanne

Becken zur Aufnahme der Isolierflüssigkeit eines Transformators oder eines anderen Betriebsmittels im Falle einer Leckage

[IEV 605-02-30, geändert].

3.2.4

Sammelbehälter

Behälter für ausfließende Flüssigkeiten, Regenwasser usw. für einen oder mehrere Transformatoren oder ein anderes Betriebsmittel

3.2.5

Sammelschiene

Leiter mit zugehörigen Anschlüssen, Verbindungen und isolierten Stützen, der eine galvanische Verbindung zwischen einer Anzahl von Stromkreisen oder einzelnen Geräten herstellt

3.3 Anlagenarten

3.3.1

Stationen

Teil eines elektrischen Netzes, der an einem bestimmten Ort hauptsächlich die Enden der Übertragungs- oder Verteilungsleitungen, Schaltanlagen, Gebäude und möglicherweise Transformatoren umfasst. Eine Station enthält im Allgemeinen Einrichtungen für Zwecke der Netzsicherheit und -führung (z. B. Schutzeinrichtungen)

BEISPIELE: Übertragungsstation (eines Übertragungsnetzes), Verteilungsstation, 400-kV-Station, 20-kV-Station.

ANMERKUNG Die Station kann entsprechend der Art des Netzes näher gekennzeichnet werden.

[IEV 605-01-01]

3.3.2

Kraftwerk

zur Erzeugung elektrischer Energie bestimmte Anlage einschließlich der Einrichtungen aus dem Hoch- und Tiefbau, der Energieumwandlung sowie der dazugehörigen Hilfseinrichtungen

[IEV 602-01-01]

3.3

Anlage in offener Bauweise

Anlagen, deren Betriebsmittel keinen Schutz gegen direktes Berühren haben

3.3.4

Anlage in gekapselter Bauweise

Anlagen, deren Betriebsmittel einen Schutz gegen direktes Berühren haben

ANMERKUNG Schutzgrade der Umhüllung siehe IEC 60529.

3.3.5

Schaltfeld oder Schaltzelle

jeder Abgang von einer Sammelschiene in einer Anlage

3.4 Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag

3.4.1

Schutz gegen direktes Berühren

Maßnahmen, die verhüten, dass Personen mit ihren Körperteilen oder Gegenständen in gefährliche Nähe von aktiven Teilen (Erreichen der Gefahrenzone) oder von solchen Teilen gelangen, die eine gefährliche Spannung führen können

3.4.2

Schutz bei indirektem Berühren

Schutz von Personen vor Gefahren, die im Fehlerfall beim Berühren zugänglicher leitfähiger Teile elektrischer Betriebsmittel oder fremder leitfähiger Teile entstehen können

3.4.3

Umhüllung (Kapselung)

Teil, das Betriebsmittel gegen bestimmte äußere Einflüsse schützt und durch das Schutz gegen direktes Berühren in allen Richtungen gewährt wird

[IEV 826-03-12]

3.4.4

Schutzabdeckung

Teil, das Schutz gegen direktes Berühren aus allen üblichen Zugriffsrichtungen bietet

[IEV 195-06-15]

3.4.5

Schutzhindernis

Teil, das unabsichtliches direktes Berühren, nicht aber direktes Berühren durch eine absichtliche Handlung verhindert

[IEV 195-06-16]

3.5 Abstände

3.5.1

Luftstrecke

Abstand zwischen zwei leitfähigen Teilen längs eines Fadens, der auf dem kürzesten Weg zwischen diesen Teilen gespannt ist

[IEV 441-17-31]

3.5.2

Mindestabstand

kleinste zulässige Luftstrecke zwischen aktiven Teilen oder zwischen aktiven Teilen und Erde

3.5.3

Schutzvorrichtungsabstand für Abdeckungen

kleinste zulässige Luftstrecke zwischen Schutzabdeckung und aktiven Teilen oder solchen Teilen, die eine gefährliche Spannung annehmen können

3.5.4

Schutzvorrichtungsabstand für Hindernisse

kleinste zulässige Luftstrecke zwischen Schutzhindernis und aktiven Teilen oder solchen Teilen, die eine gefährliche Spannung annehmen können

3.5.5

Gefahrenzone

Bereich ohne vollständigen Schutz gegen direktes Berühren, der durch den Mindestabstand um aktive Teile begrenzt ist

ANMERKUNG Das Erreichen der Gefahrenzone wird dem Berühren spannungsführender Teile gleichgesetzt.

3.5.6

Annäherungszone

Bereich, der die Gefahrenzone umgibt und dessen äußere Grenze durch den Abstand D_v festgelegt ist

ANMERKUNG 1 Die äußere Grenze der Annäherungszone hängt von der Spannung der aktiven Teile ab.

ANMERKUNG 2 Arbeiten in der Annäherungszone umfasst alle Tätigkeiten, bei denen der Arbeitende sich entweder in diesem Bereich aufhält, oder mit Körperteilen, Werkzeugen, Ausrüstungen oder Geräten in diesen Bereich eindringt, die Gefahrenzone jedoch nicht erreicht.

3.5.7

Arbeitsabstand

kleinster zulässiger Abstand (D_w) zwischen einem aktiven Teil und einer arbeitenden Person innerhalb der Station oder unmittelbar benutzten leitfähigen Werkzeugen

[IEV 605-02-25, geändert]

ANMERKUNG 1 Werte für Elektrofachkräfte oder elektrotechnisch unterwiesene Personen sind im Bild 3 angegeben. Dies bezieht sich ausschließlich auf Arbeiten nicht unter Spannung. Spezifische Definitionen im Bezug auf Arbeiten unter Spannung finden sich in IEC 60050 (651).

ANMERKUNG 2 In Europa wird anstelle des Begriffs „Arbeitsabstand“ der Begriff „Mindest-Arbeitsabstand“ verwendet.

3.5.8

Schutzvorrichtungsabstand an der äußeren Umzäunung

kleinste zulässige Luftstrecke zwischen der äußeren Umzäunung und aktiven Teilen oder solchen Teilen, die eine gefährliche Spannung annehmen können

3.5.9

Mindesthöhe

kleinste zulässige vertikale Luftstrecke zwischen begehbaren Flächen und aktiven Teilen ohne Schutzvorrichtungen oder solchen Teilen, die eine gefährliche Spannung annehmen können

3.6 Steuerung und Schutz

3.6.1

Verriegelungseinrichtung

Einrichtung, die die Betätigung eines Schaltgeräts von der Stellung oder der Betätigung eines oder mehrerer anderer Betriebsmittel abhängig macht

[IEV 441-16-49]

3.6.2

Vor-Ort-Steuerung

Steuerung einer Betätigung am zu steuernden Schaltgerät oder in dessen Nähe

[IEV 441-16-06]

3.6.3

Fernsteuerung

Steuerung einer Betätigung entfernt vom zu steuernden Schaltgerät

[IEV 441-16-07]

3.6.4

automatische Wiedereinschaltung (Kurzunterbrechung)

von einer automatischen Einrichtung gesteuerte Wiedereinschaltung des einem fehlerbehafteten Teil des Netzes zugeordneten Leistungsschalters, mit der Erwartung, dass der Fehler während der Unterbrechungszeit verschwindet

[IEV 604-02-32]

3.7 Erdung

3.7.1

(örtliche) Erde

Teil der Erde, der sich im elektrischen Kontakt mit einem Erder befindet und dessen elektrisches Potential nicht notwendigerweise null ist

ANMERKUNG Das elektrische Potential von leitfähigem Erdreich wird an jedem Punkt vereinbarungsgemäß gleich null gesetzt.

[IEV 195-01-03, geändert]

3.7.2

Bezugserde

elektrisch leitfähig angesehener Teil der Erde, dessen elektrisches Potential vereinbarungsgemäß gleich null gesetzt wird und der außerhalb des Einflussbereichs von relevanten Erdungsanlagen liegt

ANMERKUNG Unter „Erde“ ist hier der Planet mit seiner gesamten Substanz zu verstehen.

[IEV 195-01-01, geändert]

3.7.3

Erder

leitfähiges Teil, das im elektrischen Kontakt mit Erde steht und in ein bestimmtes leitfähiges Medium, z. B. Beton, eingebettet sein kann

[IEV 195-02-01, geändert]

3.7.4

Erdungsleiter

Leiter, der einen Strompfad oder einen Teil des Strompfads zwischen einem gegebenen Punkt in einem Netz, in einer Anlage oder in einem Betriebsmittel und einem Erder herstellt

[IEV 195-02-03]

ANMERKUNG Wenn die Verbindung zwischen einem Anlagenteil und dem Erder über eine Trennlasche, einen Trennschalter, eine Zähl- oder Kontrollfunkenstrecke für Überspannungsableiter usw. vorgenommen wird, dann ist nur der Teil der Verbindung ein Erdungsleiter, der ständig an den Erder angeschlossen ist

3.7.5

Potentialausgleichsleiter

Schutzleiter zum Sicherstellen des Potentialausgleiches

[IEV 826-04-10, geändert]

3.7.6

Erdungsanlage

Gesamtheit der zum einzelnen oder gemeinsamen Erden eines Betriebsmittels oder einer Anlage erforderlichen Verbindungen und Erder

[IEV 604-04-02]

3.7.7

Tiefenerder

in den Erdboden getriebener, aus einem Metallstab bestehender Erder

[IEV 604-04-09]

3.7.8

Konstruktionsteile mit Erderwirkung

metallenes Teil, das entweder direkt oder über Beton mit der Erde oder mit Wasser in leitendem Kontakt steht und dessen ursprünglicher Zweck nicht die Erdung ist, welches aber alle Anforderungen eines Erders erfüllt ohne Beeinträchtigung des ursprünglichen Zwecks

ANMERKUNG Beispiele für Konstruktionsteile mit Erderwirkung sind metallene Rohrleitungen, Spundwände, Betonpfahlbewehrungen, Stahlteile von Bauwerken usw.

3.7.9

spezifischer Erdwiderstand

ρ_E

spezifischer Widerstand einer charakteristischen Probe einer Bodenart

3.7.10

Ausbreitungswiderstand

R_E

Realteil der Erdungsimpedanz

3.7.11

Erdungsimpedanz

Z_E

Impedanz bei einer gegebenen Frequenz zwischen der Bezugserde und einem bestimmten Punkt in einem System oder einer Anlage oder einem Betriebsmittel

ANMERKUNG Die Erdungsimpedanz wird nicht nur von den unmittelbar angeschlossenen Erdern bestimmt, sondern auch durch angeschlossene Erdseile von Freileitungen sowie von Bodenseilen, durch angeschlossene Kabel mit Erderwirkung sowie durch andere Erdungsanlagen, die mit der betreffenden Erdungsanlage durch Kabelmäntel und -schirme, PEN-Leiter oder auf andere Weise leitend verbunden sind.

3.7.12

Erdungsspannung

EPR

Spannung zwischen einer Erdungsanlage und der Bezugserde

3.7.13

Potential

Spannung zwischen einem Betrachtungspunkt und der Bezugserde

3.7.14

Berührungsspannung

U_T

Spannung zwischen leitfähigen Teilen, wenn diese gleichzeitig berührt werden

ANMERKUNG Der Wert der Berührungsspannung kann durch die Impedanz des mit diesem leitfähigen Teil im elektrischen Kontakt stehenden Menschen erheblich beeinflusst werden.

[IEV 195-05-11, geändert]

3.7.15

Leerlauf-Berührungsspannung

Spannung zwischen gleichzeitig berührbaren leitfähigen Teilen, wenn solche leitfähigen Teile nicht berührt werden

[IEV 195-05-09, geändert]

3.7.16

Schrittspannung

U_S

Spannung zwischen zwei Punkten auf der Erdoberfläche, die 1 m voneinander entfernt sind, was als Schrittlänge eines Menschen angenommen wird

[IEV 195-05-12]

3.7.17

Potentialverschleppung

Verschleppung des Potentials einer Erdungsanlage durch einen mit dieser verbundenen Leiter (z. B. Kabelschirm, PEN-Leiter, Rohrleitung, Gleise) in Gebiete mit geringer oder keiner Potentialanhebung gegenüber der Bezugserde, so dass an diesem Leiter ein Potentialunterschied gegen die Umgebung abgreifbar ist

ANMERKUNG Das gilt auch für einen Leiter, der aus dem Bereich der Bezugserde kommt und in den Bereich des angehobenen Erdpotentials führt.

