



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische Berufe

Rechenbuch Elektrotechnik

Ein Lehr- und Übungsbuch zur Grund- und Fachstufe

21. neu überarbeitete Auflage

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

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat: Klaus Tkotz

enthält 1 CD im rückw. Bucheinband

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

Europa-Nr.: 30766

Vfbg. Landesbibliothek



420000402825

1 Technische Mathematik 9

1.1	Elektronischer Taschenrechner (ETR)	9
1.2	Grundrechnungsarten	10
1.2.1	Zahlen, Addition und Subtraktion	10
1.2.2	Multiplikation und Division	11
1.3	Rechnen mit Brüchen	12
1.4	Potenzen und Wurzeln	13
1.4.1	Potenzen	13
1.4.2	Wurzeln	14
1.5	Logarithmen	15
1.5.1	Rechnen mit Logarithmen	15
1.5.2	Logarithmische Maßstäbe	16
1.6	Gleichungen und Formeln	17
1.6.1	Arbeiten mit Gleichungen	17
1.6.2	Arbeiten mit Formeln	18
1.6.3	Verhältnisleichungen, Dreisatzrechnen	20
1.6.4	Verhältnisleichungen, Prozentrechnen	20
1.7	Funktionen	21
1.8	Rechnen am Dreieck	23
1.8.1	Satz des Pythagoras	23
1.8.2	Winkelfunktionen	24
1.8.3	Winkel im Grad- und Bogenmaß	25
1.8.4	Rechnen am beliebigen Dreieck	26
1.9	Runden	27

2 Physikalische Grundlagen . . 28

2.1	Vorsätze	28
2.2	Kreisumfang, gestreckte Länge	29
2.3	Flächen	30
2.4	Rauminhalt und Masse	31
2.5	Berechnung von Spulen	32
2.6	Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit	34
2.6.1	Gleichförmige Bewegung	34
2.6.2	Kreisförmige Bewegung	35
2.7	Kräfte	36
2.8	Moment und Hebel	37
2.9	Mechanische Arbeit	38
2.10	Mechanische Leistung	39

3 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
3.8.3	Gemischte Schaltungen (Gruppenschaltungen)	51
3.8.4	Spannungsteiler	54
3.8.5	Abgegliche Brückenschaltung	56
3.8.6	Unabgeglichene Brückenschaltung	57

3.9	Elektrische Leistung und Arbeit	58
3.9.1	Elektrische Leistung	58
3.9.2	Elektrische Arbeit	59
3.9.3	Leistungsbestimmung mit dem Zähler	60
3.9.4	Wirkungsgrad	61
3.10	Wärmeenergie	62
3.10.1	Wärmemenge und Wassermischung	62
3.10.2	Elektrowärme und Wärmenutzungsgrad	63
3.11	Spannungserzeuger	64
3.11.1	Galvanische Elemente	64
3.11.2	Schaltung von Spannungserzeugern	65
3.11.3	Anpassung	67
3.11.4	Ersatzquellen	68
3.11.5	Laden und Entladen von Akkumulatoren	69
3.11.6	Fotovoltaik und Solarmodul	70

4 Arbeiten mit Kennlinien . . . 72

4.1	Lineare Widerstände	72
4.2	Logarithmische Darstellung	73
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

5 Elektrisches Feld 78

5.1	Elektrische Feldstärke	78
5.2	Kapazität von Plattenkondensatoren	79
5.3	Ladung und Energie bei Kondensatoren	80
5.4	Schaltungen von Kondensatoren	81
5.5	Laden und Entladen von Kondensatoren	82
5.5.1	Kondensatorspannung und Zeit	82
5.5.2	Kondensatorstrom und Zeit	83

6 Magnetisches Feld 84

6.1	Größen des magnetischen Feldes	84
6.1.1	Durchflutung und Feldstärke	84
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

