



Elektrotechnik für den Berufseinstieg

Lernsituationen, Informationen
und praktische Übungen

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

EUROPA-Nr.: 32300

Autor:

Hertelendi, Bela

Verlagslektorat:

Barth, Alexander

Firmenverzeichnis:

Der Autor bedankt sich bei den nachfolgenden Firmen für die Unterstützung

– Miele & Cie. KG, 33332 Gütersloh

– TenneT TSO GmbH, 95448 Bayreuth

– Christian Winkler GmbH & Co. KG, D-70469 Stuttgart

– Fotolia.com, 10437 Berlin: 9/1 © psdesign1, 10/2 © Patryk Kosmider, 13/1 © BeTa-Artiworks, 24/1 © Kadmy, 24/2 © auremar, 24/3 © rawcaptured, 25/4 © artefacti, 31/1 © kalafoto, 33/1 © Arcady, 43/1 © Bacho Foto, 45/1 © HandmadePictures, 53/7 © mediagram, 61/2 © babimu, 73/1 © janaka Dharmasena, 78/1 © Igos, 78/2 © B. Wylezich, 78/6 © Teleline, 78/9 © Roman Sotola, 91/1 © womue, 125/5 © tazik, 131/1 © Thomas Madel, 143/1 © Ramona Heim, 156/1 © slavun

– dpa Picture Alliance, GmbH, 60327 Frankfurt: 11/6, 32/3

Comics:

Antonia Wichmann

1. Auflage 2015, korrigierter Nachdruck 2017

Druck 5 4 3 2

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

ISBN 978-3-8085-3230-0

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

© 2015 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten

Umschlaggestaltung: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Glühbirne: © sk_com – Fotolia.com

Elektrische Widerstände: © Wolfgang Mücke – Fotolia.com

Weitere Fotos und Zeichnungen stammen vom Autor

Satz: Hertelendi; Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt



Druck: Konrad Triltsch Print und digitale Medien GmbH, 97199 Ochsenfurt-Hohestadt

Liebe Schüler,

wenn ihr euch auf einen Beruf vorbereitet, im Berufsgrundschuljahr, in der zweijährigen Berufsfachschule oder im Berufsvorbereitungsjahr oder in einer Eingliederungsmaßnahme, und Elektrotechnik gewählt habt, so seid ihr hier genau richtig. Aber auch im ersten Ausbildungsjahr eines elektrotechnischen Berufes findet ihr hier sicher die eine oder andere hilfreiche Erkenntnis, die euch das Leben als Elektrotechniker einfacher macht. Das Buch kann im Unterricht benutzt werden (klar, sonst wäre es ja kein Schulbuch). Aber ihr könnt auch ganz eigenständig damit arbeiten. Und dabei ist es nützlich, wenn ihr versteht, wie das Buch aufgebaut ist. Zuerst einmal ist wichtig, dass es vier Arten von Seiten in diesem Buch gibt: In den **Infoseiten** mit dem orangen Rand oben findet ihr Informationen zu Themen der Elektrotechnik, wie z.B. dem Stromkreis oder dem ohmschen Gesetz. Die müsst ihr durchlesen, um die Aufgaben auf den Aufgabenseiten bearbeiten zu können. Es gibt insgesamt 15 Infoseiten-Abschnitte.

Liebe Lehrer,

Lernsituationen, Informationen und praktische Übungen sind hier in eine fachsystematische Struktur eingebettet, die die einzelnen elektrotechnischen Themen stark voneinander trennt und damit eine kleinschrittige Erarbeitung ermöglicht. Der Schwerpunkt dieses Buches liegt in Situationen aus der betrieblichen Praxis, in Alltagssituationen, aber auch in rein thematisch orientierten Aufgaben. Sie wechseln sich in unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden ab und ermöglichen Schülern und Schülerinnen mit unterschiedlicher Vorbildung einen individuellen Lernfortschritt. Auf mathematische und physikalische Vorbildungen wird hierbei weitestgehend verzichtet, um keine Barrieren aufzubauen und auch Schülern mit ehemals wenig Zugang zu solchen Inhalten einen Einstieg in die Elektrotechnik zu ermöglichen.

