



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische Berufe

Arbeitsblätter Fachkunde Elektrotechnik

4. Auflage

Bearbeitet von Lehrern und Ingenieuren an beruflichen Schulen

Lektorat: Jürgen Manderla

Verlag Europa-Lehrmittel · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 31204

Autoren der Arbeitsblätter Fachkunde Elektrotechnik:

Käppel, Thomas	Münchberg
Manderla, Jürgen	Berlin
Tkotz, Klaus	Kronach

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:

Jürgen Manderla

Firmenverzeichnis und Warenzeichen:

Die Autoren und der Verlag bedanken sich bei den nachfolgenden Firmen und dem Bildautor für die Unterstützung

- **AEG Hausgeräte GmbH**, 90429 Nürnberg
- **AEG Kleinmotoren GmbH**, 26133 Oldenburg
- **Deutsches Kupferinstitut e.V.**, 40474 Düsseldorf
- **ECE-Ing. Ehlers & Co. Elektrogeräte GmbH**, 58515 Lüdenscheid-Bierbaum
- **Eltako GmbH**, 70736 Fellbach
- **Fluke Deutschland GmbH**, 34123 Kassel
- **GMC-I Gossen-Metrawatt GmbH**, 90471 Nürnberg
- **GÜDE GmbH & Co. KG**, 74549 Wolpertshausen
- © h368k742 – Fotolia.com
- **Hager Vertriebsgesellschaft mbH & Co. KG**, 66440 Blieskastel
- **Heinrich Kopp GmbH**, 63793 Kahl
- **HUGO BRENNENSTUHL GMBH & CO.**, 72074 Tübingen
- **Joh. Vaillant GmbH & Co. KG**, 42810 Remscheid
- © ludodesign – Fotolia.com
- **Moeller GmbH**, 53115 Bonn
- © Ozaiachin – shutterstock.com
- **Siemens AG**, 80333 München
- **Terfloth, Sebastian**, 01069 Dresden
- **Trafo-Schneider**, 79232 March-Buchheim
- © XONOVENTS – shutterstock.com

Nachdruck der Box Shots von Microsoft-Produkten mit freundlicher Erlaubnis der Microsoft Corporation.

Alle anderen Produkte, Warenzeichen, Schriftarten, Firmennamen und Logos sind Eigentum oder eingetragene Warenzeichen ihrer jeweiligen Eigentümer.

Bildbearbeitung:

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

4. Auflage 2019

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-8085-3723-7

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

© 2019 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald
Umschlagfotos: Diana Talium – Fotolia.com (Bleistift, Radiergummi); Figur: Klaus Tkotz; Kleinsteuergerät LOGO!: Siemens AG; erdquadrat – Fotolia.com (Weltkugel); Multimeter: ZF Friedrichshafen AG
Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt
Druck: Himmer GmbH, 86167 Augsburg

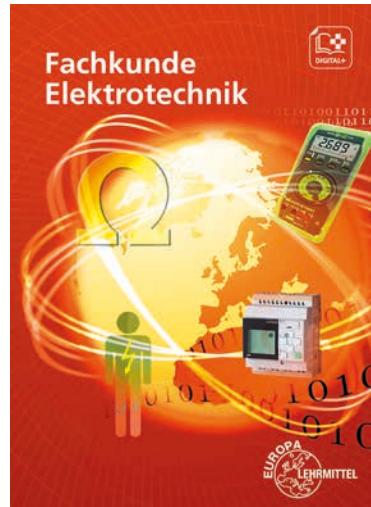
Liebe Leserin, lieber Leser,

die „Arbeitsblätter Fachkunde Elektrotechnik“ wenden sich hauptsächlich an Sie als Lernende der energietechnischen Elektroberufe. Diese Arbeitsblätter möchten das Arbeiten mit dem fachkundlichen Wissen der Elektrotechnik unterstützen.

Mithilfe der zu lösenden Aufgaben überprüfen Sie Ihr **fachliches Wissen** und erweitern so Ihre Kompetenzen, damit Sie handlungsorientierte, komplexe Aufgaben der beruflichen Praxis lösen können. Zusammen mit dem Buch „**Fachkunde Elektrotechnik**“, sowie mit den **Simulationen zur Elektrotechnik (SimElektro)** und den hier vorliegenden **Arbeitsblättern** können Sie selbstständig, auch außerhalb des Unterrichtes, elektrotechnische Themen bearbeiten oder sich auf fachkundliche Prüfungen vorbereiten. Auch können Lernprozesse, die im Unterricht nur angestoßen werden, mithilfe der Arbeitsblätter vertieft werden. Weiterhin können Sie sich mit den Aufgaben der Arbeitsblätter auf kommende Unterrichtsstunden vorbereiten.

Eine besondere Bearbeitung kommt dem Themenkomplex **Basiskompetenzen** zu. Der Begriff der Basiskompetenz bezieht sich hier auf die fachlichen Bereiche des Lesens, der Mathematik, des technischen Zeichnens und Skizzierens, die zur Voraussetzung der Arbeit mit den Arbeitsblättern gehören. Sie sollten diese Aufgaben unbedingt zuerst bearbeiten, um eventuelle Probleme rechtzeitig zu erkennen.

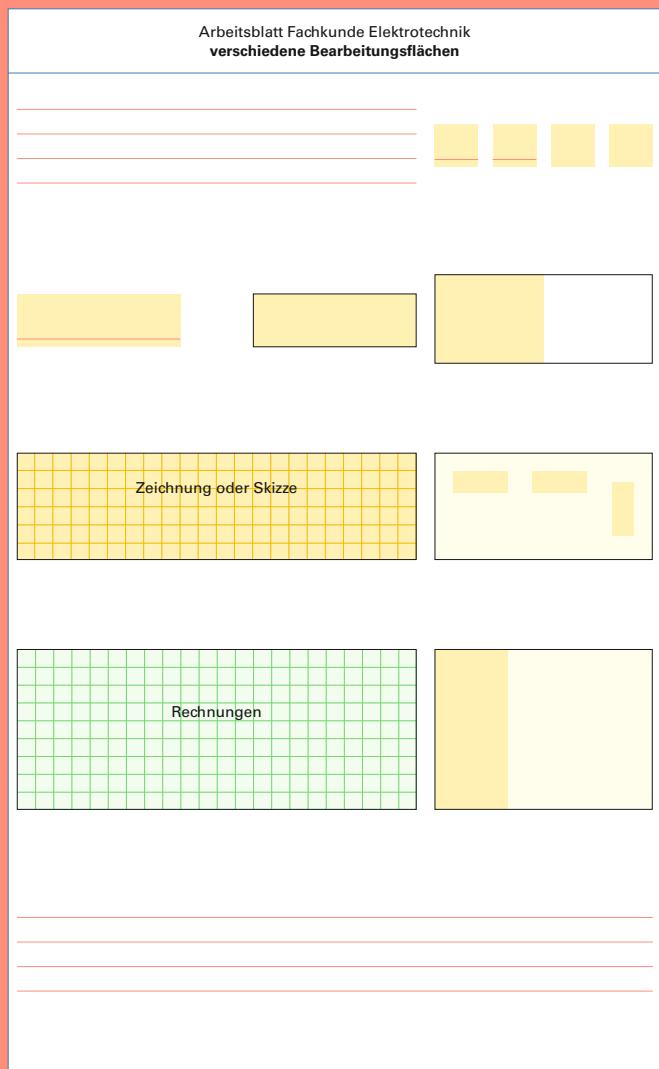
Die vorliegende **4. Auflage** der Arbeitsblätter wurde so verbessert, dass die Texte besser lesbar sind. In der 4. Auflage sind zu ausgewählten Themen der Arbeitsblätter, z.B. dem Gleichstromkreis, die interaktiven Simulationen zur Elektrotechnik „**SimElektro Grundstufe 1.0**“ durch ein Icon mit der zutreffenden Simulationsnummer zugeordnet.



Hinweise zum Bearbeiten der Arbeitsblätter

- Diese Arbeitsblätter möchten Ihnen helfen, sich in die **Schwerpunkte** der elektrotechnischen Energietechnik, sowie ihrer Anwendungen einzuarbeiten. Das ist möglich, wenn Sie die Arbeitsblätter sorgfältig bearbeiten und vollständig ausfüllen.
- Die **Reihenfolge** des Bearbeitens der einzelnen Themen ist frei wählbar und kann so dem lernfeldorientierten Unterricht angepasst werden.
- Zur Unterstützung der Bearbeitung einzelner Themen können Sie zum besseren Verständnis die **SimElektro** einsetzen. Alle Seiten im Buch, bei denen die Simulationen eingesetzt werden können, sind mit dem SimElektro-Icon mit der entsprechenden Simulationsnummer gekennzeichnet.