3.7.18

Beanspruchungsspannung

Spannung, die bei einem Erdfehler zwischen einem geerdetem Teil oder der Umhüllung von Betriebsmitteln oder Anlageteilen und jedem anderen seiner Teile auftritt und sich auf den Normalbetrieb oder die Sicherheit auswirken könnte

3.7.19

globales Erdungssystem

ein durch die Verbindung von örtlichen Erdungsanlagen hergestelltes Erdungssystem, das sicherstellt, dass durch den geringen gegenseitigen Abstand dieser Erdungsanlagen keine gefährlichen Berührungsspannungen auftreten. Solche Systeme bewirken eine Verteilung der Erdfehlerströme in der Weise, dass die Erdungsspannung der örtlichen Erdungsanlage reduziert wird. Solch ein System bildet eine Quasiäquipotentialfläche

ANMERKUNG Das Bestehen eines globalen Erdungssystems kann durch Muster-Messungen oder Berechnungen für typische Anordnungen nachgewiesen werden. Typische für globale Erdungssysteme sind Stadtzentren, städtische oder industrielle Bereiche mit verteilten Nieder- und Hochspannungserdungen.

3.7.20

mehrfach geerdeter Hochspannungs-Neutralleiter

Neutralleiter einer Verteilungsleitung, der mit der Erdungsanlage des speisenden Transformators verbunden und mehrfach geerdet ist

3.7.21

Körper (eines elektrischen Betriebsmittels)

berührbares, leitfähiges Teil eines Betriebsmittels, das normalerweise nicht unter Spannung steht, das jedoch unter Spannung stehen kann, wenn die Isolierung fehlerhaft wird

[IEV 826-03-02, geändert]

3.7.22

fremdes leitfähiges Teil

leitfähiges Teil, das nicht zur elektrischen Anlage gehört, das jedoch ein elektrisches Potential, einschließlich des Potentials der örtlichen Erde, einführen kann

[IEV 826-03-03, geändert]

3.7.23

PEN-Leiter

geerdeter Leiter, der zugleich die Funktionen des Schutzleiters und des Neutralleiters erfüllt

[IEV 826-04-06, geändert]

3.7.24

Erdfehler

Fehler, der dadurch verursacht wird, dass ein Leiter mit Erde verbunden wird oder dass der Isolationswiderstand zur Erde kleiner wird gegenüber dem spezifizierten Wert

[IEV 151-03-40 (1978)]

ANMERKUNG Erdfehler, an denen zwei oder mehrere Außenleiter desselben Netzes an unterschiedlichen Stellen beteiligt sind, werden als Doppel- oder Mehrfacherdschluss bezeichnet.

3.7.25

Erdfehlerstrom

I_F

Strom, der vom Betriebsstromkreis zur Erde oder zu geerdeten Teilen an der Fehlerstelle (Ort des Erdfehlers) fließt

Das ist bei einpoligen Erdfehlern

- in Netzen mit isoliertem Sternpunkt der kapazitive Erdschlussstrom;
- in Netzen mit hochohmiger Sternpunktterdung der ohmsche-kapazitive Erdschlussstrom;
- in Netzen mit Erdschlusskompensation der Erdschlussreststrom;
- in Netzen mit niederohmiger Sternpunktterdung der Anfangskurzschlusswechselstrom

3.7.26

Sternpunkt-Ausgleichsstrom

Fehlerstromanteil, der über elektrisch leitfähige Teile oder die Erdungsanlage zum Transformatorsternpunkt zurückfließt, ohne sich in den Erdboden abzuleiten

4 Grundlegende Anforderungen

4.1 Allgemeines

4.1.1 Allgemeine Anforderungen

Anlagen und Betriebsmittel müssen den am Einsatzort zu erwartenden elektrischen, mechanischen, klimatischen und Umwelteinflüssen standhalten.

Die Gestaltung sollte berücksichtigen:

- der Zweck der Anlage;

- die Anforderungen des Betreibers, wie z. B. Spannungsqualität, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Fähigkeit des elektrischen Netzes, den Einflüssen von vorübergehenden Beanspruchungen standzuhalten, wie Anlauf von großen Motoren, kurze Leistungsausfälle und Wiederherstellung der Versorgung;
- die Sicherheit für Betriebspersonal und die Öffentlichkeit;
- die Möglichkeit für Erweiterungen (wenn gefordert) und für Instandhaltung.

Der Betreiber sollte die Wünsche für besondere Wartungsmerkmale festlegen und sollte die Sicherheitsanforderungen bestimmen, die für Aufteilungen der Schalt- und der Steuergeräte zu treffen sind, um einen minimalen Anlagenausfall sicherzustellen. Wenn nötig sollte die Aufteilung der Schaltanlage so vorgenommen werden, dass die Fehlerausbreitung minimiert wird, einschließlich der Brandausbreitung aus einem betroffenen Bereich in einen angrenzenden Bereich.

Es gibt seltene oder kaum gleichzeitig wirkende Betriebsbedingungen, die auftreten können und für die besondere Gestaltungskriterien zwischen Lieferant (Hersteller) und Betreiber vereinbart werden sollten. In solchen Fällen sind Maßnahmen zu ergreifen, um unsicheren Zuständen vorzubeugen und um Beschädigungen von elektrischen Geräten oder Anlagenteilen zu vermeiden.

Die Generatoren müssen den Anforderungen für den Anschluss an das elektrische Netz entsprechen, d. h. hinsichtlich der Spannungsregulierung, der Frequenzübertragung, usw.

4.1.2 Vereinbarungen zwischen Lieferant (Hersteller) und Betreiber

Bei der Gestaltung der Anlage sollte die Betriebsführung des Betreibers berücksichtigt werden.

Für die Gestaltung und Errichtung der Starkstromanlagen müssen zusätzliche Vereinbarungen zwischen Lieferant/Auftragnehmer/Planer und Betreiber/Auftraggeber/Eigentümer eingehalten werden, die auch Auswirkungen auf notwendige betriebliche Anforderungen haben können. Hinweise sind in folgenden Abschnitten enthalten:

Abschnitt	Überschrift
4.1.1	Allgemeine Anforderungen (besondere Gestaltungskriterien)
4.2.2	Klassifizierung der Spannung
4.4.2.1	Klima und Umweltbedingungen (Hilfseinrichtungen/Innenraum)
4.4.2.2	Klima und Umweltbedingungen (Hilfseinrichtungen/Freiluft)
4.4.3.1	Abweichende Klimabedingungen
6.1.2	Anlagenspezifische Betriebs- und Sicherheitsanforderungen
6.2.1.1	Erkennungsmethode (Kontaktposition von Schaltern und Trennschaltern)
6.2.1.3	Verriegelungen und/oder Sperrvorrichtungen
6.2.1.4	Erdungsschalter (verminderte Bemessungsdaten)
6.2.1.6	Bemessung von Schaltgeräten (besondere Anforderungen)
6.2.8.1	Verschmutzungsgrad
6.2.8.2	Freiluftisolatoren bei Verschmutzung oder starker Feuchtigkeit
6.2.9.1	Kabel/Leitungen (Temperatur)
7.1	Höhere Werte für Abstände, Luftstrecken und Maße
7.1	Anlagen (Betriebsabläufe)
7.1.2	Dokumentation (Umfang der Dokumentation)
7.1.3.1	Transportwege (Tragfähigkeit, Höhe und Breite)
7.1.5	Beleuchtung (Vorhandensein und der Umfang der Beleuchtung)

Abschnitt	Überschrift
7.5.4	Betriebs- und Instandhaltungsbereiche (Fluchweglängen)
8.3	Schutz bei Arbeiten an elektrischen Anlagen (Arbeitsmethoden)
8.3.3	Einrichtungen zum Feststellen der Spannungsfreiheit (Umfang der Bereitstellung)
8.3.4	Einrichtungen zum Erden und Kurzschließen (Umfang der Bereitstellung oder Lieferung)
8.3.5.1	Einrichtungen zum Abdecken benachbarter unter Spannung stehender Teile (Umfang der einsetzbaren, isolierenden Schutzplatten)
8.3.5.2	Einrichtungen zum Abdecken benachbarter unter Spannung stehender Teile (Umfang der einsetzbaren Trennwände)
8.4	Schutz vor Gefährdung durch Störlichtbögen (Bedeutungsgrad der Maßnahmen)
8.5	Schutz gegen direkte Blitzeinschläge (anzuwendendes Auslegungsverfahren)
8.6.1	Anforderungen an Löscheinrichtungen
9.1.2	Überwachungs- und Steuerungssysteme (Untersuchungen zur Schutzstaffelung)
9.3.6	Druckluftanlagen (Anzahl von Trenn- und Entwässerungsstellen)
9.4	SF ₆ -Gas-Wartungsgeräte (Konstruktion und Kapazität der Geräte)
11	Inspektion und Prüfung (Umfang der Kontrolle und Prüfung/Spezifikationen/Dokumentation)
11.1.2	Prüfungen während der Errichtung und Inbetriebnahme (Anforderungen/Prüfeinrichtungen/ Prüfplan)
11.1.3	Probetrieb (Durchführung)

4.2 Elektrische Anforderungen

4.2.1 Arten der Sternpunktterdung

Die Art der Sternpunktterdung eines Netzes ist wichtig für:

- Wahl des Isolationspegels;
- Kennwerte von überspannungsbegrenzenden Einrichtungen, wie Funkenstrecken oder Überspannungsableitern;
- Auswahl von Schutzrelais.

Beispiele für Sternpunktterdungen sind:

- Netz mit isoliertem Sternpunkt;
- Netz mit Erdschlusskompensation;
- Netz mit hochohmiger Sternpunktterdung;
- Netz mit niederohmiger Sternpunktterdung.

Die Wahl der Sternpunktterdung berücksichtigt normalerweise folgende Kriterien:

- Örtliche Vorschriften (falls vorhanden);
- Geforderte Versorgungssicherheit des Netzes;
- Begrenzung der Schäden an Betriebsmitteln durch Erdschlüsse;
- Selektive Abschaltung fehlerhafter Netzteile;
- Feststellung der Fehlerstelle;
- Berührungs- und Schrittspannungen;

- Induktiver Scheinwiderstand;
- Betriebs- und Instandhaltungsgesichtspunkte.

In einem galvanisch verbundenen Netz gibt es nur eine Art der Sternpunktterdung. Galvanisch nicht verbundene Netze können unterschiedliche Arten der Sternpunktterdung haben. Wenn unterschiedliche Sternpunkt-konfigurationen während des Normalbetriebs oder bei anormalen Betriebsbedingungen vorkommen können, sollten die Geräte und die Schutzeinrichtungen für diese Betriebsbedingungen ausgelegt sein.

4.2.2 Klassifizierung der Spannung

Die Nennspannung und die maximale Betriebsspannung des Netzes müssen vom Betreiber festgelegt werden. Auf der Grundlage der maximalen Betriebsspannung muss die höchste Spannung der Anlage (U_m) entweder in der Tabelle 1, Tabelle 2 oder im Anhang A ausgewählt werden.

4.2.3 Betriebsstrom

Jedes Teil einer Anlage muss so ausgelegt und aufgebaut sein, um den Strömen unter festgelegten Betriebsbedingungen standzuhalten.

4.2.4 Kurzschlussstrom

4.2.4.1 Anlagen müssen so ausgelegt, konstruiert und errichtet werden, dass sie den mechanischen und thermischen Auswirkungen eines Kurzschlussstromes sicher standhalten.

4.2.4.2 Im Sinne dieser Norm müssen alle Kurzschlussarten berücksichtigt werden, z. B.:

- dreipoliger Kurzschluss
- zweipoliger Kurzschluss;
- einpoliger Erdkurzschluss;
- zweipoliger Kurzschluss mit Erdberührung.

Für Anlagen müssen selbsttätige Einrichtungen zum Abschalten von dreipoligen und zweipoligen Kurzschlüssen vorgesehen werden.

Für Anlagen müssen entweder Einrichtungen zum selbsttätigen Abschalten von gefährlichen Erdschlüssen oder zum Anzeigen des Erdschlusszustandes vorgesehen werden. Die Auswahl der Einrichtungen ist hauptsächlich von der Art der Sternpunktterdung abhängig.

4.2.4.3 Der genormte Wert für die Bemessungs-Kurzschlussdauer beträgt 1 s.

ANMERKUNG 1 Wenn ein von 1 s abweichender Wert zweckmäßig ist, werden Werte von 0,5 s, 2,0 s und 3,0 s empfohlen.

ANMERKUNG 2 Die Bemessungsdauer muss die Zeit der Kurzschlussabschaltung berücksichtigen.

4.2.4.4 Verfahren für die Berechnung von Kurzschlussströmen in Drehstromnetzen sind in IEC 60909 angegeben.

4.2.4.5 Verfahren für die Berechnung der Auswirkungen von Kurzschlussströmen sind in IEC 60865-1 und für Starkstromkabel in IEC 60949 angegeben.

4.2.5 Bemessungsfrequenz

Anlagen müssen für die Bemessungsfrequenz ausgelegt sein, mit der sie betrieben werden.