Aufgaben findet ihr in den **Aufgabenseiten** mit dem grünen Rand. Es lohnt sich, die Aufgaben zu bearbeiten, damit festigt ihr euer Wissen. Einige Aufgaben können nur gelöst werden, wenn ihr noch andere Informationsquellen benutzt, wie z.B. das Internet. Diese sind mit einem speziellen Symbol  gekennzeichnet. Das gilt auch für die Aufgaben, zu denen ihr ein Video anschauen müsst:  An großen Stellen findet man QR-Codes. Damit könnt ihr euch mit eurem Smartphone Tipps zur Lösung anzeigen lassen.

Spannend sind die **praktischen Übungen**, die auf den Seiten mit dem blauen Rand oben zu finden sind. Hier wird euch euer Lehrer genau erklären, ob diese Übungen in euren Unterricht passen und ob oder wie ihr sie durchführen könnt. Auf den Seiten mit dem grauen Rand oben findet ihr am Anfang des Buches das **Inhaltsverzeichnis** und am Ende ein **Sachwortverzeichnis**. Es lohnt sich hin und wieder, dort mal nachzuschauen.

Und nun viel Spaß mit diesem Buch!

Der Autor

Das ohmsche Gesetz

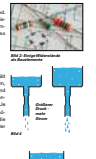
Das Ohmsche Gesetz ist die Basis für das Verständnis des Zusammenhanges zwischen Strom, Spannung und Widerstand in einem Stromkreis und ist ein wichtiger Teil der Elektrotechnik.

Die elektrische Widerstandsbedeutung?
 Alle Leiter sind Widerstände. Sie lassen sich nicht vermeiden. Sie sind nur unterschiedlich groß. Ein Widerstand von 1 Ohm bedeutet, dass bei einer Stromstärke von 1 A eine Spannung von 1 V an ihm abfällt. Ein Widerstand von 10 Ohm bedeutet, dass bei einer Stromstärke von 1 A eine Spannung von 10 V an ihm abfällt. Ein Widerstand von 100 Ohm bedeutet, dass bei einer Stromstärke von 1 A eine Spannung von 100 V an ihm abfällt. Ein Widerstand von 1 kOhm bedeutet, dass bei einer Stromstärke von 1 A eine Spannung von 1000 V an ihm abfällt. Ein Widerstand von 1 MOhm bedeutet, dass bei einer Stromstärke von 1 A eine Spannung von 1000000 V an ihm abfällt.

Die elektrische Widerstandsbedeutung?
 In einem Stromkreis ist der Widerstand ein Hindernis für den Stromfluss. Je größer der Widerstand ist, desto kleiner ist der Stromfluss bei gleicher Spannung. Das Ohmsche Gesetz beschreibt den Zusammenhang zwischen Spannung, Strom und Widerstand. Es lautet: $U = R \cdot I$. Hier ist U die Spannung in Volt, I der Strom in Ampere und R der Widerstand in Ohm.

Mehr Spannung - mehr Strom
 Wenn die Spannung an einem Widerstand verdoppelt wird, verdoppelt sich auch der Stromfluss durch diesen Widerstand. Das Ohmsche Gesetz lautet: $I = \frac{U}{R}$. Wenn U verdoppelt wird, verdoppelt sich auch I.

Mehr Widerstand - weniger Strom
 Wenn der Widerstand an einem Stromkreis verdoppelt wird, halbiert sich der Stromfluss durch diesen Widerstand. Das Ohmsche Gesetz lautet: $I = \frac{U}{R}$. Wenn R verdoppelt wird, halbiert sich I.

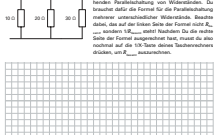
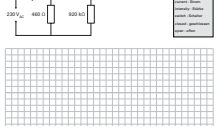


Die Infoseiten mit Informationen

Kapitel 5: Das Ohmsche Gesetz und der Widerstand 115

Gesamtwiderstand parallel
 Berechnen Sie den Gesamtwiderstand des in der Abbildung gezeigten Parallelstromkreises. Die Spannungen sind durch die Spannungsquelle vorgegeben. Berechnen Sie den Strom durch jeden Widerstand und den Gesamtstrom. Die Widerstände sind $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 20 \Omega$ und $R_3 = 30 \Omega$. Die Spannung ist $U = 120 \text{ V}$.

