

# 8

# Physik



**TEILDRUCK**  
GENEHMIGTE AUFLAGE  
ERSCHEINT IM FESTEINBAND



# So kannst du mit diesem Buch arbeiten

Jetzt geht es los .....

## Versuche und Materialien

Ein Kapitel beginnt häufig mit diesen Seiten. Sie enthalten eine große Auswahl an Versuchsvorschriften und Materialien, immer begleitet durch eine Reihe von Auswertungsfragen. Die Inhalte sind immer einem Unterkapitel zugeordnet und sollten vor dem Unterkapitel bearbeitet werden. Du kannst dadurch die neuen Inhalte selbstständig entdecken. Die Kompetenzerwartungen, die an dich gestellt werden, werden hier in besonderem Maße abgedeckt. Wenn du selbst einen Versuch durchführen sollst, wird das mit einem **V** gekennzeichnet. Manchmal wird eine bestimmte Fachmethode benötigt, um den Arbeitsauftrag zu bearbeiten. Diese **Methode** wird dann in einem grünen Kasten auf der Seite vorgestellt und erklärt.

Ran an die Praxis .....

## Schülerexperimente

Experimente sind in der Physik von entscheidender Bedeutung, um neue Erkenntnisse zu gewinnen. Deswegen gibt es auf diesen Seiten ausführliche Erläuterungen und Auswertungsfragen, mit denen du selbstständig die vorgestellten Experimente durchführen kannst. Auch hier werden die benötigten **Methoden** kurz vorgestellt.

Die Theorie .....

## Erarbeitung

Auf diesen Seiten wird der neue Stoff erklärt, wir nennen sie daher auch Theorie Seiten. Die von dir durchgeführten Experimente und bearbeiteten Materialien werden dadurch besser verständlich. Damit du das Wichtigste gut lernst, gibt es auf jeder Doppelseite einen oder mehrere Kästen mit einem **Merksatz**. An ausgewählten Stellen findest du auch wieder einen grünen Kasten, der dir eine benötigte **Methode** vorstellt. Bilder und Tabellen veranschaulichen die Inhalte und liefern Daten, kleine Info-Kästen am Rand bieten Zusatzinformationen zum Text. Zum Anwenden des neu gewonnenen Wissens gibt es auf jeder Doppelseite passende **Arbeitsaufträge**, die teilweise wieder mit einem **V** gekennzeichnet sind. Es gibt blaue und schwarze Aufgaben. Zu den schwarzen Aufgaben findest du Lösungshinweise. Damit du lernst, wie du bei den Aufgaben vorgehen musst, gibt es häufig auch eine **Musteraufgabe**, die das Vorgehen verdeutlicht.

Alles klar?

## Vermischte Aufgaben

Hier findest du zum Ende des Kapitels nochmal einige umfangreiche Aufgaben, die teilweise materialbasiert sind. Die „Basisaufgaben“ auf der ersten Seite sind etwas kürzer gehalten und befassen sich immer mit einem einzelnen Thema. Die „Zusammenfassenden Aufgaben“ können alle Themen des Kapitels aufgreifen und miteinander vernetzen. Sie helfen dir also dabei, das im Kapitel Gelernte nochmal zu vertiefen und bereiten dich dadurch gut auf den im Anschluss folgenden Selbsttest vor.

## Ziel erreicht?

Selbsttest: Überprüfe deine Kenntnisse und Kompetenzen selbst		(A) (B) (C) (D)
<b>Selbsttest:</b>	<b>Checkliste</b>	
	<b>Kenntnisse</b>	
	1. <b>Was ist ein Algorithmus?</b> Ein Algorithmus ist eine Anweisung, die Schritte beschreibt, um eine bestimmte Aufgabe zu lösen. (A)	
	2. <b>Was ist eine Schleife?</b> Eine Schleife ist ein Programmablauf, der wiederholt eine Gruppe von Anweisungen ausführt. (B)	
	3. <b>Was ist ein Abbruchkriterium?</b> Ein Abbruchkriterium ist eine Bedingung, die die Schleife beendet, wenn sie erfüllt ist. (C)	
	4. <b>Was ist ein Programmablauf?</b> Ein Programmablauf ist die Reihenfolge der Anweisungen, die in einem Programm ausgeführt werden. (D)	
	5. <b>Was ist ein Programmablaufbaum?</b> Ein Programmablaufbaum zeigt die Struktur eines Programms als einen Baum, wobei die Wurzel die Anfangsanweisung ist und die Blätter die Endanweisungen. (A)	
	6. <b>Was ist ein Programmablaufgraph?</b> Ein Programmablaufgraph zeigt die Struktur eines Programms als einen Graphen, wobei die Knoten die Anweisungen sind und die Kanten die Verbindungen zwischen ihnen. (B)	
	7. <b>Was ist ein Programmablaufbaum oder -graph?</b> Ein Programmablaufbaum oder -graph ist eine Struktur, die die Ausführungsweise eines Programms darstellt. (C)	
	8. <b>Was ist ein Programmablaufbaum oder -graph?</b> Ein Programmablaufbaum oder -graph ist eine Struktur, die die Ausführungsweise eines Programms darstellt. (D)	
<b>Kompetenzen</b>		
	9. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (A)	
	10. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (B)	
	11. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (C)	
	12. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (D)	
	13. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (A)	
	14. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (B)	
	15. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (C)	
	16. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (D)	
	17. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (A)	
	18. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (B)	
	19. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (C)	
	20. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (D)	
	21. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (A)	
	22. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (B)	
	23. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (C)	
	24. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (D)	
	25. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (A)	
	26. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (B)	
	27. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (C)	
	28. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (D)	
	29. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (A)	
	30. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (B)	
	31. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (C)	
	32. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (D)	
	33. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (A)	
	34. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (B)	
	35. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (C)	
	36. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (D)	
	37. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (A)	
	38. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (B)	
	39. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (C)	
	40. <b>Wie kann man einen Algorithmus darstellen?</b> Man kann einen Algorithmus durch Schritte, Text oder Diagramme darstellen. (D)	

## Selbsttest

Die Seiten helfen dir dabei festzustellen, ob du die neuen Inhalte des Kapitels verstanden hast. Es gibt zu jedem Kompetenzbereich Aufgaben, die du lösen und mit den bereitgestellten Lösungen abgleichen kannst. Du kannst deine Leistung dabei selbst bewerten. Schneidest du in einem Bereich nicht so gut ab, bekommst du im Auswertungskasten Informationen, wo du noch einmal nachlesen solltest.

## Das weiß ich – das kann ich

## Zusammenfassung

Die wichtigsten Inhalte und Kompetenzen, die du zum jeweiligen Thema gelernt hast, werden auf diesen Seiten kompakt zusammengefasst. Damit kannst du dich gut auf eine Klassenarbeit vorbereiten.

## Bildlich gesprochen: Erklärung der Symbole

- Versuch, den du selbst durchführen kannst.
  - Warnsymbol; befolge unbedingt den angegebenen Hinweis!
  - Information; hier werden dir zusätzliche Informationen geliefert.
  - Basisaufgaben
  - Fortgeschrittene Aufgaben; zu diesen Aufgaben findest du bis zu drei  Lösungshinweise auf den angegebenen Seiten im Anhang.
  - Aufgaben, die über den Lehrplan hinaus gehen.
  - Mediencode; die angegebene Nummer kannst du unter [www.ccbuchner.de](http://www.ccbuchner.de) im Suchfeld eingeben (z. B. Eingabe „67048-09“) und gelangst so zu weiteren Materialien.



# 8

# Physik

Herausgegeben von  
Rainer Dietrich, Robert Jäger und Rüdiger Janner

Bearbeitet von  
Rainer Dietrich  
Christian Fauser  
Stephan Feuerpfeil  
Robert Jäger  
Rüdiger Janner  
Wolfgang Kellner  
Eva-Maria Meyer  
Wolfgang Riffelmacher  
Martin Schalk  
Ruprecht Steinhübl  
Christine Waltner

C.C.Buchner

# Physik 8

Gymnasium Bayern

Herausgegeben von Rainer Dietrich, Robert Jäger und Rüdiger Janner

Bearbeitet von Rainer Dietrich, Christian Fauser, Stephan Feuerpfeil, Robert Jäger, Rüdiger Janner, Wolfgang Kellner, Eva-Maria Meyer, Wolfgang Riffelmacher, Martin Schalk, Ruprecht Steinhübl und Christine Waltner unter Mitarbeit der Verlagsredaktion

Zu diesem Lehrwerk sind erhältlich:

- Digitales Lehrermaterial: **click & teach** Einzellizenz, Bestell-Nr. 670581
  - Digitales Lehrermaterial: **click & teach** Box (Karte mit Freischaltcode), ISBN 978-3-661-67058-4
- Weitere Materialien finden Sie unter [www.ccbuchner.de](http://www.ccbuchner.de).

Dieser Titel ist auch als digitale Ausgabe **click & study** unter [www.ccbuchner.de](http://www.ccbuchner.de) erhältlich.

Dieses Werk folgt der reformierten Rechtschreibung und Zeichensetzung. Ausnahmen bilden Texte, bei denen künstlerische, philologische oder lizenzirechtliche Gründe einer Änderung entgegenstehen.

Die Mediencodes enthalten zusätzliche Unterrichtsmaterialien, die der Verlag in eigener Verantwortung zur Verfügung stellt.

Bitte beachten: An keiner Stelle im Schülerbuch dürfen Eintragungen vorgenommen werden.  
Dies gilt besonders für die Leerstellen in Aufgaben und Tabellen.

Teildruck

1. Auflage, 1. Druck 2020

Alle Drucke dieser Auflage sind, weil untereinander unverändert, nebeneinander benutzbar.

© 2020 C.C.Buchner Verlag, Bamberg

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlags. Das gilt insbesondere auch für Vervielfältigungen, Übersetzungen und Mikroverfilmungen. Hinweis zu § 52 a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden.

Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen.

Redaktion: Frederik Töpfer

Illustrationen: Stelzner Illustration & Grafikdesign, Frankfurt

Artegraph GbR, Rainer Götze, Berlin

Christian Mentzel, [mentzel-illustration.com](http://mentzel-illustration.com), Wiesbaden

newVISION! GmbH, Pattensen

Umschlag: Wildner + Designer GmbH, Fürth

Layout und Satz: mgo360 GmbH & Co. KG, Bamberg

[www.ccbuchner.de](http://www.ccbuchner.de)



ISBN der vollständigen Auflage: 978-3-661-67048-5

Sicher experimentieren in der Physik . . . . .	8
--	---

## A Elektrischer Strom . . . . . 10

### 1 Elektrische Stromstärke

<b>Versuche und Materialien</b> . . . . .	12
1.1 Elektrische Stromstärke . . . . .	14

### 2 Elektrische Spannung

<b>Versuche und Materialien</b> . . . . .	16
2.1 Modell des elektrischen Stromkreises . . . . .	18
2.2 Elektrische Spannung . . . . .	20

### 3 Elektrischer Widerstand

3.1  <b>Schülerexperiment:</b> Messen elektrischer Größen . . . . .	22
<b>Methode:</b> Messgenauigkeit	
<b>Methode:</b> Versuchsprotokoll	
3.2 Elektrischer Widerstand . . . . .	24
<b>Methode:</b> Rechnen mit Einheiten	
3.3 Leiter, Isolator, Kurzschluss . . . . .	26

### 4 Schaltkreise im Haushalt

<b>Versuche und Materialien</b> . . . . .	28
4.1 Schaltkreise im Haushalt . . . . .	30

### 5 Parallel- und Reihenschaltung

<b>Versuche und Materialien</b> . . . . .	32
5.1  <b>Schülerexperiment:</b> Reihen- und Parallelschaltungen . . . . .	34
<b>Methode:</b> Modelle für Vorhersagen nutzen	
<b>Methode:</b> Experimente schrittweise planen	
<b>Methode:</b> Aufbau von Schaltungen	
5.2 Schaltungen mit maximal drei Widerständen . . . . .	36
<b>Methode:</b> Untersuchung komplizierter Schaltungen	

---

Exkurs: Gesamtwiderstand . . . . .	40
Vermischte Aufgaben . . . . .	41
<b>Selbsttest</b> . . . . .	46
Zusammenfassung . . . . .	48

# Inhalt .....

## B Optik ..... 50

### 6 Spiegelung

<b>Versuche und Materialien</b> .....	52
6.1  <b>Schülerexperiment:</b> Bildentstehung am Spiegel. ....	54
6.2 Reflexionsgesetz .....	56
6.3 Spiegel und virtuelles Bild .....	58

### 7 Brechung

<b>Versuche und Materialien</b> .....	60
7.1 Brechung .....	62

### 8 Linsen

<b>Versuche und Materialien</b> .....	64
8.1  <b>Schülerexperiment:</b> Abbildung durch eine Sammellinse .....	66
8.2 Abbildung durch Sammellinsen .....	68
8.3 Beobachtung von reellen und virtuellen Bildern .....	70

**Methode:** Je-desto-Aussagen

### 9 Auge und Optik in moderner Technik

<b>Versuche und Materialien</b> .....	72
9.1 Auge und Fehlsichtigkeit, Zerstreuungslinsen. ....	74
9.2 Totalreflexion und technische Anwendung; Lichtleiter .....	76

