



EUROPA-FACHBUCHREIHE

für elektrotechnische und elektronische Berufe

# Prüfungsbuch für Elektronik und Informationstechnik

8., erweiterte Auflage

Bearbeitet von Lehrern, Technikern und Ingenieuren an beruflichen Schulen,  
Seminaren und Produktionsstätten (siehe Rückseite)

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

Europa-Nr.: 3186X

**Autoren vom Prüfungsbuch für Elektronik und Informationstechnik:**

|                             |                               |                      |
|-----------------------------|-------------------------------|----------------------|
| Thomas Lücke                | Dipl.-Ing., Oberstudienrat    | Montabaur, Holler    |
| Gerhard Mangold             | Dipl.-Ing., Studienprofessor  | Tett nang            |
| Armin Schonard              | staatlich geprüfter Techniker | Stuttgart, Göppingen |
| Christoph Weidinger-Vandirk | Oberstudienrat                | Limburg              |

**Bildbearbeitung:**

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Leinfelden-Echterdingen

**Leitung des Arbeitskreises und Lektorat:**

Dipl.-Ing. Oberstudienrat Thomas Lücke

Die neuen Regeln für die deutsche Rechtschreibung sind in dieser Auflage berücksichtigt.

ISBN 3-8085-3198-3

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, und Kamekestraße 2–8, 50672 Köln, bezogen werden. Die VDE-Bestimmungen sind bei der VDE-Verlag GmbH, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin, erhältlich

8. Auflage 2005

Druck 5 4 3 2 1

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

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

© 2005 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Umschlaggestaltung: Michael M. Kappenstein, 60385 Frankfurt  
Satz: Doris Busch, 40235 Düsseldorf  
Druck: Konrad Tritsch Print und digitale Medien GmbH, 97199 Ochsenfurt-Hohestadt

## Aus dem Vorwort zur 1. Auflage

Bei den elektronischen Berufen ist ein umfangreiches Fachwissen erforderlich. Die Lernziele unterliegen in allen Qualifikationsstufen einer permanenten Kontrolle durch Erfolgstests, Klassenarbeiten, Zwischenprüfungen und Abschlussprüfungen. Der Vorbereitung auf diese Kontrollen und Prüfungen soll das vorliegende Buch dienen. Es enthält Fragen, die *konventionell* (zur freien Beantwortung) oder *programmiert* (zur Beantwortung durch Auswahl der vorgegebenen Antworten) gestellt sind. Beide Fragearten wurden ausgewählt, weil aus didaktischen Gründen beide Arten ihre Bedeutung haben. Wie bei Prüfungen üblich, enthalten zahlreiche Fragen Bilder, weil die Zeichnung die Sprache der Technik und vor allem zur Dokumentations geeignet ist.

Die Fragen sind jeweils durch farbige Unterlegung hervorgehoben. Für die konventionell gestellten Fragen folgen die Antworten jeweils am Schluss der Frage, bei Bedarf mit einer zusätzlichen Erläuterung in einer kleineren Drucktype. Die sonstigen Lösungen befinden sich weiter hinten nach den Prüfungseinheiten.

## Vorwort zur 8. Auflage

Neu aufgenommen wurden die Themen: Mathematische Grundlagen, Metalltechnisches Zeichnen, Werkstoffe, Lichttechnik, Lampenschaltungen, Kompensation, Steuern elektrischer Maschinen, Interbus, Profibus, LON, Industrial Ethernet, Parlamentarisches System der Bundesrepublik Deutschland, Arbeits- und Sozialgerichtsbarkeit und Geschäftsprozesse. Erhalten blieb dabei für die meisten Fragen die bewährte Methodik **Frage – Antwort – Erklärung**, die aus dem Buch ein *Lernbuch* macht.

Das Inhaltsverzeichnis wurde unter Berücksichtigung der Einteilung in Lernfelder erstellt, für die aber die Informationen systematisch und nach Modulen geordnet erfragt bzw. gegeben werden. Das Buch ist eingeteilt in die Hauptabschnitte:

- **Elektrotechnik/Elektronik-Grundlagen** mit den Seiten Grundgesetze, Bauelemente, Grundschaltungen, Baugruppen, Mathematische Grundlagen, Metalltechnisches Zeichnen, Werkstoffe,
- **Informationsverarbeitung** mit den Seiten Digitaltechnik, Speicher, Grundlagen der Computertechnik, Signalcodierung,
- **Arbeitssicherheit** mit den Seiten DIN VDE 0100 und DIN VDE 0105,
- **Umweltschutz** mit den Seiten Belastung der Umwelt und Umgang mit Abfall,
- **Messen, Steuern, Regeln** mit den Seiten Messen in elektrischen Anlagen, Steuern mit SPS, analoge und digitale Regelungstechnik,
- **Anlagen der Energieelektronik** mit den Seiten Netzformen, Kraftwerksarten, Leistungselektronik, Elektromotoren, Elektromagnetische Verträglichkeit EMV,
- **Anlagen der Informationstechnik** mit den Seiten Datenübertragung, Netze, Computeranlagen, Vernetzung, Grundlagen der Programmierung, Internet und Intranet, Installation im ISDN,
- **Normung und Zertifizierung** mit den Seiten Einführung in die Normen, Durchführung der Zertifizierung,
- **Wirtschafts- und Sozialkunde** mit den Seiten berufliche Bildung, Betrieb und Unternehmung, Sozialversicherung, Arbeitsrecht, Bundestag, Bundesrat, Arbeits- und Sozialgerichtsbarkeit,
- **Geschäftsprozesse** mit den Seiten Markt, Anbieterverhalten / Nachfrageverhalten, Preisbildung,
- **Prüfungseinheiten** mit den Seiten Prüfungssätzen in Technologie, Technische Mathematik, Schaltungstechnik und Funktionsanalyse, Fachtheorie (fächerverbindend), Wirtschafts- und Sozialkunde, (Die bisherigen Prüfungssätze sind als Prüfungsvorbereitung auch weiterhin für die neu geordneten Berufe relevant, solange bis sich die Konzepte und Inhalte der neuen Zwischen- und Abschlussprüfung etabliert haben.)
- **Lösungen** der Testaufgaben und Ergänzungsaufgaben sowie der Prüfungssätze.

Die Fragen und Antworten decken die am meisten relevanten Lernfelder der verschiedenen Berufe der Elektronik aus Industrie und Handwerk ab sowie den elektrotechnischen und informationstechnischen Teil einschließlich der Geschäftsprozesse der Berufe der Informationstechnik und Mechatronik.

Ein umfangreiches Sachwortverzeichnis erleichtert den Zugriff zu den Informationen und ein Punkte-Noten-Umrechnungsschlüssel am Buchende ermöglicht dem Nutzer eine Eigenbewertung.

Verfasser und Verlag danken für die zahlreichen von Benutzern gegebenen Verbesserungshinweise und nehmen diese auch künftig dankbar entgegen.

## Inhaltsverzeichnis

|          |  |          |          |  |     |
|----------|--|----------|----------|--|-----|
| <b>1</b> | <b>Grundlagen der Elektrotechnik/<br/>Elektronik</b> . . . . . | <b>9</b> |          |  |     |
| 1.1      | Mathematische Grundlagen . . . . .                             | 9        | 1.5.5.3  | Sourceschaltung . . . . .  | 58  |
| 1.2      | Metalltechnisches Zeichnen . . . . .                           | 11       | 1.5.5.4  | Operationsverstärker . . . . .                                   | 59  |
| 1.3      | Werkstoffe . . . . .   | 14       | 1.5.6    | Elektronische Schalter . . . . .                                 | 62  |
| 1.4      | Grundgesetze und<br>Bauelemente der Elektronik . . . . .       | 16       | 1.5.7    | Stromversorgung<br>elektronischer Geräte . . . . .               | 64  |
| 1.4.1    | Grundbegriffe . . . . .  | 16       | 1.5.7.1  | Gleichrichtung . . . . .   | 64  |
| 1.4.2    | Grundsaltungen . . . . .                                       | 18       | 1.5.7.2  | Spannungsstabilisierung<br>mit Energiespeicher . . . . .         | 66  |
| 1.4.3    | Kraft, Leistung, Arbeit . . . . .                              | 22       | 1.5.7.3  | Stabilisierung ohne<br>Energiespeicher . . . . .                 | 67  |
| 1.4.3.1  | Kraft und Kraftmoment . . . . .                                | 22       | 1.6      | Dreiphasenwechselstrom . . . . .                                 | 68  |
| 1.4.3.2  | Leistung . . . . .   | 23       | <b>2</b> | <b>Informationsverarbeitung</b> . . . . .                        | 70  |
| 1.4.3.3  | Arbeit und Wärme . . . . .                                     | 24       | 2.1      | Digitaltechnik . . . . .   | 70  |
| 1.4.4    | Spannungserzeuger . . . . .                                    | 25       | 2.1.1    | Kombinatorische<br>Digitaltechnik . . . . .                      | 70  |
| 1.4.5    | Wechselspannung und<br>Wechselstrom . . . . .                  | 27       | 2.1.1.1  | Grundlagen der Schaltalgebra . . . . .                           | 70  |
| 1.4.6    | Spannung und<br>elektrisches Feld . . . . .                    | 29       | 2.1.1.2  | Grundsaltungen . . . . .   | 71  |
| 1.4.7    | Strom und Magnetfeld . . . . .                                 | 31       | 2.1.1.3  | Digitale Schaltkreisfamilien . . . . .                           | 74  |
| 1.4.8    | Elektrochemie . . . . .  | 34       | 2.1.2    | Sequenzielle Digitaltechnik . . . . .                            | 75  |
| 1.4.9    | Halbleitertechnik . . . . .                                    | 36       | 2.1.2.1  | Flipflop . . . . .   | 75  |
| 1.4.9.1  | Strom in Festkörpern . . . . .                                 | 36       | 2.1.2.2  | Zähler und Schieberegister . . . . .                             | 78  |
| 1.4.9.2  | Halbleiterwiderstände . . . . .                                | 38       | 2.1.3    | Digital-Analog-Umsetzer<br>und Analog-Digital-Umsetzer . . . . . | 81  |
| 1.4.9.3  | Dioden . . . . .   | 40       | 2.2      | Programmierbare<br>Logikelemente . . . . .                       | 83  |
| 1.4.9.4  | Transistoren . . . . .   | 42       | 2.3      | Speicher . . . . .   | 85  |
| 1.4.9.5  | Thyristoren . . . . .  | 44       | 2.3.1    | Speicherbauelemente<br>für den Arbeitsspeicher . . . . .         | 85  |
| 1.4.9.6  | Laser . . . . .  | 45       | 2.3.2    | Externe Speicher . . . . .                                       | 87  |
| 1.4.10   | Strom in Vakuum<br>oder im Gas . . . . .                       | 46       | 2.4      | Grundlagen<br>der Computertechnik . . . . .                      | 89  |
| 1.5      | Grundsaltungen<br>der Elektronik . . . . .                     | 48       | 2.4.1    | Darstellung binärer Signale . . . . .                            | 89  |
| 1.5.1    | RC-Saltungen und<br>RL-Saltungen . . . . .                     | 48       | 2.4.2    | Signalcodierung . . . . .  | 90  |
| 1.5.2    | Schwingkreise und<br>LC-Siebsaltungen . . . . .                | 50       | 2.4.3    | Codes der Informationstechnik . . . . .                          | 91  |
| 1.5.3    | Leistungen<br>bei Wechselstrom . . . . .                       | 52       | 2.4.4    | Aufbau und Arbeitsweise<br>eines PC-Systems . . . . .            | 93  |
| 1.5.4    | Transformator . . . . .  | 53       | <b>3</b> | <b>Arbeitssicherheit</b> . . . . .                               | 95  |
| 1.5.5    | Verstärker . . . . .   | 55       | 3.1      | DIN VDE 0100 . . . . .   | 95  |
| 1.5.5.1  | Grundbegriffe und<br>Grundsaltungen . . . . .                  | 55       | 3.2      | Betrieb von elektrischen<br>Anlagen nach DIN VDE 0105 . . . . .  | 100 |
| 1.5.5.2  | Emitterschaltung . . . . .                                     | 57       |          |  |     |