Parallel circuit with switch
 Calculate the current through each of the resistors and the total current in the circuit shown in the diagram. The voltage source is 220 V . The resistors are 400Ω , 500Ω and 100Ω .

Die Seiten mit Aufgaben und Lernsituationen

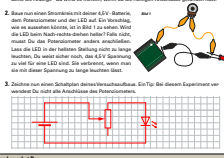

128 Kapitel 6: Das Ohmsche Gesetz und der Widerstand

Experiment: Untersuchung einer Leuchtdiode
 In diesem Experiment soll die Kennlinie einer Leuchtdiode (LED) untersucht werden. Dazu wird eine Stromquelle (z.B. eine 9V-Batterie) an eine LED angeschlossen. Die Spannung an der LED wird gemessen, und der Strom durch die LED wird mit einem Amperemeter gemessen. Die Messwerte werden in einer Tabelle eingetragen und in einem Diagramm gezeichnet. Die Kennlinie einer LED ist nicht linear, sondern zeigt einen steilen Anstieg bei einer bestimmten Spannung.

1. Wie muss die LED angeschlossen werden?
 Die LED muss so angeschlossen werden, dass der Strom durch sie fließen kann. Die Anode (die längere Beine) muss an die positive Polung der Stromquelle angeschlossen werden, die Kathode (das kürzere Bein) an die negative Polung.

2. Was ist die Kennlinie einer LED?
 Die Kennlinie einer LED zeigt den Zusammenhang zwischen der Spannung an der LED und dem Strom durch die LED. Sie ist nicht linear, sondern zeigt einen steilen Anstieg bei einer bestimmten Spannung.

3. Zeichnen Sie die Kennlinie einer LED.
 Zeichnen Sie die Kennlinie einer LED in einem Koordinatensystem. Die x-Achse zeigt die Spannung an der LED, die y-Achse zeigt den Strom durch die LED.

Die Seiten mit den praktischen Übungen

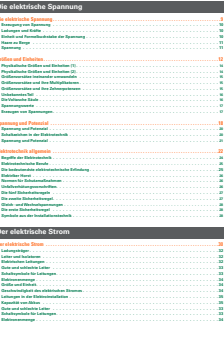
Kapitel 1: Messtechniken

Die elektrische Spannung
 Die elektrische Spannung ist die Ursache für den Stromfluss in einem Stromkreis. Sie wird in Volt (V) gemessen. Die Spannung an einer Stromquelle ist die Differenz der Potentiale zwischen den beiden Anschlüssen der Stromquelle.

Spannung und Potential
 Die Spannung an einer Stromquelle ist die Differenz der Potentiale zwischen den beiden Anschlüssen der Stromquelle. Die Potentiale sind die Energie pro Ladungseinheit, die an den Anschlüssen der Stromquelle anliegt.

Elektronenflussrichtung
 Die Elektronenflussrichtung ist die Richtung, in der sich die Elektronen durch einen Stromkreis bewegen. Sie verläuft von der Kathode zur Anode.

Die elektrische Stromstärke
 Die elektrische Stromstärke ist die Menge an Ladung, die pro Sekunde durch einen Querschnitt eines Leiters fließt. Sie wird in Ampere (A) gemessen.



