



1	$\sqrt{2}$ Technische Mathematik	9	3.8.3	Gemischte Schaltungen (Gruppenschaltungen)	51
1.1	Elektronischer Taschenrechner (ETR)	9	3.8.4	Spannungsteiler	54
1.2	Grundrechnungsarten	10	3.8.5	Abgeglichene Brückenschaltung	56
1.2.1	Zahlen, Addition und Subtraktion	10	3.8.6	Unabgeglichene Brückenschaltung	57
1.2.2	Multiplikation und Division	11	3.9	Elektrische Leistung und Arbeit	58
1.3	Rechnen mit Brüchen	12	3.9.1	Elektrische Leistung	58
1.4	Potenzen und Wurzeln	13	3.9.2	Elektrische Arbeit	59
1.4.1	Potenzen	13	3.9.3	Leistungsbestimmung mit dem Zähler	60
1.4.2	Wurzeln	14	3.9.4	Wirkungsgrad	61
1.5	Logarithmen	15	3.10	Wärmeenergie	62
1.5.1	Rechnen mit Logarithmen	15	3.10.1	Wärmemenge und Wassermischung	62
1.5.2	Logarithmische Maßstäbe	16	3.10.2	Elektrowärme und Wärmenutzungsgrad	63
1.6	Gleichungen und Formeln	17	3.11	Spannungserzeuger	64
1.6.1	Arbeiten mit Gleichungen	17	3.11.1	Galvanische Elemente	64
1.6.2	Arbeiten mit Formeln	18	3.11.2	Schaltung von Spannungserzeugern	65
1.6.3	Verhältnismgleichungen, Dreisatzrechnen	20	3.11.3	Anpassung	67
1.6.4	Verhältnismgleichungen, Prozentrechnen	20	3.11.4	Ersatzquellen	68
1.7	Funktionen	21	3.11.5	Laden und Entladen von Akkumulatoren	69
1.8	Rechnen am Dreieck	23	3.11.6	Fotovoltaik und Solarmodul	70
1.8.1	Satz des Pythagoras	23			
1.8.2	Winkelfunktionen	24	4	Arbeiten mit Kennlinien	72
1.8.3	Winkel im Grad- und Bogenmaß	25	4.1	Lineare Widerstände	72
1.8.4	Rechnen am beliebigen Dreieck	26	4.2	Logarithmische Darstellung	73
1.9	Runden	27	4.3	Nichtlineare Widerstände	73
			4.4	Ermittlung des Arbeitspunktes	75
			4.4.1	Reihenschaltung linearer Widerstände	75
			4.4.2	Reihenschaltung linearer und nichtlinearer Widerstände	76
			4.5	Statischer und differentieller Widerstand	77
2	Physikalische Grundlagen	28	5	Elektrisches Feld	78
2.1	Vorsätze	28	5.1	Elektrische Feldstärke	78
2.2	Kreisumfang, gestreckte Länge	29	5.2	Kapazität von Plattenkondensatoren	79
2.3	Flächen	30	5.3	Ladung und Energie bei Kondensatoren	80
2.4	Rauminhalt und Masse	31	5.4	Schaltungen von Kondensatoren	81
2.5	Berechnung von Spulen	32	5.5	Laden und Entladen von Kondensatoren	82
2.6	Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit	34	5.5.1	Kondensatorspannung und Zeit	82
2.6.1	Gleichförmige Bewegung	34	5.5.2	Kondensatorstrom und Zeit	83
2.6.2	Kreisförmige Bewegung mit konstanter Bahngeschwindigkeit	35			
2.7	Kräfte	36	6	Magnetisches Feld	84
2.8	Moment und Hebel	37	6.1	Größen des magnetischen Feldes	84
2.9	Mechanische Arbeit	38	6.1.1	Durchflutung und Feldstärke	84
2.10	Mechanische Leistung	39	6.1.2	Magnetischer Fluss, magnetische Flussdichte, Permeabilität	85
			6.1.3	Arbeiten mit Magnetisierungskennlinien	86
			6.2	Magnetische Kreise	87
			6.3	Magnetische Feldkräfte	89
			6.4	Elektromagnetische Induktion	90
			6.5	Spule an Gleichspannung	91
3	AVS2 Elektrotechnische Grundlagen	40			
3.1	Umrechnen von Einheiten	40			
3.2	Stromstärke und Ladung	40			
3.3	Elektrische Spannung	41			
3.4	Widerstand und Leitwert	41			
3.5	Ohmsches Gesetz	41			
3.6	Stromdichte	43			
3.7	Elektrischer Widerstand	44			
3.7.1	Leiterwiderstand	44			
3.7.2	Widerstand und Temperatur	45			
3.7.3	Übertemperatur	46			
3.8	Schaltung von Widerständen	47			
3.8.1	Reihenschaltung von Widerständen	47			
3.8.2	Parallelschaltung von Widerständen	49			



