

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	5
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	21
<b>2 Gesetze, Normen und Verträge</b> .....	23
2.1 Gesetze für die elektrische Ausrüstung von Maschinen .....	23
2.1.1 Relevante EU-Richtlinien .....	23
2.1.2 Anhänge der relevanten EU-Richtlinien .....	26
2.1.2.1 Anhang I der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG .....	27
2.1.2.2 Anhang I der Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU .....	48
2.1.2.3 Anhang I der EMV-Richtlinie 2014/30/EU .....	62
2.1.2.4 Zusammenfassung Richtlinien und Normen .....	69
2.2 Vermutungswirkung .....	69
2.3 Vom Gesetz zur Norm .....	75
2.4 Risikobeurteilung .....	82
2.4.1 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf .....	85
2.4.2 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zu Start-Warneinrichtungen ..	88
2.4.3 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zur Auswahl der Stopp-Kategorie .....	89
2.4.4 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zum Stopp-Befehl bei mehreren Bedienstationen .....	91
2.4.5 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zur Stopp-Kategorie bei Not-Halt .....	92
2.4.6 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zu Zweihandschaltungen ..	92
2.4.7 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zu kabellose Steuerungssystemen (CCS) .....	93
2.4.8 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zur Überwachung der Wirksamkeit eines kabellosen Steuerungssystems zur Steuerung der Maschine	94
2.4.9 Erwägungen bei der Risikobeurteilung bei Verwendung von mehreren kabellosen Steuerstellen .....	95
2.4.10 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zur Not-Halt-Rücksetzung ..	96
2.4.11 Erwägungen bei der Risikobeurteilung für Steuerfunktionen im Fehlerfall .....	97
2.4.12 Erwägungen bei der Risikobeurteilung bei einer Gefährdung durch heiße Oberflächen .....	99

2.4.13	Dokumentation des Ergebnisses der Risikobeurteilung . . . . .	100
2.5	Konformitätserklärungen für die elektrische Ausrüstung . . . . .	101
2.6	CE-Kennzeichnung . . . . .	102
2.7	Verordnung für die umweltgerechte Gestaltung von Käfigläufer-Induktionsmotoren. . . . .	102
2.8	Verordnung für Kleinleistungs-, Mittelleistungs- und Großtransformatoren . . . . .	104
2.9	Anerkannte Regeln der Technik. . . . .	106
2.10	Vertragliche Anforderungen. . . . .	108
<b>3</b>	<b>Begriffe und Abkürzungen . . . . .</b>	<b>113</b>
<b>4</b>	<b>Allgemeine Anforderungen . . . . .</b>	<b>117</b>
4.1	Allgemeines . . . . .	117
4.2	Auswahl der elektrischen Ausrüstung . . . . .	122
4.2.1	Allgemeines . . . . .	122
4.2.2	Schaltschrankkombinationen . . . . .	123
4.3	Stromversorgung . . . . .	124
4.3.1	Allgemeines . . . . .	124
4.3.2	Wechselstromversorgung. . . . .	126
4.3.3	Gleichstromversorgung . . . . .	130
4.3.4	Besondere Stromversorgungssysteme . . . . .	131
4.4	Physikalische Umgebungs- und Betriebsbedingungen . . . . .	132
4.4.1	Allgemeines . . . . .	132
4.4.2	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). . . . .	132
4.4.3	Umgebungstemperatur der Luft. . . . .	135
4.4.4	Luftfeuchte. . . . .	138
4.4.5	Höhenlage . . . . .	140
4.4.6	Verschmutzung. . . . .	142
4.4.7	Ionisierende und nicht ionisierende Strahlung. . . . .	142
4.4.8	Vibration, Schock und Stoß . . . . .	143
4.5	Transport und Lagerung. . . . .	144
4.6	Handhabungsvorrichtungen . . . . .	144
<b>5</b>	<b>Netzanschlussklemmen und Einrichtungen zum Trennen und Ausschalten . . . . .</b>	<b>145</b>
5.1	Netzanschlussklemmen . . . . .	145
5.2	Klemmen für den externen Schutzleiter. . . . .	159
5.3	Netztrenneinrichtung . . . . .	160
5.3.1	Arten von Schaltgeräten. . . . .	162

