

Wilfried Weißgerber

# Elektrotechnik für Ingenieure 1

**Gleichstromtechnik  
und Elektromagnetisches Feld**

Ein Lehr- und Arbeitsbuch für das Grundstudium

7., überarbeitete Auflage

Mit zahlreichen Beispielen, 469 Abbildungen  
und 121 Übungsaufgaben mit Lösungen

Viewegs Fachbücher der Technik



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Physikalische Grundbegriffe der Elektrotechnik</b> .....	1
1.1 Ungeladene und geladene Körper.....	1
1.2 Das Coulombsche Gesetz und das elektrische Feld.....	4
1.3 Das elektrische Potential und die elektrische Spannung.....	5
1.4 Der elektrische Strom.....	10
1.5 Der elektrische Widerstand.....	12
1.6 Die elektrische Energie und die elektrische Leistung.....	22
Übungsaufgaben zu den Abschnitten 1.1 bis 1.6.....	25
<b>2 Gleichstromtechnik</b> .....	27
2.1 Der unverzweigte Stromkreis.....	27
2.1.1 Der Grundstromkreis.....	27
2.1.2 Zählpeilsysteme.....	31
2.1.3 Die Reihenschaltung von Widerständen.....	33
2.1.4 Anwendungen der Reihenschaltung von Widerständen.....	34
2.1.5 Die Reihenschaltung von Spannungsquellen.....	35
2.2 Der verzweigte Stromkreis.....	37
2.2.1 Die Maschenregel (Der 2. Kirchhoffsche Satz).....	37
2.2.2 Die Knotenpunktregel (Der 1. Kirchhoffsche Satz).....	39
2.2.3 Die Parallelschaltung von Widerständen.....	39
2.2.4 Anwendungen der Parallelschaltung von Widerständen.....	41
2.2.5 Ersatzspannungsquelle und Ersatzstromquelle.....	44
2.2.6 Die Parallelschaltung von Spannungsquellen.....	54
2.2.7 Messung von Widerständen.....	58
2.2.8 Der belastete Spannungsteiler.....	62
2.2.9 Kompensationsschaltungen.....	66
2.2.10 Umwandlung einer Dreieckschaltung in eine Sternschaltung und umgekehrt.....	69
Übungsaufgaben zu den Abschnitten 2.1 und 2.2.....	74
2.3 Verfahren zur Netzwerkberechnung.....	80
2.3.1 IMetzberechnung mit Hilfe der Kirchhoffschen Sätze (Zweigstromanalyse).....	80
2.3.2 Netzberechnung mit Hilfe des Überlagerungssatzes (Superpositionsverfahren).....	86
2.3.3 Netzberechnung mit Hilfe der Zweipoltheorie (Zweipolverfahren).....	90
2.3.4 Netzberechnung nach dem Maschenstromverfahren.....	98
2.3.5 Netzberechnung nach dem Knotenspannungsverfahren.....	102
2.3.6 Matrizen und Determinanten und ihre Anwendung bei der Netzberechnung.....	108
2.3.6.1 Matrizen.....	108
2.3.6.2 Determinanten und Bilden der inversen Matrix.....	114
2.3.6.3 Lösung der Netzberechnungs-Gleichungssysteme.....	118
Übungsaufgaben zum Abschnitt 2.3.....	129