7 Wechselstrom- und Drehstromtechnik 92

7.1 Kenngrößen der Wechselstromtechnik 92

7.2 Winkel und Winkelfunktionen 93

7.3 Augenblickswert sinusförmiger Wechselspannungen und Wechselströme 94

7.4 Addition sinusförmiger Wechselgrößen gleicher Frequenz 96

7.4.1 Addition von Wechselgrößen im Zeigerbild 96

7.4.2 Addition sinusförmiger Wechselgrößen im Liniendiagramm 97

7.5 Wechselstromkreis mit idealen Widerständen 98

7.5.1 Ohmscher Widerstand im Wechselstromkreis (Wirkwiderstand) 98

7.5.2 Induktivität im Wechselstromkreis (ideale Spule) 99

7.5.3 Kapazität im Wechselstromkreis (idealer Kondensator) 100

7.5.4 Schaltungen von idealen Induktivitäten und idealen Kapazitäten 101

7.6 Reihenschaltungen bei gemischter Belastung 102

7.6.1 Wirkwiderstand und induktiver Blindwiderstand in Reihe 102

7.6.2 Verlustwinkel und Gütefaktor einer Spule 104

7.6.3 Reihenschaltung realer Spulen 105

7.6.4 Wirkwiderstand und kapazitiver Blindwiderstand in Reihe 106

7.6.5 Wirkwiderstand, induktiver Blindwiderstand und kapazitiver Blindwiderstand in Reihe 108

7.7 Parallelschaltungen bei gemischter Belastung 110

7.7.1 Wirkwiderstand und induktiver Blindwiderstand parallel 110

7.7.2 Parallelschaltung mehrerer Spulen 112

7.7.3 Wirkwiderstand und kapazitiver Blindwiderstand parallel 114

7.7.4 Verlustwinkel und Gütefaktor eines Kondensators 116

7.7.5 Wirkwiderstand, induktiver Blindwiderstand und kapazitiver Blindwiderstand parallel 117

7.8 Schwingkreise 119

7.8.1 Reihenschwingkreis 119

7.8.2 Parallelschwingkreis 120

7.9 Leistung bei Wechselstrom 121

7.10 Siebschaltungen 122

7.10.1 RL-Hochpass und RL-Tiefpass 122

7.10.2 RC-Hochpass und RC-Tiefpass 123

7.11 Dreiphasenwechselstrom 124

7.11.1 Sternschaltung 124

7.11.2 Dreieckschaltung 127

7.11.3 Leistung bei Dreiphasenwechselstrom 130

7.12 Kompensation 132

7.12.1 Kompensation bei Wechselstromverbrauchern 132

7.12.2 Kompensation bei Drehstromverbrauchern 134

8 Messtechnik 135

8.1 Analoge Messgeräte 135

8.1.1 Anzeigefehler bei analogen Messgeräten 135

8.1.2 Eigenverbrauch von analogen Messgeräten 136

8.2 Digitale Messgeräte 137

8.3 Echtheffektivwertmessung und Messkategorie 138

8.4 Indirekte Widerstandsermittlung 140

8.5 Messen über Messwandler 141

8.6 Messen mit dem Oszilloskop 143

9 Elektronik 146

9.1 Kühlung elektronischer Bauelemente 146

9.2 Leuchtdioden 147

9.3 Gleichrichter 148

9.3.1 Gleichrichterschaltungen 148

9.3.2 Glättung und Siebung 150

9.4 Bipolarer Transistor 152

9.4.1 Kennwerte 152

9.4.2 Arbeiten mit Transistorkennlinien 153

9.4.3 Arbeitspunkteinstellung 154

9.4.4 Arbeitspunktstabilisierung 155

9.4.5 Wechselstromverstärker in Emitterschaltung 156

9.5 Spannungsstabilisierung 158

9.5.1 Z-Dioden 158

9.5.2 Parallelstabilisierung mit Z-Diode 159

9.5.3 Reihenspannungsstabilisierung 160

