

Vogel Fachbuch

Boy / Dunkhase

Elektro- Installationstechnik

Die Meisterprüfung



VOGEL

Hans-Günter Boy/Uwe Dunkhase
Elektro-Installationstechnik

Die Meisterprüfung

Elektro-Installationstechnik

Dipl.-Ing. Hans-Günter Boy

Dipl.-Ing. Uwe Dunkhase

13., neu bearbeitete und erweiterte Auflage

Vogel Buchverlag

Weitere Autoren dieses Bandes:

Dipl.-Ing. Johann Barth

Dipl.-Ing. Rainer Holtz

Dipl.-Ing. Johannes Meyer

Dipl.-Ing. Detlev Pertermann

Dipl.-Ing. Reinhard Soboll

Dipl.-Ing. Thomas Wübbe

Weitere Informationen:
www.vogel-buchverlag.de

ISBN 978-3-8343-3187-8

13. Auflage. 2011

Alle Rechte, auch der Übersetzung, vorbehalten.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Hiervon sind die in §§ 53,54 UrhG ausdrücklich genannten Ausnahmefälle nicht berührt.

Printed in Germany

Copyright 1977

by Vogel Business Media GmbH & Co. KG, Würzburg

Vorwort

Dieses Buch erscheint in der Fachbuchgruppe *Die Meisterprüfung*. Der Band *Elektro-Installations-technik* enthält die Beschreibung, Planung und Installation elektrischer Anlagen. Schwerpunkte bilden die elektrotechnischen Normen, für deren Umsetzung in der täglichen Praxis gerade der/die Elektrotechniker-Meister/in sowohl im Handwerks- als auch im Industriebetrieb die Verantwortung trägt. Ausführlich werden die Maßnahmen zum *Schutz gegen elektrischen Schlag* und die *Installationsbestimmungen* für eine Vielzahl von elektrischen Anlagen dargestellt. Die Themenkreise *Mittelspannungsanlagen*, *Gebäudesystemtechnik*, *Blitzschutz*, *Fernmelde- und Antennenanlagen*, *Praktische Installationstechnik* und *Projektplanungsbeispiele* runden den Inhalt ab.

Das Buch ist als *Nachschlagewerk* für den in der Praxis stehenden Elektrofachmann vorzüglich geeignet; im Stichwortverzeichnis kann der Leser leicht einzelne Themen aufsuchen. Besondere Bedeutung hat der Band bei der Ausbildung zur *Meisterprüfung*.

Da zu dieser Buchreihe der Band *Mathematische und elektrotechnische Grundlagen* gehört, wurden die grundlegenden Kenntnisse auf diesen Gebieten bei den Lesern vorausgesetzt. Hierzu zählen der Umgang mit mathematischen Formeln, das magnetische und das elektrische Feld, die Grundgesetze der Gleichstrom- und Wechselstromtechnik und die grundlegenden Zusammenhänge der Drehstromtechnik. Die mit diesem Buch erreichbaren Lernziele entsprechen den Anforderungen, die der *Zentralverband der Deutschen Elektrohandwerke für die Meisterprüfung im Elektrotechniker-Handwerk* festgelegt hat.

Die heutige Form der Buchreihe ist das Ergebnis ständiger Erprobungen mit Meisterschülern des *Bundestechnologiezentrums für Elektro- und Informationstechnik e.V.* in Oldenburg und bringt die umfangreichen Erfahrungen der Autoren während ihrer Tätigkeit im Handwerk und in der Industrie zum Ausdruck. Die übersichtliche Gliederung der Fachthemen erleichtert dem Leser das Einarbeiten. Beispiele tragen zum besseren Verständnis der Fachprobleme bei.

Für dieses Buch besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit.
Eine Haftung kann nicht übernommen werden.
Maßgebend sind in jedem Falle die gültigen anerkannten Regeln der Technik.

Zur 13. Auflage

Der Inhalt dieser Neuauflage wurde durch eine umfassende Überarbeitung auf den aktuellen Stand der Technik gebracht.

Oldenburg und Würzburg

Verfasser und Verlag

In der Fachbuchreihe "Die Meisterprüfung in der Elektrotechnik" sind bisher erschienen:

Behrends:	Elektrische Maschinen
Behrends / Wessels:	Formeln und Tabellen Elektrotechnik
Böttle / Boy / Clausing:	Elektrische Mess- und Regelungstechnik
Böttle / Friedrichs:	Mathematische und elektrotechnische Grundlagen
Boy / Bruckert / Wessels:	Elektrische Steuerungs- und Antriebstechnik
Boy / Dunkhase:	Elektro-Installationstechnik
Dugge / Eißner:	Grundlagen der Elektronik
Folkerts / Baade:	Hausgeräte-, Beleuchtungs- und Klimatechnik
Janssen / Soboll / Böttle / Friedrichs:	Aufgaben und Lösungen Elektrotechnik
Siegismund:	Werkstoffkunde
Wübbe:	Telekommunikation

Folgende Lern-CDs des bfe Oldenburg sind bisher im Vogel Buchverlag erschienen:

Beleuchtungstechnik
Brennstoffzellen
Datennetzwerktechnik
Drehstromtechnik
EIB/KNX-Installationsbus
Elektrische Anlagen, Schutzmaßnahmen
Elektro-Installationstechnik
Elektronik 1
Elektronik 2
Grundlagen der Elektrotechnik 1
Grundlagen der Elektrotechnik 2
Grundlagen der Elektrotechnik 3
Grundlagen der Elektrotechnik 4
Grundlagen der technischen Mathematik
IT-Sicherheit
Leistungselektronik
Messtechnik
Regelungstechnik
SPS Einführung in speicherprogrammierbare Steuerungen
Steuerungstechnik mit Schaltungssimulator
Wechselstromtechnik

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Elektrotechnische Normung	19
1.1 Rechtliche Grundlagen und Bestimmungen	19
1.2 Prüfzeichen	20
1.2.1 Prüfzeichen des VDE	20
1.2.2 CE-Kennzeichnung	22
1.3 VDE-Bestimmungen für die Elektroinstallation (Auswahl)	22
1.4 Die wichtigsten Begriffe zu den VDE-Bestimmungen	23
2 Schutzmaßnahmen und ihre Prüfung	25
2.1 Allgemeines	25
2.1.1 Gefährdung von Gesundheit und Leben	25
2.1.2 Brandgefahr	26
2.2 Schutz gegen elektrischen Schlag	27
2.3 Schutz durch automatische Abschaltung	27
2.3.1 Basisschutz	28
<i>Basisisolierung, Abdeckungen oder Umhüllungen, Schutzarten, Hindernisse und Anordnung außerhalb des Handbereichs</i>	
2.3.2 Fehlerschutz	29
<i>Schutzerdung, Schutzpotentialausgleich über die Haupterdungsschiene, Automatische Abschaltung im Fehlerfall</i>	
2.3.3 Zusätzlicher Schutz	30
2.3.4 Netzformen	30
<i>Schutzeinrichtungen, Schutzleiter und PEN-Leiter, Schutzmaßnahmen im TN-System, Außenleitererdschluss, Körperschluss, Schutzmaßnahmen im TT-System, Schutzmaßnahmen im IT-System</i>	
2.4 Funktionskleinspannung FELV	46
2.5 Doppelte oder verstärkte Isolierung	47
2.6 Schutztrennung	49
2.6.1 Schutztrennung mit nur einem Verbraucher	49
2.6.2 Schutztrennung mit mehr als einem Verbraucher	50
2.7 Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV	51
2.8 Prüfung der Schutzmaßnahmen	53
2.8.1 Besichtigung	53
2.8.2 Erprobung und Messung	53
2.8.3 Isolationswiderstandsmessung	56
2.8.4 Standortwiderstandsmessung	58

