



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische
und elektronische Berufe

Fachkunde

Büro- und Informationselektronik

mit Radio-, Fernseh- und Multimediatechnik

9. völlig neubearbeitete Auflage

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

Ihre Meinung interessiert uns.

Teilen Sie uns Ihre Verbesserungsvorschläge, Ihre Kritik aber auch Ihre Zustimmung zum Buch mit.

Bitte schreiben Sie uns an die E-Mail-Adresse: lektorat@europa-lehrmittel.de

Die Autoren und der Verlag Europa-Lehrmittel, im Sommer 2018

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

Europa-Nr.: 32513

Autoren des Buches Büro- und Informationselektronik

Elmar Dehler,	Studiendirektor	Laupheim, Ulm
Ulrich Freyer,	Dipl.-Ing., Analyst für Medientechnik	Köln
Gregor Häberle,	Dr.-Ing., Abteilungsleiter	Tettnang
Michael Jeschke,	Studiendirektor	Frankenthal
Hermann Münch,	Studiendirektor	Stuttgart
Bernd Schiemann,	Dipl.-Ing.	Durbach

Bildbearbeitung:

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

Lektorat:

Bernd Schiemann

9. Auflage 2018

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-8085-3537-0

Diesem Buch wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Blätter und der VDE-Bestimmungen zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter und VDE-Bestimmungen selbst.

Die DIN-Blätter können von der Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 4–7, 10787 Berlin 30, und Kamekestraße 2–8, 50672 Köln, bezogen werden. Die VDE-Bestimmungen sind bei der VDE-Verlag GmbH, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin, erhältlich.

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

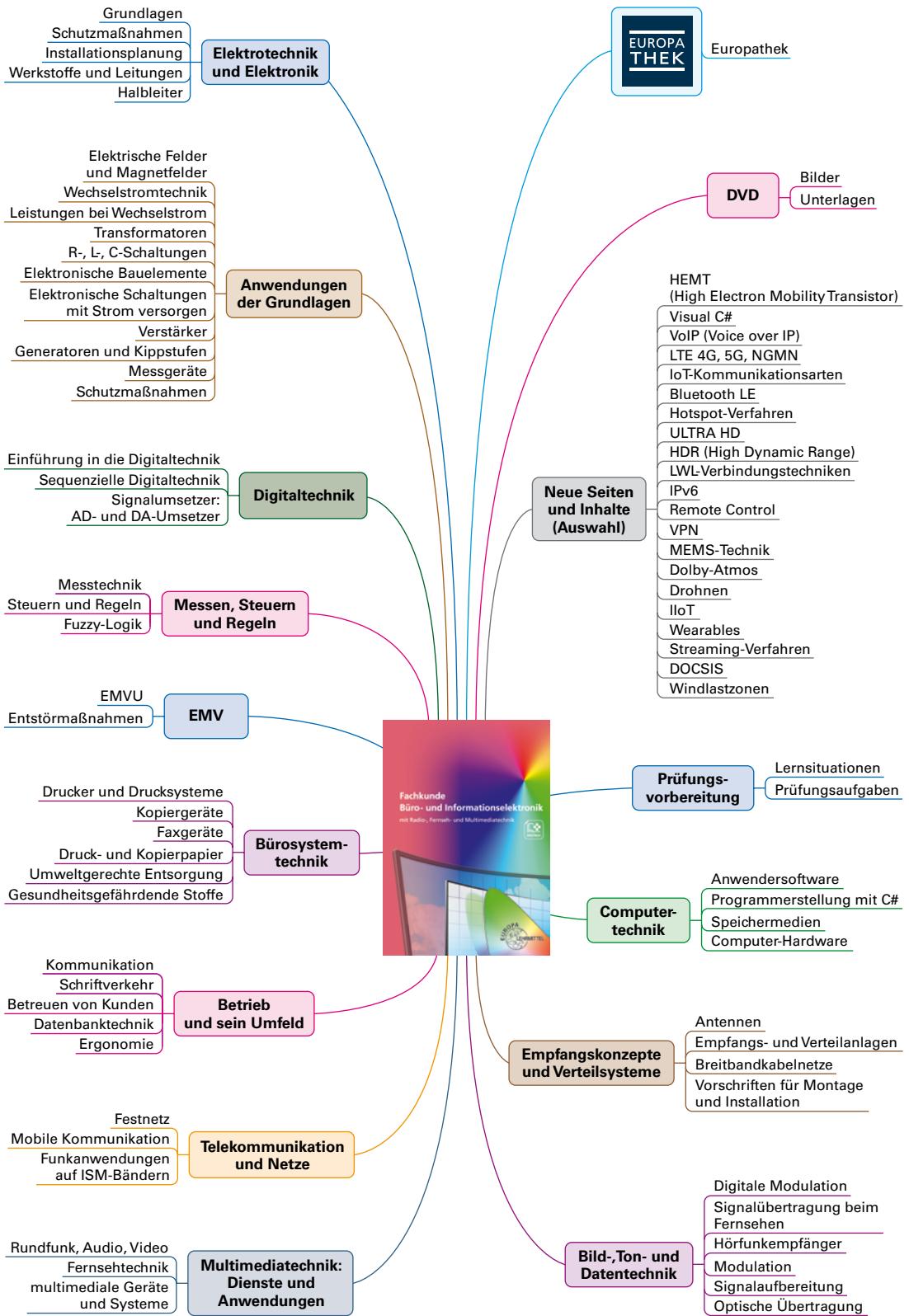
© 2018 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Umschlag: Idee: Bernd Schiemann, Ausführung: Atelier PmbH, 35088 Battenberg

Umschlagfotos: © Thomas Pajot-Fotolia.com; © Oleksig Mark-Fotolia.com; © pandawild-Fotolia.com

Druck: UAB BALTO print, 08217 Vilnius (LT)



Vorwort zur 9. Auflage

Die vollständig neu bearbeitete Fachkunde ist ein Lehrbuch für die Erstausbildung in den IT-Berufen Informationselektroniker/Informationselektronikerin mit den Schwerpunkten Bürosystemtechnik und Geräte- und Systemtechnik sowie für Elektroniker/-in Fachrichtung Informations- und Telekommunikationstechnik. Das Buch bietet fundiertes Wissen von den Grundlagen bis zu den spezifischen technischen Inhalten, z. B. LTE 4G/5G, Internet der Dinge (IoT) bis zu den „Mobile Devices“, Schmalbandvernetzung mit NB-IoT bis zur Camcordertechnik mit Drohnen, sowie der HDR-Technik und der 3D-Raumtontechnik.

Auch für den Unterricht an Informationstechnischen Gymnasien, Fachgymnasien, Fachoberschulen und Berufsoberschulen und als grundlegende Einführung für Schüler/-innen an Berufskollegs und Studierende an Fachschulen, Meisterschulen, Berufsakademien und Fachhochschulen geeignet.

Inhalte des Buches:

- Elektrotechnik, Elektronik, Digitaltechnik, Messtechnik, EMV
- Computertechnik mit Hardware, Software- und Datenbanktechnik
- Bürosystemtechnik
- Betrieb und sein Umfeld, mit Kundenerwartungen und Kostenrechnung
- Kommunikationstechnik mit Telekommunikationsnetzen und IT-Systemen
- Multimediatechnik, Dienste und Komponenten
- Kommunikationstechnik für Bild-, Ton-, und Daten-, mit Übertragungs- und Verteiltechnik
- Prüfungsvorbereitung mit Projektaufgaben

Überarbeitete Inhalte:

Grundschaltungen der Elektrotechnik, Transformatoren, sequenzielle Grundschaltungen, EMVU, PC-Anschlüsse, Windows anwenden, Office-Pakete, FET, IGBT, OPV, Gleichrichterschaltungen, Massenspeicher, Speicherkarten, 3D-Drucker, Fax-Geräte, Tk-Anlagen, GSM, Bluetooth, Satellitenkommunikationssysteme, GPS, Modulation, Hörfunkempfänger, Bildübertragung, QAM-Varianten, Digitales Fernsehen, Camcorder, Heimvernetzung, DSL-Zugänge, Antennen.

Anwendung der Referenzkennzeichnung bei Objekten nach DIN EN 81346-2.

Neue Inhalte:

SiC-Dioden, HEMT, Programmieren in Visual C#, VoIP, LTE-4G/5G, NGMN, IoT-Kommunikation mit Proprietären Netzwerken und LTE-Schmalbandtechnik, Bluetooth LE, Hotspot-Verfahren, Ultra HD, HDR, LWL-Verbindungstechniken, IPv6, Remote Control, VPN, MEMS-Mikrofon, Dolby-Atmos-System, Drohnen, IIoT, Wearables, Chromecast, Airplay, Internet mit DOCSIS, Windlastzonen.

Digital+

beinhaltet einen Freischaltcode für das virtuelle Medienregal EUROPATHEK mit Bildern, Tabellen und z. B. Datenblättern und Diagrammen. Diese Inhalte finden Sie zusätzlich auf der beiliegenden DVD.

Besonderer Wert wurde auch darauf gelegt, Funktionszusammenhänge und Funktionsabläufe durch zahlreiche mehrfarbige Bilder, Diagramme und Tabellen zu veranschaulichen.

Ein besonderes Kapitel, „Schaltungstechnik aus alten Zeiten“ befindet sich auf der DVD.

