



	DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540)	
	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.	

ICS 91.140.50

Einsprüche bis 2008-03-31

Vorgesehen als Ersatz für
DIN VDE 0100-540
(VDE 0100-540):2007-06**Entwurf**

**Errichten von Niederspannungsanlagen –
Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel –
Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter
(IEC 64/1610/CD:2007)**

Low-voltage electrical installations –
Part 5- 54: Selection and erection of electrical equipment –
Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors
(IEC 64/1610/CD:2007)

Installation électriques basse tension –
Partie 5-54: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques –
Mises à la terre, conducteurs de protection et conducteurs d'équipotentialité de protection
(CEI 64/1610/CD:2007)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2008-01-28 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 75 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 64/1610/CD:2007 „Low-voltage electrical installations – Part 5- 54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

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

Das internationale Dokument wurde vom TC 64 „Electrical installations and protection against electric shock“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

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

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

Das Deutsche Nationale Komitee versucht in den Beratungen eine Fassung zu erreichen, wie sie inhaltlich mit DIN VDE 0100-540 (VDE 0100-540):2007-06 vorliegt.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium UK 221.1 „Schutz gegen elektrischen Schlag“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN VDE 0100-540 (VDE 0100-540):2007-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Anmerkung zum Begriff 541.3.8 Erdungsleiter wurde ergänzt;
- b) Der Begriff Fundamenterder wurde neu definiert. Es wird jetzt unterschieden zwischen:
 - 541.3.4 „Fundamenterder, im Beton eingebettet“
 - 541.3.5 „Erder, im Erdreich eingebettet“;
- c) Neu aufgenommen wurden die Abschnitte
 - 542.1.5 „Beachtung von hochfrequenten Strömen“
 - 542.1.6 „Beachtung von Korrosion, Austrocknung und Frost“;
- d) 542.2.1 wurde mit neuer Anmerkung zum Thema Korrosion ergänzt. Die vorhandene Anmerkung wurde normativ;
- e) Tabellen 54.1 und 54.2 wurde überarbeitet;
- f) 542.4 wurde mit Anmerkung zu „Blitzschutz in ausgedehnten Anlagen“ ergänzt;
- g) In 543.3 wurde Ergänzungen zu „Verbindungen und Anschlüsse“ vorgenommen;

— Entwurf —

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

- h) In 543.4 wurde zum PEN-Leiter auch der PEL- und PEM-Leiter aufgenommen;
- i) 544.1.1 Zusätzlich wurden Angaben zum Querschnitt von Schutzpotentialausgleichsleitern aufgenommen;
- j) Im Anhang B wurde Bild B.54.1 modifiziert;
- k) Im neuen Anhang C wurde der Abschnitt 5.4 „Erdungsanlagen“ aus der IEC 62305-3:2006 aufgenommen;
- l) Im neuen Anhang D wurde der Abschnitt 6 „Inneres Blitzschutzsystem“ aus der IEC 62305-3:2006 aufgenommen;
- m) Im neuen Anhang E wurde das Thema „Errichten von Fundamenterdern in Beton“ aufgenommen.

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
CLC/TS 61643-12:2006	IEC 61643-12:2002, modifiziert	DIN CLC/TS 61643-12 (VDE V 0675-6-12):2007-10	VDE V 0675-6-12
HD 60364-4 41:2007	IEC 60364-4-41:2005	DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06	VDE 0100-410
– Vorläufer HD 384.4.43S1:1980 ersetzt durch HD 384.4.43 S2:2001 *)	IEC 60364-4-43:2001 Vorläufer IEC 60364-4-43:1977 + A1:1997, modifiziert	– Vorläufer DIN VDE 0100-430 (VDE 0100-430):1991-11	– VDE 0100-430
– Vorläufer HD 384.4.442 S1:1997	IEC 60364-4-44:2007, Abschnitt 442 Vorläufer IEC 60364-4-442:1993 + A 1:1995	– Vorläufer DIN VDE 0100-442 (VDE 0100-442):1997-11 E DIN IEC 60364-4-44/A3 (VDE 0100-442):2005-11	– VDE 0100-442 VDE 0100-442
– Vorläufer HD 60364-4-443:2006	IEC 60364-4-44:2007, Abschnitt 443 Vorläufer IEC 60364-4-44:2001 + A1:2003, modifiziert, Abschnitt 443	– Vorläufer DIN VDE 0100-443 (VDE 0100 443):2007-06	– VDE 0100-443
– Vorläufer CENELEC R064-004:1999	IEC 60364-4-44:2007, Abschnitt 444 Vorläufer IEC 60364-4-44:1996, modifiziert	– Vorläufer DIN VDE 0100-444 (VDE 0100-444):1999-10 E DIN IEC 60364-4-44/A2 (VDE 0100-444):2003-04	– VDE 0100-444 VDE 0100-444
HD 60364-5-51:2006	IEC 60364 5-51:2001, modifiziert	DIN VDE 0100-510 (VDE 0100-510):2007-06	VDE 0100-510

— Entwurf —

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk		
HD 384.5.52 S1:1995 + A1:1998	IEC 60364-5-52:1993, modifiziert	DIN VDE 0100-520 (VDE 0100 520):2003 06	DIN VDE 0100-520		
EN 60439-2:2000 + A1:2005	IEC 60439-2 :2000	DIN EN 60439-2 (VDE 0660-502):2006-07	VDE 0660-439-2		
EN 60909-0:2001	IEC 60909-0:2001	DIN EN 60909-0 (VDE 0102):2002-07	VDE 0102		
EN 61140:2002 + A1:2006, modifiziert	IEC 61140:2001 + A1:2004, modifiziert	DIN EN 61140 (VDE 0140-1):2007-03	VDE 0140-1		
EN 61534-1:2003	IEC 61534-1:2003	DIN EN 61534-1 (VDE 0604-100):2004-04	VDE 0604-1		
Reihe EN 62305	Reihe IEC 62305	Reihe DIN EN 62305 (VDE 0185-305)	VDE 0185-305		
EN 62305-1:2006	IEC 62305-1:2006	DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1):2006-10	VDE 0185-305-1		
EN 62305-2:2006	IEC 62305-2:2006	DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2):2006-10	VDE 0185-305-2		
EN 62305-3:2006	IEC 62305-3:2006, modifiziert	DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3):2006-10	VDE 0185-305-3		
EN 62305-4:2006	IEC 62305-4:2006	DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2006-10	VDE 0185-305-4		
–	IEC 60050(195):1998 + A1:2001*)	–	–		
–	IEC 60050(826):2004, modifiziert	DIN VDE 0100-200 (VDE 0100-200):2006-06	DIN VDE 0100-200		
–	IEC 60724:2000	–	–		
–	IEC 60949:1988	–	–		
<p>*) Übernommen durch Anerkennung. Bezugsquelle gegen Kostenbeteiligung: DKE-Schriftstückservice, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main, Tel.-Nr.: (069) 63 08-3 82 Fax-Nr.: (069) 63 08-1 56 E-Mail-Adresse: dke.schriftstueckservice@vde.com</p>					
<p>***) Die deutsche Fassung des IEV (Internationales Elektronisches Wörterbuch) ist als volltextcodierte Fassung auf CD-ROM mit Textdateien in Deutsch, Englisch und Französisch zu beziehen von:</p> <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; border:none;"> VDE VERLAG GMBH und Bismarckstraße 33 10625 Berlin Telefon: 030 348001-220 Telefax: 030 3417093 </td> <td style="width:50%; border:none;"> Beuth Verlag GmbH 10777 Berlin Telefon: 030 2601-2260 Telefax: 030 2601-1260 </td> </tr> </table>				VDE VERLAG GMBH und Bismarckstraße 33 10625 Berlin Telefon: 030 348001-220 Telefax: 030 3417093	Beuth Verlag GmbH 10777 Berlin Telefon: 030 2601-2260 Telefax: 030 2601-1260
VDE VERLAG GMBH und Bismarckstraße 33 10625 Berlin Telefon: 030 348001-220 Telefax: 030 3417093	Beuth Verlag GmbH 10777 Berlin Telefon: 030 2601-2260 Telefax: 030 2601-1260				

— Entwurf —

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN CLC/TS 61643-12 (VDE V 0675-6-12):2007-10, *Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung - Teil 12: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen - Auswahl und Anwendungsgrundsätze (IEC 61643-12:2002, modifiziert); Deutsche Fassung CLC/TS 61643-12:2006*

DIN EN 60439-2 (VDE 0660-502):2006-07, *Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen - Teil 2: Besondere Anforderungen an Schienenverteiler (IEC 60439-2:2000 + A1:2005); Deutsche Fassung EN 60439-2:2000 + A1:2005*

DIN EN 60909-0 (VDE 0102):2002-07, *Kurzschlussströme in Drehstromnetzen - Teil 0: Berechnung der Ströme (IEC 60909-0:2001); Deutsche Fassung EN 60909-0:2001*

DIN EN 61140 (VDE 0140-1):2007-03, *Schutz gegen elektrischen Schlag - Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel (IEC 61140:2001 + A1:2004, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61140:2002 + A1:2006*

DIN EN 61534-1 (VDE 0604-100):2004-04, *Stromschienensysteme – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 61534-1:2003); Deutsche Fassung EN 61534-1:2003*

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

DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1):2006-10, *Blitzschutz – Teil 1: Allgemeine Grundsätze (IEC 62305-1:2006); Deutsche Fassung EN 62305-1:2006*

DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2):2006-10, *Blitzschutz – Teil 2: Risiko-Management (IEC 62305-2:2006); Deutsche Fassung EN 62305-2:2006*

DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3):2006-10, *Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen (IEC 62305-3:2006, modifiziert); Deutsche Fassung EN 62305-3:2006*

DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2006-10, *Blitzschutz – Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen (IEC 62305-4:2006); Deutsche Fassung EN 62305-4:2006*

DIN VDE 0100-200 (VDE 0100-200):2006-06, *Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 200: Begriffe (IEC 60050-826:2004, modifiziert)*

DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-03, *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag*

DIN VDE 0100-430 (VDE 0100-430):1991-11, *Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; Schutzmaßnahmen; Schutz von Kabeln und Leitungen bei Überstrom*

DIN VDE 0100-442 (VDE 0100-442):1997-11, *Elektrische Anlagen von Gebäuden - Teil 4: Schutzmaßnahmen; Kapitel 44: Schutz bei Überspannungen; Hauptabschnitt 442: Schutz von Niederspannungsanlagen bei Erdschlüssen in Netzen mit höherer Spannung; Deutsche Fassung HD 384.4.442 S1:1997*

DIN VDE 0100-443 (VDE 0100 443):2007-06, *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-44: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen – Abschnitt 443: Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen*

DIN VDE 0100-444 (VDE 0100-444):1999-10, *Elektrische Anlagen von Gebäuden - Teil 4: Schutzmaßnahmen; Kapitel 44: Schutz bei Überspannungen; Hauptabschnitt 444: Schutz gegen*

— Entwurf —

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

*elektromagnetische Störungen (EMI) in Anlagen von Gebäuden (IEC 60364-4-444:1996, modifiziert);
Deutsche Fassung CENELEC R064-004:1999*

*DIN VDE 0100-510 (VDE 0100-510):2007-06, Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-51: Auswahl
und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Allgemeine Bestimmungen (IEC 60364-5-51:2001 modifiziert);
Deutsche Übernahme HD 60364-5-51:2006*

*DIN VDE 0100-520 (VDE 0100-520):2003-06, Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 5: Auswahl und
Errichtung elektrischer Betriebsmitteln - Kapitel 52: Kabel- und Leitungsanlagen (IEC 60364-5-52:1993,
modifiziert); Deutsche Fassung HD 384.5.52 S1:1995 + A1:1998*

*E DIN IEC 60364-4-44/A2 (VDE 0100-444) :2003-04, Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 4-44:
Schutzmaßnahmen - Schutz gegen Überspannungen und Maßnahmen gegen elektromagnetische Einflüsse -
Hauptabschnitt 444: Schutz gegen elektromagnetische Einflüsse; (IEC 64/1274/CD:2002)*

*E DIN IEC 60364-4-44/A3 /VDE 0100-442):2005-11, Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 4-44:
Schutzmaßnahmen - Schutz gegen Störspannungen und Maßnahmen gegen elektromagnetische Einflüsse -
Hauptabschnitt 442: Schutz von Niederspannungsanlagen gegen vorübergehende Überspannungen und bei
Erdschlüssen in Netzen mit höherer Spannung (IEC 64/1484/CD:2005)*

**Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-54: Auswahl und Errichtung
elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen, Schutzleiter und
Schutzpotentialausgleichsleiter**

Inhalt

	Seite
Einleitung.....	10
541 Allgemeines	10
541.1 Anwendungsbereich	10
541.2 Normative Verweisungen.....	10
541.3 Begriffe.....	11
542 Erdung	12
542.1 Allgemeine Anforderungen	12
542.2 Erder	12
542.3 Erdungsleiter.....	15
542.4 Haupterdungsschiene.....	15
543 Schutzleiter	16
543.1 Mindestquerschnitte.....	16
543.2 Arten von Schutzleitern.....	17
543.3 Erhalten der elektrischen Eigenschaften von Schutzleitern	18
543.4 PEN-, PEL- oder PEM-Leiter.....	18
543.5 Kombinierte Schutz- und Funktionserdungsleiter	19
543.6 Anordnung von Schutzleitern.....	19
543.7 Verstärkte Schutzleiter für Schutzleiterströme größer 10 mA	19
544 Schutzpotentialausgleichsleiter	19
544.1 Schutzpotentialausgleichsleiter für die Verbindung mit der Haupterdungsschiene	19
544.2 Schutzpotentialausgleichsleiter für den zusätzlichen Schutzpotentialausgleich	20
Anhang A (normativ) Verfahren zur Berechnung des Faktors k im Unterabschnitt 543.1.2 (siehe auch IEC 60724 und IEC 60949).....	21
Anhang B (informativ) Beispiele für die Darstellung von Erdungsanlagen, Schutzleitern und Schutzpotentialausgleichsleitern	25
Anhang C (informativ) Abschnitt 5.4 der IEC 62305-3, 1. Ausgabe, 2006-01	27
5.4 Erdungsanlage.....	27
Anhang D (informativ) Abschnitt 6 der IEC 62305-3, 1. Ausgabe, 2006-01	30
6 Inneres Blitzschutzsystem	30
6.1 Allgemeines	30
6.2 Blitzschutz-Potentialausgleich	30
6.3 Elektrische Isolierung von äußeren Blitzschutzsystemen.....	33
Anhang E (informativ) Errichtung von Fundamenterdern in Beton.....	35
E.1 Allgemeines	35
E.2 Ausnahme von der Nutzung von Fundamenterdern in Beton	35

— **Entwurf** —

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

	Seite
E.3 Herstellung eines Fundamenterders in Beton	35
E.4 Mögliche Korrosionsprobleme anderer geerdeter Anlagen außerhalb eines Fundamenterders in Beton	36
E.5 Fertigstellung eines Fundamenterders in Beton.....	37
Anhang F (informativ) Nationale Abweichungen	38
Literaturhinweise	42

Einleitung

Die Nummerierung der Abschnitte erfolgt fortlaufend mit vorangestellter Nummer dieses Abschnitts (z. B. 541). Die Nummerierung von Bildern und Tabellen erfolgt mit der Nummer dieses Teils und einer fortlaufenden Nummer, d. h. Tabelle 54.1, 54.2 usw. Die Nummerierung von Bildern und Tabellen in Anhängen enthält den Buchstaben des Anhangs und die Nummer des Teils mit einer fortlaufenden Nummer (z. B. A.54.1, A.54.2 usw.).

541 Allgemeines

541.1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 60364 gilt für Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter mit dem Ziel, die Sicherheit elektrischer Anlagen zu erfüllen.

541.2 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 60050(195), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

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

IEC 60364-4-41, *Electrical installations of buildings – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-44, *Electrical installations of buildings – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60724, *Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) and 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)*

IEC 60909-0, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 0: Calculation of currents*

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

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

IEC 62305 series, *Protection against lightning*

541.3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils der IEC 60364 gelten die Begriffe nach IEC 61140 zusammen mit den nachfolgend aufgeführten Begriffen nach IEC 60050-826.

Begriffe für die Beschreibung von Erdungsanlagen, Schutzleitern und Schutzpotentialausgleichsleitern sind im Anhang B zeichnerisch dargestellt und lauten wie folgt:

541.3.1

Körper (eines elektrischen Betriebsmittels)

leitfähiges Teil eines elektrischen Betriebsmittels, das berührt werden kann und üblicherweise nicht unter Spannung steht, aber unter Spannung geraten kann, wenn die Basisisolierung versagt

[IEV 826-12-10]

541.3.2

fremdes leitfähiges Teil

leitfähiges Teil, das nicht Teil einer elektrischen Anlage ist, jedoch ein elektrisches Potential, im Allgemeinen das einer örtlichen Erde, einführen kann

[IEV 826-12-11]

541.3.3

Erder

leitfähiges Teil, das in ein bestimmtes leitfähiges Medium, zum Beispiel Beton oder Koks, eingebettet sein kann und in elektrischem Kontakt mit Erde steht

[IEV 826-13-05]

541.3.4

Fundamenterder, im Beton eingebettet

leitfähiges Teil, das im Allgemeinen in Form einer geschlossenen Schleife, im Beton eines Gebäudedefundamentes eingebettet ist

[IEV 826-13-08 (mod)]

541.3.5

Erder, im Erdreich eingebettet

leitfähiges Teil, das in Form einer geschlossenen Schleife im Erdreich unter einem Gebäudedefundament verlegt ist

[IEV 826-13-08 (mod)]

541.3.6

Schutzleiter

Leiter vorgesehen zum Zweck der Sicherheit, zum Beispiel zum Schutz gegen elektrischen Schlag

[IEV 826-13-22]

541.3.7

Schutzpotentialausgleichsleiter

Schutzleiter vorgesehen zur Herstellung des Schutzpotentialausgleichs

[IEV 826-13-24]

541.3.8

Erdungsleiter

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

[IEV 826-13-12]

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

ANMERKUNG Im Sinne dieses Teiles von IEC 60364 ist ein Erdungsleiter ein Leiter, der den Erder mit einem Punkt des Potentialausgleichssystems, im Allgemeinen mit der Haupterdungsschiene, verbindet. Dies besagt nicht, dass alle Anlagen einen eigenen Erder haben müssen.

541.3.9

Haupterdungsschiene

(Haupterdungsklemme)

Anschlusspunkt oder Schiene, der/die Teil der Erdungsanlage einer Anlage ist und die elektrische Verbindung von mehreren Leitern zu Erdungszwecken ermöglicht

[IEV 826-13-15]

542 Erdung

542.1 Allgemeine Anforderungen

542.1.1 Erdungsanlagen dürfen für Schutz- und für Funktionszwecke, entsprechend den Anforderungen der elektrischen Anlage, gemeinsam oder getrennt verwendet werden. Die Anforderungen für Schutzzwecke müssen immer Vorrang haben.