2.8.5	Schleifenwiderstandsmessung	58
2.8.6	Prüfung von Netzen mit Fehlerstromschutzschalter	61
2.8.7	Erdungswiderstandsmessung	62
2.8.8	Prüfbericht	66
2.9	Geräteprüfung und Messung nach DIN VDE 0701-0702	69
2.10	Wiederkehrende Prüfungen (DIN VDE 0105-100, BGV A3)	74
3	Niederspannungserdungsanlagen und Schutzpotentialausgleich	75
3.1	Erdungsanlagen	75
3.1.1	Allgemeines	75
3.1.2	Oberflächenerder	75
3.1.3	Tiefenerder (Stab- und Plattenerder)	76
3.1.4	Fundamenterder (DIN 18 014)	77
3.1.5	Erdungsleitungen	78
3.1.6	Bestimmung des Erdungswiderstandes	79
3.2	Schutzpotentialausgleich	79
4	Bemessungen von Leitungen und Kabeln	
	(DIN VDE 0100-520 und 430)	81
4.1	Kriterien der Bemessung von Leitungen und Kabeln	81
4.2	Mechanische Festigkeit	81
4.3	Spannungsfall	82
4.4	Strombelastbarkeit von isolierten Leitungen und nicht im Erdreich verlegten Kabeln	85
4.5	Schutz von Leitungen und Kabeln gegen zu hohe Erwärmung	89
4.5.1	Schutz bei Überlast	89
4.5.2	Anordnung der Schutzorgane	91
4.5.3	Schutz bei Kurzschluss	91
4.5.4	Koordinierung von Überlast- und Kurzschlusschutz	96
5	Leitungen und Kabel	97
5.1	Allgemeines	97
5.2	Bedeutung der Kurzzeichen	97
5.2.1	Buchstabenkurzzeichen (DIN VDE 0250)	98
5.2.2	Buchstabenkurzzeichen für harmonisierte Leitungen	100
5.3	Aderkennzeichnung	101
5.4	Aderaufbau	102
5.5	Kunststoffaderleitungen	103
5.6	Signalleitungen	104
5.7	Leitungen für feste Verlegung	104
5.8	Flexible Leitungen	106
5.9	Niederspannungskabel	107
5.10	Mittelspannungskabel	108
5.11	Freileitungen	110
5.11.1	Stahl-Aluminium-Seile (Al/St)	111
5.11.2	Aldreyseile (E-AlMgSi)	111

6	Energieerzeugung und -verteilung	113
6.1	Kraftwerke	113
6.1.1	Wärmekraftwerke	114
6.1.2	Erneuerbare Energien	116
6.2	Energieverteilung	120
6.2.1	Netzstrukturen	120
6.2.2	Höchstspannungsnetze (HöS)	120
6.2.3	Hochspannungsnetze (HS)	120
6.2.4	Mittelspannungsnetze (MS)	121
6.2.5	Niederspannungsnetze (NS)	121
6.3	Errichtung von Mittelspannungsanlagen	122
6.3.1	Umspannstationen	123
	<i>Mast-Umspannstationen, Gitter- und Betonmast-Umspannstationen, Gekapselte fabrikfertige Stationen</i>	
6.3.2	Mittelspannungs-Schaltanlagen	126
	<i>Metallgekapselte luftisolierte Schaltzellen, Gasisolierte Technik, Gebäudeanforderungen</i>	
6.4	Mittelspannungs-Schaltgeräte	129
6.4.1	Mittelspannungs-Trennschalter	129
6.4.2	Mittelspannungs-Lastschalter	130
6.4.3	Mittelspannungs-Leistungsschalter	131
	<i>Ölarme Mittelspannungs-Strömungsleistungsschalter, Mittelspannungs-Vakuumleistungsschalter, I_s-Begrenzer, Hochspannungssicherungen</i>	
6.5	Schutzeinrichtungen	139
6.5.1	Überstromzeitschutz	140
6.5.2	Distanzschutz	141
6.5.3	Differentialschutz	142
6.5.4	Kurzunterbrechung	142
6.5.5	Erdschlusschutz	143
6.5.6	Integrierte Leittechnik	143
6.5.7	Schutz von Leistungstransformatoren	143
	<i>Buchholzschutz, Differentialschutz für Transformatoren, Überstromzeitschutz für Transformatoren, Thermoschutz, Sicherheitsauswahl für Transformatoren</i>	
6.6	Sekundärtechnik	148
6.6.1	Stromwandler	149
6.6.2	Spannungswandler	149
6.6.3	Schaltpläne zum Anschluss der Messgeräte	150
6.7	Sammelschienenanlagen in Schaltanlagen	151
6.7.1	Wahl und Anordnung der Sammelschienen	151
6.7.2	Isolatoren und Leitungsträger	152
6.7.3	Durchführungsisolatoren	153
6.8	Schutzmaßnahmen in Mittelspannungsanlagen	153
6.8.1	Schutz gegen direktes Berühren	154
6.8.2	Schutz bei indirektem Berühren	155
6.8.3	Erdungsmaßnahmen	157

6.8.4	Gemeinsame Erdungsanlagen	157
6.8.5	Überspannungsschutz bei Blitzeinschlägen	158
6.9	Mittelspannungs-Erdkabelanlagen	159
6.9.1	Allgemeines	159
6.9.2	Mittelspannungs-Kabelgarnituren <i>Verbindungs- und Abzweiggarituren für kunststoffisolierte Kabel, Erdkabelendverschlüsse für Innenräume und Freiluft</i>	
6.9.3	Verlegung von Erdkabeln	161
	<i>Transport von Erdkabeln, Verlegung von Erdkabeln in Gräben, Verlegung von Erdkabeln in Kabelkanälen und in Räumen</i>	
7	Niederspannungs-Verteilungsnetz	165
7.1	Niederspannungs-Freileitungsanlagen	165
7.1.1	Allgemeines	165
7.1.2	Dachständerstützpunkte	165
7.1.3	Maststützpunkte	167
7.1.4	Freileitungsseile	171
7.1.5	Isolatoren und Verbinder	172
7.1.6	Überspannungsschutz in Freileitungsanlagen	175
7.1.7	Abstände bei Freileitungen und offen verlegten Leitungen im Freien (DIN VDE 0211)	177
7.2	Niederspannungs-Erdkabelanlagen	178
7.2.1	Allgemeines	178
7.2.2	Erdkabelzubehör	179
7.2.3	Mindestabstände bei der Niederspannungs-Erdkabelverlegung	179
7.2.4	Erdkabel-Verteilungsnetz	180
8	Niederspannungs-Verbraucheranlagen	183
8.1	Hausanschluss	183
8.1.1	Hauseinführungen	183
8.1.2	Hausanschlussbereiche	183
8.1.3	Hauptleitungen	184
8.1.4	Hauptstromversorgungssysteme	186
8.1.5	Bemessungsgrundlagen	186
8.1.6	Selektiver Hauptleitungsschutzschalter	187
8.1.7	Kurzschlussfestigkeit	188
8.2	Niederspannungsverteiler	189
8.2.1	Verteilerarten	189
8.2.2	Zählerverteiler	189
8.2.3	Sicherungsverteiler	191
	<i>Aufputzverteiler; Unterputzverteiler</i>	
8.2.4	Baustromverteiler (DIN VDE 0660-501)	192
8.2.5	Campingstromverteiler (DIN VDE 0660)	194
8.2.6	Gekapselte Verteiler	195
8.2.7	Schienen- oder Linienverteiler	195
8.3	Blindleistungskompensation	197
8.3.1	Allgemeines	197

8.3.2	Aufbau eines Blindleistungskondensators	197
8.3.3	Blindleistungskompensationsschaltungen	198
	<i>Einzelkompensation, Gruppenkompensation, Zentralkompensation</i>	
8.4	Ersatzstromversorgungsanlagen (DIN VDE 0100-551)	201
8.4.1	Mobile Ersatzstromversorgungsanlagen	202
8.4.2	Stationäre Ersatzstromversorgungsanlagen	202
	<i>Rotierende Ersatzstromversorgung, Netzumschaltung, Statische Ersatzstromversorgung, Schutzmaßnahmen, Aufstellen und Warten von Ersatzstromerzeugern</i>	
8.5	Blitzschutz	205
8.5.1	Allgemeines	206
	<i>Entstehung des Gewitters, Blitzschlag, Folgen bei Blitzeinschlag</i>	
8.5.2	Schutz von baulichen Anlagen und Personen	207
	<i>Auswahl der Schutzklasse, Äußerer Blitzschutz, Fangeinrichtungen, Ableitungsanlage, Erdungsanlage</i>	
8.5.3	Innerer Blitzschutz	211
	<i>Blitzschutz-Potentialausgleich, Trennungsabstand und Näherung, Einsatz von Überspannungsschutzgeräten</i>	
8.5.4	Prüfungen von Blitzschutzsystemen	216
9	Telekommunikations-, Rundfunk- und Kommunikationsnetze	217
9.1	Fernmeldeanlagen	217
9.1.1	Allgemeines	217
9.1.2	Bestimmungen, Normen	217
9.1.3	Leitungsinstallation	218
9.1.4	Leerrohrnetz	218
	<i>Allgemeiner Aufbau des Leerrohrnetzes, Regeln für den Einbau des Leerrohrnetzes, Einbaubeispiele für Rohrnetze</i>	
9.1.5	Leitungen und Kabel für Fernmeldeanlagen	224
9.1.6	Telekommunikationseinrichtungen	229
	<i>Allgemeine Festlegungen und analoge Anschluss technik, Übertragungstechnik im ISDN, NTBA, Netzabschlussgerät am Basisanschluss, IAE/UAE-Anschluss technik, ISDN-Leitungsinstallationen</i>	
9.1.7	Signal- und einfache Sprechanlagen	240
	<i>Klingel- und Summeranlagen, Türöffneranlagen, Sprechanlagen</i>	
9.1.8	Lichtrufanlagen	244
9.2	Empfangsanlagen	246
9.2.1	Analoge / Digitale Übertragung	247
9.3	DVB-T-Empfangsanlagen	247
9.3.1	Aufbau von DVB-T-Empfangsanlagen	248
9.4	Satellitenempfangsanlagen: analog und digital (DVB-S)	250
9.4.1	Empfangsanlagen für Satellitensignale	250
9.4.2	Offsetantenne (Parabolantenne)	250
9.4.3	LNB bzw. LNC	252
9.4.4	LNB-Ausführungen	253
9.4.5	Azimutwinkel	255
9.4.6	Elevationswinkel	255