4.2.6 Korona

Anlagen müssen so gestaltet sein, dass durch elektromagnetische Felder (z. B. verursacht durch Korona Effekte) bedingte hochfrequente Störungen einen festgelegten Pegel nicht überschreiten.

ANMERKUNG 1 Empfehlungen zur Minimierung der hochfrequenten Störungen durch Hochspannungsanlagen sind im Bericht CISPR 18-1, CISPR 18-2 und CISPR 18-3 enthalten.

ANMERKUNG 2 Höchstzulässige Störpegel können durch nationale oder örtliche Behörden festgelegt sein.

ANMERKUNG 3 Hinweise zu annehmbaren Störpegeln für Schalt- und Steuergeräte können der IEC 62271-1 entnommen werden.

Wenn die zulässigen Werte überschritten werden, kann der Störpegel überprüft werden, z. B. durch das Anbringen von Korona-Armaturen oder durch Verändern der Armaturen bei Hochspannungs-Isolatoren, Stützisolatoren, Leiterverbindungen und Geräteanschlüssen.

4.2.7 Elektrische und magnetische Felder

Durch die Gestaltung der Anlage sollten die elektrischen und magnetischen Felder, die durch unter Spannung stehende Betriebsmittel erzeugt werden, auf zulässige Werte für betroffene Personen begrenzt werden.

ANMERKUNG Nationale und/oder internationale Bestimmungen können die zulässigen Werte festlegen.

4.2.8 Überspannungen

Geräte müssen gegen Überspannungen geschützt werden, die durch Schaltvorgänge oder Blitz entstehen und die Steh-Prüfspannungen überschreiten können.

4.2.9 Oberwellen

Die Auswirkungen von Oberwellen bei Strömen und Spannungen auf die Anlage sollten berücksichtigt werden, z. B. bei Industrieanlagen. Fourier-Analysen können erforderlich sein, um festzustellen, welche Änderungsmaßnahmen notwendig sind, um die lokalen Bestimmungen und/oder einen fehlerfreien Betrieb des gesamten elektrischen Netzes sicherzustellen.

4.3 Mechanische Anforderungen

4.3.1 Geräte und Tragkonstruktion

Betriebsmittel und Tragkonstruktionen, einschließlich ihrer Fundamente, müssen den zu erwartenden mechanischen Beanspruchungen standhalten.

Zwei Lastfälle sind zu berücksichtigen: Normallast und Ausnahmelast. Für jeden dieser Lastfälle sind verschiedene Kombinationen zu untersuchen; die ungünstigste Kombination ist der Bestimmung der mechanischen Festigkeit der Konstruktionen zugrunde zu legen.

Für den Normal-Lastfall sind folgende Lasten zu berücksichtigen:

- Eigengewicht;
- Zuglast;
- Montagelast;
- Eislast;
- Windlast.

ANMERKUNG 1 Möglicherweise müssen vorübergehende Beanspruchungen und Lasten berücksichtigt werden, die bei Errichtung und Instandhaltungsvorgängen auftreten können. Bestimmte Betriebsmittel können durch periodische Lasten beeinträchtigt werden (Hinweise siehe jeweilige Betriebsmittel-Norm).

Für den Ausnahme-Lastfall sind Eigengewicht und Zuglast gleichzeitig mit der größten der folgenden fallweise auftretenden Lasten zu berücksichtigen:

- Schaltkräfte;
- Kurzschlusskräfte;
- Wegfall eines Leiterzugs.

ANMERKUNG 2 Die Wahrscheinlichkeit von Lasten durch Erdbeben sollte bei der Ermittlung des Ausnahme-Lastfalls berücksichtigt werden (siehe auch 4.4.3.5).

4.3.2 Zuglast

Die Zuglast ist aus dem maximalen Leiterzug unter den ungünstigsten Bedingungen entsprechend den örtlichen Gegebenheiten zu berechnen.

Mögliche Kombinationen sind z. B.:

- –20 °C ohne Eis und ohne Wind;
- –5 °C mit Eis und ohne Wind;
- +5 °C mit Wind.

4.3.3 Montagelast

Die Montagelast ist eine Last von mindestens 1,0 kN an der kritischsten Stelle einer Tragkonstruktion, eines Spannportals usw.

4.3.4. Eislast

In Gebieten, in denen Vereisung auftreten kann, ist die dadurch auf Leiterseile sowie auf biegesteife Sammelschienen und Leiter wirkende Last zu berücksichtigen.

Wenn keine örtlichen Erfahrungen oder Statistiken verfügbar sind, dürfen Eisschichten von 1 mm, 10 mm oder 20 mm nach den in IEC 62271-1 angegebenen Kriterien angenommen werden. Die Eisdichte wird nach IEC 60826 mit 900 kg/m³ angesetzt.

4.3.5 Windlast

Windlasten können in Abhängigkeit von örtlichen topographischen Einflüssen und der Höhe der Bauteile über dem umgebenden Gelände sehr unterschiedlich sein und müssen berücksichtigt werden. Dabei ist die ungünstigste Windrichtung zu berücksichtigen

IEC 62271-1 beinhaltet die Anforderungen an Schalt- und Steuergeräte bei Windlast.

4.3.6 Schaltkräfte

Schaltkräfte sind bei der Auslegung von Tragkonstruktionen zu berücksichtigen. Die Kräfte sind vom Hersteller der Betriebsmittel anzugeben.

4.3.7 Kurzschlusskräfte

Mit den Berechnungsverfahren nach IEC 60865-1, Teil 1 können die mechanischen Auswirkungen eines Kurzschlusses abgeschätzt werden.

ANMERKUNG Die CIGRE-Broschüre „The mechanical effects of short-circuit currents in open air substations“ enthält zusätzliche Hinweise.

4.3.8 Wegfall eines Leiterzugs

Eine Konstruktion mit auf Zug beanspruchten Isolatorketten ist so auszulegen, dass sie dem Verlust der Leiterzugkraft durch Bruch desjenigen Isolators oder Leiters standhält, durch den der ungünstigste Lastfall verursacht wird.

ANMERKUNG 1 Üblicherweise gehen die Berechnungen von 0 °C Umgebungstemperatur sowie fehlender Eis- und Windlast aus.

ANMERKUNG 2 Im Falle von Bündelleitern braucht nur der Ausfall eines Leiters berücksichtigt zu werden.

4.3.9 Schwingungen

Durch Wind, elektromagnetische Beanspruchungen und Verkehr (z. B. zeitweiligen Straßen- und Bahnverkehr) verursachte Schwingungen sind zu berücksichtigen. Die Schwingungsfestigkeit der Betriebsmittel ist vom Hersteller anzugeben.

4.3.10 Bemessung der Tragkonstruktionen

Tragkonstruktionen sind nach anwendbaren Richtlinien und Normen zu bemessen. Sicherheitsfaktoren sind in nationale Regeln enthalten.

4.4 Klima- und Umweltbedingungen

4.4.1 Allgemeines

Anlagen, einschließlich aller zugehörigen Geräte und Hilfseinrichtungen, sind für den Betrieb unter den nachstehend angegebenen Klima- und Umweltbedingungen auszulegen.

Das Vorkommen von Spritzwasser, Fremdkörpern, Stäuben, korrosiven Stoffen und gefährlichen Gasen muss so spezifiziert werden, dass geeignete elektrische Betriebsmittel ausgewählt werden können. Die Klassifizierung von gefährlichen Gebieten muss in Übereinstimmung mit IEC 60079-10 und IEC 61241-10 erfolgen.

4.4.2 Normale Bedingungen

4.4.2.1 Innenraum

- a) Die Umgebungstemperatur überschreitet nicht 40 °C und ihr Mittelwert, gemessen über einen Zeitraum von 24 h, überschreitet nicht 35 °C.

Die tiefste Umgebungstemperatur beträgt –5 °C für die Klasse „Minus 5 Innenraum“, –15 °C für die Klasse „Minus 15 Innenraum“ und –25 °C für die Klasse „Minus 25 Innenraum“.

Hilfsgeräte, wie Relais und Hilfsstromschalter, die vorgesehen sind für den Betrieb bei Umgebungstemperaturen unter –5 °C, bedürfen einer Vereinbarung zwischen Hersteller und Betreiber.

- b) Der Einfluss von Sonneneinstrahlung kann vernachlässigt werden.
- c) Die Aufstellungshöhe überschreitet nicht 1000 m über NN.
- d) Die Umgebungsluft ist nicht wesentlich durch Staub, Rauch, korrosive und/oder brennbare Gase, Dämpfe oder Salze verschmutzt.
- e) Der Mittelwert der relativen Luftfeuchtigkeit überschreitet in einem Zeitraum von 24 h nicht den Wert 95 %.

Kondensation kann unter diesen Bedingungen gelegentlich auftreten.

ANMERKUNG 1 Kondensation ist zu erwarten, wenn plötzliche Temperaturänderungen bei hoher Luftfeuchtigkeit auftreten.

ANMERKUNG 2 Um Versagen der Isolation und/oder Korrosion der Metallteile, verursacht durch hohe Luftfeuchtigkeit und Kondensation zu vermeiden, sollten für den Betrieb Geräte verwendet werden, die für solche Bedingungen gebaut und getestet wurden.

ANMERKUNG 3 Kondensation kann durch spezielle Ausführung des Gebäudes oder des Gehäuses, durch geeignete Lüftung und Heizung der Anlage oder durch Entfeuchtungseinrichtungen verhindert werden.

- f) Schwingungen, verursacht außerhalb des Betriebsmittels oder durch Erdbeben, sind vernachlässigbar.
- g) Elektromagnetische Störungen sollten berücksichtigt werden, wie im IEC Guide 107 beschrieben.

4.4.2.2 Freiluft

- a) Die Umgebungstemperatur überschreitet nicht 40 °C und ihr Mittelwert, gemessen über einen Zeitraum von 24 h, überschreitet nicht 35 °C.

Die tiefste Umgebungstemperatur beträgt –10 °C für die Klasse „Minus 10 Freiluft“, –25 °C für die Klasse „Minus 25 Freiluft“ und –40 °C für die Klasse „Minus 40 Freiluft“.

Schnelle Temperaturänderungen sollten berücksichtigt werden.

Hilfseinrichtungen, wie Relais und Hilfsstromschalter, die für den Betrieb bei Umgebungstemperaturen unter –5 °C vorgesehen sind, bedürfen einer Vereinbarung zwischen Hersteller und Betreiber.

- b) Die Intensität der Sonneneinstrahlung bis zu 1000 W/m² an einem klaren Tag am Mittag sollte berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 Unter bestimmten Bedingungen der Sonnenstrahlung können angemessene Maßnahmen wie Überdachung, verstärkte Kühlung usw. oder Reduzierung der Leistung erforderlich sein, um den zulässigen Temperaturanstieg nicht zu überschreiten.

ANMERKUNG 2 Details zur globalen Sonneneinstrahlung können aus IEC 60721-2-4 entnommen werden.

ANMERKUNG 3 UV-Strahlung kann einige Kunststoffe beschädigen. Weitere Einzelheiten können aus IEC 60068 entnommen werden.

- c) Die Aufstellungshöhe überschreitet nicht 1000 m über NN.
- d) Die Umgebungsluft ist nicht wesentlich durch Staub, Rauch, korrosive Gase, Dämpfe oder Salze verschmutzt. Die Verschmutzung liegt nicht über dem Verschmutzungsgrad II – Mittel nach IEC 60815.
- e) Die Eisschicht ist nicht dicker als 1 mm für die Klasse 1, 10 mm für die Klasse 10 und 20 mm für die Klasse 20. Zusätzliche Informationen sind in Abschnitt 4.3.4 enthalten.
- f) Die Windgeschwindigkeit überschreitet nicht 34 m/s (dies entspricht 700 Pa auf zylindrischen Oberflächen).

ANMERKUNG Windkennwerte sind beschrieben in IEC 60721-2-2.

- g) Kondensation oder Niederschlag sollte berücksichtigt werden. Niederschlag in Form von Tau, Kondensation, Nebel, Regen, Schnee, Eis oder Raureif ist zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Niederschlagskennwerte für die Isolation sind beschrieben in IEC 60060-1 und IEC 60071-1. Niederschlagskennwerte für andere Merkmale sind beschrieben in IEC 60721-2-2.

- h) Schwingungen, verursacht außerhalb des Betriebsmittels oder durch Erdbeben, sind vernachlässigbar.
- i) Elektromagnetische Störungen sollten berücksichtigt werden, wie im IEC Guide 107 beschrieben.

4.4.3 Besondere Bedingungen

4.4.3.1 Allgemeines

Wenn Hochspannungs-Betriebsmittel unter anderen Umweltbedingungen, als den in 4.4.2 beschriebenen, eingesetzt werden, sollte der Betreiber in seinen Anforderungen auf die festgelegten Schritte nach den nachfolgenden Unterpunkten verweisen.

