

1	Technische Mathematik	7	3.8.6	Unabgeglichene Bruckenschaltung	52
1.1	Elektronischer Taschenrechner (ETR) (siehe Rechenbuch)		3.9	Elektrische Leistung und Arbeit	53
1.2	Grundrechnungsarten	7	3.9.1	Elektrische Leistung	53
1.2.1	Zahlen, Addition und Subtraktion	7	3.9.2	Elektrische Arbeit	56
1.2.2	Multiplikation und Division	7	3.9.3	Leistungsbestimmung mit dem Zähler	56
1.3	Rechnen mit Brüchen	8	3.9.4	Wirkungsgrad	57
1.4	Potenzen und Wurzeln	9	3.10	Wärmeenergie	58
1.4.1	Potenzen	9	3.10.1	Wärmemenge und Wassermischung	58
1.4.2	Wurzeln	10	3.10.2	Elektrowärme und Wärmenutzungsgrad	59
1.5	Logarithmen	10	3.11	Spannungserzeuger	60
1.5.1	Rechnen mit Logarithmen	10	3.11.1	Galvanische Elemente	60
1.5.2	Logarithmische Maßstäbe	11	3.11.2	Schaltung von Spannungserzeugern	60
1.6	Gleichungen und Formeln	12	3.11.3	Anpassung	62
1.6.1	Arbeiten mit Gleichungen	12	3.11.4	Ersatzquellen	63
1.6.2	Arbeiten mit Formeln	13	3.11.5	Laden und Entladen von Akkumulatoren	64
1.6.3	Verhältnisgleichungen, Dreisatzrechnen	13	3.11.6	Fotovoltaik und Solarmodul	65
1.6.4	Verhältnisgleichungen, Prozentrechnen	13			
1.7	Funktionen	14	4	Arbeiten mit Kennlinien	69
1.8	Rechnen am Dreieck	14	4.1	Lineare Widerstände	69
1.8.1	Satz des Pythagoras	14	4.2	Logarithmische Darstellung	70
1.8.2	Winkelfunktionen	15	4.3	Nichtlineare Widerstände	70
1.8.3	Winkel im Grad- und Bogenmaß	16	4.4	Ermittlung des Arbeitspunktes	72
1.8.4	Rechnen am beliebigen Dreieck	17	4.4.1	Reihenschaltung linearer Widerstände	72
1.9	Runden	18	4.4.2	Reihenschaltung linearer und nichtlinearer Widerstände	73
			4.5	Statischer und differentieller Widerstand	75
2	Physikalische Grundlagen	20			
2.1	Vorsätze	20	5	Elektrisches Feld	76
2.2	Kreisumfang, gestreckte Länge	20	5.1	Elektrische Feldstärke	76
2.3	Flächen	21	5.2	Kapazität von Platten- kondensatoren	76
2.4	Rauminhalt und Masse	22	5.3	Ladung und Energie bei Kondensatoren	77
2.5	Berechnung von Spulen	22	5.4	Schaltungen von Kondensatoren	78
2.6	Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit	24	5.5	Laden und Entladen von Kondensatoren	79
2.6.1	Gleichförmige Bewegung	24	5.5.1	Kondensatorspannung und Zeit	79
2.6.2	Kreisförmige Bewegung	25	5.5.2	Kondensatorstrom und Zeit	79
2.7	Kräfte	26			
2.8	Moment und Hebel	27	6	Magnetisches Feld	81
2.9	Mechanische Arbeit	28	6.1	Größen des magnetischen Feldes	81
2.10	Mechanische Leistung	28	6.1.1	Durchflutung und Feldstärke	81
			6.1.2	Magnetischer Fluss, magnetische Flussdichte, Permeabilität	82
3	Elektrotechnische Grundlagen	30	6.1.3	Arbeiten mit Magnetisierungskennlinien	82
3.1	Umrechnen von Einheiten	30	6.2	Magnetische Kreise	83
3.2	Stromstärke und Ladung	30	6.3	Magnetische Feldkräfte	85
3.3	Elektrische Spannung	30	6.4	Elektromagnetische Induktion	86
3.4	Widerstand und Leitwert	30	6.5	Spule an Gleichspannung	87
3.5	Ohmsches Gesetz	31			
3.6	Stromdichte	32	7	Wechselstrom- und Drehstromtechnik	88
3.7	Elektrischer Widerstand	33	7.1	Kenngrößen der Wechselstromtechnik	88
3.7.1	Leiterwiderstand	33			
3.7.2	Widerstand und Temperatur	33			
3.7.3	Übertemperatur	35			
3.8	Schaltung von Widerständen	35			
3.8.1	Reihenschaltung von Widerständen	35			
3.8.2	Parallelschaltung von Widerständen	37			
3.8.3	Gemischte Schaltungen (Gruppenschaltungen)	40			
3.8.4	Spannungsteiler	48			
3.8.5	Abgeglichene Bruckenschaltung	51			

