

# Inhalt

<b>Vorwort zur 9. Auflage</b> .....	13
<b>1 Einleitung</b> .....	15
<b>2 Begriffe</b> .....	17
2.1 Einführung .....	17
2.2 Stromarten .....	18
2.3 Spannungsarten .....	20
2.4 Leiterarten .....	21
2.5 Besondere Teile innerhalb einer elektrischen Anlage .....	24
2.6 Erdung und Erdungssysteme .....	25
2.7 Potentialausgleich .....	29
2.8 Korrosion .....	34
<b>3 Potentialausgleich</b> .....	39
3.1 Einführung .....	39
3.2 Standortbestimmung des Schutzpotentialausgleichs .....	39
3.2.1 Welche Aufgabe erfüllt der Schutzpotentialausgleich beim Schutz gegen elektrischen Schlag? .....	39
3.2.1.1 Zusammenhang zwischen Schutzmaßnahme und Schutzpotentialausgleich .....	39
3.2.1.2 Aufgabenbeschreibung für den Schutzpotentialausgleich über die Haupterdungsschiene .....	42
3.2.2 Der zusätzliche Nutzen eines Schutzpotentialausgleichs über die Haupterdungsschiene .....	46
3.2.2.1 Die Berührungsspannung wird auch in nicht vom Fehler betroffenen Bereichen herabgesetzt .....	46
3.2.2.2 Der Schutzpotentialausgleich über die Haupterdungsschiene und die Potentialsteuerung im Gebäude .....	48
3.2.2.3 Die Berührungsspannung im Gebäude bei Fehlern im Außenbereich .....	53
3.2.3 Was leistet der Schutzpotentialausgleich über die Haupterdungsschiene und was leistet er nicht? .....	54
3.3 Anforderungen an den Schutzpotentialausgleich über die Haupterdungsschiene .....	55
3.3.1 Allgemeine Anforderungen .....	55

3.3.2	Die Haupterdungsschiene (Potentialausgleichsschiene) . . . . .	58
3.3.3	Verbindungsleitungen, Anschlüsse und Klemmen. . . . .	60
3.3.3.1	Grundsätzliche Anforderungen . . . . .	60
3.3.3.2	Besonderheiten bei Gasinnenleitungen . . . . .	65
3.3.3.3	Besonderheiten bei Wasserrohren . . . . .	66
3.3.4	Kennzeichnung von Schutzpotentialausgleichsleitern. . . . .	67
3.3.5	Querschnitt der Leiter des Schutzpotentialausgleichs . . . . .	68
3.4	Der zusätzliche Schutzpotentialausgleich . . . . .	72
3.4.1	Wann ist ein zusätzlicher Schutzpotentialausgleich erforderlich? . . . . .	72
3.4.1.1	Grundsätzliche Aussagen zum zusätzlichen Schutz. . . . .	72
3.4.1.2	Die beiden Aufgaben eines zusätzlichen Schutzpotentialausgleichs. . . . .	74
3.4.2	Wirkung des zusätzlichen Schutzpotentialausgleichs . . . . .	75
3.4.2.1	Hauptsächliche Wirkung des zusätzlichen Schutzpotentialausgleichs. . . . .	75
3.4.2.2	Zusätzliche Wirkung (Nebenwirkung) des zusätzlichen Schutzpotentialausgleichs . . . . .	78
3.4.2.3	Die Berührungsspannung im TN-System und der zusätzliche Schutzpotentialausgleich . . . . .	79
3.4.2.4	Die Berührungsspannung im TT-System und der zusätzliche Schutzpotentialausgleich . . . . .	82
3.4.3	Was leistet der zusätzliche Schutzpotentialausgleich und was leistet er nicht? . . . . .	84
3.4.4	Die Ausführung des zusätzlichen Schutzpotentialausgleichs . . . . .	85
3.4.4.1	Grundsätzliche Anforderungen . . . . .	85
3.4.4.2	Querschnitt der Leiter des zusätzlichen Schutzpotentialausgleichs. . . . .	85
3.5	Potentialsteuerung . . . . .	90
3.6	Potentialausgleich und elektromagnetische Verträglichkeit. . . . .	93
3.6.1	Einführung . . . . .	93
3.6.2	Voraussetzungen für einen EMV-gerechten Potentialausgleich. . . . .	101
3.6.2.1	Der korrekt ausgeführte Schutzpotentialausgleich. . . . .	101
3.6.2.2	Netzsysteme und EMV . . . . .	102
3.6.2.3	Die Netzstruktur eines Potentialausgleichs in Gebäuden nach DIN VDE 0100-444. . . . .	105
3.6.2.4	Die Gebäudeeinführung . . . . .	110
3.6.3	Leitfähige Rohr- und Kanalsysteme. . . . .	110
3.6.4	Metallene Gebäudekonstruktionen . . . . .	112
3.6.5	Der vermaschte Potentialausgleich . . . . .	113
3.6.6	Anforderung an die Verlegung von Potentialausgleichsleitern . . . . .	116
3.6.7	Der Parallelerdungsleiter (Schirmentlastungsleiter) . . . . .	117

