



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für elektrotechnische Berufe

# Rechenbuch Elektrotechnik

## Methodische Lösungswege

**Gültig ab 21. Auflage**

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

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat: Klaus Tkotz

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

**Europa-Nr.: 30960**

### **Autoren der Methodischen Lösungswege zum Rechenbuch Elektrotechnik:**

Eichler, Walter	Otterberg
Feustel, Bernd	Kirchheim
Isele, Dieter	Lauterach
Käppel, Thomas	Münchberg
König, Werner	Boxberg
Tkocz, Klaus	Kronach
Winter, Ulrich	Kaiserslautern

### **Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:**

Klaus Tkocz

### **Bildentwürfe und Layoutentwurf:**

Die Autoren

### **Hinweise zur Buchbenützung:**

1. Die Bezeichnungen der Lösungen erfolgte jeweils durch eine Zahlengruppe, gebildet aus der Seriennummer der betreffenden Aufgabe im Rechenbuch Elektrotechnik und aus der Aufgabennummer.  
So bedeutet z. B. **39/4.: Rechenbuch Elektrotechnik, Seite 39, Aufgabe 4.**  
Kommen gelegentlich Aufgabennummern auf einer Seite doppelt vor, so erhalten die Nummern der obenstehenden Aufgaben den Buchstaben „o“ für oben, die Nummern der untenstehenden Aufgaben den Buchstaben „u“ für unten angefügt, z. B. 30/1.o. und 30/1.u.
2. Bei der Beurteilung von Aufgaben, in denen der Wert  $\pi$  vorkommt, können bei den Ergebnissen kleine Schwankungen auftreten.
3. Beim Auf- bzw. Abrunden der Ergebnisse wurden folgende Regeln für das Runden von Zahlen nach DIN 1333 angewandt:  
Ist die auf die letzte mitzuteilende Stelle folgende Ziffer 5 oder größer, so wird aufgerundet.  
Beispiele:  $16,75 \approx 16,8$   $16,752 \approx 16,8$   $1,76 \approx 1,8$   
Ist die betreffende Ziffer kleiner als 5, so wird abgerundet.  
Beispiele:  $41,34 \approx 41,3$   $41,349 \approx 41,3$   
Diese Regeln gelten nicht für das Geldwesen.

### **Bildbearbeitung:**

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel GmbH & Co.KG, 73760 Ostfildern

21. Auflage 2017

Druck 5 4 3 2

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-3545-5

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2017 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Tutte Druckerei & Verlagsservice GmbH, 94121 Salzweg  
Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald  
Umschlagidee: Klaus Tkocz  
Umschlagfoto: Casio Europe GmbH  
Druck: Medienhaus Plump GmbH, 53619 Rheinbreitbach

# Wegweiser Rechenbuch Elektrotechnik

Methodische Lösungswege

## ● Inhaltsverzeichnis Kurzform

1	Technische Mathematik .....	7
2	Physikalische Grundlagen .....	20
3	Elektrotechnische Grundlagen .....	30
4	Arbeiten mit Kennlinien .....	69
5	Elektrisches Feld .....	76
6	Magnetisches Feld .....	81
7	Wechselstrom- und Drehstromtechnik .	88
8	Messtechnik .....	142
9	Elektronik .....	148
10	Schutzmaßnahmen in elektr. Anlagen .	204
11	Anlagen- und Gebäudetechnik .....	209
12	Elektrische Maschinen .....	236
13	Regelungstechnik .....	263
14	Aufgaben zur Prüfungsvorbereitung ..	268

## ● Nützliches

- ▶ Hinweise zur Buchbenützung .....
  - ▶ Griechisches Alphabet: .....
  - ▶ Grundformeln Gleichstrom: .....
- vordere  
Innenumschlagseite  
hintere  
Innenumschlagseite

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

<b>7.2 Winkel und Winkelfunktionen</b> .....	88	<b>7.12 Kompensation</b> .....	139
<b>7.3 Augenblickswert sinusförmiger Wechselspannungen und -ströme</b> ....	89	7.12.1 Kompensation bei Wechselstrom- verbrauchern .....	139
<b>7.4 Addition sinusförmiger Wechselgrößen gleicher Frequenz</b> .....	91	7.12.2 Kompensation bei Drehstrom- verbrauchern .....	140
7.4.1 Addition von Wechselgrößen im Zeigerbild .....	91		
7.4.2 Addition sinusförmiger Wechselgrößen im Liniendiagramm .....	92		
<b>7.5 Wechselstromkreis mit idealen Widerständen</b> .....	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		
<b>7.6 Reihenschaltungen bei gemischter Belastung</b> .....	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		
<b>7.7 Parallelschaltungen bei gemischter Belastung</b> .....	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		
<b>7.8 Schwingkreise</b> .....	121		
7.8.1 Reihenschwingkreis .....	121		
7.8.2 Parallelschwingkreis .....	121		
<b>7.9 Leistung bei Wechselstrom</b> .....	122		
<b>7.10 Siebschaltungen</b> .....	124		
7.10.1 RL-Hochpass und RL-Tiefpass .....	124		
7.10.2 RC-Hochpass und RC-Tiefpass .....	125		
<b>7.11 Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)</b> .....	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		
		<b>8 Messtechnik</b> .....	<b>142</b>
		<b>8.1 Analoge Messgeräte</b> .....	142
		8.1.1 Anzeigefehler bei analogen Messgeräten	142
		8.1.2 Eigenverbrauch von analogen Messgeräten .....	142
		<b>8.2 Digitale Messgeräte</b> .....	143
		Anzeige und Messfehler .....	143
		<b>8.3 Echtheffektivwertmessung und Messkategorie</b> .....	143
		<b>8.4 Indirekte Widerstandsermittlung</b> .....	144
		<b>8.5 Messen über Messwandler</b> .....	145
		<b>8.6 Messen mit dem Oszilloskop</b> .....	146
		<b>9 Elektronik</b> .....	<b>148</b>
		<b>9.1 Kühlung elektronischer Bauelemente</b>	148
		<b>9.2 Leuchtdioden</b> .....	149
		<b>9.3 Gleichrichter</b> .....	151
		9.3.1 Gleichrichterschaltungen .....	151
		9.3.2 Glättung und Siebung .....	153
		<b>9.4 Bipolarer Transistor</b> .....	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
		<b>9.5 Spannungsstabilisierung</b> .....	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
		<b>9.6 Transistor als Schalter</b> .....	169
		<b>9.7 Kippschaltungen</b> .....	171
		9.7.1 Astabile Kippschaltung .....	171
		9.7.2 Monostabile Kippschaltung .....	172
		9.7.3 Schmitt-Trigger .....	173
		<b>9.8 Feldeffekttransistor (FET)</b> .....	175
		9.8.1 Kenngrößen des Feldeffekttransistors	175
		9.8.2 Einstellung des Arbeitspunktes .....	175
		9.8.3 Arbeiten mit Kennlinien beim FET	176
		<b>9.9 Operationsverstärker</b> .....	177
		9.9.1 Invertierender Operationsverstärker	177
		9.9.2 Nichtinvertierender Operationsverstärker .....	177
		9.9.3 Summierverstärker (Addierer) .....	178
		9.9.4 Differenzverstärker (Subtrahierer)	180
		9.9.5 Integrierer .....	181
		9.9.6 Differenzierer .....	183
		<b>9.10 Thyristor und Triac</b> .....	184
		9.10.1 Zünden von Thyristor und Triac	184
		9.10.2 Gesteuerte Gleichrichter .....	184