---

Exkurs: Geometrische Optik ..... 78

Vermischte Aufgaben ..... 80

**Selbsttest** ..... 84

Zusammenfassung ..... 86

## C Mechanik ..... 88

### 10 Geschwindigkeit bei eindimensionalen Bewegungen

<b>Versuche und Materialien</b> .....	90
10.1 Betrag der Geschwindigkeit. ....	92
<b>Methode:</b> Umrechnen der Geschwindigkeitseinheiten	
10.2 Geschwindigkeit bei eindimensionalen Bewegungen .....	94
<b>Methode:</b> Umstellen einer Formel	

### 11 Geschwindigkeit bei zweidimensionalen Bewegungen

<b>Versuche und Materialien</b> .....	96
11.1 Geschwindigkeit bei zweidimensionalen Bewegungen. ....	98
11.2 Geschwindigkeitspfeil zur Veranschaulichung. ....	100

### 12 Geschwindigkeitsänderung

<b>Versuche und Materialien</b> .....	102
<b>Methode:</b> Pfeileparallelogramm	
12.1 Geschwindigkeitsänderung bei zweidimensionalen Bewegungen .	104
12.2 Pfeile der Geschwindigkeitsänderung .....	106

### 13 Das zweite Newtonsche Gesetz

<b>Versuche und Materialien</b> .....	108
13.1 Das zweite Newtonsche Gesetz. ....	110
13.2 Anwendungen des zweiten Newtonschen Gesetzes .....	112
13.3 Berechnungen für eindimensionale Bewegungen .....	114
<b>Methode:</b> Bestimmung der Kraft bei eindimensionalen	
Bewegungen	

### 14 Beschleunigung

14.1  <b>Schülerexperiment:</b>	
Bestimmung der Beschleunigung eines Körpers .....	116
14.2 Beschleunigung .....	118

---

Vermischte Aufgaben .....	120
<b>Selbsttest</b> .....	122

# Inhalt .....

## 15 Gewichtskraft

<b>Versuche und Materialien</b> . . . . .	124
15.1 Gewichtskraft, freier Fall, Fallbeschleunigung . . . . .	126
15.2 Masse und Gewichtskraft . . . . .	128

## 16 Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften

<b>Versuche und Materialien</b> . . . . .	130
16.1 Addition von Kräften . . . . .	132
<b>Methode:</b> Konstruktion eines Kräfteparallelogramms	
16.2 Zerlegung von Kräften . . . . .	134
<b>Methode:</b> Zerlegung von Kräften	

## 17 Kräftegleichgewicht und Trägheit

<b>Versuche und Materialien</b> . . . . .	136
17.1 Der Trägheitssatz . . . . .	138
17.2 Kräftegleichgewicht . . . . .	140

## 18 Dehnung und Kraft

18.1  <b>Schülerexperiment:</b> Dehnungs-Kraft-Messer . . . . .	142
<b>Methode:</b> Auswertung mit Tabellenkalkulation	
<b>Methode:</b> Ausgleichsgeraden mit einem Tabellenkalkulationspro- gramm zeichnen	
18.2 Statische Kraftmessung; Hookescher Bereich . . . . .	144
<b>Methode:</b> Umgang mit einem Kraftmesser	

---

Exkurs: Zugspitzbahn, Hookesches Gesetz . . . . .	146
Vermischte Aufgaben . . . . .	148
<b>Selbsttest</b> . . . . .	152
Zusammenfassung . . . . .	154

## D Profilbereich . . . . . 156

### 19 Solarzellen und andere Elektrizitätsquellen

<b>Versuche und Materialien</b> . . . . .	158
19.1  <b>Schülerexperiment:</b> Solarzellen und Solarmodule . . . . .	160
19.2 Aufbau und Eigenschaften von Elektrizitätsquellen . . . . .	162

### 20 Vertiefungen

<b>20.1 Vertiefung:</b> Einfache elektrische Geräte. . . . .	166
<b>20.2 Vertiefung:</b> Elektrische Messwerkzeuge. . . . .	168
<b>20.3 Vertiefung:</b> Farben . . . . .	170
<b>20.4 Vertiefung:</b> Optische Geräte. . . . .	172
<b>20.5 Vertiefung:</b> Messen von Bewegungen. . . . .	175

<b>Zusammenfassung</b> . . . . .	180
----------------------------------	-----

---

<b>Anhang</b>	
Lösungen zu „Selbsttest“ . . . . .	181
Hilfestellungen . . . . .	196
Grundlagen . . . . .	199
Operatoren und deren Bedeutung . . . . .	204
Stichwortverzeichnis . . . . .	206
Bildnachweis . . . . .	208

<b>Methoden</b>	
Messgenauigkeit . . . . .	22
Versuchsprotokoll . . . . .	23
Rechnen mit Einheiten . . . . .	24
Modelle für Vorhersagen nutzen . . . . .	34
Experimente schrittweise planen . . . . .	34
Aufbau von Schaltungen . . . . .	35
Untersuchung komplizierter Schaltungen . . . . .	38
Je-desto-Aussagen . . . . .	71
Umrechnen der Geschwindigkeitseinheiten . . . . .	93
Umstellen einer Formel . . . . .	95
Pfeileparallelogramm . . . . .	103
Bestimmung der Kraft bei eindimensionalen Bewegungen . . . . .	115
Konstruktion eines Kräfteparallelogramms . . . . .	133
Zerlegung von Kräften . . . . .	135
Auswertung mit Tabellenkalkulation . . . . .	142
Ausgleichsgeraden zeichnen . . . . .	143
Umgang mit einem Kraftmesser . . . . .	145

## Verhalten in Fachräumen der Physik

1. Fachräume dürfen nur bei Anwesenheit einer Lehrkraft betreten werden.



2. In Fachräumen darf weder gegessen noch getrunken werden.

3. Schultaschen und Jacken sind so abzulegen, dass niemand darüber stolpert bzw. genügend Platz zum Vorbeigehen ist.

4. Geräte und Versuchsaufbauten (z. B. am Experimentiertisch vorne) dürfen ohne Erlaubnis der Lehrkraft keinesfalls berührt werden, auch wenn die Situation völlig ungefährlich erscheint.

5. Die elektrische Energie- und Gasversorgung darf eigenmächtig nicht bedient werden.



6. Beschädigte Steckdosen, Stecker, Geräte oder Kabel sowie offene Gashähne, Gasgeruch oder andere Gefahrenstellen sind sofort der Lehrerin oder dem Lehrer zu melden.

7. Im Gefahrenfall einen Not-Aus-Schalter betätigen; Standorte und die Bedienung von Not-Aus-Schaltern sind bekannt.

8. Wer anderen im Gefahrenfall hilft, achtet auf seine eigene Sicherheit.

9. Die Standorte ...  
der Feuerlöscheinrichtungen,  
des Erste-Hilfe-Materials und  
des nächsten Telefons (im Notfall ggf. auch Handy nutzen) sind bekannt.

**Notrufnummern 112 (integrierte Leitstelle) oder 110 (Polizei)**

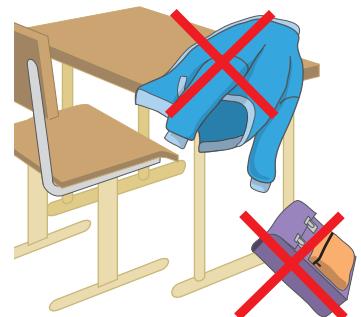
(beim Schultelefon muss erst 0 gewählt werden und dann 112 bzw. 110).



10. Bei einem Feueralarm sind die Verhaltensregeln zu beachten; der Fluchtweg ist bekannt.

## Verhalten beim Experimentieren

1. Beim Experimentieren dürfen Mappen und Kleidungsstücke nicht auf dem Experimentiertisch abgelegt werden. Es ist darauf zu achten, dass es keine Stolperfallen (z.B. Schultaschen) gibt und genügend Platz zum Arbeiten ist.
2. Die Schülerinnen und Schüler befolgen die Arbeitsanweisungen der Lehrkraft gewissenhaft. Versuchsanleitungen sind sorgfältig zu lesen. Bei Unklarheiten fragen die Schülerinnen und Schüler die Lehrkraft.
3. Die von der Lehrkraft angeordneten Schutzmaßnahmen sind zu befolgen (u. a. bei offenen Flammen, erwärmten Flüssigkeiten oder bei elektrischer Gefährdung), um sich selbst und andere Personen nicht zu gefährden.
4. Beschädigte Steckdosen, Stecker, Geräte oder Kabel sowie offene Gashähne, Gasgeruch oder andere Gefahrenstellen sind sofort der Lehrerin oder dem Lehrer zu melden. Geräte sind sorgfältig zu handhaben.
5. Ohne die Erlaubnis der Lehrkraft (ggf. Lehrkraft zum eigenen Experimentierplatz holen und um Kontrolle des Aufbaus bitten)
  - dürfen keine Geräte eingeschaltet werden,
  - darf die Arbeit mit den Versuchsmaterialien nicht begonnen werden.
6. Eigenmächtig „mal etwas ausprobieren“ ist ohne Erlaubnis der Lehrerin oder des Lehrers untersagt.
7. Im Gefahrenfall oder bei einem Unfall ist sofort die Lehrkraft zu rufen.
8. Nach Beendigung des Versuchs
  - wird dieser ordnungsgemäß abgebaut (z. B. Elektroschalter ausschalten),
  - werden Versuchsmaterialien an ihren Platz zurückgebracht,
  - wird der Arbeitsplatz falls nötig gesäubert; ggf. auch die Hände gewaschen.
9. Aus Sicherheitsgründen dürfen Experimente, die in der Schule gezeigt oder unter Aufsicht der Lehrkraft von Schülerinnen und Schülern durchgeführt wurden, nicht gedankenlos oder leichtsinnig zu Hause wiederholt werden. Bei Heimexperimenten ist auch auf Sicherheit zu achten.



# A \ Elektrischer Strom

## Du kannst in diesem Kapitel entdecken, ...

was elektrischer Strom ist und wie du diesen messen kannst.

wie ein Modell für den elektrischen Stromkreis aussieht und welche Rolle die elektrische Spannung dabei spielt.

was ein Ohmscher Widerstand ist und was Isolatoren sind.

wie Schaltkreise im Haushalt aufgebaut sind und welche Sicherheitsaspekte dabei zu beachten sind.

wie Parallel- und Reihenschaltungen aufgebaut sind und wie sich Spannung und Stromstärke bei mehr als einem Widerstand verhalten.

## 1 Elektrische Stromstärke



## 2 Elektrische Spannung



### 3 Elektrischer Widerstand



### 4 Schaltkreise im Haushalt



### 5 Parallel- und Reihenschaltung





# 1

# Elektrische Stromstärke

## Versuche und Materialien zu Kapitel 1.1

### M1 Verschiedene „Ströme“

Autos auf einer Straße, Menschen bei einem Marathonlauf, Sand, der durch eine Sanduhr rieselt – überall „fließt“ etwas.

Auch wenn es sich auf den ersten Blick um Situationen aus völlig unterschiedlichen Bereichen handelt, lassen sie sich doch mit einem gemeinsamen Begriff beschreiben. Man spricht hier von Strömen, beispielsweise von einem Verkehrsstrom oder einem Menschenstrom.



### Arbeitsauftrag

- Halte Gemeinsamkeiten zwischen den abgebildeten Situationen in einer Tabelle fest.
- Überlegt euch in Partnerarbeit, ob sich diese Gemeinsamkeiten auch auf den elektrischen Strom übertragen lassen.
- Suche weitere Beispiele für Ströme und verfahre ebenso.

### M2 Räumung des Schulhauses – Ein Modell für den elektrischen Strom

Bei einem elektrischen Stromkreis sind Elektronen in Bewegung. Um uns eine bessere Vorstellung davon machen zu können, wollen wir ein einfaches Modell verwenden. In dieser Modellvorstellung vergleichen wir die Elektronen mit dem Verhalten von Schülerinnen und Schülern bei Schulschluss:

Wenn die Schule zu Ende ist, gehen alle Schülerinnen und Schüler nach Hause. Dabei müssen die meisten durch den Haupteingang laufen. Stelle dir vor, du beobachtest den Haupteingang in verschiedenen Situationen.



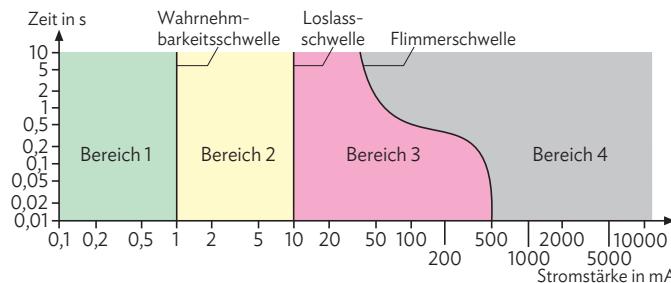
### Arbeitsauftrag

- Schätze, wie lange es am Freitag nach Schulschluss dauert, bis die meisten Schülerinnen und Schüler dein Schulgebäude verlassen haben.
- Bei Feueralarm gibt es eine Vorgabe, dass ein Schulgebäude innerhalb von 2 Minuten zu räumen ist. Erkläre Gemeinsamkeiten und Unterschiede zur Situation aus a).
- Beschreibe mithilfe der Modellvorstellung einen Zusammenhang, den du zwischen der Stärke des elektrischen Stroms und der Anzahl der Elektronen herstellen kannst.

### M3 Die Gefahren von elektrischem Strom

Die Nerven in unserem Körper arbeiten mithilfe von sehr schwachen elektrischen Strömen. Daher kann es für unsere Gesundheit sehr gefährlich sein, wenn Strom durch den Körper fließt.

Die Gefahr ist umso größer, je stärker der fließende Strom ist und je länger dieser Strom fließt. Das Diagramm stellt den Zusammenhang zwischen diesen beiden Größen dar.