9.5.4 Spannungsstabilisierung mit Spannungsreglern 161

9.6 Transistor als Schalter 162

9.7 Kippschaltungen 163

9.7.1 Astabile Kippschaltung 163

9.7.2 Monostabile Kippschaltung 164

9.7.3 Schmitt-Trigger 165

9.8 Feldeffekttransistor (FET) 166

9.8.1 Kenngrößen des Feldeffekttransistors 166

9.8.2 Einstellung des Arbeitspunktes 167

9.8.3 Arbeiten mit Kennlinien beim Feldeffekttransistor 168

9.9 Operationsverstärker 169

9.9.1 Invertierender Operationsverstärker 169

9.9.2 Nichtinvertierender Operationsverstärker 169

9.9.3 Summierverstärker (Addierer) 170

9.9.4 Differenzverstärker (Subtrahierer) 171

9.9.5 Integrierer 172

9.9.6 Differenzierer 173

9.10 Thyristoren 174

9.10.1 Zünden von Thyristoren und Triacs 174

9.10.2 Gesteuerte Gleichrichter 174

9.10.3 Wechselstromsteller, Vielperiodensteuerung 176

9.11 Digitaltechnik 177

9.11.1 Zahlensysteme 177



9.11.2 Rechnen mit Dualzahlen 180
 9.11.3 BCD-Code 180
 9.11.4 Schaltalgebra 181
 9.11.5 Analyse und Synthese von Binärschal-
 tungen 185
 9.11.6 Minimieren von Schaltnetzwerken 187
**9.12 Datenmengen und Datenübertra-
 gungsrate 190**
 9.12.1 Datenmengen 190
 9.12.2 Datenübertragungsrate 191

10 ⚠ Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen 192

10.1 Schutzmaßnahmen 192
 10.1.1 Fehlerstromkreis 192
 10.1.2 Isolationswiderstand von Fußböden oder
 Wänden 193
 10.1.3 Schutzmaßnahmen im TN-System 193
 10.1.4 Schutzmaßnahmen im TT-System 195
 10.1.5 Kurzschlusschutz von isolierten
 Leitungen und Kabeln 197
 10.1.6 Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) 198

11 🏠 Anlagen- und Gebäudetechnik . . . 199

11.1 Projektierung elektrischer Leitungen . . 199
 11.1.1 Unverzweigte Leitungen für Gleichstrom . 199
 11.1.2 Unverzweigte Leitungen für Wechsel-
 strom 201
 11.1.3 Unverzweigte Leitungen für Drehstrom . . 203
 11.1.4 Verzweigte Leitungen für Wechselstrom . . 204
 11.1.5 Verzweigte Leitungen für Drehstrom 206
 11.1.6 Ringleitungen 208
 11.1.7 Leitungen mit Oberschwingungen 210
11.2 Beleuchtungstechnik 212
 11.2.1 Lichtstrom und Lichtausbeute 212
 11.2.2 Energieeffizienzklasse 212
 11.2.3 Beleuchtungsstärke und Beleuchtungs-
 wirkungsgrad 213
 11.2.4 Lichtstärke und Lichtstärkeverteilung 214
 11.2.5 Entfernungsgesetz 215
 11.2.6 Leuchtdichte 215
 11.2.7 Raumindex 216
 11.2.8 Beleuchtungswirkungsgrad bei
 Innenraumbeleuchtung 216
 11.2.9 Ermittlung der Lampenzahl nach dem
 Wirkungsgradverfahren 217
11.3 Antennentechnik 218
 11.3.1 Verstärkungsfaktor, Dämpfungsfaktor 218
 11.3.2 Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß 219
 11.3.3 Pegel 220
 11.3.4 Mechanische Sicherheit von Antennen-
 anlagen 222
11.4 Kostenrechnen 224
 11.4.1 Rechnungspreis und Gewinn 224
 11.4.2 Kostenarten 224
11.5 Handelskalkulation 225
11.6 Angebotserstellung 226