542.1.2 Wenn in der elektrischen Anlage ein Erder vorhanden ist, muss dieser durch einen Erdungsleiter mit der Haupterdungsschiene verbunden werden.

542.1.3 Bei der Auswahl der Art der Erdverbindung der Niederspannungsanlage muss die Art der Erdverbindung der Hochspannungsanlage berücksichtigt werden (siehe IEC 60364-4-44, Abschnitt 442).

542.1.4 Die Anforderungen an Erdungsanlagen dienen dazu, eine Verbindung zur Erde herzustellen,

- die für die Schutzanforderungen der elektrischen Anlage geeignet und zuverlässig ist;
- die Erdfehlerströme und Schutzleiterströme zur Erde führen kann, ohne dass eine Gefahr durch thermische, thermomechanische oder elektromechanische Beanspruchungen und durch elektrischen Schlag, hervorgerufen durch diese Ströme, entsteht;
- die, wenn erforderlich, auch für Funktionsanforderungen geeignet ist.

542.1.5 Besonders betrachtet werden müssen Erdungsanlagen, in denen hochfrequente Ströme erwartet werden (siehe IEC 60364-4-44, Abschnitt 444).

542.1.6 Durch eine vorhersehbare Änderung der Impedanz des Erders (z. B. aufgrund von Korrosion, Austrocknung oder Frost) dürfen die Maßnahmen für den Schutz gegen elektrischen Schlag, wie im Teil 4-41 gefordert, nicht ungünstig beeinflusst werden.

542.2 Erder

542.2.1 Ausführungen, Werkstoffe und Abmessungen der Erder müssen so ausgewählt werden, dass sie über die zu erwartende Lebenszeit Korrosion widerstehen und eine angemessene mechanische Festigkeit besitzen.

ANMERKUNG Wegen Korrosion sollten folgende Eigenschaften betrachtet werden: Der pH Wert des Erdreiches, die Impedanz und Feuchtigkeit des Erdreichs, Streuströme, chemische Belastung des Bodens und die örtliche Nähe von unterschiedlichen Materialien.

Für Erder im Erdreich sind die gebräuchlichen Werkstoffe und die minimalen Abmessungen unter Berücksichtigung von Korrosion und mechanischer Festigkeit in Tabelle 54.1 enthalten.

Wenn ein Blitzschutzsystem (LPS) vorhanden ist, gilt Abschnitt 5.4 der IEC 62305-1 (siehe Anhang C).

Tabelle 54.1 – Gebräuchliche Werkstoffe und minimale Abmessungen für Erder eingebettet im Erdreich unter Berücksichtigung von Korrosion und mechanischer Festigkeit

Werkstoff	Oberfläche	Form	Mindestmaße			
			Durchmesser	Querschnitt	Dicke	Dicke der Beschichtung/Umhüllung
			mm	mm ²	mm	µm
Stahl	feuerverzinkt ^{a)} oder nichtrostend ^{b)}	Band ^{c)} oder Profil	–	90[100]*	3	63
		Rundstab als (senkrechter) Tiefenerder	16	–	–	63
		Runddraht als (waagerechter) Oberflächen- erder	8 feuerverzinkt 10 nichtrostend	–	–	45
		Rohr	25	–	2	49
		Platte		0.186 m ² ⁹ [0,250] ^{9 *}	3	45
		Gitter		[0,360] ^{9 *}		45
		Seil		70**		
		Kreuzprofil für Tiefenerder		50x50x3		
	mit Kupfer- umhüllung	Rundstab als (senkrechter) Tiefenerder	15	–	–	2 000
	elektrolytisch verkupfert	Rundstab als (senkrechter) Tiefenerder	14	–	–	250*
		Rundstab als (waagerechter) Oberflächen- erder	8*			70*
		Band als (waagerechter) Oberflächen- erder		90*	3	70*
		Rundstab, blank	[10]**			
		Band, blank		[75]**	3	
Kupfer	blank ^{a)}	Band	–	50	2	–
		Runddraht als (waagerechter) Oberflächen- erder	–	25 ¹⁾	–	–
		Seil	1,8 für Einzeldraht	25 [50]*	–	–

— Entwurf —

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

Werkstoff	Oberfläche	Form	Mindestmaße			
			Durchmesser	Querschnitt	Dicke	Dicke der Beschichtung/Umhüllung
			mm	mm ²	mm	µm
		Rohr	20	–	2	–
		Platte		0,186 m ² ^g [0,250] ^{g *}	1,5 [2]*	
		Gitter	–	[0,360] ^{g *}	[2]*	

a) verwendbar auch für Erder bei Einbettung in Beton
b) ohne Beschichtung
c) Band in gewalzter Form oder geschnitten und mit gerundeten Kanten
d) Band mit gerundeten Kanten
e) bei Verzinkung im Durchlaufbad z. B fertigungstechnisch nur mit 50 µm Dicke herstellbar
f) Wenn erfahrungsgemäß das Risiko von Korrosion und mechanischer Beschädigung sehr gering ist, darf 16 mm² verwendet werden
g) Oberfläche statt Querschnitt
* ist durch TC 81 zu überprüfen
** nur zu verwenden für Erder, die Beton eingebettet sind

ANMERKUNG Werte in eckigen Klammern gelten für Blitzschutz und für Schutz gegen elektrischen Schlag, während die Werte ohne Klammern nur für Schutz gegen elektrischen Schlag gelten.

542.2.2 Die Wirksamkeit eines jeden Erders ist abhängig von den örtlichen Bodenverhältnissen und dem Aufbau des Erders. Es müssen ein oder mehrere Erder entsprechend den Bodenverhältnissen und dem geforderten Wert des Erdungswiderstandes ausgewählt werden.

Als Erder dürfen verwendet werden:

- Fundamenterder, eingebettet in Beton (siehe Anhang E);
- Fundamenterder, eingebettet im Erdreich;
- Elektroden vertikal oder horizontal im Erdreich verlegt (z. B. Rundstäbe, Drähte, Bänder, Rohre oder Platten);
- Metallmäntel und andere Metallumhüllungen von Kabeln, entsprechend den örtlichen Auflagen oder Anforderungen;
- andere geeignete unterirdische Konstruktionsteile aus Metall (z. B. Rohre), entsprechend den örtlichen Auflagen oder Anforderungen.

542.2.4 Bei der Auswahl von Erdern und ihrer Verlegetiefe müssen die örtlichen Gegebenheiten und die Möglichkeiten einer mechanischen Beschädigung berücksichtigt werden, um die Auswirkungen von Bodenaustrocknung und Frost so gering wie möglich zu halten.

542.2.5 Bei Verwendung unterschiedlicher Werkstoffe in einer Erdungsanlage muss deren elektrochemische Korrosion berücksichtigt werden.

Für äußere Leiter (z. B. Ableitung einer Blitzschutzanlage), die mit einem Fundamenterder verbunden sind, darf die Verbindung aus feuerverzinktem Stahl nicht im Erdreich verlegt sein.

ANMERKUNG In Beton eingebetteter Stahl besitzt ein elektrochemisches Potential, ähnlich dem von Kupfer in Erde.

542.2.6 Rohrleitungen aus Metall für brennbare Flüssigkeiten oder Gase dürfen nicht als Erder verwendet werden.

ANMERKUNG Diese Festlegung schließt das Einbeziehen solcher Rohre in den Schutzpotentialausgleich nach IEC 60364-4-41 nicht aus.

542.2.7 Erder dürfen nicht direkt im Wasser eines Flusses, Baches, Teiches, Sees oder Ähnlichem verlegt werden.

ANMERKUNG Bei Erdern, die direkt im Wasser errichtet werden, können folgende Risiken auftreten:

- Austrocknung;
- Personen kommen während eines elektrischen Fehlers mit dem Wasser in Berührung.

542.3 Erdungsleiter

542.3.1 Erdungsleiter müssen den Anforderungen nach Abschnitt 543.1 entsprechen und wenn sie in Erde eingebettet sind, müssen ihre Querschnitte die Werte nach Tabelle 54.2 besitzen.

In TN-Systemen, in denen keine nennenswerten Fehlerströme über den Erder zu erwarten sind, dürfen Erdungsleiter nach Abschnitt 544.1.1 bemessen werden.

Tabelle 54.2 – Mindestquerschnitte für Erdungsleiter

Art der Schutzmaßnahme	Verlegt im Erdreich		nicht im Erdreich verlegt	
	Cu	Fe	Cu	Fe
Elektrischer Schlag	siehe Tabelle 54.1	siehe Tabelle 54.1	siehe 543.1.3	siehe 543.1.3
Elektrischer Schlag + Blitzschutz	16 mm ²	50 mm ²	16 mm ²	50 mm ²

542.3.2 Der Anschluss eines Erdungsleiters an einen Erder muss fest und elektrisch zuverlässig ausgeführt werden. Die Verbindung muss durch Schweißen, Pressverbinder, Klemm- oder andere mechanische Verbinder hergestellt werden. Mechanische Verbinder müssen in Übereinstimmung mit den Herstellerangaben errichtet werden. Wenn ein Klemmverbinder verwendet wird, darf er den Erder oder den Erdungsleiter nicht beschädigen.

ANMERKUNG Verbindungseinrichtungen oder Anschlüsse, die lediglich gelötet sind, bieten keine ausreichend zuverlässige mechanische Festigkeit.

542.4 Haupterdungsschiene

542.4.1 In jeder Anlage, in der ein Schutzpotentialausgleich ausgeführt ist, muss eine Haupterdungsschiene vorgesehen sein, mit der folgende Leiter verbunden sein müssen:

- Schutzpotentialausgleichsleiter;
- Erdungsleiter;
- Schutzleiter;
- Funktionserdungsleiter, falls zutreffend.

ANMERKUNG 1 Es ist nicht verlangt, jeden einzelnen Schutzleiter direkt mit der Haupterdungsschiene zu verbinden, wenn sie über andere Schutzleiter mit dieser Haupterdungsschiene verbunden sind.

ANMERKUNG 2 Die Haupterdungsschiene des Gebäudes kann grundsätzlich für Funktionserdungszwecke verwendet werden. Für Zwecke der Informationstechnik ist sie in diesem Fall der Verbindungspunkt zum Erdernetz.

ANMERKUNG 3 Für Blitzschutzanlagen in ausgedehnten Gebäuden (mehr als 20 m Länge) mit metallenen Strukturen kann die Errichtung von mehr als einer Potentialausgleichsschiene erforderlich sein, die jedoch untereinander verbunden sein sollten. Die Mindestquerschnitte von Leitern, die Potentialausgleichsschienen untereinander verbinden, oder Potentialausgleichsschienen mit der Haupterdungsschiene verbinden, betragen 16 mm² Kupfer bzw. 50 mm² Stahl.

542.4.2 Es muss möglich sein, jeden Leiter, der an der Haupterdungsschiene angeschlossen ist, einzeln zu trennen. Dieser Anschluss muss zuverlässig ausgeführt werden und darf nur mit Werkzeug lösbar sein.

ANMERKUNG Trennmöglichkeiten dürfen der Einfachheit halber an der Haupterdungsschiene angeordnet sein, um eine Messung des Widerstandes der Erdungsanlage zu ermöglichen.

543 Schutzleiter

ANMERKUNG Anforderungen des Abschnittes 516 der IEC 60364-5-51 sollten hier mitbetrachtet werden.

543.1 Mindestquerschnitte

543.1.1 Der Querschnitt eines jeden Schutzleiters muss die Bedingungen für die automatische Abschaltung der Stromversorgung erfüllen, die in Abschnitt 411.3.2 von IEC 60364-4-41 gefordert sind und er muss im Stande sein, den zu erwartenden Fehlerstrom zu führen.

Der Querschnitt des Schutzleiters muss entweder nach 543.1.2 berechnet oder nach Tabelle 54.3 ausgewählt werden. In jedem Fall müssen die Anforderungen nach 543.1.3 berücksichtigt werden.

Anschlussklemmen für Schutzleiter müssen die nach diesem Unterabschnitt geforderten Schutzleiterquerschnitte aufnehmen können.

Tabelle 54.3 – Mindestquerschnitte von Schutzleitern

Querschnitt des Außenleiters S mm^2	Mindestquerschnitt des zugehörigen Schutzleiters mm^2	
	Schutzleiter besteht aus demselben Werkstoff wie der Außenleiter	Schutzleiter besteht nicht aus demselben Werkstoff wie der Außenleiter
$S \leq 16$	S	$\frac{k_1}{k_2} \times S$
$16 < S \leq 35$	$16^{\text{a)}$	$\frac{k_1}{k_2} \times 16$
$S > 35$	$\frac{S}{2}^{\text{a)}$	$\frac{k_1}{k_2} \times \frac{S}{2}$
Dabei ist:		
k_1 der Wert k für den Außenleiter, ermittelt mit Hilfe der Formel im Anhang A oder ausgewählt aus den Tabellen in IEC 60364-4-43, entsprechend dem Werkstoff des Leiters und der Isolierung;		
k_2 der Wert k für den Schutzleiter, ausgewählt nach den Tabellen A.54.2 bis A.54.6, je nachdem, welche Tabelle anwendbar ist.		
a) Für einen PEN-Leiter ist die Reduzierung des Querschnittes nur in Übereinstimmung mit den Bemessungsregeln für Neutralleiter erlaubt (siehe IEC 60364-5-52).		

543.1.2 Die Querschnitte von Schutzleitern dürfen nicht kleiner sein als der Wert, ermittelt entweder

- nach IEC 60949,
- oder mit folgender Formel, die nur für Abschaltzeiten bis 5 s anwendbar ist:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

Dabei ist

- S Schutzleiterquerschnitt in mm^2 ,
- I Effektivwert des zu erwartenden Fehlerstromes in A, der bei einem Fehler mit vernachlässigbarer Impedanz durch die Schutzeinrichtung fließen kann (siehe IEC 60909-0),
- t Ansprechzeit der Schutzeinrichtung für die automatische Abschaltung der Stromversorgung in s,
- k Faktor, der vom Werkstoff des Schutzleiters, von der Isolierung und anderen Teilen sowie von der Anfangs- und Endtemperatur des Leiters abhängig ist (für die Berechnung des Faktors k siehe Anhang A).

Wenn die Anwendung der Formel keinen Standardquerschnitt ergibt, muss ein Leiter mit mindestens dem nächst größeren Standardquerschnitt verwendet werden.

ANMERKUNG 1 Es sollte die strombegrenzende Wirkung der Impedanz des Stromkreises und die Begrenzung des $I^2 t$ durch die Schutzeinrichtung berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 2 In Bezug auf die Begrenzung der Temperaturen in Anlagen mit explosionsgefährdeten Bereichen siehe IEC 60079-0.

ANMERKUNG 3 Da die metallenen Umhüllungen von mineralisierten Kabeln nach EN 60702-1 eine Kapazität gegen Erde besitzen, die größer ist, als die der Außenleiter, ist die Berechnung der Querschnitte der Umhüllungen nicht erforderlich, wenn diese als Schutzleiter benutzt werden.

543.1.3 Der Querschnitt eines jeden Schutzleiters, der nicht Bestandteil eines Kabels oder einer Leitung ist oder der sich nicht in gemeinsamer Umhüllung mit dem Außenleiter befindet, darf nicht kleiner sein als:

- 2,5 mm² Cu oder 16 mm² Al, wenn Schutz gegen mechanische Beschädigung vorgesehen ist,
- 4 mm² Cu oder 16 mm² Al, wenn Schutz gegen mechanische Beschädigung nicht vorgesehen ist.

543.1.4 Wenn ein Schutzleiter gemeinsam für zwei oder mehr Stromkreise verwendet wird, muss sein Querschnitt wie folgt ermittelt werden:

- berechnet in Übereinstimmung mit 543.1.2 für die in diesen Stromkreisen ungünstigste Bedingung von Fehlerstrom und Abschaltzeit, oder
- ausgewählt nach Tabelle 54.3 entsprechend dem größten Außenleiterquerschnitt dieser Stromkreise.

543.2 Arten von Schutzleitern

543.2.1 Schutzleiter dürfen sein:

- Leiter in mehradrigen Kabeln oder Leitungen;
- isolierte oder blanke Leiter in gemeinsamer Umhüllung mit aktiven Leitern;
- fest verlegte blanke oder isolierte Leiter;
- metallene Kabelmäntel, Kabelschirme, Kabelbewehrungen, Aderbündel, konzentrische Leiter, metallene Elektroinstallationsrohre nach den in 543.2.2.a) und b) aufgeführten Bedingungen.

ANMERKUNG Bezüglich ihrer Anordnung siehe 543.6.

543.2.2 Wenn die Anlage metallene Gehäuse von Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen oder metallgekapselten Stromschienensystemen enthält (siehe IEC 60439-2), dürfen die Gehäuse oder Konstruktionsteile aus Metall als Schutzleiter verwendet werden, vorausgesetzt, sie erfüllen gleichzeitig die drei folgenden Anforderungen:

- a) ihre elektrisch durchgehende Verbindung muss durch die Konstruktion oder durch geeignete Verbindungen in der Art sichergestellt sein, dass der Schutz gegen eine Verschlechterung dieser Verbindung infolge mechanischer, chemischer oder elektrochemischer Einflüsse sichergestellt ist;
- b) sie entsprechen den Anforderungen nach 543.1;
- c) an jeder dafür vorgesehenen Anschlussstelle müssen andere Schutzleiter angeschlossen werden können.

543.2.3 Folgende Metallteile dürfen als Schutzleiter oder Schutzpotentialausgleichsleiter nicht verwendet werden:

- Wasserleitungen aus Metall;
- Rohre, die brennbare Gase, Flüssigkeiten, Pulver oder ähnliches enthalten;
- Konstruktionsteile, die im normalen Betrieb mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind;
- flexible oder biegsame Elektroinstallationsrohre aus Metall, es sei denn sie sind für diesen Zweck hergestellt;

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

- flexible Metallteile;
- Spanndrähte oder Tragseile;
- Kabelwannen und Kabelpraitschen.

543.3 Erhalten der elektrischen Eigenschaften von Schutzleitern

543.3.1 Schutzleiter müssen in geeigneter Weise gegen mechanische Beschädigung, chemische oder elektrochemische Zerstörung sowie elektrodynamische und thermodynamische Kräfte geschützt werden.

Alle Verbindungen und Anschlüsse müssen durch ihre Ausführung mechanisch und elektrisch stabil sein, z. B. als geschraubte Verbindungen, Klemmen oder andere vergleichbare mechanische Verbindungen.

ANMERKUNG Alle elektrischen Verbindungen sollten eine ausreichende thermische Belastbarkeit und mechanische Festigkeit aufweisen, um jeder Kombination des Strom/Zeit Verhältnisses, die im Leiter des Kabels/in einem Kabelkanal mit größtem Querschnitt auftreten kann standhalten zu können.

543.3.2 Verbindungen in Schutzleitern müssen für das Besichtigen und Prüfen zugänglich sein, ausgenommen:

- vergossene Verbindungen,
- gekapselte Verbindungen,
- Verbindungen in Elektroinstallationsrohren und in Schienenverteilern aus Metall,
- Verbindungen, die Teil eines Betriebsmittels sind und der Betriebsmittelnorm entsprechen
- Verbindungen die durch Schweißen, Weich- oder Hartlöten hergestellt wurden.