9.4.7	SAT-Anlagenaufbau	256
	<i>Signalverteilung, Multischaltervariante, DiSEqC – universelle Kommandosprache für SAT-Anlagen</i>	
9.5	Installation von Verteilanlagen	259
9.5.1	Normen und Vorschriften für Empfangs- und Verteilanlagen	259
9.6	Messungen in Antennenanlagen	261
9.6.1	Pegeldifferenz (Pegelschräglage)	261
9.6.2	Signal-Rauschabstand (C/N)	262
9.6.3	Qualitätskriterien und Messungen bei Digital-TV	262
9.6.4	Messung der Bitfehlerrate	262
9.6.5	Messung der Modulationsfehlerrate	262
9.6.6	Antennenstandrohre	263
9.6.7	Windlastberechnung	264
9.7	Erdung und Blitzschutz von Antennensystemen	265
9.7.1	Gebäude ohne Blitzschutzanlage, Antennenerdungsanlage	266
9.7.2	Potentialausgleich für Antennenanlagen	268
9.7.3	Erdungsanlage	269
9.8	BK-Anlagen	270
9.8.1	Breitbandkommunikationsnetz, BK-Netz, Kabelnetz	270
9.8.2	BK-Frequenzbereiche	272
9.8.3	Fernsehen über Kabel	273
9.8.4	Rückwegfähige BK-Netzebene 4	273
9.8.5	Komponenten der Netzebene 4 (NE4)	273
9.8.6	Hausanschlussverstärker HAV	273
9.8.7	Potentialausgleich PA	274
9.9	Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen	275
9.9.1	Triple Play	275
9.9.2	Internetdienste und Anwendungen	275
9.9.3	Bedeutung von Triple Play	276
9.9.4	Allgemeine Anforderungen in den Normen	277
9.9.5	Zentrale Verteilung der Dienste	279
9.9.6	Triple Play und Smart Metering	279
9.10	Strukturierte Verkabelung	280
9.10.1	Empfehlungen für Leiterlängen	282
9.10.2	Klassen und Kategorien	283
10	Gebäudesystemtechnik – Installationsbus KNX	287
10.1	Einführung	287
10.1.1	Grenzen der konventionellen Elektroinstallation	287
10.1.2	Vorteile des KNX-Systems	287
10.1.3	Vergleich konventionelle Installation/Installation mit KNX	289
10.1.4	Einsatzbereiche des KNX	291
10.1.5	KNX-Association	291
10.2	Technologie des KNX	292
10.2.1	Funktionsweise des KNX-Systems	292
10.2.2	Die wichtigsten Begriffe für das KNX-System	293
10.2.3	Spannungsversorgung der Busteilnehmer	295

10.3	Topologischer Aufbau des KNX-Systems	297
10.3.1	Linie (KNX)	297
10.3.2	Kopplung von Linien zu einem Bereich (KNX)	297
10.3.3	Kopplung von Bereichen	298
10.3.4	Verlegung der Busleitung	300
10.3.5	Zulässige Leitungslängen	300
10.4	Datenübertragung	300
10.4.1	Zeitlicher Ablauf einer Datenübertragung (Bild 10.14)	301
10.4.2	Aufbau eines Telegramms	301
10.4.3	Buszugriffsverfahren	302
10.4.4	Überlagerung von Information und Versorgungsspannung	302
10.5	Buskomponenten	303
10.5.1	Busleitungstypen	304
10.5.2	Bauformen der Busgeräte	304
10.5.3	Ankopplung der Geräte an den Bus	304
10.5.4	Aufbau eines Busteilnehmers	306
10.5.5	Busankoppler (BA)	307
10.5.6	Bus-Endgerät (BE) (Anwendermodul)	308
10.5.7	Anwenderschnittstelle (AST)	309
10.5.8	Symbole für KNX-Komponenten	309
10.6	Programmierung der Busteilnehmer	310
10.6.1	Physikalische Adresse	310
10.6.2	Gruppenadresse	312
10.6.3	Anwendungsprogramm	315
10.7	Planung von KNX-Anlagen	315
10.8	Projektierung von KNX-Anlagen	316
11	Installationsbestimmungen	317
11.1	Allgemeines über Raumarten	317
11.2	Elektrische Betriebsstätten (DIN VDE 0100-200, 729 und 731)	317
11.3	Abgeschlossene elektrische Betriebsstätten (DIN VDE 100-200, 729 und 731)	318
11.4	Trockene Räume (DIN VDE 0100-200)	318
11.5	Bade- und Duschräume	319
11.5.1	Bereichseinteilung	319
11.5.2	Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag	319
11.5.3	Betriebsmittel und deren IP-Schutzart nach EN 60 529 (DIN VDE 0470)	319
11.5.4	Leitungen, Kabel und deren Verlegung	323
11.5.5	Zusätzlicher Potentialausgleich	323
11.5.6	Elektrische Fußbodenheizungen	324
11.5.7	Bewegliche Bade- und Duscheinrichtungen	324
11.6	Feuchte und nasse Räume (DIN VDE 0100-737 und 470)	324
11.7	Anlagen im Freien (DIN VDE 0100-737 und 200)	325
11.8	Überdachte Schwimmbecken und Schwimmanlagen im Freien (DIN VDE 0100-702)	325
11.8.1	Schwimmbäder in Hallen	326

11.8.2	Schwimmbäder im Freien	328
11.8.3	Planungshinweise	328
11.9	Saunaanlagen (DIN VDE 0100-703)	328
11.9.1	Trockene Saunaanlagen (Heißluftsauna)	328
11.9.2	Dampfbad-Saunaanlagen	329
11.9.3	Leitungen und Betriebsmittel	329
11.9.4	Planungshinweise	329
11.10	Feuergefährdete Betriebsstätten (DIN VDE 0100-482, Richtlinien des VdS) ..	329
11.10.1	Leitungen und Kabel	330
11.10.2	Maßnahmen zur Verhütung von Bränden	330
11.10.3	Schalter, Steckvorrichtungen, Maschinen usw.	330
11.10.4	Leuchten	331
11.10.5	Wärmegeräte	331
11.11	Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten	331
11.11.1	Hauptschalter	332
11.11.2	Leitungen	332
11.11.3	Steckvorrichtungen	332
11.11.4	Überstromschutzorgane	332
11.11.5	Berührungsschutz gegen elektrischen Schlag	333
11.11.6	Schutzpotentialausgleich	333
11.11.7	Betriebsmittel und Verteilungen	334
11.11.8	Wärmegeräte in der Landwirtschaft	334
11.11.9	Anpassung	334
11.11.10	Elektro-Weidezaunanlagen	334
11.11.11	Maßnahmen bei Intensivtierhaltung	335
11.12	Elektrische Anlagen auf Baustellen (DIN VDE 0100-704, BGI 608)	335
11.12.1	Begriffe	335
11.12.2	Baustellenversorgung	335
11.12.3	Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag	336
11.12.4	Baustellenanschluss an das Versorgungsnetz und Energieverteilung ..	336
11.12.5	Leitungen	337
11.12.6	Installationsmaterial	337
11.12.7	Maschinen und Steuergeräte	337
11.12.8	Leuchten und Wärmegeräte	338
11.12.9	Betriebssicherheit	338
11.12.10	Baustellen-Betriebsgebäude	338
11.13	Elektrische Anlagen auf Campingplätzen (DIN VDE 0100-708)	338
11.14	Beispiele für Räume nach DIN VDE 0100	339
11.14.1	Solariumräume	339
11.14.2	Gärtnereibetriebe	339
11.14.3	Garagen	340
11.14.4	Kraftfahrzeugwerkstätten	340
11.14.5	Feuerungsanlagen mit flüssigen und gasförmigen Brennstoffen (DIN VDE 0116)	341
11.14.6	Holzbearbeitungsbetriebe (DIN VDE 0100-482) (Gesetz über technische Arbeitsmittel)	341
11.15	Bestimmungen für Leuchten und Beleuchtungsanlagen (DIN VDE 0100-559) ...	342