- Eine kostenlose **Demosimulation** finden Sie unter www.europa-lehrmittel.de/simelektro.
- Zum Ausfüllen verwenden Sie dort, wo Sie mit späteren Verbesserungen rechnen oder sich unsicher fühlen, z.B. bei Skizzen oder beim Lösen von Rechenaufgaben, einen **weichen Bleistift** (Härte HB bzw. B), damit Sie eventuell radieren können. Sie brauchen einen Radiergummi und Farbstifte in Rot und Blau.
- Kreuzen Sie zu Ihrer **Kontrolle** im Inhaltsverzeichnis die bearbeiteten Blätter nur dann an, wenn Sie wissen, dass die Lösungen der Aufgaben richtig sind.
- Die von Ihnen auszufüllenden **Zeilen** sind rötlich, die **Felder und Flächen** sind dunkelgelb bzw. durch hellgrüne Rechenkästchen markiert. Wenn Ihr Blatt bearbeitet ist, müssen also alle Markierungen bearbeitet sein.
- Sollten Sie eine Aufgabe nicht lösen können, gibt es ein ausführliches **Lösungsbuch**.



Ihre Meinung zu diesen Arbeitsblättern ist uns Autoren wichtig. Darum möchten wir Ihre Kritik, Ihre Verbesserungsvorschläge, aber auch Ihr Lob erfahren. Schreiben Sie uns unter: info@europa-lehrmittel.de.

Mit diesen Arbeitsblättern wünschen Ihnen das Autorenteam und der Verlag Europa-Lehrmittel viel Erfolg und wertvolle Anregungen für Ihre berufliche Tätigkeit.

Themenkomplex	Kon- trolle*	Blatt- Nr.	Seite	Thema
 0. Basiskompetenzen				0.1 8 Lesen von Fachtexten 1 0.2 9 Lesen von Fachtexten 2 0.3 10 Arbeiten mit Formelzeichen, Einheiten und -vorsätzen für physikalische Größen 0.4 11 Umstellen von Formeln (1) 0.5 12 Umstellen von Formeln (2) 0.6 13 Arbeiten mit Funktionen, Formeln und Diagrammen 0.7 14 Hilfe zum Lösen von Rechenaufgaben 0.8 15 Rechnen mit Potenzen, Quadrat-Wurzeln und Winkelfunktionen 0.9 16 Zeichnen (1) 0.10 17 Zeichnen (2) 0.11 18 Zeichnen (3) 0.12 19 Zeichnen (4)
 1. Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz				1.1 20 Gesetze und Vorschriften sowie Erste Hilfe 1.2 21 Sicherheitszeichen 1.3 22 Die 5 Sicherheitsregeln 1.4 23 Elektrischer Schlag 1.5 24 Berührungsspannung und Körperstrom
 2. Grundbegriffe der Elektrotechnik				2.1 25 Elektrische Stromstärke 2.2 26 Stromkreisarten 2.3 27 Spannungen (1) 2.4 28 Spannungen (2), Potenziale 2.5 29 Elektrischer Widerstand 2.6 30 Ohmsches Gesetz (1) 2.7 31 Ohmsches Gesetz (2) 2.8 32 Elektrische Energie und Arbeit 2.9 33 Elektrische Leistung 2.10 34 Wirkungsgrad
 3. Grundschatungen der Elektrotechnik				3.1 35 Reihenschaltung von Widerständen (1) 3.2 36 Reihenschaltung von Widerständen (2) 3.3 37 Berechnung von Vorwiderständen 3.4 38 Parallelschaltung von Widerständen (1) 3.5 39 Parallelschaltung von Widerständen (2) 3.6 40 Gemischte Schaltung und Ersatzwiderstand 3.7 41 Spannungsteiler (1) 3.8 42 Spannungsteiler (2) 3.9 43 Brückenschaltung (1) 3.10 44 Brückenschaltung (2) 3.11 45 Spannungsquellen (1) 3.12 46 Spannungsquellen (2)
 4. Elektrisches Feld				4.1 47 Grundgesetze 4.2 48 Kondensator als Bauelement 4.3 49 Kondensator an Gleichspannung 4.4 50 Laden und Entladen von Kondensatoren (1) 4.5 51 Laden und Entladen von Kondensatoren (2)

* Abhaken, nur wenn das Thema bearbeitet und kontrolliert ist!

Themenkomplex	Kon-trolle*	Blatt-Nr.	Seite	Thema
 5. Magnetisches Feld				5.1 52 Magnete und magnetische Feldlinien (1) 5.2 53 Magnete und magnetische Feldlinien (2) 5.3 54 Elektromagnetismus (1) 5.4 55 Elektromagnetismus (2) 5.5 56 Magnetische Größen (1) 5.6 57 Magnetische Größen (2) 5.7 58 Magnetische Kennlinien 5.8 59 Stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld (1) 5.9 60 Stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld (2), Motorprinzip 5.10 61 Elektromagnetische Induktion, Prinzip 5.11 62 Elektromagnetische Induktion, Anwendungen
 6. Schaltungstechnik				6.1 63 Schaltungsunterlagen (1) 6.2 64 Schaltungsunterlagen (2) 6.3 65 Installationsschaltungen (1) 6.4 66 Installationsschaltungen (2) 6.5 67 Installationsschaltungen (3) 6.6 68 Installationsschaltungen (4) 6.7 69 Klingel- und Türöffneranlage 6.8 70 Elektromagnetische Schalter (1) 6.9 71 Elektromagnetische Schalter (2) 6.10 72 Grundschaltungen mit Schützen (1) 6.11 73 Grundschaltungen mit Schützen (2) 6.12 74 Steuerschaltungen mit Zeitrelais (1) 6.13 75 Steuerschaltungen mit Zeitrelais (2) 6.14 76 Treppenlicht-Schaltungen
 7. Wechselstromtechnik				7.1 77 Sinusförmige Wechselspannung, Kenngrößen (1) 7.2 78 Kenngrößen (2), Darstellungshilfen 7.3 79 Ideales Verhalten elektrischer Bauelemente (1) 7.4 80 Ideales Verhalten elektrischer Bauelemente (2) 7.5 81 Die Spule an Wechselspannung 7.6 82 Wechselstromleistungen 7.7 83 Aufgaben 7.8 84 Dreiphasenwechselspannung (1) 7.9 85 Dreiphasenwechselspannung (2) 7.10 86 Leistungen im Drehstromnetz (1) 7.11 87 Leistungen im Drehstromnetz (2) 7.12 88 Leiterfehler im Drehstromnetz (1) 7.13 89 Leiterfehler im Drehstromnetz (2) 7.14 90 Symmetrische Belastung in Drehstromnetzen 7.15 91 Unsymmetrische Last in Drehstromnetzen (1) 7.16 92 Unsymmetrische Last in Drehstromnetzen (2)
 8. Messtechnik				8.1 93 Analoge Messgeräte 8.2 94 Digitale Messgeräte (1) 8.3 95 Digitale Messgeräte (2) 8.4 96 Messen elektrischer Spannung (1) 8.5 97 Messen elektrischer Spannung (2) 8.6 98 Messen elektrischer Stromstärke (1) 8.7 99 Messen elektrischer Stromstärke (2) 8.8 100 Leistungsmessungen 8.9 101 Messen mit dem Oszilloskop (1) 8.10 102 Messen mit dem Oszilloskop (2) 8.11 103 Messen mit dem Oszilloskop (3)

* Abhaken, nur wenn das Thema bearbeitet und kontrolliert ist!

Themenkomplex	Kon-trolle*	Blatt-Nr.	Seite	Thema
				9.1 104 Stromleitung in Halbleitern
9. Elektronik				9.2 105 PN-Übergang und Diode
				9.3 106 Halbleiterwiderstände NTC, PTC und VDR (1)
				9.4 107 Halbleiterwiderstände NTC, PTC und VDR (2)
				9.5 108 Bipolare Transistoren (1)
				9.6 109 Bipolare Transistoren (2)
				9.7 110 Feldeffekttransistor (1)
				9.8 111 Feldeffekttransistor (2)
				9.9 112 Optoelektronische Sender und Empfänger (1)
				9.10 113 Optoelektronische Sender und Empfänger (2)
				9.11 114 Operationsverstärker (1)
				9.12 115 Operationsverstärker (2)
				9.13 116 Schaltalgebra (1)
				9.14 117 Schaltalgebra (2)
				9.15 118 Grundbegriffe der Digitaltechnik und logische Grundverknüpfungen (1)
				9.16 119 Grundbegriffe der Digitaltechnik und logische Grundverknüpfungen (2)
				9.17 120 Thyristor
				9.18 121 Triac und Diac
				9.19 122 Phasenanschnittsteuerung (1)
				9.20 123 Phasenanschnittsteuerung (2)
				9.21 124 Gleichrichterschaltungen (1)
				9.22 125 Gleichrichterschaltungen (2)
				9.23 126 Gedruckte Schaltungen (1)
				9.24 127 Gedruckte Schaltungen (2)
				10.1 128 Netzformen für die Elektroenergieübertragung und -verteilung
10. Elektrische Anlagen				10.2 129 Schmelzsicherungen (1)
				10.3 130 Schmelzsicherungen (2)
				10.4 131 Leitungsschutzschalter
				10.5 132 Thermisches Überlastrelais und Motorschutzschalter
				10.6 133 Leitungsberechnung (1)
				10.7 134 Leitungsberechnung (2)
				10.8 135 Leitungsberechnung (3)
				10.9 136 Leitungsberechnung (4)
				10.10 137 Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimediateiler
				10.11 138 Verdrahtung im Verteilerfeld
				11.1 139 Isolationsfehler (1)
11. Schutzmaßnahmen				11.2 140 Isolationsfehler (2)
				11.3 141 Fachbegriffe: Schutz gegen elektrischen Schlag (1)
				11.4 142 Fachbegriffe: Schutz gegen elektrischen Schlag (2)
				11.5 143 Netzsysteme (1)
				11.6 144 Netzsysteme (2)
				11.7 145 Schutzpotenzialausgleich (1)
				11.8 146 Schutzpotenzialausgleich (2)
				11.9 147 Schutz durch autom. Abschaltung der Stromversorgung im TN-System
				11.10 148 Zusätzlicher Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) im N-System
				11.11 149 Schutz durch autom. Abschalten der Stromversorgung im TT-System
				11.12 150 Schutz durch autom. Abschalten der Stromversorgung im IT-System

* Abhaken, nur wenn das Thema bearbeitet und kontrolliert ist!