543.3.3 Schaltgeräte dürfen in den Schutzleiter nicht eingefügt werden, jedoch dürfen Verbindungen vorgesehen werden, die für Prüfzwecke mit Werkzeug gelöst werden können.

543.3.4 Wenn eine elektrische Überwachung der Erdung verwendet wird, dürfen die Überwachungseinrichtungen (z. B. Sensoren, Spulen) nicht in den Schutzleiter eingefügt werden.

543.3.5 Körper von Geräten dürfen als Teil eines Schutzleiters für andere Betriebsmittel nicht verwendet werden, ausgenommen wie nach 543.2.2 erlaubt.

543.4 PEN-, PEL- oder PEM-Leiter

543.4.1 PEN-, PEL- oder PEM-Leiter dürfen nur in fest installierten elektrischen Anlagen verwendet werden und sie müssen aus mechanischen Gründen einen Leiterquerschnitt von mindestens 10 mm² Cu oder 16 mm² Al besitzen.

543.4.2 PEN-, PEL- oder PEM-Leiter müssen für die höchste vorkommende Spannung isoliert sein, denen sie ausgesetzt sein können.

Metallene Umhüllungen von Kabeln und Leitungen dürfen nicht als PEN-, PEL- oder PEM-Leiter verwendet werden mit der Ausnahme der Umhüllung von Schienenverteilern entsprechend IEC 60439-2 und IEC 61534-1.

ANMERKUNG Die Notwendigkeit einer isolierten Ausführung von PEN-, PEL- oder PEM-Leiter innerhalb von Betriebsmitteln sollte durch das zuständige Gerätekomitee betrachtet werden.

543.4.3 Wenn ab einem beliebigen Punkt der Anlage, die Funktion des Neutral-/ bzw. Mittelpunkts-/aktiven Leiters und des Schutzleiters aufgeteilt wird, ist es nicht zulässig, den Neutral-/Mittelpunkts-/aktiven Leiter mit irgendeinem anderen geerdeten Teil der Anlage zu verbinden (z. B. mit dem Schutzleiter abgezweigt aus dem PEN-, PEL- oder PEM-Leiter). Es ist jedoch zulässig, mehr als einen Neutral-/bzw. Mittelpunkts- oder aktive Leiter und mehr als einen Schutzleiter vom PEN-, bzw. PEL- oder PEM-Leiter abzuzweigen.

Für die Schutz- und Neutral-/bzw. Mittelpunkts- oder aktiven Leiter dürfen getrennte Schienen oder Klemmen vorgesehen werden. In diesem Fall muss der PEN- bzw. PEL- oder PEM-Leiter an die Klemme oder Schiene angeschlossen werden, die für den Schutzleiter vorgesehen ist.

543.4.4 Fremde leitfähige Teile dürfen als PEN-, PEM- oder PEL-Leiter nicht verwendet werden.

543.5 Kombinierte Schutz- und Funktionserdungsleiter

543.5.1 Wenn ein gemeinsamer Schutzerdungs- und Funktionserdungsleiter verwendet wird, muss dieser die Anforderungen für einen Schutzleiter erfüllen. Zusätzlich muss er auch die entsprechenden Anforderungen für Funktionszwecke erfüllen (siehe IEC 60364-4-44, Abschnitt 444).

Ein Gleichstrom-Rückleiter PEL oder PEM für eine informationstechnische Stromversorgung darf ebenfalls als kombinierter Schutzerdungs- und Funktionserdungsleiter genutzt werden.

543.5.2 Fremde leitfähige Teile dürfen als PEN, PEL- oder PEM-Leiter nicht verwendet werden.

543.6 Anordnung von Schutzleitern

Wenn Überstrom-Schutzeinrichtungen für den Schutz gegen elektrischen Schlag verwendet werden, muss der Schutzleiter in demselben Kabel bzw. in derselben Leitung integriert sein wie die aktiven Leiter oder in unmittelbarer Nähe zu diesen verlegt sein.

543.7 Verstärkte Schutzleiter für Schutzleiterströme größer 10 mA

Für jedes Verbrauchsmittel, das einen Schutzleiterstrom von mehr als 10 mA führt und fest angeschlossen ist, muss ein verstärkter Schutzleiter wie folgt bemessen werden:

- entweder muss der Schutzleiter einen Querschnitt von mindestens 10 mm^2 Cu oder 16 mm^2 Al in seinem gesamten Verlauf aufweisen,

ANMERKUNG 1 Ein PEN-Leiter, der nach 543.4 ausgewählt ist, erfüllt diese Anforderung.

- oder ein zweiter Schutzleiter mit mindestens demselben Querschnitt, wie er für den Schutz bei indirektem Berühren gefordert wird, muss vom Verbrauchsmittel aus bis zu dem Punkt verlegt werden, an dem der Schutzleiter mindestens einen Querschnitt von 10 mm^2 Cu oder 16 mm^2 Al aufweist. Dies erfordert eine getrennte Anschlussklemme für den zweiten Schutzleiter am Gerät.

ANMERKUNG 2 In TN-C-Systemen, in denen die Neutral- und die Schutzleiterfunktion in einem einzigen Leiter (PEN-Leiter) bis zu den Anschlussstellen der Betriebsmittel enthalten ist, darf der Schutzleiterstrom als Betriebsstrom behandelt werden.

ANMERKUNG 3 Verbrauchsmittel mit hohem Schutzleiterstrom im normalen Betrieb können in Verbindung mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) Probleme verursachen.

544 Schutzpotentialausgleichsleiter

544.1 Schutzpotentialausgleichsleiter für die Verbindung mit der Haupterdungsschiene

544.1.1 Der Schutzpotentialausgleichsleiter, der für die Verbindung mit der Haupterdungsschiene vorgesehen ist, muss einen Querschnitt haben der nicht kleiner ist als der halbe Querschnitt des größten Schutzleiters der Anlage und darf nicht kleiner sein als:

- 6 mm^2 Kupfer, oder
- 16 mm^2 Aluminium, oder
- 50 mm^2 Stahl.

— Entwurf —

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

Der Querschnitt von Schutzpotentialausgleichsleitern, die zur Verbindung mit der Haupterdungsschiene vorgesehen sind, braucht nicht größer als 25 mm² Cu zu sein, oder vergleichbare Querschnitte anderer Materialien.

544.2 Schutzpotentialausgleichsleiter für den zusätzlichen Schutzpotentialausgleich

544.2.1 Ein Schutzpotentialausgleichsleiter, der zwei Körper elektrischer Betriebsmittel verbindet, muss eine Leitfähigkeit besitzen, die nicht kleiner ist, als die des kleineren Schutzleiters, der an die Körper angeschlossen ist.

544.2.2 Ein Schutzpotentialausgleichsleiter, der Körper elektrischer Betriebsmittel mit fremden leitfähigen Teilen verbindet, muss eine Leitfähigkeit besitzen, die mindestens halb so groß ist, wie die des Querschnitts des entsprechenden Schutzleiters.

544.2.3 Der Mindestquerschnitt von Schutzpotentialausgleichsleitern für den zusätzlichen Schutzpotentialausgleich und für die Verbindung zwischen zwei fremden leitfähigen Teilen muss 543.1.3 entsprechen.

Anhang A (normativ)

Verfahren zur Berechnung des Faktors k im Unterabschnitt 543.1.2 (siehe auch IEC 60724 und IEC 60949)

Der Faktor k ist mit folgender Formel zu berechnen:

$$k = \sqrt{\frac{Q_c (\beta + 20)}{\rho_{20}}} \ln \left(\frac{\beta + \theta_f}{\beta + \theta_i} \right)$$

Dabei ist

- Q_c volumetrische Wärmekapazität des Leiterwerkstoffes [J/(°C mm³)] bei 20 °C;
- β Reziprokwert des Temperaturkoeffizienten des spezifischen Widerstandes bei 0 °C für den Leiter [°C];
- ρ_{20} spezifischer elektrischer Widerstand des Leiterwerkstoffes bei 20 °C [Ω mm];
- θ_i Anfangstemperatur des Leiters [°C];
- θ_f Endtemperatur des Leiters [°C].

Tabelle A.54.1 – Werte der Parameter für verschiedene Leiterwerkstoffe

Werkstoff	β ^{a)} °C	Q_c ^{a)} J/°C mm ³	ρ_{20} ^{a)} Ω mm	$\sqrt{\frac{Q_c (\beta + 20)}{\rho_{20}}}$ $\frac{A\sqrt{s}}{\text{mm}^2}$
Kupfer	234,5	$3,45 \times 10^{-3}$	$17,241 \times 10^{-6}$	226
Aluminium	228	$2,50 \times 10^{-3}$	$28,264 \times 10^{-6}$	148
Stahl	202	$3,80 \times 10^{-3}$	138×10^{-6}	78

a) Werte sind abgeleitet von IEC 60949

— Entwurf —

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

Tabelle A.54.2 – Werte von k für isolierte Schutzleiter, die nicht Bestandteil von Kabeln und Leitungen und nicht mit anderen Kabeln und Leitungen gebündelt sind

Leiterisolierung	Temperatur °C ^{b)}		Leiterwerkstoff		
	Anfang	Ende	Kupfer	Aluminium	Stahl
			Wert für k ^{c)}		
70 °C PVC	30	160/140 ^{a)}	143/133 ^{a)}	95/88 ^{a)}	52/49 ^{a)}
90 °C PVC	30	160/140 ^{a)}	143/133 ^{a)}	95/88 ^{a)}	52/49 ^{a)}
90 °C Duroplast	30	250	176	116	64
60 °C Gummi	30	200	159	105	58
85 °C Gummi	30	220	166	110	60
Silikon-Kautschuk	30	350	201	133	73

a) Bei PVC-isolierten Leitern mit Querschnitten über 300 mm² ist der kleinere Wert anzuwenden.
b) Temperaturgrenzwerte für verschiedene Arten der Isolierung sind in IEC 60724 enthalten.
c) Bezüglich des Verfahrens zur Berechnung von k siehe die Formel am Anfang diese Anhanges

Tabelle A.54.3 – Werte von k für blanke Schutzleiter in Berührung mit Umhüllungen von Kabeln und Leitungen, jedoch ohne Bündelung mit anderen Kabeln und Leitungen

Kabel-/Leitungsumhüllung	Temperatur °C ^{a)}		Leiterwerkstoff		
	Anfang	Ende	Kupfer	Aluminium	Stahl
			Wert für k ^{b)}		
PVC	30	200	159	105	58
Polyethylen	30	150	138	91	50
CSP (ölbeständiger Kautschuk)	30	220	166	110	60

a) Temperaturgrenzwerte für verschiedene Arten der Isolierung sind in IEC 60724 enthalten.
b) Bezüglich des Verfahrens zur Berechnung von k siehe die Formel am Anfang diese Anhanges.

Tabelle A.54.4 – Werte von k für Schutzleiter, die als Ader innerhalb von Kabeln und Leitungen enthalten sind, oder die in gemeinsamer Bündelung mit anderen Kabeln und Leitungen oder mit Aderleitungen verlegt sind

Leiterisolierung	Temperatur °C ^{b)}		Leiterwerkstoff		
	Anfang	Ende	Kupfer	Aluminium	Stahl
			Wert für k ^{c)}		
70 °C PVC	70	160/140 ^{a)}	115/103 ^{a)}	76/68 ^{a)}	42/37 ^{a)}
90 °C PVC	90	160/140 ^{a)}	100/86 ^{a)}	66/57 ^{a)}	36/31 ^{a)}
90 °C Duroplast	90	250	143	94	52
60 °C Gummi	60	200	141	93	51
85 °C Gummi	85	220	134	89	48
Silikon-Kautschuk	180	350	132	87	47

a) Bei PVC-isolierten Leitern mit Querschnitten über 300 mm² ist der kleinere Wert anzuwenden.
b) Temperaturgrenzwerte für verschiedene Arten der Isolierung sind in IEC 60724 enthalten.
c) Bezüglich des Verfahrens zur Berechnung von k siehe die Formel am Anfang diese Anhangs.

Tabelle A.54.5 – Werte von k für Schutzleiter als metallene Umhüllung von Kabeln und Leitungen, z. B als Bewehrung, Metallmantel, konzentrischer Leiter usw.

Leiterisolierung	Temperatur °C ^{a)}		Leiterwerkstoff			
	Anfang	Ende	Kupfer	Aluminium	Blei	Stahl
			Wert für k ^{c)}			
70 °C PVC	60	200	141	93	26	51
90 °C PVC	80	200	128	85	23	46
90 °C Duroplast	80	200	128	85	23	46
60 °C Gummi	55	200	144	95	26	52
85 °C Gummi	75	220	140	93	26	51
Mineral, PVC-umhüllt ^{b)}	70	200	135	–	–	–
reines Mineral	105	250	135	–	–	–

a) Temperaturgrenzwerte für verschiedene Arten der Isolierung sind in IEC 60724 enthalten.
b) Diese Werte dürfen auch für blanke Leiter angewendet werden, bei denen die Möglichkeit einer Berührung mit brennbarem Material besteht.
c) Bezüglich des Verfahrens zur Berechnung von k siehe die Formel am Anfang diese Anhangs

Tabelle A.54.6 – Werte von k für blanke Schutzleiter in Fällen, in denen keine Gefährdung benachbarter Teile infolge der angegebenen Temperaturen entsteht

Bedingungen	Anfangs- temperatur °C	Leiterwerkstoff					
		Kupfer		Aluminium		Stahl	
		Wert für k	Maximal Temperatur °C	Wert für k	Maximal Temperatur °C	Wert für k	Maximal Temperatur °C
sichtbar und im ab- gegrenzten Bereich	30	228	500	125	300	82	500
normale Bedingun- gen	30	159	200	105	200	58	200
Feuergefährdung	30	138	150	91	150	50	150

Anhang B
(informativ)

Beispiele für die Darstellung von Erdungsanlagen, Schutzleitern und Schutzpotentialausgleichsleitern

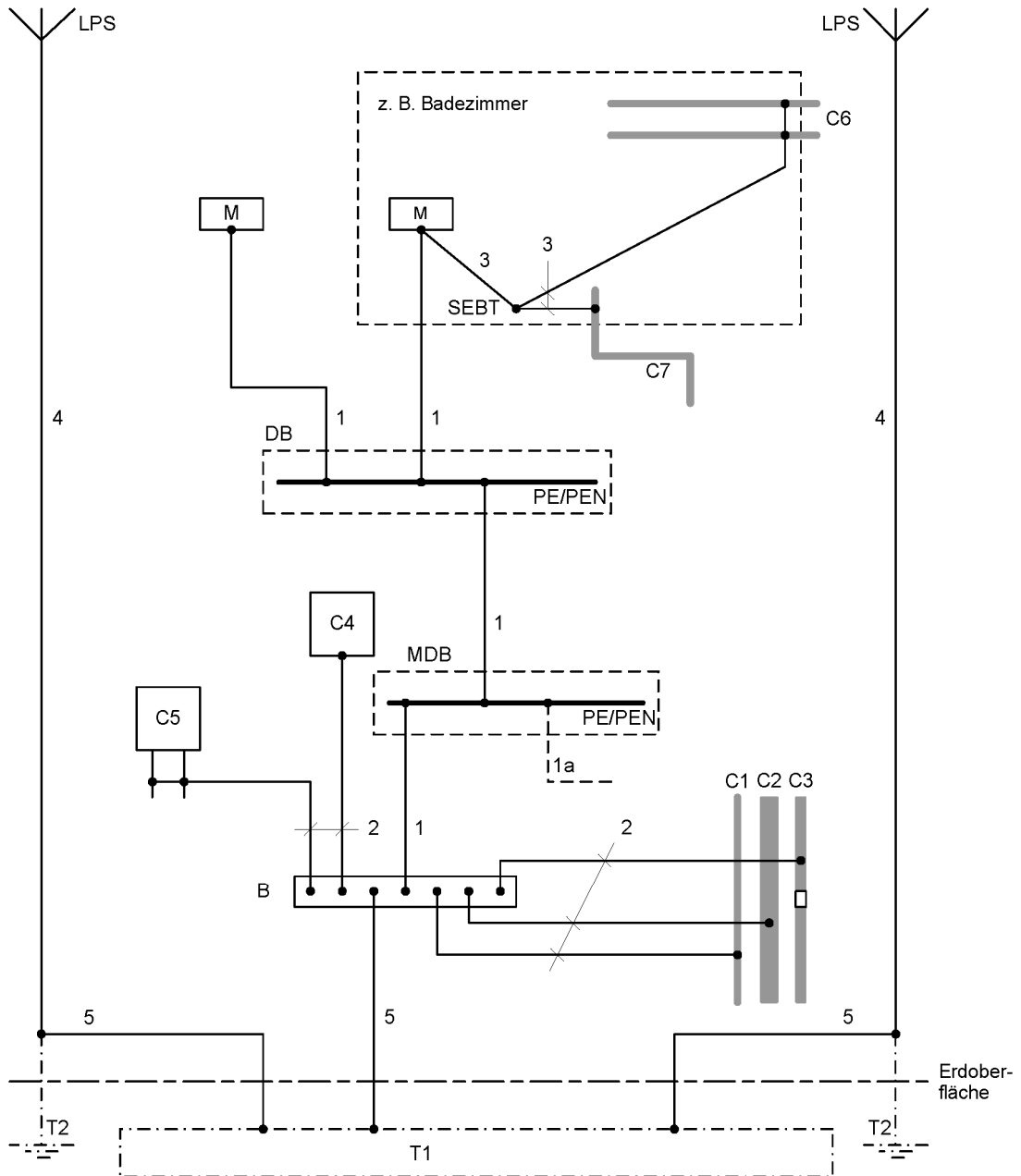


Bild B.54.1 – Anordnung von Erdungsanlagen, Schutzleitern und Schutzpotentialausgleichsleitern

— Entwurf —

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

Legende

Symbol	Name	Anmerkung
C	Fremdes Leitfähiges Teil	
C1	metallene Wasserleitung, von außen kommend	oder Fernwärmeleitung
C2	metallene Abwasserleitung, von außen kommend	
C3	metallene Gasleitung mit Isolierstück, von außen kommend	
C4	Klimaanlage	
C5	Heizung	
C6	metallene Wasserleitung, z. B. in einem Badezimmer	siehe Teil 7-701, Abschnitt 701.415.2
C7	metallene Abwasserleitung, z. B. in einem Badezimmer	siehe Teil 7-701, Abschnitt 701.415.2
MDB	Hauptverteilung	
DB	Verteilung	Versorgt von der Hauptverteilung
B	Haupterdungsklemme	siehe 542.4
SEBT	Zusätzlicher Potentialausgleich	
T	Erder	siehe 542.2
T1	Fundamenterder, im Beton eingebettet oder Erder, im Erdreich eingebettet	
T2	Erder für Blitzschutz (LPS), falls gefordert	
LPS	Blitzschutzanlage	
PE	Schutzleiter- Anschlußklemme	
M	Körper	
1	Schutzleiter	Siehe 543 Leiterquerschnitte, siehe Abschnitt 543.1 Art des Schutzleiters, siehe Abschnitt 543.2 Erhalten der Eigenschaften, siehe Abschnitt 543.3
1a	Schutzleiter, oder PEN Leiter (wenn vorhanden) des speisenden Netzes	
2	Schutzpotentialausgleichsleiter zur Verbindung mit der Haupterdungsschiene	Siehe Abschnitt 544.1
3	Schutzpotentialausgleichsleiter für den zusätzlichen Schutzpotentialausgleich	Siehe Abschnitt 544.2
4	Ableitung einer Blitzschutzanlage (LPS)	
5	Erdungsleiter	Siehe Abschnitt 542.3

Wenn eine Blitzschutzanlage (LPS) errichtet ist, müssen die zusätzlichen Anforderungen nach Abschnitt 6 der IEC 62305-3 erfüllt werden, insbesondere die Anforderungen nach 6.1 und 6.2. Diese Anforderungen sind im Anhang D wiedergegeben.