**7 Wechselstrom- und Drehstrom-
technik 92**

7.1	Kenngrößen der Wechselstromtechnik	92
7.2	Winkel und Winkelfunktionen	93
7.3	Augenblickswert sinusförmiger Wechselspannungen und -ströme	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 (Drehstrom)	124
7.11.1	Sternschaltung	124
•	Sternschaltung, symmetrische Last	124
•	Sternschaltung, unsymmetrische, gleichartige Last	125
•	Sternschaltung, unsymmetrische, ungleichartige Last	126
7.11.2	Dreieckschaltung	127
•	Dreieckschaltung, symmetrische Last	127
•	Dreieckschaltung, unsymmetrische und gleichartige Last	128
•	Dreieckschaltung, unsymmetrische und ungleichartige Last	129
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

	Anzeige und Messfehler	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-Diode	158
9.5.2	Parallelstabilisierung mit Z-Diode	159
9.5.3	Reihenstabilisierung	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 FET	169
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 und Triacs	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	178
•	Umwandlung von Dual- und Sedezimalzahlen in Dezimalzahlen	178
•	Umwandlung von Dezimal- in Dual- oder in Sedezimalzahlen	178
•	Umwandlung von Sedezimalzahlen und Dualzahlen	179
9.11.2	Rechnen mit Dualzahlen	180
9.11.3	BCD-Code	180
9.11.4	Schaltalgebra	181
•	Rechenregeln für eine Variable und Umkehrterme	181
•	Kommutativgesetze	182
•	Assoziativgesetze	182
•	Distributivgesetze	182
•	Umkehrgesetze für mehrere Variablen	183
•	Schaltungen in NAND- oder in NOR-Technik	184

9.11.5	Analyse und Synthese von Binärschaltungen	185
	• Analyse von Binärschaltungen	185
	• Synthese von Binärschaltungen	186
9.11.6	Minimieren von Schaltnetzwerken	187
	• Algebraisches Minimieren	187
	• KV-Diagramm	188
9.12	Datenmengen und Datenübertragungsrate	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	193
10.1.5	Kurzschlusschutz von isolierten Leitungen und Kabeln	197
10.1.6	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	198

11 Anlagen- u. Gebäudetechnik 199

11.1	Projektierung elektrischer Leitungen	199
11.1.1	Unverzweigte Leitungen für Gleichstrom	199
11.1.2	Unverzweigte Leitungen für Wechselstrom	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 Beleuchtungswirkungsgrad	213
11.2.4	Lichtstärke und Lichtstärkeverteilung	214
11.2.5	Entfernungsgesetz	215
11.2.6	Leuchtdichte	215
11.2.7	Raumindex	216
11.2.6	Beleuchtungswirkungsgrad bei Innenraumbeleuchtung	216
11.2.7	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 Antennenanlagen	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 Dreiphasenwechselstrom	237
12.2	Antriebstechnik	239
12.2.1	Leistung, Drehzahl und Drehmoment	239
12.2.2	Übersetzungen, Riementrieb	240
12.2.3	Zahnradtrieb	241
12.2.4	Schneckentrieb	241
12.2.5	Mehrfache Übersetzung	243
12.3	Umlaufende elektrische Maschinen	244
12.3.1	Drehfeld Drehzahl	244
12.3.2	Synchronmaschine	244
12.3.3	Zahnläufer und Schrittmotor	246
12.3.4	Drehstromasynchronmotor	247
12.3.5	Wechselstromasynchronmotor	249
12.3.6	Asynchrone Frequenzumformer	250
12.3.7	Gleichstrommotoren	251
	• Fremderregter Gleichstrommotor	251
	• Gleichstrom-Nebenschlussmotor	252
	• Gleichstrom-Reihenschlussmotor	253
12.3.8	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

Aufgaben	262
Rechenergebnisse	270

15 Datenblätter 268

• Verlegearten von Kabeln und Leitungen	271
• Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen, Umrechnungsfaktoren	272
• Oberschwingungen	273
• Betriebsdaten von Drehstrommotoren	274
• Betriebsdaten von Kleintransformatoren	274
• Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen	275
• Elektro-Kalkulationshilfen, E-Reihen	276
• Licht- und Beleuchtungstechnik (1)	277
• Licht- und Beleuchtungstechnik (2)	278
• Antennentechnik	279
• Z-Dioden, Leuchtdioden	280
• Gleichrichterdiode BYT79/..., Transistor BC107	281
Sachwortverzeichnis	282