

Inhaltsverzeichnis

1	Fachliche Qualifikationen für Arbeiten in elektrischen Anlagen	
1.1	Anforderungen	7
1.2	Betroffene Personen	8
1.3	Fach- und Führungsverantwortung	9
2	Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln, Normen	
2.1	Allgemeines	10
2.2	DGUV-Vorschriften	11
2.3	Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)	12
2.4	Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)	13
2.5	Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)	14
3	Grundlagen der Elektrotechnik	
3.1	Stromstärke, Widerstand, Spannung	15
3.2	Schaltungen von Zweipolen	18
3.3	Bezugspfeile	20
3.4	Leistung, Arbeit, Energie, Wirkungsgrad, Wärme	22
3.5	Elektrisches Feld	28
3.5.1	Elektrische Ladung	28
3.5.2	Elektrische Feldstärke	29
3.5.3	Elektrische Flussdichte	30
3.5.4	Kapazität	30
3.5.5	Kapazitiver Blindwiderstand	30
3.5.6	Elektrisches Feld als Energiespeicher	33
3.5.7	Gleichstrom-Schalten von Kondensatoren	33
3.6	Magnetisches Feld	35
3.6.1	Arten magnetischer Stoffe	35
3.6.2	Elektrische Durchflutung	36
3.6.3	Magnetische Feldstärke und Flussdichte	37
3.6.4	Magnetischer Fluss	39
3.6.5	Lorentzkraft	40
3.6.6	Induktion	41
3.6.7	Induktiver Blindwiderstand	45
3.6.8	Magnetisches Feld als Energiespeicher	46
3.6.9	Gleichstrom-Schalten von Spulen	47
3.7	Wirkungen des Wechselstroms	48
3.7.1	Darstellung mit Zeigern	48
3.7.2	Wechselstromleistungen	49
3.7.3	Wechselstromwiderstände	50
3.8	Grundlagen des Transformators	51
4	Versorgung mit elektrischer Energie	
4.1	Grundlagen der Stromversorgung	53
4.1.1	Allgemeines	53
4.1.2	Wärmeleistungwerke	54
4.1.3	Regenerative Stromerzeugung	55
4.2	Stromtransport	59
4.2.1	Zweck der Spannungstransformation	59
4.2.2	Spannungsebenen	59
4.2.3	Umspanwerke	60
4.2.4	Netzformen von Übertragungsnetzen	61
4.2.5	Intelligente Stromnetze (Smart Grids)	62
4.3	Ströme in öffentlichen Netzen	63
4.3.1	Stromarten für die Stromversorgung	63
4.3.2	Erzeugung von Drehstrom	63
4.3.3	Spannungen beim Drehstromnetz	64
4.3.4	Schaltungen bei Drehstrom	65
4.3.5	Leistungen bei Drehstrom	66
4.3.6	Unsymmetrische Belastung bei 3AC	67
4.4	Netzqualität	68
4.4.1	Stromqualität	68
4.4.2	Regelung der Netzspannung	71
4.4.3	Regelung der Netzfrequenz	73
4.5	Verteilungssysteme	74
4.5.1	Arten von Leitern	74
4.5.2	TN-System	75
4.5.3	TT-System	76
4.5.4	IT-System	77
4.5.5	DC-Systeme mit Mittelpunkterdung	77
4.6	SSV-Anlagen	79
5	Planung von elektrischen Anlagen	
5.1	Anforderungen	82
5.2	Gefahren in elektrischen Anlagen	82
5.3	Installationsausführungen	83
5.4	Energieeffizienz	84
6	Schutzmaßnahmen, Schutzeinrichtungen	
6.1	Schutz gegen elektrischen Schlag	86
6.1.1	Allgemeines	86
6.1.2	Berührungsarten	87
6.1.3	Stromgefährdung	87
6.1.4	Basisschutz	88
6.1.5	Maßnahmen für zugleich Basisschutz und Fehlerschutz	88
6.1.6	Fehlerschutz	89
6.1.7	Zusätzlicher Schutz	94
6.1.8	Schutz durch RCM	95
6.1.9	Schutz in elektrotechnisch überwachten Anlagen	96
6.1.10	Schutzleiter und Schutzpotenzialausgleichsleiter	97
6.1.11	Schutzklassen der Betriebsmittel	97
6.1.12	Betätigungselemente in der Nähe berührungsgefährlicher Teile	98
6.2	Überstromschutz	99
6.3	Überspannungsschutz	103
6.4	Koordination elektrischer Betriebsmittel mit Schutzfunktionen	105
6.5	Schutz gegen thermische Auswirkungen	105
6.6	Schutzarten elektrischer Betriebsmittel	107
7	Elektrische Verbindungssysteme	
7.1	Leitungen und Kabel	110
7.2	Steckersysteme, Klemmverbindungen	115
7.3	Leitungsauslegung	118
7.3.1	Gleichzeitigkeitsfaktor	118
7.3.2	Bemessungsstromstärke von Lasten	119
7.3.3	Spannungsfall an Leitungen	121
7.3.4	Leistungsverlust in Leitungen	124
7.3.5	Strombelastbarkeit von Installationsleitungen	125
7.3.6	Einfluss von Oberschwingungen	128
7.3.7	Leiterquerschnittsberechnung	131
7.3.8	Ermittlung maximale Leitungslänge	132
7.4	Leitungsführung	133
7.5	Mindestausstattungen	137
8	Erdung, Hausanschluss, Blitzschutz	
8.1	Erdung	140
8.2	Hausanschluss	143
8.2.1	Ausführung des Hausanschlusses	143