Themenkomplex	Kon-trolle*	Blatt-Nr.	Seite	Thema
 12. Gebäudetechnische Anlagen				12.1 151 Lichttechnische Größen bei Beleuchtungsanlagen (1) 12.2 152 Lichttechnische Größen bei Beleuchtungsanlagen (2) 12.3 153 Lampen (1) 12.4 154 Lampen (2) 12.5 155 Elektrogeräte – Aufbau und Funktion (1) 12.6 156 Elektrogeräte – Aufbau und Funktion (2) 12.7 157 Prüfung von Elektrogeräten (1) 12.8 158 Prüfung von Elektrogeräten (2) 12.9 159 Dämpfung und Verstärkung in Antennenanlagen 12.10 160 Pegelrechnung in Antennenanlagen 12.11 161 Planung einer DVB-T/DVB-S/UKW-Antennenanlage (1) 12.12 162 Planung einer DVB-T/DVB-S/UKW-Antennenanlage (2) 12.13 163 Planung einer BK-Antennenanlage 12.14 164 Multimedia-Verkabelung 12.15 165 Telekommunikation (1) 12.16 166 Telekommunikation (2) 12.17 167 Blitzschutz (1) 12.18 168 Blitzschutz (2)
 13. Elektrische Maschinen				13.1 169 Aufbau und Arbeitsweise des Einphasentransformators 13.2 170 Betriebsverhalten des Einphasentransformators (1) 13.3 171 Betriebsverhalten des Einphasentransformators (2) 13.4 172 Übersetzungen beim Einphasentransformator (1) 13.5 173 Übersetzungen beim Einphasentransformator (2) 13.6 174 Berechnungen am Einphasentransformator 13.7 175 Drehfeld 13.8 176 Drehstrom-Asynchronmotor, Kurzschlussläufermotor (1) 13.9 177 Drehstrom-Asynchronmotor, Kurzschlussläufermotor (2) 13.10 178 Drehstrom-Asynchronmotor am Dreh- und Wechselstromnetz 13.11 179 Einschaltvorschriften und Stern-Dreieck-Anlassverfahren 13.12 180 Drehstrom-Asynchronmotor, elektrische Drehzahländerung 13.13 181 Kondensatormotor 13.14 182 Aufbau der Gleichstrommotoren 13.15 183 Arten von Gleichstrommotoren 13.16 184 Spaltpolmotor 13.17 185 Allgemeine Arbeitsweise der Elektromotoren 13.18 186 Motor-Leistungsschild, Klemmbrett und Netzanschluss (1) 13.19 187 Motor-Leistungsschild, Klemmbrett und Netzanschluss (2)
 14. Informationstechnik				14.1 188 Computersystem (1) 14.2 189 Computersystem (2) 14.3 190 PC-Mainboard (1) 14.4 191 PC-Mainboard (2) 14.5 192 Peripheriegeräte für Computer (1) 14.6 193 Peripheriegeräte für Computer (2) 14.7 194 Netzwerktechnik Grundlagen (1) 14.8 195 Netzwerktechnik Grundlagen (2) 14.9 196 Lokales Netzwerk nach Fast Ethernet-Standard planen 14.10 197 Lokales Netzwerk nach WLAN-Standard planen und umsetzen
 15. Automatisierungs-technik				15.1 198 Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) (1) 15.2 199 Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) (2) 15.3 200 Kleinsteuergeräte (1) 15.4 201 Kleinsteuergeräte (2) 15.5 202 Motorsteuerung mit SPS (1) 15.6 203 Motorsteuerung mit SPS (2) 15.7 204 Programmieren von Kleinsteuergeräten (1) 15.8 205 Programmieren von Kleinsteuergeräten (2) 15.9 206 Regelungstechnik Grundlagen (1) 15.10 207 Regelungstechnik Grundlagen (2)

* Abhaken, nur wenn das Thema bearbeitet und kontrolliert ist!



Um Fachtexte, z.B. in Fachbüchern, Arbeitsblättern, Texte im Internet oder auch Prüfungsaufgaben, zu verstehen, zu nutzen und die Informationen in der Praxis anzuwenden, muss man sie sorgfältig lesen. Bevor Sie den Text lesen, verschaffen Sie sich einen Überblick über den Text. So stellen Sie fest, was besonders wichtig ist.

1. Lesen Sie den Fachtext und beantworten Sie dann die Fragen a) bis f).

Die Leiterwerkstoffe Kupfer und Aluminium dienen dem verlustarmen Transport von elektrischer Energie zwischen Energieerzeugern und -verbrauchern (**Bild 1**), zur Stromleitung zwischen Bauelementen einer elektronischen Schaltung (**Bild 2**) und zur Informationsübertragung. Wegen des geringen spezifischen Gewichts gegenüber Kupfer wird Aluminium vorrangig für Freileitungsseile und Kabel verwendet, nicht aber für Installationsleitungen, wie z.B. Mantelleitungen (NYM).



Bild 1: Kupferkabel zur Elektroenergieübertragung

Leiterwerkstoffe müssen als wichtige Eigenschaft eine große elektrische Leitfähigkeit haben. Die elektrische Leitfähigkeit hängt von der Anzahl der freien Elektronen (Leitungselektronen) und ihrer Beweglichkeit ab. Diese werden von der Werkstoffreinheit, vom Herstellungsverfahren und von der LeiterTemperatur beeinflusst.

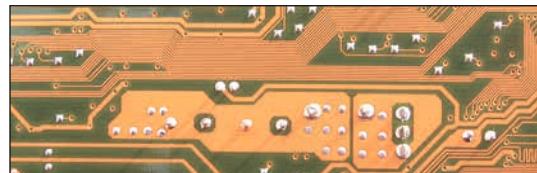


Bild 2: Unteransicht einer Leiterplatte

Kupfer (Cu). Für die große elektrische Leitfähigkeit von Kupfer ist ein Reinheitsgrad von etwa 99,98% notwendig. Mithilfe elektrolytischer Verfahren wird Katodenkupfer hergestellt. Durch nachfolgendes Umschmelzen entsteht dann das in der Elektrotechnik vorrangig eingesetzte Elektrolytkupfer. Elektrolytkupfer wird z.B. für Leitungen, Kabel, Stromschienen, Wickeldrähte und für Leiterbahnen in gedruckten Schaltungen verwendet. Im Elektromaschinenbau wird Kupfer z.B. für Wicklungen und Stromwender eingesetzt.

Aluminium (Al). Bei einem Reinheitsgrad zwischen 99,5% und 99,99% beträgt die elektrische Leitfähigkeit nur etwa 60% der Leitfähigkeit von Kupfer. Trotzdem werden z.B. Stromschienen aus Aluminium hergestellt. Da Aluminium unter Druck „fließt“, das bedeutet, es weicht dem Druck aus, können sich Klemmverbindungen lockern, sodass Schweiß- oder spezielle Pressverbindungen notwendig sind. Wegen der elektrochemischen Korrosion ist eine direkte Verbindung von Aluminium und Kupfer zu vermeiden.

a) Welche Aufgaben erfüllen die Leiterwerkstoffe Kupfer und Aluminium in der Elektrotechnik?

b) Welche wichtige Eigenschaft muss ein Leiterwerkstoff haben?

c) Wie wird die große elektrische Leitfähigkeit von Kupfer erreicht?

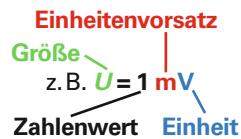
d) Warum wird meist Aluminium bevorzugt und nicht Kupfer für Freileitungsseile verwendet?

e) Warum lockern sich allmählich die Klemmverbindungen von Aluminiumleitern?

f) Warum darf man Aluminium nicht direkt mit Kupfer mechanisch verbinden?