3.7	Schutz durch erdfreien örtlichen Schutzpotentialausgleich . . . . .	119
3.8	Schutzpotentialausgleich bei Schutztrennung . . . . .	121
3.9	Zusätzlicher Schutzpotentialausgleich in Räumen mit Badewanne oder Dusche . . . . .	123
3.9.1	Einführung . . . . .	123
3.9.2	Die Gefährdung . . . . .	123
3.9.3	Anwendungsbereich . . . . .	123
3.9.4	Ausführung des zusätzlichen Schutzpotentialausgleichs in Räumen mit Badewanne oder Dusche . . . . .	124
3.9.4.1	Grundsätzliche Anforderung . . . . .	124
3.9.4.2	Anzuschließende Teile . . . . .	124
3.9.4.3	Wo sollte der zusätzliche Schutzpotentialausgleich durchgeführt werden? . . . . .	128
3.9.4.4	Teile, die nicht in den zusätzlichen Schutzpotentialausgleich einbezogen werden müssen . . . . .	130
3.9.4.5	Der Schutzpotentialausgleichsleiter für den zusätzlichen Schutzpotentialausgleich . . . . .	131
3.9.5	Zusätzlicher Schutzpotentialausgleich bei beweglichen Bade- und Duschwannen . . . . .	133
3.10	Zusätzlicher Schutzpotentialausgleich bei Becken von Schwimmbädern und anderen Becken . . . . .	135
3.10.1	Anwendungsbereich und Begriffe . . . . .	135
3.10.2	Anforderungen an den zusätzlichen Schutzpotentialausgleich bei Becken von Schwimmbädern und anderen Becken . . . . .	137
3.10.2.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	137
3.10.2.2	Teile, die in den zusätzlichen Schutzpotentialausgleich einbezogen werden . . . . .	138
3.10.2.3	Die Bewehrung von Fußböden und Decken . . . . .	139
3.10.2.4	Der Querschnitt von Leitern des zusätzlichen Schutzpotentialausgleichs . . . . .	140
3.11	Zusätzlicher Schutzpotentialausgleich in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten . . . . .	142
3.11.1	Ort des zusätzlichen Schutzpotentialausgleichs . . . . .	142
3.11.2	Was muss in den zusätzlichen Schutzpotentialausgleich einbezogen werden? . . . . .	142
3.11.3	Ausführung des zusätzlichen Schutzpotentialausgleichs . . . . .	144
3.11.4	Potentialsteuerung in landwirtschaftlichen Anwesen . . . . .	145
3.12	Zusätzlicher Schutzpotentialausgleich in leitfähigen Bereichen mit begrenzter Bewegungsfreiheit nach DIN VDE 0100-706 . . . . .	149
3.13	Potentialausgleich in Photovoltaik-Anlagen . . . . .	150