8.2.2	Bemessen der Leitungen bis zu den Stromkreisverteilern	145	14.3.1	Sicherer Betrieb	191
8.2.3	Zählerplatz	147	14.3.2	Sicheres Arbeiten	192
8.2.4	Stromkreisverteiler	148	14.4 Durchführung der Arbeiten	195	
8.3 Blitzschutz	150	14.4.1	Allgemeines	195	
8.3.1	Allgemeines	150	14.4.2	Arbeiten unter Spannung	195
8.3.2	Äußerer Blitzschutz	150	14.4.3	Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile	197
8.3.3	Innerer Blitzschutz	152	14.4.4	Durchführung nicht-elektrotechnischer Arbeiten	198
9 Elektromagnetische Verträglichkeit EMV			14.4.5	Arbeiten beim Instandhalten elektrischer Anlagen	198
9.1 Elektrostatische, elektromagnetische Störungen	154		14.5 Wiederkehrende Prüfungen	199	
9.2 Maßnahmen	155		15 Prüfungen elektrischer Anlagen		
9.3 DGUV Vorschrift 16	161		15.1 Allgemeines	203	
10 Einfache Installationsschaltungen			15.2 Besichtigen	204	
10.1 Schaltpläne	162		15.3 Erproben	204	
10.2 Ausschaltung	163		15.4 Prüfen mit Prüfgeräten	205	
10.3 Serienschaltung	163		15.4.1	Arten der Messungen und Prüfgeräte	205
10.4 Wechselschaltung	164		15.4.2	Prüfen der Durchgängigkeit	206
10.5 Kreuzschaltung	164		15.4.3	Messen des Isolationswiderstandes	206
10.6 Stromstoßschaltung	165		15.4.4	Prüfungen bei Schutzmaßnahmen ohne Schutzleiter	208
10.7 Treppenlicht-Zeitschaltung	165		15.4.5	Messen der Fehlerschleifenimpedanz	209
10.8 Automatikwächter	166		15.4.6	Messen des Erdungswiderstandes	210
10.9 Elektroinstallation mit Funktechnik	167		15.4.7	Messungen bei RCDs	211
11 Beleuchtungsanlagen			15.4.8	Prüfung des Schutzpotenzialausgleichs	212
11.1 Lichttechnische Begriffe	168		15.4.9	Weitere Prüfungen	213
11.2 Anforderungen an die Beleuchtung	169		15.4.10	Zusätzliche Erstprüfungen	213
11.3 Farbwiedergabe	169		15.4.11	Prüfprotokoll	216
11.4 Lampen-Schaltungen	169		16 Prüfungen bei elektrischen Geräten		
11.5 Dimmen von LED-Lampen	171		16.1 Allgemeines	218	
11.6 Symbole auf Leuchten	171		16.2 Sichtprüfung	218	
12 Elektrische Installationen besonderer Orte			16.3 Messen des Schutzleiterwiderstandes	218	
12.1 Orte mit Dusche oder Badewanne	173		16.4 Messen des Isolationswiderstandes	219	
12.1.1	Bereiche	173	16.5 Messen des Schutzleiterstroms	220	
12.1.2	Schutz gegen elektrischen Schlag	174	16.6 Messen des Berührungstroms	221	
12.1.3	Kabel- und Leitungsanlagen	175	16.7 Messen des Geräteableitstroms	222	
12.2 Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten	176		16.8 Prüfen portabler RCDs (PRCDs)	222	
12.2.1	Allgemeines	176	16.9 Funktionsprüfung, Dokumentation	222	
12.2.2	Schutz gegen elektrischen Schlag	176	17 Fehlersuche in elektrischen Anlagen		
12.2.3	Brandschutz	177	17.1 Fehler in der Elektroinstallation	223	
12.2.4	Leitungen und Kabel	178	17.1.1	Allgemeines	223
12.2.5	Trennen und Schalten	178	17.1.2	Prüfgeräte	223
12.2.6	Einrichtungen für Sicherheitszwecke	178	17.1.3	Fehlersituationen	224
12.2.7	Leuchten und Beleuchtungsanlagen	178	17.2 Fehler in elektrischen Geräten	226	
12.3 Ladestationen für Elektrofahrzeuge	179		17.3 Fehler in der Software	226	
13 PV-Anlagen			18 Elektrische Maschinen und maschinelle Anlagen		
13.1 Grundlagen	181		18.1 Elektrische Maschinen	228	
13.2 Installation eine PV-Anlage	182		18.1.1	Allgemeines	228
13.3 Installation einer PV Anlage mit Speichersystem	183		18.1.2	Gleichstrommaschinen	228
13.4 Energieertrag einer PV-Anlage	184		18.1.3	Drehstromantriebe	230
13.5 Blitzschutz, Überspannungsschutz	185		18.1.4	Frequenzrichter	233
13.6 Mini-PV-Anlagen	186		18.2 Anlassen von Drehfeldmotoren	234	
13.7 Brandschutz	186		18.3 Nockenschalter	235	
13.8 Prüfungen und Prüffristen	187		18.4 Schützsaltungen	236	
13.9 Anbindung ans öffentliche Netz	188		18.4.1	Schütze	236
14 Arbeiten an elektrischen Anlagen			18.4.2	Hilfsstromkreise	239
14.1 Arbeitsgrundsätze	190		18.4.3	Einfache Schützsaltungen	242
14.2 Erste Hilfe, Unfallverhütung	190		18.4.4	Schützsaltung mit Steuergerät	244
14.3 Sicherer Betrieb und sicheres Arbeiten	191		18.4.5	Verdrahtungspläne	246
			18.5 Speicherprogrammierbare Steuerungen	247	
			18.5.1	SPS-Grundlagen	247
			18.5.2	Erstellen von SPS-Programmen	248

