Elektrotechnik für den Berufseinstieg

Grundlagen, Lernsituationen und praktische Übungen

2. Auflage

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

EUROPA-Nr.: 32300

Autor:
Dipl.-Ing. Bela Hertelendi

Verlagslektorat:
Dipl.-Ing. Andreas J. Nies

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

2. Auflage 2019
Druck 5 4 3 2 1

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

In diesem Buch finden sich Verweise/Links auf Internetseiten. Für die Inhalte auf diesen Seiten sind ausschließlich die Betreiber verantwortlich, weshalb eine Haftung ausgeschlossen wird. Für den Fall, dass Sie auf den angegebenen Internetseiten auf illegale oder anstößige Inhalte treffen, bitten wir Sie, uns unter info@europa-lehrmittel.de davon in Kenntnis zu setzen, damit wir beim Nachdruck dieses Buches den entsprechenden Link entfernen können.

ISBN 978-3-8085-3812-8

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
Umschlaggestaltung: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald
Umschlagfotos: Zeichnungen: Bela Hertelendi und Zeichenbüro Verlag Europa-Lehrmittel
Strommast: kalafoto-stock.adobe.com
Satz: Hertelendi; Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt
Druck: Himmer GmbH, 86167 Augsburg

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:

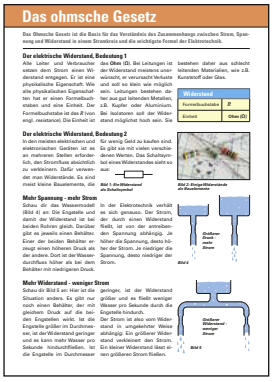
In den **Infoseiten** mit dem orangen Rand oben findet Ihr Informationen zu Themen der Elektrotechnik, wie z. B. dem Stromkreis oder dem ohmschen Gesetz. Die müsst Ihr durchlesen, um die Aufgaben auf den Aufgabenseiten bearbeiten zu können. Es gibt insgesamt 15 Infoseiten-Abschnitte.

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 manchen Stellen findet man QR-Codes. Damit könnt Ihr Euch mit Eurem Smartphone Tipps zur Lösung anzeigen lassen.

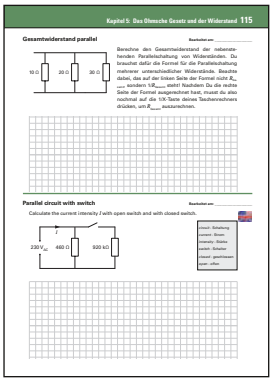
Spannend sind die **praktischen Übungen**, die auf den Seiten mit dem blauen Rand oben zu finden sind. Hier wird Euch Euer Lehrer genau erklären, ob diese Übungen in Euren Unterricht passen und ob oder wie Ihr sie durchführen könnt.

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.

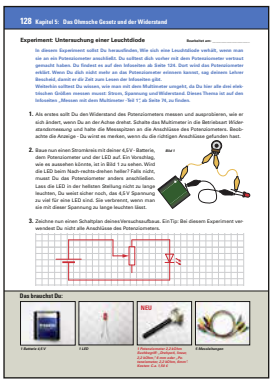
Und nun viel Spaß mit diesem Buch!



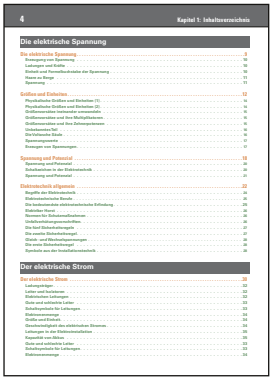
Die Infoseiten mit Informationen



Die Seiten mit Aufgaben und Lernsituationen



Die Seiten mit den praktischen Übungen



Die Seiten mit dem Inhalts- und Schlagwortverzeichnis

Liebe Lehrer,

Lernsituationen, Informationen und praktische Übungen sind hier in eine fachsystematische Struktur eingebettet, die die einzelnen eletrotechnischen 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.

Zu jeder Aufgabe gibt es einen Datumseintrag, um eine Chronologie des Lernfortschritts nachverfolgen und eine Zuordnung zu anderen Unterrichtsmitschriften oder -Themen ermöglichen zu können.