|          |   |     |          |   |     |
|----------|---|-----|----------|---|-----|
| <b>4</b> | <b>Umweltschutz</b> .....                                   | 103 | 6.5      | Stromrichter .....  | 151 |
| 4.1      | Belastungen der Umwelt .....                                | 103 | 6.5.1    | Gleichstromsteller .....                                      | 151 |
| 4.2      | Umgang mit Abfall .....                                     | 105 | 6.5.2    | Steuerbare Gleichrichter .....                                | 152 |
| <b>5</b> | <b>Messen, Steuern, Regeln</b> .....                        | 108 | 6.5.3    | Wechselrichter .....  | 154 |
| 5.1      | Messen .....  | 108 | 6.5.4    | Umrichter .....   | 155 |
| 5.1.1    | Messgeräte .....  | 108 | 6.6      | Elektromotoren .....  | 157 |
| 5.1.2    | Oszilloskop .....   | 110 | 6.6.1    | Kennwerte<br>von Elektromotoren .....                         | 157 |
| 5.1.3    | Logic Analyzer .....  | 112 | 6.6.2    | Wechselstrommotoren<br>mit Magnetläufer .....                 | 158 |
| 5.1.4    | Elektronisches Messen .....                                 | 113 | 6.6.3    | Gleichstrommotoren<br>mit Magnetläufer .....                  | 159 |
| 5.1.4.1  | Sensoren und Sensorelemente ..                              | 113 | 6.6.4    | Motoren mit Kurzschlussläufer ..                              | 160 |
| 5.1.4.2  | Computerunterstütztes Messen ..                             | 116 | 6.6.5    | Sonstige Drehfeldmotoren .....                                | 161 |
| 5.1.5    | Messen in elektrischen Anlagen .                            | 118 | 6.6.6    | Stromwendermotoren .....                                      | 162 |
| 5.2      | Steuern und Regeln .....                                    | 121 | 6.6.7    | Servomotoren .....  | 163 |
| 5.2.1    | Steuerungstechnik .....                                     | 121 | 6.7      | Schützsicherungen .....                                       | 165 |
| 5.2.2    | Speicherprogrammierbare<br>Steuerungen .....                | 122 | 6.7.1    | Schütze und Relais .....                                      | 165 |
| 5.2.2.1  | Prinzip der SPS .....                                       | 122 | 6.7.2    | Grundsicherungen .....  | 167 |
| 5.2.2.2  | Programmieren der SPS .....                                 | 123 | 6.8      | Schutz von Motoren .....                                      | 169 |
| 5.2.2.3  | Sicherheitsaspekte<br>bei SPS-Anlagen .....                 | 127 | 6.9      | Anlassen von<br>Kurzschlussläufermotoren .....                | 170 |
| 5.2.3    | Steuerrelais (Mini-SPS) .....                               | 128 | 6.10     | Elektromagnetische<br>Verträglichkeit EMV .....               | 171 |
| 5.3      | Regelungstechnik .....                                      | 129 | <b>7</b> | <b>Anlagen der<br/>Informationstechnik</b> .....              | 174 |
| 5.3.1    | Analoge Regler .....  | 129 | 7.1      | Grundlagen der<br>Datenübertragung .....                      | 174 |
| 5.3.2    | Digitale Regelungstechnik .....                             | 131 | 7.1.1    | Netztopologien .....  | 174 |
| <b>6</b> | <b>Anlagen der<br/>Energieelektronik</b> .....              | 133 | 7.1.2    | Leitungen und Steckverbinder<br>der Informationstechnik ..... | 175 |
| 6.1      | Netze der Energietechnik .....                              | 133 | 7.1.3    | Parallele Datenübertragung .....                              | 177 |
| 6.1.1    | Netzformen der Energietechnik ..                            | 133 | 7.1.4    | Serielle Datenübertragung .....                               | 178 |
| 6.1.2    | Leitungen und Steckverbinder<br>der Energieelektronik ..... | 134 | 7.1.5    | Multiplexverfahren .....                                      | 180 |
| 6.2      | Kraftwerksarten .....                                       | 137 | 7.2      | Datensicherung .....  | 182 |
| 6.3      | Licht und Beleuchtung .....                                 | 138 | 7.3      | Computeranlagen .....   | 183 |
| 6.3.1    | Lichttechnische Grundbegriffe. ..                           | 138 | 7.3.1    | Computerarten .....   | 183 |
| 6.3.2    | Leuchtmittel .....  | 139 | 7.3.2    | Dateneingabe<br>und Datenausgabe .....                        | 185 |
| 6.3.3    | Kompensation .....  | 142 | 7.3.2.1  | Eingabegeräte .....   | 185 |
| 6.3.4    | Lampenschaltungen<br>mit Installationsschaltern .....       | 144 | 7.3.2.2  | Ausgabegeräte .....   | 186 |
| 6.3.5    | Lampenschaltungen mit<br>elektromagnetischen Schaltern ..   | 146 | 7.3.2.3  | Schnittstellen<br>für Peripheriegeräte .....                  | 187 |
| 6.4      | Bauelemente der<br>Leistungs elektronik .....               | 147 | 7.3.3    | Vernetzung .....  | 189 |
| 6.4.1    | Spezielle Transistoren .....                                | 147 |          |   |     |
| 6.4.2    | Spezielle Thyristoren .....                                 | 149 |          |   |     |

|           |  |     |           |  |            |
|-----------|--|-----|-----------|--|------------|
| 7.3.3.1   | Zugriffsverfahren bei Bussen . . . .                       | 189 | <b>8</b>  | <b>Normung und Zertifizierung . . .</b>                              | <b>238</b> |
| 7.3.3.2   | Ethernet-LAN . . . . .                                     | 191 | 8.1       | Normung . . . . .  | 238        |
| 7.3.3.3   | Europäischer Installationsbus<br>EIB . . . . .             | 195 | 8.2       | Zertifizierung . . . . .   | 239        |
| 7.3.3.4   | Feldbus-Systeme . . . . .                                  | 199 | <b>9</b>  | <b>Wirtschafts-<br/>und Sozialkunde . . . . .</b>                    | <b>240</b> |
| 7.3.3.4.1 | Grundlagen der Feldbus-Systeme                             | 199 | 9.1       | Berufliche Bildung . . . . .   | 240        |
| 7.3.3.4.2 | Aktor-Sensor-Interface ASI . . . . .                       | 201 | 9.2       | Betrieb und Unternehmung . . . . .                                   | 242        |
| 7.3.3.4.3 | Industrial Ethernet . . . . .                              | 202 | 9.3       | Sozialversicherungen und<br>Individualversicherungen . . . . .       | 246        |
| 7.3.3.4.4 | Local Operating Network LON . . . . .                      | 203 | 9.4       | Arbeitsrecht und betriebliche<br>Mitbestimmung . . . . .             | 248        |
| 7.3.3.4.5 | Profibus . . . . .   | 204 | 9.5       | Parlamentarisches System der<br>Bundesrepublik Deutschland . . . . . | 250        |
| 7.3.3.4.6 | Interbus-S . . . . .                                       | 205 | 9.5.1     | Grundlagen und Wahlen . . . . .                                      | 250        |
| 7.3.3.5   | Fehlersuche und Messungen<br>im LAN . . . . .              | 206 | 9.5.2     | Der Bundestag . . . . .  | 252        |
| 7.4       | Mikrocomputer . . . . .                                    | 208 | 9.5.3     | Der Bundesrat . . . . .  | 253        |
| 7.4.1     | Funktionseinheiten . . . . .                               | 208 | 9.6       | Arbeits- und<br>Sozialgerichtsbarkeit . . . . .                      | 254        |
| 7.4.2     | Mikroprozessoren . . . . .                                 | 209 | <b>10</b> | <b>Geschäftsprozesse . . . . .</b>                                   | <b>256</b> |
| 7.4.3     | Mikrocontroller . . . . .                                  | 211 | 10.1      | Der Markt . . . . .  | 256        |
| 7.5       | Betriebssysteme . . . . .                                  | 213 | 10.1.1    | Marktarten und Marktformen . . . . .                                 | 256        |
| 7.5.1     | Aufgaben und Eigenschaften . . . . .                       | 213 | 10.1.2    | Präsentation von Produkten<br>und Dienstleistungen . . . . .         | 257        |
| 7.5.2     | MS-DOS . . . . .   | 214 | 10.1.3    | Finanzierungsmöglichkeiten . . . . .                                 | 258        |
| 7.5.3     | Windows . . . . .  | 215 | 10.2      | Anbieterverhalten<br>und Nachfrageverhalten . . . . .                | 259        |
| 7.5.4     | UNIX und LINUX . . . . .                                   | 217 | 10.2.1    | Bedarfsermittlung . . . . .  | 259        |
| 7.6       | Programmieren in<br>Programmiersprachen . . . . .          | 218 | 10.2.2    | Angebotserstellung . . . . .   | 260        |
| 7.6.1     | Programmieren in PASCAL . . . . .                          | 218 | 10.2.3    | Angebotsvergleiche . . . . .   | 261        |
| 7.6.2     | Programmieren in Visual Basic . . . . .                    | 219 | 10.2.4    | Bestellvorgang, Kaufvertrag<br>und Lieferung . . . . .               | 262        |
| 7.6.3     | Programmieren in Delphi . . . . .                          | 220 | 10.3      | Preisbildung . . . . .   | 265        |
| 7.7       | Arbeiten mit Office-Paket . . . . .                        | 221 | 10.3.1    | Kostenarten . . . . .  | 265        |
| 7.8       | Internet und Intranet . . . . .                            | 224 | 10.3.2    | Kalkulation . . . . .  | 266        |
| 7.8.1     | Grundlagen des Internets . . . . .                         | 224 | 10.3.3    | Preisbildung im Markt . . . . .                                      | 268        |
| 7.8.2     | Zugang zum Internet . . . . .                              | 225 | <b>11</b> | <b>Prüfungseinheiten . . . . .</b>                                   | <b>269</b> |
| 7.8.3     | Webbrowser . . . . .                                       | 227 | 11.1      | Hinweise<br>für die Bearbeitung . . . . .                            | 269        |
| 7.8.4     | Dienste im Internet . . . . .                              | 228 | 11.2      | Prüfungssätze<br>Technologie . . . . .                               | 270        |
| 7.8.5     | Erstellen einer Homepage<br>mit Anwenderprogramm . . . . . | 231 | 11.2.1    | Prüfungssatz 1<br>Technologie . . . . .                              | 270        |
| 7.8.6     | Erstellen einer<br>Homepage mit HTML . . . . .             | 232 | 11.2.2    | Prüfungssatz 2<br>Technologie . . . . .                              | 279        |
| 7.9       | ISDN-Anschlüsse . . . . .                                  | 234 |           |  |            |
| 7.9.1     | Aufbau und Funktionsweise<br>des ISDN . . . . .            | 234 |           |  |            |
| 7.9.2     | Installation und<br>Anschlusseinheiten im ISDN . . . . .   | 236 |           |  |            |
| 7.9.3     | Dienstmerkmale und Endgeräte<br>im ISDN . . . . .          | 237 |           |  |            |