11.15.1	Kennzeichen für Leuchten und Vorschaltgeräte	342
11.15.2	Glühlampenleuchten	342
11.15.3	Leuchtstofflampen-Leuchten	343
11.15.4	Strahler	343
11.15.5	Niedervolt-Beleuchtungsanlagen (DIN VDE 0100-715)	343
11.15.6	Allgemeine Bestimmungen	344
11.15.7	Vorführstände für Leuchten	345
11.15.8	Beleuchtungsanlagen im Freien (DIN VDE 0100-714)	345
11.16	Elektrische Anlagen in Möbeln und Einrichtungsgegenständen (DIN VDE 0100-724)	346
11.17	Ladestationen für Akkumulatoren (DIN VDE 0510)	347
11.18	Explosionsgefährdete Betriebsstätten (DIN VDE 0165 und DIN VDE 0170/0171)	348
11.18.1	Allgemeines über den Explosionsschutz	348
	<i>Begriffserklärungen, Entstehung und Verhütung von Explosionen, Zündschutzarten für Betriebsmittel, Zoneneinteilung und Zuordnung der Zündschutzarten, Einteilung der elektrischen Betriebsmittel, Kennzeichnung der Betriebsmittel</i>	
11.18.2	Allgemeine Errichtungsbestimmungen für explosionsgefährdete Betriebsstätten	357
	<i>Schutzmaßnahmen, Kabel und Leitungen, Verlegung von Leitungen, Notabschaltung, Elektrische Maschinen, Zusätzliche Bestimmungen für die Zone 0, Errichtung von eigensicheren Stromkreisen</i>	
11.18.3	Staubexplosionsgefährdete Betriebsstätten (DIN VDE 0165-1 und 2) <i>Auswahl von Betriebsmitteln, Errichtungsbestimmungen in Ex-Staubbereichen, Leitungen und Kabel</i>	361
11.18.4	Betrieb in explosionsgefährdeten Betriebsstätten	362
11.19	Elektrische Anlagen in Tankstellen	363
11.20	Spritzräume in Lackierereien	364
11.21	Spänebunker	365
11.22	Medizinisch genutzte Räume (DIN VDE 100-710)	365
11.22.1	Raumeinteilung	365
11.22.2	Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren	366
11.22.3	Schutzleiter und Schutzpotentialausgleich	366
11.22.4	Allgemeine Hinweise	368
11.23	Bestimmungen für besondere bauliche Anlagen (DIN VDE 0100-718 und baurechtliche Regeln)	369
11.23.1	Hauptverteilungen	369
11.23.2	Leitungen und Betriebsmittel	369
11.23.3	Dokumentation	371
11.23.4	Prüfungen	371
11.23.5	Einzelbestimmungen für Gebäude unterschiedlicher Nutzung	372
	<i>Versammlungsstätten, Verkaufsstätten, Hochhäuser, Beherbergungsstätten, Garagen, Arbeitsstätten, Vergnügungsparkes, Kirmesplätze und Zirkusse</i>	
11.24	Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung (DIN EN 1838 – DIN VDE 0108-100	377

11.24.1	Allgemeines	377
11.24.2	Sicherheitsbeleuchtung (DIN VDE 0108-100)	379
	<i>Sicherheitsbeleuchtung in Dauerbetrieb, Sicherheitsbeleuchtung in Bereitschaftsbetrieb</i>	
11.24.3	Errichten der Sicherheitsbeleuchtung	380
11.24.4	Sicherheitsbeleuchtung mit Zentralbatterieanlage – CPS-System	381
11.24.5	Sicherheitsbeleuchtung mit Gruppenbatterie/Gruppenversorgungsanlage – Stromversorgungssystem mit Leistungsbegrenzung (LPS-System)	381
11.24.6	Einzelbatterieanlage	382
11.24.7	Prüfungen für Sicherheitsbeleuchtungsanlagen	382
12	Praktische Installation	385
12.1	Allgemeines	385
12.2	Werkzeuge und Hilfsmittel	385
12.2.1	Zu einer Grundausstattung gehörende Werkzeuge und Hilfsmittel. . . .	385
12.2.2	Zur Werkstatt gehörende Allgemeinwerkzeuge für die Metallbearbeitung und Spezialwerkzeuge	387
12.2.3	Elektrowerkzeuge	387
12.2.4	Anforderungen an Werkstätten und Prüfgeräte	389
12.3	Leitungsverlegung	391
12.3.1	Überblick	391
12.3.2	Unter- und Imputzinstallation – allgemein	392
	<i>Leitungsführungen unter und im Putz, Mauerarbeiten, Befestigungsarten unter Putz</i>	
12.3.3	Auf- und Überputzinstallation – allgemein	396
	<i>Leitungsführungen auf Putz, Schelleneinteilung, Befestigungsarten auf Putz</i>	
12.3.4	Hohlwand- und Betoninstallation – allgemein	401
	<i>Hohlwandinstallation, Betoninstallation</i>	
12.3.5	Installation mit Rohren	403
	<i>Installationsmaterial für die Rohrverlegung, Verlegen von Isolierrohren unter Putz, Verlegen von Rohren auf Putz, Verlegen von Isolierrohren in Hohlwänden und Beton</i>	
12.3.6	Installation mit Stegleitungen	411
	<i>Installationsmaterial, Stegleitungsverlegung</i>	
12.3.7	Installation mit Feuchtraumleitungen	412
	<i>Verlegen von Feuchtraumleitungen unter Putz, Verlegen von Feuchtraumleitungen auf Putz und über Putz, Spanndrahtverlegung, Übergang von Feuchtraumleitungen auf andere Leitungen</i>	
12.3.8	Installation in Kanälen, Rinnen und auf Pritschen	417
	<i>Kanalinstallation, Kabelrinnen, Kabelpritschen, Erwärmungsprobleme</i>	
12.3.9	Brandschutzmaßnahmen in Kabel- und Leitungsanlagen	424
	<i>Anordnungen von Leitungswegen, Getrennte Verlegung von Versorgungs- und Steuerkabeln, Mechanischer Schutz, Schutz vor unzulässigen Temperaturerhöhungen, Funktionserhalt und Brandlast, Abschottungen</i>	

12.3.10	Anschluss ortsveränderlicher Geräte mit beweglichen Anschlussleitungen	427
12.4	Abmanteln – Abisolieren	428
12.5	Verdrahtungen	428
12.5.1	Abzweigdosenverdrahtungen	428
12.5.2	Zählerfeldverdrahtung	429
12.5.3	Methoden der Verdrahtung elektrischer Steuer-, Regel- und Meldeanlagen	429
12.6	Leitungsverbindungen (DIN VDE 0606 bis 0613)	433
12.6.1	Schraubverbindungen	433
12.6.2	Steckverbindungen	435
12.6.3	Quetschverbindungen	435
12.7	Zusammenfassen der Leiter von mehreren Stromkreisen (DIN VDE 0100-520)	436
13	Unfallverhütungsvorschriften (UVV)	437
13.1	Rechtliche Stellung der UVV	437
13.2	Allgemeine Vorschriften (BGV A1)	438
13.2.1	Pflichten des Unternehmers	438
	<i>Allgemeine Anforderungen, Persönliche Schutzausrüstungen, Sicherheitsbeauftragte und Sicherheitsfachkräfte</i>	
13.2.2	Pflichten der Versicherten	439
13.3	Elektrische Anlagen und Betriebsmittel	439
13.3.1	Allgemeines	439
13.3.2	Prüfungen	440
13.3.3	Arbeiten an aktiven Teilen in elektrischen Anlagen	440
13.3.4	Wieder unter Spannung setzen	444
13.3.5	Arbeiten in der Nähe aktiver Teile	444
	<i>Mindestabstände bei elektrotechnischen Arbeiten, Mindestabstände bei nicht elektrotechnischen Arbeiten</i>	
13.3.6	Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen	445
13.4	Bolzensetzwerkzeuge (Schussapparate) (BGV D9)	446
13.4.1	Allgemeines	446
13.4.2	Personen für die Bedienung von Schussapparaten	447
13.4.3	Munition	447
13.4.4	Werkstoffe der Eintreibstelle	447
13.4.5	Absperrungen	448
13.5	Leitern, Tritte und Gerüste (BGV A1, BGV D36, DIN 4420-1)	448
13.5.1	Allgemeines	448
13.5.2	Anlegeleitern	448
13.5.3	Stehleitern	448
13.5.4	Mechanische Leitern und Mehrzweckleitern	449
13.5.5	Gerüste	450
13.6	Arbeiten mit Propan bzw. Butan	451
13.7	Erste Hilfe (BGV A1)	451
13.7.1	Vorschriften nach BGV A1	451
13.7.2	Aufzeichnungen der Erste-Hilfe-Leistungen	452