Bei einigen Aufgaben und Lernsituationen sind externe Informationsquellen erforderlich, da sie weiterführende Inhalte tangieren. Zu nennen ist dabei in erster Linie das Internet. Die Erfahrung hat gezeigt, dass fast alle Schüler heutzutage mit ihren Smartphones eine Internetrecherche durchführen können und diese Kompetenz gewinnbringend in den Unterricht eingebunden werden kann.

Die praktischen Übungen können mit einfachsten Mitteln auch ohne eine Laborausstattung durchgeführt werden. So ist es möglich, auch in Schulen oder Einrichtungen mit begrenztem Budget den Schülern praktische Erfahrungen mit Strom und Spannung zu ermöglichen.

Der Autor

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
Chassis ground in a 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
Größenvorsätze umwandeln . . . 38

Wirkungen des elektrischen Stromes . . . 38
Richtung des Stromes . . . 39
Leitfähigkeit . . . 39
Sicherungen . . . 39
Video: André-Marie Ampère . . . 40
Strom spüren? . . . 40
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-Innenraumbeleuchtung . . . 50
Wann löst die Sicherung aus? . . . 50
Praktische Übung: 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
Praktische Übung: Eine Wechselschaltung . . . 59
Unerschöpfliche Energiequellen . . . 60
Batterien als Spannungsquellen . . . 60
Schalter im Stromkreis . . . 60
Steckverbinder . . . 61
Gleichstrom und Wechselstrom . . . 62
Ein altes Wasserwerk . . . 62
Praktische Übung: 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- und 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
Praktische Übung: 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
Praktische Übung: Reihenschaltung von Spannungsquellen . . . 89
How to measure current . . . 90
Zeigerinstrument . . . 90