Anhang C (informativ)

Abschnitt 5.4 der IEC 62305-3, 1. Ausgabe, 2006-01

5.4 Erdungsanlage

5.4.1 Allgemeines

Um den Blitzstrom in der Erde zu verteilen (Hochfrequenzverhalten) und dabei gefährliche Überspannungen zu reduzieren, sind Form und Maße der Erdungsanlage die wichtigsten Kriterien. Im Allgemeinen wird jedoch ein niedriger Erdungswiderstand (kleiner als 10Ω , gemessen bei Niederfrequenz) empfohlen.

Unter dem Gesichtspunkt des Blitzschutzes ist eine einzige integrierte Erdungsanlage der baulichen Anlage zu bevorzugen, die für alle Zwecke geeignet ist (z. B. Blitzschutz, Versorgungssystem und Telekommunikationsanlagen).

Erdungsanlagen müssen mit dem Potentialausgleich nach 6.2 verbunden werden.

ANMERKUNG 1 Die Bedingungen für die Trennung und den Anschluss anderer Erdungsanlagen werden normalerweise von den zuständigen nationalen Behörden geregelt.

ANMERKUNG 2 Schwerwiegende Korrosionsprobleme können auftreten, wenn Erdungsanlagen aus unterschiedlichen Werkstoffen miteinander verbunden werden.

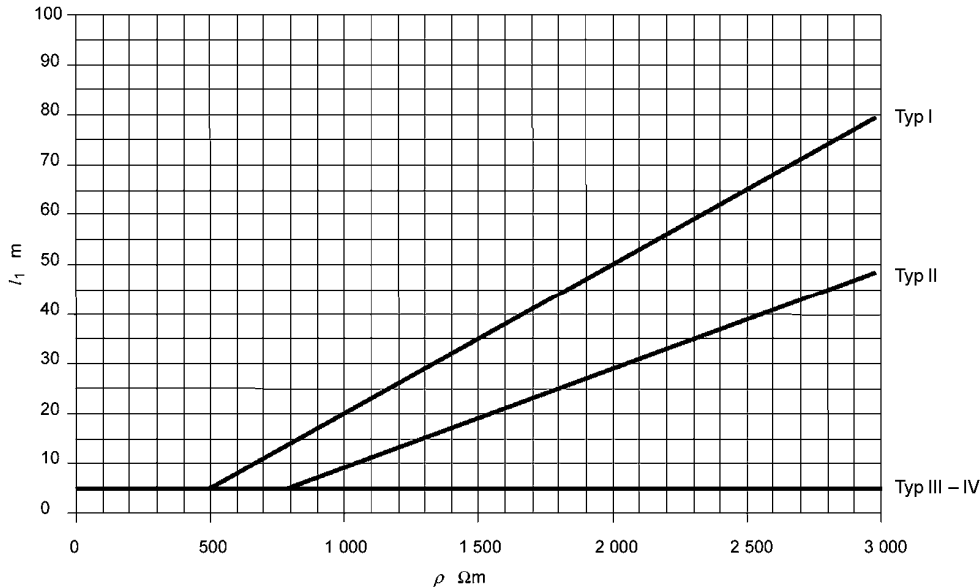
5.4.2 Erderanordnung unter allgemeinen Bedingungen

Für Erdungsanlagen gibt es grundsätzlich zwei Arten der Erderanordnung.

5.4.2.1 Anordnung Typ A

Diese Anordnung besteht aus horizontalen oder vertikalen Erdern, die außerhalb der zu schützenden Anlage errichtet werden und mit jeder Ableitung verbunden sind.

Für die Anordnung Typ A ist die Mindestanzahl zwei Erder.



ANMERKUNG Die Klassen III und IV sind unabhängig vom spezifischen Bodenwiderstand.

Bild 2 – Mindestlänge l_1 jedes Erders entsprechend der Schutzklasse des LPS

Die Mindestlänge jedes Erders beträgt am Fußpunkt der Ableitung:

- l_1 für Horizontalerder oder
- $0,5 l_1$ für Vertikalerder (oder Schrägerder).

Dabei ist

l_1 die Mindestlänge des Horizontalerders, der in Bild 2 dargestellt ist.

Bei kombinierten Erdern (Vertikal- und Horizontalerder) muss die Gesamtlänge berücksichtigt werden.

Die Mindestlänge nach Bild 2 muss nicht beachtet werden, wenn ein Erdungswiderstand der Erdungsanlage von weniger als 10Ω erreicht wird (gemessen bei einer von der Netzfrequenz und deren Oberwellen abweichenden Frequenz, um Interferenzen zu vermeiden).

ANMERKUNG 1 Eine Verringerung des Erdungswiderstandes ist praktisch durch Verlängerung der Erder bis auf 60 m möglich.

ANMERKUNG 2 Weitere Informationen siehe Anhang E.

5.4.2.2 Anordnung Typ B

Dieser Typ der Erderanordnung besteht entweder aus einem Ringerder außerhalb der zu schützenden baulichen Anlage, der über wenigstens 80 % seiner Gesamtlänge im Erdboden verlegt ist, oder aus einem Fundamenterder. Solche Erder können auch vermascht sein.

Beim Ringerder (oder Fundamenterder) darf der mittlere Radius r_e der Fläche, die vom Ringerder (oder Fundamenterder) eingeschlossen wird, nicht weniger als l_1 betragen:

$$r_e \geq l_1 \tag{1}$$

wobei

l_1 für die Blitzschutzklassen I, II, III bzw. IV in Bild 2 dargestellt ist.

Ist der geforderte Wert von l_1 größer als der für r_e günstige Wert, müssen zusätzliche Horizontal- oder Vertikalerder (oder Schrägerder) hinzugefügt werden, deren jeweilige Längen l_r (horizontal) und l_v (vertikal) sich aus den folgenden Gleichungen ergeben:

$$l_r = l_1 - r_e \quad (2)$$

und

$$l_v = (l_1 - r_e) / 2 \quad (3)$$

Es wird empfohlen, dass die Anzahl der zusätzlichen Erder nicht kleiner sein darf als die Anzahl der Ableitungen, mindestens jedoch 2.

Die zusätzlichen Erder sollten mit dem Ringerder an den Anschlüssen der Ableitungen verbunden und, soweit möglich, mit gleichmäßigem Abstand angeordnet werden.

5.4.3 Installation von Erdern

Der äußere Ringerder (Anordnung Typ B) sollte vorzugsweise in einer Tiefe von mindestens 0,5 m und in einem Abstand von etwa 1 m zu den Außenwänden in der Erde verlegt werden.

Die Erder (Anordnung Typ A) müssen außerhalb der zu schützenden baulichen Anlage mit dem oberen Ende in einer Tiefe von mindestens 0,5 m in der Erde verlegt und möglichst gleichmäßig verteilt werden, um elektrische Kopplungseffekte in der Erde zu reduzieren.

Erder müssen so verlegt werden, dass eine Überprüfung während des Errichtens möglich ist.

Die Verlegungstiefe und der Erdertyp müssen so gewählt werden, dass die Einflüsse von Korrosion, Bodentrockenheit und -frost gering sind und somit der entsprechende Erdungswiderstand stabil bleibt. Es wird empfohlen, den oberen Teil eines Vertikalerders entsprechend der Tiefe des Bodenfrostes unter Frostbedingungen als unwirksam zu betrachten.

ANMERKUNG Folglich sollte zu jeder Länge l_1 eines Vertikalerders, die nach 5.4.2.1 und 5.4.2.2 berechnet wird, 0,5 m addiert werden.

Bei Felsboden wird nur^{N1)} eine Erderanordnung Typ B empfohlen.

Für bauliche Anlagen mit elektronischen Systemen oder mit hoher Brandgefahr (siehe IEC 62305-2) ist eine Erderanordnung Typ B vorzuziehen.

5.4.4 Natürliche Erder

Als Erder sollten vorzugsweise durchverbundener Bewehrungsstahl in Betonfundamenten oder andere geeignete unterirdische Anlagenteile aus Metall nach 5.6 genutzt werden. Wird die Betonbewehrung als Erder benutzt, müssen die Verbindungen der Bewehrungsstäbe besonders sorgfältig ausgeführt werden, um eine Zersplitterung des Betons zu vermeiden.

ANMERKUNG 1 Bei Spannbeton sollten die Folgen des Durchganges von Blitzentladungsströmen beachtet werden, die unzulässige mechanische Beanspruchungen erzeugen können.

ANMERKUNG 2 Bei Anwendung einer Fundamenterdung kann der Erdungswiderstand langfristig ansteigen.

ANMERKUNG 3 Umfassendere Informationen über das Thema sind im Anhang E enthalten.

^{N1)} Nationale Fußnote: Das „nur“ steht nicht in DIN VDE 0185-305-3 (VDE 0185-305-3):2006-10.

Anhang D (informativ)

Abschnitt 6 der IEC 62305-3, 1. Ausgabe, 2006-01

6 Inneres Blitzschutzsystem

6.1 Allgemeines

Das innere LPS muss eine gefährliche Funkenbildung innerhalb der zu schützenden baulichen Anlage verhindern, die durch den Blitzstrom im äußeren LPS oder in anderen leitenden Teilen der baulichen Anlage verursacht werden kann.

Gefährliche Funkenbildung kann auftreten zwischen dem äußeren LPS und anderen Bauteilen wie:

- der metallenen Installation;
- den elektrischen und elektronischen Systemen innerhalb der zu schützenden baulichen Anlage;
- den in die bauliche Anlage eingeführten äußeren leitenden Teilen, Kabeln und Leitungen.

ANMERKUNG 1 Funkenbildung innerhalb einer explosionsgefährdeten baulichen Anlage muss immer als gefährlich angesehen werden. In solchen Fällen müssen zusätzliche Schutzmaßnahmen ergriffen werden, die noch in Beratung sind (siehe Anhang E).

ANMERKUNG 2 Schutz gegen Überspannungen in inneren Systemen siehe IEC 62305-4.

Gefährliche Funkenbildung zwischen unterschiedlichen Teilen kann verhindert werden durch

- Potentialausgleichsverbindungen nach 6.2 oder
- entsprechende Isolierung zwischen den Teilen nach 6.3.

6.2 Blitzschutz-Potentialausgleich

6.2.1 Allgemeines

Der Potentialausgleich wird erreicht, indem das LPS verbunden wird:

- mit dem Metallgerüst der baulichen Anlage;
- mit den Installationen aus Metall;
- mit den äußeren leitenden Teilen und Leitungen, die mit der baulichen Anlage verbunden sind;
- mit den elektrischen und elektronischen Systemen innerhalb der zu schützenden baulichen Anlage.

Wenn ein Blitzschutz-Potentialausgleich mit dem inneren System eingerichtet wird, kann ein Teil des Blitzstromes in solche Systeme hineinfließen und dieser Effekt muss berücksichtigt werden.

Verbindungsmaßnahmen können sein:

- Potentialausgleichsleitungen, wenn elektrischer Durchgang nicht durch die natürlichen Verbindungen erreicht wird;
- SPDs, wenn direkte Verbindungen mit Potentialausgleichsleitern nicht möglich sind.

Die Art, wie der Blitzschutz-Potentialausgleich erreicht wird, ist wichtig und mit den Netzbetreibern der Telekommunikationsnetze, Betreibern der Energieversorgung und anderen betreffenden Behörden abzusprechen, wenn es widersprüchliche Anforderungen gibt. SPDs müssen so installiert werden, dass sie überprüft werden können.

ANMERKUNG Wenn ein LPS installiert ist, können Metallteile außerhalb der zu schützenden baulichen Anlage beeinflusst werden. Dies ist bei der Planung solcher Systeme zu berücksichtigen. Der Blitzschutz-Potentialausgleich für außerhalb liegende Metallteile kann ebenfalls notwendig sein.

6.2.2 Blitzschutz-Potentialausgleich für metallene Installationen

Bei getrennten äußeren LPS darf der Blitzschutz-Potentialausgleich nur auf Erdbodenhöhe ausgeführt werden.

Bei nicht getrennten äußeren LPS muss der Blitzschutz-Potentialausgleich an den folgenden Stellen ausgeführt werden:

- a) im Kellergeschoss oder etwa auf Erdbodenhöhe. Potentialausgleichsleitungen sind mit einer Potentialausgleichsschiene zu verbinden, die so konstruiert und installiert ist, dass sie für Überprüfungen leicht zugänglich ist. Die Potentialausgleichsschiene ist an die Erdungsanlage anzuschließen. Bei großen baulichen Anlagen (z. B. Länge über 20 m) können mehrere Potentialausgleichsschienen installiert sein, vorausgesetzt, sie sind miteinander verbunden;
- b) wenn Anforderungen an die Isolierung nicht erfüllt sind (siehe 6.3).

Blitzschutz-Potentialausgleichsverbindungen müssen so kurz und gerade wie möglich ausgeführt werden.

ANMERKUNG Wenn ein Blitzschutz-Potentialausgleich zu leitenden Teilen der baulichen Anlage hergestellt wird, kann ein Teil des Blitzstromes in die bauliche Anlage fließen, dessen Auswirkungen zu berücksichtigen sind.

Werte für den Mindestquerschnitt der Potentialausgleichsleiter, die verschiedene Potentialausgleichsschienen verbinden, und der Leitungen, die die Potentialausgleichsschienen mit der Erdungsanlage verbinden, sind in Tabelle 8 angegeben.

Werte für den Mindestquerschnitt der Potentialausgleichsleiter, die innere Metallteile mit den Potentialausgleichsschienen verbinden, sind in Tabelle 9 angegeben.

Tabelle 8 – Mindestmaße von Leitern, die verschiedene Potentialausgleichsschienen miteinander oder mit der Erdungsanlage verbinden

Schutzklasse des LPS	Werkstoff	Querschnitt
		mm ²
I bis IV	Kupfer	14
	Aluminium	22
	Stahl	50

Tabelle 9 – Mindestmaße von Leitern, die innere metallene Installationen mit der Potentialausgleichsschiene verbinden

Schutzklasse des LPS	Werkstoff	Querschnitt
		mm ²
I bis IV	Kupfer	5
	Aluminium	8
	Stahl	16

Sind innerhalb der zu schützenden baulichen Anlage in Gas- oder Wasserleitungen Isolierstücke eingefügt, müssen diese nach Zustimmung der Gas- und Wasserwerke mit SPDs, die für die entsprechenden Betriebsbedingungen ausgelegt sind, überbrückt werden.

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

SPDs^{N2)} müssen folgende Kennwerte besitzen:

- Prüfung nach Typ 1;
 - $I_{\text{imp}} \geq k_c I$, wobei $k_c I$ der entlang des entsprechenden Teils des äußeren LPS fließende Blitzstrom ist (siehe Anhang C von IEC 62305-3);
- Gefährdungspegel U_p muss geringer sein als die Stehstoßspannung der Isolierung zwischen den Teilen;
- sonstige Kennwerte nach IEC 61643-12.

6.2.3 Blitzschutz-Potentialausgleich für äußere leitende Teile

Für äußere leitende Teile muss der Blitzschutz-Potentialausgleich möglichst nahe an der Eintrittsstelle in die zu schützende bauliche Anlage erfolgen.

Potentialausgleichsleitungen müssen dem Teil I_f des Blitzstromes standhalten, der durch sie hindurchfließt und nach Anhang E von IEC 62305-1 ermittelt wird.

Wenn eine direkte Verbindung nicht zulässig ist, dann müssen SPDs mit folgenden Kennwerten verwendet werden:

- Prüfung nach Typ 1;
- $I_{\text{imp}} \geq I_f$, wobei I_f der entlang des entsprechenden äußeren leitenden Teils fließende Blitzstrom ist (siehe Anhang E von IEC 62305-1);
- Gefährdungspegel U_p muss geringer sein als die Stehstoßspannung der Isolierung zwischen den Teilen;
- sonstige Kennwerte nach IEC 61643-12.

ANMERKUNG Wenn ein Potentialausgleich, aber kein LPS erforderlich ist, kann für diesen Zweck die Erdung der elektrischen Niederspannungsanlage benutzt werden. In IEC 62305-2 sind Informationen darüber enthalten, wann kein LPS erforderlich ist.

6.2.4 Blitzschutz-Potentialausgleich für innere Systeme

Ein Blitzschutz-Potentialausgleich muss unbedingt nach 6.2.2 a) und 6.2.2 b) ausgeführt werden.

Wenn die Leiter innerer Systeme geschirmt oder in Metallkanälen verlegt sind, kann es ausreichen, nur diese Schirme und Kanäle an den Potentialausgleich anzuschließen (siehe Anhang B).

ANMERKUNG Der Anschluss von Schirmen und Kanälen an den Potentialausgleich kann keine Ausfälle aufgrund von Überspannung der Einrichtungen, die an die Leiter angeschlossen sind, vermeiden. Der Schutz solcher Einrichtungen wird in IEC 62305-4 erläutert.

Leiter innerer Systeme, die weder geschirmt noch in einem Metallkanal verlegt sind, müssen über ein SPD an den Potentialausgleich angeschlossen werden. In TN-Systemen müssen PE- und PEN-Leiter direkt oder über ein SPD mit dem LPS verbunden werden.

Potentialausgleichsleiter und SPDs müssen die gleichen Kennwerte haben, wie in 6.2.2 angegeben.

Falls ein Schutz gegen Überspannungen in inneren Systemen erforderlich ist, muss ein koordinierter SPD-Schutz übereinstimmend mit den Anforderungen nach IEC 62305-4, Abschnitt 7, realisiert werden.

^{N2)} Nationale Fußnote: SPD = Überspannung-Schutzeinrichtung. In Normen werden auch die Benennungen „Überspannungsschutzgeräte“ und „Überspannungsschutzeinrichtungen“ verwendet.

6.2.5 Blitzschutz-Potentialausgleich für Leitungen, die an die zu schützende bauliche Anlage angeschlossen sind

Der Blitzschutz-Potentialausgleich für elektrische Leitungen und Telekommunikationsleitungen muss nach 6.2.3 ausgeführt sein.

