

**1 Technische Mathematik . . . . 9**

<b>1.1</b>	<b>Elektronischer Taschenrechner (ETR)</b>	<b>9</b>
<b>1.2</b>	<b>Grundrechnungsarten</b>	<b>10</b>
1.2.1	Zahlen, Addition und Subtraktion	10
1.2.2	Multiplikation und Division	11
<b>1.3</b>	<b>Rechnen mit Brüchen</b>	<b>12</b>
<b>1.4</b>	<b>Potenzen und Wurzeln</b>	<b>13</b>
1.4.1	Potenzen	13
1.4.2	Wurzeln	14
<b>1.5</b>	<b>Logarithmen</b>	<b>15</b>
1.5.1	Rechnen mit Logarithmen	15
1.5.2	Logarithmische Massstäbe	16
<b>1.6</b>	<b>Gleichungen und Formeln</b>	<b>17</b>
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
<b>1.7</b>	<b>Funktionen</b>	<b>21</b>
<b>1.8</b>	<b>Rechnen am Dreieck</b>	<b>23</b>
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
<b>1.9</b>	<b>Runden</b>	<b>27</b>

**2 Physikalische Grundlagen .. 28**

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

**3 Elektrotechnische Grundlagen 40**

<b>3.1</b>	<b>Umrechnen von Einheiten</b>	<b>40</b>
<b>3.2</b>	<b>Stromstärke und Ladung</b>	<b>40</b>
<b>3.3</b>	<b>Elektrische Spannung</b>	<b>41</b>
<b>3.4</b>	<b>Widerstand und Leitwert</b>	<b>41</b>
<b>3.5</b>	<b>Ohmsches Gesetz</b>	<b>41</b>
<b>3.6</b>	<b>Stromdichte</b>	<b>43</b>
<b>3.7</b>	<b>Elektrischer Widerstand</b>	<b>44</b>
3.7.1	Leiterwiderstand	44
3.7.2	Widerstand und Temperatur	45
3.7.3	Übertemperatur	46
<b>3.8</b>	<b>Schaltung von Widerständen</b>	<b>47</b>
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

<b>3.9</b>	<b>Elektrische Leistung und Arbeit</b>	<b>58</b>
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
<b>3.10</b>	<b>Wärmeenergie</b>	<b>62</b>
3.10.1	Wärmemenge und Wassermischung	62
3.10.2	Elektrowärme und Wärmenutzungsgrad	63
<b>3.11</b>	<b>Spannungserzeuger</b>	<b>64</b>
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**

<b>4.1</b>	<b>Lineare Widerstände</b>	<b>72</b>
<b>4.2</b>	<b>Logarithmische Darstellung</b>	<b>73</b>
<b>4.3</b>	<b>Nichtlineare Widerstände</b>	<b>73</b>
<b>4.4</b>	<b>Ermittlung des Arbeitspunktes</b>	<b>75</b>
4.4.1	Reihenschaltung linearer Widerstände	75
4.4.2	Reihenschaltung linearer und nichtlinearer Widerstände	76
<b>4.5</b>	<b>Statischer und differentieller Widerstand</b>	<b>77</b>

**5 Elektrisches Feld . . . . . 78**

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

**6 Magnetisches Feld . . . . . 84**

<b>6.1</b>	<b>Größen des magnetischen Feldes</b>	<b>84</b>
6.1.1	Durchflutung und Feldstärke	84
6.1.2	Magnetischer Fluss, magnetische Flussdichte, Permeabilität	85
6.1.3	Arbeiten mit Magnetisierungskennlinien	86
<b>6.2</b>	<b>Magnetische Kreise</b>	<b>87</b>
<b>6.3</b>	<b>Magnetische Feldkräfte</b>	<b>89</b>
<b>6.4</b>	<b>Elektromagnetische Induktion</b>	<b>90</b>
<b>6.5</b>	<b>Spule an Gleichspannung</b>	<b>91</b>

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

<b>7.1</b>	<b>Kenngrößen der Wechselstromtechnik</b>	<b>92</b>
<b>7.2</b>	<b>Winkel und Winkelfunktionen</b>	<b>93</b>
<b>7.3</b>	<b>Augenblickswert sinusförmiger Wechselspannungen und -ströme</b>	<b>94</b>
<b>7.4</b>	<b>Addition sinusförmiger Wechselgrößen gleicher Frequenz</b>	<b>96</b>
7.4.1	Addition von Wechselgrößen im Zeigerbild	96