3.14	Zusätzlicher Schutzpotentialausgleich in Unterrichtsräumen mit Experimentiereinrichtungen nach DIN VDE 0100-723 . . . . .	154
3.15	Zusätzlicher Schutzpotentialausgleich in medizinisch genutzten Bereichen nach DIN VDE 0100-710 . . . . .	154
3.15.1	Die Gefährdung . . . . .	154
3.15.2	Einteilung der medizinisch genutzten Räume und Bereiche in „Gruppen“ . . . . .	155
3.15.3	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung und dauernd zulässige Berührungsspannung . . . . .	157
3.15.4	Aufgabe und Ausführung des zusätzlichen Schutzpotentialausgleichs . . . . .	157
3.15.5	Die Potentialausgleichsschiene für den zusätzlichen Schutzpotentialausgleich . . . . .	162
3.15.6	Potentialausgleich bei Maßnahmen gegen Störfelder der Starkstromanlage . . . . .	163
3.15.6.1	Allgemeines . . . . .	163
3.15.6.2	Maßnahmen gegen Störungen durch elektrische (kapazitive) Felder . . . . .	164
3.15.6.3	Maßnahmen gegen Störungen durch magnetische Felder . . . . .	165
3.15.7	Prüfung des zusätzlichen Schutzpotentialausgleichs in medizinisch genutzten Räumen . . . . .	165
3.16	Potentialausgleich in explosionsgefährdeten Bereichen . . . . .	167
3.16.1	Allgemeines . . . . .	167
3.16.2	Ausführung des Potentialausgleichs in explosionsgefährdeten Bereichen . . . . .	168
3.16.3	Querschnitt des Potentialausgleichsleiters . . . . .	171
3.16.4	Besonderheiten beim Potentialausgleich eigensicherer Stromkreise . . . . .	172
3.17	Der Blitzschutz-Potentialausgleich . . . . .	172
3.17.1	Innerer Blitzschutz oder Blitzschutz-Potentialausgleich? . . . . .	172
3.17.2	Blitzschutz-Potentialausgleich nach der Normenreihe DIN EN 62305 (VDE 0185-305) . . . . .	173
3.17.2.1	Gefährdung . . . . .	173
3.17.2.2	Allgemeine Anforderungen . . . . .	174
3.17.2.3	Blitzschutz-Potentialausgleich mit metallenen Installationen . . . . .	180
3.17.2.4	Blitzschutz-Potentialausgleich mit elektrischen Anlagen . . . . .	182
3.17.2.4.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	182
3.17.2.4.2	Zulässige unmittelbare Verbindungen . . . . .	183
3.17.2.4.3	Verbindungen über Trennfunkstrecken . . . . .	184
3.17.2.4.4	Verbindungen über Überspannungs-Schutzeinrichtungen . . . . .	186

3.17.2.4.4.1	Allgemeines . . . . .	186
3.17.2.4.4.2	Die Länge der Anschlussleitung zur Überspannungs- Schutzeinrichtung . . . . .	186
3.17.2.4.4.3	Der Querschnitt der Anschlussleitung zur Überspannungs- Schutzeinrichtung . . . . .	190
3.17.2.5	Querschnitt des Blitzschutz-Potentialausgleichsleiters . . . . .	191
3.17.3	Blitzschutz-Potentialausgleich bei besonderen Anlagen . . . . .	191
3.18	Potentialausgleich bei Antennenanlagen . . . . .	194
3.18.1	Allgemeines . . . . .	194
3.18.2	Erdungsleiter und Antennenerder . . . . .	196
3.18.2.1	Der Erdungsleiter . . . . .	196
3.18.2.2	Der Antennenerder . . . . .	198
3.18.3	Potentialausgleich im Antennenverteilungsnetz . . . . .	200
3.18.4	Besonderheiten beim Potentialausgleich im privaten Verteilungsnetz von BK-Anlagen . . . . .	205
3.18.5	Anschluss- und Verbindungsstellen . . . . .	206
3.19	Prüfung der Wirksamkeit von Potentialausgleichsmaßnahmen . . . . .	206
3.19.1	Allgemein . . . . .	206
3.19.2	Die Prüfung der Wirksamkeit des Schutzpotentialausgleichs . . . . .	208
3.19.3	Die Prüfung der Wirksamkeit des zusätzlichen Schutzpotentialausgleichs . . . . .	209
3.19.4	Prüfung des erdfreien örtlichen Potentialausgleichs und des Po- tentialausgleichs bei Schutztrennung mit mehreren Verbrauchern . . . . .	215
3.20	Literatur . . . . .	217
<b>4</b>	<b>Erdungsanlage . . . . .</b>	<b>227</b>
4.1	Bedeutung und Funktion einer Erdungsanlage . . . . .	227
4.2	Ausführung der Erdungsanlage nach DIN 18014 . . . . .	233
4.2.1	Auswahl von Erdungsanlagen . . . . .	233
4.2.2	Grundsätzliche Anforderungen an die Erdungsanlage . . . . .	236
4.2.3	Strahlenerder . . . . .	236
4.2.4	Stab-/Tiefenerder . . . . .	237
4.2.5	Die Erdungsanlage als Masche . . . . .	237
4.2.6	Ringerder . . . . .	240
4.2.7	Fundamenterder . . . . .	241
4.2.7.1	Die Aufgaben eines Fundamenterders . . . . .	241
4.2.7.2	Der Fundamenterder bei erhöhtem Erdübergangswiderstand . . . . .	241
4.2.7.2.1	Allgemeines . . . . .	241
4.2.7.2.2	Besonderheiten bei vorhandener Wärmedämmung (Perimeterdämmung) . . . . .	242