Alle Leiter jeder Leitung müssen direkt oder über ein SPD mit dem Potentialausgleich verbunden werden. Aktive Leiter dürfen nur über ein SPD mit der Potentialausgleichsschiene verbunden werden. In TN-Systemen muss der PE- oder PEN-Leiter direkt oder über ein SPD mit der Potentialausgleichsschiene verbunden werden.

Sind die Leitungen geschirmt oder in Metallkanälen verlegt, dann sind diese Schirme und Kanäle an den Potentialausgleich anzuschließen. Ein Blitzschutz-Potentialausgleich für Leiter ist nicht erforderlich, wenn der Querschnitt S_c dieser Schirme oder Kanäle nicht geringer als der Mindestwert S_{cmin} ist, der nach Anhang B ermittelt wird.

Der Blitzschutz-Potentialausgleich der Kabelschirme oder Kanäle muss an der Einführungsstelle in die bauliche Anlage erfolgen.

Potentialausgleichsleiter und SPDs müssen die gleichen Kennwerte haben, wie in 6.2.3 angegeben.

Falls ein Schutz gegen Überspannungen in inneren Systemen erforderlich ist, die an Leitungen angeschlossen sind, die in die bauliche Anlage eingeführt werden, muss ein koordinierter SPD-Schutz übereinstimmend mit den Anforderungen nach IEC 62305-4, Abschnitt 7, realisiert werden.

ANMERKUNG 1 Wenn ein Potentialausgleich, aber kein LPS erforderlich ist, kann für diesen Zweck die Erdung der elektrischen Niederspannungsanlage benutzt werden. In IEC 62305-2 sind Informationen darüber enthalten, wann kein LPS erforderlich ist.

ANMERKUNG 2 Für weitere Informationen zum Potentialausgleich für Telekommunikationsleitungen siehe auch IEC 62305-5.

6.3 Elektrische Isolierung von äußeren Blitzschutzsystemen

Die elektrische Isolierung zwischen Fangeinrichtung oder Ableitung einerseits und den baulichen metallenen Installationen, den metallenen Installationen und den inneren Systemen der baulichen Anlage andererseits kann durch einen Abstand d zwischen diesen Teilen, der größer als der Trennungsabstand s ist, erreicht werden:

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l \quad (4)$$

Dabei ist

k_i abhängig von der gewählten Schutzklasse des LPS (siehe Tabelle 10);

k_c abhängig vom Blitzstrom, der in den Ableitungen fließt (siehe Tabelle 11);

k_m abhängig vom elektrischen Isolierstoff (siehe Tabelle 12);

l die Länge entlang der Fangeinrichtung oder der Ableitung in Meter von dem Punkt, an dem der Trennungsabstand ermittelt werden soll, bis zum nächstliegenden Punkt des Potentialausgleichs.

Tabelle 10 – Isolation des äußeren LPS – Werte des Koeffizienten k_i

Schutzklasse des LPS	k_i
I	0,08
II	0,06
III und IV	0,04

— Entwurf —

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

Tabelle 11 – Isolation des äußeren LPS – Werte des Koeffizienten k_c

Anzahl der Ableitungen	Genauere Werte (siehe Tabelle C.1)
n	k_c
1	1
2	1 ... 0,5
4 und mehr	1 ... 1/n

Tabelle 12 – Isolation des äußeren LPS – Werte des Koeffizienten k_m

Werkstoff	k_m
Luft	1
Beton, Ziegel	0,5

ANMERKUNG 1 Wenn mehrere Isolierstoffe übereinander verwendet werden, wird in der Praxis der geringste Wert für k_m benutzt.

ANMERKUNG 2 Der Einsatz anderer Isolierstoffe ist in Beratung.

Bei Leitungen oder äußeren leitenden Teilen, die mit der baulichen Anlage verbunden sind, ist es immer notwendig, an deren Eintrittspunkt in die bauliche Anlage eine Blitzschutz-Potentialausgleichsverbinding (entweder direkt oder über SPDs) sicherzustellen.

In baulichen Anlagen mit metallener oder elektrisch durchverbundener Stahlbewehrung ist ein Trennungsabstand nicht notwendig.

Anhang E (informativ)

Errichtung von Fundamenterdern in Beton

E.1 Allgemeines

Beton, der für Gebäudefundamente verwendet wird, hat eine bestimmte Leitfähigkeit und üblicherweise eine große Kontaktfläche zum Erdreich. Daher können blanke Metallelektroden, die vollkommen in Beton eingebettet sind, für Erdungszwecke genutzt werden, ausgenommen, der Beton ist durch eine spezielle thermische Isolierung oder andere Maßnahmen gegen den Erdboden isoliert. Aufgrund chemischer und physikalischer Effekte sind blanker oder feuerverzinkter Stahl und andere Metalle, wenn sie im Beton in mehr als 5 cm Tiefe allseitig eingebettet sind, üblicherweise während der gesamten Lebensdauer des Bauwerkes bestens gegen Korrosion geschützt. Wo immer möglich, sollte der elektrisch leitende Effekt der Stahlbewehrung des Gebäudes ebenfalls genutzt werden.

Die Ausführung eines Fundamenterders in Beton während der Errichtung des Gebäudes kann eine wirtschaftliche Lösung sein, eine gute Erdungsanlage mit langer Lebensdauer zu erhalten, weil:

- keine zusätzlichen Erdarbeiten erforderlich sind
- die Anlage in einer Tiefe errichtet wird, die üblicherweise frei von negativen jahreszeitlichen Wetterbedingungen ist
- ein guter Kontakt zum Erdreich hergestellt wird
- annähernd die gesamte Fläche des Gebäudefundamentes für den Erder genutzt wird, was die geringste Erdungsimpedanz zur Folge hat, die auf dieser Fläche erreichbar ist
- ein optimaler Erder für den Blitzschutz bereitgestellt wird und
- ab Beginn der Bauarbeiten der Erder bereits für die Erdung der Baustromversorgung genutzt werden kann.

Unabhängig von seiner Erderwirkung bietet der Fundamenterder in Beton eine gute Basis für den Hauptpotentialausgleich.

Für die Errichtung von Fundamenterdern in Beton gelten die nachfolgenden Anforderungen und Hinweise.

E.2 Ausnahme von der Nutzung von Fundamenterdern in Beton

Falls sich der Bauherr für eine komplette thermische Isolierung des Bauwerksfundaments durch Verwendung nicht leitenden Isoliermaterials entscheidet oder das Fundament durch gewisse isolierende Maßnahmen gegen Wasser geschützt wird, indem z. B. Kunststoff-Folien mit mehr als 0,5 mm Dicke zur Verwendung kommen, ist der Erdungseffekt des Fundaments nicht nutzbar. In derartigen Fällen ist der vorteilhafte Effekt der metallenen Bewehrung des Gebäudes für den Potentialausgleich nutzbar, jedoch muss für Erdungszwecke ein anderer Erder verwendet werden, z. B. ein zusätzlicher Fundamenterder in Beton unterhalb des eigentlichen, isolierten Gebäudefundaments, ein Ringerder um das Gebäude oder ein im Erdreich unterhalb des Fundaments eingebrachter Erder.

E.3 Herstellung eines Fundamenterders in Beton

E.3.1 Für Betonfundamente ohne Metallbewehrung muss der Fundamenterder in Form eines oder mehrerer Ringe mit maximalen rechteckigen Maschenweiten von 10 m x 20 m errichtet werden.

E.3.2 Um zu vermeiden, dass das Erdermaterial von weniger als 5 cm Beton umhüllt wird, sind geeignete Abstandhalter zu verwenden, um die Erderanordnung über dem Erdboden zu halten. Wenn Bandmaterial verwendet wird, ist dieses in aufrechter Lage zu fixieren, damit die Bildung von Hohlräumen unter dem Band

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

vermieden wird. Wenn eine Bewehrung vorhanden ist, muss der Erder in Abständen von etwa 2 m daran befestigt werden.

E.3.3 Die Anordnung des Fundamenterders muss mindestens eine Anschlussfahne für den Anschluss der elektrischen Anlage aufweisen, welche den Beton innerhalb des Gebäudes verlässt und zu einem geeigneten Anschlusspunkt (z. B. zur Haupterdungsschiene) führt oder an einer Spezialklemme endet, die an der Oberfläche einer Wand in Beton eingebettet ist. Der Anschlusspunkt der Anschlussfahne muss für Instandhaltungs- und Messzwecke zugänglich sein.

Für den Blitzschutz und für Gebäude mit speziellen Anforderungen an die Informationstechnik können mehr als eine Anschlussfahne des Fundamenterders erforderlich sein, z. B. für die Ableitungen der Blitzschutzanlage.

Für Verbindungen, die außerhalb des Betonfundaments benötigt werden und durch das Erdreich führen, müssen für Leiter aus Stahl Korrosionsprobleme berücksichtigt werden (siehe C.4^{N3)}). Für solche Verbindungen wird empfohlen, dass sie innerhalb des Gebäudes oder von außen in angemessener Höhe über dem äußeren Niveau des Erdbodens in den Beton eingeführt werden.

E.3.4 Für die Mindestquerschnitte der Erder einschließlich Anschlussfahnen gelten die Werte von Tabelle 54.1. Verbindungen müssen sorgfältig hergestellt und ausreichend elektrisch leitend sein, siehe 542.3.2.

E.3.5 Die Metallbewehrung des Gebäudefundaments darf als Erder verwendet werden, wenn sie gemäß 542.3.2 ordnungsgemäß verbunden ist. Für geschweißte Verbindungen mit der Stahlbewehrung und innerhalb der Stahlbewehrung ist die Zustimmung des Verantwortlichen für die Bauwerkserrichtung erforderlich. Verbindungen, die nur mit gerädeltm Eisendraht hergestellt werden, sind für Schutzzwecke nicht geeignet, können jedoch für EMV-Bedürfnisse der Informationstechnik ausreichend sein. Vorgespannte Stahlbewehrungen dürfen nicht als Fundamenterder genutzt werden.

Wenn für die Bewehrung geschweißte Stahlgitter mit geringerem Drahtdurchmesser verwendet werden, ist es erlaubt, diese ebenfalls als Fundamenterder zu nutzen, vorausgesetzt sie werden an mehreren unterschiedlichen Punkten mit der Anschlussfahne oder mit anderen Teilen des Erders verbunden, so dass mindestens der gleiche Querschnitt wie in Tabelle 54.1 gefordert wirksam wird. Die Einzeldrähte solcher Gitter müssen mindestens einen Durchmesser von 5 mm aufweisen, wobei dann mindestens vier Verbindungen von der Anschlussfahne zu verschiedenen Teilen jedes Gitters erforderlich sind.

E.3.6 Die Leiter des Fundamenterders dürfen nicht über Ausgleichsfugen zwischen verschiedenen Teilen eines größeren Fundaments hinweggeführt werden. An solchen Stellen müssen geeignete dehnbare Verbindungstücke außerhalb des Betons angeordnet werden, um die notwendige elektrische Verbindung herzustellen.

E.3.7 Fundamenterder von Einzelfundamenten (z. B. für die Konstruktion großer Hallen) müssen mit den anderen Teilen des Fundamenterders mittels geeigneter Erdungsleiter verbunden werden. Für die Verlegung solcher Verbindungen im Erdreich siehe C.4.

E.4 Mögliche Korrosionsprobleme anderer geerdeter Anlagen außerhalb eines Fundamenterders in Beton

Beachtet werden muss die Tatsache, dass gewöhnlicher Stahl (blank oder feuerverzinkt) der in Beton eingebettet ist, ein elektrochemisches Potential gleich dem von Kupfer im Erdreich annimmt. Daher besteht die Gefahr einer elektrochemischen Korrosion anderer Erderanordnungen aus Stahl im Erdboden in der Nähe des Fundamentes, die mit dem in Beton gebetteten Fundamenterder verbunden sind. Dieser Effekt kann auch bei bewehrten Fundamenten großer Gebäude festgestellt werden.

Daher dürfen keine Erder aus Stahl direkt vom Erdreich in den Fundamentbeton eingeführt werden, ausgenommen sie sind mit einem geeigneten vorgefertigten Schutz gegen Feuchtigkeit versehen. Überzüge durch Feuerverzinkung oder Schutzbeschichtungen mit Farben oder anderen soäter aufgetragenen Materialien sind für diesen Zweck nicht geeignet. Zusätzliche Erderanordnungen um oder in der Nähe solcher Gebäude

^{N3)} Nationale Fußnote: Der Verweis muss richtig lauten: „siehe E.4“.

sollten nicht aus feuerverzinktem Stahl hergestellt werden, um eine ausreichende Lebensdauer dieses Teils einer Erderanordnung zu erreichen.

E.5 Fertigstellung eines Fundamenterders in Beton

E.5.1 Nach Vorbereitung der Erder und/oder der verbundenen Bewehrung, jedoch vor dem Einbringen des Betons, muss eine Prüfung und Dokumentation der Anordnung durch eine Elektrofachkraft erfolgen. Die Dokumentation muss durch Beschreibung, Pläne und Fotos erfolgen und ist Teil der Gesamtdokumentation der elektrischen Anlage (siehe IEC 60364-6).

E.5.2 Der Beton, der für das Fundament verwendet wird, muss mindestens mit 240 kg Zement pro m³ Beton hergestellt werden. Der Beton muss eine geeignete, halbflüssige Konsistenz aufweisen, damit alle Hohlräume unter den Erdern ausgefüllt werden.

Anhang F
(informativ)

Nationale Abweichungen

Land	Abschnitts-Nr.	Art der Abweichung (dauerhaft oder zeitlich begrenzt, entsprechend den IEC Richtlinien)	Begründung	Text der Abweichung
US	542.2.1		In den USA sind die Anforderungen Mindestgrößen für Staberder abweichend von Tabelle 54.1	In den USA sind für Staberder aus Stahl der Mindestdurchmesser 15,87 mm (5/8 in.), unabhängig von der Art der Beschichtung. Wenn für die Anwendung zugelassen, darf rostfreier Stahl oder Stäbe aus Nichteisenmetall mit ein Durchmesser von mindestens 13 mm (1/2 in.) verwendet werden.
AT	542.2.3			In Österreich sind Wasserleitungen nicht als Erder zugelassen.
BE	542.2.3			In Belgien sind Wasserleitungen nicht als Erder zugelassen.
CH	542.2.3			In der Schweiz sind Wasserleitungen nicht als Erder zugelassen.
DE	542.2.3			In Deutschland sind Wasserleitungen nicht als Erder zugelassen.
FR	542.2.3			In Finnland sind Wasserleitungen nicht als Erder zugelassen.
SE	542.2.3			In Schweden sind Wasserleitungen nicht als Erder zugelassen.

Land	Abschnitts-Nr.	Art der Abweichung (dauerhaft oder zeitlich begrenzt, entsprechend den IEC Richtlinien)	Begründung	Text der Abweichung
UK	542.2.3			Im Vereinigten Königreich sind Wasserleitungen nicht als Erder zugelassen.
IT	542.2.3			In Italien ist die Verwendung von Wasserleitungen erlaubt, jedoch nur mit der Zustimmung des Wasserversorgers.
NL	542.2.3			In den Niederlanden ist die Verwendung von Wasserleitungen erlaubt, jedoch nur mit der Zustimmung des Wasserversorgers.
DE	542.2.4			In Deutschland müssen Fundamentwerder in jeder neuen Anlage entsprechend der nationalen Norm DIN 18014 errichtet werden.
FI	542.3.1			In Finnland müssen Erdungsleiter, die nicht gegen Korrosion geschützt sind, einen Mindestquerschnitt von 16 mm ² Kupfer oder 50 mm ² Stahl haben.
DK	543.1.1			In Dänemark sind in mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) geschützten Stromkreisen üblicherweise Schutzleiter mit Querschnitten von mindestens 2,5 mm ² erlaubt, unabhängig von dem Querschnitt des Außenleiters und ohne Berechnung. Nur wenn eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) in einem TN-System verwendet wird und der Schutzleiter mit dem PEN-Leiter vor der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) verbunden ist und einen Querschnitt kleiner als der Außenleiter hat und kürzer als 10 m ist, ist es erforderlich, den Querschnitt des Schutzleiters mit der entsprechenden Formel zu berechnen.

— Entwurf —

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

Land	Abschnitts-Nr.	Art der Abweichung (dauerhaft oder zeitlich begrenzt, entsprechend den IEC Richtlinien)	Begründung	Text der Abweichung
UK	543.1.1		Im Vereinigten Königreich wird durch Gesetz 8(4) Electricity Safety Quality and Continuity Regulations, 2002 gefordert, das ein Betreiber die Neutral- und Schutzleiterfunktion nicht in einem einzelnen Leiter zusammenfassen darf.	Im Vereinigten Königreich darf ein Betreiber die Neutral- und Schutzleiterfunktion nicht in einem einzelnen Leiter nicht zusammenfassen.
CN	543.2.1			In China sind Kabelpritschen und Kabelwannen als Schutzleiter erlaubt in Übereinstimmung mit nationalen und örtlichen Normen.
ES	543.2.1		In Spanien sind die Errichtungsbestimmungen gesetzlich verpflichtend und beinhalten einige Einschränkungen (R.D. 2413/1973 und R.D. 2295/1985.	In Spanien ist die Anwendung von Installationsrohren als Schutzleiter verboten.
IT	543.2.1			In Italien sind Kabelpritschen und Kabelwannen als Schutzleiter wenn sie lokalen oder nationalen Regeln oder Normen entsprechen.
UK	543.2.1			Im Vereinigten Königreich sind Kabelpritschen und Kabelwannen als Schutzleiter wenn sie lokalen oder nationalen Regeln oder Normen entsprechen.
UK	543.2.1		Im Vereinigten Königreich können auch Kabelkanäle als Schutzleiter verwendet werden.	Im Vereinigten Königreich dürfen fremde leitfähige Teile als Schutzleiter verwendet werden.
US	543.2.1			In den USA sind Kabelpritschen und Kabelwannen als Schutzleiter wenn sie lokalen oder nationalen Regeln oder Normen entsprechen.

— Entwurf —

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

Land	Abschnitts-Nr.	Art der Abweichung (dauerhaft oder zeitlich begrenzt, entsprechend den IEC Richtlinien)	Begründung	Text der Abweichung
UK	543.2.3			Im Vereinigten Königreich dürfen Wasserleitung als Schutzleiter verwendet werden. Wenn Wasserrohren mit einem Potentialausgleichsleiter überbrückt sind, sollte der Querschnitt des Potentialausgleichsleiters entsprechend seiner Anwendung ausgelegt sein.
CH	543.2.3			In der Schweiz dürfen Wasserleitungen als Potentialausgleichsleiter verwendet werden.
UK	543.4		Im Vereinigten Königreich wird durch Gesetz 8(4) Electricity Safety Quality and Continuity Regulations, 2002 gefordert, dass ein Betreiber die Neutral- und Schutzleiterfunktion nicht in einem einzelnen Leiter zusammenfassen darf.	Im Vereinigten Königreich darf ein Betreiber die Neutral- und Schutzleiterfunktion nicht in einem einzelnen Leiter nicht zusammenfassen.
CZ	543.4.1		CZ vermisst eine Anmerkung, die aussagt, dass in der Tschechischen Republik der Querschnitt eines PEN-Leiters zwischen dem Anschluss des Stromversorgers und dem Zähler nicht kleiner als 6 mm ² bei Cu und 10 mm ² bei Al sein darf.	
CH	544.1.1		Das Schweizer Gesetz fordert einen Querschnitt von mind. 10 mm ² für Gebäude mit einer Blitzschutzanlage.	In der Schweiz darf der Mindestquerschnitt des Hauptpotentialausgleichsleiters nicht kleiner als 10 mm ² sein, wenn eine Blitzschutzanlage errichtet ist.