|           |   |            |        |   |                                    |
|-----------|---|------------|--------|---|------------------------------------|
| 11.2.3    | Prüfungssatz 3<br>Technologie . . . . .                               | 287        | 12.3   | Lösungen der Prüfungssätze<br>Technische Mathematik . . . . .                               | 370                                |
| 11.3      | Prüfungssätze<br>Technische Mathematik . . . . .                      | 297        | 12.3.1 | Lösungen zu 11.3.1<br>Prüfungssatz 1<br>Technische Mathematik . . . . .                     | 370                                |
| 11.3.1    | Prüfungssatz 1<br>Technische Mathematik . . . . .                     | 297        | 12.3.2 | Lösungen zu 11.3.2<br>Prüfungssatz 2<br>Technische Mathematik . . . . .                     | 372                                |
| 11.3.2    | Prüfungssatz 2<br>Technische Mathematik . . . . .                     | 300        | 12.3.3 | Lösungen zu 11.3.3<br>Prüfungssatz 3<br>Technische Mathematik . . . . .                     | 373                                |
| 11.3.3    | Prüfungssatz 3<br>Technische Mathematik . . . . .                     | 302        | 12.4   | Lösungen der Prüfungssätze<br>Schaltungstechnik und<br>Funktionsanalyse . . . . .           | 374                                |
| 11.4      | Prüfungssätze<br>Schaltungstechnik<br>und Funktionsanalyse . . . . .  | 305        | 12.4.1 | Lösungen zu 11.4.1<br>Prüfungssatz 1<br>Schaltungstechnik und<br>Funktionsanalyse . . . . . | 374                                |
| 11.4.1    | Prüfungssatz 1<br>Schaltungstechnik und<br>Funktionsanalyse . . . . . | 305        | 12.4.2 | Lösungen zu 11.4.2<br>Prüfungssatz 2<br>Schaltungstechnik und<br>Funktionsanalyse . . . . . | 376                                |
| 11.4.2    | Prüfungssatz 2<br>Schaltungstechnik und<br>Funktionsanalyse . . . . . | 310        | 12.4.3 | Lösungen zu 11.4.3<br>Prüfungssatz 3<br>Schaltungstechnik und<br>Funktionsanalyse . . . . . | 378                                |
| 11.4.3    | Prüfungssatz 3<br>Schaltungstechnik und<br>Funktionsanalyse . . . . . | 317        | 12.5   | Lösungen der Prüfungssätze<br>Fachtheorie . . . . .   | 382                                |
| 11.5      | Prüfungssätze<br>Fachtheorie . . . . .                                | 322        | 12.5.1 | Lösungen zu 11.5.1<br>Prüfungssatz 1<br>Fachtheorie . . . . .                               | 382                                |
| 11.5.1    | Prüfungssatz 1<br>Fachtheorie . . . . .                               | 322        | 12.5.2 | Lösungen zu 11.5.2<br>Prüfungssatz 2<br>Fachtheorie . . . . .                               | 387                                |
| 11.5.2    | Prüfungssatz 2<br>Fachtheorie . . . . .                               | 332        | 12.6   | Lösungen der Prüfungssätze<br>Wirtschafts- und Sozialkunde . . . . .                        | 392                                |
| 11.6      | Prüfungssätze<br>Wirtschafts- und Sozialkunde . . . . .               | 341        | 12.6.1 | Lösungen zu 11.6.1<br>Prüfungssatz 1<br>Wirtschafts- und Sozialkunde . . . . .              | 392                                |
| 11.6.1    | Prüfungssatz 1<br>Wirtschafts- und Sozialkunde . . . . .              | 341        | 12.6.2 | Lösungen zu 11.6.2<br>Prüfungssatz 2<br>Wirtschafts- und Sozialkunde . . . . .              | 394                                |
| 11.6.2    | Prüfungssatz 2<br>Wirtschafts- und Sozialkunde . . . . .              | 347        | 12.6.3 | Lösungen zu 11.6.3<br>Prüfungssatz 3<br>Wirtschafts- und Sozialkunde . . . . .              | 396                                |
| 11.6.3    | Prüfungssatz 3<br>Wirtschafts- und Sozialkunde . . . . .              | 353        |        |   |                                    |
| <b>12</b> | <b>Lösungen . . . . .</b>   | <b>359</b> |        | <b>Sachwortverzeichnis . . . . .</b>  | <b>398</b>                         |
| 12.1      | Lösungen der Testaufgaben<br>und Ergänzungsaufgaben . . . . .         | 359        |        | <b>Bewertungsschlüssel . . . . .</b>  | <b>hinterer<br/>Umschlagdeckel</b> |
| 12.2      | Lösungen der Prüfungssätze<br>Technologie . . . . .                   | 363        |        |   |                                    |
| 12.2.1    | Lösungen zu 11.2.1<br>Prüfungssatz 1 Technologie . . . . .            | 363        |        |   |                                    |
| 12.2.2    | Lösungen zu 11.2.2<br>Prüfungssatz 2 Technologie . . . . .            | 365        |        |   |                                    |
| 12.2.3    | Lösungen zu 11.2.3<br>Prüfungssatz 3 Technologie . . . . .            | 367        |        |   |                                    |

## Firmen und Dienststellen

Die nachfolgend aufgeführten Firmen und Dienststellen haben die Bearbeiter durch Beratung, durch Zurverfügungstellung von Druckschriften, Fotos und Retuschen sowohl bei der Textbearbeitung als auch bei der bildlichen Ausgestaltung des Buches unterstützt. Es wird ihnen hierfür herzlich gedankt.

**ABB Asea Brown Boven AG**  
68165 Mannheim

**Analog Devices**  
B-3500 Hasselt

**BASF AG**  
67069 Ludwigshafen

**Berker, Gebrüder**  
58579 Schalksmühle

**Black Box Deutschland**  
85716 Unterschleißheim

**Busch-Jaeger Elektro GmbH**  
58513 Lüdenscheid

**Dannfoss Antriebs- und  
Regeltechnik GmbH**  
63004 Offenbach

**Dehn + Söhne**  
92306 Neumarkt

**Deutsche Philips GmbH**  
20095 Hamburg

**EnBW Energieversorgung  
Baden-Württemberg**  
70174 Stuttgart

**Felten & Guillaume AG**  
51058 Köln

**Fluke Deutschland GmbH**  
34123 Kassel

**Forschungs- und Technologie-  
Zentrum FTZ**  
64295 Darmstadt

**Fraunhofer-Institut**  
01058 Erlangen

**General Electric Deutschland**  
50354 Hürth-Efferen

**Gossen-Metrawatt**  
90471 Nürnberg

**Hager Electro GmbH**  
66131 Ensheim-Saar

**Hauptberatungsstelle für  
Elektrizitätsanwendung**  
60329 Frankfurt

**Hewlett-Packard GmbH**  
71034 Böblingen

**Hirschmann GmbH & Co**  
73728 Esslingen

**IBM Deutschland  
Informationssysteme**  
70511 Stuttgart

**Informationszentrale der  
Elektrizitätswirtschaft IZE**  
60555 Frankfurt

**Jenoptik AG**  
07739 Jena

**Jung, Albrecht**  
58579 Schalksmühle

**Keithley Instruments GmbH**  
82110 Germering

**Kernforschungszentrum**  
76131 Karlsruhe

**KEYENCE DEUTSCHLAND  
GmbH**  
70771 Leinfelden-Echterdingen

**Lapp KG**  
70565 Stuttgart

**Laser 2000 GmbH**  
82234 Wessling

**Laser Components GmbH**  
82140 Olching

**Leuze Electronic GmbH & Co**  
73277 Owen-Teck

**Leybold AG**  
63450 Hanau

**Microsoft GmbH**  
85716 Unterschleißheim

**Mitsubishi Electric  
Europe GmbH**  
40880 Ratingen

**Moeller GmbH**  
53105 Bonn

**Phoenix Contact GmbH**  
32819 Blomberg

**Rohde & Schwarz GmbH**  
81614 München

**RS-Components GmbH**  
64546 MörfeldenWalldorf

**RWE AG**  
45128 Essen

**Siedle & Söhne**  
78113 Furtwangen

**Siemens AG**  
91050 Erlangen  
80333 München

**Texas Instruments Deutschland**  
85350 Freising

**Toshiba Electronics  
Europe GmbH**  
40549 Düsseldorf

**Trumpf GmbH & Co**  
71252 Ditzingen

**TÜV Rheinland Holding AG**  
51105 Köln

**Umweltbundesamt**  
14191 Berlin

**VDE Verband der  
Elektrotechnik, Elektronik,  
Informationstechnik e.V.**  
60596 Frankfurt

**WAGO Kontakttechnik GmbH**  
32423 Minden

**Zentralverband der deutschen  
elektro- und informations-  
technischen Handwerke, ZVEH**  
53113 Bonn

**Zentralverband elektrotech-  
nischer und elektronischer  
Industrie, ZVEI**  
60598 Frankfurt



# 1 Grundlagen der Elektrotechnik/Elektronik

## 1.1 Mathematische Grundlagen

### 1 Erklären Sie den Begriff „Messen“.

Messen bedeutet dass Vergleichen einer physikalischen Größe mit einer festgelegten Einheit (Maßeinheit).

Das Messergebnis  $l = 3 \text{ m}$  bedeutet, dass die gemessene Länge 3-mal so groß ist wie die festgelegte Einheit der Länge 1 m (1 Meter).

### 2 Benennen Sie die einzelnen Bestandteile der physikalischen Größe Bild 1.

Ⓐ Formelzeichen, Ⓑ Maßzahl und Ⓒ Einheitenzeichen.

### 3 Ergänzen Sie die fehlenden Größen des Internationalen-Einheitensystems SI, Tabelle 1.

Lösung: Tabelle 1, folgende Seite.

### 4 Ergänzen Sie die fehlenden Größen der Einheiten, Tabelle 2.

Lösung: Tabelle 2, folgende Seite.

In der Datentechnik wird für Kilo der Großbuchstabe K benutzt und entspricht der Zahl  $2^{10} = 1024$

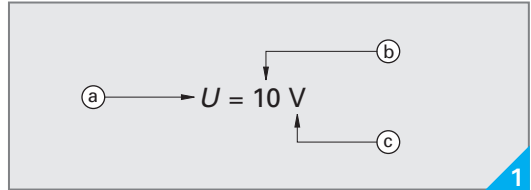
### 5 Unter welcher Bedingung können physikalische Größen addiert beziehungsweise subtrahiert werden?