Um elektrotechnische Formeln verstehen und Rechenaufgaben lösen zu können, muss man den physikalischen Größen, z.B. der Spannung, das festgelegte Formelzeichen mit der zugehörigen Einheit zuordnen können. Wichtig ist auch, dass man beim Rechnen mit physikalischen Größen die Einheitsvorsätze beachtet.



1. Ergänzen Sie die **Tabelle 1** nach dem vorgegebenen Beispiel bei Kraft.

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen physikalischer Größe, Formelzeichen und Einheit

physikalische Größe	Formelzeichen*	Einheitenname	Einheit (Einheitenzeichen)
Kraft	<i>F</i>	Newton	N
Masse			g oder kg
Temperatur		Grad Celsius	
Zeit			s
Länge		Meter	
Durchmesser	<i>d</i>		
Querschnittsfläche		Quadratmillimeter	
Stromstärke	<i>I</i>		
Spannung		Volt	
ohmscher Widerstand			Ω
elektrische Leitfähigkeit		—	$\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$
elektrische Arbeit	<i>W</i>		
elektrische (Wirk-)Leistung			
elektrische Kapazität	<i>C</i>	Farad	

* Hinweis: Formelzeichen werden nach DIN 1313 *kursiv*, z.B. *U*, geschrieben.

2. Ergänzen Sie die **Tabelle 2** nach dem vorgegebenen Beispiel.

Tabelle 2: Vergrößernde und verkleinernde Einheitsvorsätze

Vorsatz-zeichen	Vorsatz-name	Faktor als		Beispiele
		Zehnerpotenz	Dezimalzahl oder -bruch	
k	Kilo	10^3	1 000	$380 \text{ kV} = 380 \cdot 10^3 \text{ V} = 380\,000 \text{ V}$
M				$50 \text{ MW} =$ W
G				$4 \text{ GWh} =$ Wh
d				$20 \text{ dm} =$ m
c				$0,63 \text{ cm} =$ m
m				$44 \text{ m}\Omega =$ Ω
μ				$60 \mu\text{F} =$ F
n				$2000 \text{ nF} =$ F



- Formeln beschreiben den mathematischen Zusammenhang zwischen physikalischen Größen, z.B. Spannung, Strom und Widerstand.
- Formeln bestehen aus einem Formelzeichen, z.B. U , I , und Rechenzeichen, z.B. $+$, $-$.
- Formeln haben eine linke und rechte Seite, dazwischen verbunden mit einem Gleichheitszeichen.
- Die gesuchte Größe muss beim Umstellen von Formeln links neben dem Gleichheitszeichen alleine stehen.
- Beim Auflösen von Formeln müssen alle Rechenoperationen, z.B. Multiplizieren, an beiden Seiten der Gleichung ausgeführt werden (**Beispiel 1**).
- Formeln können auch mithilfe von Umkehrfunktionen umgestellt werden (**Beispiel 4**).
Bei einem Seitentausch wird aus: Multiplikation \Rightarrow Division; Addition \Rightarrow Subtraktion;
Potenzieren \Rightarrow Wurzelziehen und umgekehrt.

Beispiele zum Umstellen und Auflösen von Formeln

Beispiel 1: Auflösen nach U_1

Ausgangsformel: $U = U_1 + U_2$

$$\begin{aligned} U_2 \text{ subtrahieren: } & U - U_2 = U_1 + U_2 - U_2 \\ & U - U_2 = U_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Seiten vertauschen,} \\ \text{Lösung: } & U_1 = U - U_2 \end{aligned}$$

Beispiel 2: Auflösen nach I

Ausgangsformel: $U = R \cdot I$

$$\begin{aligned} \text{durch } R \text{ dividieren} \\ \text{und kürzen: } & \frac{U}{R} = \frac{R \cdot I}{R} \\ & I = \frac{U}{R} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Seiten vertauschen,} \\ \text{Lösung: } & I = \frac{U}{R} \end{aligned}$$

Beispiel 3: Auflösen nach U

$$\text{Ausgangsformel: } P = \frac{U^2}{R}$$

$$\begin{aligned} \text{mit } R \text{ multiplizieren} \\ \text{und kürzen: } & P \cdot R = \frac{U^2}{R} \cdot R = U^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{radizieren: } & \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{U^2} \\ (\text{Hinweis: } \sqrt{U^2} = U) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Seiten vertauschen,} \\ \text{Lösung: } & U = \sqrt{P \cdot R} \end{aligned}$$

Beispiel 4: Auflösen nach R_1

$$\text{Ausgangsformel: } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\text{subtrahieren von } \frac{1}{R_2}: \quad \frac{1}{R} - \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_1}$$

Hauptnenner $R \cdot R_2$ bilden:

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{R_2} = \frac{1 \cdot R_2 - 1 \cdot R}{R \cdot R_2} = \frac{R_2 - R}{R \cdot R_2}$$

$$\text{Hauptnenner einsetzen: } \frac{R_2 - R}{R \cdot R_2} = \frac{1}{R_1}$$

$$\begin{aligned} \text{Seiten vertauschen} \\ \text{und Kehrwert bilden: } & \frac{1}{R_1} = \frac{R_2 - R}{R \cdot R_2} \end{aligned}$$

$$\text{Lösung: } R_1 = \frac{R \cdot R_2}{R_2 - R}$$

Beispiel 5: Auflösen nach I

$$\text{Ausgangsformel: } P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$\begin{aligned} \text{durch } U \text{ dividieren} \\ \text{und kürzen: } & \frac{P}{U} = \frac{I \cdot \cos \varphi}{\cos \varphi} \end{aligned}$$

$$\frac{P}{U} = I \cdot \cos \varphi$$

$$\begin{aligned} \text{durch } \cos \varphi \text{ dividieren} \\ \text{und kürzen: } & \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{I \cdot \cos \varphi}{\cos \varphi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Seiten vertauschen,} \\ \text{Lösung: } & I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} \end{aligned}$$

Beispiel 6: Auflösen nach C

$$\text{Ausgangsformel: } T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

$$\text{durch } 2 \cdot \pi \text{ dividieren} \\ \text{und kürzen: } \frac{T}{2 \cdot \pi} = \frac{\cancel{2} \cdot \cancel{\pi} \cdot \sqrt{L \cdot C}}{\cancel{2} \cdot \cancel{\pi}}$$

$$\text{quadrieren: } \left(\frac{T}{2 \cdot \pi} \right)^2 = \left(\sqrt{L \cdot C} \right)^2$$

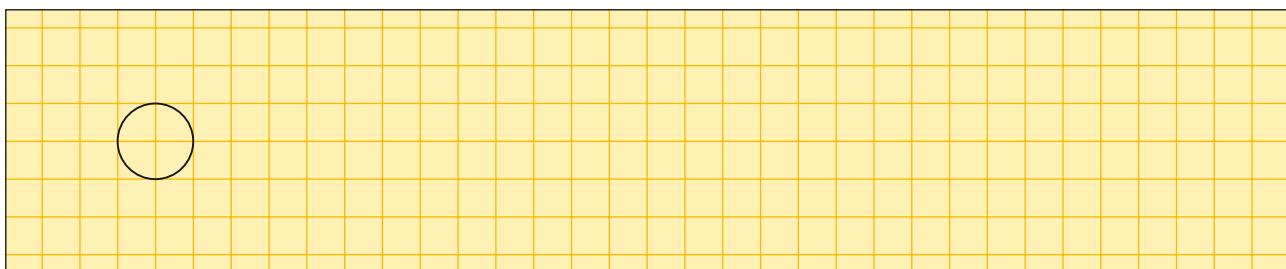
$$\frac{T^2}{4 \cdot \pi^2} = L \cdot C$$

$$\text{durch } L \text{ dividieren} \\ \text{und kürzen: } \frac{T^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot L} = \frac{\cancel{L} \cdot C}{\cancel{L}}$$

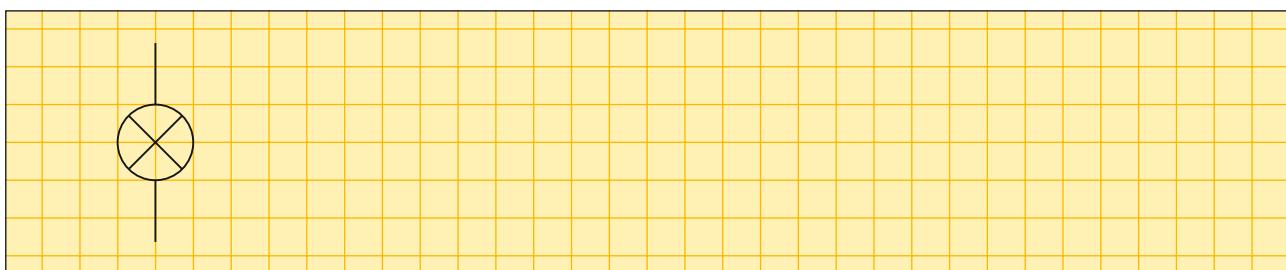
$$\begin{aligned} \text{Seiten vertauschen,} \\ \text{Lösung: } & C = \frac{T^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot L} \end{aligned}$$



5. Erstellen Sie mit dem Bleistift nach dem Muster freihändig Kreise. Kreise kennzeichnen z.B. Teile von Leuchten.



6. Erstellen Sie mit dem Bleistift nach dem Muster jetzt das Schaltzeichen von Leuchten mit den beiden Anschläßen.



7. In der Elektrotechnik gibt es genormte Betriebsmittelkennzeichnungen. Schreiben Sie je eine Zeile senkrecht die Kennzeichnungen E1, R2, X3, S4 und Q5 in 5 mm-Schrifthöhe.