5.3.2	Zusätzliche Anforderungen an die Netztrenneinrichtung . . . . .	163
5.3.3	Bedienungsvorrichtung der Netztrenneinrichtung . . . . .	165
5.3.4	Ausgenommene Stromkreise . . . . .	169
5.4	Einrichtungen zur Unterbrechung der Energiezufuhr zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf . . . . .	172
5.5	Einrichtungen zum Trennen der elektrischen Ausrüstung . . . . .	174
5.6	Schutz vor unbefugten, unbeabsichtigten und/oder irrtümlichen Schließen . . . . .	176
<b>6</b>	<b>Schutz gegen elektrischen Schlag . . . . .</b>	<b>183</b>
6.1	Allgemeines . . . . .	184
6.2	Basisschutz . . . . .	185
6.2.1	Schutz durch Gehäuse . . . . .	187
6.2.2	Schutz durch Isolierung aktiver Teile . . . . .	191
6.2.3	Schutz gegen Restspannung . . . . .	192
6.2.4	Schutz durch Abdeckungen . . . . .	196
6.2.5	Schutz durch Abstand oder Hindernisse . . . . .	196
6.3	Fehlerschutz . . . . .	197
6.3.1	Allgemeines . . . . .	197
6.3.2	Maßnahmen, die das Auftreten einer (gefährlichen) Berührungsspannung verhindern . . . . .	200
6.3.2.1	Schutzklasse II . . . . .	201
6.3.2.2	Schutztrennung . . . . .	201
6.3.3	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung . . . . .	206
6.4	Schutz durch PELV . . . . .	213
6.4.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	214
6.4.2	Stromquellen für PELV . . . . .	216
<b>7</b>	<b>Schutz der Ausrüstung . . . . .</b>	<b>219</b>
7.1	Allgemeines . . . . .	219
7.2	Überstromschutz . . . . .	220
7.2.1	Allgemeines . . . . .	220
7.2.2	Netzanschlussleitung . . . . .	221
7.2.3	Hauptstromkreise . . . . .	222
7.2.4	Steuerstromkreise . . . . .	224
7.2.5	Steckdosenstromkreise und ihre zugehörigen Leiter . . . . .	227
7.2.6	Beleuchtungsstromkreise . . . . .	227
7.2.7	Transformatoren . . . . .	228
7.2.8	Anordnung von Überstromschutzeinrichtungen . . . . .	228
7.2.9	Überstromschutzeinrichtungen . . . . .	233

7.2.10	Bemessungs- und Einstellwerte der Überstromschutzeinrichtungen .	235
7.3	Schutz von Motoren gegen Überhitzung . . . . .	237
7.3.1	Allgemeines . . . . .	239
7.3.2	Überlastschutz . . . . .	241
7.3.3	Übertemperaturschutz . . . . .	243
7.4	Schutz gegen anormale Temperaturen . . . . .	244
7.5	Schutz gegen Folgen bei Unterbrechung der Stromversorgung oder Spannungseinbruch und Spannungswiederkehr. . . . .	245
7.6	Motorüberdrehzahlschutz. . . . .	247
7.7	Zusätzlicher Erdschluss-/Fehlerstromschutz . . . . .	249
7.8	Drehfeldüberwachung . . . . .	253
7.9	Schutz gegen Überspannung durch Blitzschlag und durch Schalthandlungen . . . . .	253
7.10	Bemessungskurzschlussstrom . . . . .	256
<b>8</b>	<b>(Schutz-)Potentialausgleich . . . . .</b>	<b>259</b>
8.1	Allgemeines . . . . .	259
8.2	Schutzleitersystem . . . . .	265
8.2.1	Schutzleiter. . . . .	266
8.2.2	Durchgängigkeit des Schutzleitersystems . . . . .	275
8.2.3	Schutzleiteranschlusspunkte . . . . .	278
8.2.4	Fahrbare Maschinen. . . . .	279
8.2.5	Zusätzliche Anforderungen an die elektrische Ausrüstung mit Erdableitströmen größer 10 mA. . . . .	279
8.3	Maßnahmen zur Reduzierung hoher Ableitströme . . . . .	285
8.4	Funktionspotentialausgleich. . . . .	287
<b>9</b>	<b>Steuerstromkreise und Steuerfunktionen . . . . .</b>	<b>291</b>
9.1	Steuerstromkreise. . . . .	291
9.1.1	Stromversorgungen von Steuerstromkreisen . . . . .	291
9.1.2	Steuerspannung . . . . .	293
9.1.3	Schutz. . . . .	300
9.2	Steuerfunktionen . . . . .	303
9.2.1	Allgemeines . . . . .	303
9.2.2	Kategorien der Stoppfunktionen . . . . .	303
9.2.3	Betrieb . . . . .	307
9.2.3.1	Allgemeines . . . . .	307
9.2.3.2	Start . . . . .	307
9.2.3.3	Stopp . . . . .	308
9.2.3.4	Handlungen im Notfall (Not-Halt, Not-Aus). . . . .	311