Die Seiten mit dem Inhalts- und Schlagwortverzeichnis

1 Die elektrische Spannung

Die elektrische Spannung	10
Erzeugung von Spannung	12
Ladungen und Kräfte	12
Einheit und Formelbuchstabe der Spannung	12
Haare zu Berge	13
Spannung	13
Größen und Einheiten	14
Physikalische Größen und Einheiten (1)	16
Physikalische Größen und Einheiten (2)	16
Größenvorsätze ineinander umwandeln	17
Größenvorsätze und ihre Multiplikatoren	17
Größenvorsätze und ihre Zehnerpotenzen	17
Schaltzeichen in der Elektrotechnik	18
Video: Die Volta'sche Säule	18
Spannungswerte	19
Erzeugen von Spannungen	19
Spannung und Potenzial	20
Unbekanntes Teil	22
Berechnung der Spannung (1)	22
Berechnung der Spannung (2)	22
Spannungen am Netzgerät	23
English: Chassis ground in an automobile	23
Elektrotechnik allgemein	24
Begriffe der Elektrotechnik	26
Elektrotechnische Berufe	27
Die bedeutendste elektrotechnische Erfindung	27
Video: Elektriker Horst	28
Normen für Schutzmaßnahmen	28
Unfallverhütungsvorschriften	28
Die fünf Sicherheitsregeln	29
Die zweite Sicherheitsregel	29
Gleich- und Wechselspannungen	30
Die erste Sicherheitsregel	30
Symbole aus der Installationstechnik	30

2 Der elektrische Strom

Der elektrische Strom	32
Ladungsträger	34
Leiter und Isolatoren	34
Elektrische Leitungen	34
Gute und schlechte Leiter	35
Schaltsymbole für Leitungen	35
Elektronenmenge	36
Größe und Einheit	36
Geschwindigkeit des elektrischen Stromes	36
Leitungen in der Elektroinstallation	37
Kapazität von Akkus	37
Gefahren des elektrischen Stromes	37
Größeneinheiten umwandeln	38

Wirkungen des elektrischen Stromes 38
 Richtung des Stromes 39
 Leitfähigkeit 39
 Sicherungen 39
Video: André Marie Ampère 40
 Strom spüren? 40
 English: The three effects of an electric current 41
 Elektrische Wärme. 42
 Licht aus Strom 42

3 Der Stromkreis

Der Stromkreis - Teil 1 44
 Schaltplan eines Stromkreises 46
Video: Elektrische Schalter 46
 Steckverbinder 46
 Innenleben einer Taschenlampe 47
 Masse und Erde 48
 Schalterarten 48
 Stromkreisarten 48
 Rätselhafte Teile 49
 Taschenlampe mit zwei Schaltern 50
 Pkw-Innenraumbelichtung 50
 Wann löst die Sicherung aus? 50
Ein Stromkreis mit einer LED. 51
Der Stromkreis - Teil 2 52
 Stromkreis und Eisenbahn 54
 Energie im Stromkreis 54
 Kurzschlüsse. 54
 Innenleben eines Stromkreises 55
 Strom „in“ der Steckdose 56
 Vögel unter Spannung 56
 Ladevorgang bei einem Akku. 56
 Eine Lampe, zwei Schalter 57
 Knifflige Schalterkombinationen 58
 Der Blutkreislauf als Stromkreis 58
Eine Wechselschaltung 59
 Unerschöpfliche Energiequellen 60
 Energie im Stromkreis 60
 Schalter im Stromkreis 60
 Steckverbinder 61
Video: Gleichstrom und Wechselstrom 62
 Ein altes Wasserwerk 62
Ein heißer Kurzschluss 63
 Die Parallelschaltung 64
 Die Reihenschaltung 65
 Eigenschaften der Parallel- und Reihenschaltung. 66
 Schaltpläne für Parallel- und Reihenschaltungen 66
 Knotenregel 67
 Maschenregel 67
 LEDs für Lkw-Cockpit aussuchen 67
 Strom in Parallelschaltung ausrechnen 68

Spannung in Reihenschaltung ausrechnen	68
Leuchten in Wohnwagen	68
Rätselhafte Schaltung.	69
Richtig und falsch bei Parallel- u. Reihenschaltung	69
Zu starke Sicherungen?.	70
Anwendung der Knotenregel.	70
Alles im Haushalt parallel.	70
Helle und dunkle Glühlampen	71
Parallel- u. Reihenschaltung vervollständigen	71
Anwendung der Maschenregel.	71
Schalter kombiniert	72
Schwierige Reihenschaltung	72