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

Literaturhinweise

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

IEC 60364-4-43, *Electrical installations of buildings – Part 4-43: Protection for safety –*

Protection against overcurrent

IEC 60364-5-52, *Electrical installations of buildings – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60702-1, *Mineral insulated cables and their terminations with a rated voltage not exceeding 750 V – Part 1: Cables*

Nationale Norm DIN 18014:1994, *Fundamente der*

INTRODUCTION

Clause numbering is sequential, preceded by the number of this part (e.g. 541). Numbering of figures and tables takes the number of this part followed by a sequential number, i.e. Table 54.1, 54.2, etc. Numbering of figures and tables in annexes takes the letter of the annex, followed by the number of the part, followed by a sequential number, e.g. A.54.1, A.54.2, etc.

**LOW-VOLTAGE ELECTRICAL INSTALLATIONS–
Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment –
Earthing arrangements, protective conductors
and protective bonding conductors**

541 General

541.1 Scope

This part of IEC 60364 addresses the earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors in order to satisfy the safety of the electrical installation.

541.2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

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

IEC 60364-4-41, *Electrical installations of buildings – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-44, *Electrical installations of buildings – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60724, *Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) and 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)*

IEC 60909-0, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 0: Calculation of currents*

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

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

IEC 62305 series, *Protection against lightning*

541.3 Definitions

For the purposes of this part of IEC 60364, the definitions of IEC 61140, together with the following definitions taken from IEC 60050(826), apply.

Definitions used for earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors are illustrated in annex B and listed here as follows:

541.3.1

exposed-conductive-part

conductive part of equipment which can be touched and which is not normally live, but which can become live when basic insulation fails

[IEV 826-12-10]

541.3.2

extraneous-conductive-part

conductive part not forming part of the electrical installation and liable to introduce an electric potential, generally the electric potential of a local earth

[IEV 826-12-11]

541.3.3

earth electrode

conductive part, which may be embedded in a specific conductive medium, e.g. concrete or coke, in electric contact with the earth

[IEV 826-13-05]

541.3.4

concrete-embedded foundation earth electrode

Conductive part embedded in concrete of a building foundation, generally in form of a closed loop

[IEV 826-13-08 (mod)]

541.3.5

Soil-embedded foundation earth electrode

conductive part buried in the soil under a building foundation in form of a closed loop

[IEV 826-13-08 (mod)]

541.3.6

protective conductor

conductor provided for purposes of safety, for example protection against electric shock

[IEV 826-13-22]

541.3.7

protective bonding conductor

protective conductor provided for protective-equipotential-bonding

[IEV 826-13-24]

541.3.8

earthing conductor

conductor which provides a conductive path, or part of the conductive path, between a given point in a system or in an installation or in equipment and an earth electrode

[IEV 826-13-12]

NOTE For the purposes of this part of IEC 60364, an earthing conductor is the conductor which connects the earth electrode to a point in the equipotential bonding system, usually the main earthing terminal. This does not imply that all installations need to have their own earth electrode.

541.3.9

main earthing terminal

(main earthing busbar)

terminal or busbar which is part of the earthing arrangement of an installation enabling the electric connection of a number of conductors for earthing purposes [IEV 826-13-15]

542 Earthing arrangements

542.1 General requirements

542.1.1 The earthing arrangements may be used jointly or separately for protective and functional purposes according to the requirements of the electrical installation. The requirements for protective purposes shall always take precedence.

542.1.2 Where provided, earth electrodes within an installation shall be connected to the main earthing terminal using an earthing conductor.

542.1.3 Consideration shall be given to the earthing arrangements which are used in high voltage and low-voltage systems (see IEC 60364-4-44, clause 442).

542.1.4 The requirements for earthing arrangements are intended to provide a connection to earth:

- which is reliable and suitable for the protective requirements of the installation;
- which can carry earth fault currents and protective conductor currents to earth without danger from thermal, thermo-mechanical and electromechanical stresses and from electric shock arising from these currents;
- which, if relevant, is also suitable for functional requirements.

542.1.5 Consideration shall be given to the earthing arrangements where currents with high frequencies are expected to flow (see IEC 60364-4-44, clause 444)

542.1.6 Protection against electric shock, as stated in Part 4-41, shall not be adversely affected by any foreseeable change of the earth electrode resistance (e.g. due to corrosion, drying or freezing).

542.2 Earth electrodes

542.2.1 Type, materials and dimensions of the earth electrodes shall be selected to withstand corrosion and to have adequate mechanical strength for its expected lifetime.

NOTE For corrosion, the following parameters may be considered: the soil pH at the site, soil resistivity, soil moisture, stray a.c. and/or d.c. current, chemical contamination, and proximity of dissimilar materials.

For commonly used materials, the minimum sizes from the point of view of corrosion and mechanical strength for earth electrodes where embedded in the soil are given in table 54.1.

If a lightning protection system (LPS) is required, clause 5.4 of IEC 62305-3 applies (see annex C)

Table 54.1 –Minimum sizes for earth electrodes of commonly used material from the point of view of corrosion and mechanical strength where embedded in the soil

Material	Surface	Shape	Minimum size				
			Diameter mm	Cross sectional Area mm ²	Thickness mm	Thickness of Coating/sheathing	
						µm	
Steel	Hot-dip galvanized ^a or stainless ^b	Strip ^c or Shaped strip/plate		90 [100] *	3	63	
		Round rod with vertical extension	16			63	
		Round wire with horizontal extension	8 for hot dip galvanized 10 for stainless			45	
		Pipe	25		2	49	
		Solid plate		0.186 m ² ^g [0,250] ^g *	3	45	
		Lattice plate		[0,360] ^g *		45	
		Stranded		70 **			
		Cross profile vertical extension		50x50x3			
		Copper- sheathed	Round rod for earth electrode with vertical extension	15			2 000
		With Electro- deposited copper coating	Round rod with vertical extension	14			250 *
			Round wire with horizontal extension	8 *			70 *
			Strip with horizontal extension		90 *	3	70 *
			Bare solid round	[10] **			
		Bare solid tape		[75] **	3		
Copper	Bare	Strip		50	2		
		Round wire for electrode with horizontal extension		25 ^f [50]*			
		Stranded	1,8 for individual strands of wire	25 [50]*			
		Pipe	20		2		
		Solid Plate		0.186 m ² ^g [0,250] ^g *	1,5 [2]*		
		Lattice plate		[0,360] ^g *	[2]*		

<p>^a Also suitable for electrodes embedded in concrete. ^b No coating applied. ^c As rolled strip or slit strip with rounded edges. ^d Strip with rounded edges. ^e In the case of continuous bath-coating, only 50 µm thickness is technically feasible at present. ^f Where experience shows that the risk of corrosion and mechanical damage is extremely low, 16 mm² can be used. ^g Surface area instead of cross sectional area * to be verified by TC81 ** only to be used for concrete-embedded foundation earth electrode</p>
--

NOTE Values in brackets are available for lightning protection and for protection against electric shock, while value not in brackets are only available for protection against electric shock

542.2.2 The efficacy of any earth electrode depends on its configuration and upon local soil conditions. One or more earth electrodes suitable for the soil conditions and the value of resistance to earth required, shall be selected.

542.2.3 The following are examples of earth electrodes which may be used:

- concrete-embedded foundation earth electrode (see Annex E);
- soil-embedded foundation earth electrode;
- metallic electrode embedded directly in soil vertically or horizontally (e.g. rods, wires, tapes, pipes or plates);
- metal sheath and other metal coverings of cables according to local conditions or requirements;
- other suitable underground metalwork (e.g. pipes) according to local conditions or requirements.

542.2.4 When selecting type and embedded depth of earth electrode, consideration shall be given to possible mechanical damage and to local conditions to minimize effect of soil drying and freezing.

542.2.5 Consideration shall be given to electrolytic corrosion when using different materials in an earthing arrangement.

For external conductors (e.g. down conductor of LPS) connected to a concrete-embedded foundation earth electrode the connection made from hot-dip galvanized steel shall not be embedded in the soil.

NOTE Steel embedded in concrete has an electro-chemical potential similar to that of copper in soil.

542.2.6 A metallic pipe for flammable liquids or gases shall not be used as an earth electrode.

NOTE This requirement does not preclude the protective equipotential bonding of such pipes for compliance with IEC 60364-4-41.

542.2.7 Earth electrodes shall not be directly immersed in water of a stream, river, pond, lake or the like.

NOTE Earth electrodes directly in water may lead to the following issues:

- drying out;
- people coming into contact with the water during an electric fault.

542.3 Earthing conductors

542.3.1 Earthing conductors shall comply with 543.1 and where buried in the soil, their cross sectional areas shall be in accordance with table 54.2.

In TN systems, where no noticeable fault current is expected to pass in the earth electrode, the earthing conductor may be dimensioned according to 544.1.1

Table 54.2 – Minimum cross-sectional areas of earthing conductors

Type of protection	Buried in the soil		Unburied	
	Cu	Fe	Cu	Fe
Electric shock	See Table 54-1	See Table 54-1	See clause 543.1.3	See clause 543.1.3
Electric shock + Lightning protection	16 mm ²	50 mm ²	16 mm ²	50 mm ²

542.3.2 The connection of an earthing conductor to an earth electrode shall be soundly made and electrically satisfactory. The connection shall be by exothermic welding, pressure connectors, clamps or other mechanical connectors. Mechanical connectors shall be installed in accordance with the manufacturer’s instructions. Where a clamp is used, it shall not damage the electrode or the earthing conductor.

NOTE Connection devices or fittings that depend solely on solder, do not reliably provide adequate mechanical strength.

542.4 Main earthing terminal

542.4.1 In every installation where protective equipotential bonding is used, a main earthing terminal shall be provided and the following shall be connected to it:

- protective bonding conductors;
- earthing conductors;
- protective conductors;
- functional earthing conductors, if relevant.

NOTE 1 It is not intended to connect every individual protective conductor directly to the main earthing terminal when they are connected to this terminal by other protective conductors.

NOTE 2 The main earthing terminal of the building can generally be used for functional earthing purposes. For information technology purposes, it is then regarded as the connection point to the earth.

NOTE 3 Lightning equipotential bonding for metal installations in large structures (more than 20 m in length) may require the installation of more than one bonding bar, provided that they are interconnected. The minimum dimensions of conductors connecting different bonding bars or connecting the bonding bars to the main earthing terminal are Copper 16 mm² and Steel 50 mm².

542.4.2 Each conductor connected to the main earthing terminal shall be able to be disconnected individually. This connection shall be reliable and disconnectable only by means of a tool.

NOTE Disconnection means may conveniently be combined with the main earthing terminal, to permit measurement of the resistance of the earthing arrangements.

543 Protective conductors

NOTE Consideration is to be given to requirements provided in clause 516 of IEC 60364 -5-51

543.1 Minimum cross-sectional areas

543.1.1 The cross-sectional area of every protective conductor shall satisfy the conditions for automatic disconnection of supply required in clause 411.3.2 of IEC 60364-4-41 and be capable of withstanding the prospective fault current.

E DIN IEC 60364-5-54 (VDE 0100-540):2008-01

The cross-sectional area of the protective conductor shall either be calculated in accordance with 543.1.2, or selected in accordance with table 54.3. In either case, the requirements of 543.1.3 shall be taken into account.

Terminals for protective conductors shall be capable of accepting conductors of dimensions required by this subclause.

Table 54.3 – Minimum cross-sectional area of protective conductors

	Minimum cross-sectional area of the corresponding protective conductor mm ²	
Cross-sectional area of line conductor <i>S</i> mm ²	If the protective conductor is of the same material as the line conductor	If the protective conductor is not of the same material as the line conductor
$S \leq 16$	<i>S</i>	$\frac{k_1}{k_2} \times S$
$16 < S \leq 35$	16 ^a	$\frac{k_1}{k_2} \times 16$
$S > 35$	$\frac{S}{2}$ ^a	$\frac{k_1}{k_2} \times \frac{S}{2}$
Where <i>k</i> ₁ is the value of <i>k</i> for the line conductor derived from the formula in Annex A or selected from tables in IEC 60364-4-43, according to the materials of the conductor and insulation; <i>k</i> ₂ is the value of <i>k</i> for the protective conductor, selected from tables A.54.2 to A.54.6 as applicable.		
^a For a PEN conductor, the reduction of the cross-sectional area is permitted only in accordance with the rules for sizing of the neutral conductor (see IEC 60364-5-52).		

543.1.2 The cross-sectional areas of protective conductors shall not be less than the value determined either:

- in accordance with IEC 60949;
- or by the following formula applicable only for disconnection times not exceeding 5 s:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

where

S is the cross-sectional area, in mm²;

I is the value (r.m.s) in A of prospective fault current for a fault of negligible impedance, which can flow through the protective device (see IEC 60909-0);

t is the operating time of the protective device for automatic disconnection in s;

k is the factor dependent on the material of the protective conductor, the insulation and other parts and the initial and the final temperatures (for calculation of *k*, see annex A).

Where the application of the formula produces a non-standard sizes, a conductor having at least the nearest larger standard cross-sectional area shall be used.

NOTE 1 Account should be taken of the current-limiting effect of the circuit impedances and the limitation of I^2t of the protective device.

NOTE 2 For limitations of temperatures for installations in potentially explosive atmospheres, see IEC 60079-0.

NOTE 3 As the metallic sheaths of mineral insulated cables according to IEC 60702-1 have an earth fault capacity greater than that of the line conductors, it is not necessary to calculate the cross-sectional area of the metallic sheaths when used as protective conductors.

543.1.3 The cross-sectional area of every protective conductor which does not form part of the cable or which is not in a common enclosure with the line conductor shall be not less than

- 2,5 mm² Cu or 16 mm² Al if protection against mechanical damage is provided,
- 4 mm² Cu or 16 mm² Al if protection against mechanical damage is not provided.

543.1.4 Where a protective conductor is common to two or more circuits, its cross-sectional area shall be dimensioned as follows:

- calculated in accordance with 543.1.2 for the most onerous prospective fault current and operating time encountered in these circuits; or
- selected in accordance with table 54.3 so as to correspond to the cross-sectional area of the largest line conductor of the circuits.

543.2 Types of protective conductors

543.2.1 Protective conductors may consist of one or more of the following:

- conductors in multicore cables;
- insulated or bare conductors in a common enclosure with live conductors;
- fixed installed bare or insulated conductors;
- metallic cable sheath, cable screen, cable armour, wirebraid, concentric conductor, metallic conduit, metallic trunking, subject to the conditions stated in 543.2.2. a) and b).

NOTE 2 See 543.6 for their arrangement.

543.2.2 Where the installation contains equipment having metal enclosures such as low voltage switchgear and controlgear assemblies or busbar trunking systems (see IEC 60439-2), the metal enclosures or frames may be used as protective conductors if they simultaneously satisfy the following three requirements:

- a) their electrical continuity shall be assured by construction or by suitable connection so as to ensure protection against mechanical, chemical or electrochemical deterioration;
- b) they comply with the requirement of clause 543.1;
- c) they shall permit the connection of other protective conductors at every predetermined tap off point

543.2.3 The following metal parts are not permitted for use as protective conductor or as protective bonding conductors:

- metallic water pipes;
- pipes containing potentially flammable materials such as gases, liquids, powder and the like;
- constructional parts subject to mechanical stress in normal service;
- flexible or pliable metal conduits, unless designed for that purpose;
- flexible metal parts;
- support wires;
- cable trays and cable ladders.

543.3 Electrical continuity of protective conductors

543.3.1 Protective conductors shall be suitably protected against mechanical damage, chemical or electrochemical deterioration, electrodynamic forces and thermodynamic forces.

All connections and joints shall be mechanically and electrically stable by screwed connections, clamp connectors or other equal mechanical connections.

NOTE All electrical connections should have satisfactory thermal capacity and mechanical strength to withstand any combination of the ratio current/time which may occur in the conductor of the cable/enclosure with the largest cross-section area.

543.3.2 Joints in protective conductors shall be accessible for inspection and testing except for

- compound-filled joints,
- encapsulated joints,
- joints in metal conduits and in busbar trunking systems,
- joints forming part of equipment, complying with equipment standards
- joints made by welding, soldering or brazing.

543.3.3 No switching device shall be inserted in the protective conductor, but joints which can be disconnected for test purposes by use of a tool may be provided.

543.3.4 Where electrical monitoring of earthing is used, no dedicated devices (e.g. operating sensors, coils) shall be connected in series in protective conductors.

543.3.5 Exposed-conductive-parts of apparatus shall not be used to form part of the protective conductor for other equipment except as allowed by 543.2.2.

543.4 PEN, PEL or PEM conductors

543.4.1 A PEN, PEL or PEM conductor may only be used in fixed electrical installations and, for mechanical reasons, shall have a cross-sectional area not less than 10 mm² in copper or 16 mm² in aluminium.

543.4.2 The PEN, PEL or PEM conductor shall be insulated for the highest voltage to which it may be subjected.

Metallic enclosure of wiring systems shall not be used as PEN, PEL or PEM conductor, except for busbar trunking systems complying with IEC 60439-2 and to IEC 61534.

NOTE The use of insulation on the PEN, PEL or PEM conductor inside equipment should be considered by the relevant equipment committee.

543.4.3 If, from any point of the installation, the neutral/the mid-point/line and protective functions are provided by separate conductors, it is not permitted to connect the neutral/mid-point/line conductor to any other earthed part of the installation (e.g. protective conductor from the PEN, PEL or PEM conductor). However, it is permitted to form more than one neutral/mid-point/line conductor and more than one protective conductor from the PEN, PEL or PEM conductor respectively. Separate terminals or bars may be provided for the protective and neutral/mid-point/line conductors. In this case, the PEN, PEL or PEM conductor shall be connected to the terminal or bar intended for the protective conductor.

543.4.4 Extraneous-conductive-parts shall not be used as PEN, PEL or PEM conductors.

543.5 Combined protective and functional earthing conductors

543.5.1 Where a combined protective and functional earthing conductor is used, it shall satisfy the requirements for a protective conductor. In addition, it shall also comply with the relevant functional requirements (see IEC 60364-4-44, clause 444).

A d.c. return conductor PEL or PEM for an information technology power supply may also serve as a combined functional earthing and protective conductor.