Inhaltsverzeichnis

Struktur des Berufes Büroinformations-	2	Signale verarbeiten	67
elektroniker/in	10	Analoge und digitale Signale	67
1	Geräte, Anlagen, Systeme	Wechselspannung und Wechselstrom	68
1.1	Elektrische Größen	Zahlensysteme und Codes	74
1.1.1	Physikalische Grundlagen	Codierung von Zahlen im Dualsystem	74
1.2	Elektrotechnische Grundgrößen	Codierung von Zahlen im Hexadezimalsystem	75
1.2.1	Ladung	Festkommazahlen mit Vorzeichen	76
1.2.2	Spannung	Gleitkommazahlen mit Vorzeichen	76
1.2.3	Elektrischer Strom	Codierung und Decodierung	77
1.2.4	Elektrischer Widerstand	Codierung im ASCII-Code	77
1.2.5	Ohm'sches Gesetz	Codierung in BCD-Codes	77
1.2.6	Widerstand und Temperatur	Codeumsetzer	78
1.2.7	Stromdichte	Elektrisches Feld	80
1.3	Grundschaltungen	Grundlagen des elektrischen Feldes	80
1.3.1	Bezugspfiele	Elektrisches Feld anwenden	81
1.3.2	Reihenschaltung	Kondensatoren	81
1.3.3	Parallelschaltung	Schaltungen von Kondensatoren	82
1.3.4	Gemischte Schaltungen	Kondensator im Gleichstromkreis	83
1.3.4.1	Spannungsteiler	Bauformen von Kondensatoren	84
1.3.4.2	Widerstände durch Strom- und Spannungsmessung bestimmen	Magnetisches Feld	87
1.4	Spannungserzeuger	Grundlagen des magnetischen Feldes	87
1.4.1	Arten der Spannungserzeugung	Magnetische Stoffe	87
1.4.2	Belastungsfälle einer Spannungsquelle	Magnetisches Feld anwenden	88
1.4.3	Anpassung	Strom im Magnetfeld	92
1.4.4	Schaltungen von Spannungserzeugern	Induktion	94
1.5	Arten und Bauformen von Verbrauchern	Spule im Gleichstromkreis	97
1.5.1	Festwiderstände	Bauformen der Spulen	98
1.5.2	Veränderbare Widerstände	Spulen verwenden	99
1.5.3	Heißleiterwiderstände	Schaltungen der Wechselstromtechnik	100
1.5.4	Kaltleiterwiderstände	Blindwiderstände an Wechselspannung	100
1.5.5	Spannungsabhängige Widerstände	Wechselstromwiderstand des	
1.6	Leistung, Arbeit, Wärme	Kondensators	100
1.6.1	Elektrische Leistung	Wechselstromwiderstand der Spule	100
1.6.2	Elektrische Arbeit	Schaltungen von nicht gekoppelten	
1.6.3	Mechanische Leistung	Spulen	102
1.6.4	Wirkungsgrad	RC-Schaltungen und RL-Schaltungen	102
1.6.5	Temperatur und Wärme	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand	
1.6.6	Leistungshyperbel	und Blindwiderstand	102
1.7	Schutzmaßnahmen, Schutzbestimmungen, Sicherheitsregeln	Parallelenschaltung aus Wirkwiderstand	
1.7.1	Schutzmaßnahmen	und Blindwiderstand	103
1.7.1.1	Gefahren des elektrischen Stromes	Verluste im Kondensator	104
1.7.1.2	Sicherheitsbestimmungen	Verluste in der Spule	105
1.7.1.3	Schutzklassen elektrischer Betriebsmittel	Impulsverformung	106
1.7.1.4	Systemunabhängige Schutzmaßnahmen	Siebschaltungen	108
1.7.1.5	Systemabhängige Schutzmaßnahmen	Schwingkreise	112
1.7.2	Prüfen der elektrischen Installation und der Geräte auf Sicherheit	Schwingung und Resonanz	112
1.7.2.1	Überstrom-Schutzeinrichtungen	Reihenschwingkreis (RSK)	113
1.7.2.2	Prüfen von Schutzmaßnahmen	Parallelenschwingkreis (PSK)	114
1.7.2.3	Unfallverhütung und Brandbekämpfung	Eigenfrequenz f_0 und Resonanzfrequenz f_r	115
1.7.2.4	Weitere Qualitätskennzeichnungen	Bandbreite und Güte	116
1.8	Installationsplanung	Mechanische Bandfilter	117
1.8.1	Schaltungsunterlagen	Leistungen bei Wechselstrom	118
1.8.2	Schaltungen mit Installationsschaltern	Wirkleistung	118
1.8.3	Schaltfunktion	Blindleistung, Scheinleistung	118
1.8.4	Schützschaltungen	Leistungsdreiecke	119
1.8.5	Schaltungen mit Zeitschaltern und Zeitrelais	Leistungsfaktor	120
1.9	Werkstoffe und Leitungen	Transformatoren	121
1.9.1	Grundlagen der Werkstoffe	Wirkungsweise und Begriffe	121
1.9.2	Elektrochemie	Aufbau von Transformatoren	121
1.9.3	Korrosion	Idealer Transformator	122
1.9.4	Leiter- und Kontaktwerkstoffe	Realer Transformator im Leerlauf	124
1.9.5	Leitungen der Energietechnik	Realer Transformator unter Last	125
1.9.6	Leitungen der Kommunikationstechnik	Besondere Transformatoren	125
1.9.7	Lote und Flussmittel	Halbleiterbauelemente	126
1.9.8	Isolierstoffe	Strom in Festkörpern	126
		Strom in Halbleitern	126

2.8.3	Eigenschaften von Halbleiterbauelementen	128	4	Kundenbeziehungen	209
2.8.3.1	Sperrsicht	128	4.1	Kommunikation	209
2.8.3.2	Sperrsichtkapazität	129	4.1.1	Grundwissen zur Kommunikation	209
2.8.3.3	Rückwärtsrichtung und Vorwärtsrichtung	129	4.1.2	Erfolgreiche Gesprächsführung	211
2.8.3.4	Elektrischer Durchbruch	131	4.2	Schriftverkehr	212
2.8.3.5	Halbleiterdioden	131	4.2.1	Normen und Standards beim Schriftverkehr	212
2.8.3.6	Fotodioden, Fotowiderstände und Fotoelemente	132	4.2.2	Wichtige Geschäftsbriefformen	214
2.8.3.7	Leuchtdioden und Optokoppler	135	4.3	Betreuen von Kunden	214
2.8.3.8	Arbeitspunkt	137	4.4	Kunden in die Bedienung von Geräten einweisen	216
2.8.3.9	Z-Dioden	138	4.5	Mit Kunden umgehen	217
2.8.3.10	Kapazitätsdioden	139	4.5.1	Kundenreklamation	217
2.8.3.11	PIN-Dioden	139	4.5.2	Reklamationsmanagement	217
2.8.3.12	Schottkydioden	140	4.6	Mitarbeiter schulen	219
2.8.3.13	Halbleiterlaser	140	4.7	Teamarbeit	221
2.8.4	Digitale Bauelemente	142	4.7.1	Teambildungsprozess	221
2.8.4.1	Grundschatungen binärer Elemente	142	4.7.2	Teamleistung	222
2.8.4.2	Grundlagen der Schaltalgebra	144	5	Funktionen von Bauelementen und Baugruppen analysieren	223
2.8.4.3	Weitere binäre Elemente	146	5.1	Verhalten und Kennwerte elektronischer Bauelemente	223
2.8.4.4	Binäre Elemente mit besonderen Ausgängen	150	5.1.1	Transistoren	223
2.8.5	Sequenzielle Grundschatungen (Schaltwerke)	151	5.1.1.1	Bipolare Transistoren	223
2.8.6	Zähler	155	5.1.1.2	Unipolare Transistoren FET	227
2.8.7	Frequenzteiler	157	5.1.2	Wärmeübertragung	231
2.8.8	Schieberegister	158	5.1.3	Operationsverstärker	232
2.9	Messmethoden zum Erfassen elektrischer Größen	159	5.1.4	Analoge Schaltungen mit Operationsverstärkern	234
2.9.1	Zeigermesswerke	159	5.2	Schaltungen der Digitaltechnik und Analogtechnik	237
2.9.2	Digitalmultimeter	161	5.2.1	Verstärker	237
2.9.3	Besondere Messgeräte	162	5.2.2	Verstärker mit bipolaren Transistoren	239
2.9.4	Analog-Oszilloskop	163	5.2.3	Verstärker mit Feldeffekttransistoren	244
2.9.5	Digitales Speicherohszilloskop DSO	165	5.2.4	Schalten mit elektronischen Elementen	247
2.9.6	Scopemeter	168	5.2.4.1	Elektronische Schalter	247
2.9.7	PC-Oszilloskop	169	5.2.4.2	Schaltverstärker (Treiber)	247
2.9.8	PC-Messtechnik	170	5.2.4.3	Zeitgeberbaustein NE555	248
2.10	Pegel und Pegelrechnung	171	5.2.4.4	Monostabile Kippschaltung	249
2.11	Elektromagnetische Verträglichkeit EMV	172	5.2.4.5	Astabile Kippschaltung (Rechteckgenerator)	250
2.11.1	Elektromagnetische Umweltverträglichkeit EMVU	172	5.2.4.6	Schwellwertschalter	251
2.11.2	Auswirkungen der EMV	173	5.2.5	Signalumsetzer	252
2.11.3	Störquellen und Störpfade	173	5.2.5.1	Digital-Analog-Umsetzer	252
2.11.4	Entstörmaßnahmen	175	5.2.5.2	Analog-Digital-Umsetzer	253
3	PC-Technik	177	5.2.6	Halbaddierer und 1-Bit-Volladdierer	258
3.1	Software (Überblick)	177	5.2.7	Digitale Direktsynthese DDS	259
3.2	Hardware	177	5.2.8	Elektronische Schaltungen mit Stromversorgen	260
3.2.1	Komponenten eines PC-Systems	177	5.2.8.1	Netzanschlussgerät	260
3.2.2	Anschlüsse am PC (Schnittstellen)	180	5.2.8.2	Gleichrichter	260
3.2.3	Tastatur des PC	181	5.2.8.3	Gleichrichterschaltungen	261
3.2.4	Inbetriebnahme eines PC	181	5.2.8.4	Glätten der gleichgerichteten Spannung	264
3.3	System-Software	182	5.2.8.5	Stabilisieren von Gleichspannung und Gleichstrom	265
3.3.1	Betriebssystemarten	182	5.2.8.6	Stabilisieren mit ICs	267
3.3.2	Windows anwenden	183	5.2.9	Stromrichter in der Kommunikationstechnik	267
3.3.2.1	Arbeitsfläche (Desktop)	183	5.2.9.1	Wechselrichter	267
3.3.2.2	Installation von Anwendungssoftware	184	5.2.9.2	Gleichspannungswandler	268
3.3.2.3	Dateiverwaltung	185	5.2.9.3	Aufbau von Schaltnetzteilen	269
3.3.2.4	Konfigurieren von Windows	186	5.2.9.4	PC-Netzteile	270
3.3.2.5	Partitionieren	187	5.2.9.5	Unterbrechungsfreie Stromversorgung USV	272
3.3.2.6	Befehlszeilenkommandos	188	5.3	Leiterplattenentwurf	273
3.3.3	Anwendungssoftware	190	5.4	Steuern und Regeln	278
3.3.3.1	Office-Pakete	190	5.4.1	Steuern eines technischen Ablaufs	278
3.3.3.2	Textverarbeitung mit Word	191	5.4.2	Regeln eines technischen Ablaufs	278
3.3.3.3	Tabellenkalkulation	195			
3.3.3.4	Präsentationsprogramm	198			
3.3.4	Office-Anwendungen automatisieren	200			
3.3.4.1	Makros aufzeichnen	200			
3.3.5	Linux anwenden	203			
3.3.6	Daten sichern und Daten schützen	205			