18.6	Maschinensicherheit	249	19.3	Kennzeichnung in Schaltplänen	275
18.6.1	EU-Maschinenrichtlinie	249	19.4	Wichtige Schaltzeichen der Elektrotechnik	276
18.6.2	Weg zur sicheren Maschine	250	19.5	Auswahl von RCDs	277
18.6.3	Sicherheitsschaltgeräte	252	19.6	Leitungsberechnungen	278
18.6.4	Abschaltsicherheit in Steuerstromkreisen ..	254	19.7	Blitzschutz	279
18.6.5	Funktionale Sicherheit – Performance-Level	256	19.8	Ausschaltung mit Steckdose	280
18.6.6	Funktionale Sicherheit nach SIL	257	19.9	Wechselschaltung mit Steckdose	281
18.7	Elektrische Ausrüstung von Maschinen ...	259	19.10	Sparwechselschaltung mit Steckdose	282
18.7.1	Allgemeines	259	19.11	Unterverteiler einer Wohnung	283
18.7.2	Anforderungen	259	19.12	Prüfungen an elektrischen Anlagen im	
18.7.3	Netzanschlüsse, Trenneinrichtung, Schalter	261		TN-System	284
18.7.4	Schutz gegen elektrischen Schlag	262	19.13	Geräteprüfungen 1	285
18.7.5	Schutz der Ausrüstung	263	19.14	Geräteprüfungen 2	286
18.7.6	Potenzialausgleich	264	19.15	Wiederkehrende Prüfungen	287
18.7.7	Steuerstromkreise	265	19.16	Prüfbericht	288
18.7.8	Bedienerschnittstellen	267	19.17	Arbeiten an Klemmbrettern	289
18.7.9	Anordnung der Schaltgeräte, Leitungen ...	267	19.18	Stern-Dreieck-Schalter	290
18.7.10	Verdrahtungstechnik	268	19.19	Umschalter, Wendeschalter	291
18.7.11	Sonstige Anforderungen	269	19.20	Schützsicherung	292
18.7.12	Schaltschrank	270	19.21	Wendeschützsicherung	293
			19.22	Schaltpläne einer Folgesteuerung	294
			19.23	Geräte-Verdrahtung einer Folgesteuerung	295
19	Arbeitsaufgaben		20	Anhang	296
19.1	Verantwortungen bei elektrotechnischen			Sachwortverzeichnis	302
	Tätigkeiten	273			
19.2	Schaltungsanalyse	274			