E1

R2

X3

S4

Q5

8. Bei technischen Zeichnungen verwendet man Normschrift. In Ihrer Ausbildung ist es von Vorteil manche Begriffe, z.B. Name und Firma, in Normschrift schreiben zu können. Schreiben Sie diese in Normschrift in das unten stehende Linienfeld. Die Muster, z.B. Messgerät, zeigen Ihnen die Linienführung.

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz-ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
1234567890 ø□-[(!?;,-=+±x::√%&/)]<>

Wir üben

230 V

Messgerät

Name des Ausbildungsbetriebes, Postanschrift,
Telefonnummer + evtl. Web-Adresse:



Der elektrische Strom transportiert elektrische Energie und überträgt Informationen. Die elektrische Stromstärke ist eine Grundgröße der Elektrotechnik.

1. Warum leiten Metalle, z.B. Kupfer, den elektrischen Strom besonders gut?

2. Was geschieht im Inneren eines metallischen Leiters, wenn in ihm ein elektrischer Strom fließt?

3. Unter welchen Voraussetzungen kann ein elektrischer Strom fließen?

4. Das **Bild 1** zeigt den vereinfachten Ausschnitt eines metallischen Leiters mit der Flussrichtung der Elektronen. Tragen Sie die Bezugspfeile und das Formelzeichen für die technische Stromrichtung ein.

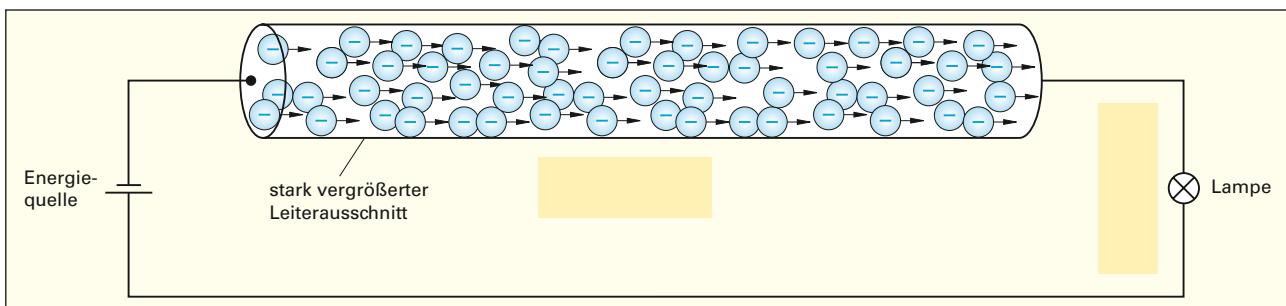


Bild 1: Stromfluss im Leiter

5. Wie ist die elektrische Stromstärke I in einem metallischen Leiter festgelegt?

6. Vergleichen Sie in **Tabelle 1** die Stromstärken I mit dem Beispiel 1. Verwenden Sie die Begriffe: *größer* und *kleiner*.

Tabelle 1: Stromstärkevergleich			
Beispiel-Nr.	Ladung Q	Zeitdauer t	Stromstärke I
1	5 As	2 s	klein
2	5 As	0,5 s	als bei Nr. 1
3	20 As	10 s	als bei Nr. 1

7. Ergänzen Sie die **Tabelle 2**.

Tabelle 2: Stromstärke	
Formelzeichen	
Einheitenname	
Einheitenzeichen	

8. Vergleichen Sie die Stromstärke I_1 vor und die Stromstärke I_2 nach dem Verbraucher (**Bild 2**). Begründen Sie Ihre Antwort.

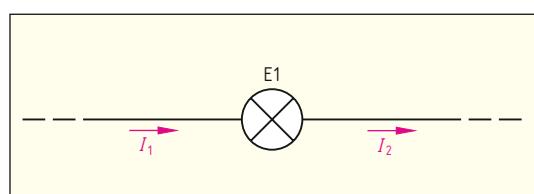


Bild 2: Stromstärke vor und hinter einem Verbraucher

9. Rechnen Sie die Stromwerte mit großen und kleinen Einheitsvorsätzen in die geforderte Einheit um.

1 kA = _____ A	1 mA = _____ A	0,005 kA = _____ A	0,5 A = _____ mA
1 mA = _____ μA	600 A = _____ kA	0,36 A = _____ mA	2 mA = _____ A
250 mA = _____ A	3 A = _____ mA	20 mA = _____ A	100 kA = _____ A



6. Nennen Sie die Maschenregel (2. kirchhoffsche Regel).
-
-



Die Zählrichtung innerhalb einer Masche kann frei gewählt werden, entweder im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn. Beachten Sie, dass alle Spannungen in der Zählrichtung ein positives Vorzeichen, alle Spannungen gegen die Zählrichtung ein negatives Vorzeichen erhalten.

7. a) Stellen Sie die Maschenregel für die Reihenschaltung nach **Bild 1** auf und berechnen Sie daraus die Spannung U_2 für die Zählrichtung im Uhrzeigersinn und
b) für die Zählrichtung gegen den Uhrzeigersinn.
c) Welche Schlussfolgerung ziehen Sie aus dem Vergleich beider Ergebnisse?

Geg.:						
Ges.:						
Lösung:						
a)						
b)						
c)						

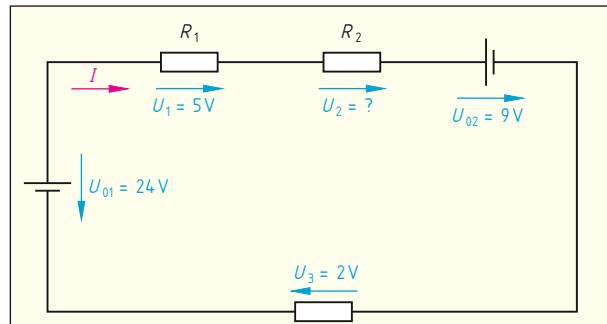


Bild 1: Reihenschaltung von drei Widerständen

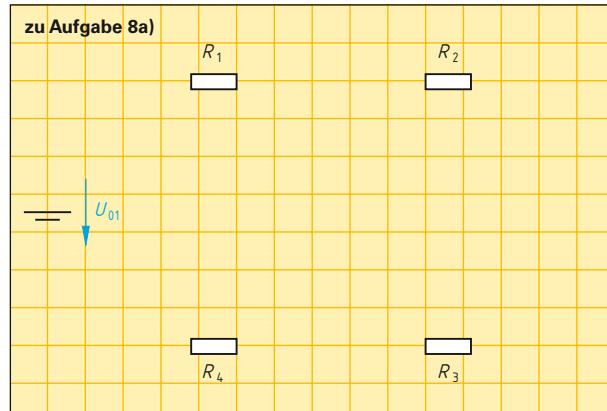


Bild 2: Reihenschaltung von vier Widerständen

8. Vier Teilwiderstände $R_1 = 22 \Omega$, $R_2 = 47 \Omega$, $R_3 = 15 \Omega$ und $R_4 = 33 \Omega$ sind in Reihe an eine Spannungsquelle mit $U_0 = 24 \text{ V}$ geschaltet.
- a) Verbinden Sie die Bauelemente im **Bild 2** und tragen Sie für den Strom I und alle Teilspannungen U_1 bis U_4 die Bezugspfeile ein.
b) Berechnen Sie den Ersatzwiderstand R .
c) Berechnen Sie die Stromstärke I .
d) Berechnen Sie die Teilspannungen U_1 bis U_4 .
e) Berechnen Sie die Summe U_1 bis U_4 .

Geg.:						
Ges.:						
Lösung:						
b)						
c)						
d)						
e)						



1. Zeichnen Sie in die Mess-Schaltung (Bild) die Bezugspfeile für die Kondensatorspannung und die Pfeile für die Richtung des Kondensatorstroms beim Auf- und Entladen ein. Tragen Sie am Umschalter den Vorgang „Aufladen“ und „Entladen“ ein.