5.4.3	Steuerung von Schrittmotoren	279	8	Kundenerwartungen und Kostenrechnung	327
5.4.4	Drehfeldsteuerung eines Elektronikmotors	280	8.1	Kundenwünsche analysieren	327
5.4.5	Ablaufsteuerungen	280	8.1.1	Kundenerwartungen	327
5.4.6	Regelung von Antrieben	280	8.1.2	Konsequente Kundenorientierung	329
5.4.7	Regeln mit Fuzzy-Logik	281	8.2	Kostenrechnung und Leistungsrechnung	331
6	Einzelplatzcomputersystem konfigurieren und optimieren	283	8.2.1	Kostenartenrechnung	331
6.1	Hardwaremäßiger Aufbau eines Computers	283	8.2.1.1	Kostenarten in Abhängigkeit von der Zurechenbarkeit auf Kostenträger	332
6.1.1	Arten von Computern	283	8.2.1.2	Kostenarten in Abhängigkeit vom Beschäftigungsgrad	333
6.1.2.	Gehäusebaugruppen	284	8.2.2	Kostenstellenrechnung	334
6.2	PC-Bussysteme und Interconnect-Verbindungen	285	8.2.2.1	Materialeinzelkosten und Materialgemeinkosten	334
6.3	Struktur und Aufgabe einer CPU	288	8.2.2.2	Lohnneinzelkosten und Lohngemeinkosten	334
6.4	Funktionsbauweise von Computerbaugruppen	290	8.2.2.3	Herstellkosten	335
6.4.1	Hauptplatine eines PCs (Beispiel)	290	8.2.2.4	Verwaltungs- und Vertriebsgemeinkosten	335
6.4.2	Interrupt-Technik	292	8.2.3	Kostenträgerrechnung	336
6.4.3	Speicherarten	293	8.2.3.1	Divisionskalkulation	336
6.4.3.1	Aufbau und Wirkungsweise	293	8.2.3.2	Zuschlagskalkulation in der Produktion	336
6.4.3.2	Schreib-Lesespeicher RAM	294	8.2.3.3	Zuschlagskalkulation im Handel	337
6.4.3.3	Nur-Lesespeicher ROM	295	8.2.4	Deckungsbeitragsrechnung	338
6.5	PC-Erweiterungskarten	296	8.3	Nutzenschwelle	339
6.5.1	Soundkarten	296	8.4	Make or Buy	340
6.5.2	Soundkarte installieren	297	9	Datenbanktechnik	341
6.5.3	Grafikkarten	298	9.1	Relationale Datenbanksysteme	341
6.5.4	Netzwerkkarten	299	9.2	Datenbankentwicklung	343
6.6	Massenspeicher	300	9.3	Normalisierung	344
6.6.1	Festplattenspeicher	300	9.4	Entwicklung einer Datenbank	346
6.6.2	Solid State Disk (SSD)	302	9.4.1	Datenbank erstellen	346
6.6.3	Optische Speicher	303	9.4.2	Tabellen erstellen	346
6.6.3.1	CD-ROM	303	9.4.3	Formulare	349
6.6.3.2	CD-R	303	9.5	Datensicherheit und Datenintegrität	350
6.6.3.3	CD-Formate	304	9.6	Rechtlicher Datenschutz	352
6.6.4	DVD-Speicher	304	10	Bürosysteme installieren	353
6.6.4.1	DVD-R	305	10.1	Leistungsmerkmale von Endgeräten	353
6.6.4.2	DVD-RW	305	10.1.1	PC als multifunktionales Endgerät	353
6.6.4.3	DVD-Fehlerkorrektur	306	10.1.2	Leistungsmerkmale von Druckern	354
6.6.4.4	Blu-ray-Disc	307	10.1.3	Leistungsmerkmale von Kopiergeräten	354
6.6.5	Weitere Speichermedien	308	10.1.4	Leistungsmerkmale von Tk-Anlagen	355
6.7	Schnittstellen der Datenkommunikation	309	10.2	Geräte der Bürosystemtechnik an Netze anschließen	356
6.7.1	Aufgaben und Arten von Datenschnittstellen	309	10.2.1	Kommunikationsnetze	356
6.7.2	Datenschnittstelle	309	10.2.2	Netzwerkanbindung eines PCs	356
6.7.3	Parallele Datenübertragung	310	10.2.3	Netzwerkanbindung eines Druckers	356
6.7.4	Serielle Datenübertragung	311	10.2.4	Netzwerkanbindung eines Kopiergerätes	356
6.7.5	ExpressCard-Schnittstelle	313	10.2.5	Anschluss eines Faxgerätes	356
6.7.6	USB-Schnittstelle	313	10.3	Wartungsvertrag	357
6.7.7	FireWire-Schnittstelle	314	10.3.1	Wartungsvertrag für IT-Systeme	357
6.7.8	Serial-Attached-SCSI-Schnittstelle (SAS)	314	10.3.2	Wartungsvertrag für Bürogeräte	357
6.7.9	Thunderbolt-Schnittstelle	314	10.3.3	Fernwartung	357
7	Softwaresysteme entwickeln	315	10.4	Fehler an Geräten der Bürosystemtechnik	358
7.1	Begriffe der Programmierung	315	10.4.1	Fehler suchen	358
7.2	Phasen einer Softwareentwicklung	316	10.4.2	Fehler analysieren	358
7.3	Programmieren in Visual C#	317	10.5	Gesund am PC-Arbeitsplatz	360
7.3.1	Prinzipieller Programmaufbau	317	11	Bürosystemtechnik	361
7.3.2	Vereinbarungen (Deklarationen)	318	11.1	Drucker und Drucksysteme	361
7.3.3	Methoden für die Eingabe und Ausgabe	320	11.1.1	Impact-Druckwerke	361
7.3.4	Operatoren und Ausdrücke	322	11.1.2	Non-Impact-Druckwerke	361
7.3.5	Bedingte Anweisungen	323	11.1.2.1	Tintenstrahldrucker	361
7.3.6	Inkrementoperatoren und Dekrementoperatoren	325	11.1.2.2	Thermodrucker	363
7.3.7	Iterationsanweisungen	325	11.1.2.3	Festtinten-Drucker	364
			11.1.2.4	UV-Direktdrucker	364
			11.1.2.5	Laserdrucker	365
			11.1.2.6	LED-Drucker	366
			11.1.2.7	LCS-Drucker	366

11.1.2.8	Farblaserdrucker	366	13.4.1.2	Zweiseitenband-Amplitudenmodulation mit unterdrücktem Träger	428
11.1.2.9	3D-Drucker	368	13.4.1.3	Einseitenband-AM	429
11.2	Kopiergeräte	371	13.4.1.4	Frequenzmodulation FM	429
11.2.1	Allgemeine Funktionsweise	371	13.4.2	Rundfunk-Stereofonie	431
11.2.1.1	Optik in Kopiersystemen	371	13.4.3	Radio-Daten-System RDS	432
11.2.1.2	Optische Bauelemente	371	13.5	Hörfunkempfänger (Radio)	433
11.2.1.3	Elektrostatik im Kopiersystem	372	13.5.1	Prinzip des Überlagerungsempfängers	433
11.2.1.4	Funktionsprinzip des Kopierers	373	13.5.2	Abstimmung	435
11.2.2	Digitalkopierer	375	13.5.3	Mischung	435
11.2.3	Vollfarbkopierer	376	13.6	Signalübertragung beim Fernsehen	436
11.3	Faxgeräte	377	13.6.1	Analoge Bildübertragung	436
11.4	Druck- und Kopierpapier	381	13.6.2	Digitale Bildübertragung	437
11.4.1	Holzfreies Papier	381	13.6.3	Grundlagen der Farbenlehre	439
11.4.2	Papier für Kopierer und Laserdrucker	381	13.6.4	Bildausgabegeräte	441
11.4.3	Papier für Tintenstrahldrucker	381	13.6.4.1	Wiedergabeprinzipien	441
11.4.4	Recyclingpapier	382	13.6.4.2	LC-Bildschirme (Liquid Crystal Displays)	442
11.5	Umweltgerechte Entsorgung	382	13.6.4.3	Aufbau eines LC-Bildschirms	444
11.6	Gesundheitsgefährdende Stoffe	384	13.6.4.4	Plasma-Bildschirme	444
12	Telekommunikationsanlagen und Netze	385	13.6.4.5	Pixeldichte und Betrachtungsabstand	445
12.1	Festnetz	385	13.6.4.6	Monitorbildschirme	445
12.1.1	Netzformen	385	15.6.4.7	TV-Geräte	446
12.1.2	Telekommunikationsanlagen und Netze	386	13.6.4.8	Bildschirmtechnik	447
12.1.3	Tk-Anlage installieren	388	13.6.4.9	Sehbereich und Farträume von LCD	448
12.1.4	IP-Telefonanlage	389	13.6.4.10	3D-Technik	449
12.1.5	Voice over IP, Internettelefonie	390	13.6.4.11	Beamer	450
12.2	Mobile Kommunikation	391	13.6.5	Farübertragung beim Fernsehen	452
12.2.1	Mobile Netze	391	13.6.5.1	Analoges Fernsehen	452
12.2.2	Betriebsfunk	392	13.6.5.2	Digitales Fernsehen	453
12.2.3	Digitaler Bündelfunk	393	13.6.5.3	Ultra HD (UHD)	454
12.2.4	Mobilfunksystem GSM	394	13.7	Lichtwellenleiter (LWL)	456
12.2.5	Datenübertragung mit GSM	397	13.7.1	Aufbau und Arten von LWL	456
12.2.6	UMTS	401	13.7.2	Optische Übertragungs- und Modulationsverfahren	458
12.2.7	HSPA	403	13.7.3	LWL-Verbindungstechniken	460
12.2.8	LTE (3.9G)	404	13.8	Digitale Modulation und Demodulation	463
12.2.9	LTE-Advanced Pro (4G-4.5G)	406	13.8.1	Digitale Übertragung der Signale	463
12.2.10	LTE (5G) oder NGMN	406	13.8.2	Abtastung analoger Signale	463
12.3	Funkanwendungen auf ISM-Bändern	408	13.8.3	Quantisierung und Codierung	465
12.3.1	Überblick	408	13.8.4	Vorteile und Nachteile von PCM	466
12.3.2	Einige ISM-Anwendungen	408	13.8.5	Leitungscodierung digitaler Signale	467
12.3.3	Digitale schnurlose Telekommunikation	409	13.8.6	Modulation digitaler Signale	468
12.3.4	Bluetooth	410	13.8.7	Weitere Arten der Pulsmodulation	470
12.3.5	WLAN	412	13.8.8	Quadratur-Amplitudemodulation (QAM)	471
12.3.5.1	WLAN-Betriebsarten	412	13.8.9	Demodulation digitaler Signale	472
12.3.5.2	WLAN-Erweiterung mit Repeater	413	13.9	Multiplexverfahren	473
12.3.5.3	Frequenzen und Kanäle für WLANs	413	13.9.1	Zeitmultiplexverfahren	473
12.3.5.4	Authentifizieren und Verschlüsseln	413	13.9.2	Weitere Multiplexverfahren	476
12.3.5.5	Sendeleistung und Antennen	413			
12.3.5.6	WLAN in der Praxis	414			
12.3.5.7	Störungen bei Funkübertragung im industriellen Umfeld	415			
12.3.6	Hotspots	416			
12.4	Richtfunk	418			
12.5	Satellitenkommunikationssysteme	419			
13	Baugruppen der Bild-, Ton- und Datentechnik	421			
13.1	Übertragungstechnik	421	14	Systeme vernetzen	477
13.2	Signalaufbereitung von Informationen	422	14.1	IT-Netze und Netzverwaltung	477
13.2.1	Übertragungsbandbreite	422	14.1.1	Netzgrundlagen	477
13.3	Störungen durch Rauschen	423	14.1.1.1	Konfiguration	477
13.3.1	Rauschabstand	423	14.1.1.2	Räumliche Ausdehnung von Netzen	478
13.3.2	Rauschfaktor und Rauschmaß	424	14.1.1.3	OSI-7-Schichtenmodell	479
13.3.3	Maßnahmen gegen Rauschen	425	14.1.1.4	Netzzugriffsverfahren	480
13.4	Modulation	426	14.1.1.5	Netzwerkkomponenten	481
13.4.1	Analoge Modulation und Demodulation	426	14.1.1.6	IP-Adressen und Subnetze	482
13.4.1.1	Zweiseitenband-Amplitudenmodulation mit vollem Träger	426	14.2	Netzwerkbetriebssysteme	484
			14.2.1	Systeme und Programme	484
			14.2.2	Betriebssysteme installieren und Netzwerke in Betrieb nehmen	485
			14.2.3	Netzwerk-Administration	486
			14.2.4	Netzwerk-Management	486
			14.2.5	Netzwerk-Dokumentation	487
			14.3	Netzwerk planen und einrichten	488
			14.4	Fernwartung (Remote Control)	489
			14.5	Cloud-Computing	491
			14.6	Planung von IT-Systemen	492