9.2.3.4.1	Allgemeines . . . . .	312
9.2.3.4.2	Not-Halt . . . . .	314
9.2.3.4.3	Not-Aus . . . . .	315
9.2.3.5	Betriebsarten . . . . .	318
9.2.3.6	Überwachung von Befehlshandlungen . . . . .	320
9.2.3.7	Befehlseinrichtungen mit selbsttätiger Rückstellung. . . . .	320
9.2.3.8	Zweihandschaltung . . . . .	321
9.2.3.9	Zustimmungsfunktion . . . . .	322
9.2.3.10	Kombinierte Start-Stopp-Steuerung. . . . .	323
9.2.4	Kabellose Steuerungen (CCS) . . . . .	323
9.2.4.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	323
9.2.4.2	Überwachung der Wirksamkeit eines kabellosen Steuerungssystems zur Steuerung einer Maschine . . . . .	325
9.2.4.3	Grenzen der Steuerung. . . . .	326
9.2.4.4	Verwendung von mehreren kabellosen Steuerstellen. . . . .	326
9.2.4.5	Tragbare kabellose Steuerstellen . . . . .	327
9.2.4.6	Absichtliche Deaktivierung kabelloser Steuerstellen . . . . .	327
9.2.4.7	Not-Halt-Geräte an tragbaren kabellosen Steuerstellen. . . . .	328
9.2.4.8	Not-Halt: Rücksetzung. . . . .	329
9.3	Schutzverriegelungen. . . . .	330
9.3.1	Schließen oder Zurücksetzen einer verriegelten Schutzeinrichtung . . . . .	330
9.3.2	Überschreiten von Betriebsgrenzen . . . . .	332
9.3.3	Betrieb von Hilfsfunktionen. . . . .	334
9.3.4	Verriegelung zwischen verschiedenen Funktionen und für gegenläufige Bewegungen . . . . .	335
9.3.5	Gegenstrombremsung . . . . .	336
9.3.6	Aufhebung von Sicherheitsfunktionen und/oder Schutzmaßnahmen . . . . .	336
9.4	Steuerfunktionen im Fehlerfall . . . . .	337
9.4.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	337
9.4.2	Maßnahmen zur Risikoverminderung im Fehlerfall . . . . .	340
9.4.2.1	Allgemeines . . . . .	340
9.4.2.2	Verwendung von erprobten Techniken und Bauteilen . . . . .	341
9.4.2.3	Teilweise oder vollständige Ausführung . . . . .	341
9.4.2.4	Diversitäre Ausführung . . . . .	343
9.4.2.5	Vorkehrungen für Funktionsprüfungen . . . . .	344
9.4.3	Schutz gegen Fehlfunktionen von Steuerstromkreisen . . . . .	345
9.4.3.1	Isolationsfehler. . . . .	345
9.4.3.1.1	Allgemeines . . . . .	345
9.4.3.2	Spannungsunterbrechungen . . . . .	357
9.4.3.3	Verlust der Durchgängigkeit eines Stromkreises. . . . .	357