13.8	Bekämpfung von Bränden (DIN VDE 0132)	452
13.9	Unfallmeldung	453
14	Installationsprojekte für Verbraucheranlagen	455
14.1	Allgemeines	455
14.2	Planungsablauf	455
14.2.1	Festlegung der Raumarten	455
14.2.2	Auswahl der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren und Schutzpotentialausgleich	456
14.2.3	Bestimmung der Lastschwerpunkte und Festlegung der Verteilerplätze	462
14.2.4	Beleuchtungsplanung	462
	<i>Ermittlung der Beleuchtungsstärken, Festlegung der Leuchtenarten, Bestimmung der Lampenzahl und der elektrischen Leistung, Einzeichnen der Leuchten</i>	
14.2.5	Planung von Steckdosen, Lichtschaltern und Verbrauchsmitteln	464
14.2.6	Stromkreisaufteilung und Belastung	465
14.2.7	Kennzeichnung der Stromkreise und Stromkreisleitungen	466
14.2.8	Zähler- und Sicherungsverteiler	467
	<i>Übersicht, Aufzeichnung der Verteiler, Bestimmung der Sicherungs- und Schaltgerätenennströme, Bestimmung von Leitungsquerschnitt und -art</i>	
14.2.9	Aufmaßplan	470
14.2.10	Leistungsverzeichnis, Kostenangebot	470
14.3	Planungsbeispiele	472
14.3.1	Mechanische Werkstatt	472
14.3.2	Tischlereibetrieb	476
14.3.3	Wohnhaus	477
	Stichwortverzeichnis	493

1 Elektrotechnische Normung

1.1 Rechtliche Grundlagen und Bestimmungen

Auf Grundlage des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) von 1935, mit letzter Änderung vom Juli 2005, fordert der Gesetzgeber, dass Energieanlagen so zu errichten und zu betreiben sind, dass die technische Sicherheit gewährleistet ist. Dabei sind vorbehaltlich sonstiger Rechtsvorschriften die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten.

In der «Verordnung über Allgemeine Bedingungen für den Netzanschluss und dessen Nutzung für die Elektrizitätsversorgung in Niederspannung» oder kurz «Niederspannungsanschlussverordnung» (NAV) vom 01.11.2006 heißt es, dass die elektrische Anlage nur nach den Vorschriften dieser Verordnung, nach anderen anzuwendenden Rechtsvorschriften und behördlichen Bestimmungen sowie nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik errichtet, erweitert, geändert und instand gehalten werden dürfen. Die Arbeiten dürfen außer durch den Netzbetreiber nur durch ein in ein Installateurverzeichnis eines Netzbetreibers eingetragenes Installationsunternehmen durchgeführt werden. Im Interesse des Anschlussnehmers darf der Netzbetreiber eine Eintragung in das Installateurverzeichnis nur von dem Nachweis einer ausreichenden fachlichen Qualifikation für die Durchführung der jeweiligen Arbeit abhängig machen.

Laut Energiewirtschaftsgesetz wird die Einhaltung der *allgemein anerkannten Regeln der Technik* vermutet, wenn für Energieanlagen die technischen Regeln des **Verbandes der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.** (VDE-Bestimmungen) beachtet worden sind.

Diese Bestimmungen befassen sich mit Festlegungen für das Errichten und Betreiben elektrischer Anlagen sowie auch für das Herstellen und Betreiben elektrischer Betriebsmittel. Sie sollen dazu dienen, Leben und Sachen auf bestmögliche Weise bei der Erzeugung, Übertragung und Anwendung elektrischer Energie zu schützen.

Zum Zeitpunkt ihrer Aufstellung geben die VDE-Bestimmungen den erreichten und allgemein anerkannten Stand der Technik wieder. Durch entsprechende Überarbeitung werden sie der technischen Entwicklung angepasst. Elektrische Anlagen sind nach dem Erscheinen neuer VDE-Bestimmungen nur dann anzupassen, wenn die neuen Bestimmungen ausdrücklich darauf hinweisen.

VDE-Bestimmungen können grundsätzlich nicht alle Sonderfälle erfassen. Es kann sogar geboten sein, in bestimmten Fällen weitergehende Maßnahmen zu treffen, um die Sicherheit elektrischer Einrichtungen zu erzielen; auch kann es unter besonderen Umständen vertretbar sein, von bestimmten Anforderungen in den VDE-Bestimmungen abzuweichen, wenn mindestens die gleiche Sicherheit erhalten bleibt.

Das Deutsche Institut für Normung (DIN) und der Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE) sind in der Deutschen Elektrotechnischen Kommission (DKE) zusammengefasst. Die VDE-Bestimmungen erhalten daher den Zusatz «DIN», z.B. DIN VDE 0100.

Die Deutsche Elektrotechnische Kommission ist als nationale Organisation für die Erarbeitung von Normen auf allen Gebieten der Elektrotechnik Mitglied in den entsprechenden europäischen und weltweiten Normungsorganisationen CENELEC (Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung), ETSI (Europäisches Institut für Telekommunikationsnormen), und IEC (Internationale Elektrotech-

nische Kommission). Die DKE vertritt hier die deutschen Interessen und setzt die Ergebnisse der internationalen Normungsarbeit in nationale Normen um und veröffentlicht diese. Neben der nationalen Bezeichnung der elektrotechnischen Normen mit DIN VDE werden europäische Normen mit EN und internationale Normen mit IEC oder auch als deutsche Norm mit DIN EN bzw. DIN IEC bezeichnet.

Der Errichter oder Betreiber elektrischer Anlagen bzw. Hersteller oder Betreiber elektrischer Betriebsmittel ist grundsätzlich für die Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik selbst verantwortlich. Neben den VDE-Bestimmungen sind eine Reihe anderer Bestimmungen und Verordnungen zu berücksichtigen:

Technische Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Niederspannungsnetz (TAB): Diesen TAB liegt die genannte NAV zugrunde. Sie werden von den Netzbetreibern festgelegt und gelten für den Anschluss und den Betrieb von Anlagen, die an das Niederspannungsnetz des Netzbetreibers angeschlossen sind oder angeschlossen werden.

VdS-Richtlinien (Richtlinien der Versicherer)

Landesbauordnung mit den Verordnungen für Hochhäuser, Garagen, Feuerungsstätten, Geschäftshäuser, Versammlungsstätten und elektrische Betriebsräume.

Gewerbeordnung mit den Verordnungen für Arbeitsstätten, explosionsgefährdete Betriebsstätten und Aufzüge.

Unfallverhütungsvorschriften, insbesondere die BGV* A1 «Grundsätze der Prävention» und die BGV A3 «Elektrische Anlagen und Betriebsmittel».

Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV, Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes.

1.2 Prüfzeichen

1.2.1 Prüfzeichen des VDE

Auf Antrag des Herstellers oder einer anderen interessierten Stelle führt die VDE-Prüfstelle «Zeichenprüfungen» durch und erteilt die Genehmigung zum Benutzen eines VDE-Prüfzeichens für die betreffenden Erzeugnisse.

Die Prüfzeichen sind dem VDE warenzeichenrechtlich national und international als Verbandszeichen geschützt. Es gelten folgende Voraussetzungen:

- Die Erzeugnisse müssen den für sie geltenden VDE-Bestimmungen entsprechen,
- die Fertigungsstätten sind technisch einwandfrei einzurichten,
- die Erzeugnisse müssen vom Hersteller laufend durch Prüfungen überwacht werden.

Beauftragte der VDE-Prüfstelle überprüfen von Zeit zu Zeit die Fertigungsstätten

* Sammlung von Unfallverhütungsvorschriften des Hauptverbandes der gewerbliche Berufsgenossenschaften.