543.5.2 Extraneous-conductive-parts shall not be used as PEN, PEL or PEM conductors.

543.6 Arrangement of protective conductors

When overcurrent protective devices are used for protection against electric shock, the protective conductor shall be incorporated in the same wiring system as the live conductors or be located in their immediate proximity.

543.7 Reinforced protective conductors for protective conductor currents exceeding 10 mA

For current using equipment intended for permanent connection and with a protective conductor current exceeding 10 mA, reinforced protective conductors shall be designed as follows:

- either the protective conductor shall have a cross-sectional area of at least 10 mm² Cu or 16 mm² Al, through its total run;

NOTE 1 PEN conductor in accordance with 543.4 complies with this requirement.

- or a second protective conductor of at least the same cross-sectional area as required for protection against indirect contact shall be laid up to a point where the protective conductor has a cross-sectional area not less than 10 mm² Cu or 16 mm² Al. This requires that the appliance has a separate terminal for a second protective conductor;

NOTE 2 In TN-C systems where the neutral and protective conductors are combined in a single conductor (PEN conductor) up to the equipment terminals, protective conductor current may be treated as load current.

NOTE 3 Current-using equipment normally having high protective conductor current may not be compatible with installations incorporating residual current protective devices.

544 Protective bonding conductors

544.1 Protective bonding conductors for the connection to the main earthing terminal

The protective bonding conductor for the connection to the main earthing terminal shall have a cross sectional area not less than half of the cross sectional area of the largest protective earthing conductor within the installation and not less than :

- 6 mm² copper; or
- 16 mm² aluminium; or
- 50 mm² steel.

The cross-sectional area of protective bonding conductors for the connection to the main earthing terminal needs not exceed 25 mm² Cu or an equivalent cross sectional area for other materials.

544.2 Protective bonding conductors for supplementary bonding

544.2.1 A protective bonding conductor connecting two exposed-conductive-parts shall have a conductance not less than that of the smaller protective conductor connected to the exposed conductive parts.

544.2.2 A protective bonding conductor connecting exposed-conductive-parts to extraneous-conductive-parts shall have a conductance not less than half of that of the cross-sectional area of the corresponding protective conductor.

544.2.3 For the minimum cross-sectional area of protective bonding conductors for supplementary bonding and also in the case of the bonding between two extraneous-conductive-parts, subclause 543.1 shall be complied with.

Annex A (normative)

Method for deriving the factor *k* in 543.1.2

(see also IEC 60724 and IEC 60949)

The factor *k* is determined from the following formula:

$$k = \sqrt{\frac{Q_c(\beta + 20)}{\rho_{20}} \ln\left(\frac{\beta + \theta_f}{\beta + \theta_i}\right)}$$

where

- Q_c is the volumetric heat capacity of conductor material (J/°C mm³) at 20 °C;
- β is the reciprocal of temperature coefficient of resistivity at 0 °C for the conductor (°C);
- ρ_{20} is the electrical resistivity of conductor material at 20 °C (Ωmm);
- θ_i initial temperature of conductor (°C);
- θ_f final temperature of conductor (°C).

Table A.54.1 – Value of parameters for different materials

Material	β^a °C	Q_c^a J/°Cmm ³	ρ_{20}^a Ωmm	$\sqrt{\frac{Q_c(\beta + 20)}{\rho_{20}}}$ A√s/mm ²
Copper	234,5	3,45 x 10 ⁻³	17,241 x10 ⁻⁶	226
Aluminium	228	2,5 x10 ⁻³	28,264 x10 ⁻⁶	148
Steel	202	3,8 x10 ⁻³	138 x10 ⁻⁶	78

^a Values taken from IEC 60949.

Table A.54.2 – Values of *k* for insulated protective conductors not incorporated in cables and not bunched with other cables

Conductor insulation	Temperature °C ^b		Material of conductor		
	Initial	Final	Copper	Aluminium	Steel
			Values for <i>k</i> ^c		
70 °C PVC	30	160/140 ^a	143/133 ^a	95/88 ^a	52/49 ^a
90 °C PVC	30	160/140 ^a	143/133 ^a	95/88 ^a	52/49 ^a
90°C thermosetting	30	250	176	116	64
60 °C rubber	30	200	159	105	58
85 °C rubber	30	220	166	110	60
Silicone rubber	30	350	201	133	73

^a The lower value applies to PVC insulated conductors of cross-sectional area greater than 300 mm².
^b Temperature limits for various types of insulation are given in IEC 60724.
^c For the method of calculating *k*, see the formula at the beginning of this annex

Table A.54.3 – Values of k for bare protective conductors in contact with cable covering but not bunched with other cables

Cable covering	Temperature °C ^a		Material of conductor		
	Initial	Final	Copper	Aluminium	Steel
			Values for k ^b		
PVC	30	200	159	105	58
Polyethylene	30	150	138	91	50
CSP	30	220	166	110	60

^a Temperature limits for various types of insulation are given in IEC 60724.
^b For the method of calculating k , see the formula at the beginning of this annex.

Table A.54.4 – Values of k for protective conductors as a core incorporated in a cable or bunched with other cables or insulated conductors

Conductor insulation	Temperature °C ^b		Material of conductor		
	Initial	Final	Copper	Aluminium	Steel
			Values for k ^c		
70 °C PVC	70	160/140 ^a	115/103 ^a	76/68 ^a	42/37 ^a
90 °C PVC	90	160/140 ^a	100/86 ^a	66/57 ^a	36/31 ^a
90°C thermosetting	90	250	143	94	52
60 °C rubber	60	200	141	93	51
85 °C rubber	85	220	134	89	48
Silicone rubber	180	350	132	87	47

^a The lower value applies to PVC insulated conductors of cross-sectional area greater than 300 mm².
^b Temperature limits for various types of insulation are given in IEC 60724.
^c For the method of calculating k , see the formula at the beginning of this annex

Table A.54.5 – Values of k for protective conductors as a metallic layer of a cable e.g. armour, metallic sheath, concentric conductor, etc.

Conductor insulation	Temperature °C ^a		Material of conductor			
	Initial	Final	Copper	Aluminium	Lead	Steel
			Values for k ^c			
70 °C PVC	60	200	141	93	26	51
90 °C PVC	80	200	128	85	23	46
90 °C thermosetting	80	200	128	85	23	46
60 °C rubber	55	200	144	95	26	52
85 °C rubber	75	220	140	93	26	51
Mineral PVC covered ^b	70	200	135	–	–	–
Mineral bare sheath	105	250	135	–	–	–

^a Temperature limits for various types of insulation are given in IEC 60724.
^b This value shall also be used for bare conductors exposed to touch or in contact with combustible material.
^c For the method of calculating k , see the formula at the beginning of this annex.

Table A.54.6 – Value of k for bare conductors where there is no risk of damage to any neighbouring material by the temperature indicated

Conditions	Initial temperature °C	Material of conductor					
		Copper		Aluminium		Steel	
		k value	Maximum temperature °C	k value	Maximum temperature °C	k value	Maximum temperature °C
Visible and in restricted area	30	228	500	125	300	82	500
Normal conditions	30	159	200	105	200	58	200
Fire risk	30	138	150	91	150	50	150

Annex B (informative)

Examples of earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors

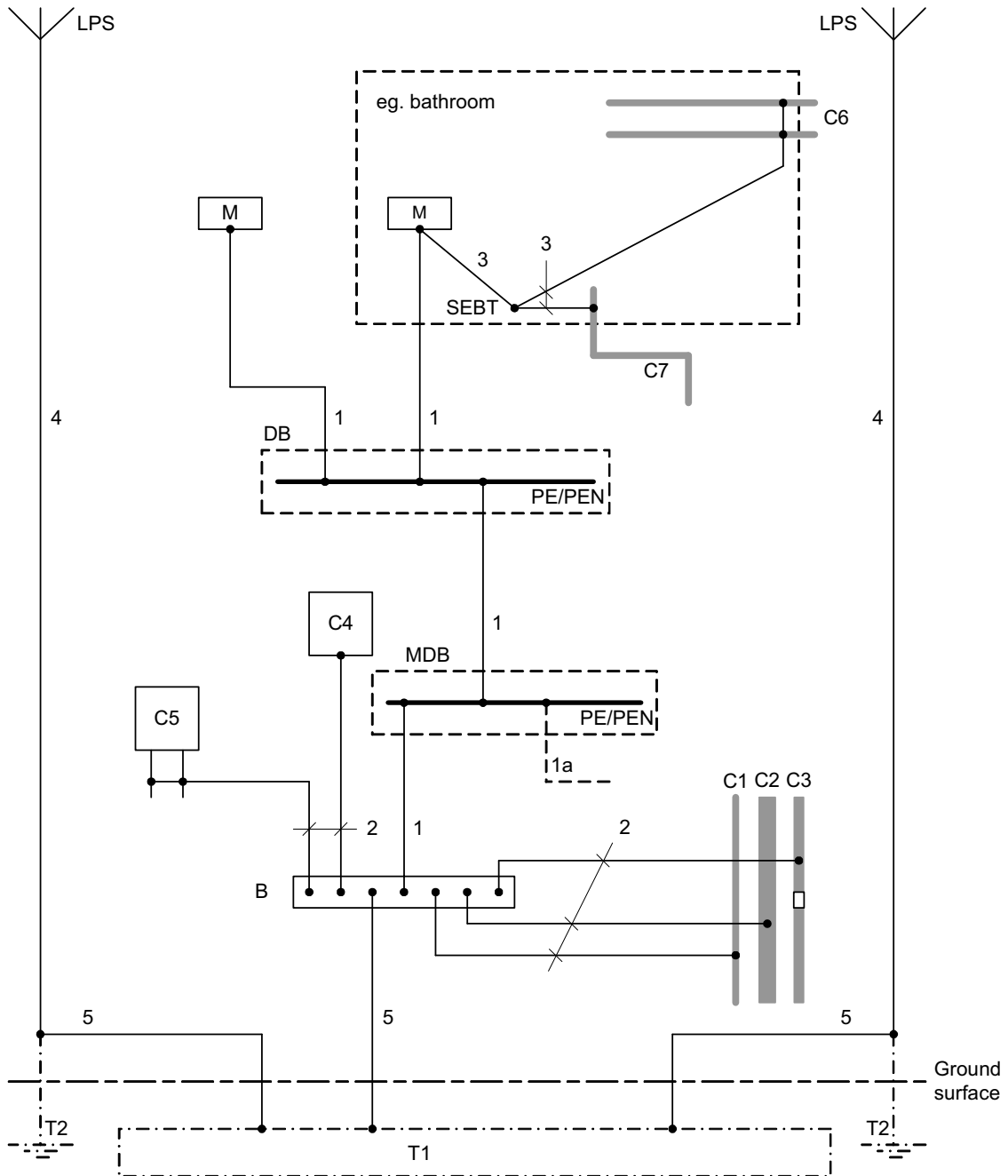


Figure B.54.1 – Examples of earthing arrangements in case of foundation earth electrode, protective conductors and protective bonding conductors

Key

Symbol	Name	Remark
C	Extraneous conductive part	
C1	Water pipe, metal from outside	or district heating pipe
C2	Waste water pipe, metal from outside	
C3	Gas pipe with insulating insert, metal from outside	
C4	Air-conditioning	
C5	Heating system	
C6	Water pipe, metal e.g. in a bathroom	See part 7-701 sub-clause 701.415.2
C7	Waste water pipe, metal e.g. in a bathroom	See part 7-701 sub-clause 701.415.2
MDB	Main distribution board	
DB	Distribution board	Supplied from the main distribution board
B	Main earthing terminal	See sub-clause 542.4
SEBT	Supplementary equipotential bonding terminal	
T	Earth electrode	See sub-clause 542.2
T1	Concrete-embedded foundation earth electrode or soil-embedded foundation earth electrode	
T2	Earth electrode for LPS if necessary	
LPS	Lightning protection system	
PE	PE terminal(s) in the distribution board	
M	Exposed conductive part	
1	Protective conductor (PE)	See clause 543 Cross-sectional area see sub-clause 543.1 Type of protective conductor see sub-clause 543.2 Electrical continuity see sub-clause 543.3
1a	Protective conductor, or PEN conductor, if any, from supplying network	
2	Protective bonding conductor for the connection to the main earthing terminal	See sub-clause 544.1
3	Protective bonding conductor for supplementary bonding	See sub-clause 544.2
4	Down conductor of a lightning protection system (LPS)	
5	Earthing conductor	See sub-clause 542.3

When an LPS is installed, the additional requirements given in clause 6 of IEC 62305-3 shall be fulfilled, in particular those given in 6.1 and 6.2. These requirements are reported in the Annex D.

Annex C (Informative)

Clause 5.4 of IEC 62305-3 standard, first edition, 2006-01

5.4 Earth-termination system

5.4.1 General

When dealing with the dispersion of the lightning current (high frequency behaviour) into the ground, whilst minimizing any potentially dangerous overvoltages, the shape and dimensions of the earth-termination system are the important criteria. In general, a low earthing resistance (if possible lower than 10Ω when measured at low frequency) is recommended.

From the viewpoint of lightning protection, a single integrated structure earth-termination system is preferable and is suitable for all purposes (i.e. lightning protection, power systems and telecommunication systems).

Earth-termination systems shall be bonded in accordance with the requirements of 6.2.

NOTE 1 The conditions of separation and bonding of other earth-termination systems are usually determined by the appropriate national authorities.

NOTE 2 Serious corrosion problems can occur when earthing systems made of different materials are connected to each other.

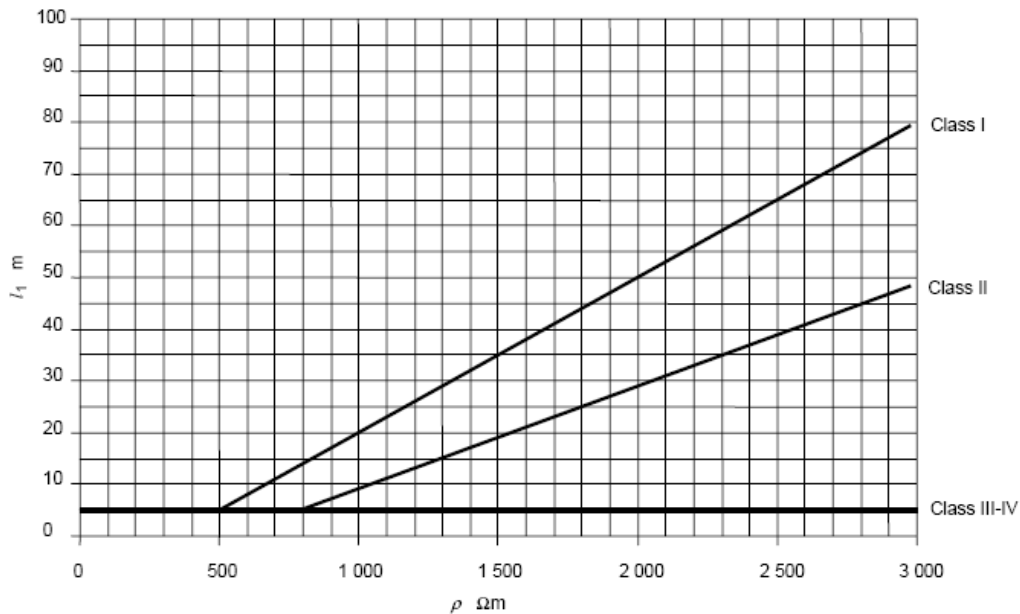
5.4.2 Earthing arrangement in general conditions

For earth-termination systems, two basic types of earth electrode arrangements apply.

5.4.2.1 Type A arrangement

This type of arrangement comprises horizontal or vertical earth electrodes installed outside the structure to be protected connected to each down-conductor.

In type A arrangements, the total number of earth electrodes shall be not less than two.



NOTE Classes III and IV are independent of soil resistivity.

Figure 2 – Minimum length l_1 of each earth electrode according to the class of LPS

The minimum length of each earth electrode at the base of each down-conductor is

- l_1 for horizontal electrodes, or
- $0,5 l_1$ for vertical (or inclined) electrodes,

where l_1 is the minimum length of horizontal electrodes shown in the relevant part of Figure 2.

For combined (vertical or horizontal) electrodes, the total length shall be considered.

The minimum lengths stated in Figure 2 may be disregarded provided that an earthing resistance of the earth-termination system less than 10Ω (measured at a frequency different from the power frequency and its multiple in order to avoid interference) is achieved.

NOTE 1 Reduction of earthing resistance by the extension of earth electrodes is practically possible up to 60 m.

NOTE 2 For further information, refer to Annex E.

5.4.2.2 Type B arrangement

This type of arrangement comprises either a ring conductor external to the structure to be protected, in contact with the soil for at least 80 % of its total length, or a foundation earth electrode. Such earth electrodes may also be meshed.

For the ring earth electrode (or foundation earth electrode), the mean radius r_e of the area enclosed by the ring earth electrode (or foundation earth electrode) shall be not less than the value l_1 :

$$r_e \geq l_1 \quad (1)$$

where l_1 is represented in Figure 2 according to LPS class I, II, III and IV.

When the required value of l_1 is larger than the convenient value of r_e , additional horizontal or vertical (or inclined) electrodes shall be added with individual lengths l_r (horizontal) and l_v (vertical) given by the following equations:

$$l_r = l_1 - r_e \quad (2)$$

and

$$l_v = (l_1 - r_e)/2 \quad (3)$$

It is recommended that the number of electrodes shall be not less than the number of the down-conductors, with a minimum of two.

The additional electrodes should be connected to the ring earth electrode at points where the down-conductors are connected and, for as many as possible, equidistantly.

5.4.3 Installation of earth electrodes

The ring earth electrode (type B arrangement) should preferably be buried at a depth of at least 0,5 m and at a distance of about 1 m around the external walls.

The earth electrodes (type A arrangement) shall be installed at a depth of upper end at least 0,5 m and distributed as uniformly as possible to minimize electrical coupling effects in the earth.

Earth electrodes shall be installed in such a way as to allow inspection during construction.

The embedded depth and the type of earth electrodes shall be such as to minimize the effects of corrosion, soil drying and freezing and thereby stabilize the conventional earth resistance. It is recommended that the upper part of a vertical earth electrode equal to the depth of freezing soil should not be regarded as being effective under frost conditions.

NOTE Hence, for every vertical electrode, 0,5 m should be added to the value of the length l , calculated in 5.4.2.1 and 5.4.2.2.

For bare solid rock, only type B earthing arrangement is recommended.

For structures with extensive electronic systems or with high risk of fire (see IEC 62305-2), type B earthing arrangement is preferable.

5.4.4 Natural earth electrodes

Interconnected reinforcing steel in concrete foundations in accordance with 5.6, or other suitable underground metal structures, should preferably be used as an earth electrode. When the metallic reinforcement in concrete is used as an earth electrode, special care shall be exercised at the interconnections to prevent mechanical splitting of the concrete.

NOTE 1 In the case of pre-stressed concrete, consideration should be given to the consequences of the passage of lightning discharge currents which may produce unacceptable mechanical stresses.

NOTE 2 If a foundation earth electrode is used, a long-term increase in earthing resistance is possible.

NOTE 3 More extensive information on this topic is reported in Annex E.