4.4.3.2 Aufstellungshöhe

Bei Anlagen, deren Aufstellungshöhe über 1000 m über NN liegt, ist der Isolationspegel der äußeren Isolation unter normalen atmosphärischen Bedingungen so festzulegen, dass die gewählte Bemessungsspannung am Einsatzort mit dem Korrekturfaktor K_a aus IEC 62271-1 multipliziert wird.

ANMERKUNG 1 Die dielektrischen Eigenschaften von inneren Isolationen unter Überdruck sind bei jeder Aufstellungshöhe identisch, so dass keine besonderen Vorkehrungen zu treffen sind.

ANMERKUNG 2 Für Niederspannungs-Hilfs- und Steuergeräte müssen bei einer Aufstellungshöhe bis 2000 m über NN keine besonderen Vorkehrungen getroffen werden. Bei größeren Aufstellungshöhen siehe IEC 60664-1.

ANMERKUNG 3 Die Druckänderung bezogen auf die Aufstellungshöhe ist in IEC 60721-2-3 angegeben. Im Hinblick auf diesen Effekt sollten folgende Punkte besonders beachtet werden:

- Wärmeaustausch durch Konvektion, Leitung oder Strahlung;
- Leistungsfähigkeit von Heizung oder Klimatisierung;
- Betriebsdruck unter Druck stehender Einrichtungen;
- Leistungsfähigkeit der Hilfsenergieaggregate oder der Druckluftstation;
- Zunahme von Koronaeffekten.

ANMERKUNG 4 Der Korrekturfaktor K_a aus IEC 62271-1 berücksichtigt, dass keine Änderungen für Höhen unter 1000 m erforderlich sind.

4.4.3.3 Verschmutzung

Für Betriebsmittel in einer verschmutzten Umgebungsluft sollte der Verschmutzungsgrad III: starke Verschmutzung oder IV: sehr starke Verschmutzung nach IEC 60815, angegeben werden.

4.4.3.4 Temperatur und Luftfeuchte

Für Betriebsmittel an Orten, an denen die Umgebungstemperatur von den in 4.4.2 beschriebenen normalen Betriebsbedingungen deutlich abweicht, sind die Bereiche für die niedrigste und höchste Temperatur wie folgt festzusetzen:

- 50 °C und +40 °C für sehr kaltes Klima;
- 5 °C und +50 °C für sehr warmes Klima.

In bestimmten Regionen mit häufigen warmen, feuchten Winden, kann es durch plötzliche Temperaturwechsel zu Kondensation kommen, auch in Innenräumen.

Bei tropischen Innenraumbedingungen kann der Mittelwert der relativen Luftfeuchtigkeit, gemessen über einen Zeitraum von 24 h, bei 98 % liegen.

In einigen unterirdischen Anlagen können Betriebsmittel unter Wasser angeordnet sein. Solche Betriebsmittel sollten entsprechend gestaltet sein und es sollten geeignete Betriebsabläufe festgelegt werden.

4.4.3.5 Schwingungen

Schwingungen, die auf äußere Ursachen zurückzuführen sind, sollten nach IEC 60721-2-6 betrachtet werden.

In erdbebengefährdeten Gebieten sind Erdbebeneinwirkungen bei der Auslegung von Anlagen durch die im Folgenden dargestellten Maßnahmen zu berücksichtigen:

- a) Jedes Betriebsmittel muss so ausgelegt sein, dass es den aus den vertikalen und horizontalen Bewegungen des Bodens resultierenden dynamischen Kräften standhält. Diese Wirkungen können durch das Verhalten des Fundaments und/oder der Tragkonstruktionen und/oder des Bodens, auf dem das Betriebsmittel installiert ist, verändert werden. Bei der Auslegung der Betriebsmittel ist das Impulsspektrum des Erdbebens zu berücksichtigen.
- b) Die Anordnung muss so sein, dass folgende Belastungen auf vertretbare Werte begrenzt werden:
 - Belastungen durch Verbindungen zwischen benachbarten Einrichtungen, die große relative axiale, seitliche, Dreh- oder andere Bewegungen aufnehmen müssen, wobei zu berücksichtigen ist, dass während eines Erdbebens weitere Beanspruchungen entstehen können;
 - Im Betrieb auftretende Beanspruchungen der Betriebsmittel, die über ein gemeinsames monolithisches Fundament oder einen gemeinsamen Boden übertragen werden können (z. B. das Auslösen/Wiedereinschalten von Leistungsschaltern).

Wenn Belastungsbestimmungen von Bauwerken und Betriebsmitteln auf die Erdbebensicherheit zutreffen, sind diese zu beachten.

4.5 Besondere Anforderungen

4.5.1 Auswirkungen von Kleinlebewesen und Mikroorganismen

Gegen Gefahren durch Vögel, andere Kleinlebewesen oder Mikroorganismen sind gegebenenfalls Maßnahmen zu treffen. Dies kann zweckmäßige Materialauswahl, Verhinderung des Zugangs sowie angemessene Heizung und Lüftung einschließen (weitere Einzelheiten siehe IEC 60721-2-7).

4.5.2 Geräuschpegel

Grenzwerte für den Geräuschpegel (üblicherweise von Verwaltungsbehörden vorgegeben) sind durch zweckentsprechende Maßnahmen wie die folgenden einzuhalten:

- schalldämmende Maßnahmen gegen Luft- oder Körperschall,
- Einsatz von Betriebsmitteln mit geringem Geräuschpegel.

Kriterien zur Lärmberechnung für verschiedene Orte und Tageszeiten sind in ISO 1996-1 angegeben.

4.5.3 Transport

Baustellentransporte, z. B. mit großen Transformatoren, und Lagerungsbeschränkungen können Auswirkungen auf die Gestaltung von Hochspannungsanlagen haben.

5 Isolation

Da bei konventionellen (luftisolierten) Anlagen normalerweise keine Stoßspannungsprüfung vorgenommen wird, sind für die Anlage Mindestabstände erforderlich zwischen spannungsführenden Teilen und Erde sowie zwischen den spannungsführenden Teilen der einzelnen Phasen, um einen Überschlag unterhalb dem gewählten Stehstoßpegel der Anlage, zu vermeiden.

Die Isolationskoordination muss IEC 60071-1 entsprechen.

5.1 Wahl des Isolationspegels

Der Isolationspegel ist entsprechend der festgelegten höchsten Spannung für Betriebsmittel U_m und/oder der Stehstoßspannung zu wählen.

5.1.1 Der gewählte Isolationspegel sollte in erster Linie die Betriebssicherheit gewährleisten, wobei die Sternpunktterdung des Netzes sowie die Kennwerte und die Anordnung der Überspannungs-Schutzeinrichtungen zu berücksichtigen sind.

5.1.1.1 In Anlagen, in denen eine hohe Betriebssicherheit gefordert wird, oder in denen die Netzkonfiguration, die Art der Sternpunktterdung oder der Schutz durch Überspannungsableiter es nicht zweckmäßig erscheinen lassen, den Isolationspegel zu senken, ist einer der höheren Werte aus Tabelle 1 und Tabelle 2 sowie Anhang A zu wählen.

5.1.1.2 In Anlagen, in denen die Netzkonfiguration, die Art der Sternpunktterdung oder der Schutz durch Überspannungsableiter es zweckmäßig erscheinen lassen, den Isolationspegel zu senken, sind die niedrigeren Werte aus Tabelle 1 und Tabelle 2 sowie Anhang A ausreichend.

5.1.2 Der Isolationspegel ist im Spannungsbereich I ($1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$) auf Basis der Bemessungs-Blitzstoßspannungen und der Bemessungs-Kurzzeit-Wechselspannungen der Tabelle 1, im Spannungsbereich II ($U_m > 245 \text{ kV}$) auf Basis der in Tabelle 2 angegebenen Bemessungs-Schaltstoßspannungen und der Bemessungs-Blitzstoßspannungen zu wählen. Werte der Bemessungs-Isolationspegel, die nicht von IEC genormt, aber in einigen Ländern gebräuchlich sind, sind im Anhang A aufgelistet. (Tabellen A.1, A.2 und A.3).

5.2 Nachweis der Spannungsfestigkeit

5.2.1 Werden die in Tabelle 1 und Tabelle 2 sowie im Anhang A angegebenen Mindestabstände in Luft eingehalten, brauchen dielektrische Prüfungen nicht durchgeführt zu werden.

5.2.2 Werden die Mindestabstände, auf die in 5.2.1 verwiesen wird, nicht eingehalten, so muss die Fähigkeit, den Prüfspannungen des gewählten Isolationspegels standzuhalten, durch Anwendung geeigneter dielektrischer Prüfungen entsprechend IEC 60060-1 mit den in Tabelle 1 und Tabelle 2 sowie Anhang A angegebenen Stehspannungswerten nachgewiesen werden.

5.2.3 Werden die Mindestabstände, auf die in 5.2.1 verwiesen wird, in Teilbereichen einer Anlage nicht eingehalten, ist es ausreichend, wenn die dielektrischen Prüfungen auf diese Teilbereiche beschränkt werden.

ANMERKUNG In Übereinstimmung mit IEC 60071-2, Anhang A, können die Mindestabstände kleiner sein, wenn dies durch Prüfungen oder durch Betriebserfahrungen bei kleineren Überspannungen bestätigt ist.

5.3 Mindestabstände von aktiven Teilen

5.3.1 Die Mindestabstände in Luft, angegeben in Tabelle 1 und Tabelle 2 sowie im Anhang A gelten für Aufstellungshöhen bis 1 000 m über NN. Zu größeren Aufstellungshöhen siehe 4.4.3.2.

ANMERKUNG Einige Mindestabstände sind mit „N“ gekennzeichnet. Dies ist der Kennbuchstabe für diejenigen Mindestabstände, auf denen die in 7.2 angegebenen Sicherheitsabstände beruhen.

5.3.2 Im Spannungsbereich I (siehe Tabelle 1) basieren die Mindestabstände in Luft auf ungünstigen Elektrodenanordnungen mit kleinen Krümmungsradien (Stab/Platte).

Da die Bemessungs-Blitzstoßspannung in diesen Spannungsbereichen für die Isolation Leiter/Leiter die gleiche wie für Leiter/Erde ist, gelten in beiden Fällen die gleichen Mindestabstände.

5.3.3 Im Spannungsbereich II (siehe Tabelle 2) werden die Abstände in Luft durch die Bemessungs-Schaltstoßspannung bestimmt. Sie ist im Wesentlichen von der Elektrodenanordnung abhängig. Falls die Zuordnung der Elektrodenanordnung schwierig ist, wird empfohlen, für die Leiter/Erde-Abstände die ungünstigste Anordnung anzunehmen, wie z. B. Trennschalterarm gegen Gittermast (Stab/Konstruktion).

5.3.4 Wenn Anlagenteile durch einen Trennschalter voneinander getrennt werden können, sind sie gegeneinander mit der Bemessungs-Stoßspannung der Trennstrecke zu prüfen (siehe IEC 60694, Tabelle 1a und Tabelle 1b sowie Tabelle 2a und Tabelle 2b). Wenn zwischen solchen Anlagenteilen die Mindestab-

— Entwurf —

E DIN EN 61936-1 (VDE 0101-1):2008-12
FprEN 61936-1:2008

stände der Tabelle 1 im Bereich I bzw. die Leiter/Leiter-Mindestabstände der Tabelle 2 im Bereich II um mindestens 25 % überschritten werden, ist es nicht notwendig, dielektrische Prüfungen durchzuführen.

Tabelle 1 – Mindestabstand in Luft, Spannungsbereich I ($1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$)

Spannungsbereich	Höchste Spannung der Anlage	Bemessungs-Kurzzeitwechselspannung	Bemessungs-Blitzstoßspannung ^a	Mindestabstand ^c Leiter/Erde und Leiter/Leiter <i>N</i>	
	U_m (Effektivwert)	(Effektivwert)	1,2/50 μs (Scheitelwert)	Innenraum-Anlagen	Freiluft-Anlagen
	kV	kV	kV	mm	mm
I	3,6	10	20 40	60 60	120 120
	7,2	20	40 60	60 90	120 120
	12	28	60 75 95	90 120 160	150 150 160
	17,5	38	75 95	120 160	160 160
	24	50	95 125 145	160 220 270	
	36	70	145 170	270 320	
	52	95	250	480	
	72,5	140	325	630	
	123	185 ^b 230	450 ^b 550	900 1 100	
	145	185 ^b 230 275	450 ^b 550 650	900 1 100 1 300	
	170	230 ^b 275 325	550 ^b 650 750	1 100 1 300 1 500	
	245	275 ^b 325 ^b 360 395 460	650 ^b 750 ^b 850 950 1 050	1 300 1 500 1 700 1 900 2 100	

^a Die Bemessungs-Blitzstoßspannung ist anwendbar für Leiter/Leiter und für Leiter/Erde.