Prüfzeichen, die vom VDE erteilt werden, sind

- für elektrotechnische Erzeugnisse das VDE-Zeichen:



- für isolierte Leitungen und Kabel als Aufdruck oder Prägung das VDE-Kabelzeichen:



- für isolierte Leitungen und Kabel der VDE-Kennfaden:



- für Geräte, die den Normen für elektromagnetische Verträglichkeit (EMV, Störaussendung und Störfestigkeit) entsprechen, das VDE-EMV-Zeichen:



- für die Gütebestätigung von Bauelementen der Elektronik das VDE-Elektronik-Prüfzeichen:



- für Erzeugnisse, die im Geräte- und Produktsicherheitsgesetz aufgeführt sind und die gestellten Anforderungen erfüllen, das VDE-GS-Zeichen:



(über 20 mm):



- für isolierte Leitungen und Kabel, die den CENELEC-Harmonisierungsbestimmungen entsprechen, die VDE-Harmonisierungskennzeichnung als Aufdruck oder Prägung:



oder als Kennfaden:



- für Erzeugnisse nach harmonisierten Zertifizierungsverfahren, z.B. Leuchten, das ENEC-Zeichen (VDE-Zeichen freigestellt):



1.2.2 CE-Kennzeichnung

Aufgrund europäischer Richtlinien (z.B. EU-Niederspannungsrichtlinie, EU-Richtlinie, Elektromagnetische Verträglichkeit, EU-Maschinenrichtlinie), die auch in deutsches Recht umgesetzt worden sind, ist der Hersteller und Importeur von Geräten jeglicher Art verpflichtet nachzuweisen, dass seine Produkte unter anderem den Regeln der Technik entsprechen. Nur dann dürfen diese frei in Europa in Verkehr gebracht und gehandelt werden. Mit einer Konformitätserklärung bestätigt der Hersteller, dass das in Verkehr gebrachte Gerät alle einschlägigen Sicherheitsanforderungen erfüllt. Zu dieser Erklärung gehören z.B. folgende Dokumentationen, die 10 Jahre lang bereitzuhalten sind:

- Beschreibung des Gerätes,
- Fertigungszeichnungen und -pläne,
- Beschreibung der Funktionsweise,
- Liste der angewandten Normen und zusätzliche Nachweise,
- Ergebnisse von Konstruktionsberechnungen und Prüfungen,
- Prüfberichte.

Die produzierten Geräte werden zur Kennzeichnung mit dem so genannten CE-Zeichen versehen, das in der folgenden Form angebracht wird (Mindesthöhe 5 mm):



1.3 VDE-Bestimmungen für die Elektroinstallation (Auswahl)

- DIN VDE 0100 *Errichten von Starkstromanlagen bis 1000 V.*
- DIN VDE 0101 *Errichten von Starkstromanlagen über 1000 V.*
- DIN VDE 0105 *Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100 Allgemeine Festlegungen (Abschnitt 13).*
- DIN VDE 0100 *Errichten von Starkstromanlagen bis 1000 V – Teil 710 Medizinisch genutzte Bereiche.*
- DIN VDE 0100 *Errichten von Starkstromanlagen bis 1000 V – Teil 718 Bauliche Anlagen für Menschenansammlungen.*
- DIN VDE 0113 *Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1 Allgemeine Anforderungen (Band «Elektrische Steuerungs- und Antriebstechnik»).*
- DIN VDE 0165 *Errichten elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen.*
- DIN VDE 0185 *Blitzschutz.*
- DIN VDE 0298 *Verwendung von Kabeln und isolierter Leitungen für Starkstromanlagen – Teil 4 Empfohlene Werte für die Strombelastbarkeit von Leitungen.*
- DIN VDE 0701-0702 *Prüfung nach Instandsetzung, Änderung elektrischer Geräte – Wiederholungsprüfung elektrischer Geräte.*
- DIN VDE 0800 *Fernmeldetechnik – Teil 1 Allgemeine Begriffe, Anforderungen und Prüfungen für die Sicherheit der Anlagen und Geräte.*
- DIN VDE 0855 *Antennenanlagen – Teil 1 Errichtung und Betrieb.*

1.4 Die wichtigsten Begriffe zu den VDE-Bestimmungen

1. **Starkstromanlagen.** Elektrische Anlagen mit Betriebsmitteln zum Erzeugen, Umwandeln, Speichern, Fortleiten, Verteilen und Verbrauchen elektrischer Energie.
2. **Stromverteilungsnetz.** Gesamtheit aller Leitungen und Kabel vom Stromerzeuger bis zur Verbraucheranlage (Hausanschlusskasten).
3. **Verbraucheranlagen.** Gesamtheit aller elektrischer Betriebsmittel hinter dem Hausanschlusskasten.
4. **Stromkreis.** Alle elektrischen Betriebsmittel einer Anlage, die von demselben Speisepunkt versorgt und durch dieselbe Schutzeinrichtung geschützt werden.
5. **Elektrische Betriebsmittel.** Alle Gegenstände, die zum Zwecke der Erzeugung, Umwandlung, Übertragung, Verteilung und Anwendung elektrischer Energie benutzt werden.
6. **Elektrische Verbrauchsmittel.** Betriebsmittel, die dazu bestimmt sind, elektrische Energie in andere Formen der Energie umzuwandeln.
7. **Überstromschutzeinrichtung.** Einrichtungen, die dazu bestimmt ist, einen Stromkreis zu unterbrechen, wenn der Strom im Leiter des Stromkreises einen vorher festgelegten Wert für eine bestimmte Zeitdauer überschreitet.
8. **Außenleiter.** Leiter, der im üblichen Betrieb unter Spannung steht und in der Lage ist, zur Übertragung oder Verteilung elektrischer Energie beizutragen, aber kein Neutralleiter oder Mittelleiter ist.
9. **Neutralleiter (N).** Ein mit dem Mittelpunkt bzw. Sternpunkt des Netzes verbundener Leiter, der geeignet ist, zur Übertragung elektrischer Energie beizutragen.
10. **Schutzleiter (PE).** Leiter zum Schutz der Sicherheit, z.B. zum Schutz gegen elektrischen Schlag.
11. **PEN-Leiter.** Leiter, der die Funktionen von Neutral- und Schutzleiter in sich vereinigt .
12. **Aktives Teil.** Leiter oder leitfähige Teile, die bei ungestörtem Betrieb unter Spannung stehen, einschließlich Neutralleiter.
13. **Körper.** Berührbare, leitfähige Teile von Betriebsmitteln, die nicht aktive Teile sind, jedoch im Fehlerfall unter Spannung stehen können, z.B. Waschmaschinengehäuse.
14. **Bemessungsspannung** (bisher Nennspannung, entsprechende Bezeichnungen gelten u.a. auch für Strom- und Leistungsgrößen). Für eine vorgegebene Betriebsbedingung geltender Spannungswert, der im Allgemeinen vom Hersteller für ein Betriebsmittel oder eine Anlage festgelegt wird.
15. **Betriebsspannung.** Die jeweils örtlich zwischen den Leitern herrschende Spannung an einem Betriebsmittel.
16. **Schleifenwiderstand (Schleifenimpedanz).** Summe der Widerstände (Impedanzen), die in einer Starkstromanlage bei einem vollkommenen Körper- oder Kurzschluss den Strom begrenzen.
17. **Erder.** Leitfähiges Teil oder mehrere leitfähigen Teile, die in gutem Kontakt mit Erde sind und mit dieser eine elektrische Verbindung bilden.
18. **Betriebserdung.** Erdung eines Punktes des Betriebsstromkreises, wie Mittelpunkt, Sternpunkt, Neutralleiter oder Außenleiter.
19. **Erde.** Das leitfähige Erdreich, dessen elektrisches Potential an jedem Punkt vereinbarungsgemäß gleich null gesetzt wird (Bezugserde).
20. **Erdungswiderstand.** Widerstand der Erde zwischen dem Erder und der Bezugserde.
21. **Potentialausgleich.** Elektrische Verbindung, die die Körper elektrischer Betriebsmittel und fremde leitfähige Teile auf gleiches Potential bringt.

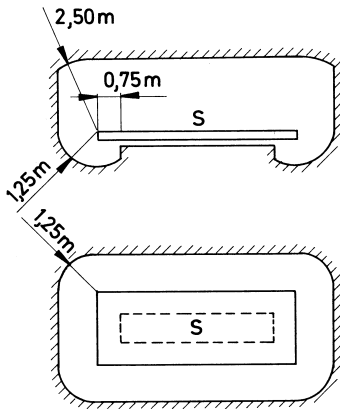


Bild 1.1 Handbereich

Grenze des Handbereichs

S = Standfläche üblicherweise betretener Stätten

22. **Berührungsspannung.** Spannung, die zwischen gleichzeitig berührbaren Teilen während eines Isolationsfehlers auftreten kann.
23. **Erderspannung.** Auftretende Spannung bei Stromfluss durch einen Erder zwischen diesem und der Bezugserde (Bild 1.2).
24. **Schrittspannung.** Teil der Erderspannung, der vom Menschen mit einem Schritt von 1 m Länge überbrückt werden kann (Bild 1.2).
25. **Ableitstrom.** Strom, der in einem fehlerfreien Stromkreis zur Erde oder zu einem fremden, leitfähigen Teil fließt.
26. **Basisisolierung.** Isolierung von aktiven Teilen, um den grundlegenden Schutz gegen gefährliche Körperströme sicherzustellen.
27. **Handbereich.** Bereich, der sich von der Standfläche üblicherweise betretener Stätten aus erstreckt und dessen Grenzen mit der Hand erreicht werden können (Bild 1.1).