14.7	Systemsteuerung	494	16.3.10.1	Geräte der mobilen Kommunikationstechnik	571
14.7.1	I ² C-Bus	494	16.3.10.2	Tablet-/Smartphone-Betriebssysteme OS.	572
14.7.2	Infrarot-Übertragungssysteme	496	17	Dienste und Multimediatechnologien einrichten und nutzen	573
14.8	Datensicherung	500	17.1	Internet	573
14.8.1	Fehler und Fehlerhäufigkeit	500	17.1.1	Technik des Internets	573
14.8.2	Paritätsprüfung	500	17.1.2	Internetzugänge	575
14.8.3	Fehlererkennung mit CRC	501	17.1.3	Internet-Dienste	577
14.9	Schutz vor Computerviren	503	17.2.1	DSL-Modem	579
15	Software-Lösungen für Bürosysteme	505	17.2.2	Internet über Stromkabel, Powerline	580
15.1	Software-Entwicklung	505	17.2.3	TV- und Radio-Streams	581
15.2	Software-Auswahl und		17.2.4	Arbeiten mit E-Mail-Programm Outlook	583
	Software-Anpassung	506	17.2.5	Videokonferenzen	584
15.3	Anwendersoftware konfigurieren	508	17.2.6	Instant Messaging	585
15.3.1	Zugriffssysteme und Front-Office-Anwendungen konfigurieren	508	17.3	Programmierung von Internetseiten	586
15.3.2	Programme im Back-Office-Bereich konfigurieren	509	17.3.1	HTML	586
15.4	Ergonomie	509	17.3.2	HTML-Editor Phase 5	588
15.4.1	Arbeitsplatzergonomie	509	17.3.3	Webdesign	593
15.4.2	Softwareergonomie	510	17.4	Internetrecht	595
15.4.2.1	Benutzermodell	510	18	Empfangskonzepte und Verteilsysteme	597
15.4.2.2	Arbeitsoberfläche und GUI-System	510	18.1	Antennen	597
15.4.2.3	Programmbedienung	511	18.1.1	Terrestrische Antennen	597
15.4.2.4	Menüarten	514	18.1.2	Satelliten-Antennen	598
16	Multimedia	515	18.2	Empfangs- und Verteilanlagen	601
16.1	Rundfunk, Audio, Video	515	18.2.1	Kanalselektive Anlagen	601
16.1.1	Hörfunk	515	18.2.2	Satelliten-ZF-Anlagen	602
16.1.1.1	Analoger Hörfunk	515	18.3	Breitband-Kabelnetze	605
16.1.1.2	Digitaler Hörfunk	515	18.3.1	Netzkonzept	605
16.1.1.3	WLAN-Webradio (Internetradio)	517	18.3.2	Hausverteilanlagen	606
16.1.2	Digitales Fernsehen	518	18.3.3	Internetzugang mit DOCSIS	607
16.1.3	Verschlüsselung von digitalen Rundfunksignalen	527	18.4	Vorschriften für Montage und Installation	608
16.1.4	Audiocodierung MP3 und MP4	529	19	Lernsituationen, Prüfungsaufgaben	611
16.1.5	NF-Technik	531	19.1	Lernsituationen	612
16.1.5.1	Grundlagen der Akustik	531	19.1.1	Monitor ersetzen	612
16.1.5.2	Mikrofone	532	19.1.2	Kundenbetreuung/Gesprächsführung	612
16.1.5.3	Lautsprecher	534	19.1.3	Unterbrechungsfreie Spannungsversorgung	612
16.1.5.4	Lautstärkeinstellung im NF-Verstärker	538	19.1.4	Schutzmaßnahmen erläutern	612
16.1.5.5	Klangeinstellung im NF-Verstärker	539	19.2	Prüfungsaufgaben	613
16.1.5.6	Surround-Sound	540	19.2.1	Farblaserdrucker beschaffen	613
16.1.5.7	PC-Soundsysteme	541	19.2.2	Sat-ZF-Verteilanlage planen	613
16.1.5.8	Dolby-Surround im Fernsehempfänger	542	19.2.3	Glasfasertechnik	615
16.2	Fernsehtechnik	543	19.2.4	Kabelanschluss auf Triple Play erweitern	616
16.2.1	Signalverarbeitung im Fernsehempfänger	543	19.2.5	Computernetzwerk dem Kunden erklären	616
16.2.1.1	Allgemeines	543	19.2.6	Datensicherungen vornehmen	618
16.2.1.2	Baugruppen digitaler Fernsehgeräte	543	19.2.7	Projektmanagement anwenden	619
16.2.1.3	TV-Tuner	544	19.2.8	Kostenrechnung durchführen und kontrollieren	620
16.2.1.4	Set-Top-Box (STB)	545	19.2.9	Kundenbeziehungen pflegen	621
16.2.1.5	Schaltungstechnik von Set-Top-Boxen (STB)	546	19.2.10	IT-Schulungsraum einrichten	622
16.2.1.6	Aufbau eines LCD-TV-Empfängers	547	19.2.11	Datenbank planen und entwerfen, Umsatzanalyse durchführen	623
16.3	Multimediale Geräte und Systeme	548	19.2.12	Eine Hausmesse vorbereiten und PKW-Verbrauchsdaten berechnen	624
16.3.1	Allgemeines	548	19.2.13	Gemeinschaftspraxis neu einrichten	625
16.3.2	Triple-Play-Technik	549	19.3	Lernsituationen, Prüfungsaufgaben – Lösungen	CD
16.3.3	Anwendungen der Multimedia-Technik	550	Anhang	626	
16.3.4	DVD-/BD-Rekorder	551	Größen und Einheiten	626	
16.3.5	Camcorder	554	Kennbuchstaben der Objekte	630	
16.3.6	Webcam	555	Literaturverzeichnis	631	
16.3.7	Drohnen (Multikopter)	556	Bildquellenverzeichnis	632	
16.3.6	Digitale Bildbearbeitung	557	Verzeichnis der Firmen und Dienststellen	633	
16.3.7	Heimvernetzung	560	Wissenschaftler, Ingenieure und Erfinder	634	
16.3.8	Internet der Dinge (IoT)	566	Sachwortverzeichnis	636	
16.3.8.1	Internet der Dinge (IoT)	566			
16.3.8.2	IoT in der Industrie	567			
16.3.8.3	Wearables	568			
16.3.9	Videoüberwachungsanlagen	569			
16.3.9.1	Arten der Videoüberwachung	569			
16.3.9.2	Eine Videoüberwachungsanlage planen	570			
16.3.10	Mobile Kommunikationstechnik	571			

Informationselektroniker/Informationselektronikerin

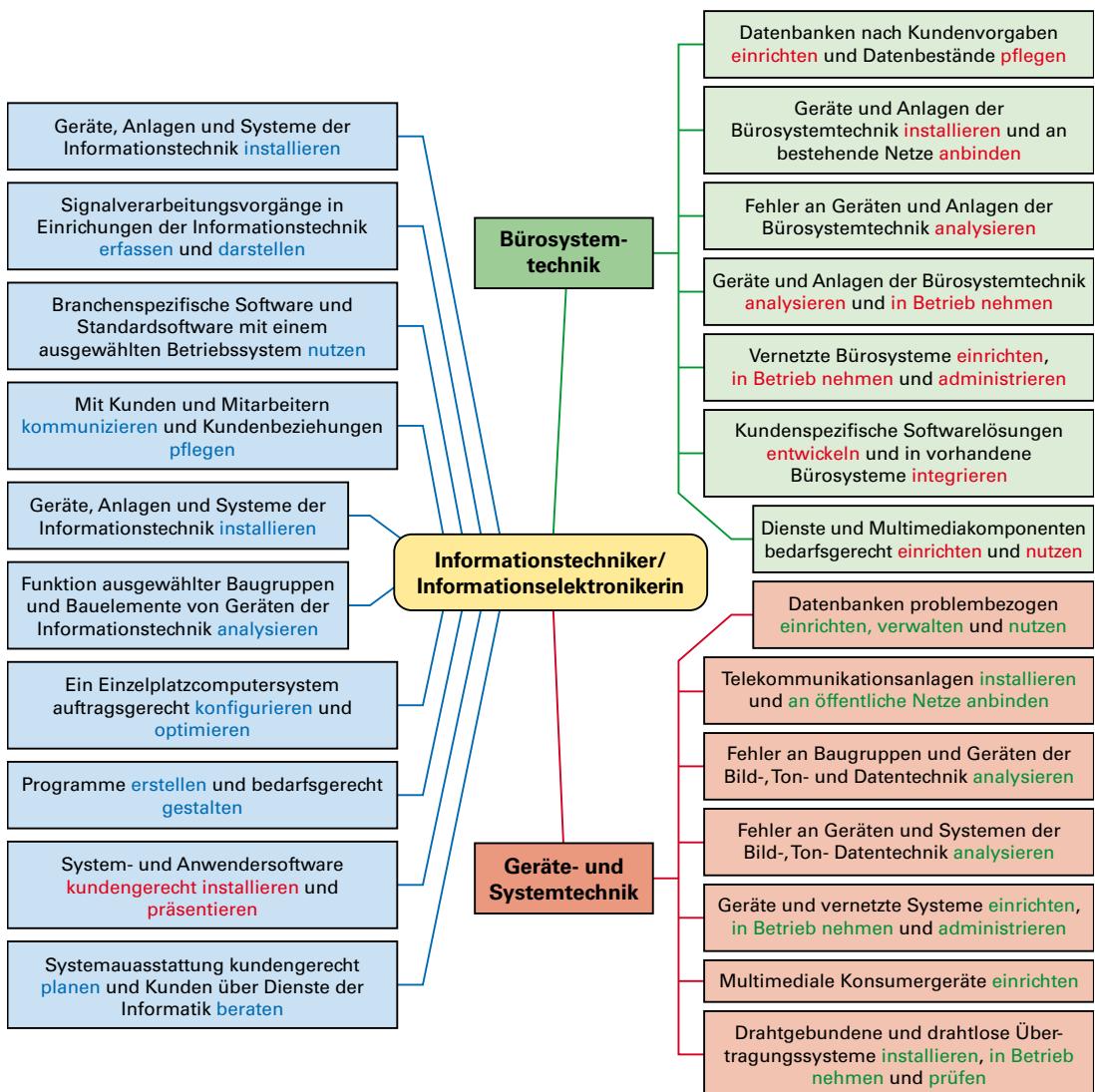
Die Ausbildung dauert 3,5 Jahre. Sie findet an den Lernorten Betrieb und Berufsschule statt und erfolgt zu knapp einem Drittel der Ausbildungszeit in einem der beiden Schwerpunkte:

Bürosystemtechnik

Im Schwerpunkt **Bürosystemtechnik** werden vorzugsweise Informationssysteme konzipiert, installiert und instandgesetzt sowie Anwendungsprogramme erstellt.

Geräte- und Systemtechnik

Im Schwerpunkt **Geräte- und Systemtechnik** werden vorzugsweise Geräte und Systeme zum Aufheben, Übertragen, Verteilen, Speichern, Verarbeiten und Wiedergeben von Bild, Ton und Daten konzipiert, installiert und instandgesetzt. In der Multimedia-technik wird auch die Heimvernetzung berücksichtigt.



1 Geräte, Anlagen, Systeme

1.1 Elektrische Größen

Elektrische Größen verwendet man zur Kennzeichnung von elektrischen Vorgängen.