In waagrechter Richtung wird die Stromstärke in Milliampere (mA) angezeigt, in senkrechter Richtung die Zeit in Sekunden (s), in der der Strom durch den Körper fließt. Die „Stromstärke“ ist ein Maß dafür, wie groß der elektrische Strom ist.

Bereich 1: Ströme, die wir nicht bemerken

Bereich 2: Kribbeln in Fingern, Füßen und Gelenken

Bereich 3: Ströme führen zu Muskelkrämpfen

Bereich 4: Ströme sind tödlich; Herzmuskel kann nicht arbeiten

#### Arbeitsauftrag

- Erkläre, was der Begriff „Wahrnehmbarkeitsschwelle“ bedeutet. Begründe, dass sie senkrecht verläuft.
- Entnimm dem Diagramm die Auswirkungen eines Stroms, der 0,1 s durch den Körper fließt und der eine Stromstärke von 200 mA besitzt.
- Begründe, dass eine Stromstärke von 1000 mA = 1 A lebensgefährlich ist.
- Erläutere, dass die Linie, die Bereich 3 von Bereich 4 trennt, „Flimmerschwelle“ genannt wird.
- Begründe, dass die „Flimmerschwelle“ von links oben nach rechts unten verläuft.

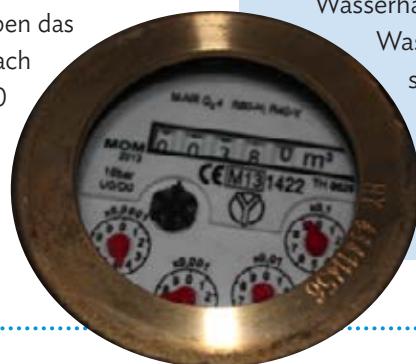
### M4 Messen der „Wasserstromstärke“

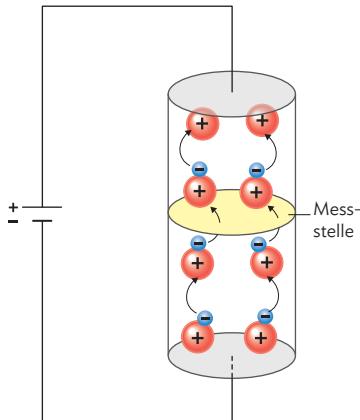
Die Vorgänge in einem elektrischen Stromkreis lassen sich sehr gut mithilfe eines Wasserstromkreises veranschaulichen. So ist beispielsweise das Wasservolumen, das in einer bestimmten Zeiteinheit durch ein Wasserrohr fließt, ein Modell für die elektrische Stromstärke. Diese „Wasserstromstärke“ wird in der Technik „Wasserdurchfluss“ genannt und beispielsweise in der Einheit  $\frac{1}{\text{min}}$  angegeben.

Das Bild zeigt einen typischen Wasserzähler im Keller eines Hauses. Die vier roten Zeiger geben das fließende Wasservolumen (von links nach rechts) in den Größen 0,1 Liter, 1 Liter, 10 Liter und 100 Liter an. In der oberen Anzeige kann man das gesamte Wasservolumen in  $\text{m}^3$  ablesen, das seit dem Einbau des Wasserzählers durch das Wasserrohr geflossen ist.

#### Arbeitsauftrag

- ▼ Mache dich mit der Anzeige des Wasserzählers in deinem Haus bzw. in deiner Wohnung vertraut. Beobachte den Wasserdurchfluss bei verschiedenen Aktivitäten, z. B. Duschen, Geschirrspülmaschine, offener Wasserhahn ... Miss jeweils das Wasservolumen in Litern sowie die Zeit in Minuten und bestimme damit den Wasserdurchfluss in  $\frac{1}{\text{min}}$ .





**B1** Die Stromstärke ist um so größer, je mehr Elektronen die Messstelle in der Sekunde passieren.

## Elektrische Größen

Elektrischer Strom kann für den Menschen sehr gefährlich werden: Sicher kennst du die Warnschilder mit der Aufschrift „Starkstrom“. Andererseits ist aber der Strom, den eine Taschenlampenbatterie fließen lässt, ungefährlich. Um verschiedene Ströme miteinander vergleichen zu können, benötigt man eine Größe, die die Stärke des Stromes angibt.

In der 7. Klasse ist dir schon die Dichte als physikalische Größe begegnet. Dort hast du bereits gelernt: Erst nachdem man eine Größe genau festgelegt hat, kann man eine Messung durchführen.

Auch für die Stärke von Strom wurde eine neue Größe erfunden, die dann einfach Stromstärke (Formelzeichen:  $I$ ) genannt wurde. Weil jeder Strom durch die Bewegung von Ladungen entsteht, ist es sinnvoll, diese Bewegung zu benutzen, um festzulegen, wie groß die Stromstärke ist: Stelle dir vor, jemand beobachtet eine bestimmte Stelle in einem Metalldraht und zählt, wie viele Elektronen in einer gewissen Zeit an dieser Stelle vorbeikommen (vgl. B1). Wenn kein Strom fließt, ist diese Zahl 0. Nimmt die Stromstärke zu, dann nimmt auch die Anzahl der durchfließenden Elektronen zu.

Könnte man tatsächlich die Elektronen zählen, dann würde man feststellen, dass bei gewöhnlichen Stromstärken diese Anzahlen riesig groß wären. Daher hat man eine vereinfachte Einheit für die Stromstärke erfunden.

- i** Die Ladungsmenge von Elektronen konnte man erst lange nach Einführung der Einheit Ampere messen. Daher dieser etwas seltsame Wert.
- i** Die Einheit wurde nach dem Physiker André-Marie Ampère (1775-1836) benannt.

Wenn sich in einer Sekunde durch eine Stelle des Leiters  $6,24151 \cdot 10^{18}$  Elektronen bewegen, dann sagen wir: Es fließt an dieser Stelle ein Strom  $I$  mit der Stromstärke 1 Ampere (1 A).

Wenn sich im Stromkreis andere Ladungsträger bewegen, z. B. Ionen, dann muss bei 1 A deren Ladungsmenge genau so groß sein wie die der genannten Anzahl von Elektronen.

Es gibt viele Anwendungen, bei denen neben der Stromstärke auch die Richtung entscheidend ist, in der die Ladungen fließen. Als einheitliche Sprechweise wurde vereinbart:

Die Stromrichtung verläuft immer vom positiven Pol der Elektrizitätsquelle zum negativen Pol.

Hier siehst du Beispiele für verschiedene Stromstärken:

- i** Vorsilben erleichtern die Angabe von sehr kleinen und sehr großen Maßangaben:
 
$$1 \mu\text{A} = \frac{1}{1000000} \text{ A}$$

$$1 \text{ mA} = \frac{1}{1000} \text{ A}$$

$$1 \text{ kA} = 1000 \text{ A}$$

$$1 \text{ MA} = 1000000 \text{ A}$$

spürbare Stromstärke	ab $0,001 \text{ A} = \frac{1}{1000} \text{ A} = 1 \text{ mA}$
gefährliche Stromstärke	ab $0,025 \text{ A} = 25 \text{ mA}$
LED-Strahler	ca. 1 A
Straßenbahnbetriebswagen	bis $600 \text{ A} = 0,6 \text{ kA}$
Blitz	ca. $100000 \text{ A} = 100 \text{ kA} = 0,1 \text{ MA}$

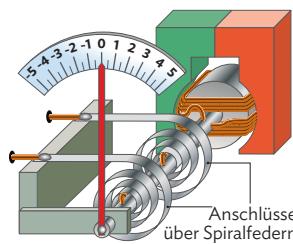
## Stromstärkemessgeräte

Um die Stromstärke messen zu können, verwendet man Stromstärkemessgeräte. Diese zählen nicht in Wirklichkeit Elektronen. Stattdessen wird eine Wirkung des Stroms, der gemessen werden soll, festgestellt. Wir sprechen von einer indirekten Messung.

Das Drehspulinstrument nutzt beispielsweise die Magnetwirkung des Stroms aus

(vgl. B2): Der Strom, der gemessen werden soll, fließt durch eine kleine Spule, die sich zwischen zwei Magnetpolen befindet. Durch die Magnetwirkung des Stroms entstehen Kräfte, die die Spule umso stärker drehen, je größer die Stromstärke ist.

Stromstärkemessgeräte werden direkt in den Stromkreis eingebaut, so dass alle Elektronen hindurchfließen müssen (vgl. B3).

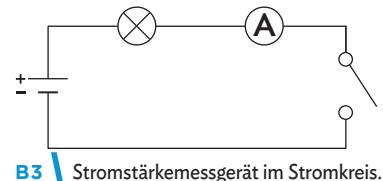


B2 | Drehspulinstrument.



In der 7. Klasse hast du bereits verschiedene Wirkungen des elektrischen Stroms kennengelernt:

- Magnetwirkung
- Leuchtwirkung
- Wärmewirkung



B3 | Stromstärkemessgerät im Stromkreis.

## Musteraufgabe

Erkläre, dass die Stromstärke in jedem Teil eines unverzweigten Stromkreises (vgl. B3) gleich groß ist.

## Lösung

Durch jede Stelle des Drahtes fließen in einer gewissen Zeit genauso viele Elektronen, wie den Minuspol der Batterie verlassen und am Pluspol ankommen. „Unterwegs“ kommt kein Elektron dazu oder geht verloren. Und an keiner Stelle des Drahtes stauen sich die Elektronen an.

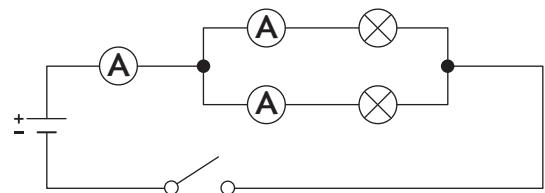
## Arbeitsaufträge

1 | Die Nerven im Körper kann man mit Stromleitungen vergleichen, die das Gehirn mit den Muskeln verbinden. Ein Signal, das ein Zusammenziehen eines Muskels bewirkt, ist ein kurzer Stromstoß mit der Stromstärke von etwa 30 mA.

Entnimm der Tabelle auf S. 14 die für Menschen gefährliche Stromstärke und erkläre diese Größenordnung.

2 | Bei einer Messung, die wie der Stromkreis in B3 aufgebaut ist, zeigt das Stromstärkemessgerät einen Strom der Stärke 0,55 A an. Gib die Anzeige des Strommessgeräts an, wenn du es mit der Lampe vertauschst. Begründe deine Antwort.

3 | Du siehst hier einen verzweigten Stromkreis mit zwei Lampen und drei Stromstärkemessgeräten. Daniela behauptet, dass das Messgerät links genau den Wert anzeigt, den die beiden anderen zusammen gerechnet anzeigen würden.



Überlege dir, ob Daniela Recht hat und begründe deine Antwort.

↳ weitere passende Aufgaben:  
S. 41, Nr. 1, 2, 3; S. 42, Nr. 16 a, b; S. 43, Nr. 17

Hilfestellung auf Seite 196-198

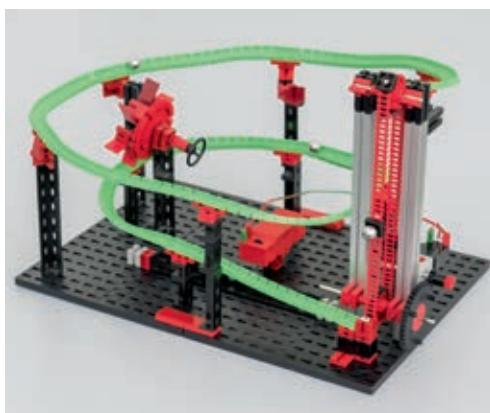
# 2 Elektrische Spannung

## Versuche und Materialien zu Kapitel 2.1

### M1 Modellvorstellung des elektrischen Stromkreises

Die Abbildung zeigt eine Kugelbahn: Eine Transportkette befördert die Kugeln rechts nach oben. Von dort rollen sie in der Bahn zurück zum Startpunkt am unteren Ende der Kette. Zusätzlich wird ein Rad knapp über der Bahn von den Kugeln angetrieben, wenn sie vorbeirollen.

Die Kugelbahn lässt sich als Modell eines einfachen Stromkreises nutzen.



#### Arbeitsauftrag

- Erstelle eine Liste der Bestandteile eines Stromkreises. Gib jeweils den Teil der Kugelbahn an, der zu einem Teil des Stromkreises passt.
- In der Kugelbahn kommt kein Gegenstück eines Schalters vor. Beschreibe ein Teil, das man einbauen könnte, um einen Schalter zu symbolisieren.
- Das Schaufelrad, das von den Kugeln angetrieben wird, soll sich schneller drehen. Beschreibe einen Weg, auf dem sich das erreichen lässt. Gib die Auswirkungen auf den Stromkreis, den wir als Modell beschreiben wollen, an.
- Sabine ist mit dieser Modellvorstellung für einen Stromkreis nicht zufrieden. Sie meint: „Die Kugeln rollen ja von ganz alleine nach unten und wenn die Kette langsam läuft, dann gibt es am untersten Punkt einen Stau“. Beurteile ihre Einwände.