7.2	Winkel und Winkelfunktionen	88
7.3	Augenblickswert sinusförmiger Wechselspannungen und -ströme	89
7.4	Addition sinusförmiger Wechselgrößen gleicher Frequenz	91
7.4.1	Addition von Wechselgrößen im Zeigerbild	91
7.4.2	Addition sinusförmiger Wechselgrößen im Liniendiagramm	92
7.5	Wechselstromkreis mit idealen Widerständen	94
7.5.1	Ohmscher Widerstand im Wechselstromkreis (Wirkwiderstand)	94
7.5.2	Induktivität im Wechselstromkreis (ideale Spule)	95
7.5.3	Kapazität im Wechselstromkreis (idealer Kondensator)	96
7.5.4	Schaltungen von idealen Induktivitäten und idealen Kapazitäten	97
7.6	Reihenschaltungen bei gemischter Belastung	100
7.6.1	Wirkwiderstand und induktiver Blindwiderstand in Reihe	100
7.6.2	Verlustwinkel und Gütefaktor einer Spule	102
7.6.3	Reihenschaltung realer Spulen	103
7.6.4	Wirkwiderstand und kapazitiver Blindwiderstand in Reihe	104
7.6.5	Wirkwiderstand, induktiver Blindwiderstand und kapazitiver Blindwiderstand in Reihe	107
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	115
7.7.4	Verlustwinkel und Gütefaktor eines Kondensators	117
7.7.5	Wirkwiderstand, induktiver Blindwiderstand und kapazitiver Blindwiderstand parallel	118
7.8	Schwingkreise	121
7.8.1	Reihenschwingkreis	121
7.8.2	Parallelschwingkreis	121
7.9	Leistung bei Wechselstrom	122
7.10	Siebschaltungen	124
7.10.1	RL-Hochpass und RL-Tiefpass	124
7.10.2	RC-Hochpass und RC-Tiefpass	125
7.11	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	127
7.11.1	Sternschaltung	127
	Sternschaltung, symmetrische Last	127
	Sternschaltung, unsymmetrische, gleichartige Last	127
	Sternschaltung, unsymmetrische, ungleichartige Last	129
7.11.2	Dreieckschaltung	130
	Dreieckschaltung, symmetrische Last	130
	Dreieckschaltung, unsymmetrische und gleichartige Last	131
	Dreieckschaltung, unsymmetrische und ungleichartige Last	133
7.11.3	Leistung bei Dreiphasenwechselstrom	135

7.12	Kompensation	139
7.12.1	Kompensation bei Wechselstrom-verbrauchern	139
7.12.2	Kompensation bei Drehstrom-verbrauchern	140

8 Messtechnik 142

8.1	Analoge Messgeräte	142
8.1.1	Anzeigefehler bei analogen Messgeräten	142
8.1.2	Eigenverbrauch von analogen Messgeräten	142
8.2	Digitale Messgeräte	143
	Anzeige und Messfehler	143
8.3	Echteffektivwertmessung und Messkategorie	143
8.4	Indirekte Widerstandsermittlung	144
8.5	Messen über Messwandler	145
8.6	Messen mit dem Oszilloskop	146

9 Elektronik 148

9.1	Kühlung elektronischer Bauelemente	148
9.2	Leuchtdioden	149
9.3	Gleichrichter	151
9.3.1	Gleichrichterschaltungen	151
9.3.2	Glättung und Siebung	153
9.4	Bipolarer Transistor	154
9.4.1	Kennwerte	154
9.4.2	Arbeiten mit Transistorkennlinien	155
9.4.3	Arbeitspunkteinstellung	158
9.4.4	Arbeitspunktstabilisierung	160
9.4.5	Wechselstromverstärker in Emitterschaltung	161
9.5	Spannungsstabilisierung	164
9.5.1	Z-Dioden	164
9.5.2	Parallelstabilisierung mit Z-Diode	165
9.5.3	Reihenstabilisierung	166
9.5.4	Spannungsstabilisierung mit Spannungsreglern	168
9.6	Transistor als Schalter	169
9.7	Kippschaltungen	171
9.7.1	Astabile Kippschaltung	171
9.7.2	Monostabile Kippschaltung	172
9.7.3	Schmitt-Trigger	173
9.8	Feldeffekttransistor (FET)	175
9.8.1	Kenngrößen des Feldeffekttransistors	175
9.8.2	Einstellung des Arbeitspunktes	175
9.8.3	Arbeiten mit Kennlinien beim FET	176
9.9	Operationsverstärker	177
9.9.1	Invertierender Operationsverstärker	177
9.9.2	Nichtinvertierender Operationsverstärker	177
9.9.3	Summiervverstärker (Addierer)	178
9.9.4	Differenzverstärker (Subtrahierer)	180
9.9.5	Integrierer	181
9.9.6	Differenzierer	183
9.10	Thyristor und Triac	184
9.10.1	Zünden von Thyristor und Triac	184
9.10.2	Gesteuerte Gleichrichter	184