Physikalische Größen können nur dann addiert beziehungsweise subtrahiert werden, wenn sie die gleichen Einheiten haben.

Bei unterschiedlichen Vorsatzzeichen sind diese auf ein gemeinsames Zeichen umzuwandeln. Die Division und Multiplikation ist auch bei unterschiedlichen Einheiten möglich.

### 6 Berechnen Sie sofern möglich in SI-Basis-einheiten:

- a)  $152 \text{ cm} + 0,75 \text{ m}$
- b)  $23 \text{ kg} + 0,77 \text{ t}$
- c)  $15 \text{ s} \cdot 10 + 30 \text{ s} \cdot 25$
- d)  $10 \text{ A} \cdot 20 + 0,03 \text{ A} \cdot 1500$
- e)  $180 \text{ Nm} : 12 \text{ m}$
- f)  $280 \text{ km} : 15 \text{ h}$
- g)  $240 \text{ m} : 2 \text{ min} + 270 \text{ m} : 1,5 \text{ min}$
- h)  $3,6 \text{ m}^2 : 0,6 \text{ m}$
- i)  $(0,3 \text{ m} \cdot 15)^3$



Physikalische Größe

Tabelle 1: Basisgrößen (Auswahl)

| Größe      | Formelzeichen | Basis-einheit | Einheitenzeichen |
|------------|---------------|---------------|------------------|
| Länge      |               | Meter         |                  |
|            | $m$           |               | kg               |
|            |               |               | s                |
|            | $I$           |               |                  |
| Temperatur |               |               | K                |
|            | $I_v$         |               | cd               |

Tabelle 2: Vorsätze, Vielfache und Teile der Einheiten (Auswahl)

| Zeichen | Vorsatz | Zehnerpotenz |
|---------|---------|--------------|
|         | Piko    |              |
| n       |         |              |
|         |         | $10^{-6}$    |
|         |         | $10^{-3}$    |
|         | Kilo    |              |
| M       | Mega    | $10^6$       |
|         | Giga    |              |
| T       |         |              |

- a)  $1,52 \text{ m} + 0,75 \text{ m} = 2,27 \text{ m}$
- b)  $23 \text{ kg} + 770 \text{ kg} = 793 \text{ kg}$
- c)  $150 \text{ s} + 750 \text{ s} = 900 \text{ s}$
- d)  $200 \text{ A} + 45 \text{ A} = 245 \text{ A}$
- e)  $180/12 \text{ Nm/m} = 15 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 15 \text{ N}$
- f)  $280\,000 \text{ m} : 54000 \text{ s} = 15,19 \text{ m/s}$
- g)  $240 \text{ m} : 120 \text{ s} + 270 \text{ m} : 90 \text{ s}$   
 $= 2 \text{ m/s} + 3 \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$
- h)  $3,6 / 0,6 \text{ m}^2/\text{m} = 6 \text{ m}$
- i)  $(4,5 \text{ m})^3 = 4,5^3 \text{ m}^3 = 91,125 \text{ m}^3$

### 7 Wandeln Sie folgende Zahlen in Zehnerpotenzen um.

- a) 1000000 b) 1000 c) 1 d) 0,1 e) 0,001
- f) 0,00001 g) 5000000 h) 0,0025
- a)  $10^6$  b)  $10^3$  c)  $10^0$  d)  $10^{-1}$  e)  $10^{-3}$
- f)  $10^{-5}$  g)  $5 \cdot 10^6$  h)  $2,5 \cdot 10^{-3}$

**8 Wandeln Sie folgende Zehnerpotenzen in Dezimalzahlen um.**

- a)  $1 \cdot 10^3$  b)  $1,1 \cdot 10^3$  c)  $1,235 \cdot 10^5$   
 d)  $1 \cdot 10^{-1}$  e)  $1,1 \cdot 10^{-1}$  f)  $2,571 \cdot 10^{-2}$   
 g)  $4,12 \cdot 10^{-6}$

- a) 1000 b) 1100 c) 123500 d) 0,1  
 e) 0,11 f) 0,02571 g) 0,00000412

Ein positiver Exponent gibt an, um wie viele Stellen das Komma nach rechts verschoben werden muss. Ein negativer Exponent gibt die entsprechende Verschiebung nach links an.

**9 Wandeln Sie folgende physikalische Größen mit entsprechenden Vorsatzzeichen um.**

- a)  $l = 3000 \text{ m} = ? \text{ km}$   
 b)  $m = 0,03 \text{ g} = ? \text{ mg}$   
 c)  $F = 3243 \text{ kN} = ? \text{ MN}$   
 d)  $l = 3,6 \text{ }\mu\text{m} = ? \text{ mm}$   
 e)  $l = 0,00005 \text{ m} = ? \text{ m}$

- a) 3 km b) 30 mg c) 3,243 MN  
 d) 0,0036 mm e) 50  $\mu\text{m}$

**10 Berechnen und geben Sie das Ergebnis in der gewünschten Zehnerpotenz an.**

- a)  $12 \cdot 10^{-3} \text{ N} + 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ N} = ? \cdot 10^{-3} \text{ N}$   
 b)  $2300 \text{ Nm} + 2 \cdot 10^4 \text{ Nm} = ? \cdot 10^3 \text{ Nm}$   
 c)  $0,004 \text{ kg} + 4 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = ? \cdot 10^{-3} \text{ kg}$   
 d)  $6500000 \text{ Nm} - 3600 \text{ Nm} = ? \cdot 10^6 \text{ Nm}$   
 e)  $47 \cdot 10^6 \text{ kg} - 40 \cdot 10^5 \text{ kg} = ? \cdot 10^6 \text{ kg}$

- a)  $12,12 \cdot 10^{-3} \text{ N}$  b)  $22,3 \cdot 10^3 \text{ Nm}$   
 c)  $8 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$  d)  $6,4964 \cdot 10^6 \text{ Nm}$  e)  $43 \cdot 10^6 \text{ kg}$

**11 Berechnen Sie und geben Sie das Ergebnis in Zehnerpotenzen an, deren Exponent ein Vielfaches von drei ist.**

- a)  $12 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$   
 b)  $2300 \text{ Nm} : 10^4 \text{ m}$   
 c)  $12 \cdot 10^{-6} \text{ Nm} : 4 \text{ N}$   
 d)  $20 \cdot 10^{-6} \text{ Nm} : 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

- a)  $1,44 \cdot 10^{-6} \text{ Nm}$  b)  $230 \cdot 10^{-3} \text{ N}$   
 c)  $3 \cdot 10^{-6} \text{ m}$  d)  $5 \cdot 10^{-3} \text{ N}$

**12 In welchen Arbeitsschritten sind technische Rechenaufgaben zu lösen?**

- 1) gegeben, 2) gesucht und 3) Lösung.

**13 Ein Kran hebt eine Palette mit Steinen der Masse 400 kg in das 5. Stockwerk eines Hochhauses. Der dabei zurückgelegte Weg beträgt 15 m.**

**Tabelle 1: Basisgrößen (Auswahl)**

| Größe       | Formelzeichen | Basis-einheit | Einheitenzeichen |
|-------------|---------------|---------------|------------------|
| Länge       | $l$           | Meter         | m                |
| Masse       | $m$           | Kilogramm     | kg               |
| Zeit        | $t$           | Sekunde       | s                |
| Stromstärke | $I$           | Ampere        | A                |
| Temperatur  | $T$           | Kelvin        | K                |
| Lichtstärke | $I_v$         | Candela       | cd               |

**Lösung, Aufgabe 1**

**Tabelle 2: Vorsätze, Vielfache und Teile der Einheiten (Auswahl)**

| Zeichen | Vorsatz | Zehnerpotenz |
|---------|---------|--------------|
| p       | Piko    | $10^{-12}$   |
| n       | Nano    | $10^{-9}$    |
| $\mu$   | Mikro   | $10^{-6}$    |
| m       | Milli   | $10^{-3}$    |
| k       | Kilo    | $10^3$       |
| M       | Mega    | $10^6$       |
| G       | Giga    | $10^9$       |
| T       | Tera    | $10^{12}$    |

**Lösung, Aufgabe 2**

**Berechnen Sie die verrichtete Arbeit.**

gegeben:  $m = 400 \text{ kg}$ ,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ,  $s = 15 \text{ m}$   
 gesucht:  $W$

$$\begin{aligned} \text{Lösung: } F &= m \cdot g = 400 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 3924 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2 = 3924 \text{ N} \\ W &= F \cdot s = 3924 \text{ N} \cdot 15 \text{ m} \\ &= 58860 \text{ Nm} = \mathbf{58,86 \text{ kNm}} \end{aligned}$$

**14 Um wie viel Meter wurde Leitungsmaterial mit einer Masse von 30 kg angehoben, wenn dabei eine Arbeit von 1800 Nm verrichtet wurde?**

gegeben:  $m = 30 \text{ kg}$ ,  $W = 1800 \text{ Nm}$ ,  
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

gesucht:  $s$

$$\begin{aligned} \text{Lösung: } W &= F \cdot s \quad | : F \\ W / F &= s \text{ mit} \\ F &= m \cdot g = 30 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 294,3 \text{ N} \\ s &= 1800 \text{ Nm} / 294,3 \text{ N} \\ &= 1800 / 294,3 \text{ Nm/N} = \mathbf{6,12 \text{ m}} \end{aligned}$$

## 1.2 Metalltechnisches Zeichnen

### 1 Nennen Sie Anwendungen für den Einsatz der Linienarten Bild 1.

- Ⓐ sichtbare Kante, Gewindebegrenzung, Gewindespitze
- Ⓑ Maßlinie, Maßhilfslinie, Schraffur, Gewindegrund, Diagonalkreuz
- Ⓒ verdeckte Kante
- Ⓓ Schnittverlauf, Wärmebehandlung
- Ⓔ Mittellinie, Symmetrielinie
- Ⓕ Bruchlinie

### 2 In welcher Einheit sind die Maße in der Zeichnung Bild 2 angegeben?

Die Maße sind in Millimeter ohne Benennung eingetragen.

Bei abweichenden Maßen müssen die entsprechenden Einheiten angegeben werden.

### 3 Welchen Abstand müssen die Maßlinien von der Körperkante beziehungsweise untereinander haben (Bild 2)?

Maßlinien müssen von der Körperkante  $\approx 10$  mm, von den parallelen Maßlinien  $\approx 7$  mm Abstand haben.

Die Maßzahlen stehen über den Maßlinien und sind gegeneinander zu versetzen. Die Maßzahlen müssen entweder von unten oder von rechts lesbar sein.

### 4 Welche Bedeutung hat die Angabe $t = 2$ in der Zeichnung Bild 2?

Die Angabe  $t = 2$  gibt die Werkstückdicke in Millimeter an.

Die Werkstückdicke kann in der Fläche oder daneben angegeben werden.

### 5 Wie nennt man die zwei Kanten Ⓐ und Ⓑ in der Zeichnung Bild 3?

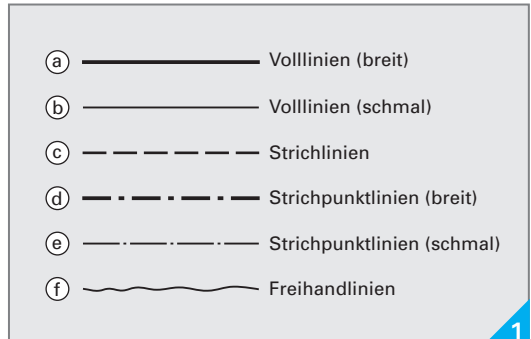
Die Kanten nennt man Bezugskanten.