### M2 Galvanische Zellen und Akkumulatoren - Stromkreise

Galvanische Zellen (umgangssprachlich: Batterien) und Akkumulatoren (kurz: Akkus) kommen in vielen Geräten zum Einsatz. Form und Größe sind dabei verschieden. Das Bild gibt einen

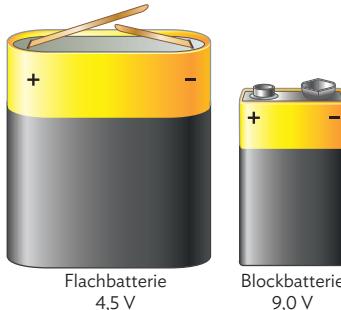


#### Arbeitsauftrag

- Baue einen Stromkreis aus einem Glühlämpchen und einer Flachbatterie auf. Ersetze dann die Flachbatterie durch eine Batterie des Typs AA. Halte deine Beobachtung fest.

Überblick über die häufigsten Typen. Für besonders kleine Geräte gibt es noch sogenannte Knopfzellen. Im Unterschied zu Batterien können Akkus wieder aufgeladen werden.

**i** Beachte: Batterien und Akkus sind in entsprechenden Sammelbehältern zu entsorgen, da sie giftige Chemikalien enthalten.



- b) Verwende nun eine Halterung **v** für vier AA-Zellen statt der Flachbatterie. Setze die Zellen zunächst in der vorgesehenen Richtung ein und ändere dann die Richtung einzelner Zellen. Notiere Deine Beobachtungen.
- c) Überlege dir den Aufbau einer Flachbatterie, indem du sie mit den AA-Zellen vergleichst und deine Erkenntnisse aus b) nutzt.

## Versuche und Materialien zu Kapitel 3.3

### M3 Vorsicht Spannung

Hochspannungsleitungen spielen für die Stromversorgung eine sehr bedeutende Rolle, da Kraftwerk und Haushalt meist weit voneinander entfernt liegen. An den Leitungen liegt eine hohe Spannung an, sodass sie gut gegenüber den Masten isoliert sein müssen. Das geschieht mit einem Bau teil, das den elektrischen Strom nicht leitet und dadurch einen Kontakt zwischen Mast und Leitung verhindert.

An einem Elektrozaun um eine Weide liegt eine viel kleinere Spannung an. Trotzdem muss auch bei einem Elektrozaun der elektrische Leiter gegenüber der Erde isoliert werden!



**i** Bei sogenannten Freileitungen unterscheidet man:

Niederspannung:	unter 1 kV
Mittelspannung:	1 kV bis 30 kV
Hochspannung:	30 kV bis 150 kV
Höchstspannung:	über 150 kV

### Arbeitsauftrag

- a) Recherchiere im Internet nach der Spannung, die an einen elektrischen Weidezaun anliegt und erkläre, dass sie trotzdem für Menschen und Tiere ungefährlich ist.
- b) Du kannst bei unterschiedlichen **v** Materialien testen, ob sie den elektrischen Strom leiten. Baue mit einer Flachbatterie einen geeigneten Stromkreis auf und zeichne das zugehörige Schaltbild. Halte deine Beobachtungen in einer Tabelle fest.
- c) Erkläre das unterschiedliche Aussehen der abgebildeten Isolatoren. Suche in deiner Umgebung weitere Isolatoren und mache eine Aussage über die Spannungen, die ohne Isolator zwischen Leitung und Mast anliegen würden.

**!** Halte ausreichend Abstand zu Strommasten!

## 2.1 Modell des elektrischen Stromkreises .....

### Modellbildung als Triebfeder der Physik

Bereits aus der 7. Jahrgangsstufe kennst du Modelle wie das Kern-Hülle-Modell oder das Modell der Lichtstrahlen als wichtige Hilfsmittel, um experimentelle Ergebnisse zu deuten und unsere Vorstellungen von physikalischen Zusammenhängen zu veranschaulichen. Dabei dienen die Modelle nicht nur der Erklärung, sondern helfen uns ebenso, theoretische Vorstellungen weiterzuentwickeln.

- i** Das Elektron, dargestellt als kleines, negativ geladenes Kugelchen.



Das ist ein häufig verwendetes Modell. Niemand weiß jedoch, wie ein Elektron tatsächlich aussieht.

Ein Modell ist eine vereinfachte, oftmals bildliche, Darstellung der Wirklichkeit. Mithilfe von Modellen lassen sich komplizierte reale Sachverhalte und Vorgänge anschaulich beschreiben und erklären.

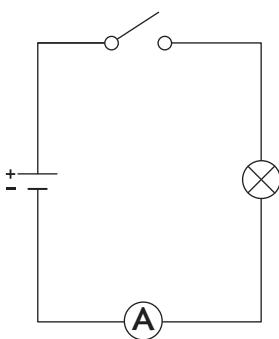
Ein Modell ist umso besser, je mehr Gemeinsamkeiten und je weniger Unterschiede es zwischen ihm und dem realen Sachverhalt gibt. Da jedes Modell aber auch seine Grenzen hat, gibt es oftmals zu dem gleichen Sachverhalt auch unterschiedliche Modelle, die jeweils bestimmte Gesichtspunkte besonders gut veranschaulichen.

### Wasserstromkreis als Modell des elektrischen Stromkreises

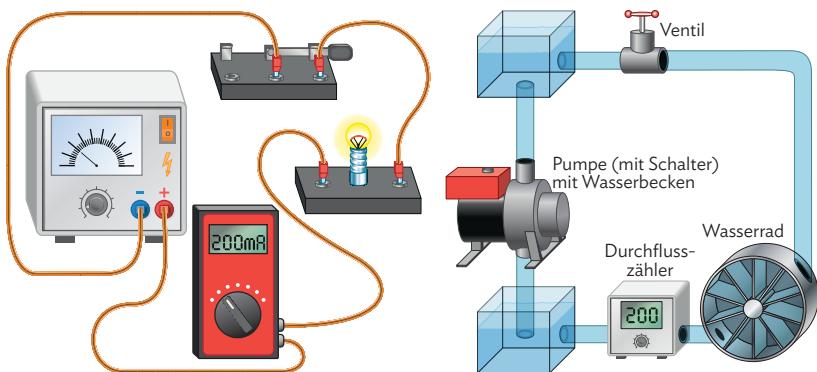
Die Vorgänge des elektrischen Stromkreises lassen sich durch den Vergleich mit einem Wasserstromkreis veranschaulichen, wie er in ähnlicher Form als Heizwasserkreislauf in vielen Wohnungen eingesetzt wird.

In B2 ist ein einfacher Stromkreis abgebildet: Er besteht aus einer Elektrizitätsquelle, einem Schalter, einer Lampe und einem Stromstärkemessgerät. Der entsprechende Wasserstromkreis besteht aus einer Pumpe mit je einem Wasserbecken unten und oben, einem Absperrventil, einem Wasserrad, dessen Drehbewegung genutzt wird, sowie einem Durchflusszähler.

Einen Vergleich zwischen Strom- und Wasserkreislauf findest du in der Tabelle auf der nächsten Seite.



**B1** Schaltbild eines elektrischen Stromkreises.



**B2** Ein einfacher elektrischer Stromkreis und ein entsprechender Wasserstromkreis.

Vorgänge im Wasserstromkreis	Vorgänge im elektrischen Stromkreis
Die Pumpe hebt Wasser nach oben in das obere Becken.	Die Elektrizitätsquelle stellt Elektronen am Minuspol bereit.
Wird das Absperrventil geöffnet, fließt das Wasser zum unteren Becken. Dabei bewegen sich alle Wasserteilchen in der Wasserleitung sofort.	Wird der Schalter geschlossen, fließen die Elektronen zum Pluspol. Dabei bewegen sich alle Elektronen in der Stromleitung sofort.
Fließt das Wasser durch das Wasserrad, beginnt sich das Wasserrad zu drehen.	Fließen die Elektronen durch den Draht der Lampe, beginnt die Lampe zu leuchten.
Der Durchflusszähler misst die Wassermenge, die pro Sekunde durch den Leitungsquerschnitt fließt.	Das Stromstärkemessgerät misst die Ladungsmenge, die pro Sekunde durch den Leiterquerschnitt fließt.
Die Pumpe ersetzt die Wassermenge, die aus dem oberen Becken abfließt, durch Wasser aus dem unteren Becken.	Die Elektrizitätsquelle ersetzt die Elektronen, die am Minuspol abfließen, durch andere, die durch Ladungstrennung im Inneren frei werden.
Der Wasserstrom ist überall in der Wasserleitung gleich groß, es fließen keine Wasserteilchen ab.	Die elektrische Stromstärke ist überall in der Stromleitung gleich groß, es entweichen keine Elektronen.
Wird das Absperrventil zugeschraubt, bleibt das Wasser in der Wasserleitung stehen, das Wasserrad stoppt. Der Wasserdurchfluss sinkt auf null.	Wird der Schalter geöffnet, stoppen alle Elektronen in der Leitung sofort, die Lampe erlischt. Die Stromstärke sinkt auf null.
Aber kein Modell ist perfekt! Eine Schwäche dieses Modells ist z. B.: Aus einer undichten Wasserleitung tritt Wasser aus, während Elektronen in einem Draht bleiben.	<b>! Fasse nie offene Stromleitungen an!</b>

### Musteraufgabe

Im täglichen Leben spricht man oft vom „Stromverbrauch“. Begründe mithilfe des Wasserstromkreises, dass dieser Begriff physikalisch gesehen nicht richtig ist.

### Lösung

Die Wasserteilchen bewegen sich von einem Wasserbecken zum anderen, ohne dass sie verlorengehen. Sie werden also nicht „verbraucht.“ Gleichermaßen gilt für die Elektronen im Stromkreis. Physikalisch gesehen wird also kein Strom „verbraucht“.

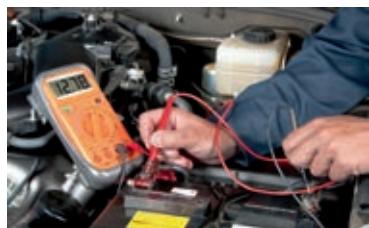
### Arbeitsaufträge

- 1 In einem Stromkreis lassen sich die Anschlüsse an der Elektrizitätsquelle vertauschen. Erkläre mithilfe des Modells eines Wasserstromkreises die Art und Weise, in der sich die Vorgänge im elektrischen Stromkreis nach diesem Umpolen verändert haben.
- 2 Durch Experimente und Berechnungen lässt sich herausfinden, dass die Geschwindigkeit, mit der sich die Elektronen in einem elektrischen Leiter bewegen, in der Regel nur wenige zehntel Millimeter pro Sekunde beträgt. Erkläre, dass eine Deckenlampe trotzdem sofort leuchtet, wenn man den Lichtschalter betätigt, obwohl er einige Meter von der Lampe entfernt ist.
- 3 Erstelle den Schaltplan einer UND- bzw. einer ODER-Schaltung. Erläutere für beide Schaltungen, wie das Wasserstromkreismodell angepasst werden muss. Erkläre dann die entsprechenden physikalischen Vorgänge im jeweiligen Stromkreis.

 Hilfestellung auf Seite 196-198

## 2.2 Elektrische Spannung

### Elektrische Spannung als Antrieb für den elektrischen Strom



**B1** Funktionsüberprüfung einer Autobatterie vor dem Winter.

Batterien und Akkumulatoren („Akkus“) gibt es in verschiedenen Bauformen und Größen, beispielsweise auch in jedem Auto als Autobatterie. Vor allem in Elektroautos haben sie als Energiespeicher zunehmende Bedeutung. Wie du bei vielen Batterien sehen kannst, werden sie oftmals durch eine Aufschrift wie z. B. „4,5 V“ charakterisiert.

Diese beispielhafte Angabe beschreibt, wie stark die Elektronen auf ihrem Weg durch den Leitungsdraht und das Lämpchen von der Batterie angetrieben werden. Ist der Antrieb stärker, so fließen beim gleichen Stromkreis in einer Sekunde auch mehr Elektronen vom Minus- zum Pluspol. Die Stromstärke ist also größer und das Lämpchen leuchtet heller. Um einen elektrischen Stromkreis zu beschreiben, benötigen wir somit neben der Stromstärke noch eine weitere physikalische Größe, die uns angibt, wie stark die Elektrizitätsquelle die Ladungsträger antreibt. Wir nennen sie die elektrische Spannung  $U$ . Ihre Einheit ist 1 Volt (1 V).

**i** Abkürzend schreibt man manchmal auch  $[U] = 1V$ .

**i** Die ersten zuverlässigen Elektrizitätsquellen waren Zellen mit unterschiedlichen Metallen, zwischen denen chemische Reaktionen abliefen. Die Spannung 1 V wurde deshalb früher mithilfe von genau festgelegten „Einheitszellen“ definiert.

Jeder Stromkreis erfordert eine elektrische Spannung  $U$ , die die Ladungsträger antreibt. Je größer beim selben Stromkreis die elektrische Spannung der Elektrizitätsquelle ist, desto größer ist die elektrische Stromstärke im Stromkreis. Die elektrische Spannung ist dabei ein Maß für die Größe des Antriebs für jedes einzelne Elektron.