7.4.2	Addition sinusförmiger Wechselgrößen im Liniendiagramm .....	97
<b>7.5</b>	<b>Wechselstromkreis mit idealen Widerständen .....</b>	<b>98</b>
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
<b>7.6</b>	<b>Reihenschaltungen bei gemischter Belastung .....</b>	<b>102</b>
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
<b>7.7</b>	<b>Parallelschaltungen bei gemischter Belastung .....</b>	<b>110</b>
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
<b>7.8</b>	<b>Schwingkreise .....</b>	<b>119</b>
7.8.1	Reihenschwingkreis .....	119
7.8.2	Parallelschwingkreis .....	120
<b>7.9</b>	<b>Leistung bei Wechselstrom .....</b>	<b>121</b>
<b>7.10</b>	<b>Siebschaltungen .....</b>	<b>122</b>
7.10.1	RL-Hochpass und RL-Tiefpass .....	122
7.10.2	RC-Hochpass und RC-Tiefpass .....	123
<b>7.11</b>	<b>Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom) .....</b>	<b>124</b>
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
<b>7.12</b>	<b>Kompensation .....</b>	<b>132</b>
7.12.1	Kompensation bei Wechselstromverbrauchern	132
7.12.2	Kompensation bei Drehstromverbrauchern	134

## 8 Messtechnik ..... 135

<b>8.1</b>	<b>Analoge Messgeräte .....</b>	<b>135</b>
8.1.1	Anzeigefehler bei analogen Messgeräten ..	135
8.1.2	Eigenverbrauch von analogen Messgeräten	136
<b>8.2</b>	<b>Digitale Messgeräte .....</b>	<b>137</b>

	Anzeige und Messfehler .....	137
<b>8.3</b>	<b>Echtheffektivwertmessung und Messkategorie .....</b>	<b>138</b>
<b>8.4</b>	<b>Indirekte Widerstandsermittlung ....</b>	<b>140</b>
<b>8.5</b>	<b>Messen über Messwandler .....</b>	<b>141</b>
<b>8.6</b>	<b>Messen mit dem Oszilloskop .....</b>	<b>143</b>

## 9 Elektronik ..... 146

<b>9.1</b>	<b>Kühlung elektronischer Bauelemente</b>	<b>146</b>
<b>9.2</b>	<b>Leuchtdioden .....</b>	<b>147</b>
<b>9.3</b>	<b>Gleichrichter .....</b>	<b>148</b>
9.3.1	Gleichrichterschaltungen .....	148
9.3.2	Glättung und Siebung .....	150
<b>9.4</b>	<b>Bipolarer Transistor .....</b>	<b>152</b>
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
<b>9.5</b>	<b>Spannungsstabilisierung .....</b>	<b>158</b>
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
<b>9.6</b>	<b>Transistor als Schalter .....</b>	<b>162</b>
<b>9.7</b>	<b>Kippschaltungen .....</b>	<b>163</b>
9.7.1	Astabile Kippschaltung .....	163
9.7.2	Monostabile Kippschaltung .....	164
9.7.3	Schmitt-Trigger .....	165
<b>9.8</b>	<b>Feldeffekttransistor (FET) .....</b>	<b>166</b>
9.8.1	Kenngrößen des Feldeffekttransistors .....	166
9.8.2	Einstellung des Arbeitspunktes .....	167
9.8.3	Arbeiten mit Kennlinien beim FET .....	169
<b>9.9</b>	<b>Operationsverstärker .....</b>	<b>169</b>
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
<b>9.10</b>	<b>Thyristoren und Triacs .....</b>	<b>174</b>
9.10.1	Zünden von Thyristoren und Triacs .....	174
9.10.2	Gesteuerte Gleichrichter .....	174
9.10.3	Wechselstromsteller, Vielperiodensteuerung	176
<b>9.11</b>	<b>Digitaltechnik .....</b>	<b>177</b>
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, Riemetrieb .....	240
12.2.3	Zahnradtrieb .....	241
12.2.4	Schneckenrieb .....	241
12.2.5	Mehrfache Übersetzung .....	243
12.3	Umlaufende elektrische Maschinen ..	244
12.3.1	Drehfelddrehzahl .....	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