Die Bemaßung erfolgt von den Bezugskanten aus. Das kleinste Maß steht dem Werkstück am nächsten.

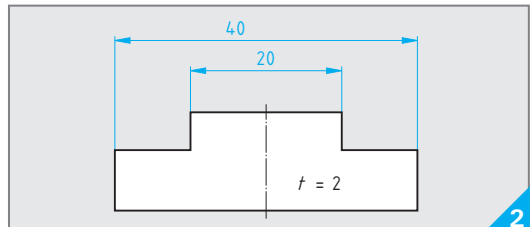
### 6 Wie werden Kreise bemaßt?

Kreise erhalten ein Mittellinienkreuz. Das Durchmessermaß wird mit zwei Maßpfeilen an die Kreislinie oder an die Maßhilfslinie des Kreises gezogen (Bild 4).

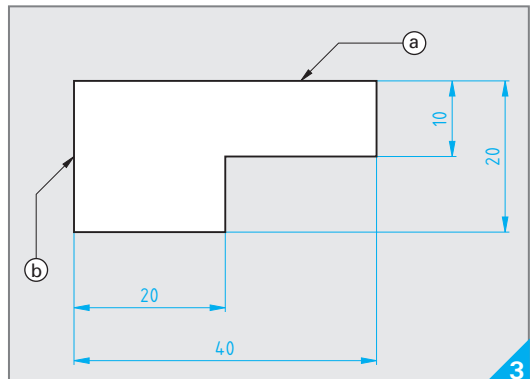
Hinter oder vor die Maßzahl darf kein Durchmesserzeichen gesetzt werden.



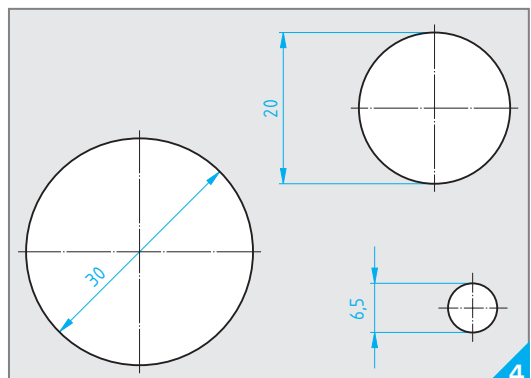
Linienarten



Bemaßung eines flachen, eckigen, symmetrischen Werkstückes



Bemaßung eines flachen, eckigen Werkstückes



Bemaßung von Kreisen

### 7 Bemaßen Sie die Kreise in Bild 1.

Lösung: Bild 1, folgende Seite.

Von mehreren Durchmessern der gleichen Größe wird nur einer bemaßt. Die Mittellinien können als Maßhilfslinien verlängert werden. Die Lochabstände beziehen sich immer auf den Mittelpunkt des Loches.

### 8 Ordnen Sie die Begriffe Vorderansicht V, Seitenansicht links SL und Draufsicht D der Zeichnung Bild 2 (a) bis (c) zu.

- (a) Vorderansicht, (b) Seitenansicht links und (c) Draufsicht.

In amerikanischen Ländern wird die *Seitenansicht links* SL durch die *Seitenansicht rechts* SR ersetzt.

### 9 Welche Bedeutung hat die Strichlinie in der Zeichnung Bild 3?

Die Strichlinie gibt die verdeckte Kante wieder, die in der Vorderansicht zu sehen ist.

Die Länge der Striche richtet sich nach der Größe der Zeichnung. Damit der Eindruck einer geschlossenen Linie entsteht, sollte die Lücke sehr klein gezeichnet werden.

### 10 Zeichnen Sie das Werkstück Bild 4 skizzenhaft in den drei Ansichten.

Lösung: Bild 2, folgende Seite.

### 11 Welches Werkstück ist in der Zeichnung Bild 5 abgebildet?

In der Zeichnung ist ein einfaches zylindrisches Werkstück abgebildet.

Das Durchmesserzeichen ist vor die Maßzahl zu setzen, wenn in einer Ansicht bemaßt werden muss, in der die Kreisfläche als Gerade erscheint.

### 12 Bemaßen Sie das Werkstück Bild 6.

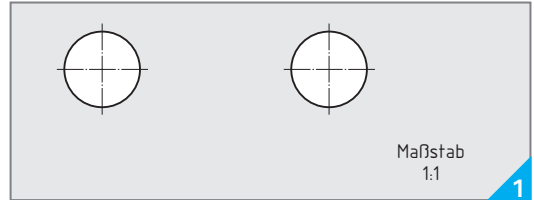
Lösung: Bild 3, folgende Seite.

Kreisflächen sollen in der Ansicht bemaßt werden, in der sie als Kreis sichtbar sind. Das Durchmesserzeichen entfällt dann.

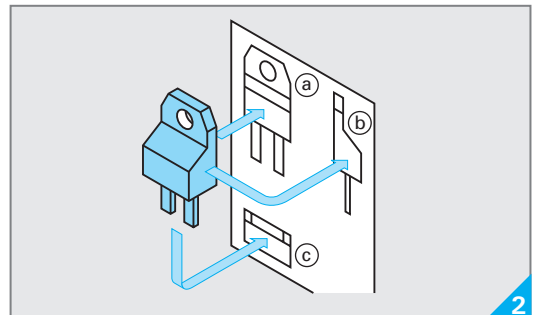
### 13 Welche Schnittarten gibt es?

Vollschnitt, Halbschnitt und Teilschnitt.

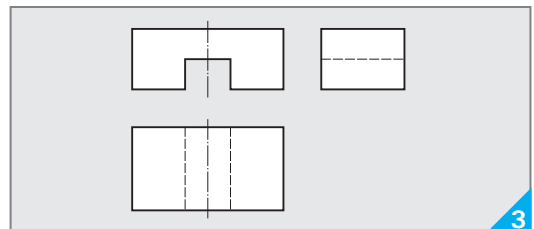
Schnittdarstellungen ermöglichen die Sichtbarmachung von innenliegenden Kanten. Beim Vollschnitt wird die vordere Hälfte des Werkstücks weggeschnitten, beim Halbschnitt nur die rechte oder untere Hälfte des Werkstücks.



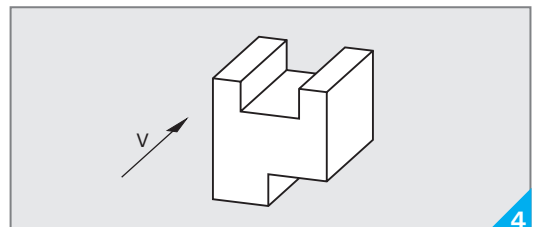
Bemaßung von Kreisen



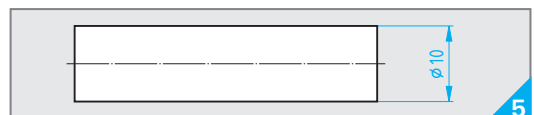
Normalprojektion



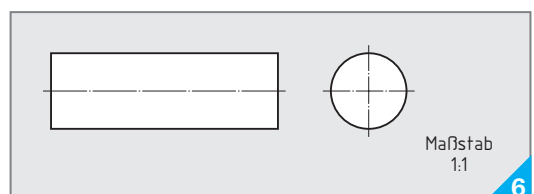
Werkstück in 3 Ansichten



3-dimensionales Werkstück



Bemaßung eines Werkstückes

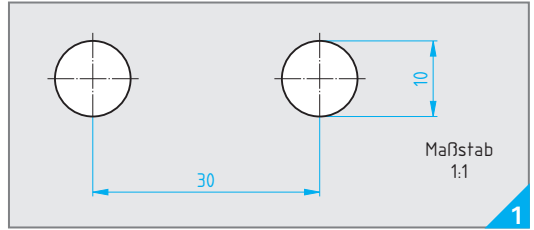


Bemaßung eines zylindrischen Werkstückes

**14 Welche Linienarten sind bei einem Außengewinde (Bolzensgewinde) zu verwenden (Bild 4)?**

Beim Außengewinde wird der Kerndurchmesser als schmale Volllinie und der Außendurchmesser als breite Volllinie dargestellt.

Der Abstand der schmalen Linie zur breiten Linie entspricht der Gewindetiefe.

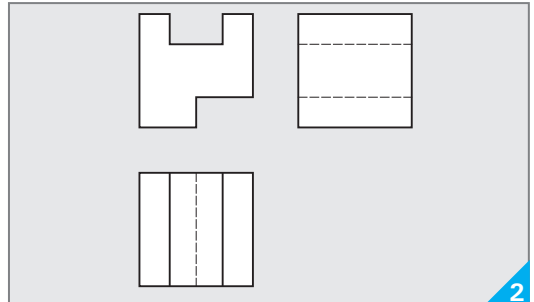


Lösung Aufgabe 7, vorhergehende Seite

**15 Welche Informationen (a) bis (c) können dem Abmaß Bild 5 entnommen werden?**

(a) Bemessungsmaß (Nennmaß), (b) oberes Grenzabmaß und (c) unteres Grenzabmaß.

Das tatsächliche Maß kann zwischen 29,98 mm und 30,03 mm liegen.

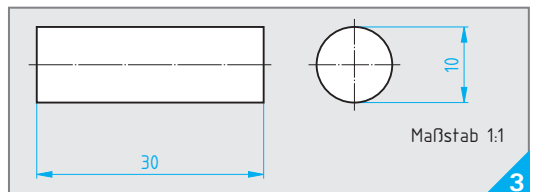


Lösung Aufgabe 10, vorhergehende Seite

**16 Welche Toleranzklassen (a) bis (d) zeigt Tabelle 1?**

(a) f = fein, (b) m = mittel, (c) g = grob und (d) sg = sehr grob.

Allgemeintoleranzen dienen zur Vereinfachung und gelten für alle Maße ohne Toleranzangabe, wenn in der Zeichnung darauf hingewiesen wird.

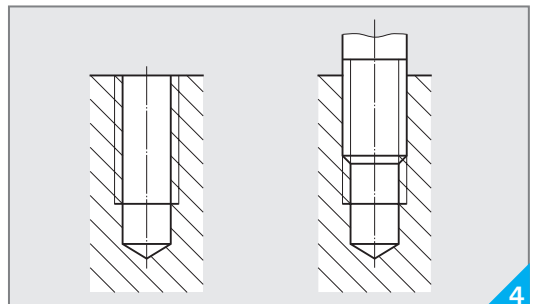


Lösung Aufgabe 12, vorhergehende Seite

**17 Welche Bedeutung haben die Symbole (a) bis (c) zur Oberflächenbeschaffenheit Bild 6?**

(a) materialabtrennend, behandelte Oberfläche, (b) nicht materialabtrennend, behandelte Oberfläche und (c) Materialabtrennung freigestellt, Grundsymbol zur Angabe der Oberflächenbeschaffenheit.

Die Angabe besonderer Merkmale werden auf eine zu verlängernde Linie des längeren Schenkels geschrieben. Dabei wird immer der Endzustand der Oberfläche angegeben.