- Physikalische Größen sind festgelegt durch Formelzeichen, Zahlenwert und Einheit, z. B. Masse $m = 1 \text{ kg}$.
- Formelzeichen kennzeichnen physikalische Größen in Kurzform.

1.1.1 Physikalische Grundlagen

Zur Beschreibung der elektrotechnischen Vorgänge sind physikalische Begriffe unentbehrlich.

Kraftfelder

Auf einen Körper kann durch *unmittelbare Berührung* eine Wirkung ausgeübt werden, z. B. eine Kraft. Die Wirkung kann aber oft auch *aus der Ferne* erfolgen, z. B. durch die Anziehungskraft der Erde auf einen Satelliten (**Bild 1**).

Körper üben aufeinander eine Anziehungskraft aus, die auch aus der Ferne wirkt. Diese Anziehungskraft ist umso größer, je größer die Massen der Körper sind und je kleiner ihr Abstand voneinander ist.

Tritt eine Wirkung aus der Ferne ein, so sagt man, dass ein *Feld* zwischen der Ursache der Wirkung und dem Körper ist. Ist mit der Wirkung eine Kraft verbunden, so spricht man von einem *Kraftfeld*.

Jeder Raum kann von Kraftfeldern erfüllt sein.

Um stromdurchflossene elektrische Leiter treten ein *elektrisches Feld* und ein *magnetisches Feld* auf. Um Magneten ist ein *magnetisches Feld* wirksam. Sich rasch ändernde elektrische bzw. magnetische Felder sind immer miteinander verknüpft.

Masse und Kraft

Die Angabe der *Masse* eines Körpers gibt Auskunft darüber, ob es leicht oder schwer ist, die Bewegung des Körpers zu ändern. Die Masse ist unabhängig von Ort und Umgebung. Die Einheit der Masse ist das Kilogramm (kg).

Die Masse eines Körpers ist an jedem Punkt der Erde und außerhalb der Erde gleich groß.

Infolge des Schwerkiefes der Erde wirkt auf jede Masse auf der Erde oder nahe der Erde eine Kraft.

Beim Kraftmesser tritt unter der Wirkung der Kraft eine Verformung der Feder ein, deren Größe ein Maß für die Kraft ist (**Bild 2**). Die Einheit der Kraft ist das **Newton** mit dem Einheitenzeichen N.

Ein Körper mit der Masse 1 kg hat auf der Erde eine Gewichtskraft von etwa 10 N.



Bild 1: Wissenschaftssatellit beim Aussetzen durch die Weltraumfähre im Schwerkiefeld der Erde

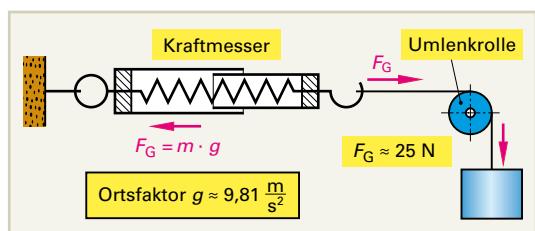


Bild 2: Kraftmessung

Basisgrößen, Einheiten und abgeleitete Einheiten

Physikalische Größen sind messbare Eigenschaften von Körpern, physikalischen Zuständen oder physikalischen Vorgängen, z. B. Masse, Länge, Zeit, Kraft, Geschwindigkeit, Stromstärke, Spannung oder Widerstand. Jeder spezielle Wert einer Größe kann durch das Produkt von Zahlenwert und Einheit angegeben werden, z. B. 10 kg. Der spezielle Wert einer Größe wird *Größenwert* und in der Messtechnik *Messwert* genannt.

Formelzeichen verwendet man zur Abkürzung von Größen, insbesondere bei Berechnungen.

Physikalische Größen, aus denen man die anderen Größen ableiten kann, nennt man *Basisgrößen* (**Tabelle 1, folgende Seite**).

Vektoren nennt man Größen, zu denen eine Richtung und ein Betrag gehört, z. B. ist die Kraft ein Vektor.

Formeln sind kurzgefasste Anweisungen, wie ein Größenwert zu berechnen ist.

Einheiten

Die meisten physikalischen Größen haben Einheiten. Die Einheit ist oft aus einem Fremdwort entstanden, z. B. Meter vom griechischen Wort für Messen. Oft sind aber Einheiten auch zu Ehren von Wissenschaftlern benannt, z. B. das **Ampere**. Einheiten der Basisgrößen sind die Basiseinheiten (Tabelle 1).

Vorsätze geben bei sehr kleinen oder sehr großen Zahlenwerten die Zehnerpotenz an, mit welcher der Zahlenwert einer Größe zu multiplizieren ist (Tabelle 2).

Arbeit

Eine Arbeit wird aufgewendet, wenn infolge einer Kraft eine Wegstrecke zurückgelegt wird. Der Größenwert der mechanischen Arbeit ist also das Produkt aus Kraft und Weg. Die Einheit der Arbeit ist das Newtonmeter (Nm) mit dem besonderen Einheitennamen **Joule** (J).

Energie

Die Fähigkeit zum Verrichten einer Arbeit nennt man **Arbeitsvermögen** oder **Energie**. Die Energie hat dasselbe Formelzeichen und dieselbe Einheit wie die Arbeit. Arbeit und Energie stellen also dieselbe physikalische Größe dar. Jedoch drückt der Begriff Arbeit den **Vorgang** aus, der Begriff Energie dagegen den **Zustand** eines Körpers oder eines Systems aus mehreren Körpern. Meist ändert sich die Energie durch Arbeitsaufwand (Bild 1).

Energie ist Arbeitsvermögen. Arbeit bewirkt Energieänderung.

Außer der mechanischen Energie gibt es weitere Energiearten. In brennbaren Stoffen ist **chemische Energie** gespeichert. Diese lässt sich durch Verbrennung in **Wärmeenergie** umwandeln. Die in Atomkernen gespeicherte Energie nennt man **Kernenergie** oder auch **Atomenergie**. Die von der Sonne als Wärmestrahlung oder als Lichtstrahlung ausgesandte Energie nennt man **Sonnenenergie**.

Energie lässt sich nicht erzeugen, sondern nur umwandeln.

Potenzielle Energie (von lat. potentia = Vermögen, Macht) oder Energie der Lage (Bild 1) ist die in einem System gespeicherte Energie, z. B. in einer Masse, die sich im Schwerkraftfeld der Erde befindet.



Arbeit = Kraft, die längs eines Weges auf einen Körper einwirkt.

Energie = Fähigkeit, Arbeit zu verrichten.

Tabelle 1: SI-Basisgrößen

Größen	Formel-zeichen	Basis-einheiten	Einheiten-zeichen
Länge	<i>l</i>	Meter	m
Masse	<i>m</i>	Kilogramm	kg
Zeit	<i>t</i>	Sekunde	s
Stromstärke	<i>I</i>	Ampere	A
Temperatur	<i>T</i>	Kelvin	K
Lichtstärke	<i>I_v</i>	Candela	cd
Stoffmenge	<i>n</i>	Mol	N

Tabelle 2: Vorsätze und Vorsatzzeichen

Faktor	Vorsatz	Vorsatz-zeichen	Faktor	Vorsatz	Vorsatz-zeichen
10^{24}	Yotta	Y	10^{-1}	Dezi	d
10^{21}	Zetta	Z	10^{-2}	Zenti	c
10^{18}	Exa	E	10^{-3}	Milli	m
10^{15}	Peta	P	10^{-6}	Mikro	μ
10^{12}	Tera	T	10^{-9}	Nano	n
10^9	Giga	G	10^{-12}	Piko	p
10^6	Mega	M	10^{-15}	Femto	f
10^3	Kilo	k	10^{-18}	Atto	a
10^2	Hekto	h	10^{-21}	Zepto	z
10^1	Deka	da	10^{-24}	Yakto	y

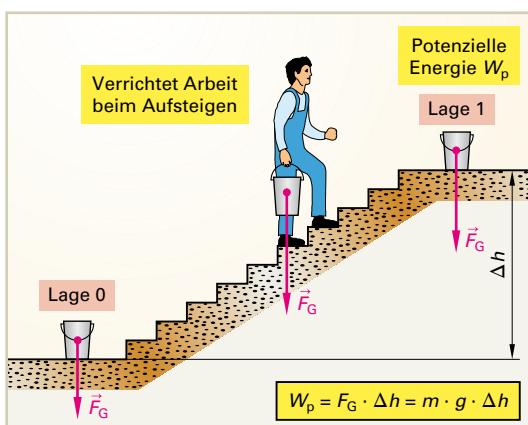


Bild 1: Änderung der Energie durch Arbeit

Kinetische Energie ist in einer bewegten Masse gespeichert.

$$W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Die kinetische Energie ist unabhängig von einer Bezugslage. Sie hängt nur von der Masse und deren Geschwindigkeit ab.

1.2 Elektrotechnische Grundgrößen

1.2.1 Ladung

Jeder Körper ist im normalen Zustand an der Oberfläche elektrisch neutral. Durch Reiben an einem anderen Körper kann dieser Zustand geändert werden.

Stäbe aus Isolierstoffen, wie z. B. Hartgummi, Acrylglass, Polystyrol, die man mit einem Wolltuch reibt, üben aufeinander Abstoßungskräfte (**Bild 1**) oder Anziehungskräfte (**Bild 2**) aus. Dafür sind die elektrischen Ladungen an der Oberfläche verantwortlich.

Gleichartige Ladungen stoßen sich ab, ungleichartige Ladungen ziehen sich an.

Die Ladung des Acrylglassstabes bezeichnet man als *positive Ladung* (Plusladung), die Ladung des Polystyrolstabes oder des Hartgummistabes als *negative Ladung* (Minusladung). Ladungen üben Kräfte aufeinander aus. Der Ladungszustand ist aus dem Aufbau der Stoffe erklärbar.

Enthält der Kern eines Atoms so viele Protonen, wie Elektronen um den Kern kreisen, so ist das Atom elektrisch neutral (**Bild 3**). Nach außen tritt keine elektrische Ladung in Erscheinung. Kreisen dagegen um den Atomkern mehr oder weniger Elektronen, als Protonen im Kern vorhanden sind, so ist das Atom im ersten Fall negativ, im zweiten Fall positiv geladen. Man nennt es Ion (griech. ion = wandernd).

Die elektrische Ladung ist von der Stromstärke und von der Zeit abhängig. Sie hat die Einheit Amperesekunde (As) mit dem besonderen Einheitennamen **Coulomb** (C).

Jedes Elektron ist negativ geladen, jedes Proton ist positiv geladen. Beide tragen die *Elementarladung* e . Die Elementarladung e eines Elektrons beträgt $-0,1602 \text{ aC}$, die Elementarladung e eines Protons beträgt $+0,1602 \text{ aC}$.

1.2.2 Spannung

Zwischen positiven und negativen Ladungen wirkt eine Anziehungskraft (**Bild 4**). Werden diese Ladungen voneinander entfernt, so muss gegen die Anziehungskraft eine Arbeit verrichtet werden. Diese Arbeit ist nun als Energie in den Ladungen gespeichert. Dadurch besteht zwischen den Ladungen eine *Spannung*.

Spannung entsteht durch Trennung von Ladungen.