Bildquellenverzeichnis

Die meisten Bilder entstammen aus dem Arbeitsumfeld des Autors. Ergänzend hierzu haben die nachfolgend aufgeführten Unternehmen und Institutionen die bildliche Ausgestaltung unterstützt. Dabei sind für diese alle Rechte vorbehalten. Kein Teil darf ohne vorherige schriftliche Genehmigung weitergegeben, in einem Datensystem gespeichert oder in irgendeiner Form, weder elektronisch noch mechanisch, durch Fotokopie, Aufnahme, noch durch andere Art übertragen werden. Dies gilt auch für die Bilder des Autors.

Allen Beteiligten wird sehr herzlich gedankt.

Adaptaflex GmbH, Mörfelden-Walldorf: 260/1; **Albrecht JUNG GmbH & Co. KG**, Schalksmühle: 167/2; **Benning Elektrotechnik und Elektronik GmbH & Co. KG**, Bocholt: 205/2, 213/1, 223/2; **BRADY GmbH, SETON Division**, Egelsbach: 222/3; **Dehn + Söhne GmbH**, Neumarkt: 196/1; **Eaton Industries**, Bonn: 238/2; **EnBW AG**, Karlsruhe: 60/2, 60/3; **EU-Kommission**, BEL-Brüssel: 161/2 a, 250/1; **Fluke Deutschland GmbH**, Glottertal: 210/2; **Günther Spelsberg GmbH + Co.KG**, Schalksmühle: 108/2; **Gustav Hensel GmbH**, Lennestad: 149/1; **Hager Vertriebsgesellschaft mbH & Co. KG**, Blieskastel: 100/1, 143/1, 147/1; **Hauff-Technik GmbH**, Herbrechtingen: 144/1+2; **JOKARI GmbH & Co.KG**, Aschberg-Herbern: 117/1; **Kraus & Naimer GmbH**, A-Wien: 235/1; **MENNEKES Elektrotechnik GmbH & Co. KG**, Kirchhunden: 179/3, 180/2; **Siemens AG**, München: 54/1, 103/3 mitte, 106/2, 108/1, 160/2, 228/3, 231/1+2, 272/2; **Statistisches Bundesamt**: 53/2; **VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut GmbH**, Frankfurt am Main: 161/2 b; **Zapp-Zimmermann GmbH**, Köln: 83/1;

Literaturhinweise

H. Fritsche u. a.	Schutz durch DIN VDE	Verlag Europa-Lehrmittel
S. Brehm u. a.	Arbeitsblätter Schutz durch DIN VDE	Verlag Europa-Lehrmittel
G. Häberle u. a.	Tabellenbuch Elektrotechnik	Verlag Europa-Lehrmittel
H. Fritsche u. a.	Fachwissen Betriebs- und Antriebstechnik	Verlag Europa-Lehrmittel
H. Bumiller u. a.	Fachkunde Elektrotechnik	Verlag Europa-Lehrmittel
H. Häberle u. a.	Einführung in die Elektroinstallation	Hüthig GmbH