<b>10</b>	<b>Bedienerschnittstellen und an der Maschine befestigte Steuergeräte</b> . . . . .	359
10.1	Allgemeines . . . . .	359
10.1.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	359
10.1.2	Anordnung und Montage . . . . .	360
10.1.3	Schutzart. . . . .	362
10.1.4	Positionssensoren. . . . .	362
10.1.5	Tragbare und herabhängende Bedienstationen . . . . .	364
10.2	Bedienteile . . . . .	364
10.2.1	Farben. . . . .	365
10.2.2	Kennzeichnung. . . . .	366
10.3	Anzeigeleuchten und Anzeigen . . . . .	368
10.3.1	Allgemeines . . . . .	368
10.3.2	Farben. . . . .	370
10.3.3	Blinkende Leuchten und Anzeigen . . . . .	371
10.4	Leuchtdrucktaster. . . . .	372
10.5	Drehbare Bedienelemente . . . . .	373
10.6	Starteinrichtungen . . . . .	373
10.7	Geräte für Not-Halt . . . . .	374
10.7.1	Anordnung der Geräte für Not-Halt. . . . .	374
10.7.2	Arten von Not-Halt-Geräten . . . . .	375
10.7.3	Betätigung der Netztrenneinrichtung, um Not-Halt zu bewirken . . . . .	377
10.8	Geräte für Not-Aus. . . . .	378
10.8.1	Anordnung der Geräte für Not-Aus . . . . .	378
10.8.2	Arten von Not-Aus-Befehlsgeräten . . . . .	380
10.8.3	Betätigung der Netztrenneinrichtung vor Ort, um Not-Aus zu bewirken. . . . .	380
10.9	Zustimmeinrichtungen . . . . .	381
<b>11</b>	<b>Schaltgeräte: Anordnung, Befestigung und Gehäuse</b> . . . . .	383
11.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	384
11.2	Anordnung und Befestigung . . . . .	386
11.2.1	Zugänglichkeit und Instandhaltung . . . . .	386
11.2.2	Räumliche Trennung oder Gruppierung . . . . .	391
11.2.3	Wärmeentwicklung . . . . .	395
11.3	Schutzart. . . . .	397
11.4	Gehäuse, Türen und Öffnungen . . . . .	401
11.5	Zugang zur elektrischen Ausrüstung . . . . .	403

---

<b>12</b>	<b>Leiter, Kabel und Leitungen</b> . . . . .	415
12.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	416
12.2	Leiter . . . . .	418
12.3	Isolierung . . . . .	420
12.4	Strombelastbarkeit im Normalbetrieb . . . . .	421
12.5	Spannungsfall bei Leitern und Leitungen . . . . .	423
12.6	Flexible Leitungen . . . . .	426
12.6.1	Allgemeines . . . . .	426
12.6.2	Mechanische Bemessung . . . . .	428
12.6.3	Strombelastbarkeit von aufgetrommelten Leitungen . . . . .	428
12.7	Schleifleitungen, Stromschienen und Schleifringkörper . . . . .	431
12.7.1	Basisschutz . . . . .	433
12.7.2	Schutzleiter . . . . .	434
12.7.3	Schutzleiterstromabnehmer . . . . .	435
12.7.4	Abklappbare Stromabnehmer mit Trennfunktion . . . . .	435
12.7.5	Luftstrecken . . . . .	436
12.7.6	Kriechstrecken . . . . .	436
12.7.7	Schleifleitungsabschnitte . . . . .	437
12.7.8	Konstruktion und Errichtung von Schleifleitungen, Stromschienensystemen und Schleifringanlagen . . . . .	439
<b>13</b>	<b>Verdrahtungstechnik</b> . . . . .	441
13.1	Anschlüsse und Verlauf . . . . .	441
13.1.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	441
13.1.2	Trassen für Leiter und Leitungen . . . . .	445
13.1.3	Leiter von verschiedenen Stromkreisen . . . . .	446
13.1.4	Wechselstromkreise – elektromagnetischer Effekt (Vermeidung von Wirbelströmen) . . . . .	447
13.1.5	Verbindungen zwischen dem Aufnehmer und dem Umrichter des Aufnehmers eines induktiven Energieübertragungssystems . . . . .	447
13.2	Identifizierung von Leitern . . . . .	449
13.2.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	449
13.2.2	Identifizierung des Schutzleiters . . . . .	451
13.2.3	Identifizierung des Neutralleiters . . . . .	452
13.2.4	Identifizierung durch Farbe . . . . .	454
13.3	Verdrahtung innerhalb von Gehäusen . . . . .	455
13.4	Verdrahtung außerhalb von Gehäusen . . . . .	457
13.4.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	457
13.4.2	Äußere Leitungskanäle . . . . .	458
13.4.3	Verbindungen zu beweglichen Maschinenteilen . . . . .	459