Annex D (Informative)

Clause 6 of IEC 62305-3 standard, first edition, 2006-01

6 Internal lightning protection system

6.1 General

The internal LPS shall avoid the occurrence of dangerous sparking within the structure to be protected due to lightning current flowing in the external LPS or in other conductive parts of the structure.

Dangerous sparking may occur between the external LPS and other components such as:

- the metal installations;
- the electrical systems;
- the external conductive parts and lines connected to the structure.

NOTE 1 Sparking occurring within the structure with danger of explosion is always dangerous. In this case additional protective measures are required which are under consideration (see Annex E).

NOTE 2 For protection against overvoltages of internal systems, refer to IEC 62305-4.

Dangerous sparking between different parts can be avoided by means of

- equipotential bonding in accordance with 6.2, or
- electrical insulation between the parts in accordance with 6.3.

6.2 Lightning equipotential bonding

6.2.1 General

Equipotentialization is achieved by interconnecting the LPS with

- structural metal parts,
- metal installations,
- internal systems,
- external conductive parts and lines connected to the structure.

When lightning equipotential bonding is established to internal systems, part of the lightning current may flow into such systems and this effect shall be taken into account. Interconnecting means can be

- bonding conductors, where the electrical continuity is not provided by natural bonding,
- surge protective devices (SPDs), where direct connections with bonding conductors is not feasible.

The manner in which lightning equipotential bonding is achieved is important and shall be discussed with the operator of the telecommunication network, the electric power operator, and other operators or authorities concerned, as there may be conflicting requirements. SPDs shall be installed in such a way that they can be inspected.

NOTE When an LPS is installed, metalwork external to the structure to be protected may be affected. This should be considered when designing such systems. Lightning equipotential bonding for external metalwork may also be necessary.

6.2.2 Lightning equipotential bonding for metal installations

In the case of an isolated external LPS, lightning equipotential bonding shall be established at ground level only. For an external LPS which is not isolated, lightning equipotential bonding shall be installed at the following locations:

- a) in the basement or approximately at ground level. Bonding conductors shall be connected to a bonding bar constructed and installed in such a way that it allows easy access for inspection. The bonding bar shall be connected to the earth-termination system. For large structures (typically more than 20 m in length), more than one bonding bar can be installed, provided that they are interconnected;
- b) where insulation requirements are not fulfilled (see 6.3).

Lightning equipotential bonding connections shall be made as direct and straight as possible.

NOTE When lightning equipotential bonding is established to conducting parts of the structure, part of the lightning current may flow into the structure and this effect should be taken into account.

The minimum values of the cross-section of the bonding conductors connecting different bonding bars and of the conductors connecting the bars to the earth-termination system are listed in Table 8.

The minimum values of the cross-section of the bonding conductors connecting internal metal installations to the bonding bars are listed in Table 9.

Table 8 – Minimum dimensions of conductors connecting different bonding bars or connecting bonding bars to the earth-termination system

Class of LPS	Material	Cross section area [mm ²]
I to IV	Copper	14
	Aluminium	22
	Steel	50

Table 9 – Minimum dimensions of conductors connecting internal metal installations to the bonding bar

Class of LPS	Material	Cross section area [mm ²]
I to IV	Copper	5
	Aluminium	8
	Steel	16

If insulating pieces inside the structure to be protected are inserted into gas lines or water pipes, they shall, with the agreement of the water and gas supplier, be bridged by SPDs designed for such an operation.

SPDs shall have the following characteristics:

- class I test;
- $I_{imp} \leq kcI$ with kcI being the lightning current flowing along the relevant part of the external LPS (see Annex C of IEC 62305-3);

- the protection level U_P shall be lower than the impulse withstand level of insulation between parts;
- other characteristics conforming to IEC 61643-12.

6.2.3 Lightning equipotential bonding for external conductive parts

For external conductive parts, lightning equipotential bonding shall be established as near as possible to the point of entry into the structure to be protected.

Bonding conductors shall be capable of withstanding the part I_f of the lightning current flowing through them evaluated in accordance with Annex E of IEC 62305-1.

If direct bonding is not acceptable, SPDs with the following characteristics shall be used:

- class I test;
- $I_{imp} \leq I_f$ with I_f being the lightning current flowing along the considered external conductive part (see Annex E of IEC 62305-1);
- the protection level U_P shall be lower than the impulse withstand level of insulation between parts;
- other characteristics conforming to IEC 61643-12.

NOTE When equipotential bonding is required, but an LPS is not required, the earth-termination of the low voltage electrical installation can be used for this purpose. IEC 62305-2 provides information on the conditions where an LPS is not required.

6.2.4 Lightning equipotential bonding for internal systems

It is imperative that lightning equipotential bonding is installed in accordance with 6.2.2 a) and 6.2.2 b).

If the internal systems conductors are screened or located in metal conduits, it may be sufficient to bond only these screens and conduits (see Annex B).

NOTE Bonding of screens and conduits may not avoid failure due to overvoltages of equipment connected to the conductors. For protection of such equipment refer to IEC 62305-4.

If conductors of internal systems are neither screened nor located in metal conduits, they shall be bonded via SPDs. In TN systems, PE and PEN conductors shall be bonded to an LPS directly or with a SPD.

Bonding conductors and SPDs shall have the same characteristics as indicated in 6.2.2.

If protection of internal systems against surges is required, a “coordinated SPD protection” conforming to the requirements of IEC 62305-4, Clause 7 shall be used.

6.2.5 Lightning equipotential bonding for lines connected to the structure to be protected

Lightning equipotential bonding for electrical and telecommunication lines shall be installed in accordance with 6.2.3.

All the conductors of each line should be bonded directly or with an SPD. Live conductors shall only be bonded to the bonding bar via an SPD. In TN systems, PE or PEN conductors shall be bonded directly or via SPD to the bonding bar.

If lines are screened or routed into metal conduits, these screens and conduits shall be bonded; lightning equipotential bonding for conductors is not necessary provided that the

cross-section S_c of these screens or conduits is not lower than the minimum value S_{cmin} evaluated in accordance with Annex B of IEC 62305-3.

Lightning equipotential bonding of the cable screens or of the conduits shall be performed near the point where they enter the structure.

Bonding conductors and SPDs shall have the same characteristics as indicated in 6.2.3.

If protection against surges of internal systems connected to lines entering the structure is required, a “coordinated SPD protection” conforming to the requirements of IEC 62305-4, Clause 7 shall be used.

NOTE 1 When equipotential bonding is required, but an LPS is not required, the earth-termination of the low voltage electrical installation can be used for this purpose. IEC 62305-2 provides information on the conditions where an LPS is not required.

NOTE 2 For more information concerning equipotential bonding for telecommunication lines, see also IEC 62305-5.

6.3 Electrical insulation of the external LPS

The electrical insulation between the air-termination or the down-conductor and the structural metal parts, the metal installations and the internal systems can be achieved by providing a distance d between the parts greater than the separation distance s :

$$s = K_i \times \frac{K_c}{K_m} \times l$$

where

k_i depends on the selected class of LPS (see Table 10);

k_c depends on the lightning current flowing on the down-conductors (see Table 11);

k_m depends on the electrical insulation material (see Table 12);

l is the length, in metres, along the air-termination or the down-conductor, from the point where the separation distance is to be considered, to the nearest equipotential bonding point.

Table 10 – Isolation of external LPS – Values of coefficient k_i

Class of LPS	K_i
I	0,08
II	0,06
III-IV	0,04

Table 11 – Isolation of external LPS – Values of coefficient k_c

Number of down conductors n	Detailed values (see Table C.1 of IEC 62305-3) K_c
1	1
2	1.....0,5
4 and more	1.....1/n

Table 12 – Isolation of external LPS – Values of coefficient k_m

Material	K_m
Air	1
Concrete, bricks	0,5
NOTE 1 When there are several insulating materials in series, it is good practice to use the lower value for k_m .	
NOTE 2 The use of other insulating materials is under consideration.	

In the case of the lines or external conductive parts connected to the structure, it is always necessary to ensure lightning equipotential bonding (by direct connection or connection by SPD) at their point of entry in the structure.

In structures with metallic or electrically continuous, connected, reinforced, concrete framework of the structures, a separation distance is not required.

Annex E (informative)

Erection of concrete-embedded foundation earth electrodes

E.1 General

Concrete used for the foundation of buildings has a certain conductivity and mainly a large contact area to the soil. Therefore bare metal electrodes completely embedded in concrete can be used for earthing purposes, except the concrete is isolated against the soil by use of a special thermal isolation or other measures. Due to chemical and physical effects bare or hot-dip galvanized steel and other metals embedded in concrete in a depth of more than 5 cm are highly protected against corrosion, normally during the whole life-time of the building. If ever possible the conductive effects of the reinforcement of the building should be used, too.

The realization of a concrete-embedded foundation earth electrode during the erection of the building may be an economical solution to obtain a good earth electrode during a long time period because:

- it does not necessitate additional excavation works
- it is erected at a depth which is normally free from negative influences resulting from seasonal weather conditions
- it provides a good contact with the soil
- it realizes nearly the maximum use of the buildings foundation surface and results in the minimum earth electrode impedance which can be obtained with this surface
- it provides an optimal earthing arrangement for LPS purposes
- from the beginning of the erection of the building, it can be used as earth electrode for the electrical installation of the construction site.

Beside its earthing effect, the concrete-embedded foundation earth electrode provides a good basis for the main protective bonding.

The following requirements and advices for the erection of a concrete-embedded foundation earth electrode apply.

E.2 Exemption from the use of concrete-embedded foundation earth electrodes

In case the owner of the building decided for a complete protection of the foundation against losses of heating energy by isolating it using non-conductive materials, or the foundation is isolated by certain measures against water, e.g. using plastic sheets of more than 0.5 mm thickness, an earthing effect of the foundation concrete is not usable. In such cases, the positive effect of metal reinforcement for protective bonding may be used, and for earthing purposes another earthing arrangement shall be used, e.g. an additional concrete-embedded foundation earth electrode below the isolated foundation, or an earthing arrangement around the building or a soil-embedded foundation earth electrode.

E.3 Construction of concrete-embedded foundation earth electrodes

E.3.1 For concrete foundations without metal reinforcement, the concrete-embedded foundation earth electrode shall be erected as one or more closed ring(s) forming rectangles of 10 m by 20 m maximum.

E.3.2 To avoid embedding of the electrodes in concrete in less than 5 cm depth, suitable means for the distance of the electrode wiring above the ground shall be used. If strips are used as electrodes they shall be fixed set up on edge to avoid holes without concrete under the strip. If reinforcement is present the wiring shall be fixed to it within distances of about 2 m.

E.3.3 The wiring of the concrete-embedded foundation earth electrode shall have at least one terminal lug for connection to the electrical system of the building either leaving the concrete inside the building to a suitable connection point (e.g. to the main earthing terminal) or ending at a special connection clamp embedded in concrete of a wall at its surface. The point of connection the terminal lug shall be accessible for maintenance and measuring purposes.

For lightning protection and for buildings with special requirements of the information technology, more than one terminal lug of the foundation earth electrode, e.g. for LPS down-conductors, may be needed.

For connections needed outside the foundation concrete going through the soil, corrosion problems for steel wires shall be taken into account (see C.4). For such connections, it is recommended that they should enter the concrete from inside the building or from outside suitable above outside ground level.

E.3.4 For the minimum cross-section area of electrodes including terminal lugs, the values mentioned in Table 54.1 apply. Connections shall be soundly made and electrical satisfactory, see 542.3.2.

E.3.5 Metal reinforcement of the foundations of the building may be used as electrode provided it is soundly connected according to 542.3.2. For welded connections with and of the reinforcement the permission of the responsible person for the structural design and analysis of the construction of the building is required. Connections made by a wrapped iron wire only are not suitable for protection purposes, but may be sufficient for EMC purposes for the information technology. Pre-stressed reinforcement shall not be used as electrode.

If for the reinforcement welded grids made from wires of lower diameter are used, it is permitted to use them as electrodes, too, provided they are soundly connected at more than one different points to the terminal lug or other parts of the electrode to provide at least the same cross-section area as required in Table 54.1. The minimum diameter of the single wires of such grids shall be 5 mm with at least four connections between the terminal lug and the grid at several parts of the each grid.

E.3.6 The wiring of the electrodes shall not go over joints between different parts of larger foundations. At such places suitable malleable connectors shall be installed outside the concrete to provide the needed electrical connections.

E.3.7 Concrete-embedded foundation earth electrodes of single foundations (e.g. for the construction of large halls) shall be connected to other parts of the concrete-embedded foundation earth electrode by using suitable earthing conductors. For embedding such connections in the soil see C.4.

E.4 Possible corrosion problems of other earthed installations outside concrete-embedded foundation earth electrodes

Attention shall be taken to the fact that ordinary steel (bare or hot-dip galvanized) embedded in concrete results in an electro-chemical potential equal to that of copper embedded in the soil. Therefore there is a danger of electro-chemical corrosion for other earthing arrangements made from steel embedded in the soil nearby the foundation and being in connection with a concrete-embedded foundation earth electrode. This effect can be found with reinforced foundations of large buildings, too.

Therefore, any steel electrode shall not be installed directly from foundation concrete into the soil except for electrodes made from stainless steel or otherwise well protected by a suitable prefabricated protection against humidity. Hot-dip galvanized covering or protection by paintings or other materials later on is not sufficient for such purposes. Additional earthing arrangements around and near such buildings should not be made from hot-dip galvanized steel in order to provide a sufficient life-time of this part of the earthing arrangement.

E.5 Completion of concrete-embedded foundation earth electrodes

E.5.1 After preparing the electrodes and/or the connected reinforcement, but before the concrete is filled in, a revision and documentation of the arrangement is to be made by a skilled person. The documentation shall be made by description, plans and photos to be part of the whole documentation of the electrical installation (see IEC 60364-6).

E.5.2 Concrete used for the foundation shall be made from at least 240 kg cement per m³ concrete. The concrete shall have a suitable semi-liquid consistence to fill all holes below the electrodes.

Annex F

(Informative)

Country notes

Country	Clause N°	Nature (permanent or less permanent according to IEC Directives)	Rationale (detailed justification for the requested country note)	Wording
US	542.2.1		The requirements in the US for the minimum size of earth electrode rods are different from Table 54.1	In the USA, the minimum diameter for earth electrodes of iron or steel is 15.87 mm (5/8 in.), regardless of plating or coating. If certified for the use, stainless steel or nonferrous rods may be no less than 13 mm (1/2 in.).
AT	542.2.3			In Austria water pipes are not permitted as earth electrodes.
BE	542.2.3			In Belgium water pipes are not permitted as earth electrodes.
CH	542.2.3			In Switzerland water pipes are not permitted as earth electrodes.
DE	542.2.3			In Germany water pipes are not permitted as earth electrodes.
FI	542.2.3			In Finland water pipes are not permitted as earth electrodes.
FR	542.2.3			In France water pipes are not permitted as earth electrodes.
SE	542.2.3			In Sweden water pipes are not permitted as earth electrodes.
UK	542.2.3			In the UK water pipes are not permitted as earth electrodes.
IT	542.2.3			In Italy it is permitted to use a water pipe system, but only

Country	Clause N°	Nature (permanent or less permanent according to IEC Directives)	Rationale (detailed justification for the requested country note)	Wording
				with the consent of the water distributor.
NL	542.2.3			In Netherlands it is permitted to use a water pipe system, but only with the consent of the water distributor.
DE	542.2.4			In Germany, there is an obligation to erect in every new building a foundation earth electrode according to National Standard DIN 18014.
FI	542.3.1			In Finland the minimum cross-sectional areas for earthing conductors not protected against corrosion are 16 mm ² copper or 50 mm ² steel.
DK	543.1.1			In Denmark, circuits protected with RCD it is normally allowed to use protective conductors with a cross-sectional area of at least 2.5 mm ² copper independent of the cross-sectional area of the phase conductor and without calculation. Only when RCD's are used in TN-systems and the protective conductor is connected to the PEN conductor upstream the RCD and have less cross-sectional area than the phase conductor and is shorter than 10 meters it is necessary to calculate the cross-sectional area of the protective conductor from the formula.
UK	543.1.1		In the UK, Regulation 8(4) of the Electricity Safety, Quality and Continuity Regulations 2002 states that a consumer shall not combine the neutral and protective functions in a single conductor in the consumer's installation.	In the UK, a consumer shall not combine the neutral and protective functions in a single conductor in the consumer's installation.
CN	543.2.1			In China cable tray and cable ladder are permitted as protective conductors in accordance with local or national regulations or standards.
ES	543.2.1		In Spain, the Spanish Wiring	In Spain, the use of conduits as protective conductors is

Country	Clause N°	Nature (permanent or less permanent according to IEC Directives)	Rationale (detailed justification for the requested country note)	Wording
			Rules (R.D 2413/1973 and R.D. 2295/1985) are mandatory and prescribe some restrictions.	forbidden.
IT	543.2.1			In Italy cable tray and cable ladder are permitted as protective conductors in accordance with local or national regulations or standards.
UK	543.2.1			In the UK cable tray and cable ladder are permitted as protective conductors in accordance with local or national regulations or standards.
UK	543.2.1		In the UK metallic trunking may also be used as a protective conductor	In the UK, extraneous conductive parts may be used as a protective conductor
US	543.2.1			In the USA, cable tray and cable ladder are permitted as protective conductors in accordance with local or national regulations or standards.
UK	543.2.3			In the UK, water pipes may be used as protective conductors. If water meters are bonded across, the bonding conductor should be of appropriate cross-sectional area according to its use.
CH	543.2.3			In Switzerland, metallic water pipes may be used as an equipotential bonding conductor.
UK	543.4		In the UK, Regulation 8(4) of the Electricity Safety, Quality and Continuity Regulations 2002 states that a consumer shall not combine the neutral and protective functions in a single conductor in the consumer's installation.	In the UK, a consumer shall not combine the neutral and protective functions in a single conductor in his consumer's installation.
CZ	543.4.1		We miss an information, for example a note, that in the Czech republic cross section of PEN	In the Czech Republic, cross section of PEN conductor between supply terminal and electric meter is not used less than 6 mm ² for Cu and 10 mm ² for Al."

Country	Clause N°	Nature (permanent or less permanent according to IEC Directives)	Rationale (detailed justification for the requested country note)	Wording
CH	544.1.1		<p>conductor between supply terminal and electric meter is not used less than 6 mm² for Cu and 10 mm² for Al</p> <p>Swiss law request a cross section of at least 10 mm² for buildings provided with lightning protection.</p>	<p>In Switzerland, if used in conjunction with installations for lightning protection, the minimal cross section area of the main potential bonding conductor shall be at least 10 mm².</p>

Bibliography

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

IEC 60364-4-43, *Electrical installations of buildings – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent*

IEC 60364-5-52, *Electrical installations of buildings – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60702-1, Mineral insulated cables and their terminations with a rated voltage not exceeding 750 V – Part 1: Cables

National Standard DIN 18014:1994, Fundamenterder ("Foundation earth electrode" in English)