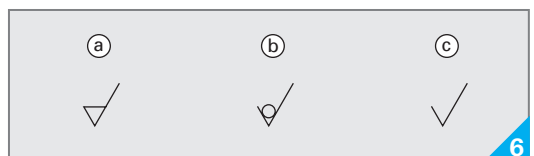
Gewindedarstellung

**Tabelle 1: Grenzabmaße in mm für Bemessungsmaßbereich in mm (Auswahl für Längenmaße)**

|                    | 0,5 bis 3 | > 3 bis 6 | > 6 bis 30 | > 30 bis 120 | > 120 bis 400 | > 400 bis 1000 |
|--------------------|-----------|-----------|------------|--------------|---------------|----------------|
| Toleranzklasse (a) | 0,05      | 0,05      | 0,1        | 0,15         | 0,2           | 0,3            |
| (b)                | 0,1       | 0,1       | 0,2        | 0,3          | 0,5           | 0,8            |
| (c)                | 0,15      | 0,2       | 0,5        | 0,8          | 1,2           | 2              |
| (d)                | -         | 0,5       | 1          | 1,5          | 2             | 3              |



Abmaß



Oberflächenbeschaffenheit

## 1.3 Werkstoffe

**1 Nennen Sie je drei Beispiele für a) organische und b) anorganische Werkstoffe, die in der Elektrotechnik eingesetzt werden.**

- a) Gummi, PVC, Papier,  
b) Keramik, Glas, Graphit.

**2 Welche besonderen Eigenschaften müssen Widerstandswerkstoffe haben?**

Widerstandswerkstoffe müssen einen hohen spezifischen Widerstand, einen hohen Schmelzpunkt und einen kleinen Temperaturbeiwert haben.

Widerstandswerkstoffe bestehen meist aus Legierungen von Kupfer (Cu), Mangan (Mn) und Nickel (Ni), z. B. CuNi44 enthält 44 % Ni, 56 % Cu und wird unter dem Handelsnamen Konstantan angeboten.

**3 Welche besonderen Eigenschaften müssen Heizleiterwerkstoffe haben?**

Heizleiterwerkstoffe müssen einen hohen spezifischen Widerstand haben und bei Temperaturen von über 1000 °C mechanisch fest sein.

Heizleiterwerkstoffe bestehen meist aus Legierungen von Eisen (Fe), Chrom (Cr) und Nickel (Ni), z. B. NiCr 60 15 enthält 60 % Ni, 15 % Cr und 25 % Fe.

**4 Welche besonderen Eigenschaften müssen elektrische Kontaktwerkstoffe haben?**

Elektrische Kontaktwerkstoffe müssen eine hohe elektrische und thermische Leitfähigkeit haben, sowie eine hohe Beständigkeit gegen Abbrand und Lichtbogeneinwirkung.

Aufgrund des hohen Schmelzpunktes weisen elektrische Kontaktwerkstoffe nur eine geringe Neigung zum Verschweißen und Kleben auf.

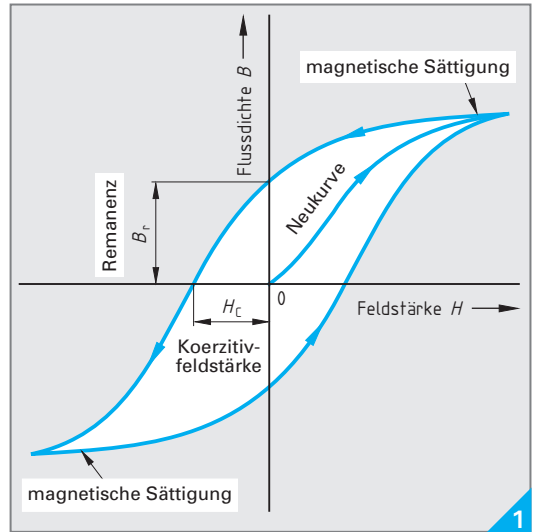
**5 Nennen Sie typische elektrische Kontaktwerkstoffe.**

Silber (Si), Gold (Au), Wolfram, Quecksilber (Hg) und Kohle (C).

**6 Warum wird reines Kupfer nicht als elektrischer Kontaktwerkstoff eingesetzt?**

Reines Kupfer oxidiert an der Kontaktstelle, wodurch der Übergangswiderstand erhöht wird.

In der Praxis werden deshalb häufig Kupferlegierungen eingesetzt, z. B. Kupfer-Zink- oder Kupfer-Zinn-Legierungen für federnde oder schleifende Kontakte.



Magnetisierungskennlinie

**7 Nennen Sie übliche ferromagnetische Werkstoffe.**

Eisen (Fe von Ferrum), Nickel (Ni), Kobalt (Co) und viele ihrer Legierungen.

Ferromagnetische Werkstoffe enthalten sogenannte Einzelmagnete, die durch Einwirkung eines äußeren magnetischen Feldes ausgerichtet werden können und dadurch das magnetische Feld verstärken.

**8 Nach welchen beiden magnetischen Kenngrößen (Bild 1) beurteilt man magnetische Werkstoffe?**

Magnetische Werkstoffe beurteilt man anhand der Remanenz und der Koerzitivfeldstärke.

Die Koerzitivfeldstärke ist die Feldstärke, die man benötigt, um den Restmagnetismus (Remanenz) zu beseitigen.

**9 Welche zwei Arten von Magnetwerkstoffe unterscheidet man nach der Höhe der Koerzitivfeldstärke?**

Man unterscheidet nach der Höhe der Koerzitivfeldstärke zwischen hartmagnetischen Werkstoffen und weichmagnetischen Werkstoffen.

Hartmagnetische Werkstoffe haben eine große Koerzitivfeldstärke gegenüber weichmagnetischen Werkstoffen (Bild 1, folgende Seite).

**10 Wofür werden weichmagnetische Werkstoffe eingesetzt?**

Weichmagnetische Werkstoffe werden für Bauelemente eingesetzt, die dauernd ummagnetisiert werden, z. B. Massivkerne in Übertragern, Drosseln, Filtern oder Blechpaketkerne für Transformatoren und elektrische Maschinen.

**11 Nennen Sie Bauelemente für hartmagnetische Werkstoffe.**

Hartmagnetische Werkstoffe werden zum Bau von Kleinmagneten eingesetzt, z. B. Dauermagnete in Elektromotoren, Lautsprechern, Relais usw.

Hartmagnetische Werkstoffe bestehen aus metallischen, keramischen und Seltenerdmetall-Magnetwerkstoffen.

**12 Welche besonderen Eigenschaften haben elektrische Isolierstoffe?**

Elektrische Isolierstoffe haben einen großen Isolationswiderstand, eine hohe Durchschlagfestigkeit, eine große Kriechstromfestigkeit und geringe elektrische Verluste.

Zusätzlich hat ein Isolierstoff eine hohe Temperaturbeständigkeit und mechanische Festigkeit, sowie eine hohe chemische Beständigkeit.

**13 Erklären Sie den Begriff der Durchschlagfestigkeit von Isolierstoffen.**

Die Durchschlagfestigkeit von Isolierstoffen gibt die höchstzulässige Spannung je Millimeter Werkstoffdicke an, ohne dass es zu einem Spannungsüberschlag kommt.

Typische Kennwerte enthält Tabelle 1.

**14 Wovon hängt die Lebensdauer von Isolierstoffen ab?**

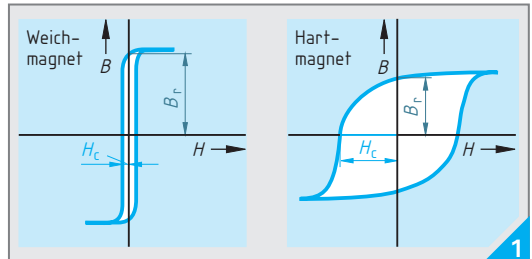
Die Lebensdauer von Isolierstoffen hängt von deren Betriebstemperatur ab.

Die Lebensdauer verringert sich, wenn die Temperatur zunimmt. Bei Isolierstoffen der Temperaturbeständigkeitsklasse A halbiert sich die Lebensdauer bei einer Temperaturzunahme von 8 K, bei Klasse B von 10 K und für Klasse H von 12 K (Bild 2).

**15 Erklären Sie den molekularen Aufbau von Duroplasten und Elastomeren (Bild 3). Welche Eigenschaften ergeben sich hierdurch?**

Duroplaste bestehen aus Makromolekülen, die vielfach räumlich vernetzt sind. Duroplaste erweichen nicht durch Erwärmen, sind nicht schweißbar und nicht lösbar.

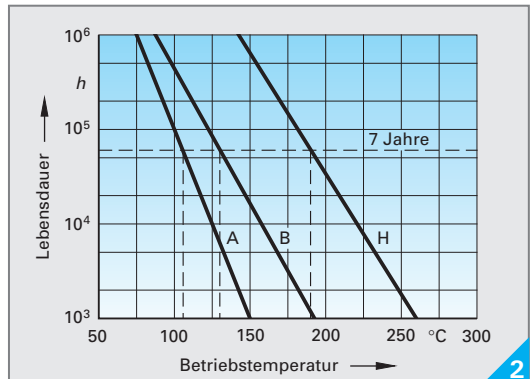
Elastomere enthalten ungeordnete Fadenmole-



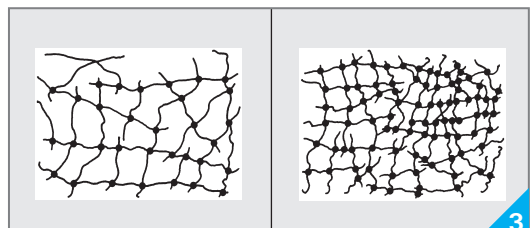
Magnetisierungskennlinien hart- und weichmagnetischer Werkstoffe

**Tabelle 1: Durchschlagfestigkeit  $E_D$  in kV/mm**

|            |     |                   |           |
|------------|-----|-------------------|-----------|
| Luft       | 2,1 | Porzellan         | 35        |
| Stickstoff | 2,3 | PVC               | 20 ... 50 |
| Isolieröl  | 20  | Polyethylen PE 70 | ... 100   |



Lebensdauer von Isolierstoffen



Molekularer Aufbau von Duroplasten und Elastomeren

küle, die weitmaschiger und weniger vernetzt sind. Hierdurch ergibt sich ein gummielastisches Verhalten. In weitem Temperaturbereich sind Elastomere thermisch nicht umformbar und in bestimmten Lösungsmitteln quellend.

Thermoplaste sind auf Grund ihrer wattebauschähnlichen Molekularstruktur bei Kälte hart und spröde, bei höherer Temperatur mehrfach umformbar und schweißbar.

## 1.1 Grundgesetze und Bauelemente der Elektronik

### 1.1.1 Grundbegriffe

1 Welche Kräfte wirken auf gleichartige Ladungen (Bild 1 links) und ungleichartige Ladungen (Bild 1 rechts)?

Die gleichartigen Ladungen Bild 1 links stoßen sich ab und die ungleichartigen Ladungen Bild 1 rechts ziehen sich an.

2 Erklären Sie das Verfahren der Spannungserzeugung mittels Induktion (Bild 2).

Wird ein Dauermagnet in einer Spule hin und her bewegt, so ändert sich das Magnetfeld in der Spule und es wird eine Wechselspannung induziert.