- i + positive Ladung + Q
- negative Ladung - Q

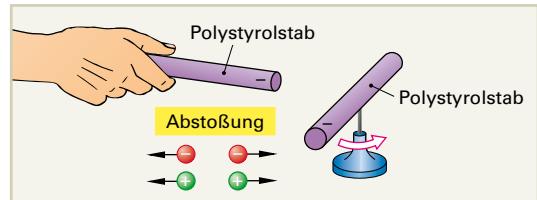


Bild 1: Abstoßung gleichartiger Ladungen

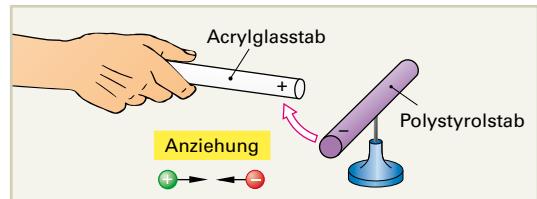


Bild 2: Anziehung ungleichartiger Ladungen

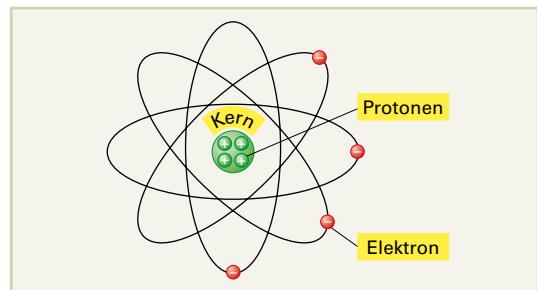


Bild 3: Atommodell



Bild 4: Spannung durch Ladungstrennung

$$[Q] = As = C$$

$$Q = I \cdot t$$

- | | |
|-----|-------------|
| Q | Ladung |
| I | Stromstärke |
| t | Zeit |

Die Ladungstrennung ist nicht ohne Arbeitsaufwand möglich. Je höher die erzeugte Spannung ist (**Bild 4**), desto größer ist das Bestreben der Ladungen sich auszugleichen. Elektrische Spannung ist also auch das Ausgleichsbestreben von Ladungen.

Die elektrische Spannung (Formelzeichen U) misst man mit dem *Spannungsmessgerät* (**Bild 1**).

Zur Messung der Spannung wird das Spannungsmessgerät an die Anschlüsse des Erzeugers oder Verbrauchers geschaltet.

Die Einheit der elektrischen Spannung ist das **Volt** mit dem Einheitenzeichen V, $[U] = V$ (sprich: Einheit von U).

Die elektrische Spannung ist die zur Ladungstrennung aufgewendete Arbeit je Ladung.

Die Ladungstrennung und damit die Spannungserzeugung können auf verschiedene Arten geschehen (Abschnitt 1.5). Bei einem Spannungserzeuger liegt die Spannung an den zwei Anschlüssen. Man nennt derartige Einrichtungen mit zwei Anschlüssen einen *Zweipol*.

Die Pole eines Spannungserzeugers sind der Pluspol (+) und der Minuspol (-). Der Pluspol ist gekennzeichnet durch Elektronenmangel, der Minuspol durch Elektronenüberschuss.

i Pluspol (+): Elektronenmangel
Minuspol (-): Elektronenüberschuss

Potenzial nennt man eine auf einen Bezugspunkt bezogene Spannung, z. B. die Spannung gegen Erde. Spannung kann deshalb als Differenz zweier Potentiale aufgefasst werden.

1.2.3 Elektrischer Strom

Die Spannung ist die Ursache für den *elektrischen Strom*. Elektrischer Strom fließt nur im geschlossenen Stromkreis. Ein *Stromkreis* besteht aus dem Spannungserzeuger, dem Verbraucher und der Leitung zwischen Erzeuger und Verbraucher (**Bild 2**). Mit dem Schalter kann man den Stromkreis öffnen und schließen.

Metalle haben Elektronen, die im Inneren des Metalls frei beweglich sind. Man bezeichnet diese als freie Elektronen. Sie bewegen sich von der Stelle mit Elektronenüberschuss zur Stelle mit Elektronenmangel.

Gute Leiter, wie z. B. Kupfer oder Silber, haben etwa gleich viele freie Elektronen wie Atome.

Der Spannungserzeuger übt eine Kraft auf die freien Elektronen aus. Diese Kraftwirkung breitet sich nach dem Schließen eines Stromkreises fast mit Lichtgeschwindigkeit aus. Die Elektronen im Leiter bewegen sich dagegen mit sehr geringer Geschwindigkeit (nur wenige mm/s).

$$[U] = \frac{\text{Nm}}{\text{As}} = \frac{\text{J}}{\text{C}} = \text{V}$$

$$U = \frac{W}{Q}$$

U Spannung; W Arbeit; Q Ladung

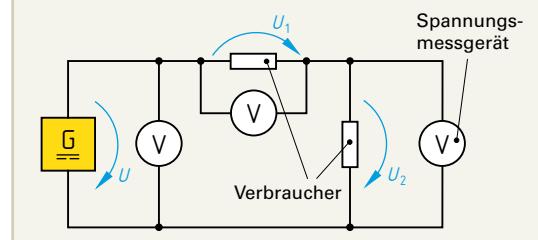


Bild 1: Spannungsmessung

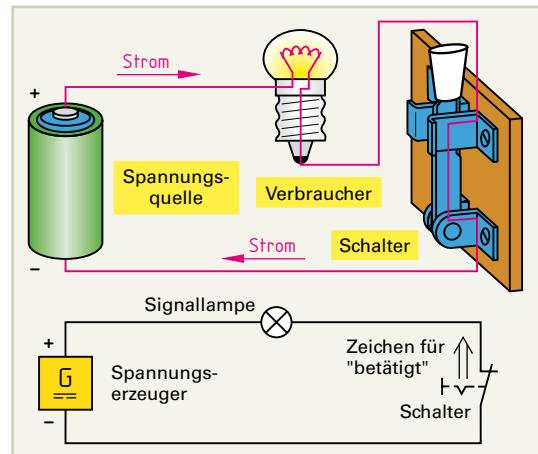


Bild 2: Elektrischer Stromkreis

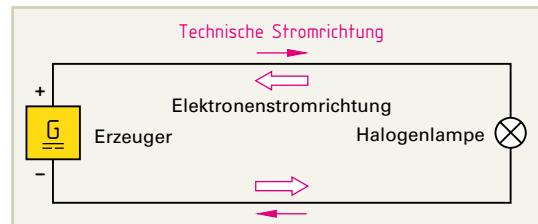
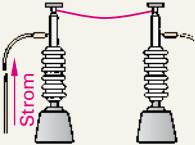
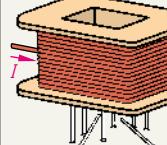
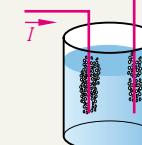


Bild 3: Stromrichtung

Der Grund dafür sind die als Hindernis wirkenden Atomrumpfe des Leiters. Bei der Festlegung der technischen Stromrichtung (**Bild 3**) ging man von der Bewegungsrichtung positiver Ionen in Flüssigkeiten aus.

Die technische Stromrichtung ist der Elektronenstromrichtung entgegengesetzt.

Tabelle 1: Auftreten von Stromwirkungen

Wärmewirkung	Magnetwirkung	Lichtwirkung	Chemische Wirkung	Wirkung auf Lebewesen
immer	immer	in Gasen, bei manchen Halbleitern	in leitenden Flüssigkeiten, Gelen	bei Menschen und Tieren
				
Heizlüfter, Lötkolben, Schmelzsicherung	Relaispule, Türöffner	Glimmlampe, Leuchtstofflampe Leuchtdiode (LED)	Ladevorgang bei Akkumulatoren, belastete Elemente	Negativ: Unfälle Positiv: Herzschrittmacher

Der elektrische Strom hat verschiedene Wirkungen (**Tabelle 1**). Die Wärmewirkung und die Magnetwirkung treten immer auf. Lichtwirkung, chemische Wirkung und Wirkung auf Lebewesen treten nur in bestimmten Fällen auf.

Den elektrischen Strom (Formelzeichen I) misst man mit dem Strommessgerät (**Bild 1**). Die Einheit der elektrischen Stromstärke ist das Ampere (A).

- i** Zur Messung der Stromstärke wird ein Strommessgerät in den Stromkreis geschaltet.

Im Schaltzeichen des Strommessgerätes steht A oder I .

Bei **Gleichstrom** bleibt die Stromstärke über die Zeit t konstant (**Bild 2**). Die Elektronen fließen im Verbraucher vom Minuspol zum Pluspol. Das Kurzzeichen für Gleichstrom ist DC (von Direct Current = gerichteter Strom).

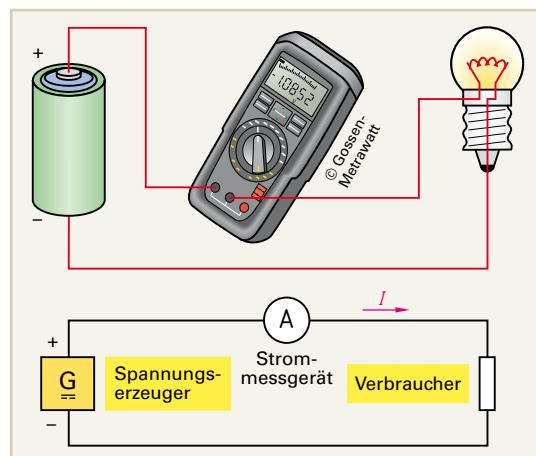
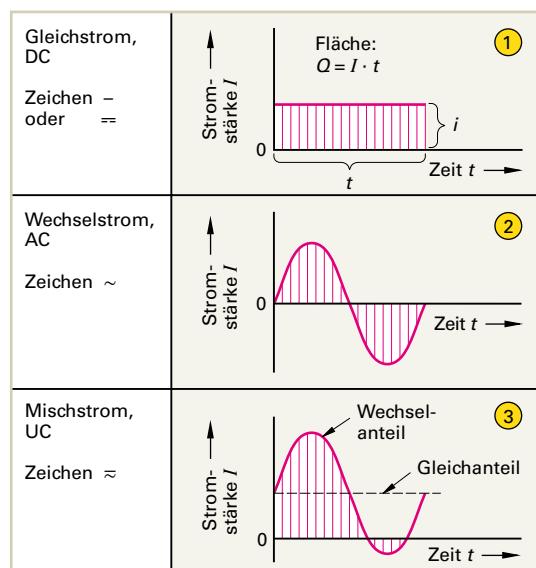
Bei **Wechselstrom** ändert die Spannung ständig ihre Richtung und damit auch der Strom. Das Kurzzeichen für Wechselstrom ist AC (von Alternating Current = wechselnder Strom).

Mischstrom entsteht durch die Addition (Überlagerung) von Gleichstrom und Wechselstrom (**Bild 2**). Wird der Gleichstrom ① zu dem Wechselstrom ② addiert, so erhält man den Stromverlauf des Mischstroms ③.

Mischstrom enthält einen Gleichstromanteil und einen Wechselstromanteil.

Das Kurzzeichen für Mischstrom ist UC (von Universal Current = allgemeiner Strom). Ein gleichgerichteter Wechselstrom enthält Gleichstrom und Wechselstrom (siehe Abschnitt 2.1.1).

Gefahren des elektrischen Stromes siehe Seite 40.

**Bild 1: Strommessung****Bild 2: Stromarten**

1.2.4 Elektrischer Widerstand

Der Widerstand, auch *Resistenz* (von lat. *resistere* = widerstehen) genannt (Formelzeichen R), hat die Einheit **Ohm** (Ω). $[R] = \Omega$. Den Kehrwert des Widerandes nennt man *Leitwert*. Der Leitwert (Formelzeichen G) hat die Einheit **Siemens** (S).