4 Messen von Strom und Spannung

Messen mit dem Multimeter	74
Messen physikalischer Größen	78
Anschlussbuchsen Multimeter.	79
Anzeige im Display	79
Messung vorbereiten	79
Wahl AC/DC	80
Messung vorbereiten	80
Messungenauigkeiten.	80
Messen von Spannungen.	81
Messen von Strömen	81
Fehler beim Messen.	81
Spannungsmessung	82
Strommessung	82
Strom- und Spannungsmessung.	83
Strommessung	83
Analoge Messgeräte	84
Duspol	84
Die Apfelbatterie.	85
Analoge und digitale Messgeräte	86
Berechnung des Mittelwertes	86
Innenwiderstände.	86
Spannungsmessung in einem Gerät.	87
Fehler bei einer Strommessung	88
Wie funktioniert ein Drehspulmesswerk?	88
Reihenschaltung von Spannungsquellen	89
How to measure current	90
Zeigerinstrument	90

5 Das ohmsche Gesetz und der Widerstand

Das ohmsche Gesetz	92
Das ohmsche Gesetz im Wortlaut	94
Ermittlung eines Widerstandes.	94
Fremde Länder, andere Spannungen	94
Rechnen mit dem ohmschen Gesetz	95
Überprüfung von Widerständen	96
Leuchtdiode an Autobatterie	97

Widerstand Bügeleisen	97
Das ohmsche Gesetz im Dreieck	97
Ohmsches Gesetz durcheinander	98
Der Leitwert	98
Das ohmsche Gesetz als Funktion	99
Das ohmsche Gesetz - Funktionsverlauf zeichnen	99
Widerstände als Bauelemente	100
Einteilung von Widerständen	102
Farbcode bei Widerständen	102
Toleranzen	103
E-Reihen	103
Video: Georg Simon Ohm	104
Leitungswiderstand berechnen	104
Widerstand vor oder hinter der Lampe?	104
Video: 3000 Ampere in Aktion	105
Wert, Toleranz und was noch?	105
Unbekannter Widerstand	105
E-Reihen	106
Ein Widerstandssortiment zusammenstellen	107
Kreuze die richtigen Kästchen an	108
Ohmsches Gesetz mit kleinen Werten	108
Ungenauigkeiten beim Messen	108
Messungen an einem Widerstand	109
Heizwiderstände wickeln	110
Tabelle mit Leitungswiderständen	110
Unbekannte Kabeltrommel	111
Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen	112
Zwei Widerstände parallel	114
Zwei Widerstände in Reihe	114
Wie viele Teile für eine Parallelschaltung?	114
Gesamtwiderstand parallel.	115
Parallel circuit with switch	115
Gemischte Schaltung aus Widerständen	116
Schnelles Schätzen	116
Vorwiderstand schaltbar	116
Messbereichserweiterung	117
Ohmsches Gesetz überprüfen	118
Pkw-Fußraumbeleuchtung	120
LED mit Vorwiderstand in Betrieb nehmen	122
Potenzimeter und Spannungsteiler	124
Berechnung eines Spannungsteilers.	126
Bauarten von Potenziometern	126
Warum drei Anschlüsse?	126
Zwei Arten von Potenziometern	127
Unfertiges Potenziometer	127
Verzwicktes Potenziometer.	127
Untersuchung einer Leuchtdiode	128
Eine Füllstandsmessung	130
Potenzimeter ersetzen.	130