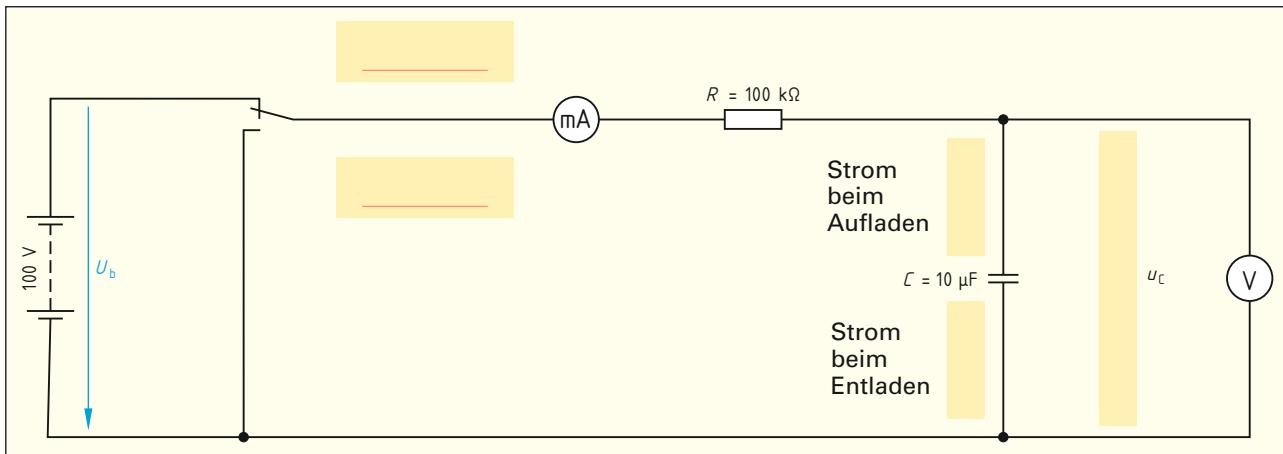


Bild: Laden und Entladen eines Kondensators

2. Ein Kondensator ist über einen Schalter und einen Widerstand an Gleichspannung angeschlossen (Bild).

a) Wann fließt der größte Strom?

b) Wie berechnet man die maximale Stromstärke I_{\max} des Ladestromes direkt nach dem Einschalten? Geben Sie die Formel für I_{\max} an.

c) Nach dem Einschalten steigt die Kondensatorspannung allmählich an. Wie verhält sich dabei die Ladestromstärke?

3. Ergänzen Sie die Tabelle.

Tabelle: Zeitkonstante einer RC-Schaltung			
Zeitkonstante/Formel			
τ	<input type="text"/>	Einheit:	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	Widerstand	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	Kapazität	<input type="text"/>

4. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Ladezeit und der Kapazität des Kondensators sowie der Größe des Vorwiderstands?

5. Wie berechnet man die Zeitkonstante?

6. Wie lange dauert es, bis ein Kondensator theoretisch vollständig aufgeladen ist?

7. Nach welcher Zeit ist ein Kondensator praktisch vollständig aufgeladen?



Allgemeines Induktionsgesetz:

Immer wenn sich der magnetische Fluss Φ innerhalb einer Leiterschleife oder Spule ändert, wird eine Spannung in dieser Leiterschleife oder Spule induziert (erzeugt).

Der Induktionsvorgang wird besonders bei elektrischen Maschinen, z.B. Motoren und Generatoren genutzt. Die Besonderheiten des elektrischen Verhaltens von Bauelementen im Wechselstromkreis gegenüber dem Gleichstromkreis lassen sich mit dem Induktionsvorgang begründen.

- Geben Sie fünf Möglichkeiten an, um den magnetischen Fluss Φ innerhalb einer Spule zu ändern.
Der magnetische Fluss Φ ändert sich in einer Spule, wenn ...

1. die Stromstärke und/oder die Richtung des Gleichstroms sich ändert,

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

- Man kann die einzelnen Entstehungsursachen für eine Induktionsspannung in zwei Induktionsarten zusammenfassen. Ordnen Sie Ihre Möglichkeiten 1 bis 5 aus **Aufgabe 1** in die **Tabelle** ein.

Tabelle: Induktionsarten

Induktionsart	Nr. der Möglichkeit (nach Aufgabe 1) Φ zu ändern
Bewegungs-induktion	_____
Ruhe-induktion	_____

- Wie lautet die allgemeine Formel des Induktionsgesetzes?

Induktionsspannung:



Das Minuszeichen im Induktionsgesetz berücksichtigt die lenzsche Regel.

- Berechnen Sie die Induktionsspannung U_i in einer Spule mit 1000 Windungen, wenn sich der magnetische Fluss Φ im Zeitabschnitt Δt_2 zwischen 3 ms und 5 ms (**Bild**) ändert.

Geg.:	_____
Ges.:	_____
Lösung:	_____
Antwortsatz:	_____

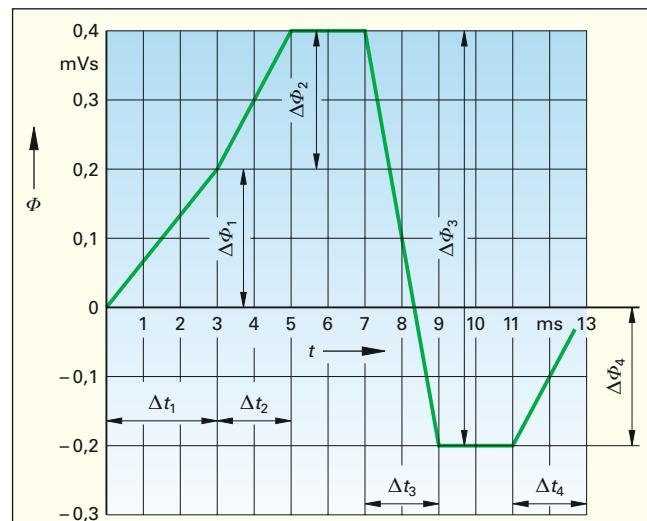


Bild: Magnetflussänderung $\Phi = f(t)$

- Erklären Sie, was die lenzsche Regel aussagt.



Klingel- und Türöffneranlagen sind in fast allen Wohngebäuden anzutreffen. Meistens können sowohl die Klingel als auch der Türöffner von mehreren Orten aus bedient werden.

- Der Übersichtsschaltplan im **Bild 1** (Kennbuchstaben der Betriebsmittel fehlen) zeigt eine Klingel- und Türöffneranlage für ein Gebäude mit zwei Wohnungen. Ergänzen Sie die **Tabelle** mit allen notwendigen Bestandteilen einer Klingel- und Türöffneranlage. Tragen Sie anschließend die entsprechenden Kennbuchstaben in **Bild 1** ein.

- Wie werden mehrere Taster, die die gleiche Klingel bzw. den gleichen Türöffner ansteuern, geschaltet?

- Eine Klingel- und Türöffneranlage soll folgende Aufgaben erfüllen:

- S1 (Hauseingang) und S3 (Wohnungstür) betätigen die Klingel P1 (Erdgeschoss),
- S2 (Hauseingang) und S4 (Wohnungstür) betätigen die Klingel P2 (1. Etage),
- S5 (Wohnung Erdgeschoss) und S6 (Wohnung 1. Etage) betätigen den Türöffner M.

Ergänzen Sie

a) die Kennbuchstaben im Übersichtsschaltplan (**Bild 1**) und

b) den Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung (**Bild 2**).