^b Wenn diese Werte für unzureichend gehalten werden, um die Erfüllung der geforderten Leiter/Leiter-Stehspannungen zu belegen, sind ergänzende Leiter/Leiter-Festigkeitsprüfungen erforderlich.

^c Für Stab-Konstruktion.

Tabelle 2 – Mindestabstand in Luft, Spannungsbereich II ($U_m > 245$ kV)

Spannungs- bereich	Höchste Spannung der Anlage	Bemessungs- Blitzstoß- spannung ^a	Bemessungs- Schaltstoß- spannung	Mindestabstand Leiter/Erde		Bemessungs- Schaltstoß- spannung	Mindestabstand Leiter/Leiter	
	U_m (Effektiv- wert)	1,2/50 μ s (Scheitelwert)	Leiter/Erde 250/2 500 μ s (Scheitelwert)	Leiter — Konstruk- tion	Stab — Konstruk- tion N	Leiter/Leiter 250/2 500 μ s (Scheitelwert)	Leiter — Leiter parallel	Stab — Leiter
	kV	kV	kV	mm		kV	mm	
II	300	850/950	750	1 600 1 700 ^b	1 900	1 125	2 300	2 600
		950/1 050	850	1 800 1 900 ^b	2 400	1 275	2 600	3 100
	362	950/1 050	850	1 800 1 900 ^b	2 400	1 275	2 600	3 100
		1 050/1 175	950	2 200	2 900	1 425	3 100	3 600
	420	1 050/1 175	850	1 900 2 200 ^b	2 400	1 360	2 900	3 400
		1 175/1 300	950	2 200 2 400 ^b	2 900	1 425	3 100	3 600
		1 300/1 425	1 050	2 600	3 400	1 575	3 600	4 200
	550	1 175/1 300	950	2 200 2 400 ^b	2 900	1 615	3 700	4 300
		1 300/1 425	1 050	2 600	3 400	1 680	3 900	4 600
		1 425/1 550	1 175	3 100	4 100	1 763	4 200	5 000
	800	1 675/1 800	1 300	3 600	4 800	2 210	6 100	7 400
		1 800/1 950	1 425	4 200	5 600	2 423	7 200	9 000
		1 950/2 100	1 550	4 900	6 400	2 480	7 600	9 400

^aDie Bemessungs-Blitzstoßspannung ist anwendbar für Leiter/Leiter und für Leiter/Erde.

^bMindestabstand, der für die oberen Werte der Bemessungs-Steh-Blitzstoßspannung erforderlich ist.

ANMERKUNG Die Einführung von $U_m > 800$ kV ist in Vorbereitung. In IEC 60038 Ed. 6.2 sind 1 050 kV, 1 100 kV und 1 200 kV aufgeführt.

5.4 Mindestabstände zwischen Teilen unter besonderen Bedingungen

5.4.1 Die Mindestabstände zwischen Teilen einer Anlage, zwischen denen Phasenopposition möglich ist, sind um 20 % gegenüber den in Tabelle 1 und Tabelle 2 sowie in Anhang A angegebenen Werten zu erhöhen.

5.4.2 Die Mindestabstände zwischen Teilen einer Anlage, die unterschiedlichen Isolationspegeln zugeordnet sind, müssen mindestens 125 % des Mindestabstands des höheren Isolationspegels entsprechen.

5.4.3 Wenn Leiter unter dem Einfluss von Kurzschlusskräften ausschlagen, ist 50 % der Mindestabstände nach Tabelle 1 und Tabelle 2 sowie nach Anhang A als Mindestmaß einzuhalten.

5.4.4 Wenn Leiter unter dem Einfluss von Wind ausschlagen, ist 75 % der Mindestabstände nach Tabelle 1 und Tabelle 2 sowie nach Anhang A als Mindestmaß einzuhalten.

5.4.5 Bei Bruch einer Teilkette in einer Mehrfach-Isolatorenkette, ist 75 % der Mindestabstände nach Tabelle 1 und Tabelle 2 sowie nach Anhang A als Mindestmaß einzuhalten.

5.4.6 In einem über Spartransformatoren gespeisten Netz, in dem weder der Sternpunkt noch ein Außenleiter niederohmig geerdet ist, ist die Isolation auf der Unterspannungsseite entsprechend der höchsten Spannung für Betriebsmittel auf der Oberspannungsseite zu bemessen. Die Sternpunktisolation ist unter Berücksichtigung der Sternpunktterdung zu beachten.

5.5 Geprüfte Anschlusszonen

Die vom Hersteller mitgelieferten Angaben zu Montage- und Betriebsanweisungen sind für den Einbauort zu beachten.

ANMERKUNG In geprüften Anschlusszonen brauchen die Mindestabstände nach Tabelle 1 und Tabelle 2 sowie nach Anhang A nicht eingehalten zu werden, da der Nachweis der Spannungsfestigkeit durch eine dielektrische Typprüfung geführt wurde.

6 Betriebsmittel

6.1 Allgemeine Anforderungen

6.1.1 Auswahl

Betriebsmittel sind so auszuwählen und einzubauen, dass sie die folgenden Anforderungen erfüllen:

- a) Sichere Konstruktion nach ordnungsgemäßer Montage, Installation und Anschluss an die Versorgung;
- b) Sichere und ordnungsgemäße Leistung unter Berücksichtigung der zu erwartenden externen Einflüsse am vorgesehenen Einsatzort;
- c) Sichere und ordnungsgemäße Leistung im Normalbetrieb und beim Eintritt von möglicherweise zu erwartenden Betriebsbedingungen wie Überlast, anormalem Betrieb und Störung, ohne Schäden zu verursachen, die das Betriebsmittel unsicher machen;
- d) Schutz des Personals während des Betriebs und der Instandhaltung des Betriebsmittels.

6.1.2 Übereinstimmung

Die Betriebsmittel müssen mit den zutreffenden IEC Normen übereinstimmen, mit besonderer Beachtung des IEC Guide 107 und ISO/IEC Guide 51.

Wenn eine Übereinstimmung mit den Betriebs- und Sicherheitsanforderungen speziell für eine bestimmte Anlage gefordert wird, so müssen diese zusätzlichen Anforderungen durch den Betreiber festgelegt werden.

6.1.3 Personensicherheit

Besonders zu achten ist auf die Sicherheit des Personals bei der Montage, dem Betrieb und der Instandhaltung der Betriebsmittel.

Dies kann beinhalten:

- a) Handbücher und Anweisungen für den Transport, die Lagerung, die Montage, den Betrieb und die Instandhaltung;
- b) Benötigtes Spezialwerkzeug für den Betrieb, die Instandhaltung und die Prüfung;
- c) Für bestimmte Einsatzorte entwickelte, sichere Arbeitsabläufe;
- d) Sichere Erdungsmaßnahmen.

6.2 Spezielle Anforderungen

6.2.1 Schaltgeräte

6.2.1.1 Es muss eine Einrichtung vorhanden sein, um die Schaltstellung von Schaltern oder Trennschaltern (einschließlich Erdungsschaltern) zu erkennen. Das Erkennungsverfahren sollte in Übereinstimmung mit den Betriebsmittelnormen durch den Betreiber festgelegt werden.

Der Schaltstellungsanzeiger muss eine eindeutige Anzeige des momentanen Schaltzustands geben.

Die Ein/Aus-Schaltstellungsanzeige muss vom Bedienenden leicht erkennbar sein.

6.2.1.2 Trennschalter und Erdungsschalter müssen so eingebaut sein, dass sie nicht unbeabsichtigt durch von Hand auf das Gestänge ausgeübten Zug oder Druck betätigt werden können.

6.2.1.3 Verriegelungen und/oder Sperrvorrichtungen zur Verhinderung von Fehlbedienungen sind nach Spezifikation des Betreibers vorzusehen.

6.2.1.4 Nach Vereinbarung mit dem Betreiber ist es zulässig, für den Erdungsschalter verminderte Bemessungsdaten zuzulassen, die der Kurzschlussstrombelastung angepasst sind, sofern ein Verriegelungssystem vorgesehen ist, das verhindert, dass der Erdungsschalter den vollen Kurzschlussstrom führen kann.

6.2.1.5 Betriebsmittel müssen so installiert sein, dass beim Schalten austretende ionisierte Gase nicht zur Beschädigung von Betriebsmitteln oder zur Gefährdung des Bedienungspersonals führen.

ANMERKUNG Unter einer Beschädigung ist jede Störung zu verstehen, die die Funktion eines Betriebsmittels beeinträchtigt.

6.2.1.6 Die Bemessungsdaten der Schaltgeräte müssen auf die entsprechenden IEC Normen bezogen sein. Das Schalten bestimmter Stromkreise kann jedoch strengere Bedingungen erfordern, als sie in diesen Normen enthalten sind. Beispiele für solche Stromkreise sind Anschlüsse von Filterbatterien und Lasten mit großem X/R-Verhältnis, wie große Transformatoren und Generatoren. Die besonderen Anforderungen an Schaltgeräte für solche Stromkreise müssen zwischen Betreiber und Hersteller vereinbart werden.

6.2.2 Transformatoren und Drosselspulen

6.2.2.1 Wenn nichts anderes angegeben ist, gelten die Festlegungen dieses Unterabschnitts generell für Transformatoren und Drosselspulen, auch wenn im Text nur auf Transformatoren Bezug genommen wird.

Die hauptsächlichen Auswahlkriterien für Transformatoren sind in den Abschnitten 4 und 8 enthalten.

6.2.2.2 Transformatoren werden unter Beachtung der Isoliermedien und der Art und Weise der inneren und äußeren Kühlung entsprechend IEC 60076-2, Abschnitt 3, gekennzeichnet.

6.2.2.3 Beim Einbau von Transformatoren oder Drosselspulen muss die Möglichkeit der Brandausbreitung (siehe 8.6) berücksichtigt werden. Ebenso müssen, wenn notwendig, Maßnahmen ergriffen werden, um den Geräuschpegel zu begrenzen (siehe 4.5.2).

6.2.2.4 Für in Innenräumen aufgestellte Transformatoren ist eine geeignete Lüftung vorzusehen (siehe 7.5.7).

6.2.2.5 Wasser (Grundwasser, Oberflächenwasser und Abwasser) darf nicht verschmutzt werden. Dies ist durch die Bauweise des Transformators und/oder Vorkehrungen am Aufstellungsort (zu Maßnahmen siehe 8.7) zu erreichen.

6.2.2.6 Wenn es notwendig ist, während der Transformator in Betrieb ist, Überwachungseinrichtungen (z. B. Flüssigkeitsstand, Temperatur, Druck) abzulesen oder Proben (Ölproben) zu entnehmen, die für den Betrieb des Transformators wichtig sind, so muss dies gefahrlos und ohne Beschädigung des Betriebsmittels möglich sein.

6.2.2.7 Luftdrosselspulen sind so aufzustellen, dass das Magnetfeld des Kurzschlussstroms keine Objekte in die Spule ziehen kann. Benachbarte Betriebsmittel müssen so gebaut sein, dass sie den elektromagnetischen Kräften standhalten. Benachbarte Metallteile, wie Fundamentbewehrungen, Zäune und Erdungsnetz, dürfen sich bei normalen Lastbedingungen nicht übermäßig erwärmen.

6.2.2.8 Die Gefahr einer Beschädigung von Transformatoren durch Überbeanspruchungen aus Ferroresonanzen, Oberschwingungen und anderen Gründen sollte durch geeignete Untersuchungen und Maßnahmen reduziert werden.

6.2.2.9 Falls Überdruckventile bei Transformatoren verwendet werden, müssen diese so angeordnet sein, dass der Öl-Austritt nach unten und abgekehrt von Überwachungseinrichtungen, an denen sich möglicherweise Bedienungspersonal aufhält, gerichtet wird.

6.2.3 Fabrikfertige typgeprüfte Schaltanlagen

Anforderungen für die Aufstellung von gasisolierten metallgekapselten Schaltanlagen (GIS), metallgekapselten Schaltanlagen, isolierstoffgekapselten Schaltanlagen und anderen fabrikfertigen typgeprüften Schaltanlagen sind in 7.4 enthalten. Bezüglich Personensicherheit beim Umgang mit Gas siehe 8.7.3 und 9.4.

6.2.4 Messwandler

Die Sekundärkreise von Messwandlern müssen, in Übereinstimmung mit den Empfehlungen in Abschnitt 10, geerdet oder durch eine geerdete metallische Schirmung getrennt werden.