13.4.4	Verbindung zwischen Betriebsmitteln an der Maschine . . . . .	463
13.4.5	Stecker-/Steckdosenkombinationen . . . . .	463
13.4.6	Demontage für den Versand . . . . .	466
13.4.7	Zusätzliche Leiter. . . . .	466
13.5	Elektroinstallationskanäle, Klemmenkästen und andere Gehäuse. . .	467
13.5.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	467
13.5.2	Starre metallene Elektroinstallationsrohre und deren Befestigung . .	469
13.5.3	Flexible metallene Elektroinstallationsrohre und deren Befestigungen. . . . .	470
13.5.4	Zu öffnende Elektroinstallationskanäle . . . . .	470
13.5.5	Einbauräume in Maschinen und zu öffnenden Elektroinstallationskanälen . . . . .	472
13.5.6	Klemmenkästen und andere Gehäuse . . . . .	472
13.5.7	Motoranschlusskästen . . . . .	472
<b>14</b>	<b>Elektromotoren und zugehörige Ausrüstung . . . . .</b>	<b>475</b>
14.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	475
14.2	Motorgehäuse. . . . .	476
14.3	Motorabmessungen . . . . .	477
14.4	Motorenanordnung und -einbauräume. . . . .	477
14.5	Kriterien für die Motorauswahl . . . . .	479
14.6	Schutzgeräte für mechanische Bremsen . . . . .	480
<b>15</b>	<b>Steckdosen und Beleuchtung. . . . .</b>	<b>481</b>
15.1	Steckdosen für Zubehör . . . . .	481
15.2	Arbeitsplatzbeleuchtung an der Maschine und deren Ausrüstung. . .	484
15.2.1	Allgemeines . . . . .	484
15.2.2	Stromversorgung . . . . .	485
15.2.3	Fehlerschutz . . . . .	489
15.2.4	Befestigungen. . . . .	489
<b>16</b>	<b>Kennzeichnung, Warnschilder und Referenzkennzeichen. . . . .</b>	<b>491</b>
16.1	Allgemeines . . . . .	491
16.2	Warnschilder . . . . .	492
16.2.1	Gefährdung durch elektrischen Schlag . . . . .	492
16.2.2	Gefährdung durch heiße Oberflächen . . . . .	494
16.3	Funktionskennzeichen . . . . .	496
16.4	Kennzeichnung von Gehäusen der elektrischen Ausrüstung. . . . .	497
16.5	Referenzkennzeichen . . . . .	499