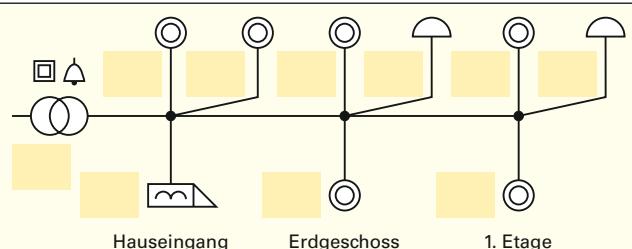


Bild 1: Übersichtsschaltplan

Tabelle: Bestandteile einer Klingel- und Türöffneranlage

Schaltzeichen	Betriebsmittel	Kennbuchstabe
	Klingeltransformator	T

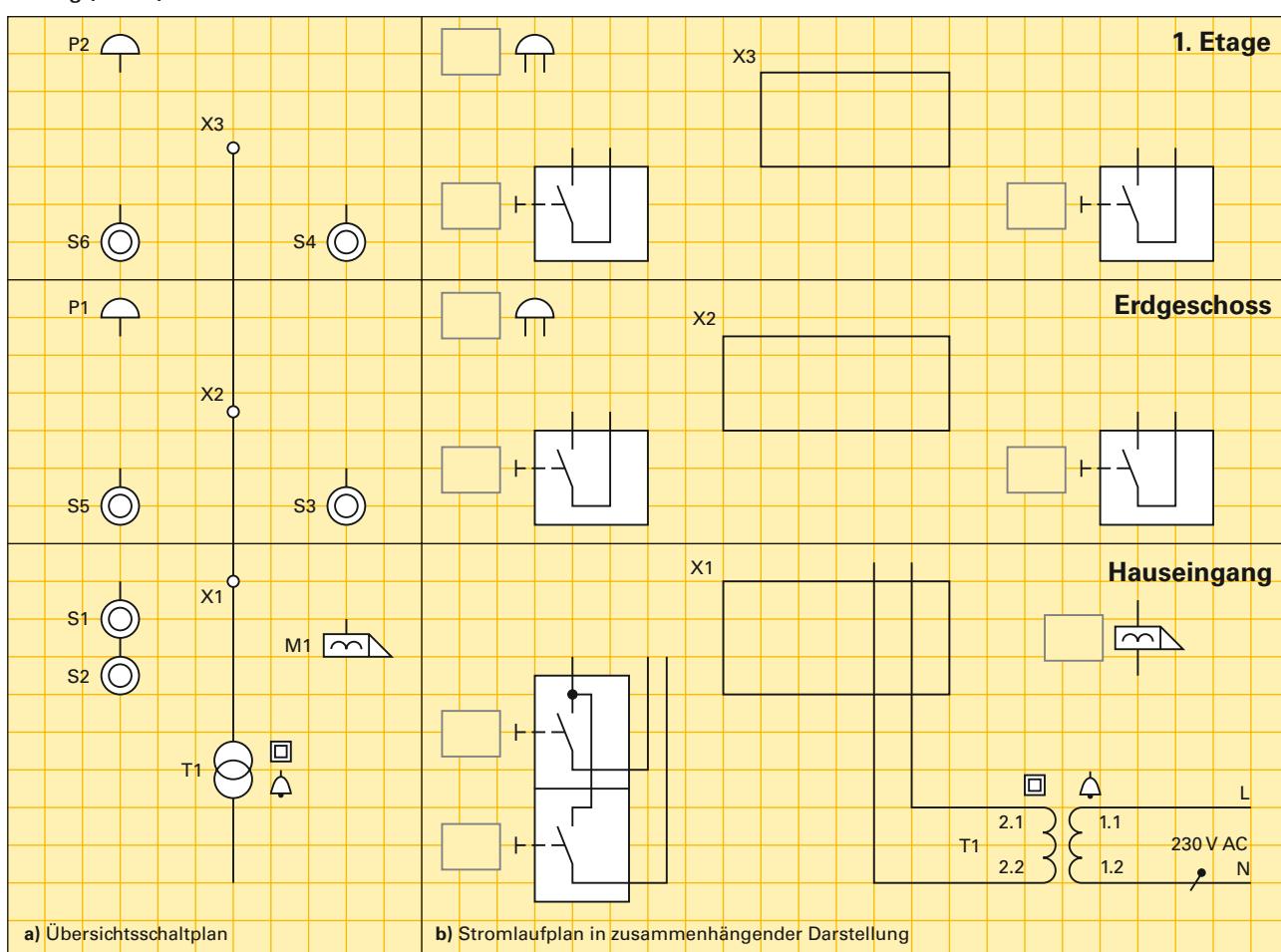


Bild 2: Klingel- und Türöffneranlage für zwei Wohnungen



6. Eine Phasenanschnittsteuerung (**Bild**) wird einmal mit einem Triac und einmal mit einem Thyristor aufgebaut. Als Last wird jeweils eine Glühlampe verwendet. Die Ansteuerung von Triac und Thyristor erfolgt mit Zündimpulsen. An beiden Schaltungen wird Netzspannung (**Bild a**) angelegt.

a) Ergänzen Sie in Abhängigkeit der Zündspannung (**Bild b**) den Verlauf der Lastspannung für die Schaltung mit dem Thyristor (**Bild c**) und dem Triac (**Bild d**).

b) Beschriften Sie in **Bild d** den Zündwinkel α und den Stromflusswinkel Θ .

c) Welcher Zündwinkel α und Stromflusswinkel Θ ergibt sich aus **Bild d**?

d) Berechnen Sie den minimalen Zündwinkel α bei einer Diacschaltspannung $U_S = 30 \text{ V}$ und einer Netzspannung $U = 230 \text{ V}$.

Geg.:
Ges.:
Lösung:
$\sin \alpha = \frac{U_S}{\sqrt{2} \cdot U}$

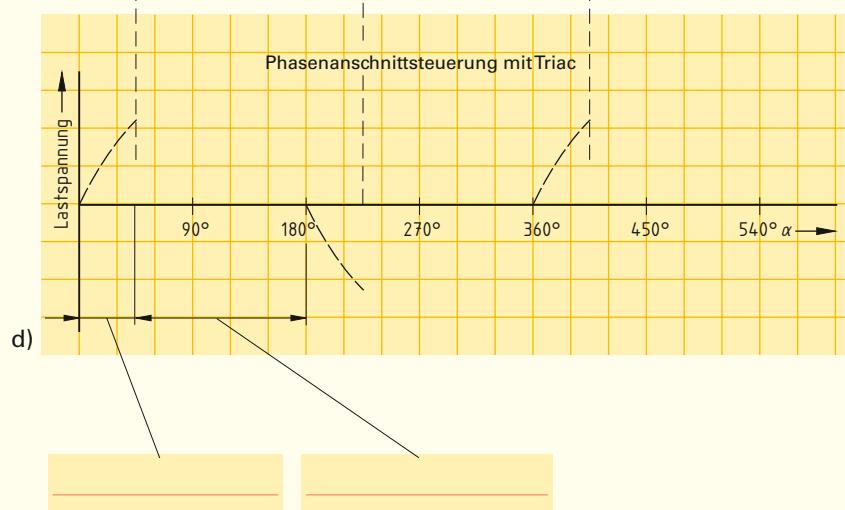
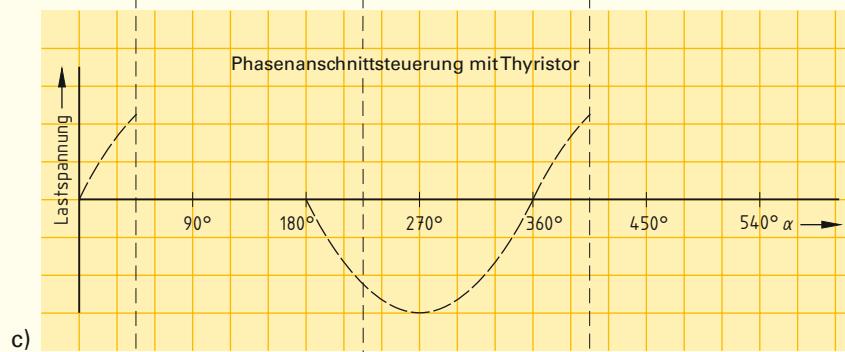
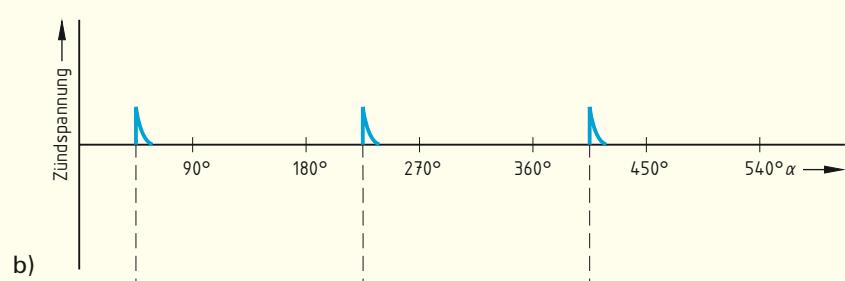
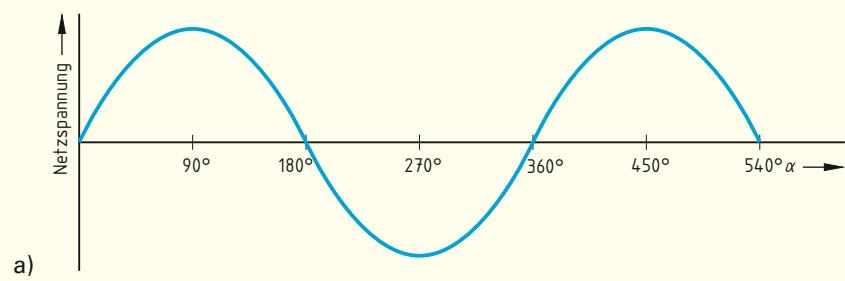
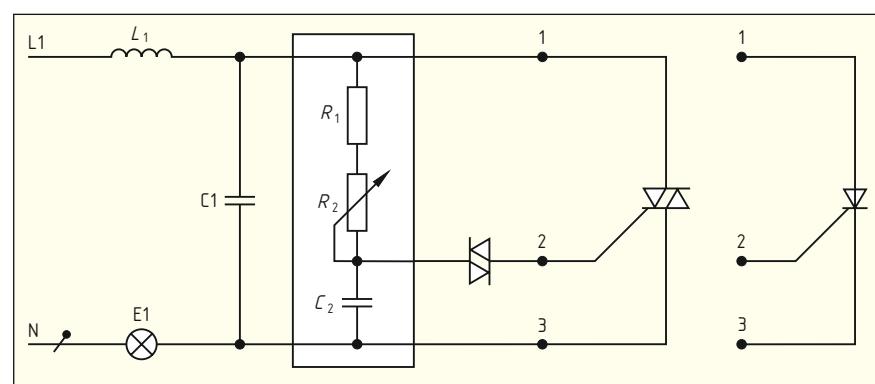


Bild: Ströme und Spannungen bei der Phasenanschnittsteuerung



In einer Gießerei soll ein neuer Motor installiert werden. Anhand der Daten auf dem Leistungsschild des Motors (**Bild**) soll der Querschnitt für die Leitung von der Verteilung zum Motor berechnet werden. Zusätzlich sind folgende Bedingungen zu berücksichtigen: Die Leitung soll in einem Installationskanal auf der Wand verlegt werden, in dem sich bereits drei mehradrige Leitungen befinden. Die Raumtemperatur kann bis zu 40 °C betragen. Es soll eine Mantelleitung NYM verwendet werden. Die notwendige Leitungslänge zwischen Unterverteilung und Motor beträgt 16 m.