2.4	Elektrische Energie und elektrische Leistung.....	132
2.4.1	Energie und Leistung.....	132
2.4.2	Energieumwandlungen.....	135
2.4.3	Messung der elektrischen Energie und Leistung.....	138
2.4.3.1	Messung der elektrischen Energie.....	138
2.4.3.2	Messung der elektrischen Leistung.....	140
2.4.4	Wirkungsgrad in Stromkreisen.....	142
2.4.5	Anpassung.....	145
	Übungsaufgaben zum Abschnitt 2.4.....	149
<b>3</b>	<b>Das elektromagnetische Feld.....</b>	<b>150</b>
3.1	Der Begriff des Feldes.....	150
3.2	Das elektrische Strömungsfeld.....	154
3.2.1	Wesen des elektrischen Strömungsfeldes.....	154
3.2.2	Elektrischer Strom und elektrische Stromdichte.....	156
3.2.3	Elektrische Spannung und elektrische Feldstärke, elektrischer Widerstand und spezifischer Widerstand.....	160
	Übungsaufgaben zum Abschnitt 3.2.....	166
3.3	Das elektrostatische Feld.....	167
3.3.1	Wesen des elektrostatischen Feldes.....	167
3.3.2	Verschiebungsfluss und Verschiebungsflussdichte.....	170
3.3.3	Elektrische Spannung und elektrische Feldstärke, Kapazität und Permittivität (Dielektrizitätskonstante).....	175
3.3.4	Verschiebestrom - Strom im Kondensator.....	197
3.3.5	Energie und Kräfte des elektrostatischen Feldes.....	201
3.3.6	Das Verhalten des elektrostatischen Feldes an der Grenze zwischen Stoffen verschiedener Dielektrizitätskonstanten.....	206
	Übungsaufgaben zum Abschnitt 3.3.....	211
3.4	Das magnetische Feld.....	214
3.4.1	Wesen des magnetischen Feldes.....	214
3.4.2	Magnetischer Fluss und magnetische Flussdichte.....	216
3.4.3	Durchflutung, magnetische Spannung und magnetische Feldstärke (magnetische Erregung), magnetischer Widerstand und Permeabilität.....	222
3.4.4	Das Verhalten des magnetischen Feldes an der Grenze zwischen Stoffen verschiedener Permeabilitäten.....	242
3.4.5	Berechnung magnetischer Kreise.....	246
3.4.5.1	Berechnung geschlossener magnetischer Kreise.....	246
3.4.5.2	Berechnung des nichteisengeschlossenen magnetischen Kreises einer Doppelleitung und mehrerer paralleler Leiter.....	276
3.4.5.3	Berechnung magnetischer Kreise mit Dauermagneten.....	279
3.4.6	Elektromagnetische Spannungserzeugung - das Induktionsgesetz.....	288
3.4.6.1	Bewegte Leiter in einem zeitlich konstanten Magnetfeld — die Bewegungsinduktion.....	288
3.4.6.2	Zeitlich veränderliches Magnetfeld und ruhende Leiter - die Ruheinduktion.....	300

3.4.7 Selbstinduktion und Gegeninduktion ..... 305  
 3.4.7.1 Die Selbstinduktion ..... 305  
 3.4.7.2 Die Gegeninduktion ..... 319  
 3.4.7.3 Haupt- und Streuinduktivitäten, Kopplungs- und Streufaktoren . . . . 337  
 3.4.8 Magnetische Energie und magnetische Kräfte ..... 343  
 3.4.8.1 Magnetische Energie ..... 343  
 3.4.8.2 Magnetische Kräfte ..... 352  
 Übungsaufgaben zum Abschnitt 3.4 ..... 363

**Anhang:**

**Lösungen der Übungsaufgaben** ..... 379  
 1 Physikalische Grundbegriffe der Elektrotechnik ..... 379  
 2 Gleichstromtechnik ..... 381  
 2.1 und 2.2 Der unverzweigte und der verzweigte Stromkreis ..... 381  
 2.3 Verfahren zur Netzwerkberechnung ..... 391  
 2.4 Elektrische Energie und elektrische Leistung ..... 396  
 3 Das elektromagnetische Feld ..... 398  
 3.2 Das elektrische Strömungsfeld ..... 398  
 3.3 \_ Das elektrostatische Feld ..... 399  
 3.4 Das magnetische Feld ..... 410  
**Verwendete und weiterführende Literatur** ..... 435  
**Sachwortverzeichnis** ..... 436

## Inhaltsübersicht

### Band 2

- 4 Wechselstromtechnik
- 5 Ortskurven
- 6 Der Transformator
- 7 Mehrphasensysteme
- Anhang mit Lösungen der Übungsaufgaben

### Band 3

- 8 Ausgleichsvorgänge in linearen Netzen
- 9 Fourieranalyse
- 10 Vierpoltheorie
- Anhang mit Lösungen der Übungsaufgaben

### Formelsammlung

Kompakte Darstellung der zehn Kapitel der Bände 1 bis 3

### Klausurenrechnen

40 Aufgabenblätter mit je vier Aufgaben, ausführlichen Lösungen und Bewertungen