12 🏠 Elektrische Maschinen 228

12.1 Transformatoren 228
 12.1.1 Einphasentransformatoren 228
 12.1.2 Transformatoren für Dreiphasenwechsel-
 strom 237
12.2 Antriebstechnik 239
 12.2.1 Leistung, Drehzahl und Drehmoment 239
 12.2.2 Einfache Übersetzungen 240
 12.2.3 Mehrfache Übersetzung 242
 12.2.4 Antriebe mit Servomotoren 243
12.3 Umlaufende elektrische Maschinen . . . 245
 12.3.1 Drehfelddrehzahl 245
 12.3.2 Synchronmaschine 245
 12.3.3 Zahnläufer und Schrittmotor 247
 12.3.4 Drehstromasynchronmotor 248
 12.3.5 Wechselstromasynchronmotor 250
 12.3.6 Gleichstrommotoren 251
 12.3.7 Gleichstromgeneratoren 254

13 📄 Regelungstechnik 255

13.1 Unstetiges Regeln 255
13.2 Stetiges Regeln 257
 13.2.1 Regeln mit Proportionalverhalten 257
 13.2.2 Operationsverstärker als Regler 259
 13.2.3 Einstellen eines stetigen Reglers 261

14 ✅ Aufgaben zur Prüfungsvorbereitung 262

15 📄 Datenblätter 275

- Verlegearten von Kabeln und isolierten
 Leitungen für feste Verlegung 275
- Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren
 von Kabeln und isolierten Leitungen 276
- Oberschwingungen 277
- Betriebsdaten von Asynchronmotoren mit
 Kurzschlussläufer 278
- Betriebsdaten von Kleintransformatoren 278
- Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzein-
 richtungen 279
- Elektro-Kalkulationshilfen 280
- E-Reihen 280
- Licht- und Beleuchtungstechnik (1) 281
- Licht- und Beleuchtungstechnik (2) 282
- Antennentechnik 283
- Z-Dioden und Leuchtdioden 284
- Gleichrichterdiode BYT 79/..., Transistor
 BC 107, BC 171, BC 237 285