9.10.3 Wechselstromsteller, Vielperiodensteuerung	186
9.11 Digitaltechnik	187
9.11.1 Zahlensysteme	187
• Umwandlung von Dual- und Sedezimalzahlen in Dezimalzahlen	188
• Umwandlung von Dezimal- in Dual- oder in Sedezimalzahlen	189
• Umwandlung von Sedezimalzahlen und Dualzahlen	189
9.11.2 Rechnen mit Dualzahlen	190
9.11.3 BCD-Code	191
9.11.4 Schaltalgebra	192
• Rechenregeln für eine Variable und Umkehrterme	192
• Kommutativgesetze	192
• Assoziativgesetze	192
• Distributivgesetze	192
• Umkehrgesetze für mehrere Variablen ..	193
• Schaltungen in NAND- oder in NOR-Technik	193
9.11.5 Analyse und Synthese von Binär- schaltungen	194
• Analyse von Binärschaltungen	194
• Synthese von Binärschaltungen	196
9.11.6 Minimieren von Schaltnetzwerken	197
• Algebraisches Minimieren	197
• KV-Diagramm	199
9.12 Datenmengen und Datenüber- tragungsrate	203
9.12.1 Datenmengen	203
9.12.2 Datenübertragungsrate	203

10 Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen 204

10.1 Schutzmaßnahmen	204
10.1.1 Fehlerstromkreis	204
10.1.2 Isolationswiderstand von Fußböden oder Wänden	204
10.1.3 Schutzmaßnahmen im TN-System	205
10.1.4 Schutzmaßnahmen im TT-System	206
10.1.5 Kurzschlusschutz von isolierten Leitungen und Kabeln	207
10.1.6 Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) ..	208

11 Anlagen- und Gebäudetechnik 209

11.1 Leitungen	209
11.1.1 Unverzweigte Leitungen für Gleichstrom	209
11.1.2 Unverzweigte Leitungen für Wechselstrom	210
11.1.3 Unverzweigte Leitungen für Drehstrom	212
11.1.4 Verzweigte Leitungen für Wechselstrom	214
11.1.5 Verzweigte Leitungen für Drehstrom	216
11.1.6 Ringleitungen	218
11.1.7 Leitungen mit Oberschwingungen	219
11.2 Beleuchtungstechnik	223

11.2.1 Lichtstrom und Lichtausbeute	223
11.2.2 Energieeffizienzklasse	223
11.2.3 Beleuchtungsstärke und Beleuchtungswirkungsgrad	224
11.2.4 Lichtstärke und Lichtstärkeverteilung	225
11.2.5 Entfernungsgesetz	225
11.2.6 Leuchtdichte	226
11.2.7 Raumindex	227
11.2.8 Beleuchtungswirkungsgrad bei Innenraumbeleuchtung	227
11.2.9 Ermittlung der Lampenzahl nach dem Wirkungsgradverfahren	227
11.3 Antennentechnik	228
11.3.1 Verstärkungsfaktor, Dämpfungsfaktor	228
11.3.2 Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß	229
11.3.3 Pegel	229
11.3.4 Mechanische Sicherheit von Antennenstandrohren	231
11.4 Kostenrechnen	232
11.4.1 Rechnungspreis und Gewinn	232
11.4.2 Kostenarten	232
11.5 Handelskalkulation	232
11.6 Angebotserstellung	233

12 Elektrische Maschinen 236

12.1 Transformatoren	236
12.1.1 Einphasentransformatoren	236
12.1.2 Transformatoren für Dreiphasenwechselstrom	244
12.2 Antriebstechnik	247
12.2.1 Leistung, Drehzahl und Drehmoment	247
12.2.2 Übersetzungen, Riemetrieb	248
12.2.3 Zahnradtrieb	249
12.2.4 Schneckenrieb	250
12.2.5 Mehrfache Übersetzung	251
12.3 Umlaufende elektrische Maschinen ..	251
12.3.1 Drehfelddrehzahl	251
12.3.2 Synchronmaschine	252
12.3.3 Zahnläufer und Schrittmotor	253
12.3.4 Drehstromasynchronmotor	254
12.3.5 Wechselstromasynchronmotor	257
12.3.6 Asynchrone Frequenzumformer	258
12.3.7 Gleichstrommotoren	259
• Fremderregter Gleichstrommotor	259
• Gleichstrom-Nebenschlussmotor	260
• Gleichstrom-Reihenschlussmotor	261
12.3.8 Gleichstromgeneratoren	262

13 Regelungstechnik 263

13.1 Unstetiges Regeln	263
13.2 Stetiges Regeln	265
13.2.1 Regeln mit Proportionalverhalten	265
13.2.2 Operationsverstärker als Regler	266
13.2.3 Einstellen eines stetigen Reglers	267

14 Aufgaben zur Prüfungsvor- bereitung 268

Aufgaben	268
----------------	-----