Der Erdungspunkt des Sekundärkreises ist so zu wählen, dass elektrische Beeinflussungen vermieden werden.

Messwandler sind so zu einzubauen, dass ihre Sekundärklemmen leicht zugänglich sind, wenn der zugehörige Schaltanlagenteil freigeschaltet ist.

6.2.4.1 Stromwandler

Die Bemessungsüberstromziffer und die Bemessungsbürde von Stromwandlerkernen sind so auszuwählen, dass angeschlossene Schutzeinrichtungen richtig funktionieren können und Messeinrichtungen im Falle eines Kurzschlusses nicht beschädigt werden.

Für Hochspannungsnetze, in denen die Gleichstrom-Zeitkonstante groß ist und in denen Kurzunterbrechung praktiziert wird, wird empfohlen, die transiente Beanspruchung aus dem aperiodischen Anteil des Kurzschlussstromes zu berücksichtigen. In diesem Fall sollte IEC 60044-6 berücksichtigt werden.

Wenn an Schutzkerne von Stromwandlern auch Messeinrichtungen angeschlossen werden, sind die Messeinrichtungen ggf. mit geeigneten Hilfsstromwandlern vor Beschädigung durch übermäßige Kurzschlussströme zu schützen.

Falls notwendig, ist zur Verringerung von transienten Überspannungen in Sekundärkreisen, die von Schaltvorgängen herrühren, ein wirksamer Schirm zwischen Primär- und Sekundärwicklung einzubauen.

Zum Schutz vor Überspannungen müssen Vorkehrungen getroffen werden, um das Kurzschließen der Sekundärwicklungen von Stromwandlern zu ermöglichen.

6.2.4.2 Spannungswandler

Spannungswandler sind so auszuwählen, dass ihre Nennausgangsleistung und Genauigkeit für die angeschlossene Messeinrichtung einschließlich ihrer Verdrahtung ausreicht. Die Wirkungen von Ferroresonanzen müssen berücksichtigt werden.

Die Sekundärseite von Spannungswandlern ist gegen die Auswirkungen von Kurzschlüssen zu schützen. Es wird empfohlen, diese Schutzeinrichtungen zu überwachen.

6.2.5 Überspannungsableiter

6.2.5.1 Überspannungsableiter müssen so gebaut sein oder sind so anzuordnen, dass Personen nicht gefährdet werden, z. B. durch Zerfallen des Gehäuses oder Ausblasen des Ableiters.

6.2.5.2 Das Spannungs-Zeit-Verhalten der Überspannungsableiter, die zusammen mit strombegrenzenden Sicherungen im gleichen Stromkreis eingebaut sind, muss die Überspannungen berücksichtigen, die von den Sicherungen erzeugt werden.

6.2.5.3 Wenn Überwachungseinrichtungen in der Erdungsleitung von Überspannungsableitern mit nichtlinearen Widerständen eingebaut sind, ist die Leitung zwischen Überspannungsableiter und Überwachungseinrichtung und die Überwachungseinrichtung selbst mit einem Schutz gegen Berühren zu versehen. Überwachungseinrichtungen und Ansprechzähler müssen ablesbar sein, wenn die Betriebsmittel unter Spannung stehen.

6.2.6 Kondensatoren

Die Gefährdung durch Resonanzen und Überspannungen aufgrund von Oberschwingungen ist zu berücksichtigen. Angemessene Maßnahmen zur Eingrenzung dieser Gefährdung sind zu treffen.

6.2.6.1 Bei der Wahl der Nennspannung und Strombelastbarkeit von Kondensatoren ist der Spannungsanstieg zu beachten, der durch in Reihe geschaltete induktive Widerstände, wie Begrenzungsdröseln und Tonfrequenz- oder Filterkreise, verursacht wird.

6.2.6.2 Kondensatoren für Ankopplung, Spannungsmessung und Überspannungsschutz sind entsprechend der Bemessungsspannung der Schaltgeräte zu wählen, auch wenn die Betriebsspannung niedriger ist.

6.2.6.3 Eine sichere Entladung von Leistungskondensatoren muss sichergestellt sein. Entladungseinrichtungen müssen thermisch und mechanisch in der Lage sein, ihre Funktion zu erfüllen.

6.2.6.4 Kurzschluss- und Erdungsvorrichtungen für eine Kondensator-Batterie müssen die Schaltung der Kondensatoreinheiten, deren Entladungswiderstände und die Art der Absicherung berücksichtigen.

6.2.7 TFH-Sperren

Die Bandbreite sollte entsprechend der Frequenzuteilung im Netz bestimmt werden.

6.2.8 Isolatoren

6.2.8.1 Wenn nicht anders festgelegt, muss die spezifische Mindestkriechstrecke der Isolatoren den Empfehlungen der IEC 60815 für den vom Betreiber festgelegten Verschmutzungsgrad entsprechen.

6.2.8.2 Die Anforderungen der Beregnungsprüfung der IEC 62271-1 sind von allen Freiluftisolatoren zu erfüllen.

Isolatorprofile sowie Anforderungen an das Betriebsverhalten von Freiluftisolatoren bei Verschmutzung oder starker Feuchtigkeit können vom Betreiber festgelegt werden.

6.2.9 Kabel/Leitungen

6.2.9.1 Temperatur

Kabel/Leitungen sind so auszuwählen und zu verlegen, dass bei keinem der folgenden Fälle die maximal zulässige Temperatur des Leiters, seiner Isolierung, der Verbindungen, der Anschlussklemmen des Betriebsmittels oder der Umgebung überschritten wird:

- a) bestimmungsgemäßer Betrieb;
- b) spezielle Betriebsbedingungen, vorheriger Festlegung zwischen Lieferant und Betreiber;
- c) Kurzschluss.

Der Anschluss an Betriebsmittel (z. B. Motoren, Leistungsschalter) darf nicht bewirken, dass Kabel/Leitungen unter vorhersehbaren Betriebsbedingungen höheren als den zulässigen Temperaturen ausgesetzt werden.

6.2.9.2 Beanspruchung durch Temperaturänderungen

Die mechanische Beanspruchung von Betriebsmitteln durch temperaturabhängige Änderungen der Leiterlänge ist zu berücksichtigen. Erforderlichenfalls ist die Beanspruchung durch geeignete Maßnahmen aufzufangen (z. B. durch flexible Verbindungen, Expansionsklemmen oder geschlängelte Verlegung). Wenn solche Maßnahmen nicht ergriffen werden, sind beim Nachweis der mechanischen Festigkeit der Betriebsmittel zusätzliche, durch Temperaturwechsel hervorgerufene Kräfte zu berücksichtigen.

6.2.9.3 Leitungstrossen (Trommel- und Schleppleitungen)

Leitungstrossen (Trommel- und Schleppleitungen) sind entsprechend den folgenden Anforderungen und Bedingungen auszuwählen:

- a) Für die Energieversorgung von Hebezeugen, fahrbaren oder ortsveränderlichen Betriebsmitteln sind Leitungstrossen oder solche Kabel/Leitungen zu verwenden, die mindestens gleichwertige mechanische und elektrische Eigenschaften haben;
- b) Im Fall höherer mechanischer Beanspruchung, z. B. beim bestimmungsgemäßen Schleifen, Ziehen, Umlenken oder Trommeln, dürfen nur Leitungstrossen mit zwei Mänteln oder Kabel/Leitungen mit mindestens gleichwertigen mechanischen und elektrischen Eigenschaften verwendet werden;
- c) Leitungstrossen für die Energieversorgung von Hebezeugen, fahrbaren oder ortsveränderlichen Betriebsmitteln müssen einen geerdeten Schutzleiter enthalten;
- d) Die Auslegung einer Verbindung, sei es eine Muffe, eine Klemme oder eine andere Verbindungsart, muss so sein, dass – im Fall einer Überdehnung des Kabels/der Leitung – der Schutzleiter zuletzt aufgetrennt wird;
- e) Trommelleitungen müssen so bemessen sein, dass bei vollständig aufgewickelter Leitung und bei bestimmungsgemäßer Belastung die höchstzulässige Erwärmung nicht überschritten wird.

Die Anschlössenden von flexiblen Kabeln und Leitungstrossen müssen frei sein von Zug und Druck. Kabelhülsen sind gegen Abziehen und Kabelenden gegen Verdrillung zu schützen. Die Anschlüsse sind außerdem so zu gestalten, dass die Kabel nicht abknicken.

6.2.9.4 Kreuzungen und Näherungen

Zwischen Kabeln/Leitungen und kreuzenden oder sich annähernden Rohrleitungen (Gas-, Wasser- oder andere Rohre) ist ein geeigneter Abstand zu berücksichtigen. Wenn dieser Abstand nicht eingehalten werden kann, muss die Berührung zwischen Kabel/Leitung und Rohrleitung verhindert werden, z. B. durch Einsetzen von Isolierschalen oder -platten. Diese Maßnahmen müssen mit dem Betreiber der Rohrleitung abgestimmt sein. Im Falle eines langen parallelen Trassenverlaufs ist die im Kurzschlussfall in die Rohrleitung induzierte

Spannung zu berechnen. Es kann erforderlich sein, geeignete Maßnahmen anzuwenden (z. B. eine andere Trassenführung für die Kabel/Leitungen oder Rohrleitungen oder ein größerer Abstand zwischen Kabeln/Leitungen und Rohrleitungen).

Zwischen Kabeln/Leitungen und kreuzenden oder sich annähernden Fernmeldeanlagen ist ein geeigneter Abstand einzuhalten.

Für den Fall eines langen parallelen Trassenverlaufes ist die im Kurzschlussfall in die Fernmeldeanlage induzierte Spannung zu berechnen (siehe z. B. ITU-Richtlinien). Es kann erforderlich sein, geeignete Maßnahmen anzuwenden (z. B. eine andere Trassenführung für die Kabel/Leitungen oder die Fernmeldeanlagen, oder ein größerer Abstand zwischen Kabeln/Leitungen und Fernmeldeanlagen).

Wo Kabel/Leitungen andere Kabel/Leitungen kreuzen oder in deren Nähe gelangen, ist die gegenseitige thermische Beeinflussung zu bestimmen, um den kleinsten Abstand zwischen den Kabeln/Leitungen oder andere geeignete Maßnahmen (z. B. Querschnittsvergrößerung) festzulegen. Kabel/Leitungen sind in einem ausreichenden Abstand von Wärmequellen zu verlegen oder durch wärmedämmende Abschirmungen von solchen Wärmequellen zu trennen.

ANMERKUNG Angemessene Abstände bei Kreuzung und Näherung von isolierten Kabeln, Gas- Wasser- und anderen Rohrleitungen sind in Übereinstimmung mit nationalen Regelungen und Normen zu bemessen.

6.2.9.5 Verlegung

Für Instandhaltungs- und Prüfzwecke bei Kabeln/Leitungen sind Vorkehrungen für eine geeignete Zugänglichkeit zu treffen (siehe Abschnitt 11).

Um die Kabel/Leitungen vor mechanischer Beschädigung während und nach der Verlegung zu schützen, sollten die folgenden Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden:

- a) Die Verlegearbeiten sind zur Vermeidung von Kabel-/Leitungsschäden bei der durch Normen oder vom Hersteller empfohlenen Umgebungstemperatur durchzuführen;
- b) Einleiterkabel sind so zu verlegen, dass Kurzschlusskräfte keine Beschädigung hervorrufen;
- c) Die Verlegeart ist so zu wählen, dass äußere Einflüsse auf akzeptable sichere Werte begrenzt werden. Bei Erdverlegung sind Kabel in ausreichender Tiefe zu verlegen und mit Abdeckungen oder Warnstreifen zu bedecken, um eine Beschädigung der Kabel durch Dritte zu vermeiden. Im Erdboden oder unter Wasser verlegte Kabel sollten an der Stelle, an der sie aus dem Wasser oder Erdboden herausgeführt werden, einen mechanischen Schutz erhalten;
- d) Die Sohle eines Kabelgrabens muss steinfrei sein. Das Bettungsmaterial muss Sand oder Erde sein, jeweils ohne Steine. Zum Schutz vor chemischen Einflüssen können, wenn notwendig, spezielle Kabelkonstruktionen gewählt werden;
- e) Durch geeignete Maßnahmen ist zu verhindern, dass Fahrzeuge erdverlegte Kabel beim Überfahren beschädigen;
- f) Bewegungen und Schwingungen des Erdbodens sind zu berücksichtigen;
- g) Auf Steigetrasse sind für diese Verlegeart geeignete Kabel/Leitungen durch geeignete Schellen zu halten, deren Abstand unter Berücksichtigung der Kabel-/Leitungskonstruktion vom Hersteller festzulegen ist.