Sachwortverzeichnis 286

Inhaltsübersicht zu Lernfeldern (Beispiele)						
LF	Elektroniker/in für				Lernfeldinhalt (Grundstufe LF1 ... 4, Fachstufe LF5 ... 13)	Buchseiten (Beispiele)
	MA	BT	EG	AT*		
1	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Elektrotechnische Systeme analysieren und Funktionen prüfen 	<ul style="list-style-type: none"> Elektrotechnische Grundlagen 40 Elektrische Leistung und Arbeit 58 Schaltung von Widerständen 47 Arbeiten mit Kennlinien 72 Elektrisches Feld 78 Wechselstrom 92 Gefahren des elektrischen Stromes 192 Messverfahren, Oszilloskop 135, 143 Elektronische Bauelemente 146 E-Reihen 280
2	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Elektrische Installationen planen und ausführen 	<ul style="list-style-type: none"> Spannungserzeuger 64, 92, 124 Auftragsplanung 226 Auswahl v. Kabel u. Leitungen 199 Leitungsdimensionierung 199 Überstrom-Schutzeinrichtungen 279 Angebotserstellung, Kostenberechnung, Rechnungserstellung 224
3	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Steuerungen analysieren und anpassen 	<ul style="list-style-type: none"> Digitaltechnik 177 Analyse u. Synthese v. Binärschaltungen 185 Schaltnetzwerke 187 Kippschaltungen 163 Magnetisches Feld 84
4	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Informationstechnische Systeme bereitstellen 	<ul style="list-style-type: none"> Vorsätze 28 Zahlensysteme 177 Rechnen mit Dualzahlen 180
5	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten 	<ul style="list-style-type: none"> Wechselstromtechnik 92 Dreiphasenwechselstrom 124 Schutzmaßnahmen 192 Fehlerstrom-Schutzeinrichtung 198 Netzsysteme 193 Gleichrichter, Netzteile 148, 158
6		x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Anlagen und Geräte analysieren und prüfen Geräte und Baugruppen in Anlagen analysieren und prüfen Elektrische Maschinen herstellen und prüfen 	<ul style="list-style-type: none"> Schutzmaßnahmen 192 Elektrische Maschinen 228 Messtechnik 135 Elektronik 146
7	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Steuerungen für Anlagen programmieren und realisieren Betriebsverhalten elektrischer Maschinen analysieren 	<ul style="list-style-type: none"> Schaltnetzwerke 187 Elektrische Maschinen 228
8	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Antriebssysteme auswählen und integrieren Elektrische Maschinen und mechanische Komponenten integrieren 	<ul style="list-style-type: none"> Antriebstechnik 239 Drehstrommaschinen 248 Gleichstrommaschinen 251 Schrittmotoren 247 Leistungselektronik 174
9		x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Steuerungs- und Kommunikationssysteme integrieren Kommunikationssysteme in Wohn- und Zweckbauten planen und realisieren Gebäudetechnische Anlagen ausführen und in Betrieb nehmen Elektrische Maschinen instand setzen 	<ul style="list-style-type: none"> Leitungen 199 Leitungsdimensionierung 199, 275 Antennenanlagen 218 Licht- und Beleuchtungstechnik 212 Daten von Drehstrommotoren 274
10		x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Automatisierungssysteme in Betrieb nehmen und übergeben Elektrische Anlagen der Haustechnik in Betrieb nehmen und instand halten Energetische Anlagen errichten und instand halten Steuerungen und Regelungen für elektrische Maschinen auswählen und anpassen 	<ul style="list-style-type: none"> Elektrische Anlagentechnik 199 Leistungselektronik 174 Transformatoren 228 Licht- und Beleuchtungstechnik 212 Regelungstechnik 255
11		x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Automatisierungssysteme instand halten und optimieren Energetische Anlagen errichten, in Betrieb nehmen und instand setzen Automatisierte Anlagen in Betrieb nehmen und instand halten Elektrische Maschinen in technische Systeme integrieren 	<ul style="list-style-type: none"> Elektrische Anlagentechnik 199 Transformatoren 228 Kostenrechnen 224 Anlagentechnik 199 Leistungselektronik 174 Elektromotoren 243
12		x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Automatisierungssysteme planen Energie- und gebäudetechnische Anlagen planen und realisieren Elektrotechnische Anlagen planen und realisieren Antriebssysteme instand halten 	<ul style="list-style-type: none"> Elektrische Anlagentechnik 199 Leitungsdimensionierung 201 Verlegearten v. Kabeln u. Leitungen 275 Kennlinien Überstrom-Schutzeinrichtungen 279 Antennenanlagen 218
13		x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> Automatisierungssysteme realisieren Energie- und gebäudetechnische Anlagen in Stand halten und ändern Elektrotechnische Anlagen instand halten und ändern Antriebssysteme anpassen und optimieren 	<ul style="list-style-type: none"> Schutzmaßnahmen 192 Elektromotoren 243 Daten von Drehstrommotoren 278 Analyse u. Synthese v. Binärschaltungen 185

*AT: Automatisierungstechnik, EG: Energie- und Gebäudetechnik, BT: Betriebstechnik, MA: Maschinen- und Antriebstechnik