Spannungen können auch durch chemische Wirkung, Wärme, Licht, Kristallverformung und Reibung erzeugt werden.

3 Welche vier Wirkungen des Stromes zeigt Bild 3? Geben Sie jeweils zwei Anwendungen an.

- a) Wärmewirkung, Heizung, Lötcolben,
- b) Magnetwirkung, Relaispule, Elektromotor,
- c) Lichtwirkung, Glimmlampe, Lumineszenzdiode und
- d) chemische Wirkung, Ladevorgang bei Akkumulatoren, Elektrolyse.

Die Wärmewirkung und die Magnetwirkung treten bei elektrischem Strom immer auf. Lichtwirkung und chemische Wirkung treten nur in bestimmten Fällen auf.

4 Welche zwei Stromarten zeigt Bild 4?

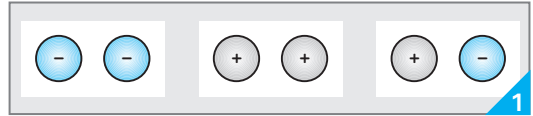
Bild 4 zeigt a) Gleichstrom und b) Wechselstrom. Die Kurzzeichen für diese Stromarten sind DC von Direct Current und AC von Alternating Current.

5 Geben Sie die Formel zur Berechnung der Stromdichte an und erklären Sie die Formelzeichen.

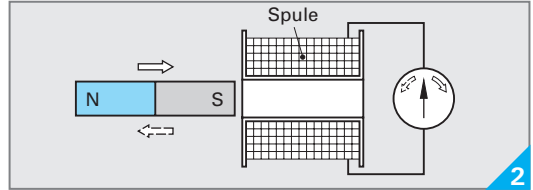
- $J$  Stromdichte
- $I$  Stromstärke
- $A$  Leiterquerschnitt

$$J = \frac{I}{A}$$

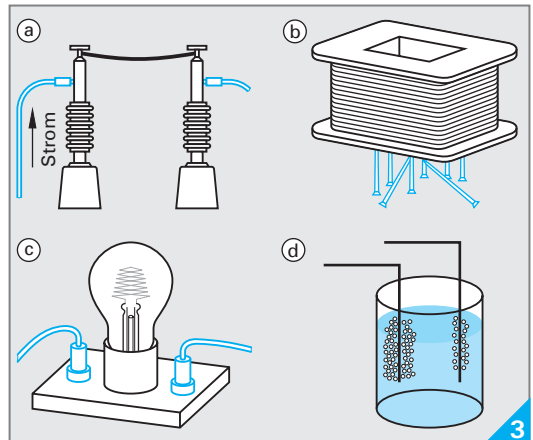
Als Formelzeichen für den Leiterquerschnitt wird auch  $S$  verwendet.



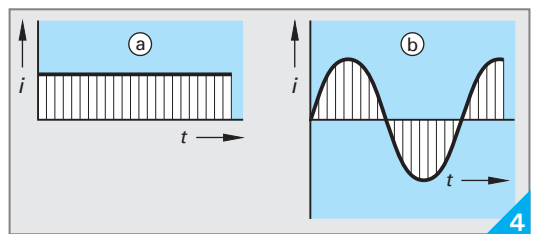
Gleichartige und ungleichartige Ladungen



Spannungserzeugung durch Induktion



Stromwirkungen



Stromarten

6 Berechnen Sie die Stromdichte für den Glühfaden einer Glühlampe und für dessen Zuleitung bei einer Stromstärke von 10 A. Durchmesser des Glühfadens  $d_1 = 0,25 \text{ mm}$ , Durchmesser der Zuleitung  $d_2 = 1,5 \text{ mm}$ .

$$A_1 = \pi \cdot d_1^2 / 4 = \pi \cdot (0,25 \text{ mm})^2 / 4 = 0,049 \text{ mm}^2$$

$$J_1 = I / A_1 = 10 \text{ A} / 0,049 \text{ mm}^2 = 204 \text{ A/mm}^2$$

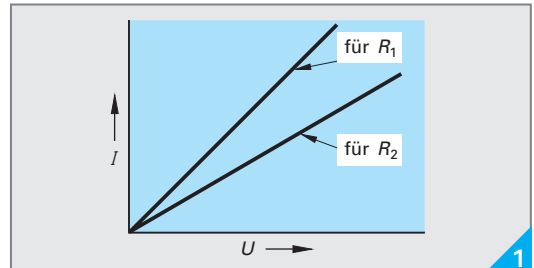
$$A_2 = \pi \cdot d_2^2 / 4 = \pi \cdot (1,5 \text{ mm})^2 / 4 = 1,77 \text{ mm}^2$$

$$J_2 = I / A_2 = 10 \text{ A} / 1,77 \text{ mm}^2 = 5,65 \text{ A/mm}^2$$



### 7 Welche Kennlinie von Bild 1 gilt für den kleineren Widerstand?

Der Widerstand  $R_1$  ist der kleinere Widerstand. Die Stromstärke verhält sich bei konstanter Spannung umgekehrt proportional zum Widerstand. Beim kleineren Widerstand fließt bei der gleichen Spannung der größere Strom.

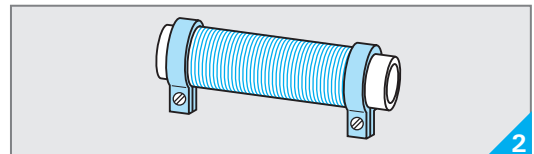


$I$  als Funktion von  $U$  beim linearen Widerstand

### 8 Was gibt der Temperaturkoeffizient $\alpha$ (Temperaturbeiwert) an?

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

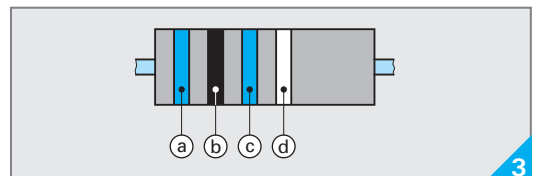
Der Temperaturkoeffizient von Heißeleitern ist negativ, da ihr Widerstand mit zunehmender Temperatur abnimmt. Der Temperaturkoeffizient von Kaltleitern ist positiv, da ihr Widerstand mit zunehmender Temperatur zunimmt.



Drahtwiderstand

### 9 Der Drahtwiderstand Bild 2 besteht aus 1,806 m Manganindraht mit der Leitfähigkeit $\gamma = 2,3 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$ und einem Querschnitt von $A = 0,00785 \text{ mm}^2$ . Berechnen Sie den Widerstand.

$$\begin{aligned} R &= \frac{l}{\gamma \cdot A} \\ &= \frac{1,806 \text{ m}}{2,3 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 0,00785 \text{ mm}^2} \\ &= 100 \Omega \end{aligned}$$



Farbschlüssel für Widerstände

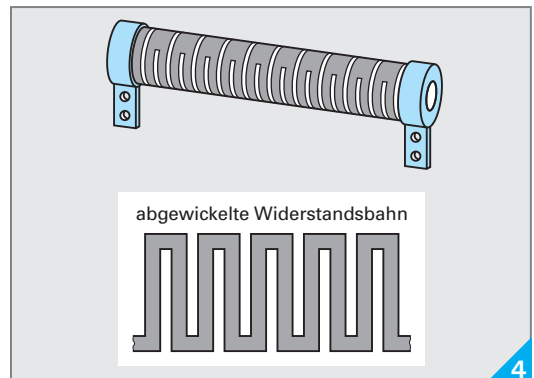
### 10 Eine Kupferwicklung ( $\alpha = 0,0039 \text{ 1/K}$ ) hat bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$ einen Widerstand von $30 \Omega$ . Wie groß ist der Widerstand bei $80 \text{ }^\circ\text{C}$ ?

$$\begin{aligned} \Delta\vartheta &= \vartheta_2 - \vartheta_1 = 80 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C} = 60 \text{ K} \\ R_2 &= R_1 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\vartheta) \\ &= 30 \Omega \cdot (1 + 0,0039 \text{ 1/K} \cdot 60 \text{ K}) = 37 \Omega \end{aligned}$$

### 11 Welche Bedeutung haben die Farbringe a bis d im Farbschlüssel für Widerstände Bild 3?

- a) 1. Ring, 1. Ziffer des Widerstandswertes,
- b) 2. Ring, 2. Ziffer des Widerstandswertes,
- c) Multiplikator, mit dem die Zahl aus Ziffer 1 und Ziffer 2 malgenommen wird, und
- d) Widerstandstoleranz in Prozent.

Sofern Widerstände mit 5 Farbringen gekennzeichnet werden, bilden die ersten 3 Ringe die Ziffern des Widerstandswertes, der 4. Ring den Multiplikator und der 5. Ring die Widerstandstoleranz.



Kohleschichtwiderstand mit Mänderschliff

### 12 Warum wird bei Kohleschichtwiderständen mit einem Laser ein Mänderschliff eingegraben (Bild 4)?

Durch Einbrennen eines mäanderförmigen Schliffs mit Laserstrahlen erfolgt der genaue Widerstandsabgleich.

### 1.4.2 Grundsaltungen

**1 Welche Aufgabe hat ein Strombezugspeil, z. B. in Bild 1?**

Der Strombezugspeil gibt die Richtung an, in der ein Strom positiv gezählt wird.

Eine positive Stromstärke liegt vor, wenn die Richtungen des Strombezugspeils und des Stromes übereinstimmen.

**2 Wie sind die Betriebsmittel einer Reihenschaltung geschaltet (Bild 1)?**

Die einzelnen Betriebsmittel sind so geschaltet, dass sie vom selben Strom  $I$  durchflossen werden.

Die Reihenschaltung nennt man auch Hintereinanderschaltung.

**3 Wie verhalten sich in Schaltung Bild 1 die Spannungen und die Teilwiderstände zueinander?**

In der Reihenschaltung verhalten sich die Teilspannungen zueinander wie die zugehörigen Widerstände.

**4 Wie groß ist in Schaltung Bild 1 a) der Ersatzwiderstand  $R$  und b) die Stromstärke im Widerstand  $R_1$ ?**

Die Stromstärke in  $R_1$  ist so groß wie die Stromstärke der Reihenschaltung. Der Ersatzwiderstand ist

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 2,2 \text{ k}\Omega + 3,3 \text{ k}\Omega + 3,9 \text{ k}\Omega = 9,4 \text{ k}\Omega$$

damit ist die Stromstärke in  $R_1$

$$I = U/R = 10 \text{ V}/9,4 \text{ k}\Omega = 1,06 \text{ mA.}$$

**5 Wie berechnet man bei einer Schaltung nach Bild 1 die Gesamtspannung  $U$  aus den Teilspannungen  $U_1$ ,  $U_2$  und  $U_3$ ?**

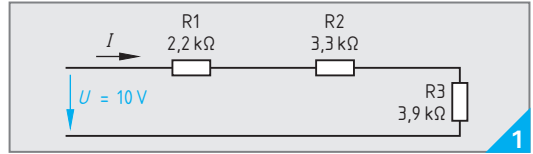
Die Summe der Teilspannungen an den Betriebsmitteln ist so groß wie die angelegte Gesamtspannung.