4.2.7.2.3	Besonderheiten bei Fundamenten mit Kunststofffolien und Kunststoff-Noppenbahnen . . . . .	245
4.2.7.3	Die Lage des Fundamenterders im Beton . . . . .	246
4.2.7.4	Bewegungs- bzw. Dehnfugen im Beton. . . . .	248
4.2.7.5	Ausführung in unbewehrtem Fundament. . . . .	249
4.2.7.6	Ausführung in bewehrtem Fundament. . . . .	251
4.2.7.7	Anordnung des Fundamenterders im gemauerten Fundament . . . . .	252
4.2.8	Die Materialien für Erder nach DIN 18014 . . . . .	253
4.2.9	Die Verbindungsteile für die Erdungsanlage . . . . .	255
4.2.10	Anschlusspunkte von Erdungsanlagen. . . . .	258
4.2.11	Besondere Ausführungen von Erdungsanlagen . . . . .	263
4.2.12	Der Fundamenterder als Potentialausgleichsleiter. . . . .	265
4.3	Der Erder als Blitzschutzerder. . . . .	270
4.3.1	Allgemeines . . . . .	270
4.3.2	Anschlussfahnen . . . . .	271
4.3.3	Erderanordnung . . . . .	272
4.3.3.1	Erderanordnung Typ A. . . . .	272
4.3.3.2	Erderanordnung Typ B. . . . .	273
4.3.4	Der Erdungswiderstand des Blitzschutzerders. . . . .	278
4.4	Der Ausbreitungswiderstand eines Erders . . . . .	278
4.5	Prüfung der Wirksamkeit der Erdungsanlage . . . . .	288
4.5.1	Durchgangsprüfung . . . . .	288
4.5.2	Erdungsmessung . . . . .	288
4.5.2.1	Messung mit einem Erdwiderstandsmessgerät . . . . .	288
4.5.2.2	Messung des Erderwiderstands mit einem Fehlerschleifenimpedanz-Messgerät . . . . .	290
4.5.2.3	Messung des Erderwiderstands mit Stromzangen . . . . .	291
4.6	Dokumentation. . . . .	293
4.7	Literatur . . . . .	301
<b>5</b>	<b>Korrosionsgefährdung</b> . . . . .	<b>305</b>
5.1	Allgemeines . . . . .	305
5.2	Eigenkorrosion (chemische Korrosion) . . . . .	306
5.3	Kontaktkorrosion (elektrochemische Korrosion). . . . .	308
5.3.1	Allgemeines . . . . .	308
5.3.2	Galvanisches Halbelement. . . . .	308
5.3.3	Ruhepotentiale in der Praxis . . . . .	310
5.3.4	Galvanisches Element . . . . .	312
5.3.5	Konzentrationselement. . . . .	315
5.3.6	Lokalelementbildung . . . . .	316