**i** Auch hier gelten die bekannten Vorsilben:

$$1 \mu\text{V} = \frac{1}{1000000} \text{ V}$$

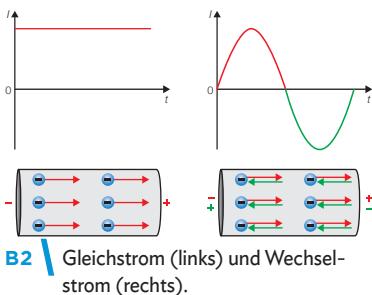
$$1 \text{ mV} = \frac{1}{1000} \text{ V}$$

$$1 \text{ kV} = 1000 \text{ V}$$

$$1 \text{ MV} = 1000000 \text{ V}$$

Hier findest du einige Beispiele für Spannungswerte im Alltag:

EEG (Elektroenzephalogramm) von Gehirnzellen	5-100 $\mu\text{V}$
EKG (Elektrokardiogramm) vom Herzmuskel	0,1-1,5 mV
Steckdose (in Deutschland)	230 V
Hochspannungsleitungen	1-380 kV
Blitz	1-100 MV



### Gleich- und Wechselspannung

Werden die Ladungsträger von der Elektrizitätsquelle immer in die gleiche Richtung angetrieben, dann spricht man von Gleichstrom. Die Elektrizitätsquelle liefert Gleichspannung (Beispiel: Batterie). Treibt die Elektrizitätsquelle dagegen die Ladungsträger abwechselnd in die eine und dann wieder in die andere Richtung, so sprechen wir von Wechselstrom (vgl. B2). Die Elektrizitätsquelle vertauscht also ständig die Pole und liefert eine sogenannte Wechselspannung (Beispiel: Steckdose).

## Die Spannung im Wasserstromkreismodell

Vorgänge im Wasserstromkreis	Vorgänge im elektrischen Stromkreis
Die Pumpe bewirkt einen Höhenunterschied des Wassers.	Die Elektrizitätsquelle erzeugt eine Spannung.
Der Höhenunterschied zwischen den beiden Wasserbecken ist ein Maß für die Stärke des Antriebs für jedes einzelne Wasserteilchen.	Die elektrische Spannung ist ein Maß für die Stärke des Antriebs für jedes einzelne Elektron.
Fließt das Wasser aus einer größeren Höhe durch die Wasserleitung, so fließt es schneller. Der Wasserdurchfluss ist höher.	Bei einer höheren Spannung fließen die Elektronen schneller durch denselben Stromkreis. Die elektrische Stromstärke ist größer.

## Schaltungen mit Batterien

In Versuchen sehen wir: Schalten wir Batterien jeweils mit Minus- an Pluspol in eine Reihe, so addieren sich die Batteriespannungen zur Gesamtspannung.

Schaltet man dagegen alle Pluspole und alle Minuspole zusammen, so bleibt die Gesamtspannung gleich. Hier kann jedoch im selben Stromkreis länger ein Strom fließen, weil jede Batterie nur eine gewisse Menge an Ladungsträgern zur Verfügung stellen kann.

**i** Autobatterien bestehen daher aus mehreren einzelnen Bleiakkumulatoren, die jeweils eine Spannung von 2 V liefern.

## Musteraufgabe

Erkläre mit dem Wasserstromkreismodell, dass sich Spannungen von Elektrizitätsquellen addieren, die wie eine Autobatterie aufgebaut sind.

## Lösung

Die Elektrizitätsquellen entsprechen aufeinanderfolgenden Pumpen, die das Wasser noch weiter nach oben pumpen. Mit jeder Pumpe nimmt die Höhe des obersten Wasserbeckens zu.

## Arbeitsaufträge

- Gib folgende Spannungen ohne Vorsilbe und in Zehnerpotenzschreibweise an:  
8 mV; 12,4 kV; 5 MV; 3  $\mu$ V; 1400 mV; 0,007 MV
- Erkläre mit dem Wasserstromkreismodell, dass die Gesamtspannung beim Parallelschalten von identischen Elektrizitätsquellen gleich bleibt.
- Vier AA-Batterien lassen sich in unterschiedlicher Weise hintereinander schalten. Dabei ergeben sich verschiedene Spannungen. Überlege dir die möglichen Spannungswerte und erstelle jeweils einen Schaltplan für die Batterien.
- Auch im Tierreich spielen elektrische Spannungen eine Rolle. Recherchiere, welche Tiere elektrische Spannungen einsetzen. Halte jeweils den Wert der erzeugten Spannung fest und wozu sie dient.

weitere passende Aufgaben: S. 41, Nr. 4

- Die Spannung im Stromnetz kann je nach Land unterschiedlich sein. Während in Europa vielfach 230 V anliegen, sind es in den USA nur 110 V. Ein Fön für Reisen hat daher einen Umschaltknopf. Gib Gründe an, aus denen dieser nötig ist.
- Auf elektrischen Geräten findest du wichtige Informationen auf dem sogenannten Typenschild:



Halte für ein Ladegerät die Angaben zu den elektrischen Größen fest und deute sie.

**+** Hilfestellung auf Seite 196-198



# 3 Elektrischer Widerstand

## 3.1 Schülerexperiment: Messen elektrischer Größen

### V1 Messen elektrischer Größen

#### Vorgehen

1. Zur Messung von Spannung und Stromstärke musst du dich mit Vielfachmessgeräten (Multimetern) vertraut machen. Sie unterteilen sich in die Anzeige, die Messbereichseinstellung und die Anschlussbuchsen. Du verwendest immer die COM-Buchse und dann diejenige Buchse, die mit der entsprechenden Maßeinheit beschriftet ist.



**!** **Arbeite nur mit Spannungen bis 25 V, außer du bist über die Gefahren belehrt worden!**

2. Da das Stromstärkemessgerät (Ampermeter) alle Elektronen registrieren soll, die pro Sekunde durch den Leiterquerschnitt fließen, muss es direkt in die Leitung eingefügt werden, die zur Lampe führt. Das Spannungsmessgerät (Voltmeter) soll dagegen die Spannung zwischen zwei Punkten anzeigen, so dass es vor und nach dem Lämpchen anzuschließen ist.

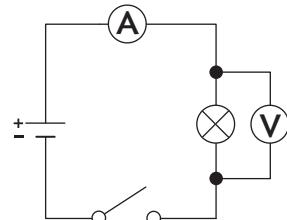
3. Bevor du den Stromkreis schließt, musst du den Messbereich der Messgeräte so einstellen, dass sie während der Messung nicht beschädigt werden. Im Zweifelsfall wählst du jeweils den höchsten Messbereich und passt ihn später solange an, bis du den Messwert am genauesten ablesen kannst.

#### Arbeitsaufträge

- a) Mache dich mit dem Multimeter vertraut. Du kannst den Einsatz des Geräts auch mit einer Simulation trainieren.
- b) Zeichne in einen einfachen Stromkreis sinnvoll Stromstärke- oder Spannungsmessgeräte an verschiedenen Positionen ein.



MC 67048-05



### Methode

#### Messgenauigkeit

Je nach Messgerät kannst du mehr oder weniger genau messen. Bei einem digitalen Multimeter kannst du dich an der letzten Stelle der Anzeige orientieren. Wenn die Anzeige z. B. 10,32 V lautet, dann kannst du bestenfalls auf 0,01 V genau messen. Das hat auch Auswirkungen auf Rechnungen. Es ist unsinnig, ein Ergebnis genauer anzugeben als die Werte, aus denen es berechnet wird. Für das Vorgehen gibt es eine Faustregel.

#### Faustregel:

Das Ergebnis einer Rechnung hat nur so viele gültige Ziffern wie der ungenaueste Messwert, der in der Rechnung verwendet wird. Gültige Ziffern (gZ) sind dabei alle vorkommenden Ziffern bis auf Nullen, die am Anfang stehen: 10,05 V hat 4 gZ, 0,05 V hat 1 gZ.

#### Beispiele:

$9,406 \text{ V} - 0,4 \text{ V} = 9 \text{ V}$  (wegen 1 gZ)

$3,02 \text{ V} + 0,040 \text{ V} = 3,060 \text{ V} = 3,1 \text{ V}$  (wegen 2 gZ)

## V2 Erstellen von Spannung-Strom-Kennlinien

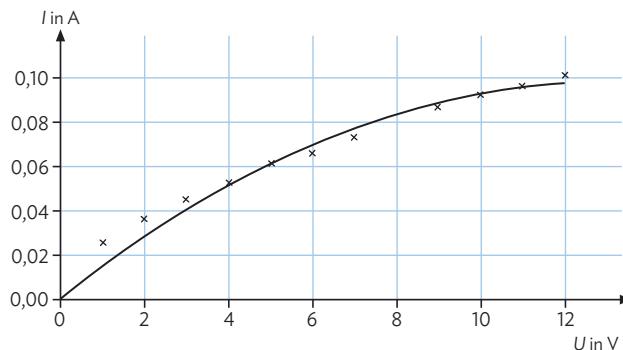
Wenn du ein Lämpchen an Batterien mit verschiedenen Spannungswerten anschließt, wird es unterschiedlich hell leuchten. Dabei stellt sich die Frage, ob bei doppelter oder dreifacher Spannung auch die doppelte oder dreifache Stromstärke fließt. Um das zu untersuchen, müssen wir für verschiedene Spannungen  $U$  die Stromstärke  $I$  messen und in einem Diagramm eintragen ( $U$ - $I$ -Kennlinie).

### Vorgehen

1. Zur Bestimmung einer  $U$ - $I$ -Kennlinie genügt ein einfacher Stromkreis mit Strom- und Spannungsmessgerät, so wie auf der linken Seite dargestellt. Statt einer Batterie verwendest du eine regelbare Elektrizitätsquelle, ein sogenanntes Netzgerät. Dabei ist auf die richtige Auswahl der Buchsen (Plus- und Minuspol für Gleichspannung) oder auch des Drehknopfs zu achten.
2. Nach Möglichkeit veränderst du die Spannung in gleichbleibenden Schritten und misst dazu jeweils die Stromstärke. Eine sorgfältige Messung sollte 5 bis 10 Messpaare umfassen. Die Ergebnisse hältst du in einer Tabelle fest – die dritte Zeile bleibt noch leer:

$U$ in V					
$I$ in A					
<b>KEINE EINTRAGUNG!</b>					

3. Zur Veranschaulichung der Ergebnisse dient ein  $U$ - $I$ -Diagramm. Das ist ein Koordinatensystem, bei dem die Spannung  $U$  nach rechts und die Stromstärke  $I$  nach oben aufgetragen wird. Denke an die vollständige Beschriftung der Achsen:  $U$  in V und  $I$  in A oder mA.



4. Die Messpunkte im Diagramm verbindest du durch eine glatte Freihandkurve so, dass alle Punkte der Kurve möglichst nahe kommen. Diese Kurve, bei der es sich auch um eine Gerade handeln kann, bezeichnen wir als  $U$ - $I$ -Kennlinie. Damit drücken wir aus, wo wir weitere Messwerte zwischen unseren Messpunkten erwarten würden, ohne es sicher zu wissen.

### Methode

#### Versuchsprotokoll

Erinnere dich: Ein Versuchsprotokoll gliedert sich in („ZABMA“):

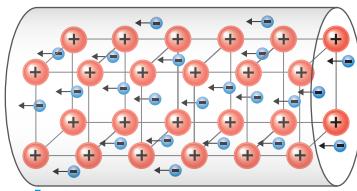
- Ziel (Z) des Versuchs
- Aufbau (A)
- Beschreibung (B) der Versuchsdurchführung
- Messergebnisse (M)
- Auswertung (A)

### Arbeitsauftrag

- a) Bestimme in einem Experiment die  $U$ - $I$ -Kennlinie für ein Lämpchen und erstelle dazu ein Versuchsprotokoll mit den in der **Methode** aufgeführten Schritten.
- b) Wiederhole die letzten beiden Schritte, wo bei du das Lämpchen durch ein spezielles elektrisches Bauteil zur Strombegrenzung („Widerstand“) ersetzt.
- c) Beschreibe den Verlauf der beiden  $U$ - $I$ -Kennlinien. Erläutere die Vorteile einer grafischen Darstellung gegenüber einer Tabelle.



## 3.2 Elektrischer Widerstand



B1 Elektronenstrom im Metalldraht.

i R wie resistance (engl., franz.)

i  $U = R \cdot I$  oder kurz „URI“

i Die Merkregel gilt nicht für alle Materialien! Im Allgemeinen ändert sich der Widerstand je nach angelegter Spannung!

i Unterscheide die physikalische Größe R und die zugehörige Einheit  $\Omega$ .

i Erinnerung:  
Für ein Rechteck gilt  $A = l \cdot b$   
Du weißt bereits:  $l = \frac{A}{b}$ ;  $b = \frac{A}{l}$

Vergleiche:

$$R = \frac{U}{I} \quad 5 = \frac{10}{2}$$

Dann gilt:

$$R \cdot I = U \quad 5 \cdot 2 = 10$$

und

$$I = \frac{U}{R} \quad 2 = \frac{10}{5}$$

i Widerstand: Einerseits elektrische Größe, andererseits Bauteil!

i Orientierungswerte:  
Fön 40  $\Omega$   
Sparlampe 2 k $\Omega$   
Radio 8 k $\Omega$   
Spannungsmessgerät 10 M $\Omega$

### Bestimmung des elektrischen Widerstands

Untersuchen wir die Spannung und die Stromstärke für verschiedene Glühlämpchen (vgl. Schülerexperiment S. 23), so erhalten wir bei gleicher Spannung ganz unterschiedliche Stromstärken. Obwohl also der Antrieb für die Ladungsträger durch die Elektrizitätsquelle jeweils gleich ist, können sich die Ladungsträger offensichtlich jeweils unterschiedlich leicht durch das Material bewegen. Man sagt: Jedes Bauteil setzt den Ladungsträgern einen bestimmten elektrischen Widerstand entgegen.

