

**FRANZIS RATGEBER**

---

Dieter Nührmann

# **Das kleine Werkbuch Elektronik**

**Datensammlungen – Bauelemente –  
Grundsaltungen**

Mit 465 Abbildungen  
3., neu bearbeitete und erweiterte Auflage



# Inhalt

## Teil I

Tabellen, Formeln, Nomogramme und Berechnungsunterlagen

<b>1.</b>	<b>Bezeichnungen und Rechengrößen in der Elektronikpraxis</b> . . . . .	13
1.1	Griechisches Alphabet . . . . .	13
1.2	Bezeichnung dekadisch vervielfachter Einheiten . . . . .	13
1.3	Frequenzen und Wellenlängen elektromagnetischer Schwingungen . . . . .	14
<b>2.</b>	<b>Daten wichtiger Baustoffe und ihr Verhalten bei Wärmeänderungen</b> . . . . .	15
2.1	Linearer Ausdehnungskoeffizient (Mittelwert 0...100 °C) . . . . .	15
2.2	Wärmeleitfähigkeit (bei 20 °C) . . . . .	17
2.3	Widerstandsänderung bei Wärme . . . . .	20
<b>3</b>	<b>Physikalische und mechanische Eigenschaften von Werkstoffen</b> . . . . .	24
3.1	Physikalische Eigenschaften technischer Stoffe . . . . .	25
3.2	Physikalische Eigenschaften elektrischer Isolierstoffe . . . . .	27
3.3	Physikalische Eigenschaften elektrischer Leiter . . . . .	29
<b>4</b>	<b>Daten und Formeln aus dem Gebiet der Mechanik</b> . . . . .	31
4.1	Elektrothermische Spannungsreihe . . . . .	31
4.2	Elektrochemische Spannungsreihe . . . . .	32
4.3	Bohrdurchmesser und Maße für metrische Gewinde . . . . .	33
4.4	Zinn-Bleilegierungen . . . . .	36
4.5	Die Printplatte . . . . .	36
4.6	SMT . . . . .	48
4.7	Die richtige Bohrgeschwindigkeit . . . . .	104
<b>5</b>	<b>Schaltzeichen, Farbcode und technische Angaben zu Bauteilen der Elektronik</b> . . . . .	106
5.1	Schaltzeichen und Bauteilenormung . . . . .	106

5.2	Gehäuseformen von Halbleitern . . . . .	128
5.3	Kennzeichnung und Codierung von Bauelementen . . . . .	135
5.3.1	Die IEC-Normreihe . . . . .	135
5.3.2	Der Farbcode . . . . .	140
5.3.3	Typenkennung und Herstellercode von Halbleiterbauelementen . . . . .	147
<b>6</b>	<b>Mathematik aus der Praxis der Elektronik . . . . .</b>	<b>151</b>
6.1	Einfache Formeln aus der Arithmetik . . . . .	151
6.2	Die einfachsten Winkelsätze aus Geometrie und Trigonometrie . . . . .	157
6.3	Die Berechnung von Flächen und Körpervolumen . . . . .	160
<b>7</b>	<b>Beispiele für die Berechnungen mit dem ohmschen Gesetz . . . . .</b>	<b>169</b>
7.1	Formeln: Strom – Spannung – Widerstand . . . . .	169
7.2	Formeln – Kondensator und Widerstand . . . . .	177
7.3	Formeln – Spule und Widerstand . . . . .	184
7.4	Spule und Kondensator . . . . .	188
7.5	Die obere und untere Grenzfrequenz bei R-C-Gliedern und Verstärkern . . . . .	192
7.6	Serien- und Parallelschaltung von Kondensatoren und Spulen . . . . .	194
7.7	Dezibelrechnung und absolute Pegelwerte . . . . .	196
7.8	Spannungswerte von Wechselspannungen . . . . .	200
<b>8</b>	<b>Formeln, Drahtangaben und Tabellen für Transformatoren und Spulen . . . . .</b>	<b>202</b>
8.1	Minstdurchmesser von Kupferdrähten . . . . .	202
8.2	Widerstandstabelle für Kupferdrähte . . . . .	202
8.3	Drahttabellen für NF- und HF-Spulen . . . . .	204
<b>9</b>	<b>Wichtige Werte aus der Niederfrequenztechnik: Stecker und Buchsen für die HiFi- und Videotechnik . . . . .</b>	<b>207</b>
9.1	Schaltung von Normbuchsen . . . . .	207
9.2	Signalquellen der NF-Technik . . . . .	212

## Inhalt

9.3	Genormte Ausgangsimpedanzen . . . . .	214
9.4	Mindesteingangsspannungen nach DIN 45 3100 . . . .	214
9.5	Spurenschema für Tonbandgeräte und Kassettenrecorder . . . . .	214
9.6	Signalwerte aus der Fernsehtechnik PAL-Norm . . . . .	215
9.7	Spannungswerte für Rundfunk- und Fernsehempfang . . . . .	218
9.8	100-Volt-Ausgang in der NF-Verstärkertechnik . . .	220

## Teil II

Elektronische Bauelemente für den Schaltungsentwurf, Aufbau, Eigenschaften, Werte, Bauformen und Berechnung aus der Praxis