6 Elektrische Leistung und Energie

Die elektrische Leistung	132
Die Rechenscheibe	134
Leistung berechnen	135
Leistungsmessung	135
Leistungsmesser	136
Kilowatt und PS	136
Starker Backofen	136
Fahrradbeleuchtung absichern	137
Leistungen von Geräten im Haushalt	138
Heizofen mit umschaltbarer Leistung	138
Lernsituation: Lichterkette an Autobatterie	139
Beleuchtung Firmengelände	140
Verluste in einer Leitung	140
Doppel = Doppelt ?	140
Lernsituation: USB-Kaffee-Wärmer	141
Glühlampentausch	142
Leistung als Funktion der Spannung	142
Lernsituation: Gefährliche Beleuchtung	143
Reihen- und Parallelschaltung	144
Elektrische Energie und Arbeit	146
Energie und Leistung	148
Energieformen	148
Energie - „Verbrauch“	149
Der Energieerhaltungssatz	149
Kosten der elektrischen Energie	149
Energiemenge in einer Batterie	150
Warmes Ferienhaus	150
Energiekosten für Internet	150
Video: Übertragung mit Hochspannung	151
Große Energiemengen	151
Elektrowärme	152
Einheiten der Energie	154
Temperaturen in Kelvin	154
Spezifische Wärmekapazität	154
Wasser erwärmen	155
Nudeln kochen	155
Ein Bad nehmen	155
Swimmingpool	156
Ein Kreuzworträtsel	158
Inhalte der QR-Codes	159
Sachwortverzeichnis	160

1 Die elektrische Spannung



Die elektrische Spannung ist die treibende Kraft in der Elektrotechnik. Sie ist der elektrische Druck, der als Spannung beschrieben wird. Spannungsphänomene sind schon lange in der Natur bekannt.

Elektrische Ladungen

Die unangenehme Erfahrung, einen elektrischen Schlag an einer Türklinke zu bekommen, kennst du sicher. Beim Reiben über den Teppich haben sich in dir **elektrische Ladungen** angesammelt, die sich beim Annähern an die Türklinke als Funke entladen haben.

Ein Gewitter funktioniert ähnlich: In der Gewitterwolke sammeln sich Ladungen an, die verschieden sind zu den Ladungen am Boden. Dadurch entsteht ein elektrischer Druck, den man **Spannung** nennt. Wird der Druck zu groß, müssen sich die elektrischen Ladungen ausgleichen und es entsteht ein Blitz.

Es gibt zwei verschiedene Arten von Ladungen, **positive** und

negative Ladungen. Werden diese Ladungen voneinander getrennt, d. h. in zwei entfernten Bereichen angesammelt, entsteht eine elektrische Spannung.

Positive Ladungen werden mit einem „+“ (**Plus**) gekennzeichnet. Negative Ladungen werden mit einem „-“ (**Minus**) gekennzeichnet.



Bild 1: Eine Entladung über einen Funken



Bild 2: Ladungen in einem Gewitter

Positive und negative Ladungen

Griechische Gelehrte entdeckten schon vor 2500 Jahren, dass Stoffe durch Reibung dazu gebracht werden können, sich gegenseitig anzuziehen. Besonders gut funktionierte dies mit Bernstein, den die Griechen Elektron nannten. So entstand der Begriff Elektrizität.

Im 17. und 18. Jh. entdeckte man, dass verschiedene Materialien durch Reibung so aufgeladen werden konnten, dass sie sich gegenseitig anziehen oder abstoßen. So entstanden zwei Gruppen von Materialien. Materialien aus der Gruppe A

(z.B. Glas) zogen Materialien aus der Gruppe B (z.B. Gummi) an und umgekehrt. Materialien innerhalb einer Gruppe (z.B. Glas - Glas) haben sich jedoch gegenseitig abgestoßen.

Man suchte nach Bezeichnungen, um die beiden Gruppen dieser Materialien zu benennen, wie z.B. Nord und Süd oder männlich und weiblich.

Benjamin Franklin entschied um 1740, die Materialien aus der einen Gruppe positiv und die Materialien aus der anderen Gruppe negativ zu

nennen. Die Einteilung der beiden verschiedenen Arten elektrischer Ladung ist bis heute beibehalten worden.

Ladungen üben Kräfte aufeinander aus. Ungleicherartige Ladungen ziehen sich an, gleichartige Ladungen stoßen sich ab.

Die dabei entstehenden

Kräfte sind sehr gering. Deshalb haben sie wenig Bedeutung in der Technik. Die Kräfte, die von Magnetfeldern kommen, sind viel stärker, und werden z.B. in Elektromotoren ausgenutzt. Daher funktionieren alle großen elektrischen Maschinen elektromagnetisch.