1. Ermitteln Sie mithilfe des Leistungsschildes (Bild**)**

- den Motortyp und
- legen Sie daraus die Anzahl der belasteten Adern der zu verlegenden Leitung fest.

a) _____

b) _____

<input checked="" type="radio"/> Hersteller	
3 ~ Motor	Nr.
400 V Δ	29 A
15 kW	$\cos \varphi = 0,85$
1460/min	50 Hz
Th. Cl. 155 (F)	IP 55
DIN VDE 0530 EN 60034	

Bild: Motorleistungsschild

2. Bestimmen Sie mithilfe des Leistungsschildes

- die Stromaufnahme I_b des Motors bei Betrieb mit Bemessungsleistung und
- legen Sie die Verlegeart fest.

a) $I_b =$ _____

b) _____

a) $I_N =$ _____
 b) $I_Z \geq I_N \geq$ _____

4. Welche Umrechnungsfaktoren müssen Sie für die Dimensionierung der Leitung berücksichtigen?

- _____
- _____

5. Bestimmen Sie die Umrechnungsfaktoren

- f_1 für abweichende Umgebungstemperatur und
- f_2 für Leitungshäufung.

a) Umgebungstemperatur: _____, Isolierung: _____ $\rightarrow f_1 =$ _____b) Anzahl der mehradrigen Leitungen: _____, Verlegung: _____ $\rightarrow f_2 =$ _____

6. Berechnen Sie mithilfe der Strombelastbarkeit I_Z und den Umrechnungsfaktoren f_1 und f_2

- den Bemessungswert der Strombelastbarkeit I_r der Leitung.
- Legen Sie daraus den erforderlichen Leiterquerschnitt A fest.

Lösung: a)	b) Nach DIN VDE 0298-4 beträgt der erforderliche Leiterquerschnitt $A =$ _____
------------	--

7. Berechnen Sie a) den Spannungsfall ΔU der Leitung und b) bewerten Sie das Ergebnis.

a) Geg.: Ges.: Lösung: _____	_____
b) _____	_____

8. Geben Sie die genormte Bezeichnung der zu verwendenden Leitung an: _____



5. Ein Einphasentransformator mit einer Bemessungsleistung von 500 VA soll eine Eingangsspannung von 230 V auf eine Ausgangsspannung von 24 V herabtransformieren. Die Eingangswindungszahl beträgt 470. Berechnen Sie **a)** das Übersetzungsverhältnis des Transformators, **b)** seinen Eingangsstrom, **c)** seinen Ausgangsstrom und **d)** die Ausgangswindungszahl. **Hinweis:** Die Verluste des Transformators sind zu vernachlässigen.

Geg.:		Ges.: a)	b)	c)	d)
Lösung:					
a)		c)			
b)		d)			

6. Einphasentransformatoren werden auch als Spartransformatoren (**Bild**) hergestellt. Nennen Sie je einen Vorteil und Nachteil von Spartransformatoren.

Vorteil: _____

Nachteil: _____

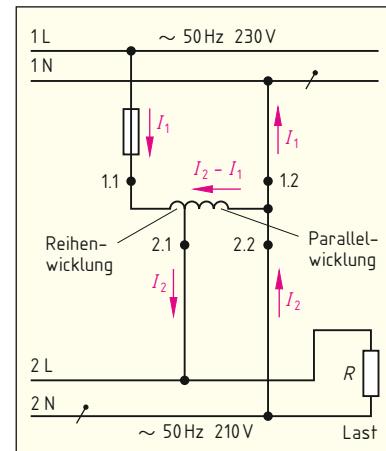


Bild: Spartransformator

7. Nennen Sie je ein Beispiel, wo **a)** Spartransformatoren eingesetzt werden und **b)** keine Spartransformatoren verwendet werden dürfen.

a) _____
b) _____

8. Bei Spartransformatoren unterscheidet man **a)** die Durchgangsleistung S_D und **b)** die Bauleistung S_B . Was versteht man unter diesen beiden Leistungen?

a) _____
b) _____

9. Ein Spartransformator 400/230 V hat eine Durchgangsleistung von 480 VA bei einem Wirkungsgrad von 0,9. Berechnen Sie **a)** die Bauleistung, **b)** den Eingangsstrom und **c)** den Ausgangsstrom.

Geg.:		Ges.: a)	b)	c)
Lösung:				
a)				
b)		c)		



Rotierende elektrische Maschinen werden in allen Bereichen von Industrie, Handwerk und Haushalt eingesetzt. Unabhängig von ihrer Bauart arbeiten alle rotierenden elektrischen Maschinen nach dem gleichen Prinzip.

1. In welche beiden Gruppen werden rotierende elektrische Maschinen hinsichtlich ihrer Arbeitsweise eingeteilt?
-

2. Eine rotierende elektrische Maschine (**Bild 1**) kann als Motor oder Generator verwendet werden. Motoren und Generatoren haben deshalb den gleichen Aufbau. Die Arbeitsweise Motor- oder Generatorbetrieb wird nur durch die Richtung der Energieumwandlung festgelegt. Ergänzen Sie das folgende Blockschaltbild eines Motors mit den Angaben „mechanische Energie“ bzw. „elektrische Energie“.

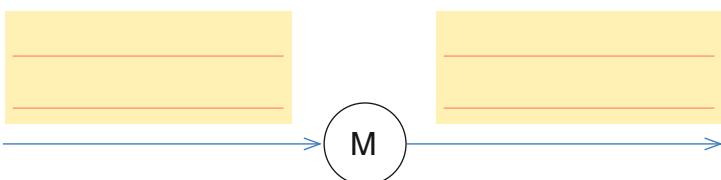


Bild 1: Elektrische Maschine (Beispiel)

3. Welche Wirkung des elektrischen Stromes wird bei den rotierenden elektrischen Maschinen ausgenutzt?
-

4. Unter welchen Bedingungen wird durch den Magnetismus eine Kraftwirkung hervorgerufen?
-

5. Wo befinden sich die beiden Magnetfelder in einer rotierenden elektrischen Maschine?

Ein Magnetfeld befindet sich _____

Das zweite Magnetfeld befindet sich _____

6. Bestimmen Sie mithilfe der Motorregel (**Bild 2**) die Bewegungsrichtungen des Läufers im Motorbetrieb und ergänzen Sie den Drehsinn in der Tabelle.

Tabelle: Drehrichtung von Motoren

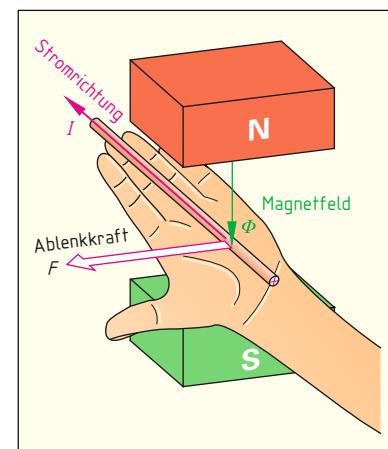
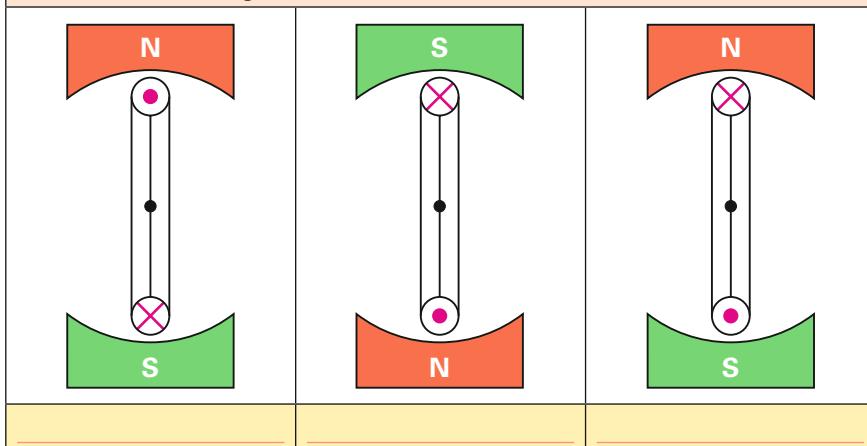


Bild 2: Motorregel (linke Hand)

7. Welche Arten von elektrischen Motoren unterscheidet man?
-