Beispiel 1: Leitwert berechnen

Ein Widerstandswert beträgt 200Ω . Wie groß ist der Leitwert?

Lösung:

$$R = \frac{1}{G} \Rightarrow G = \frac{1}{R} = \frac{1}{200 \Omega} = 5 \text{ mS}$$

Tabelle 1: Spezifischer Widerstand ρ und Leitfähigkeit γ

Material	ρ in $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	γ in $\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$
Aluminium (Al)	0,0278	36,0
Kupfer (Cu)	0,0178	56,0
Silber (Ag)	0,0167	60,0
Gold (Au)	0,022	45,7

Leiterwiderstand

Der Widerstand eines Leiters hängt von der Länge, vom Querschnitt, vom Leiterwerkstoff und der Temperatur ab. Deshalb kann die elektrische Energie nicht verlustlos übertragen werden.

Der spezifische (arteigene) Widerstand ρ von Drähten hat die Einheit $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. Bei Isolierstoffen und Halbleiterwerkstoffen wird die Einheit $\Omega \cdot \text{cm}^2/\text{cm} = \Omega \cdot \text{cm}$ verwendet. $1 \Omega \text{cm}$ entspricht dem Widerstand eines Würfels mit der Kantenlänge 1 cm.

Der spezifische Widerstand ρ gibt den Widerstand eines Leiters von 1 m Länge und 1 mm^2 Querschnitt bei 20°C an.

Die Leitfähigkeit γ ist der Kehrwert des spezifischen Widerstandes ρ . Oft wird mit der Leitfähigkeit γ statt mit dem spezifischen Widerstand gerechnet (**Tabelle 1**).

i Die Leitfähigkeit γ ist der Kehrwert des spezifischen Widerstandes ρ .

$$[R] = \Omega; [G] = S$$

$$R = \frac{1}{G}$$

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot A}$$

R Widerstand (Resistanz)

G Leitwert, spezifischer Leitwert

γ Leitfähigkeit (γ griech. Kleinbuchstabe Gamma)

ρ spezifischer Widerstand (ρ griech. Kleinbuchstabe Rho)

l Länge des Leiters

A Querschnitt des Leiters

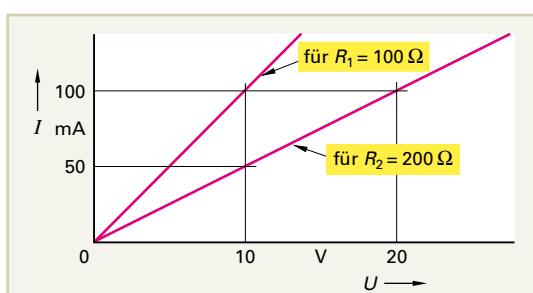


Bild 1: I als Funktion von U beim linearen Widerstand

Beispiel 2: Drahtwiderstand berechnen

Ein Aluminiumdraht hat die Länge $l = 2 \text{ m}$ und einen Querschnitt von $0,0785 \text{ mm}^2$. Wie groß ist der Widerstand?

Lösung:

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot A} = \frac{2 \text{ m}}{36,0 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2) \cdot 0,0785 \text{ mm}^2} = 0,72 \Omega$$

Wenn $I \sim U$ (sprich: I ist proportional U) ist, so spricht man von einem linearen Widerstand. Die Gerade verläuft umso steiler, je kleiner der Widerstand ist. Mit zunehmendem Widerstand nimmt also die Stromstärke ab.

Das Ohm'sche Gesetz beschreibt den Zusammenhang von Stromstärke, Spannung und Widerstand.

1.2.5 Ohm'sches Gesetz

Bei konstantem Widerstand nimmt die Stromstärke linear mit der Spannung zu. Zeichnet man I in Abhängigkeit von U auf, so erhält man eine Gerade (**Bild 1**).

Bei konstanter Spannung nimmt die Stromstärke im umgekehrten Verhältnis zum Widerstand ab. I ist also umgekehrt proportional zu R , also $I \sim 1/R$.

Zeichnet man I in Abhängigkeit von R auf (Bild 1), so erhält man eine **Hyperbel**.

Beispiel 1: Stromstärke berechnen

Wie groß ist die Stromstärke in einer Halogenglühlampe, die an 4,5 V angeschlossen ist und im Betrieb einen Widerstand von $1,5 \Omega$ hat?

Lösung:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{4,5 \text{ V}}{1,5 \Omega} = 3 \text{ A}$$

1.2.6 Widerstand und Temperatur

Der Widerstand der Leiterwerkstoffe ist von der Temperatur abhängig. Kohle und die meisten Halbleiter leiten in heißem Zustand besser als in kaltem Zustand. Diese Stoffe nennt man deshalb auch **Heißleiter**. Wenige Halbleiterstoffe, z. B. Bariumtitanat, leiten dagegen in kaltem Zustand besser. Man nennt sie **Kaltleiter**. Ihr Widerstand nimmt bei Temperaturerhöhung zu. Auch der Widerstand von Metallen nimmt mit Temperaturerhöhung zu. Der Widerstand von Heißleitern, z. B. Kohle, nimmt bei Temperaturerhöhung ab. Der **Temperaturkoeffizient α** gibt die Größe der Widerstandsänderung an (Tabelle 1). Man nennt ihn auch **Temperaturbeiwert**.

Der Temperaturkoeffizient α gibt an, um wie viel Ohm der Widerstand 1Ω bei 1 K Temperaturerhöhung größer oder kleiner wird.

Kelvin (K) ist die Einheit des Temperaturunterschieds $\Delta\vartheta$, gemessen in der Celsiusskala oder in der Kelvinskala. Der Temperaturkoeffizient von Heißleitern ist **negativ**, da ihr Widerstand mit zunehmender Temperatur abnimmt. Der Temperaturkoeffizient von Kaltleitern ist **positiv**, da ihr Widerstand mit zunehmender Temperatur zunimmt.

Die Widerstandsänderung bei Erwärmung ist vom Widerstand bei der Anfangstemperatur, dem Temperaturkoeffizient und der Temperaturzunahme abhängig.

Beispiel 2: Widerstandsänderung bei Temperaturänderung berechnen

Welche Widerstandsänderung erfährt ein Kupferdraht mit $R_1 = 100 \Omega$, wenn die Temperatur sich um $\Delta\vartheta = 100 \text{ K}$ erhöht?

Lösung:

$$\Delta R = \alpha \cdot R_1 \cdot \Delta\vartheta = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ 1/K} \cdot 100 \Omega \cdot 100 \text{ K} = 39 \Omega$$

Bei Abkühlung von Leitern nimmt ihr Widerstand ab. In der Nähe des absoluten Nullpunktes (-273°C) haben einige Stoffe keinen Widerstand mehr. Sie sind **supraleitend** geworden.

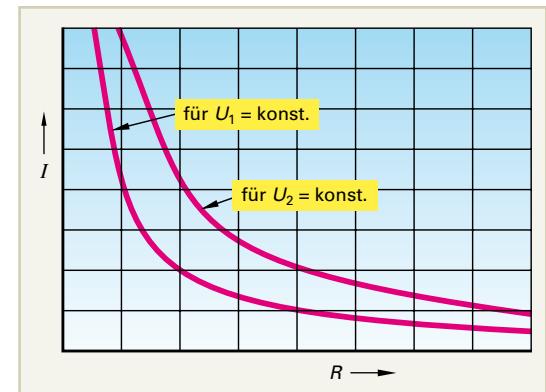


Bild 1: I als Funktion von R beim linearen Widerstand



- Heißleiter leiten in heißem Zustand besser \Rightarrow Temperaturkoeffizient $\alpha < 0$
- Kaltleiter leiten in kaltem Zustand besser \Rightarrow Temperaturkoeffizient $\alpha > 0$

$[I] = \frac{[U]}{[R]} = \frac{V}{\Omega} = A$	$I = \frac{U}{R}$
$\Delta\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1$	$\Delta R = \alpha \cdot R_1 \cdot \Delta\vartheta$
$R_2 = R_1 + \Delta R$	$R_2 = R_1 (1 + \alpha \cdot \Delta\vartheta)$
I	Stromstärke
U	Spannung
R	Widerstand
ϑ_1	Anfangstemperatur
ϑ_2	Endtemperatur
$\Delta\vartheta$ oder ΔT	Temperaturunterschied in Celsius oder Kelvin (Δ griech. Großbuchstabe Delta, Zeichen für Differenz)
ΔR	Widerstandsänderung
α	Temperaturkoeffizient (α griech. Kleinbuchstabe Alpha)
R_1, R_2	Widerstand bei Temperatur ϑ_1, ϑ_2

Tabelle 1: Temperaturkoeffizient α in 1/K

Stoffe	α in 1/K	Stoffe	α in 1/K
Kupfer	$3,9 \cdot 10^{-3}$	Nickelin	$0,15 \cdot 10^{-3}$
Aluminium	$3,8 \cdot 10^{-3}$	Manganin	$0,02 \cdot 10^{-3}$
Die Werte gelten für 20°C .			

1.2.7 Stromdichte

In einem Stromkreis fließt durch jeden Leiterquerschnitt der gleiche Strom damit und auch die gleiche Zahl von Elektronen in der Sekunde.

Bei verschiedenen großen Querschnitten, z. B. in der Leitung zu einer Halogenlampe und im dünnen Glühfaden in der Halogenlampe (**Bild 1**), bewegen sich die Elektronen im Leiter mit kleinerem Querschnitt schneller als im Leiter mit großem Querschnitt. Deshalb ist auch die Erwärmung im kleinen Querschnitt größer.

Die Stromstärke je mm^2 Querschnitt nennt man Stromdichte J (Einheit A/mm^2).

Beispiel 1: Stromdichten berechnen

Durch die Halogenlampe (Bild 1) fließt ein Strom von 0,2 A. Wie groß ist die Stromdichte a) in der Zuleitung mit $0,2 \text{ mm}^2$ Querschnitt, b) im Glühfaden mit $0,0004 \text{ mm}^2$ Querschnitt?

Lösung:

$$\text{a)} J_1 = \frac{I}{A_1} = \frac{2,1 \text{ A}}{0,4 \text{ mm}^2} = 5,25 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{b)} J_2 = \frac{I}{A_2} = \frac{2,1 \text{ A}}{0,01 \text{ mm}^2} = 210 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

Die Erwärmung nimmt noch mehr zu, wenn durch die Art des Werkstoffes der Elektronenstrom beim Durchgang stärker gehindert wird.

Ein Leiter erwärmt sich umso mehr, je größer die Stromdichte in ihm ist.

Bei Installationsleitungen sind den genormten Querschnitten höchstzulässige Stromstärken zugeordnet (**Bild 2**). Die zulässige Stromdichte ist dabei bei kleineren Querschnitten größer als bei größeren Querschnitten, weil dünne Drähte eine größere Oberfläche im Vergleich zum Querschnitt haben und daher schneller abkühlen. Bei der Verlegung der Leitungen in Installationsrohren oder Installationskanälen auf Wänden, Decken oder Fußböden (Verlegeart B2, Bild 2) ist die zugelassene Strombelastbarkeit I_{zu} (**Tabelle 1**) kleiner als bei der Verlegung isolierter Leitungen direkt in der Wand oder im Putz (Verlegeart C, Bild 2).