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

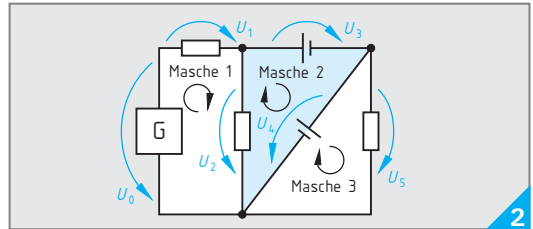
**6 a) Was besagt die Maschenregel (2. Kirchhoffsche Regel) in Worten?  
b) Wenden Sie diese Regel auf die Masche 2 von Bild 2 an.**

a) In einer Masche ist die Summe aller Spannungen gleich null,

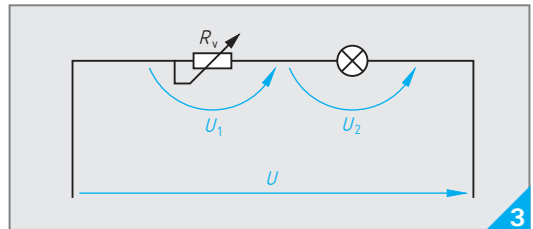
b)  $U_3 + U_4 - U_2 = 0; \quad \sum U_i = 0.$



Reihenschaltung



Maschenregel



Schaltung mit Vorwiderstand

**7 Welche Aufgabe hat in Schaltung Bild 3 der Vorwiderstand?**

Der Vorwiderstand ermöglicht den Anschluss eines Lastwiderstandes an eine Spannung, die größer ist als die zulässige Spannung am Lastwiderstand.

Außerdem kann ein Vorwiderstand auch zur Strombegrenzung dienen.

**8 Wie groß muss in Schaltung Bild 3 der Vorwiderstand sein, wenn die Glühlampe 6 V, 1 A an einer Spannung von 24 V betrieben werden soll?**

Am Vorwiderstand müssen liegen

$$U_1 = U - U_2 = 24 \text{ V} - 6 \text{ V} = 18 \text{ V}$$

Seine Stromstärke beträgt wegen der Reihenschaltung 1 A. Damit ist sein Widerstand

$$R_v = U/I = 18 \text{ V}/1 \text{ A} = 18 \Omega.$$

Diese Schaltung ist unwirtschaftlich, da der Vorwiderstand die dreifache Spannung und damit die dreifache Leistung der Glühlampe aufnimmt.

**9 Nennen Sie Anwendungen der Reihenschaltung.**

- Weihnachtsbaumbeleuchtung,
- Vorwiderstand von LEDs, Leuchten etc. und bei der
- Messbereichserweiterung.

Auch beim Fließen des elektrischen Stromes durch den menschlichen Körper liegt eine Reihenschaltung von Widerständen (Übergangs- und Durchgangswiderstände) vor.

### 10 Welche Aufgabe hat die Schaltung Bild 1?

Die Schaltung Bild 1 dient zur Erweiterung des Messbereichs eines Spannungsmessers.

Der Vorwiderstand  $R_V$  setzt die Spannung am Messwerk herab.

### 11 Erklären Sie den Begriff Messbereichendwert.

Das ist der Messwert, bei dem der Messzeiger Vollausschlag hat.

### 12 Ein Spannungsmesser hat einen Messbereich $U_m = 3,0 \text{ V}$ und einen Messwiderstand $R_m = 30 \text{ k}\Omega$ . Der Messbereich soll auf $U = 230 \text{ V}$ erweitert werden. Berechnen Sie den Vorwiderstand $R_V$ .

$$I_m = \frac{U_m}{R_m} = \frac{3,0 \text{ V}}{30 \text{ k}\Omega} = 0,0001 \text{ A} = 0,1 \text{ mA}$$

$$R_V = \frac{U - U_m}{I_m} = \frac{230 \text{ V} - 3,0 \text{ V}}{0,0001 \text{ A}} = \frac{227 \text{ V}}{0,0001 \text{ A}} = 2,27 \text{ M}\Omega$$

### 13 Was versteht man unter einer Parallelschaltung (Bild 2)?

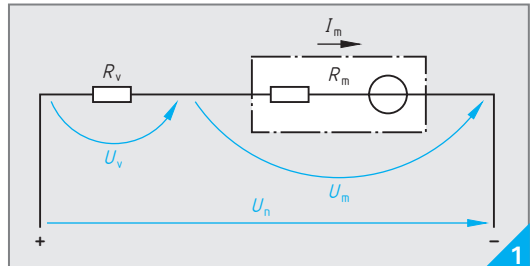
Eine Schaltung, bei der alle Stromeintrittsklemmen und Stromaustrittsklemmen miteinander verbunden sind.

Die Teilspannungen sind an allen parallel geschalteten Zweigen gleich groß.

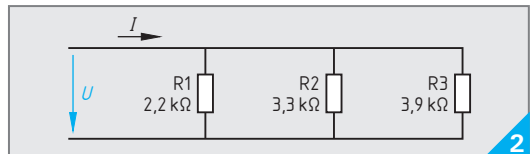
### 14 Wie verhalten sich in Schaltung Bild 2 die Teilströme und die Widerstände zueinander?

In der Parallelschaltung verhalten sich die Teilströme zueinander umgekehrt wie die zugehörigen Widerstände.  $I_1/I_2 = R_2/R_1$

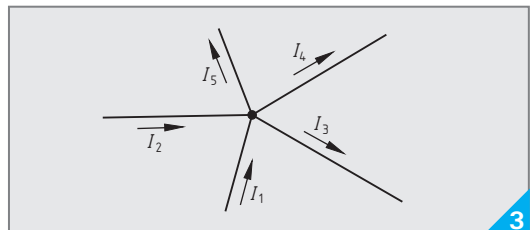
Durch den kleineren Teilwiderstand fließt der größere Teilstrom.



Schaltung an einem Messgerät



Parallelschaltung



Knotenpunktregel

- 15 a) Erklären Sie die Knotenpunktregel (1. kirchhoffsche Regel).  
 b) Wenden Sie die Knotenpunktregel an für die Schaltung von Bild 3.

a) Im Knoten ist die Summe der zufließenden Ströme so groß wie die Summe der abfließenden Ströme,

b)  $I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$ .

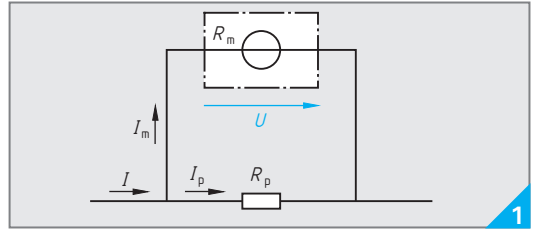
Hat ein berechneter Strom einen negativen Wert, dann fließt dieser Strom entgegen der Pfeilrichtung.

### 16 Nennen Sie Anwendungen der Parallelschaltung.

- Glühlampen am Netz (230 V),
- elektrische Haushaltsgeräte und
- Elektromotoren.

**17 Wodurch kann der Messbereich eines Strommessers erweitert werden?**

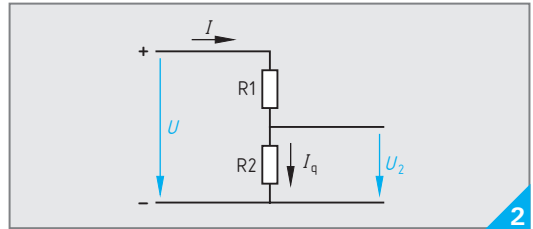
Durch einen Nebenwiderstand  $R_p$ , welcher parallel geschaltet ist (Bild 1).  
Der Nebenwiderstand wird auch Shunt genannt.



**Messbereichserweiterung durch einen Nebenwiderstand**

**18 Wie wird bei einem unbelasteten Spannungsteiler die Gesamtspannung aufgeteilt (Bild 2)?**

Beim unbelasteten Spannungsteiler teilt sich die Gesamtspannung in die Teilspannungen  $U_1$  und  $U_2$  auf.  
Diese Spannungen verhalten sich wie die zugehörigen Widerstände.



**Unbelasteter Spannungsteiler**

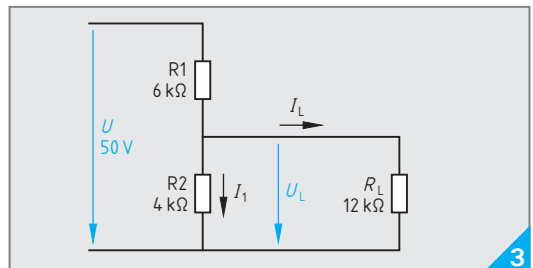
**19 Wie berechnet man die Ausgangsspannung beim belasteten Spannungsteiler (Bild 3)?**

Der belastete Spannungsteiler ist eine gemischte Schaltung von Widerständen.  
Bei dieser Schaltung ist

$$\frac{U_L}{U} = \frac{R_{2L}}{R_1 + R_{2L}} \quad R_{2L} = \frac{R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L}$$

mit  $R_{2L}$  Ersatzwiderstand von  $R_2$  und  $R_L$  (sonstige Formelzeichen siehe Bild 3).

Beim belasteten Spannungsteiler wirkt  $R_1$  als Vorwiderstand. Die Lastspannung weicht umso weniger von der Leerlaufspannung ab, je größer der Lastwiderstand  $R_L$  gegenüber dem Teilwiderstand  $R_2$  ist. Dann ist der Querstrom  $I_1$  wesentlich stärker als der Laststrom  $I_L$ . Schwankt der Laststrom und soll die Lastspannung möglichst konstant bleiben, so muss der Querstrom stärker sein als der Laststrom.



**Belasteter Spannungsteiler**

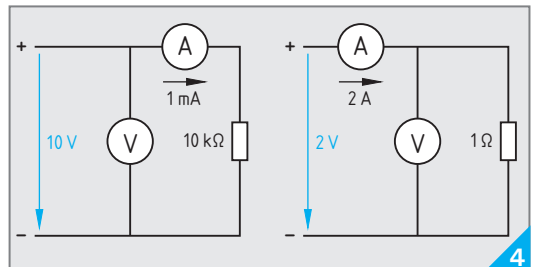
**20 Wie groß ist in Schaltung Bild 3 die Lastspannung  $U_L$ ?**

$$R_{2L} = \frac{R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L} = \frac{4 \text{ k}\Omega \cdot 12 \text{ k}\Omega}{4 \text{ k}\Omega + 12 \text{ k}\Omega} = 3 \text{ k}\Omega$$

$$U_L = \frac{U \cdot R_{2L}}{R_1 + R_{2L}} = \frac{50 \text{ V} \cdot 3 \text{ k}\Omega}{6 \text{ k}\Omega + 3 \text{ k}\Omega} = 16,67 \text{ V.}$$

**21 Welche Schaltung zeigt Bild 4 rechts?**

Bild 4 rechts zeigt eine Stromfehlerschaltung. Die Stromfehlerschaltung ist dann geeignet, wenn der zu messende Widerstand einen wesentlich kleineren Widerstandswert hat als der Spannungsmesser.  
Das ist bei modernen Digitalinstrumenten fast immer der Fall.



**Schaltungen zur Widerstandsermittlung**

**22 Welche Widerstände können mit einer Schaltung nach Bild 4 links gemessen werden?**

Mit dieser Spannungsfehlerschaltung können Widerstände gemessen werden, die einen viel größeren Widerstandswert haben als der verwendete Strommesser.