In Metallrohren verlegte Kabel/Leitungen sind so zu gruppieren, dass alle Phasenleiter desselben Stromkreises (und der Neutralleiter, sofern vorhanden) gemeinsam in einem Rohr liegen, um Wirbelströme zu minimieren. Dabei muss die Lage des Erdleiters berücksichtigt werden.

Kabel/Leitungen sind so zu verlegen, dass Berührungsspannungen auf zulässige Werte begrenzt sind oder dass zugängliche Teile mit unzulässigen Berührungsspannungen durch geeignete Vorrichtungen gegen Berühren geschützt sind.

ANMERKUNG In Schirmen von einadrigen Kabeln, insbesondere wenn sie flach verlegt sind, können gefährliche Kreisströme auftreten.

Metallmäntel sind nach Abschnitt 10 zu erden.

Die Kabellänge bei Anschlüssen für Transformatoren und Drosseln sollte so gewählt werden, dass das Auftreten von Ferroresonanzen minimiert wird.

Beim Anschluss von Hochspannungskabel an Betriebsmittel ist auf eine Begrenzung der mechanischen Belastung zu achten.

6.2.9.6 Biegeradius

Die kleinsten Biegeradien während und nach der Verlegung sind von der Kabel-/Leitungsbauart abhängig und sind in den entsprechenden Normen enthalten oder müssen vom Hersteller angegeben werden.

6.2.9.7 Zugbeanspruchung

Die höchstzulässige Zugbeanspruchung während der Verlegung hängt von der Art des Leiters und von der Kabel-/Leitungsbauart ab. Geeignete Werte sind in den entsprechenden Normen enthalten oder müssen vom Hersteller angegeben werden.

Die ständige statische Zugbeanspruchung sowie die Spitzenzugbeanspruchung, die auf die Leiter von Leitungstrossen (Trommel- und Schleppleitungen) einwirken, müssen so gering wie möglich sein und dürfen die vom Hersteller angegebenen Werte nicht überschreiten.

6.2.10 Leiter und Zubehör

Dieser Unterabschnitt behandelt Leiter (starr oder flexibel) und Zubehör, die Bestandteil von Abzweigen oder Sammelschienen in Anlagen sind.

6.2.10.1 Beim Anschluss an Leistungsschalter, Lasttrennschalter mit Sicherung oder Lasttrennschalter dürfen der Wert und die Dauer des Bemessungs-Kurzzeitstroms der Leiter und der Armaturen nicht kleiner sein als die entsprechenden Werte der angeschlossenen Betriebsmittel, es sei denn, die Sicherheit von Personal und Betriebsmittel ist gesichert.

6.2.10.2 Es sind Vorkehrungen zu treffen, um das Ausdehnen und Zusammenziehen von Leitern infolge von Temperaturänderungen zu ermöglichen. Dies ist nicht erforderlich, wenn die durch Temperaturänderungen verursachte Beanspruchung in der Konstruktion des Leitersystems berücksichtigt ist.

6.2.10.3 Verbindungen zwischen Leitern und zwischen Leitern und Betriebsmitteln müssen fehlerfrei sein und dürfen sich während des Betriebs nicht verschlechtern. Sie müssen chemisch und mechanisch stabil sein. Die Verbindungsflächen müssen geeignet vorbereitet sein und so verbunden werden, wie es für die Verbindungsart festgelegt ist. Während des Betriebs darf die Erwärmung einer Verbindung zwischen Leiter und Schaltgerät die in IEC 60694 festgelegten Werte nicht überschreiten.

6.2.10.4 Die offenen Enden einer Rohrsammelschiene sollten verschlossen werden, um Korrosion und Nestbau zu verhindern.

6.2.11 Drehende elektrische Maschinen

6.2.11.1 Im Fall eines Fehlers innerhalb des Klemmenkastens muss das Risiko einer Verletzung von Personen minimiert werden. Die Anschlussstellen von Maschinen müssen den örtlich zu erwartenden Kurzschlussströmen standhalten. Gegebenenfalls sind strombegrenzende Geräte einzusetzen.

6.2.11.2 Die Schutzart gegen das Eindringen von Gegenständen, Staub und Wasser in die Maschine, ist entsprechend den klimatischen Bedingungen und Umweltbedingungen am Standort der Anlage zu wählen. Gefährliche Teile der Maschine müssen gegen zufälliges Berühren geschützt sein.

Der Isolationspegel von Maschinen ist nach IEC 60034-1 festzulegen.

6.2.11.3 Ausreichende Kühlung ist sicherzustellen.

6.2.11.4 Es wird empfohlen, Maschinen mittels geeigneter elektrischer Schutzeinrichtungen vor dem Überschreiten der maximal zulässigen Temperatur zu schützen. Insbesondere bei großen Maschinen oder solchen, die für einen Produktionsprozess wichtig sind, sollten Schutzeinrichtungen eingebaut sein, die einen inneren Fehler anzeigen oder ggf. die Maschine automatisch abschalten.

6.2.11.5 Die Gesamtgestaltung der Anlage muss die Anforderungen für die Motorkapselung bestimmen, insbesondere wenn der Motor in einem gefährlichen Bereich eingebaut werden soll. Zusätzlich müssen Sicherheitsfragen wie Geräuschpegel, höchste Temperatur für Oberflächen, die für das Personal erreichbar sind, Überwachung von Undichtigkeiten und Objektschutz, den besonderen Anforderungen der Anlage entsprechen.

Der Anlauf von großen Motoren verursacht Spannungsabfälle im elektrischen Verteilnetz. Verschiedene Verfahren sind verfügbar, um die Auswirkungen auf das elektrische Netz beim Anlauf großer Motoren zu reduzieren. Die Schutzeinrichtung muss ausgelegt sein, um ausreichenden Schutz des Motors während der gesamten Anlaufphase sicherzustellen.

Der Anteil von großen Motoren auf den Kurzschlussstrom muss berücksichtigt werden.

6.2.12 Generatoren

Die Art der Bemessungsleistung des Generators muss vorgegeben werden (z. B. Dauerleistung, Höchstleistung, Bereitschaftsleistung). Parallelbetrieb des Generators mit dem Versorgungsnetz oder mit anderen Generatoren sollte angegeben werden. Die Schalteinrichtungen für die Synchronisierung müssen festgelegt werden.

Die Gesamtgestaltung der Anlage muss die allgemeinen Sicherheitsanforderungen bestimmen, insbesondere für Brandschutz und die Verwendung von Stickstoff (siehe IEC 60842).

6.2.13 Generatorableitung

Für kleine Generatoreinheiten kann die Auswahl und Beschreibung der Generatorableitung (Sammelschiene) auf den entsprechenden Abschnitten von IEC 62271-200 beruhen.

Besondere Beachtung muss jedoch die Auswahl des Bemessungs-Einschaltstoßstroms finden. Es kann auch notwendig sein, zusätzliche Prüfungen für Verbindungen festzulegen, die nicht fabrikfertig und typgeprüft sind.

Falls erforderlich, müssen Untersuchungen durchgeführt werden, um Einschaltströme und Kurzzeitströme nachzuweisen, besonders für Abzweig-Verbindungen mit vermindertem Querschnitt (z. B. zu Eigenbedarfs-Transformatoren)

Für große Generatoreinheiten und wenn eine höhere Versorgungssicherheit gefordert wird, sollten einphasig gekapselte Sammelschienen oder gekapselte Sammelschienen mit abgeteilten Phasen verwendet werden.

Der Einfluss des magnetischen Feldes durch eine Generatorableitung ohne metallische Umhüllung muss bei der Gestaltung der Anlage berücksichtigt werden.

Die Gestaltung muss die Tatsache berücksichtigen, dass bei vom Netz getrennten, aber mit niedriger Geschwindigkeit – zur Vermeidung von Verformung der Generatorwelle – drehendem Generator:

- a) die Möglichkeit besteht, dass induzierte Spannungen eine Gefahrenquelle darstellen; und
- b) Maßnahmen vorgesehen werden müssen, um Spannungsumschaltungen im spannungsfreien Zustand am Transformator vornehmen zu können, der direkt mit dem Generator verbunden ist.

Wenn die Verbindungen zwischen Generator und Transformator kurz sind, sollten Vorkehrungen getroffen werden, um durch zusätzliche Kondensatoren an der Generatorableitung mögliche auftretende Überspannungen während der Schaltvorgänge zu begrenzen.

6.2.14 Stromrichter

6.2.14.1 Zugängliche Teile von Stromrichtereinheiten, die bei bestimmungsgemäßem Betrieb oder unter Fehlerbedingungen eine gefährliche Spannung führen können, sind in angemessener Weise zu kennzeichnen und vor zufälligem Berühren zu schützen. Dies kann durch das Anbringen geeigneter Schutzvorrichtungen erreicht werden.

6.2.14.2 Kühlmittel und Wärmeträger dürfen keine mechanischen Verunreinigungen oder chemisch aggressive Bestandteile enthalten, die eine Fehlfunktion des Betriebsmittels zur Folge haben könnten.

Wenn Wasser als Kühlmittel verwendet wird, ist die Korrosionsgefahr infolge von Ableitströmen (durch die Leitfähigkeit des Wassers bedingte Ströme) zu berücksichtigen.

Wenn Öl als Kühlmittel verwendet wird, sind die gleichen Schutzmaßnahmen gegen Brand und Grundwasserverschmutzung wie für Öltransformatoren anzuwenden.

6.2.14.3 Bei der Planung der Anordnung von Stromrichtereinheiten ist die Möglichkeit der von hohen Wechselströmen hervorgerufenen magnetischen Beeinflussung auf andere Betriebsmittel oder Anlagenteile, insbesondere auf Stahlbauelemente, zu berücksichtigen.

6.2.15 Sicherungen

6.2.15.1 Abstände

Bei der Festlegung von elektrischen Mindestabständen für die Anordnung von Sicherungen sind jegliche möglichen Stellungen von spannungsführenden Teilen vor, während und nach dem Betrieb zu berücksichtigen.

Ausblassicherungen sind mit geeigneten Sicherheitsabständen oder entsprechenden Schutzabdeckungen zu versehen, in der Richtung oder den Richtungen, in die ausgeblasen wird. Ausströmungen von Ausblassicherungen können heiße Gase, Lichtbogenplasma und geschmolzenes Metall enthalten. Sie können auch leitend sein.

Es sollten Einrichtungen vorgesehen werden, die sicherstellen, dass das Personal weder beim Austausch noch bei Arbeiten in dem Bereich den Ausströmungen von Ausblassicherungen ausgesetzt ist. Wenn dies nicht möglich ist, muss der Stromkreis der Sicherung ausgeschaltet werden, bevor mögliche Einwirkungen entstehen, oder das Personal muss schützende Abschirmung und Kleidung benutzen.

6.2.15.2 Sicherungswechsel

Sicherungen sind so einzubauen, dass ihre Auswechslung nach den Richtlinien des Herstellers gefahrlos durchgeführt werden kann,

ANMERKUNG Alle notwendigen Informationen sollten für das Betriebs- und Wartungspersonal verfügbar sein, um eine einwandfreie Auswahl der Austauschicherungen vornehmen zu können.

6.2.16 Elektrische und mechanische Verriegelungen

Verriegelungen können erforderlich sein, um die vorschriftsmäßige Aufeinanderfolge bei der Bedienung von Betriebsmitteln sicherzustellen, um Gefährdungen für das Personal und Beschädigungen der Betriebsmittel zu vermeiden.

Verriegelungen können durch elektrische oder mechanische Verfahren erreicht werden. Für den Ausfall der Versorgungsenergie sollten elektrische Verriegelungssysteme ausfallsicher ausgelegt sein.

7 Anlagen

7.1 Allgemeine Anforderungen

Dieser Abschnitt enthält nur allgemeine Anforderungen an Anlagen im Hinblick auf die Schaltung, Schaltdokumentation, Transportwege, Beleuchtung, Betriebssicherheit und Bezeichnungen.

Die angegebenen Abstände, Luftstrecken und Maße sind die kleinsten zulässigen Werte. Sie beruhen im Allgemeinen auf den kleinsten Werten, die in den bisherigen nationalen Normen der IEC-Mitglieder enthalten sind. Jeder Betreiber darf, sofern erforderlich, höhere Werte festlegen.

ANMERKUNG Die Mindestabstände (N) von spannungsführenden Teilen beziehen sich auf 5.3 und die Tabellen 1 und 2 sowie Anhang A.

Abhängig von vorhandenen nationalen Normen und Vorschriften in den unterschiedlichen Ländern, können höhere Werte notwendig sein.

Bei Erweiterungen von Anlagen dürfen alternativ die zum Zeitpunkt der Errichtung der zu erweiternden Anlage gültigen Anforderungen angewendet werden.

Die einschlägigen Normen für den Betrieb elektrischer (Starkstrom-)Anlagen sind ebenfalls zu berücksichtigen. Betriebsabläufe sind zwischen Hersteller und Betreiber zu vereinbaren (siehe 7.1.1).