<b>17</b>	<b>Technische Dokumentation</b> .....	509
<b>18</b>	<b>Prüfungen</b> .....	515
18.1	Allgemeines .....	519
18.2	Überprüfung der Bedingungen zum Schutz durch automatische Abschaltung .....	520
18.2.1	Allgemeines .....	520
18.2.2	Prüfung 1 – Überprüfung der Durchgängigkeit der Schutzleiterstromkreise .....	521
18.2.3	Prüfung 2 – Überprüfung der Fehlerschleifenimpedanz und der Eignung der zugeordneten Überstromschutzeinrichtung. ....	523
18.2.4	Anwendung der Prüfmethode für TN-Systeme .....	528
18.3	Isolationswiderstandsprüfung .....	532
18.4	Spannungsprüfung .....	533
18.5	Schutz gegen Restspannung. ....	535
18.6	Funktionsprüfung. ....	536
18.7	Nachprüfungen. ....	537
	<b>Anhänge</b> .....	539
	<b>Anhang A (normativ)</b>	
	<b>Fehlerschutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung.</b> ....	540
A.1.1	Allgemeines .....	541
A.1.2	Bedingungen für den Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung mit Überstromschutzeinrichtung. ....	542
A.1.3	Bedingungen für den Schutz durch Reduzierung der Berührungsspannung unter AC 50 V. ....	545
A.1.4	Überprüfung der Bedingungen zum Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung. ....	546
A.1.4.1	Allgemeines .....	546
A.1.5	Messung der Fehlerschleifenimpedanz .....	549
A.2	Fehlerschutz in TT-Systemen. ....	550
A.2.1	Verbindung mit Erde .....	550
A.2.2	Fehlerschutz für TT-Systeme .....	551
A.2.2.1	Allgemeines .....	551
A.2.2.2	Schutz durch Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) .....	552
A.2.2.3	Schutz durch Überstromschutzeinrichtungen .....	554
A.2.3	Überprüfung des Schutzes durch automatische Abschaltung der Stromversorgung mit einer Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) . . .	554
A.2.4	Messung der Fehlerschleifenimpedanz $Z_S$ .....	554

**Anhang B (informativ)**

**Fragebogen für die elektrische Ausrüstung von Maschinen** ..... 555

**Anhang C (informativ)**

**Beispiele von Maschinen, die durch diesen Teil der DIN EN 60204-1**

**(VDE 0113-1) abgedeckt sind** ..... 559

**Anhang D (informativ)**

**Strombelastbarkeit und Überstromschutz für Leiter und Leitungen**

**in der elektrischen Ausrüstung von Maschinen** ..... 560

D.1 Allgemeines ..... 560

D.2 Allgemeine Betriebsbedingungen ..... 560

D.2.1 Umgebungsbedingungen der Luft ..... 560

D.2.2 Verlegearten ..... 561

D.2.3 Häufung von Leitungen ..... 562

D.2.4 Einstufung der Leiter ..... 563

D.3 Koordinierung zwischen Leitern und Überstromschutzeinrichtungen 564

D.4 Überstromschutz für Leiter ..... 565

D.5 Einfluss von Oberschwingungen in 3-Phasen-Systemen. .... 566

**Anhang E (informativ)**

**Erläuterungen der Funktionen für Handlungen im Notfall** ..... 568

**Anhang F (informativ)**

**Anleitung zur Anwendung dieses Teils der DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1)** 569

**Anhang G (informativ)**

**Vergleich typischer Leiterquerschnitte** ..... 573

**Anhang H (informativ)**

**Maßnahmen zur Reduzierung der elektromagnetischen Einflüsse.** ..... 574

H.3 Reduzierung elektromagnetischer Einflüsse (EMI). .... 576

H.3.1 Allgemeines ..... 576

H.3.2 Maßnahmen zur Reduzierung elektromagnetischer Einflüsse (EMI) . 576

H.4 Trennung und Abschirmung von Leitungen ..... 577

**Anhang I (informativ)**

**Dokumentation/Informationen.** ..... 582

<b>Anhang ZZA (informativ)</b>	
<b>Zusammenhang mit den grundlegenden Anforderungen der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG .....</b>	<b>596</b>
<b>Anhang ZZB (informativ)</b>	
<b>Zusammenhang mit den grundlegenden Anforderungen der Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU.....</b>	<b>600</b>
<b>Literatur .....</b>	<b>605</b>
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>617</b>