Wiederholung und Vertiefung

- Wie verhalten sich gleichartige Ladungen und wie verschiedenartige Ladungen zueinander?
- Wie ist die Spannung festgelegt?
- Woraus besteht ein elektrischer Stromkreis?
- Wie ist der spezifische Widerstand festgelegt?
- Welchen Zusammenhang drückt das Ohm'sche Gesetz aus?

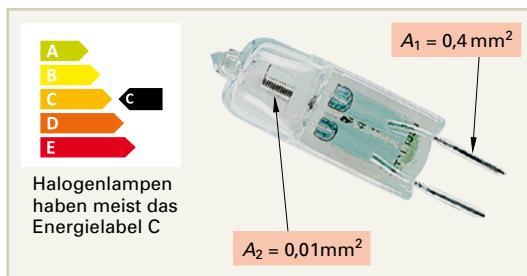


Bild 1: Halogenlampe



Große Stromdichten können Leiter zum Glühen bringen.

$A = \frac{\pi d^2}{4}$
$J = \frac{I}{A}$
J Stromdichte
I Stromstärke
A Leiterquerschnitt
d Durchmesser

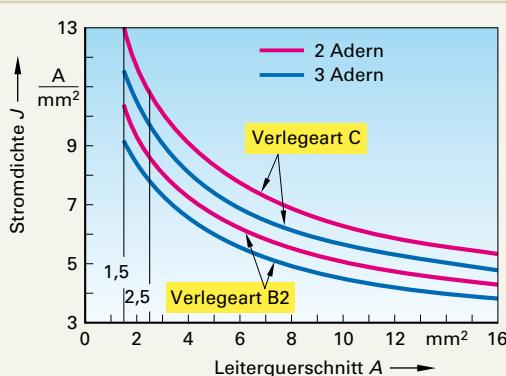


Bild 2: Strombelastbarkeit isolierter Leitungen

Tabelle 1: Zulässige Strombelastbarkeit I_{zu} zweier Leiter bei $\vartheta_U = 30^\circ \text{C}$

Leiterquerschnitt in mm^2	1,5	2,5	4	6	10	16	25
Bei Verlegeart B2 I_{zu} in A	16,5	23	30	38	52	69	90
Bei Verlegeart C I_{zu} in A	19,5	27	36	46	63	85	112

1.3 Grundschatungen

1.3.1 Bezugspfeile

Energiebezugspfeile

Betrachtet man einen Zweipol als *Verbraucher*, so nimmt dieser Energie auf. Über seine beiden Anschlüsse wird ihm z. B. die Energie von 1 J zugeführt (Bild 1).

Ist dagegen die Energie dieses Zweipols mit -1 J angegeben, so nimmt er keine Energie auf, sondern er gibt Energie ab. Die Energierichtung ist umgekehrt. Betrachtet man einen Zweipol als *Erzeuger* (Bild 1), so gibt dieser bei der Angabe $W = 1\text{ J}$ Energie ab. Bei der Angabe $W = -1\text{ J}$ dagegen nimmt der Zweipol Energie auf.

Die Energieangabe allein sagt also noch nichts über die Art des Zweipols aus, nämlich ob dieser aktiv oder passiv ist. Deshalb hat man vereinbart, durch einen Bezugspfeil die positive Energierichtung anzugeben (Bild 1).

Energiebezugspfeile geben die positive Energierichtung an.

Strombezugspfeile (Bild 2) geben die Richtung an, in der Ströme positiv gezählt werden. Sind Stromrichtung und Bezugspfeil *gleich* gerichtet, so hat der Strom eine positive Richtung. Bei *verschiedener* Richtung fliesst der Strom entgegen der Pfeilrichtung.

Spannungsbezugspfeile (Bild 3) werden gebogen oder gerade zwischen die Punkte gesetzt, deren Spannung angegeben werden soll.

Positive Spannungsangabe bedeutet eine Spannungsrichtung von + nach -.

Der Pluspol liegt bei positiver Spannung immer am Beginn des Spannungsbezugspfeils, der Minuspol an der Bezugspfeilspitze (Bild 3). Die Zählrichtung der Spannung kann anstelle eines Bezugspfeils auch durch Indizes hinter dem Formelzeichen angegeben werden (Bild 4). Die positive Spannungsrichtung geht dabei immer vom Anschluss des ersten indizierten Buchstabens aus.

Die Angabe von Stromstärke und Spannung ist nur vollständig, wenn für sie ein Bezugspfeil gesetzt wird.

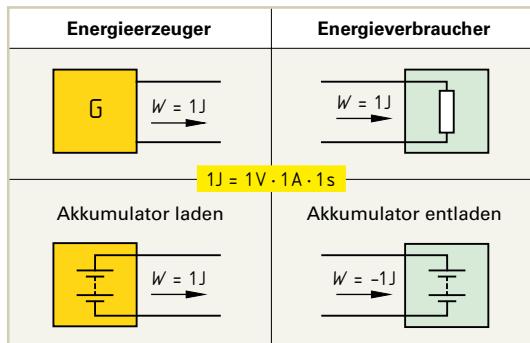


Bild 1: Energiebezugspfeile

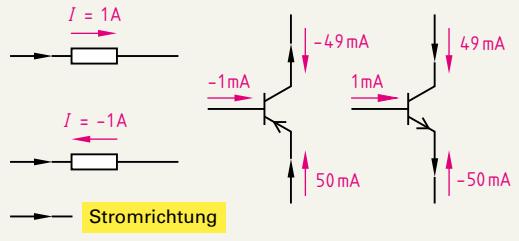


Bild 2: Strombezugspfeile

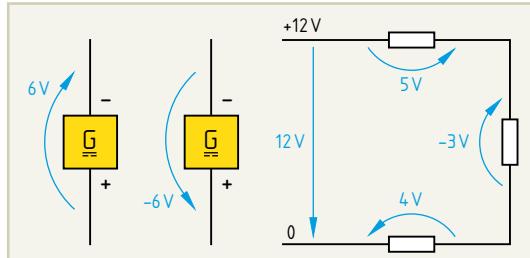


Bild 3: Spannungsbezugspfeile

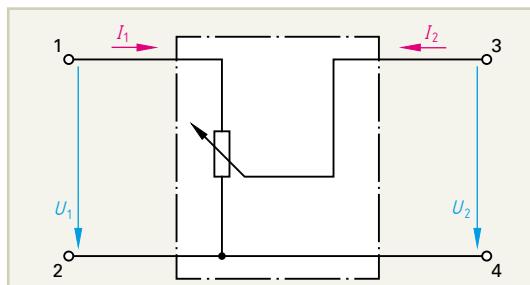


Bild 4: Vierpol mit Bezugspfeilen
(Verbraucher-Bezugspfeilsystem)

Vierpole sind Energiewandler mit zwei Anschlüssen auf der Eingangsseite und mit zwei Anschlüssen auf der Ausgangsseite (Bild 4). Man setzt die Strompfeile so, dass sie in den Vierpol hineinzeigen (Bezugspfeilsystem für Verbraucher).

1.3.2 Reihenschaltung

Bei der Reihenschaltung sind aktive Zweipole, z. B. Erzeuger, oder passive Zweipole, z. B. Widerstände, hintereinander geschaltet (**Bild 1**).

Regeln der Reihenschaltung

Schließt man zwei Widerstände in Reihe an einen Spannungserzeuger an und misst die Stromstärke vor, zwischen und nach den Widerständen, so stellt man fest, dass das Strommessgerät überall die gleiche Stromstärke anzeigt.

In einem geschlossenen Stromkreis werden alle Widerstände vom gleichen Strom durchflossen, da keine Verzweigungen vorhanden sind.

In der Reihenschaltung ist die Stromstärke überall gleich groß.

Misst man die Spannungen am Spannungserzeuger sowie an den in Reihe geschalteten Widerständen und vergleicht diese, so zeigt es sich, dass die Spannungen an den Widerständen kleiner sind als am Spannungserzeuger.

Bei der Reihenschaltung liegt an jedem Widerstand nur eine Teilspannung. Die Gesamtspannung teilt sich auf die einzelnen Widerstände auf.

Bei der Reihenschaltung ist die Summe der Teilspannungen gleich der angelegten Gesamtspannung.

In der Masche des Netzwerkes (Bild 1) ist die Summe aller Spannungen null (2. Kirchhoff'sches Gesetz). Für die Masche in Bild 1 gilt $U_1 + U_2 - U = 0$, d. h., die Summe aller erzeugten Spannungen ist gleich der Summe aller Spannungen an den Verbrauchern.

Misst man mit einem Widerstandsmessgerät die einzelnen Widerstände und den Widerstand der gesamten Schaltung, so stellt man fest, dass die Summe der einzelnen Widerstände gleich dem Widerstand der Schaltung ist.

Bei der Reihenschaltung ist der Widerstand der Schaltung so groß wie die Summe der Einzelwiderstände.

Dieser Widerstand der Schaltung heißt *Ersatzwiderstand*. Er nimmt die gleiche Stromstärke auf wie die in Reihe geschalteten Widerstände. Sind die Teilwiderstände gleich groß, so ist bei n gleichen Widerständen der Ersatzwiderstand $R = n \cdot R_1$.

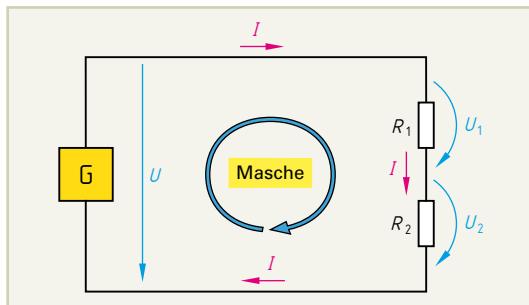


Bild 1: Reihenschaltung zweier Widerstände

$U = U_1 + U_2 + \dots$	$R = R_1 + R_2 + \dots$
$\frac{U_1}{U} = \frac{R_1}{R}$	$\frac{U_2}{U} = \frac{R_2}{R}$
$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$	
U Gesamtspannung	
U_1, U_2 Teilspannungen	
R Ersatzwiderstand	
R_1, R_2 Einzelwiderstände	

Beispiel 1: Größen einer Reihenschaltung berechnen

Die Widerstände $R_1 = 50 \Omega$ und $R_2 = 70 \Omega$ sind in Reihe an eine Spannung von 12 V gelegt. Berechnen Sie den Ersatzwiderstand, die Stromstärke, die Teilspannungen, das Verhältnis der Teilspannungen und das Verhältnis der einzelnen Widerstände. Vergleichen Sie die Verhältniszahlen.

Lösung:

$$R = R_1 + R_2 = 50 \Omega + 70 \Omega = 120 \Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12 \text{ V}}{120 \Omega} = 0,1 \text{ A}$$

$$U_1 = I \cdot R_1 = 0,1 \text{ A} \cdot 50 \Omega = 5 \text{ V}$$

$$U_2 = I \cdot R_2 = 0,1 \text{ A} \cdot 70 \Omega = 7 \text{ V}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{5 \text{ V}}{7 \text{ V}} = \frac{5}{7}; \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{50 \Omega}{70 \Omega} = \frac{5}{7}$$

Am größeren Widerstand liegt die größere Teilspannung.

Bei der Reihenschaltung verhalten sich die Teilspannungen wie die zugehörigen Widerstände.

Bauelemente werden in Reihe geschaltet, um z. B. eine Lampe mit einer kleinen Betriebsspannung an eine größere Gesamtspannung anzuschließen.