7.1.1 Schaltung

7.1.1.1 Die Schaltung ist so zu wählen, dass den Betriebserfordernissen entsprochen wird und die Sicherheitsanforderungen nach 8.3 erfüllt werden können. Die Weiterführung des Betriebes unter Fehler- und Instandhaltungsbedingungen ist unter Beachtung der Netzkonfiguration ebenfalls zu berücksichtigen. Die Schaltung muss so aufgebaut sein, dass Schalthandlungen sicher und schnell vorgenommen werden können.

Jedes elektrisch getrennte Netz muss mit einer Erdschlussüberwachung ausgerüstet sein, die die Erfassung oder das Abschalten eines Erdschlusses ermöglicht.

Es muss sichergestellt sein, dass freigeschaltete Abschnitte einer Anlage nicht unbeabsichtigt von parallelgeschalteten Sekundär-Spannungsquellen (z. B. Wandler) unter Spannung gesetzt werden können

7.1.1.2 Anlagen sind so auszulegen, dass sie den thermischen und dynamischen Beanspruchungen des Kurzschlussstroms nach Abschnitt 4 standhalten.

Die Schaltung darf jedoch so ausgelegt sein, dass normalerweise getrennt betriebene Anlagenteile während Schalthandlungen kurzzeitig zusammengeschaltet werden können, auch wenn dabei der Kurzschlussstrom die Nennwerte der Anlage überschreitet. In diesem Fall müssen geeignete Schutzmaßnahmen vorgesehen werden, um Personen nicht zu gefährden. Gegebenenfalls können hierfür Betriebsanweisungen erforderlich sein.

ANMERKUNG 1 Dieser Zustand kann betrieblich unvermeidlich sein, z. B. um Abzweige von einer Sammelschiene auf eine andere umzuschalten.

In Stromkreisen mit strombegrenzenden Einrichtungen dürfen Betriebsmittel und kurze Verbindungen entsprechend dem Abschaltstrom (Durchlassstrom) der strombegrenzenden Einrichtung bemessen sein.

ANMERKUNG 2 Betriebsmittel, die sich zwischen der Sammelschiene und den strombegrenzenden Einrichtungen befinden, haben eine ausreichende Kurzschlussstromfestigkeit nur für Fehler hinter der strombegrenzenden Einrichtung.

7.1.2 Dokumentation

Soweit zutreffend, ist eine Dokumentation mit jeder Anlage zur Verfügung zu stellen, um die Montage, die Inbetriebnahme, den Betrieb, die Wartung und die Umweltschutzmaßnahmen zu ermöglichen.

Der Umfang und die Sprache der Dokumentation sind zwischen dem Lieferant und Betreiber zu vereinbaren.

Eventuelle Diagramme, Schaltpläne und Tabellen, müssen entsprechend IEC 60617 und IEC 61082-1 erstellt werden.

7.1.3 Transportwege

7.1.3.1 Transportwege, ihre Tragfähigkeit, Höhe und Breite müssen für die zu erwartenden Transporteinheiten ausreichen und sind zwischen Hersteller und Betreiber zu vereinbaren.

7.1.3.2 Innerhalb abgeschlossener elektrischer Betriebsstätten ist die Durchfahrt von Fahrzeugen oder anderen mobilen Einrichtungen unterhalb von spannungsführenden Teilen (ohne Schutzvorrichtungen) oder in deren Nähe zulässig, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind (siehe Bild 5):

- Das Fahrzeug, auch mit geöffneten Türen, und seine Ladung kommen nicht in die Gefahrenzone: Mindest-Transportabstand für Fahrzeuge $T = N + 100$ (mindestens 500 mm);
- Die Mindesthöhe H von spannungsführenden Teilen über begehbaren Flächen ist eingehalten (siehe 7.2.4).

Unter diesen Umständen dürfen Personen nur dann auf den Fahrzeugen oder mobilen Einrichtungen bleiben, wenn angemessene Schutzvorrichtungen (z. B. das Dach des Fahrerhauses) auf dem Fahrzeug oder mobilen Einrichtungen vorhanden sind, um sicherzustellen, dass die vorgenannte Gefahrenzone nicht erreicht werden kann.

Für die seitlichen Abstände zwischen Transporteinheiten und spannungsführenden Teilen gelten die gleichen Grundsätze, sofern anwendbar.

7.1.4 Wege und Zufahrtsbereiche

Die Breite von Wegen und Zufahrtsbereichen muss ausreichend für Arbeiten, Bedienen, Rettungsmaßnahmen und Noträumungen sowie für den Transport von Betriebsmitteln sein.

7.1.5 Beleuchtung

Begehbare Innenraum- und Freiluftanlagen müssen mit geeigneter Beleuchtung ausgerüstet sein, damit während des Betriebs ausreichende Sicht gewährleistet ist.

Bei Bedarf ist eine Not-/Zusatzbeleuchtung vorzusehen. Diese kann fest installiert oder ortsveränderlich sein.

In kleinen Verteilungsstationen ist es zulässig, auf die Beleuchtungsanlage zu verzichten. In jedem Fall sind das Vorhandensein und der Umfang der Beleuchtung zwischen Hersteller und Betreiber zu vereinbaren.

Jeder Teil der Beleuchtungsanlage, der Instandhaltung oder Auswechseln von Teilen erfordert, z. B. Lampen, muss so errichtet werden, dass bei fachgerechtem Arbeiten der Schutzabstand zu aktiven Teilen eingehalten werden kann.

ANMERKUNG Die Beleuchtungsstärken sollen den aktuellen anwendbaren internationalen und/oder nationalen Normen und Vorschriften entsprechen.

7.1.6 Betriebssicherheit

Betriebliche Sicherheitseinrichtungen müssen so gestaltet sein, dass die Flucht- und Rettungswege sowie der Notausgang im Fall eines Brandes sicher benutzt werden können und dass Schutz und Umweltverträglichkeit gegeben sind.

Die Anlagen selbst sind, soweit erforderlich, gegen Brandgefahr, Überschwemmung und Verschmutzung zu schützen. Wichtige Anlagen sind, wenn erforderlich, auch gegen Auswirkungen des Straßenverkehrs (Salzsprühnebel, Verkehrsunfälle) durch zusätzliche Maßnahmen zu schützen.

7.1.7 Bezeichnungen

Kennzeichnung und Beschriftung sind erforderlich, um Bedienungsfehler und Unfälle zu vermeiden.

Alle wichtigen Anlagenteile, wie z. B. Sammelschienensysteme, Schaltgeräte, Schaltfelder und Leiter, sind eindeutig, gut lesbar und dauerhaft zu bezeichnen.

Sicherheitsschilder, wie z. B. Warnschilder, Verbotsschilder, Hinweisschilder, sind an geeigneten Stellen der Anlage anzubringen (siehe 8.8).

ANMERKUNG Örtliche und nationale Vorschriften sind zu berücksichtigen.

Hinweistafeln für die Bedienung von Schlüsselsperren-Systemen sollten zur Verfügung stehen.

Warnschilder sollten vorgesehen werden, wenn es erforderlich ist, mehrere Spannungsquellen abzutrennen, um Betriebsmittel vollständig spannungsfrei zu machen oder wenn Betriebsmittel unbeabsichtigt rückgespeist werden können.

7.2 Freiluftanlagen in offener Bauweise

Freiluftanlagen in offener Bauweise sind unter Berücksichtigung der in Abschnitt 5 angegebenen Mindestabstände Leiter/Leiter und Leiter/Erde auszulegen.

Die Anlage muss so gebaut sein, dass der Zugang zu Gefahrenzonen verhindert ist, wobei zu beachten ist, dass der Zugang zur Anlage zum Bedienen und Instandhalten notwendig ist. Dafür sind äußere Einzäunungen erforderlich; dort wo entsprechende Sicherheitsabstände nicht eingehalten werden können, sind ständige Schutzvorrichtungen einzubauen. Für Mast- und Turmstationen können äußere Einzäunungen entfallen, wenn die Anlage von der Geländeoberfläche aus für die Öffentlichkeit nicht erreichbar ist und die Schutzabstände nach 7.7 eingehalten werden.

Die Trennung zwischen Anlagenfeldern oder Anlagenabschnitten ist mittels geeigneter Abstände, Schutzabdeckungen und schützenden Hindernissen herzustellen.

7.2.1 Schutzvorrichtungsabstände für Abdeckungen

In Anlagen sind mindestens folgende Schutzvorrichtungsabstände zwischen aktiven Teilen und der Innenseite der Abdeckung einzuhalten (siehe Bild 1):

- Für feste Wände, ohne Öffnungen, mit einer Mindesthöhe von 1 800 mm beträgt der Schutzvorrichtungsabstand $B_1 = N$.
- Für Maschendraht, Gitter oder feste Wände mit Öffnungen, mit einer Mindesthöhe von 1 800 mm und einer Schutzart von IP1XB (IEC 60529), beträgt der Schutzvorrichtungsabstand $B_3 = N + 100$ mm bei Betriebsmitteln mit Bemessungsspannungen U_m über 52 kV.
- Für Maschendraht, Gitter oder feste Wände mit Öffnungen, mit einer Mindesthöhe von 1 800 mm und einer Schutzart von IP2X (IEC 60529), beträgt der Schutzvorrichtungsabstand $B_3 = N + 80$ mm bei Betriebsmitteln mit Bemessungsspannungen U_m bis zu 52 kV.

Bei nicht biegesteifen Abdeckungen und Maschendrahten muss der Schutzvorrichtungsabstand vergrößert werden, um deren mögliche Durchbiegung zu berücksichtigen.

7.2.2 Schutzvorrichtungsabstände für Hindernisse

In Anlagen sind mindestens folgende Schutzvorrichtungsabstände zwischen aktiven Teilen und der Innenseite des Hindernisses einzuhalten (siehe Bild 1).

- Für feste Wände oder Gitter mit einer geringeren Höhe als 1 800 mm, sowie für Leisten, Ketten oder Seile beträgt der Schutzvorrichtungsabstand $O_2 = N + 300$ mm (mindestens 600 mm).
- Für Ketten oder Seile sind diese Werte unter Berücksichtigung des Durchhangs zu erhöhen.

Soweit Hindernisse angewendet werden, müssen sie in einer Höhe zwischen mindestens 1 200 mm und höchstens 1 400 mm angeordnet sein.

ANMERKUNG In manchen Ländern sind Leisten, Ketten und Seile nicht zulässig.

7.2.3 Schutzvorrichtungsabstände an der äußeren Umzäunung

An der äußeren Umzäunung von Freiluftanlagen sind mindestens folgende Schutzvorrichtungsabstände einzuhalten (siehe Bild 2):

- feste Wände (Höhe siehe 7.2.6) $C = N + 1\,000$ mm;
- Maschendraht, Gitter (Höhe siehe 7.2.6) $E = N + 1\,500$ mm.

Die Schutzart muss IP1X (IEC 60529) betragen.

7.2.4 Mindesthöhe über begehbaren Flächen

Über begehbaren Flächen sind folgende Mindesthöhen zu aktiven Teilen einzuhalten:

- Für aktive Teile ohne Schutzvorrichtung ist mindestens die Höhe $H = N + 2\,250$ mm (mindestens 2 500 mm) einzuhalten (siehe Bild 3). Die Höhe H gilt für den größten Leiterdurchhang (siehe Abschnitt 4).
- Der unterste Teil jeder Isolation, z. B. die obere Kante eines geerdeten Isolatorssockels, muss mindestens eine Höhe von 2 250 mm über begehbaren Flächen haben, wenn keine Schutzvorrichtung vorhanden ist.

Falls damit zu rechnen ist, dass die angegebenen Abstände durch Schneehöhen auf zugänglichen Flächen vermindert werden, sind die vorgenannten Werte entsprechend zu erhöhen.

7.2.5 Abstände zu Gebäuden

Wenn blanke Leiter Gebäude innerhalb von abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten kreuzen, sind folgende Mindestabstände zum Dach bei größtem Durchhang einzuhalten (siehe Bild 4):

- die Abstände, die in 7.2.4 für aktive Teile über begehbaren Flächen angegeben sind, wenn bei spannungsführenden Leitern das Dach begehbar ist;
- $N + 500$ mm, wenn das Dach bei spannungsführenden Leitern nicht begehbar ist;
- O_2 in seitlicher Richtung vom Dachende, wenn bei spannungsführenden Leitern das Dach begehbar ist.

Wenn sich blanke Leiter Gebäuden innerhalb von abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten nähern, sind folgende Mindestabstände einzuhalten, wobei für Leiterseile der größte Durchhang und das Ausschwingen zu berücksichtigen sind: