



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für elektrotechnische Berufe

# Fachkunde Elektrotechnik

**30. überarbeitete und erweiterte Auflage**

Bearbeitet von Lehrern an beruflichen Schulen und von Ingenieuren  
(siehe Rückseite)

Lektorat: Klaus Tkotz, Kronach

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL • Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsseldorfer Straße 23 • 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 30138

**ULB Darmstadt**



**Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz . 15**

<b>1.1</b>	<b>Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz</b>	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>Produktsicherheitsgesetz</b>	<b>15</b>
<b>1.3</b>	<b>Gefahrstoffverordnung</b>	<b>16</b>
<b>1.4</b>	<b>Sicherheitszeichen</b>	<b>17</b>
<b>1.5</b>	<b>Erste Hilfe</b>	<b>18</b>
	Praxistipp: Gefährdungsbeurteilung	19
	Wiederholungsseite zu Kapitel 1	20

**AVD Grundbegriffe der Elektrotechnik . . . . . 21**

<b>2.1</b>	<b>Umgang mit physikalischen Größen</b>	<b>21</b>
	Masse und Kraft	21
	Mechanische Arbeit	22
	Energie	22
	Mechanische Leistung	22
<b>2.2</b>	<b>Arten von Stromkreisen</b>	<b>23</b>
	Elektrischer Gleichstromkreis	24
	Schaltzeichen	25
<b>2.3</b>	<b>Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge)</b>	<b>26</b>
	Aufbau der Atome	27
<b>2.4</b>	<b>Elektrische Spannung</b>	<b>28</b>
2.4.1	Spannungserzeugung	28
2.4.2	Spannung am Verbraucher	28
2.4.3	Potenzial	28
2.4.4	Arten der Spannungserzeugung	29
2.4.5	Messen elektrischer Spannung	30
<b>2.5</b>	<b>Elektrischer Strom</b>	<b>31</b>
2.5.1	Elektrischer Strom in Metallen	32
2.5.2	Messen elektrischer Stromstärke	32
2.5.3	Wirkungen des elektrischen Stromes	33
2.5.4	Stromarten	34
2.5.5	Stromdichte	35
<b>2.6</b>	<b>Elektrischer Widerstand und Leitwert</b>	<b>36</b>
<b>2.7</b>	<b>Ohmsches Gesetz</b>	<b>37</b>
<b>2.8</b>	<b>Leiterwiderstand</b>	<b>38</b>
<b>2.9</b>	<b>Temperaturabhängigkeit des Widerstandes</b>	<b>39</b>
<b>2.10</b>	<b>Bauarten von Widerständen</b>	<b>40</b>
<b>2.11</b>	<b>Elektrische Energie und Arbeit</b>	<b>42</b>
2.11.1	Gewinnung elektrischer Energie	42
2.11.2	Elektrische Arbeit	43
<b>2.12</b>	<b>Elektrische Leistung</b>	<b>44</b>
<b>2.13</b>	<b>Wirkungsgrad</b>	<b>46</b>
<b>2.14</b>	<b>Elektrowärme</b>	<b>47</b>
	Wiederholungsseite zu Kapitel 2	48

**3****Grundschaltungen der Elektrotechnik . . . 49**

<b>3.1</b>	<b>Reihenschaltung</b>	<b>49</b>
3.1.1	Gesetze der Reihenschaltung	49
3.1.2	Vorwiderstände	51
3.1.3	Spannungsfall an Leitungen	52
<b>3.2</b>	<b>Parallelschaltung</b>	<b>53</b>
<b>3.3</b>	<b>Gemischte Schaltungen</b>	<b>55</b>
3.3.1	Spannungsteiler	55
3.3.2	Brückenschaltung	57
3.3.2.1	Abgeglichene Brückenschaltung	57
3.3.2.2	Nicht abgeglichene Brückenschaltung	58
3.3.3	Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung	59
<b>3.4</b>	<b>Spannungsquelle</b>	<b>60</b>
3.4.1	Belastungsfälle einer Spannungsquelle	60
3.4.2	Ersatzschaltbild einer Spannungsquelle	61
3.4.3	Anpassung	61
3.4.4	Schaltungen von Spannungsquellen	63
<b>3.5</b>	<b>Galvanische Elemente</b>	<b>64</b>
3.5.1	Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie	64
3.5.2	Primärelemente	65
3.5.3	Sekundärelemente (Akkumulatoren)	67
	Wiederholungsseite zu Kapitel 3	70

**4****Elektrisches Feld . . . . . 71**

<b>4.1</b>	<b>Eigenschaften des elektrischen Feldes</b>	<b>71</b>
<b>4.2</b>	<b>Grundbegriffe</b>	<b>72</b>
4.2.1	Elektrische Feldstärke	72
4.2.2	Elektrische Influenz und Polarisation	72
4.2.3	Elektrische Felder in der Praxis	73
<b>4.3</b>	<b>Kondensator im Gleichstromkreis</b>	<b>74</b>
4.3.1	Verhalten eines Kondensators	74
4.3.2	Kapazität eines Kondensators	74
	Berechnung der Kapazität von Kondensatoren	75
4.3.3	Laden und Entladen von Kondensatoren	76
4.3.4	Energie des geladenen Kondensators	77
<b>4.4</b>	<b>Schaltungen von Kondensatoren</b>	<b>78</b>
4.4.1	Parallelschaltung	78
4.4.2	Reihenschaltung	78
<b>4.5</b>	<b>Kenngrößen und Bauarten von Kondensatoren</b>	<b>79</b>
4.5.1	Kenngrößen	79
4.5.2	Bauarten	79
	Wiederholungsseite zu Kapitel 4	81

**5****Magnetisches Feld . . . . . 82**

<b>5.1</b>	<b>Eigenschaften der Magnete und Darstellungshilfen</b>	<b>82</b>
<b>5.2</b>	<b>Elektromagnetismus</b>	<b>84</b>
5.2.1	Stromdurchflossener Leiter und Magnetfeld	84
5.2.2	Stromdurchflossene Spule und Magnetfeld	85
<b>5.3</b>	<b>Magnetische Größen</b>	<b>86</b>
5.3.1	Magnetischer Fluss $\Phi$	86
5.3.2	Elektrische Durchflutung $\Theta$	86
5.3.3	Magnetische Feldstärke $H$	87
5.3.4	Magnetische Flussdichte $B$	87
<b>5.4</b>	<b>Eisen im Magnetfeld einer Spule</b>	<b>88</b>
<b>5.5</b>	<b>Strom und Magnetfeld</b>	<b>91</b>
5.5.1	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld	91
5.5.2	Stromdurchflossene Spule im Magnetfeld	93
5.5.3	Stromdurchflossene parallele Leiter	93
<b>5.6</b>	<b>Spannungserzeugung durch Induktion</b>	<b>94</b>
5.6.1	Generatorprinzip (Induktion der Bewegung)	94
5.6.2	Lenzsche Regel	95
5.6.3	Transformatorprinzip (Induktion der Ruhe)	96
5.6.4	Selbstinduktion	98
5.6.5	Wirbelströme	99
	Wiederholungsseite zu Kapitel 5	100

**6****Schaltungstechnik . . . . . 101**

<b>6.1</b>	<b>Schaltungsunterlagen</b>	<b>101</b>
	Praxistipp: Installation einer Wechsel-schaltung mit Steckdose	103
<b>6.2</b>	<b>Installationsschaltungen</b>	<b>104</b>
6.2.1	Lampenschaltungen	104
6.2.2	Schaltungen mit Meldeleuchten	106
6.2.3	Stromstoßschaltung	107
6.2.4	Infrarot-Bewegungsmelder	107
6.2.5	Treppenlicht-Zeitschaltung	108
6.2.6	Hausrufanlagen	108
6.2.7	Haussprechanlagen	109
<b>6.3</b>	<b>Elektromagnetische Schalter</b>	<b>111</b>
6.3.1	Relais	112
6.3.2	Schütze	114
6.3.3	Schützsicherungen	115
	Tippbetrieb	115
	Selbsthalteschaltung	115
	Folgeschaltung	116
6.3.3.1	Anwendungen von Schützsicherungen	116
	Wendeschutzschaltung	116
	Stern-Dreieck-Schutzschaltung	117
	Automatische Stern-Dreieck-Schutzschaltung	119
	Dahlanderschaltung	120
<b>6.4</b>	<b>Klemmenplan</b>	<b>121</b>
<b>6.5</b>	<b>Elektrische Ausrüstung von Maschinen</b>	<b>122</b>
	Praxistipp: Anforderungen an Steuerstromkreise	124
	Wiederholungsseite zu Kapitel 6	125

<b>7</b>	<b>Wechselstromtechnik</b>	<b>126</b>	<b>8</b>	<b></b>	<b></b>
<b>7.1</b>	<b>Kenngrößen der Wechselstromtechnik</b>	<b>126</b>	<b>8.1</b>	<b>Elektrische Messgeräte</b>	<b>1</b>
7.1.1	Periode und Scheitelwert	126	8.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik	1
7.1.2	Frequenz und Periodendauer	126	8.1.2	Anzeigearten von Messgeräten	1
7.1.3	Frequenz und Wellenlänge	127	8.1.3	Analoge Messgeräte	1
<b>7.2</b>	<b>Sinusförmige Wechselgrößen</b>	<b>128</b>	8.1.3.1	Messfehler von analogen Messgeräten	1
7.2.1	Zeigerdarstellung von Sinusgrößen	128	8.1.3.2	Elektrische Messwerke	1
7.2.2	Kreisfrequenz	129	8.1.4	Digitale Messgeräte	17
7.2.3	Erzeugung von Sinusspannungen	129	8.1.5	Elektrizitätszähler	1
7.2.4	Scheitelwert und Effektivwert bei sinusförmigen Wechselgrößen	130	8.1.5.1	Induktionszähler	1
7.2.5	Zeitlicher Verlauf von Wechselgrößen	131	8.1.5.2	Elektronische Elektrizitätszähler	17
7.2.6	Nichtsinusförmige Spannungen und Ströme	132	<b>8.2</b>	<b>Praktisches Messen</b>	<b>1</b>
7.2.7	Phasenverschiebung	133	8.2.1	Messen von Leistungen	1
7.2.8	Wirkwiderstand	133	8.2.2	Messen von Widerständen	17
7.2.9	Scheinwiderstand	133	8.2.3	Messen mit Strommesszangen	17
<b>7.3</b>	<b>Spule im Wechselstromkreis</b>	<b>134</b>	8.2.4	Messkategorien	17
7.3.1	Induktiver Blindwiderstand	134	8.2.5	Durchführung einer praktischen Messung	1
7.3.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	135		Praxistipp: Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen	17
7.3.3	Spannungsdreieck	136	<b>8.3</b>	<b>Oszilloskop</b>	<b>1</b>
7.3.4	Widerstandsdreieck	137	8.3.1	Analoges Oszilloskop	17
7.3.5	Verlustwinkel, Verlustfaktor und Gütefaktor einer Spule	137	8.3.1.1	Aufbau eines Analog-Oszilloskops	17
7.3.6	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	138	8.3.1.2	Zweikanal-Oszilloskop	18
7.3.7	Stromdreieck und Leitwertdreieck	138	8.3.1.3	Messen mit dem Oszilloskop	181
<b>7.4</b>	<b>Leistungen im Wechselstromkreis</b>	<b>139</b>	8.3.2	Digitaler Speicher-Oszilloskop	18
7.4.1	Wirkleistung	139		Praxistipp: Messen mit dem Oszilloskop	183
7.4.2	Scheinleistung	139	<b>8.4</b>	<b>Messen nichtelektrischer Größen mit Sensoren</b>	<b>1</b>
7.4.3	Blindleistung	140	8.4.1	Aktive und passive Sensoren	1
7.4.4	Leistungsdreieck bei induktiver Last	140	8.4.2	Anwendungen von Sensoren	185
7.4.5	Leistungsfaktor, Wirkfaktor und Blindfaktor	141	8.4.2.1	Sensoren zur Weg- und Winkelmessung	185
7.4.6	Verlustleistung bei realen Spulen	141	8.4.2.2	Sensoren zur Messung von Dehnung, Kraft, Druck und Drehmoment	187
<b>7.5</b>	<b>Kondensator im Wechselstromkreis</b>	<b>142</b>	8.4.2.3	Sensoren zur Messung von Temperaturen	188
7.5.1	Kapazitiver Blindwiderstand	142	8.4.3	Näherungsschalter	189
7.5.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	143	8.4.3.1	Optische Näherungsschalter	189
7.5.3	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	144	8.4.3.2	Induktive Näherungsschalter	189
7.5.4	Verlustwinkel und Gütefaktor eines Kondensators	145	8.4.3.3	Kapazitive Näherungsschalter	190
<b>7.6</b>	<b>Schaltung aus Spule, Kondensator und Wirkwiderstand</b>	<b>146</b>	8.4.3.4	Ausführung von Näherungsschaltern	190
7.6.1	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	146		Wiederholungsseite zu Kapitel 8	191
7.6.2	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	147	<b>9</b>	<b>Elektronik</b>	<b>192</b>
<b>7.7</b>	<b>Schwingkreise</b>	<b>148</b>	<b>9.1</b>	<b>Halbleiterwerkstoffe</b>	<b>192</b>
7.7.1	Resonanz	149	<b>9.2</b>	<b>Halbleiterwiderstände</b>	<b>194</b>
7.7.2	Reihenschwingkreis	149	9.2.1	Spannungsabhängige Widerstände (Varistoren)	194
7.7.3	Parallelschwingkreis	150	9.2.2	Heißleiter (NTC-Widerstände)	195
<b>7.8</b>	<b>Siebschaltungen</b>	<b>152</b>	9.2.3	Kaltleiter (PTC-Widerstände)	196
7.8.1	RL-Tiefpass	152	9.2.4	Feldplatten	198
7.8.2	RL-Hochpass	152	<b>9.3</b>	<b>Halbgeneratoren</b>	<b>198</b>
7.8.3	RC-Tiefpass	153	<b>9.4</b>	<b>Halbleiterdioden</b>	<b>199</b>
7.8.4	RC-Hochpass	153	9.4.1	Wirkungsweise	199
<b>7.9</b>	<b>Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)</b>	<b>154</b>	9.4.2	Leistungsdioden	199
7.9.1	Entstehung der Dreiphasenwechselspannung	154	9.4.3	Z-Dioden (Begrenzerdioden)	200
7.9.2	Verkettung	154	9.4.4	Halbleiterkennzeichnung	201
7.9.3	Sternschaltung	156	9.4.5	Kühlung von Halbleiterbauelementen	202
7.9.4	Dreieckschaltung	158	<b>9.5</b>	<b>Transistoren</b>	<b>203</b>
7.9.5	Leiterfehler in Drehstromsystemen	159	9.5.1	Bipolare Transistoren	203
7.9.6	Leistung in Drehstromsystemen	160	9.5.1.1	Transistoren in der Praxis	205
7.9.7	Leistungsmessung in Drehstromsystemen	161	9.5.1.2	Einstellung des Arbeitspunktes	206
<b>7.10</b>	<b>Kompensation</b>	<b>162</b>	9.5.1.3	Stabilisierung des Arbeitspunktes	207
7.10.1	Kompensationsarten	163	9.5.1.4	Transistor als Schalter	208
7.10.2	Bemessung von Kompensationskondensatoren	164	9.5.1.5	Kippschaltungen	210
7.10.3	Tonfrequenzsperrkreise	164		Bistabile Kippschaltung	210
7.10.4	Kompensation bei nichtsinusförmigen Strömen	165		Timer-IC NE 555	210
	Wiederholungsseite zu Kapitel 7	166		Monostabile Kippschaltung	211
				Astabile Kippschaltung	211
				Schwellwertschalter (Schmitt-Trigger)	211
				Verstärkerschaltungen	212
				Grundbegriffe der Verstärkertechnik	212
				Grundschaltungen des bipolaren Transistors	212
				Einstufiger bipolarer Transistorverstärker in Emitterschaltung	213
				Feldeffekttransistoren (FET)	214
				Verstärkergrundschaltungen mit Feldeffekttransistoren	216
				<b>9.6</b>	<b>Optoelektronik</b>
				9.6.1	Optoelektronische Sender



10.1.6	Elektromagnetische Verträglichkeit und TN-System .....	302
<b>10.2</b>	<b>Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen .....</b>	<b>305</b>
10.2.1	Isolierte Leitungen .....	305
	Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern ..	308
10.2.2	Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen .....	309
10.2.3	Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen .....	309
10.2.4	Datenleitungen .....	310
	Praxistipp: Verlegen von Leitungen .....	311
<b>10.3</b>	<b>Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher .....</b>	<b>312</b>
<b>10.4</b>	<b>Schutzschalter .....</b>	<b>315</b>
10.4.1	Thermischer Auslöser .....	315
10.4.2	Elektromagnetischer Auslöser .....	315
10.4.3	Leitungsschutzschalter .....	316
10.4.4	Selektiver Hauptleitungsschutzschalter .....	316
10.4.5	Leistungsschalter .....	317
10.4.6	Motorschutzeinrichtungen .....	317
<b>10.5</b>	<b>Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen .....</b>	<b>320</b>
10.5.1	Spannungsfall an Leitungen .....	321
10.5.2	Anordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen .....	322
	Praxistipp: Beispiel einer Leitungsberechnung ..	323
	Praxistipp: Leiterquerschnittsermittlung bei Oberschwingungsströmen .....	324
<b>10.6</b>	<b>Räume und Anlagen besonderer Art .....</b>	<b>326</b>
10.6.1	Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche .....	326
10.6.2	Sauna-Anlagen .....	328
10.6.3	Baustellen .....	328
10.6.4	Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten .....	329
10.6.5	Feuergefährdete Betriebsstätten .....	330
10.6.6	Explosionsgefährdete Bereiche .....	332
10.6.7	Medizinisch genutzte Bereiche .....	333
10.6.8	Stromversorgungen für Elektro-Fahrzeuge ..	334
10.6.8.1	Ladestationen .....	334
10.6.8.2	Ladebetriebsarten und Ladesteckeinrichtungen ..	335
10.6.8.3	Installationsvorschriften .....	335
10.6.9	Übersicht der Raumarten und Betriebsstätten ..	336
<b>10.7</b>	<b>Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen .....</b>	<b>337</b>
10.7.1	Verhalten beim Brand in elektrischen Anlagen ..	337
10.7.2	Löschmittel .....	337
	Wiederholungsseite zu Kapitel 10 .....	338

## **11** **Schutzmaßnahmen .....** **339**

<b>11.1</b>	<b>Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom .....</b>	<b>339</b>
11.1.1	Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper .....	339
11.1.2	Direktes und indirektes Berühren .....	341
11.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen .....	341
<b>11.2</b>	<b>Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen .....</b>	<b>342</b>
11.2.1	Schutzklassen .....	342
11.2.2	IP-Schutzarten .....	343
11.2.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen .....	344
11.2.4	Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik .....	345
11.2.5	Fehlerarten in elektrischen Anlagen .....	346
11.2.6	Spannungen im Fehlerfall .....	346
<b>11.3</b>	<b>Netzsysteme .....</b>	<b>347</b>
<b>11.4</b>	<b>Schutz gegen elektrischen Schlag .....</b>	<b>348</b>
<b>11.5</b>	<b>Automatische Abschaltung der Stromversorgung .....</b>	<b>349</b>
11.5.1	Anforderungen an den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren) .....	349
11.5.2	Anforderungen an den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) .....	350
11.5.3	Schutz im TN-System .....	351
11.5.4	Schutz im TT-System .....	352
11.5.5	Schutz im IT-System .....	353
<b>11.6</b>	<b>Doppelte oder verstärkte Isolierung .....</b>	<b>354</b>
<b>11.7</b>	<b>Schutztrennung .....</b>	<b>354</b>
<b>11.8</b>	<b>Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV .....</b>	<b>355</b>

<b>11.9</b>	<b>Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen .....</b>	<b>377</b>
11.9.1	Aufbau und Funktion .....	378
11.9.2	Anwendungen von RCDs .....	379
11.9.3	Kennwerte von RCDs .....	381
11.9.4	Auswahl und Einsatz von RCDs .....	382
11.9.5	RCD als Brandschutz .....	383
<b>11.10</b>	<b>Differenzstrom-Überwachungseinrichtung .....</b>	<b>384</b>
<b>11.11</b>	<b>Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden .....</b>	<b>386</b>
<b>11.12</b>	<b>Prüfen der Schutzmaßnahmen .....</b>	<b>387</b>
11.12.1	Erstprüfungen von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln nach DIN VDE 0100, Teil 600 .....	388
11.12.2	Prüfen der Schutzleiter und Schutzpotenzialausgleichsleiter .....	389
11.12.3	Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen .....	390
11.12.4	Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung .....	391
11.12.5	Messen des Isolationswiderstandes von Fußböden und Wänden .....	392
11.12.6	Prüfen der Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-, TT- und IT-System .....	393
11.12.6.1	Prüfen im TN-System .....	394
11.12.6.2	Messen der Schleifenimpedanz .....	395
11.12.6.3	Prüfen im IT-System .....	396
11.12.6.4	Messen des Erdungswiderstandes .....	397
11.12.6.5	Prüfen im IT-System .....	398
11.12.7	Prüfen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) .....	399
11.12.8	Prüfen der Drehfeldrichtung .....	400
11.12.9	Wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Anlagen und ortsfesten Betriebsmitteln nach DIN VDE 0105 .....	401
11.12.10	E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage ..	402
11.12.11	Praxistipp: Prüfung elektrischer Anlagen .....	403
11.12.12	Praxistipp: Beispiel Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) hat ausgelöst .....	404
<b>11.13</b>	<b>Schutz gegen elektrostatische Aufladung .....</b>	<b>375</b>
	Wiederholungsseite zu Kapitel 11 .....	376

## **12** **Gebäudetechnische Anlagen .....** **377**

<b>12.1</b>	<b>Beleuchtungsanlagen .....</b>	<b>377</b>
12.1.1	Farbspektrum und Farbwiedergabe .....	378
12.1.2	Lichttechnische Größen .....	379
12.1.3	Kriterien für eine gute Beleuchtung .....	381
12.1.4	Energieeffizienzanforderungen .....	382
12.1.5	Lampenübersicht .....	383
12.1.6	Halogenlampen .....	384
12.1.7	Leuchtstofflampen .....	386
12.1.8	Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen .....	387
12.1.9	Induktionslampen .....	388
12.1.10	Natriumdampf-Niederdrucklampen .....	388
12.1.11	LED-Lampen .....	388
	Praxistipp: Halogen-Beleuchtung wird durch LED-Beleuchtung ersetzt .....	389
	Praxistipp: Beispiel zur Ermittlung der Lampenzahl .....	390
12.1.12	Lichtberechnungssoftware .....	391
12.1.13	Lichtstärkeverteilung von Leuchten .....	391
12.1.14	Lichtmanagementsysteme .....	392
<b>12.2</b>	<b>Elektrogeräte .....</b>	<b>393</b>
12.2.1	Allgemeines über Elektrogeräte .....	393
12.2.2	Elektrische Warmwasserbereiter .....	394
12.2.3	Elektrische Raumheizung .....	396
12.2.4	Elektrische Geräte zur Nahrungsvorratshaltung und -zubereitung .....	400
12.2.5	Elektrische Geräte zur Wäschepflege und Geschirreinigung .....	404
12.2.5.1	Waschmaschine .....	404
12.2.5.2	Wäschetrockner .....	405
12.2.5.3	Geschirrspülmaschine .....	406
12.2.6	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) elektrischer Geräte .....	407
12.2.7	Prüfen von Elektrogeräten nach Instandsetzung und Änderung .....	409

12.2.8	Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten	411	13.2.1.7	Bauformen und Baugrößen von drehenden elektrischen Maschinen	479
<b>12.3</b>	<b>Antennen- und Verteilanlagen</b>	<b>412</b>	13.2.1.8	Elektrische Isolierung	479
12.3.1	Wirkungsweise der Antennen	412	13.2.2	Drehstromasynchronmotoren	480
12.3.2	Empfangsantennen	413	13.2.2.1	Entstehung des Drehfeldes	480
12.3.3	Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß und Pegel	415	13.2.2.2	Kurzschlussläufermotor	481
12.3.4	Aufbau von Antennenanlagen	416	13.2.2.3	Anlassen von Kurzschlussläufermotoren	484
12.3.5	Satelliten-Fernsehempfangsanlagen	417	13.2.2.4	Schleifringläufermotor	486
	Praxistipp: Baugruppen zum digitalen Sat-Empfang	420	13.2.2.5	Polumschaltbare Motoren	487
12.3.6	DVB-T-Fernsehempfangsanlagen	421		Praxistipp: Anschließen eines Drehstrommotors	488
12.3.7	Breitband-Kommunikationsanlagen	421		Formelübersicht zum Drehstrommotor	489
12.3.8	Berechnung einer Empfangsantennenanlage	422		Praxistipp: Auswahl eines Elektromotors	490
12.3.9	Errichten von Empfangsantennenanlagen	423	13.2.2.6	Bremsbetrieb von Drehstromasynchronmotoren	492
	Praxistipp: Multimediaverkabelung im Wohnbereich	423	13.2.2.7	Drehstrommotor an Wechselspannung (Steinmetzschaltung)	493
<b>12.4</b>	<b>Telekommunikation</b>	<b>425</b>	13.2.2.8	Wechselstrom-Asynchronmotor	494
12.4.1	Datenübertragung	426	13.2.3	Drehstromlinearmotoren	495
12.4.2	Analoges Telekommunikationssystem	426	13.2.4	Synchronmotor	496
12.4.3	Digitales Kommunikationssystem	427	13.2.5	Sondermotoren	497
<b>12.5</b>	<b>Gebäudeautomation</b>	<b>431</b>	13.2.5.1	Spaltpolmotor	497
12.5.1	Gebäudeleittechnik	431	13.2.5.2	Reluktanzmotor	498
12.5.2	Gebäudesystemtechnik	432	13.2.5.3	Schrittmotor	498
	Praxistipp: KNX-Projekt programmieren	436	13.2.6	Synchrongenerator	501
	Praxistipp: Umrüsten einer Jalousiesteuerung auf KNX	438	13.2.7	Stromwendermaschinen	503
12.5.3	Gebäudeautomation mit Visualisierung	439	13.2.7.1	Wirkungsweise	503
	Praxistipp: Das vernetzte Haus	440	13.2.7.2	Aufbau einer Gleichstrommaschine	504
<b>12.6</b>	<b>Gefahrenmeldeanlagen</b>	<b>442</b>	13.2.7.3	Ankerquersfeld und Ankerrückwirkung	505
12.6.1	Einbruchmeldeanlagen	442	13.2.7.4	Anschlussbezeichnungen	506
12.6.2	Brandmeldeanlagen	446	13.2.7.5	Arten von Gleichstrommotoren	507
	Praxistipp: Beispiel einer Einbruchmeldeanlage	448	13.2.7.6	Anlassen von Gleichstrommotoren	509
	Praxistipp: Installation von Rauchmeldern	449	13.2.7.7	Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren	510
<b>12.7</b>	<b>Blitzschutz</b>	<b>450</b>	13.2.7.8	Universalmotor	511
12.7.1	Entstehung der Gewitterzelle	450	13.2.8	Servomotoren	512
12.7.2	Wirkungen des Blitzstromes	450	13.2.8.1	Gleichstromservomotor	513
12.7.3	Blitzschutzsysteme	450	13.2.8.2	Drehstromservomotor	513
12.7.3.1	Äußerer Blitzschutz	451	13.2.9	Wartung und Prüfung elektrischer Maschinen	516
12.7.3.2	Innerer Blitzschutz	452		Wiederholungsseite zu Kapitel 13	517
12.7.3.3	Trennungsabstand	453			
	Wiederholungsseite zu Kapitel 12	455			
<b>13</b>	<b>Elektrische Maschinen</b>	<b>456</b>	<b>14</b>	<b>Informationstechnik</b>	<b>518</b>
<b>13.1</b>	<b>Transformatoren</b>	<b>457</b>	<b>14.1</b>	<b>Bereiche der Informationstechnik</b>	<b>518</b>
13.1.1	Einphasentransformatoren	457	<b>14.2</b>	<b>Computer, Programme und Peripherie</b>	<b>519</b>
13.1.1.1	Aufbau und Wirkungsweise	457	14.2.1	Bestandteile und Funktionsweise eines Computers	519
13.1.1.2	Leerlaufspannung	457	14.2.2	Hardware, Software und Firmware	520
13.1.1.3	Übersetzungen	458	14.2.3	Computersystem	520
13.1.1.4	Betriebsverhalten im Leerlauf	459	<b>14.3</b>	<b>Mikrocomputer</b>	<b>521</b>
13.1.1.5	Betriebsverhalten bei Belastung	459	<b>14.4</b>	<b>Personal Computer (PC)</b>	<b>522</b>
13.1.1.6	Betriebsverhalten bei Kurzschluss	460	14.4.1	Komponenten eines PCs	522
13.1.1.7	Kurzschlussstrom und Einschaltstrom	461	14.4.2	Mikroprozessor (CPU)	523
13.1.1.8	Wirkungsgrad von Transformatoren	462	14.4.3	Halbleiterspeicher	524
13.1.2	Kleintransformatoren	463	14.4.4	Buskommunikation	525
13.1.2.1	Aufbau	463	14.4.5	Eingabe- und Ausgabe-Einheit	525
13.1.2.2	Arten von Kleintransformatoren	464		Praxistipp: Auswahl eines PC-Mainboard	526
13.1.2.3	Prüfspannungen bei Kleintransformatoren	465	<b>14.5</b>	<b>Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung</b>	<b>527</b>
13.1.3	Sondertransformatoren	466	14.5.1	Geräte zur Eingabe	527
13.1.3.1	Spartransformatoren	466	14.5.2	Geräte zur Ausgabe	527
13.1.3.2	Streueldtransformatoren	467	14.5.2.1	Drucker	527
13.1.4	Messwandler	467	14.5.2.2	Farbmonitore	528
13.1.4.1	Spannungswandler	467	14.5.3	Periphere Geräte zur Datenspeicherung	529
13.1.4.2	Stromwandler	468		Praxistipp: Servicearbeiten am PC	530
13.1.5	Drehstromtransformatoren	469	<b>14.6</b>	<b>Software</b>	<b>531</b>
13.1.5.1	Aufbau und Prinzip	469	14.6.1	Systemprogramme	531
13.1.5.2	Schaltungen	470	14.6.2	Anwendungsprogramme	532
13.1.5.3	Unsymmetrische Belastung	472	14.6.3	Softwareentwicklung	533
13.1.5.4	Gebräuchliche Schaltgruppen	473	<b>14.7</b>	<b>Vernetzung von Computern</b>	<b>534</b>
13.1.6	Parallelschalten von Transformatoren	474	14.7.1	Dienste in Computernetzwerken	534
<b>13.2</b>	<b>Rotierende elektrische Maschinen</b>	<b>475</b>	14.7.2	Netzwerktopologien	534
13.2.1	Grundlagen	475	14.7.3	Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN) in Sterntopologie	535
13.2.1.1	Leistung und Drehmoment	475	14.7.4	Netzwerkprotokoll	536
13.2.1.2	Aufbau umlaufender Maschinen	476	14.7.5	Globales Netzwerk Internet	537
13.2.1.3	Leistungsschild	476		Praxistipp: Verbinden von zwei PCs über ein Netzwerk	538
13.2.1.4	Drehsinn	476		Praxistipp: Herstellen einer WLAN-Verbindung zu einem Netzwerk	539
13.2.1.5	Betriebsarten elektrischer Maschinen	477			
13.2.1.6	Kühlung elektrischer Maschinen	478			

<b>14.8</b>	<b>Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte</b>	<b>540</b>
<b>14.9</b>	<b>Schädliche Programme (Malware)</b>	<b>540</b>
	Wiederholungsseite zu Kapitel 14	541

## **15** **Automatisierungstechnik** ..... 542

<b>15.1</b>	<b>Steuerungstechnik</b>	<b>542</b>
15.1.1	Steuern	542
15.1.1.1	Fachbegriffe der Steuerungstechnik	542
15.1.1.2	Steuerungsarten	543
<b>15.2</b>	<b>Kleinsteuergeräte</b>	<b>545</b>
<b>15.3</b>	<b>Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)</b>	<b>547</b>
15.3.1	Aufbau	547
15.3.2	Programmiersprachen	548
15.3.3	Arbeitsweise einer SPS	548
15.3.4	Bausteinstruktur in STEP 7	550
15.3.5	Programmierung	551
15.3.5.1	Grundverknüpfungen	551
15.3.5.2	Öffner und Schließer	552
15.3.5.3	Speicherfunktionen	554
15.3.5.4	Zeitfunktionen	556
15.3.5.5	Zähler	557
15.3.5.6	Vergleicher	559
15.3.6	Ablaufsteuerungen	560
15.3.6.1	Arten von Ablaufsteuerungen	560
15.3.6.2	Betriebsarten	560
15.3.6.3	Ablaufkette (Struktur)	561
15.3.6.4	Verzweigte Ablaufketten (Ablaufauswahl)	562
15.3.6.5	Programmierung einer Ablaufkette mit SPS	563
15.3.7	Bibliotheksfähige Bausteine	564
	Praxistipp: S7-Projekt erstellen	567
15.3.8	Maschinensicherheit	569
15.3.8.1	Sicherheitskategorien (Performance Level)	569
15.3.8.2	Sicherheitsbezogene Teile	569
15.3.8.3	Handlungen im Notfall (NOT-HALT, NOT-AUS)	570
15.3.9	Bussysteme	571
15.3.9.1	Feldbusse	571
<b>15.4</b>	<b>Prozessvisualisierung</b>	<b>575</b>
<b>15.5</b>	<b>Regelungstechnik</b>	<b>577</b>
15.5.1	Aufgaben und Begriffe	577
15.5.2	Regelstrecken	578
15.5.2.1	Statisches Verhalten von Regelstrecken	578
15.5.2.2	Dynamisches Verhalten von Regelstrecken	579
15.5.3	Regler	582
15.5.3.1	Unstetige Regler	582
15.5.3.2	Stetige Regler	584
15.5.4	Regelkreis	588
15.5.4.1	Schwingungsverhalten	588
15.5.4.2	Reglerauswahl	588
15.5.4.3	Reglereinstellung	589
15.5.5	Universalregler	590
	Praxistipp: Entwurf einer Regelung	591
	Wiederholungsseite zu Kapitel 15	592

## **16** **Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz und Energieeinsparung** ..... 593

<b>16.1</b>	<b>Werkstoffe der Elektrotechnik</b>	<b>593</b>
16.1.1	Leiter- und Kontaktwerkstoffe	594
16.1.1.1	Leiterwerkstoffe	594
16.1.1.2	Kontaktwerkstoffe	595
16.1.2	Isolierstoffe	596
16.1.2.1	Elektrische Eigenschaften von Isolierstoffen	596
16.1.2.2	Anorganische und organische Isolierstoffe	597
16.1.2.3	Flüssige und gasförmige Isolierstoffe	598
<b>16.2</b>	<b>Fertigungsverfahren</b>	<b>599</b>
16.2.1	Verbindungen (Fügen)	599
16.2.1.1	Lösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	599
16.2.1.2	Unlösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	599
16.2.2	Gedruckte Schaltungen	602
16.2.3	SMD-Technik	604
<b>16.3</b>	<b>Umweltschutz</b>	<b>605</b>
16.3.1	Umweltschutzverordnungen im Bereich der Elektrotechnik	605
16.3.2	Umweltschutz im Betrieb	606

16.3.3	Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen	
<b>16.4</b>	<b>Energieeinsparung</b>	
16.4.1	Rationeller Umgang mit Energie	
16.4.2	Stand-by-Betrieb	61
16.4.3	Tipps zum Energiesparen	61
	Wiederholungsseite zu Kapitel 16	61

## **17** ..... 61

<b>17.1</b>	<b>Berufliche Handlungskompetenz</b>	<b>61</b>
	Praxistipp: Benehmen und Stil im Beruf – Business-Etikette	61
17.1.1	Teamarbeit	61
17.1.2	Arbeitsmethoden und Zeitplanung	61
17.1.3	Kommunikation	61
17.1.4	Kreativitätstechniken	62
17.1.5	Informationsbeschaffung	621
<b>17.2</b>	<b>Präsentation</b>	<b>6</b>
17.2.1	Aufgaben einer Präsentation und Vorbereitung	622
17.2.2	Visualisierung	623
17.2.3	Vortragen einer Präsentation	624
<b>17.3</b>	<b>Projektmanagement</b>	<b>625</b>
17.3.1	Aufgaben von Projekten	625
17.3.2	Projektphasen	626
<b>17.4</b>	<b>Kundenauftrag und Kundenservice</b>	<b>627</b>
17.4.1	Kundenerwartungen und Umgang mit dem Kunden	627
17.4.2	Phasen eines Kundenauftrags	628
17.4.3	Kundenservice	630
<b>17.5</b>	<b>Kalkulation und Angebot</b>	<b>631</b>
17.5.1	Kalkulation im Industriebetrieb	632
17.5.2	Kalkulation von Dienstleistungen	633
17.5.3	Kalkulation im Handwerksbetrieb	634
17.5.4	Rechnungsstellung	635
<b>17.6</b>	<b>Qualitätsmanagement</b>	<b>636</b>
17.6.1	Ziele des Qualitätsmanagements	636
17.6.2	Normreihe DIN ISO 9000 ff.	636
17.6.3	TQM-Methode	637
17.6.4	Qualitätswerkzeuge	638
	Praxistipp: Existenzgründung	639
	Wiederholungsseite zu Kapitel 17	640
	Wiederholungsseiten (Rechenergebnisse)	641

## **Infoteil**

Schaltzeichen	642
Wichtige elektrotechnische Symbole	648
Wichtige Prüfzeichen, Symbole und Logos	649
Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren	650
Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen	651
Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter	652
Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen	653
Betriebsdaten von Drehstrom-Kurzschlussläufermotoren	654
Kennlinien von Dioden	655
Kennlinien eines NPN-Transistors	656
Kennlinien Thyristor, Triac	657
Wichtige Abkürzungen	658
Fachbegriffe Englisch – Deutsch	660
Firmenverzeichnis	663
Sachwortverzeichnis Deutsch – Englisch	664

### **Vordere Innenumschlagseite:**

Wichtige Formelzeichen, Größen und Einheiten

### **Hintere Innenumschlagseite:**

Arbeitssicherheit und Unfallverhütung