5 Das ohmsche Gesetz und der Widerstand

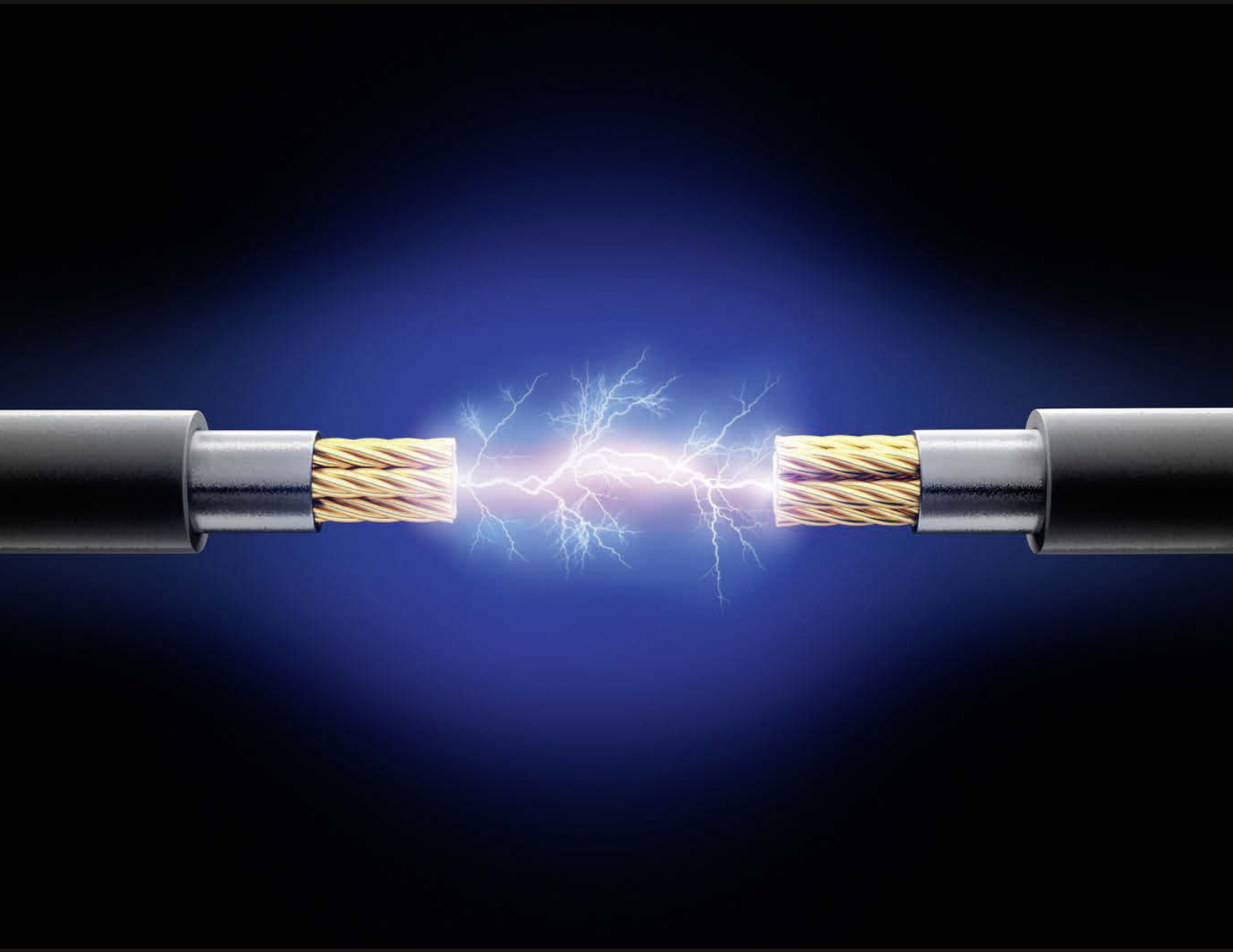
Das ohmsche Gesetz . . . 92
Das ohmsche Gesetz im Wortlaut . . . 94
Ermittlung eines Widerstandes . . . 94
Fremde Länder, andere Spannungen . . . 94
Rechnen mit dem ohmschen Gesetz (1) . . . 95
Rechnungen mit dem ohmschen Gesetz (2) . . . 95
Rechnungen zum ohmschen Gesetz . . . 96
Überprüfung von Widerständen . . . 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
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
Praktische Übung: Messungen an einem Widerstand . . . 109
Heizwiderstände wickeln . . . 110
Tabelle mit Leitungswiderständen . . . 110
Lernsituation: Unbekannte Kabeltrommel . . . 111
Die Parallelschaltung von Widerständen . . . 112
Die Reihenschaltung von Widerständen . . . 113
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
Lernsituation: Messbereichserweiterung . . . 117
Praktische Übung: Ohmsches Gesetz überprüfen . . . 118
Lernsituation: Pkw-Fußraumbeleuchtung . . . 120
Praktische Übung: LED mit Vorwiderstand in Betrieb nehmen . . . 122
Potenziometer 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
Praktische Übung: Untersuchung einer Leuchtdiode . . . 128
Eine Füllstandsmessung . . . 130
Potenziometer ersetzen . . . 130

6 Elektrische Leistung und Energie

Die elektrische Leistung . . . 132
Die Rechenscheibe . . . 134
Leistung berechnen (1) . . . 135
Leistung berechnen (2) . . . 135
Leistungsmessung . . . 135
Leistungsmesser . . . 136
Kilowatt und PS . . . 136
Starker Backofen . . . 136
Lernsituation: 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
Praktische Übung: 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
Lernsituation: Swimmingpool . . . 156
Ein Kreuzworträtsel . . . 158
Inhalte der QR-Codes . . . 159

1 Die elektrische Spannung



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

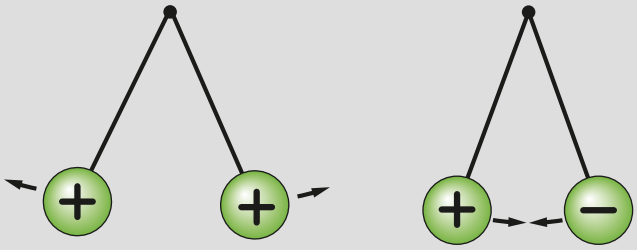
Positive und negative Ladungen

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. Ungleichartige 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.