Legen wir an zwei Bauteile die gleiche Spannung an, dann deutet eine kleine Stromstärke auf einen großen elektrischen Widerstand hin; eine große Stromstärke bedeutet einen kleinen elektrischen Widerstand. Somit verhält sich der elektrische Widerstand entgegengesetzt zur Stromstärke, wenn in beiden Fällen die anliegende Spannung gleich ist. Wir definieren den elektrischen Widerstand  $R$  so, dass er mit der Stromstärke  $I$  multipliziert die angelegte Spannung  $U$  ergeben soll. Kurz:  $R \cdot I = U$ .

Teilen wir die Spannung  $U$ , die an den Anschlüssen eines Bauteils anliegt, durch die Stromstärke  $I$ , die durch das Bauteil fließt, so erhalten wir den elektrischen Widerstand  $R$  des Bauteils.

$$\text{Kurz: Widerstand} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Stromstärke}} \text{ oder mit Formelzeichen: } R = \frac{U}{I}$$

Die Einheit des Widerstands heißt Ohm ( $1 \Omega$ ). Aus der Gleichung für den Widerstand erhalten wir:  $[R] = 1 \Omega = 1 \frac{V}{A}$ .

### Methode

#### Rechnen mit Einheiten

Durch Einheiten können wir kontrollieren, ob wir richtig gerechnet haben. Ausgehend von  $[R] = 1 \Omega = 1 \frac{V}{A}$  ergibt sich für die Gleichung  $U = R \cdot I$ :

$$[U] = 1 \Omega \cdot A = 1 \frac{V}{A} \cdot A = 1 V.$$

Und bei der Gleichung  $I = \frac{U}{R}$  erhalten wir, wenn wir mit dem Kehrbruch des Nenners multiplizieren:  $[I] = 1 \frac{V}{\Omega} = 1 \frac{V}{\frac{V}{A}} = 1 V \cdot \frac{A}{V} = 1 A$ .

### Musteraufgabe

Eine Flachbatterie mit der Spannung  $U = 4,5 V$  ist an ein Lämpchen angeschlossen. Die Stromstärke im Stromkreis beträgt  $I = 100 \text{ mA}$ . Bestimme den Widerstand des Lämpchens.  
Achte dabei auch auf die gültigen Ziffern.

#### Lösung

Für die Berechnung müssen die Größen immer in den Einheiten V, A und  $\Omega$  angegeben werden:  
 $I = 0,100 \text{ A}$   
 $R = \frac{U}{I} = \frac{4,5 \text{ V}}{0,100 \text{ A}} = 45 \Omega$   
Es gilt die Regel mit den gültigen Ziffern. Hier sind es 2, wegen der Spannungsangabe.

## Der Widerstand im Wasserstromkreismodell

Auch der elektrische Widerstand lässt sich im Wasserstromkreismodell veranschaulichen: Je schwerer sich das Wasserrad drehen lässt, desto größer ist sein mechanischer Widerstand. Damit weiterhin die gleiche Wassermenge pro Zeit durch das Rad fließt und es sich somit gleich schnell dreht, muss auch der Höhenunterschied zwischen den beiden Wasserbecken entsprechend größer werden.

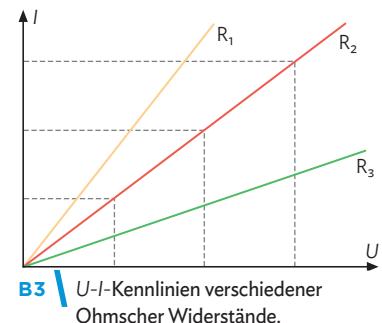


B2 | Schaltzeichen für einen Ohmschen Widerstand.

## Ohmscher Widerstand

Wie sich im Experiment zeigt, ändert sich mit der angelegten Spannung oftmals nicht nur die Stromstärke, sondern auch der elektrische Widerstand eines Bauteils. Es gibt aber auch solche, bei denen der elektrische Widerstand konstant bleibt. Diese besonderen Bauteile (Schaltzeichen: siehe B2) sind nützlich, wenn es darum geht, die Stromstärke in einer elektrischen Schaltung zu begrenzen und so Gefahren zu vermeiden. Es gibt deshalb eine eigene Bezeichnung:

Bei einem Ohmschen Widerstand bleibt der Widerstand unabhängig von Spannung oder Stromstärke stets gleich. Die  $U$ - $I$ -Kennlinie eines Ohmschen Widerstands ist eine Ursprungshalbgerade.



B3 |  $U$ - $I$ -Kennlinien verschiedener Ohmscher Widerstände.

## Musteraufgabe

Bei Hochspannungsgeräten verwendet man oft Schutzwiderstände, z. B. mit  $R = 10 \text{ M}\Omega$ . Berechne die Stromstärke durch den Schutzwiderstand, wenn er an die Spannung  $U = 24 \text{ kV}$  angeschlossen wird.

### Lösung

Einheitenumrechnung:

$$R = 10 \text{ M}\Omega = 10\,000\,000 \Omega; U = 24 \text{ kV} = 24\,000 \text{ V}.$$

Berechnung der Stromstärke: Aus  $R = \frac{U}{I}$  ergibt sich  $R \cdot I = U$  und  $I = \frac{U}{R} = \frac{24\,000 \text{ V}}{10\,000\,000 \Omega} = 0,0024 \text{ V} \cdot \frac{\text{A}}{\text{V}} = 2,4 \text{ mA}$  (2 gültige Ziffern!)

## Arbeitsaufträge

- 1 | In den Tabellen zum Schülerexperiment (S. 23) ist noch eine Zeile frei. Berechne darin jeweils aus  $U$  und  $I$  den elektrischen Widerstand  $R$  in  $\Omega$ .
  - 2 | Stelle in einer Übersicht die drei bekannten elektrischen Größen mit Namen, Formelzeichen und Grundeinheit dar. Gib, sofern möglich, auch die Definitionsgleichung an und nenne weitere häufig vorkommende Einheiten.
  - 3 | Gehe von der Gleichung  $U = R \cdot I$  aus und gib einer der Größen einen festen Wert. Beschreibe mit Jedes-Aussagen, wie die beiden anderen Größen dann noch veränderbar sind. Veranschauliche diese Beziehungen am Wasserstromkreismodell.
  - 4 | a) Erläutere, wie die Widerstandswerte im Schülerexperiment auf S. 23 mit dem Verlauf der Kennlinien zusammenhängen.  
b) Deine Messwerte für  $U$  und  $I$  sind nicht genau, sondern können in der letzten Ziffer um 1 höher oder niedriger sein. Schätze die Ungenauigkeit der Widerstandswerte ab, indem du jeweils den kleinstmöglichen und den größtmöglichen Wert berechnest. Vergleiche mit der Regel der gültigen Ziffern.
  - 5 | Zeichne ein  $U$ - $I$ -Diagramm mit den Kennlinien eines Ohmschen Widerstandes und eines Bauteils, dessen Widerstand mit der Spannung zunimmt.
- ↳ weitere passende Aufgaben:  
S. 41, Nr. 5, 6, 7; S. 42, Nr. 14, 16 c; S. 43, Nr. 18; S. 44, Nr. 19

### 3.3 Leiter, Isolator, Kurzschluss .....

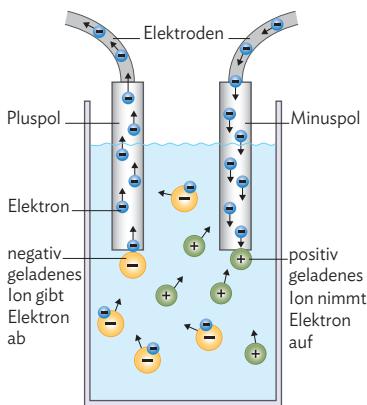


**B1** | Strommast mit Vogelschutz über der Stromleitung bei den Isolatoren.

#### Leiter und Isolatoren

Ein Vogel kann auf einer Stromleitung sitzen, weil das Metallkabel den Strom viel besser leitet als der Vogelkörper. Der Strom fließt deshalb fast ausschließlich durch das Kabel. Keramik- oder Glashalterungen an den Strommasten verhindern dagegen, dass der Strom zur Erde fließen kann. Berührt der Vogel mit seinen Flügeln jedoch zwei Stromleitungen oder eine Stromleitung und den Strommast, so kann die hohe Spannung trotz des Widerstands einen tödlichen Strom durch seinen Körper treiben. Wir unterteilen daher Materialien nach ihrer Leitfähigkeit in zwei Gruppen: Materialien, die den Strom leiten, und solche, durch die kein Strom fließen kann.

Materialien, durch die ein elektrischer Strom fließen kann, nennt man elektrische Leiter. Materialien, durch die kein Strom fließen kann, heißen Nichtleiter oder Isolatoren.



**B2** | Ionenleitung in Salzwasser.

! **Arbeite nur mit trockenen Händen an elektrischen Schaltungen!**

Wie du bereits weißt, erfolgt die Stromleitung in Metallen durch Elektronen. Daher spricht man auch von Elektronenleitung. Aber auch Flüssigkeiten (z. B. Wasser oder Essig) und vor allem heiße Gase (z. B. die Luft beim Blitz) können den Strom leiten (vgl. B2). Voraussetzung dafür sind Atome, die Elektronen abgegeben oder aufgenommen haben und dadurch positiv oder negativ geladen sind, sogenannte Ionen. Sie bewegen sich jeweils zum entgegengesetzten Pol der Elektrizitätsquelle und werden dort entladen. Diesen Vorgang nennt man Ionenleitung.

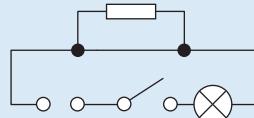
Beispiele für gute Leiter sind alle Metalle, Grafit (Kohle), Salzlösungen, Säuren, Laugen und sehr heiße Gase. Isolatoren sind dagegen Glas, Porzellan, Keramik, verschiedene Kunststoffe, trockenes Holz, destilliertes Wasser und trockene Luft.

Da Wasser in der Regel auch unterschiedliche Ionen enthält, werden manche Nichtleiter zu Leitern, sobald sie nass werden. Dafür kann bereits ein Feuchtigkeitsfilm an der Oberfläche genügen. Daher Vorsicht bei feuchten Körpern im Stromkreis!

#### Musteraufgabe .....

Ein Vogel sitzt auf einer Stromleitung. Erstelle ein Schaltbild der Situation. Überlege dir dabei, durch welches elektronische Bauteil du den Vogel ersetzen musst.

#### Lösung



Der Vogel berührt mit beiden Füßen den Leiter. Sein Widerstand ist durch den Leiter überbrückt.

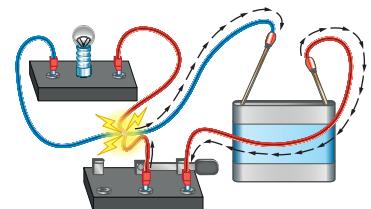
## Kurzschluss

Bisher haben wir nur den Widerstand von Lämpchen und anderen Bauteilen in einem Stromkreis betrachtet. Tatsächlich haben aber auch die Kabel einen elektrischen Widerstand. Weil diese gute Leiter sind, ist ihr Widerstand sehr gering und kann meistens vernachlässigt werden.

Verbindest du aber beide Pole einer Elektrizitätsquelle direkt, so stellt der Widerstand des Kabels die einzige Begrenzung des Stromes dar. Weil der elektrische Widerstand dann so gering ist, kann ein sehr großer Strom fließen. Deshalb musst du beim Experimentieren vor dem Einschalten eines Stromkreises überprüfen, dass du die Pole nicht kurzgeschlossen hast!

Eine leitende Verbindung gegensätzlicher elektrischer Pole ohne nennenswerten elektrischen Widerstand nennt man einen elektrischen Kurzschluss. Von der dabei auftretenden hohen Stromstärke gehen erhebliche Gefahren aus, z. B. Brandgefahr!

In der Regel entstehen Kurzschlüsse unbeabsichtigt, indem beispielsweise die Isolierung von Drähten beschädigt wird (vgl. B3). Verbindet man dagegen bewusst z. B. die Oberleitung der Eisenbahn mit der Erde, um sicherzustellen, dass kein Strom mehr fließt, so spricht man von einer Erdung.



B3 | Kurzschluss im Stromkreis durch einen Isolationsfehler der Kabel.

## Musteraufgabe

Aus Unachtsamkeit verbindest du beim Aufbau eines Stromkreises die beiden Pole einer Flachbatterie ( $U = 4,5 \text{ V}$ ) durch ein Kabel ( $R = 0,1 \Omega$ ) direkt miteinander. Beurteile die auftretenden Gefahren unter Berücksichtigung der maximalen Stromstärke.

### Lösung

Aus den Werten ergibt sich die Stromstärke:

$I = \frac{U}{R} = \frac{4,5 \text{ V}}{0,1 \Omega} = 45 \text{ A}$ . Die hohe Stromstärke wird das Kabel stark erhitzten, sodass die Isolierung des Kabels schmelzen kann. Da die Batterie aber nur eine geringe Spannung besitzt und auch nur begrenzt Elektronen für den Stromfluss zur Verfügung stellt, sollte es zu keinem Brand kommen.

## Arbeitsaufträge

- 1 Für einen Vogel ist es gefährlich, gleichzeitig zwei Stromleitungen zu berühren, da sie zu unterschiedlichen Stromkreisen gehören. Zeichne dazu einen Schaltplan.
- 2 Mit einem Vielfachmessgerät kannst du auch direkt elektrische Widerstände bestimmen. Miss damit den Widerstand zwischen deinen Händen. Experimentiere und dokumentiere, wie du den Körperwiderstand erhöhen oder verringern kannst.
- 3 Stelle das Kern-Hülle-Modell in einer Zeichnung dar. Erkläre, dass Ionen nur dadurch entstehen können.

weitere passende Aufgaben: S. 41, Nr. 8, 9, 10

nen, dass sich die Elektronenzahl im Atom verändert.