<b>1</b>	<b>Der Ohmsche Widerstand</b> . . . . .	223
1.1	Die Bauformen . . . . .	223
1.2	Grundlagen der Berechnung für ihren Schaltungseinsatz . . . . .	230
1.3	Veränderbare (Regel-)Widerstände – Potentiometer . . . . .	241
<b>2</b>	<b>Kondensatoren – Bauformen, Anwendung und Daten</b> . . . . .	253
2.1	Kapazitäten von Leitern und Aufbauten (Dielektrikum Luft) . . . . .	255
2.2	Folien-Kondensatoren . . . . .	268
2.3	Elektrolyt- und Tantal-Elektrolyt- Kondensatoren . . . . .	285
2.4	Keramik-Kondensatoren und HF-Durchführungen . . . . .	303
<b>3</b>	<b>Spulen – Bauformen, Anwendungen und Daten</b> . . . . .	314
3.1	Gerade, gestreckte Leiter ( $\mu_r = 1$ ) . . . . .	316
3.2	Spulenanordnungen . . . . .	320
3.3	Drahtmaterial für Spulen . . . . .	337
3.4	Die Güte der Spule . . . . .	340
3.5	Luftspulen mit Kern . . . . .	342
3.6	Wellenwiderstand von Leiteranordnungen . . . . .	348

<b>4</b>	<b>Spannungsquellen</b> . . . . .	357
4.1	Stabilisierte Netzteile . . . . .	357
4.2	Batterien . . . . .	374
<b>5</b>	<b>Dioden und ihre Anwendungen</b> . . . . .	384
5.1	Technische Angaben . . . . .	385
5.2	Allgemeine Anwendungen . . . . .	395
5.3	Sonderbauformen von Dioden . . . . .	395
<b>6</b>	<b>Transistoren</b> . . . . .	422
6.1	Allgemeine Angaben . . . . .	422
6.2	Eingangsdaten . . . . .	432
6.3	Die drei Grundschaltungen des Transistors . . . . .	440
6.4	Ausgangsdaten . . . . .	445
6.5	Berechnung der Verstärkung . . . . .	451
6.6	Der Arbeitspunkt und seine Festlegung . . . . .	457
6.7	Festlegung der Grenzfrequenzen und ihre Bedeutung . . . . .	464
6.8	Neutralisation . . . . .	466
6.9	Feldeffekttransistoren . . . . .	467
6.10	Anwendungen des Feldeffekttransistors . . . . .	492
<b>7</b>	<b>Thyristoren und Triacs</b> . . . . .	502
7.1	Schutz gegen Überspannungen und Überströme . . . . .	502
7.2	Entstörung von Wechselstromstellern . . . . .	505
7.3	Prinzipielle Zünd- und Prüfschaltungen . . . . .	507
7.4	Parallel- und Serienschaltung von Thyristoren und Triacs . . . . .	517
7.5	Gleichstromschaltungen . . . . .	521
7.6	Gleichrichterschaltungen . . . . .	523
7.7	Schaltungsbeispiele . . . . .	526
<b>8</b>	<b>Operationsverstärker</b> . . . . .	537
8.1	Verstärkung und Wahl des Eingangs . . . . .	539
8.2	Wahl der Betriebsspannung . . . . .	541
8.3	Ausgangsschaltungen von Operations- verstärkern . . . . .	544

## Inhalt

8.4	Offsetkompensation . . . . .	544
8.5	Obere Grenzfrequenz – Slew Rate . . . . .	546
8.6	Schaltungen mit dem Operationsverstärker . . . . .	548
<b>9</b>	<b>Optoelektronik . . . . .</b>	<b>557</b>
9.1	Licht und seine Berechnungsgrößen . . . . .	557
9.2	Fotowiderstand . . . . .	566
9.3	Fotodioden . . . . .	569
9.4	Fototransistoren . . . . .	574
9.5	Fotoelemente und Solarzellen . . . . .	581
9.6	LED-Lumineszenz-Dioden . . . . .	592
9.7	Sieben-Segment-Anzeigen und Rasermatrix . . . . .	600
9.8	Optokoppler . . . . .	606
9.9	Infrarot-Detektoren (IR-Detectors) . . . . .	612
	<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>635</b>

## Wichtiger Hinweis

Die in diesem Buch wiedergegebenen Schaltungen und Verfahren werden ohne Rücksicht auf die Patentlage mitgeteilt. Sie sind ausschließlich für Amateur- und Lehrzwecke bestimmt und dürfen nicht gewerblich genutzt werden\*).

Alle Schaltungen und technischen Angaben in diesem Buch wurden vom Autor mit größter Sorgfalt erarbeitet bzw. zusammengestellt und unter Einschaltung wirksamer Kontrollmaßnahmen reproduziert. Trotzdem sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Der Verlag und der Autor sehen sich deshalb gezwungen, darauf hinzuweisen, daß sie weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen können. Für die Mitteilung eventueller Fehler sind Autor und Verlag jederzeit dankbar.

\*) Bei gewerblicher Nutzung ist vorher die Genehmigung des möglichen Lizenzinhabers einzuholen.