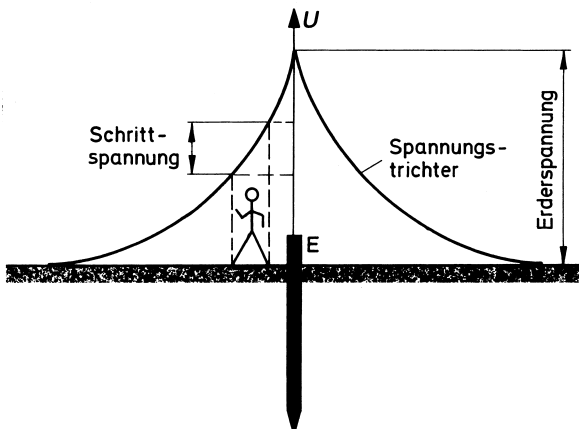


Bild 1.2 Verlauf des Erdoberflächenpotentials bei stromdurchflossenen Erdern

2 Schutzmaßnahmen und ihre Prüfung

2.1 Allgemeines

Die Gefahren des elektrischen Stromes dürfen nicht unterschätzt werden.

Die unsachgemäße Anwendung der elektrischen Energie bedeutet eine *Gefährdung von Gesundheit und Leben* und/oder *Brandgefahr*.

2.1.1 Gefährdung von Gesundheit und Leben

Die direkte Einwirkung des elektrischen Stromes auf den Menschen kann in Abhängigkeit von der Strombahn im Körper, von der Stromstärke und von der Stromart tödlich sein, Lähmungserscheinungen und Verbrennungen hervorrufen oder auch zu Folgeunfällen führen. Gerade der technische Wechselstrom mit Frequenzen bis 500 Hz ist besonders gefährlich, da er zu Herzkammerflimmern und Herzstillstand führen kann (bei Herzkammerflimmern kommt der Blutkreislauf zum Erliegen, der dadurch hervorgerufene Sauerstoffmangel im Gehirn führt in wenigen Minuten zum Tod).

Gemäß dem Diagramm in Bild 2.1 liegt die Wahrnehmbarkeitsschwelle eines Stromes durch den menschlichen Körper bei etwa 0,5 mA Wechselstrom.

Über die Nervenbahnen bewirkt ein Strom in dieser Größenordnung bereits ein leichtes Kribbeln. Bei etwa 5...10 mA Wechselstrom treten schon krampfartige Schmerzen in den durchströmten Körperteilen auf, mit der Hand umfasste aktive Teile kann man im Allgemeinen nicht mehr loslassen. Eine medizinisch schädliche Einwirkung ist aber noch nicht zu erwarten.

Wie aus Bild 2.1 zu ersehen ist, hängt die Wirkung stärkerer Ströme als 10 mA auf den Menschen von der Einwirkdauer ab. Fließt durch den Körper ein Strom von 40 mA, der aber durch schnelles Abschalten nur 0,1 s einwirkt, dann sind noch keine medizinisch schädliche Folgen zu erwarten. Fließt der Strom z.B. 0,5 s lang, ist zwar nicht mit Herzkammerflimmern zu rechnen, es kann aber bereits zu Lähmungserscheinungen, Atemkrämpfen und ggf. Bewusstlosigkeit kommen. Beträgt die Einwirkdauer mehr als 2 s, so muss zusätzlich mit Herzkammerflimmern gerechnet werden.

Ströme von 200 mA bleiben für den menschlichen Körper laut Diagramm (Bild 2.1) ungefährlich, wenn die Einwirkdauer nur 10 ms beträgt, dagegen ist nach einer Zeit von 1 s dieser Strom mit großer Wahrscheinlichkeit tödlich, wenn nicht sofort erfolgreiche Rettungsmaßnahmen ergriffen werden.

Beträgt der Strom durch den Körper über 500 mA, so kommt es außerdem durch die Wärmewirkung sowie auch bei einer Lichtbogenbildung zu schweren Verbrennungen. Die dabei auftretende Vergiftung des Körpers kann unter Umständen auch nach Tagen zum Tod führen. Ströme in dieser Größenordnung treten bei Hochspannungsunfällen auf.

Gleichstrom ist weniger gefährlich als Wechselstrom. In kleinen Stromstärkebereichen hat erst etwa der 3-fache Gleichstrom die gleichen Folgen wie Wechselstrom. Das Herzkammerflimmern tritt bei Strömen über 150 mA auf. Größere Gleichströme führen wie bei Wechselstrom durch Wärmewirkung und Lichtbogen zu Verbrennungen.

In der Praxis stellt sich die Frage nach der maximalen Berührungsspannung, die als nicht lebensgefährlich angesehen werden kann. Da der Körperwiderstand des Menschen sehr unterschiedlich ist

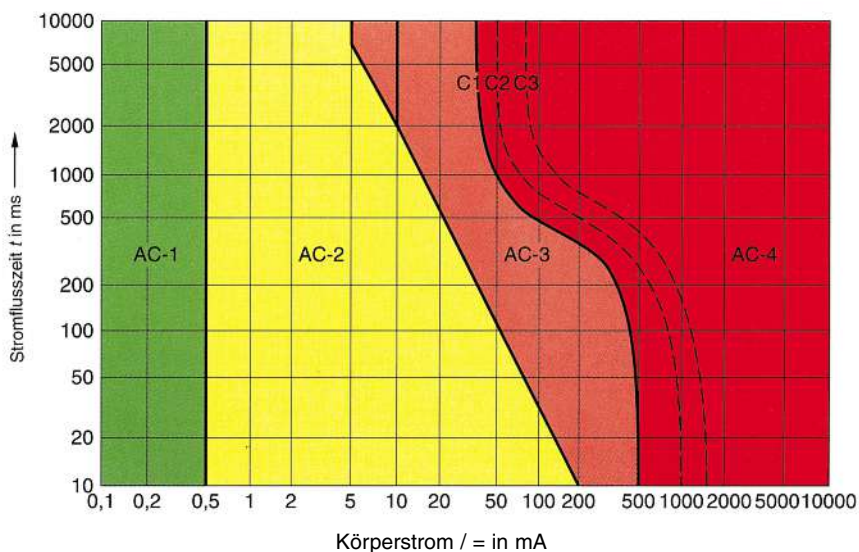


Bild 2.1 Stromgefährdungskurven, Stromfluss Hand-Hand oder Hand-Fuß bei 15 bis 100 Hz (in Bezug auf Herzkammerflimmern: Stromfluss linke Hand – beide Füße)

- 1 Einwirkungen nicht wahrnehmbar
- 2 keine medizinisch schädlichen Einwirkungen
- 3 kein Herzkammerflimmern, Muskelkontraktionen, Atmungsbeschwerden
- 4 Herzkammerflimmern mit steigender Wahrscheinlichkeit (c_1) Kurve c_2 Wahrscheinlichkeit 5% Kurve c_3 Wahrscheinlichkeit 50%; bei größeren Stromwerten Herzstillstand, Atemstillstand und Verbrennungen

(etwa 600 bis 3000 Ω) und mit steigender Spannung abnimmt, lässt sich kein absolut ungefährlicher Wert, sondern nur ein für den Menschen wahrscheinlich ungefährlicher Spannungswert angeben.

In den VDE-Bestimmungen sind Spannungswerte festgelegt, die als Berührungsspannung an Betriebsmitteln auftreten können, ohne dass eine Abschaltung erfolgen muss. Sie betragen für Wechselstrom (Effektivwert): $U_L \leq 50 \text{ V}$

Gleichstrom: $U_L \leq 120 \text{ V}$

In bestimmten Fällen, z.B. in medizinisch genutzten Bereichen, sind die Spannungswerte für Wechselstrom (Effektivwert): $U_L \leq 25 \text{ V}$

Gleichstrom: $U_L \leq 60 \text{ V}$

Treten an Betriebsmitteln höhere Berührungsspannungen auf, muss unter anderem eine schnelle Abschaltung erfolgen.

2.1.2 Brandgefahr

Brände entstehen durch Überstrom oder Kurzschluss in Leitungen oder Betriebsmitteln. Im Wesentlichen sind so genannte unvollkommene Kurz- oder Erdschlüsse, die durch Isolationsfehler entstehen, die Hauptursache eines Brandes.

Überströme und direkte Kurzschlüsse lassen sich durch die richtige Dimensionierung der Schutzorgane beherrschen, siehe Abschnitt 4.5.