- 4 Für die Weihnachtsdeko- ration wird oft „Engelshaar“ verwendet, es besteht einfach aus einem Knäuel mit blankem Kupferdraht. Auf einer Packung steht der Warnhinweis: „Es darf nicht mit spannungsführenden Verbrauchern, z. B. Lichterketten, über 24 V Betriebsspannung in Verbindung gebracht werden.“ Begründe diesen Hinweis aus physikalischer Sicht.





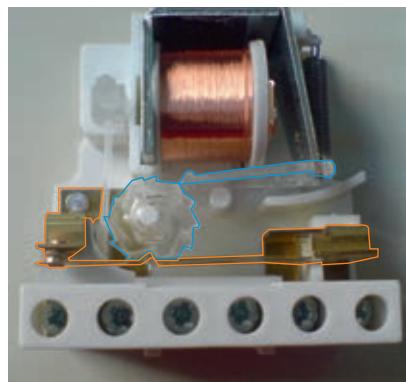
# 4 Schaltkreise im Haushalt

## Versuche und Materialien zu Kapitel 4.1

### M1 Schaltung von Lampen - Schaltbilder

In der Abbildung siehst du den Aufbau eines sogenannten Stromstoßrelais. Es besteht aus einem Schalter, der dadurch umgeschaltet wird, dass ein kurzer Stromimpuls durch einen zweiten Stromkreis fließt.

Um den Stromstoß zu erzeugen, werden Taster benutzt. Das sind Schalter, die den Stromkreis nur dann schließen, während sie gedrückt sind.



#### Arbeitsauftrag

- Recherchiere, z. B. im Internet oder in deinen Aufzeichnungen, den Aufbau einer Wechselrichtung und zeichne das Schaltbild.
- Betrachte die Abbildung des Stromstoßrelais und beschreibe seine Funktionsweise.
- Recherchiere nun die Schaltsymbole für ein Stromstoßrelais und erstelle das Schaltbild für einen einfachen Stromkreis, bei dem eine Lampe über ein Stromstoßrelais ein- und ausgeschaltet werden kann.

### M2 Schmelzsicherungen - Schaltbilder



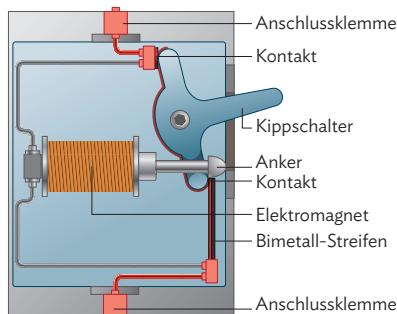
Auf dem linken Bild siehst du einen Sicherungskasten, wie er sich in jedem Auto befindet. Die farbigen Stecker sind sogenannte Schmelzsicherungen. Rechts ist eine der Schmelzsicherungen zu sehen, wenn sie nicht in den Sicherungskasten eingesetzt ist. Jede Sicherung wird direkt an Stelle einer Leitung zu den elektrischen Geräten in den Stromkreis eingefügt (Reihenschaltung, vgl. Kap. 5.2).

#### Arbeitsauftrag

- Zeichne einen Schaltplan für einen Stromkreis, in dem sich eine Schmelzsicherung befindet. Ermittle dazu im Internet das Schaltzeichen einer Schmelzsicherung.
- Schreibe einen Text für eine Website, in dem du den Sinn einer Sicherung den Besuchern der Seite verständlich machst.
- Schmelzsicherungen für verschiedene Stromstärken besitzen unterschiedlich dicke Schmelzdrähte. Erkläre den Zusammenhang zwischen der maximalen Stromstärke und der Dicke des Schmelzdrähtes.

### M3 Der Sicherungsautomat

In Häusern werden Stromkreise mithilfe von sogenannten Sicherungsautomaten vor zu großem Stromfluss geschützt. In dem Sicherungskasten befindet sich für jeden einzelnen Teilstromkreis ein Sicherungsautomat.



Ein Sicherungsautomat ist ein Schalter, der von selbst ausgeschaltet wird, wenn zu viel Strom fließt. Es gibt zwei verschiedene Bestandteile, die die Unterbrechung auslösen können:

1. Einen Elektromagneten, der bei viel zu großen Stromstärken sehr schnell den Stromkreis unterbricht.
2. Ein Bimetall, das bei nur etwas zu großen Stromstärken den Stromkreis unterbricht, wenn sie zu lange fließen.

In beiden Fällen wird der Kippschalter ausgelöst und springt nach unten.



**Ein Bimetall besteht aus zwei verschiedenen Metallen, die fest miteinander verbunden sind. Wenn es erwärmt wird, biegt es sich von selbst durch. Wenn es wieder abkühlt, kehrt es wieder in den ursprünglichen Zustand zurück.**

### Arbeitsauftrag

- Erkläre mithilfe der Darstellung den Vorgang, mit dem der Stromkreis automatisch unterbrochen werden kann.
- Gib in beiden Fällen die Stromwirkung an, mit der die Unterbrechung jeweils ausgelöst wird.
- Begründe, dass das Bimetall erst nach einiger Zeit den Strom unterbricht.
- Informiere dich über die Stromstärke in Haushalten, bei der der Stromkreis unterbrochen wird, z. B. über folgenden Link:



MC 67048-08

### M4 Aufbau von Stromkabeln im Haushalt



Wir haben gelernt, dass für einen Stromkreis eine Verbindung zwischen der Elektrizitätsquelle und dem elektrischen Gerät immer aus zwei Leitern bestehen muss. Wenn man aber Stromkabel untersucht, wie sie für Elektrogeräte im Haushalt eingesetzt werden, dann kann man feststellen, dass unter der Isolierung drei getrennte Adern verlaufen.

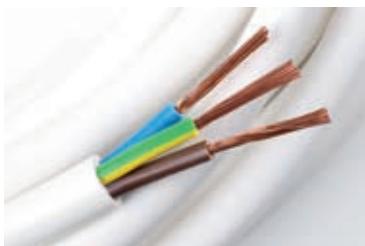
### Arbeitsauftrag

- Die einzelnen Adern des Kabels sind normalerweise immer mit den gleichen Farben markiert. Beschreibe die Bedeutung der drei Adern. Ermittle dafür im Internet die Bedeutung der unterschiedlichen Farben und ihre Namen, z. B. über folgenden Link:



MC 67048-09

- Zeichne das Schaltbild eines Stromkreises mit einer Lampe, indem du mithilfe der üblichen Farben alle drei Adern einzeichnest.



**B1** Die Stromleitungen in Häusern sind mit einem besonderen Farbcode versehen: Der braune Leiter wird Phase genannt, der blaue Nullleiter und der grün-gelbe heißt Erdleitung.

### Sicherheit im Stromnetz

Bei unseren Experimenten setzen wir meist ungefährliche Stromstärken ein. Um aber Strom wirklich technisch zu nutzen, werden häufig deutlich größere Stromstärken benötigt. Damit steigt natürlich das Risiko, dass im Fall eines Unfalls größere Schäden entstehen können.

Bei der Planung unserer Stromnetze wurden daher eine Reihe von Sicherheitsvorkehrungen eingebaut, um gefährliche Situationen zu vermeiden.

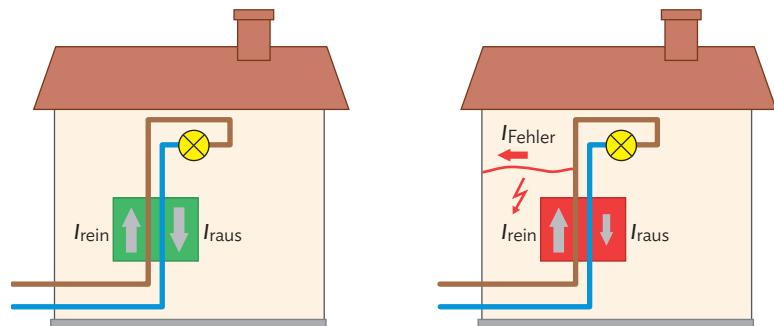
### Sicherungen

Werden zu viele elektrische Geräte an demselben Stromkreis angeschlossen, fließt ein zu großer Strom durch die Leitungen, und es könnte so zu Schäden in den Zuleitungen kommen. In jedem Stromkreis befindet sich daher eine Sicherung. Stellt diese eine zu große Stromstärke fest, unterbricht sie den gesamten Stromkreis (vgl. M3).

Sicherungen im Stromkreis verhindern einen zu großen Stromfluss.

### Fehlerstromschalter

Wenn wegen eines Unfalls der Strom die geplanten Wege (die Kabel) verlässt und unkontrolliert abfließt, muss unbedingt der Stromfluss unterbrochen werden. Dazu befindet sich in jedem Haus ein sogenannter Fehlerstromschalter. Dieser vergleicht die Stromstärken, die durch die beiden Zuleitungen (Phase und Nullleiter, vgl. B1) fließen. Sind die Stromstärken auch nur leicht unterschiedlich, unterbricht der Schalter den Stromkreis.



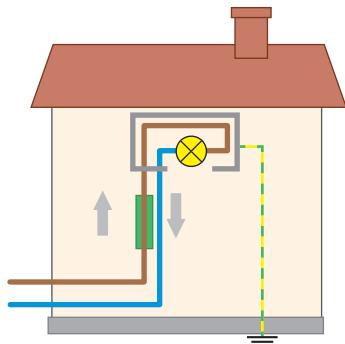
**B2** Fließt irgendwo Strom ab, dann unterbricht der Fehlerstromschalter den Stromkreis.

Der Fehlerstromschalter unterbricht den Stromkreis, wenn sich die Stromstärken in den beiden Anschlussleitungen unterscheiden.

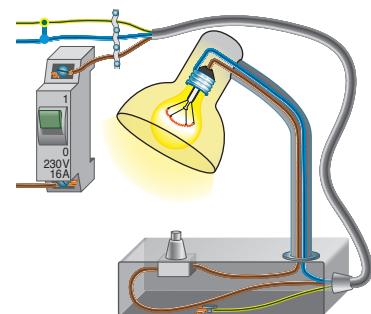
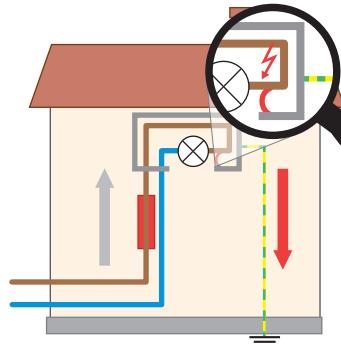
### Der Schutzleiter

Wenn sich im Inneren eines Gerätes die Isolierung von einem Kabel gelöst hat, dann könnte es sein, dass stromleitende Kabel die Verkleidung des Geräts von innen berühren. Jeder Kontakt mit dem Gerät wäre dann le-

bensgefährlich. Um in diesem Fall den Strom abzuleiten und die Sicherung auszulösen, gibt es einen zusätzlichen Leiter, der mit dem Gehäuse verbunden ist (vgl. B3 und B4). Dieser heißt Schutzleiter (vgl. B1). Er führt wie ein Blitzableiter in den Boden (vgl. B3).



**B3** Berührt ein offener Draht die Verkleidung, wird der Strom über den Schutzleiter abgeleitet.



**B4** Anschluss der drei Adern in einer Lampe.

Der Schutzleiter ist ein zusätzlicher Leiter, der metallische Gehäuse von Geräten mit der Erde verbindet.



**B5** Das Symbol wird „Erde“ genannt. Es bedeutet, dass das Stromkabel mit dem Erdboden verbunden ist und alle Ladungen hier abfließen können. Auch der Nullleiter ist mit der Erde verbunden.

## Musteraufgabe

Im Haushalt befinden sich häufig Geräte, wie Elektroherd oder Waschmaschine, in einem eigenen Stromkreis, während alle übrigen Elektrogeräte in dem Raum sich in einem zweiten Stromkreis mit eigener Sicherung befinden. Erkläre den Grund für diese getrennten Schaltungen.

## Lösung

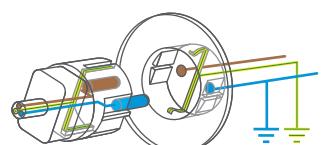
Sicherungen sind dazu da, einen zu großen Stromfluss in einzelnen Stromkreisen zu verhindern. Durch einen Elektroherd oder die Waschmaschine fließt Strom mit einer so großen Stromstärke, dass die Sicherung sofort auslösen würde, wenn sich im Stromkreis zusätzlich noch weitere solcher Geräte befinden würden.

## Arbeitsaufträge

- 1** Nenne die Schutzvorrichtung, die bei den beschriebenen Stromkreisfehlern in Aktion treten wird, und begründe deine Entscheidung.
- Als Peter in die Wand ein Loch für einen Dübel bohrt, dringt der Metallbohrer in das dort verlegte Stromkabel ein.
  - Als die Lampe auf Renates Schreibtisch heruntergefallen ist, ist im Inneren die Isolierung der Zuleitung aufgerissen und das blanke Kabel berührt jetzt das Gehäuse.
  - Ein Gerät, das für den amerikanischen Markt mit 110 V Spannung eingerichtet ist, wird versehentlich an eine deutsche Steckdose angeschlossen.

↪ weitere passende Aufgaben: S. 41, Nr. 11, 12, 13; S. 42, Nr. 15

- 2** Die Abbildung zeigt eine sogenannte Schuko-Steckdose (kurz für Schutzkontaktsteckdose).