5.3.7	Höhe des Korrosionsstroms . . . . .	317
5.3.7.1	Faktoren . . . . .	317
5.3.7.2	Innerer Widerstand . . . . .	317
5.3.7.3	Polarisationsverhalten der Elektroden . . . . .	317
5.3.8	Wirkung von Korrosionselementen . . . . .	318
5.4	Beurteilung von Erderwerkstoffen im Hinblick auf Eigenkorrosion (DIN VDE 0151:1986-06, Abschnitt 3.1) . . . . .	322
5.4.1	Feuerverzinkter Stahl im Erdreich . . . . .	322
5.4.1.1	Allgemeines . . . . .	322
5.4.1.2	Einfluss der Bodenbelüftung . . . . .	322
5.4.1.3	Einfluss des pH-Werts . . . . .	323
5.4.1.4	Bedeutung für die Praxis . . . . .	324
5.4.2	Feuerverzinkter Stahl im Beton . . . . .	325
5.4.3	Schwarzer Stahl im Erdreich . . . . .	325
5.4.4	Schwarzer Stahl im Beton . . . . .	325
5.4.5	Stahl mit Bleiummantelung im Erdreich . . . . .	326
5.4.6	Kupfer mit Bleiummantelung im Erdreich . . . . .	326
5.4.7	Blei im Beton . . . . .	326
5.4.8	Blankes Kupfer . . . . .	327
5.4.9	Kupfer mit Zinn- oder Zinkauflage . . . . .	327
5.4.10	Stahl mit Kupferummantelung und Stahl elektrolytisch verkupfert . . . . .	327
5.4.11	Wetterfester Stahl . . . . .	327
5.4.12	Nicht rostender Stahl (Edelstahl) . . . . .	328
5.4.13	Aluminium . . . . .	328
5.4.14	Zusammenfassendes Ergebnis . . . . .	329
5.5	Über die richtige Auswahl von Erderwerkstoffen hinausgehende Korrosionsschutzmaßnahmen gegen Eigenkorrosion (DIN VDE 0151:1986-06, Abschnitt 4) . . . . .	330
5.5.1	Erdungseinführungen . . . . .	330
5.5.2	Ein- und Austrittstellen aus Beton oder Mauerwerk . . . . .	330
5.5.3	Verbindungen und Anschlüsse im Erdreich . . . . .	330
5.5.4	Verbindungen und Anschlüsse im Beton . . . . .	330
5.5.5	Vermeiden aggressiver Umgebung . . . . .	331
5.5.6	Einbau von Trennfunkstrecken . . . . .	331
5.5.7	Lokaler kathodischer Korrosionsschutz . . . . .	331
5.5.8	Umhüllungen aus Korrosionsschutzbinden und Schrumpfschläuchen als Korrosionsschutzmaterial . . . . .	331
5.5.8.1	Korrosionsschutzbinde . . . . .	331
5.5.8.2	Schrumpfschlauch . . . . .	332

5.5.9	Anordnung von Teilen aus Kupfer . . . . .	332
5.6	Zusammenschluss von Erdern verschiedener Werkstoffe im Hinblick auf Kontaktkorrosion . . . . .	333
5.6.1	Allgemeines . . . . .	333
5.6.2	Zusammenschluss von verzinktem Bandstahl im Beton (Fundamenterde aus verzinktem Bandstahl) mit verzinkten Erdern im Erdreich . . . . .	334
5.6.3	Zusammenschluss von schwarzem Stahl im Beton (Fundamenterde aus schwarzem Bandstahl, Bewehrung von Betonfundamenten) mit verzinkten Erdern im Erdreich . . . . .	335
5.6.4	Zusammenschluss von verzinktem Bandstahl im Beton (Fundamenterde aus verzinktem Bandstahl) mit der Bewehrung von Betonfundamenten (schwarzer Stahl) . . . . .	336
5.6.5	Zusammenschluss von schwarzem Bandstahl im Beton (Fundamenterde aus schwarzem Bandstahl) mit der Bewehrung von Betonfundamenten (schwarzer Stahl) . . . . .	337
5.6.6	Zusammenschluss von Kupfer im Erdreich mit verzinktem oder schwarzem Stahl im Beton (z. B. Fundamenterde, Bewehrung von Betonfundamenten) . . . . .	337
5.6.7	Zusammenschluss von Bleiummantelungen (z. B. Kupfer und Stahl mit Bleiummantelung) mit verzinktem und schwarzem Stahl im Erdreich . . . . .	338
5.7	Werkstoff und Mindestabmessungen von Erdern im Hinblick auf Korrosion . . . . .	339
5.8	Streustromkorrosion (DIN EN 50162 (VDE 0150):2005-05) . . . . .	342
5.9	Streustromschutzverfahren . . . . .	343
5.9.1	Allgemeines . . . . .	343
5.9.2	Streustromableitung (Drainage) . . . . .	343
5.9.2.1	Allgemeines . . . . .	343
5.9.2.2	Unmittelbare Streustromableitung . . . . .	344
5.9.2.3	Gerichtete Streustromableitung . . . . .	344
5.9.3	Streustromabsaugung (Soutirage) . . . . .	345
5.9.4	Fremdstromanlage . . . . .	345
5.9.5	Galvanische Anoden . . . . .	346
5.10	Literatur . . . . .	347
	<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>349</b>