Die Isolationsfehler können durch die richtige Leitungsauswahl und durch eine sachgemäße mechanische Beanspruchung verhindert werden, siehe Abschnitt 4.3. Sie entstehen oft bei einer risigen und brüchigen Isolation (die sich z.B. auch bei häufiger Überlast bildet). Feuchtigkeit dringt dadurch ein, und es kommt zu einem zunächst geringen Fehlerstrom durch die Isolation. Die Stromwärme führt zur Austrocknung, und der Stromfluss ist wieder unterbrochen. Dieser Vorgang wiederholt sich u.U. jahrelang, wobei durch kleine Funkenbildungen teilweise eine Verkohlung der Isolation eintritt, die eines Tages zu einem Lichtbogenkurzschluss führt, der die Entzündung leicht brennbarer Stoffe zur Folge hat.

Um Brandschäden durch Isolationsfehler zu verhindern, wird als Vorbeugemaßnahme in vielen elektrischen Anlagen eine Isolationswiderstandsmessung in regelmäßigen Abständen durchgeführt.

2.2 Schutz gegen elektrischen Schlag

Die Bestimmungen für den Schutz von Personen und Nutztieren gegen elektrischen Schlag aus Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V sind in DIN VDE 0100 festgelegt.

Eine Schutzmaßnahme besteht nach DIN VDE 0100-410 aus einer Kombination mit Basischutzvorkehrung mit gleichzeitiger Basis- und Fehlerschutz.

Basisschutz ist der Schutz gegen direktes Berühren (Schutz gegen gefährliche Körperströme im Normalbetrieb)

Fehlerschutz ist der Schutz bei indirektem Berühren (Schutz gegen gefährliche Körperströme im Fehlerfall).

Der *zusätzliche Schutz* ist ein festgelegter Teil einer Schutzmaßnahme, die unter bestimmten Bedingungen und in bestimmten besonderen Räumen, wie z.B. in Räumen mit Badewannen oder Duschen anzuwenden ist.

In jeder elektrischen Anlage müssen eine oder mehrere Schutzmaßnahmen angewendet werden. Folgende *Schutzmaßnahmen* sind erlaubt:

- Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung;
- Schutz durch doppelte oder verstärkte Isolierung;
- Schutz durch Schutztrennung für die Versorgung eines Verbrauchsmittels;
- Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV

Bestimmte *Schutzvorkehrungen* wie z.B. «Schutz durch Hinterrisse», «Schutz durch Anordnung außerhalb des Handbereichs» dürfen nur in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten angewendet werden.

Weitere Schutzvorkehrungen wie z.B. «Schutz durch nicht leitende Umgebung», «Schutz durch erdfreien örtlichen Schutzpotentialausgleich», «Schutz durch Schutztrennung für die Versorgung von mehr als einem Verbrauchsmittel» dürfen nur unter bestimmten Voraussetzungen angewendet werden.

2.3 Schutz durch automatische Abschaltung

Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung ist eine Schutzmaßnahme, bei der der Basisschutz durch eine Basisisolierung der aktiven Teile oder durch Abdeckung oder Umhüllungen erreicht wird.









Der Fehlerschutz wird durch den Schutzpotentialausgleich über die Haupterdungsschiene und die automatische Abschaltung im Fehlerfall sichergestellt.

2.3.1 Basisschutz

Basisschutz ist der Schutz gegen direktes Berühren (Schutz gegen gefährliche Körperströme im Normalbetrieb). Die Maßnahmen *Isolieren*, *Abdecken* oder *Umhüllen* ergeben jeweils den vollständigen Schutz gegen direktes Berühren. Zu diesen Maßnahmen gehören auch die Schutzarten nach DIN VDE 0470-1.

2.3.1.1 Basisisolierung, Abdeckungen oder Umhüllungen

Beim Schutz durch Isolierung müssen die unter Spannung stehenden Teile (aktive Teile) vollständig mit einer Isolierung umgeben sein, die nur durch Zerstören entfernt werden kann. Die Isolierung muss den mechanischen, chemischen, elektrischen und thermischen Beanspruchungen standhalten. Farben, Lacke und dergleichen sind für sich allein kein ausreichender Schutz gegen direktes Berühren.

Schutzart DIN VDE	Symbol DIN VDE 0710	Tabelle 2.1 Kurzzeichen für Schutzarten nach DIN VDE 0470-1
<i>Berührungsschutz</i>		
IP 0X		
IP 1X		
IP 2X		
IP 3X		
IP 4X		
IP 5X		
IP 6X		
<i>Wasserschutz</i>		
IP X0		
IP X1		
IP X2		
IP X3		
IP X4		
IP X5		
IP X6		
IP X7		
IP X8	 ... bar	

Beispiel:
IP 54 auf dem Leistungs-
schild würde bedeuten,
dass dieses Betriebsmittel
gegen Staubablagerung
im Innern (1. Ziffer) und
Spritzwasser (2. Ziffer)
geschützt ist.

Bei dem Schutz durch Abdeckungen oder Umhüllungen müssen die aktiven Teile mit Abdeckungen oder Umhüllungen versehen sein, die mindestens der Schutzart IP 2X entsprechen (Tabelle 2.1). Für oben liegende, horizontale Flächen gilt IP 4X. Ausnahmen gibt es z.B. bei Lampenfassungen und Schraubsicherungen, wenn beim Auswechseln der Lampen bzw. Sicherungen größere Öffnungen entstehen. Dies gilt auch allgemein für Betriebsmittel, wenn für den ordnungsgemäßen Betrieb größere Öffnungen erforderlich sind. Es müssen aber Vorkehrungen getroffen werden, die das Berühren der aktiven Teile verhindern.

Abdeckungen und Umhüllungen müssen sicher befestigt sein; sie dürfen nur mit Hilfe eines Schlüssels oder Werkzeugs nach Abschalten der Spannung entfernt werden können.

2.3.1.2 Schutzarten

Beim Bau von Betriebsmitteln aller Art ist nicht nur der Berührungsschutz wichtig, sondern es muss gegebenenfalls auch gegen das Eindringen von festen Teilchen unterschiedlicher Größe bis zum Staub ein Schutz vorhanden sein, und sie müssen gegen Wasser mehr oder weniger abgeschirmt sein.

Nach DIN VDE 0470-1 sind die Betriebsmittel je nach ihrer Schutzart gekennzeichnet. Neben der allgemeinen Kennzeichnung IP gibt die erste Ziffer den Berührungs- bzw. Staubschutz an, die zweite Ziffer den Wasserschutz. Ein zusätzlicher Buchstabe nach den Ziffern gibt den Schutzgrad für Personen gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen an. Zusätzliche Buchstaben sind nur zu verwenden, wenn der tatsächliche Schutz höher ist, als der durch die erste Kennziffer angegebene. Die zusätzlichen Buchstaben sind A (geschützt gegen Zugang mit dem Handrücken), B (geschützt gegen Zugang mit dem Finger), C (geschützt gegen Zugang mit Werkzeug) und D (geschützt gegen Zugang mit Draht). Des Weiteren kann ein ergänzender Buchstabe zusätzliche Informationen geben, wie z.B. geprüft auf schädliche Wirkungen durch Eintritt von Wasser im Betriebszustand (Buchstabe M). Für Leuchten und Installationsmaterial sind auch noch Tropfen- bzw. Gittersymbole nach DIN VDE 0710 gebräuchlich. Tabelle 2.1 zeigt die Zusammenstellung der Schutzarten.

2.3.1.3 Hindernisse und Anordnung außerhalb des Handbereichs

Hindernisse sollen die zufällige Annäherung an aktive Teile (z.B. durch Schutzleisten, Geländer oder Gitterwände) oder das zufällige Berühren aktiver Teile (durch besondere Abdeckungen) verhindern. Sie dürfen ohne Schlüssel oder Werkzeug abnehmbar sein. Beim Schutz durch Abstand müssen die unter Spannung stehenden Teile außerhalb des *Handbereichs* angebracht sein. Diese Schutzmaßnahmen sind nur in Sonderfällen anwendbar, z.B. in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten.

2.3.2 Fehlerschutz

Fehlerschutz ist der Schutz bei indirektem Berühren (Schutz gegen gefährliche Körperströme im Fehlerfall). Zum Fehlerschutz gehören die Schutzerdung, der Schutzpotentialausgleich und die automatische Abschaltung im Fehlerfall.

2.3.2.1 Schutzerdung

Jeder Stromkreis muss einen Schutzleiter erhalten. Die Körper der elektrischen Anlage müssen mit dem Schutzleiter, je nach Anforderungen des jeweiligen Netzsystems (siehe Abschnitt 2.3.4), ver-