Beschreibe in einem kurzen Text ihre Funktionsweise. Gehe dabei auch auf die folgenden Fragen ein:

- Wie lautet die Bezeichnung der Adern, die nach rechts aus der Steckdose laufen?
- Warum befinden sich in der Steckdose und im Stecker die beiden (hier gelb-grün dargestellten) Anschlüsse?



# 5 Parallel- und Reihenschaltungen

## Versuche und Materialien zu Kapitel 5.2

### M1 Elektrische Widerstände als Vorwiderstand

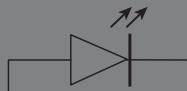
In elektrischen Schaltungen müssen Ströme vielfach begrenzt werden, um wichtige Bauteile wie z. B. eine Leuchtdiode (kurz: LED für (engl.) light-emitting diode) zu schützen. Weil z. B. durch die Batterie die Spannung vorgegeben ist, lässt sich das erreichen, indem man es den Elektronen erschwert, sich durch den Draht zu bewegen. In den Stromkreis muss also ein Widerstand eingebaut werden; man spricht dabei von einem Vorwiderstand.



Die Abbildung oben zeigt eine typische Bauform eines elektrischen Widerstands – einen sogenannten Festwiderstand, der als Ohmscher Widerstand einen festen Widerstandswert besitzt. Festwiderstände gibt es mit ganz unterschiedlichen Widerstandswerten, die durch die Farbmarkierungen auf dem Widerstandsbauteil angegeben werden.



Zur Erinnerung: Das Schaltsymbol für eine LED. Die Spitze des Dreieckssymbols muss dabei immer zum Minuspol der Elektrizitätsquelle zeigen.



#### Arbeitsauftrag

- Erstelle einen Schaltplan für einen Stromkreis mit einer Leuchtdiode und einem Vorwiderstand. Begründe kurz anhand des Wasserstromkreismodells, wie der Vorwiderstand einzubauen ist.
- An einer LED darf maximal eine Spannung von 1,9 V anliegen. Begründe, wieder mit dem Wasserstromkreismodell, die Höhe der Spannung am Vorwiderstand, wenn die LED an eine Flachbatterie (4,5 V) angeschlossen wird.
- In der Situation von b) fließt ein Strom von 20 mA. Berechne den nötigen Vorwiderstand, um die LED anzuschließen.
- Recherchiere die Art und Weise, auf die sich anhand der Farbmarkierung der Widerstandswert eines Festwiderstands bestimmen lässt. Fasse deine Ergebnisse in einem kurzen Text zusammen und bestimme für den oben abgebildeten Festwiderstand den Widerstandswert.

### M2 Potentiometerschaltung

Du weißt bereits, dass auch ein Draht einen Widerstand besitzt. Um ein Glühlämpchen unterschiedlich hell leuchten zu lassen, benötigen wir bei fest vorgegebener Spannung einen veränderlichen Widerstand. Er wird hergestellt, indem ein Draht auf einen Keramikkörper gewickelt und an den Enden mit Anschlüssen verbunden wird. Ein drit-

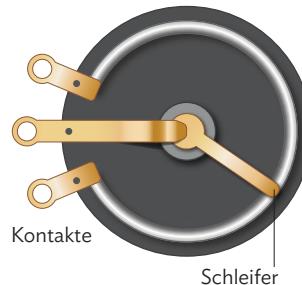
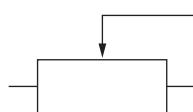


#### Arbeitsauftrag

- Erstelle für das Potentiometer ein Ersatzschaltbild aus zwei Widerständen.
- Entwirf eine Schaltung aus  Potentiometer und Glühlämpchen, sodass sich die

ter Anschluss kann über einen Drehknopf so verschoben werden, dass sich die Drahlänge zwischen diesem dritten Anschluss und jeweils einem der beiden Enden verändert. Damit wird auch der Widerstand größer oder kleiner. Man spricht von einem Potentiometer.

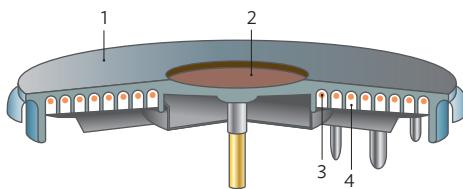
Schaltsymbol:



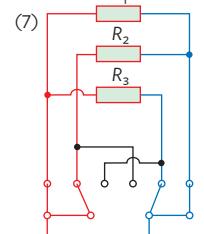
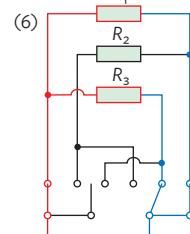
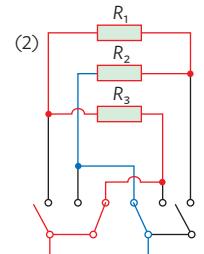
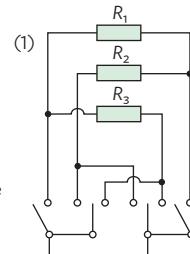
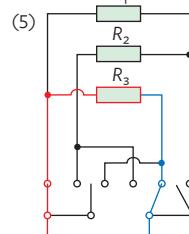
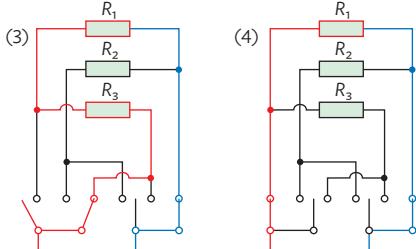
Helligkeit des Lämpchens regeln lässt. Erkläre deine Schaltung und überprüfe sie experimentell oder in einer Simulation.

! Achte darauf, dass kein Kurzschluss entstehen kann!

### M3 Siebentaktschaltung einer Kochplatte



1 beheizter Plattenteil  
2 unbeheizter Plattenteil  
3 Heizdraht  
4 keramische Isoliermasse



Eine klassische Kochplatte besteht aus einem Heizdraht, der sich bei Stromfluss entsprechend erwärmt und die Herdplatte beheizt. Um sie auf unterschiedliche Temperaturen einstellen zu können, unterteilt man den Heizdraht in drei Abschnitte, die unterschiedliche Widerstandswerte besitzen (z. B.  $R_1 = 212 \Omega$ ;  $R_2 = 71 \Omega$ ;  $R_3 = 106 \Omega$ ). Durch die Verbindung der Heizdrähte in wechselnden Schaltungen mit der Elektrizitätsquelle lässt sich die Stromstärke steuern und damit die Temperatur der Heizplatte regulieren. Legt man stets die gleiche Spannung an, so wird in der Reihenschaltung der drei Widerstände (Schaltplan 2) ein kleinerer Strom fließen als in der Parallelschaltung (Schaltplan 7). Mit einem Schaltknopf lassen sich der Reihe nach alle diese sieben Schaltungen einstellen; man spricht deshalb auch von einer „Siebentaktschaltung“.

### Arbeitsauftrag

- Erstelle für jede der Schaltstufen ein vereinfachtes Ersatzschaltbild. Vergleiche dann in der Klasse und suche die übersichtlichste Lösung für jede Schaltung. Formuliere Regeln, nach denen sich elektrische Schaltungen besonders klar und deutlich darstellen lassen.
- Gib die Schaltstufe an, in der sich überprüfen lässt, ob alle Heizdrähte in Ordnung sind.



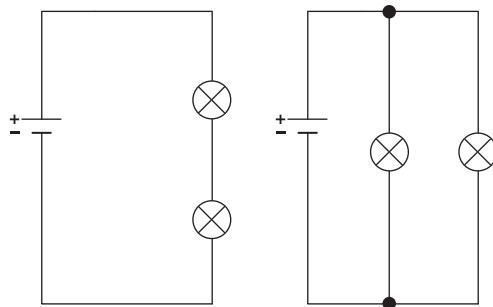
## V1 Vorüberlegungen: Stromkreise mit Reihen- und Parallelschaltungen

Elektrogeräte werden meistens nebeneinander in einem Stromkreis geschaltet, wie bei einer Mehrfachsteckdose. Wir sprechen hier von einer Parallelschaltung. Bei manchen Geräten sind aber auch bestimmte Elemente in einer Reihe hintereinander geschaltet, wie z. B. bei einer einfachen Lichterkette. Wir sprechen von einer Reihenschaltung.



### Regeln der Reihen- und Parallelschaltung

Um Stromkreise planen und beurteilen zu können, müssen wir die Regeln kennen, die für Stromstärken und Spannungen in einer Reihen- oder Parallelschaltung gelten. Die Abbildungen zeigen die beiden Schaltpläne:



Dazu sollst du in V2 dann selbstständig ein Experiment planen, durchführen und strukturiert protokollieren.

**!** **Arbeite nur mit Spannungen bis max. 25 V!**  
Achte auch auf die maximal zulässige Spannung der einzelnen Lampen!

### Methode

#### Modelle für Vorhersagen nutzen

Zur physikalischen Vorgehensweise gehört es, vor einem Experiment bisherige Erkenntnisse insbesondere in Form von Modellen zu nutzen, um zunächst Vermutungen aufzustellen und Vorhersagen zu treffen. Die Stärke eines Modells zeigt sich dann darin, dass die Vermutungen im Experiment bestätigt werden. Andernfalls ist die Modellvorstellung entsprechend zu korrigieren.

### Arbeitsauftrag

- Stelle die Reihen- und Parallelschaltung im Wasserstromkreismodell dar.
- Formuliere mithilfe des Modells jeweils Vermutungen, wie sich Stromstärken und Spannungen bei Reihen- bzw. Parallelschaltungen verhalten. Überlege dir als Hilfe die Stellen, an denen du Messgeräte sinnvoll einfügen kannst, und was sie anzeigen werden.

## Methode

### Experimente schrittweise planen

- Als Grundlage der Planung musst du das Ziel des Experimentes klären: Welche Fragestellung oder Größe soll untersucht werden?
- Dann ist ein erster experimenteller Aufbau, z. B. eine Schaltung, zu entwerfen oder zu beschreiben. Dabei ist auch zu überlegen, welche Materialien für den Aufbau nötig sind. In einer Materialliste werden alle Bauteile mit

den wichtigsten Daten (z. B. „zwei Glühlampen, 6 V, 100 mA“) angegeben.

- Betrachte nun, welche Größen zu messen sind und wie das geschieht, z. B. durch den Einbau von Messgeräten. Daher sind im Entwurf des Aufbaus und in der Materialliste die Messgeräte zu ergänzen oder der Aufbau so zu überarbeiten, dass eine Messung möglich ist.

Damit haben wir bereits auch die Schritte des Versuchsprotokolls (ZABMA) vorbereitet.

## V2 Untersuchung von Stromstärken und Spannungen in Reihen- und Parallelschaltungen

### Verwendung von Vielfachmessgeräten

Der Einsatz von Vielfachmessgeräten wurde bereits in Kapitel 3.1 ausführlich erklärt: Ein Stromstärkemessgerät wird immer an einer Stelle in die Stromleitung eingefügt, ein Spannungsmessgerät an zwei Stellen (vor und nach einem Bauteil).

#### Merkhilfe:



Das Formelzeichen  $I$  der Stromstärke sieht wie eine gerade Stromleitung aus, in die das Ampermeter eingefügt wird.



Das Formelzeichen  $U$  der Spannung gleicht dagegen dem Bogen der Kabel in einer Parallelschaltung, in dem sich das Voltmeter befindet.

**Starte deine Messung erst, wenn eine Lehrkraft deine Schaltung überprüft hat!**

### Simulationen mit Bedacht nutzen

In einer Simulation werden stets bereits bekannte Gesetze oder Phänomene aufbereitet, was sich oft an viel exakteren Ergebnissen als in der Realität zeigt. Daher ist eine Simulation nie einem realen Experiment gleichwertig, in dem das Verhalten der Natur untersucht wird. Dennoch kann eine Simulation zur Vorbereitung eines Experiments helfen, um z. B. den Aufbau einer Schaltung oder den Einsatz von Messgeräten ohne Schaden zu üben (vgl. Flugsimulator). Ebenso kann eine Simulation zur Nachbereitung oder als Ersatz dienen, wenn zu Hause die nötigen Materialien fehlen.

### Arbeitsauftrag

- 1 a) Plane jeweils das Experiment zur Untersuchung von Stromstärken und Spannungen bei einer Reihen- bzw. Parallelschaltung. Verwende als Bauteile zunächst wie auf S. 34 zwei baugleiche Lampen und ersetze sie durch zwei unterschiedliche Ohmsche Widerstände (z. B.  $50\ \Omega$  und  $100\ \Omega$ ). Erstelle dabei insbesondere eine Materialiste und einen Schaltplan mit allen Messgeräten.  
b) Baue nun deine Schaltung aus a) wie geplant mit allen Messgeräten auf. Führe deine Messungen durch und halte deinen Versuch strukturiert fest („ZABMA“, vgl. Kapitel 3.1). Stelle dabei deine Beobachtungen zu Stromstärken und Spannungen in Worten und mit physikalischen Abkürzungen dar.  
c) Gib an, ob du mit deinen Modellvorstellungen (Arbeitsauftrag b) von S. 34) die Ergebnisse richtig vorhersagen konntest.

- 2 Wir fügen in die Reihen- bzw. Parallelschaltung zweier Lampen eine dritte baugleiche Lampe ein.

Begründe die Helligkeitsänderung der bisherigen Lampen und das Verhalten der Stromstärken und Spannungen. Überprüfe experimentell oder z. B. mit folgender Simulation:



MC 67048-10

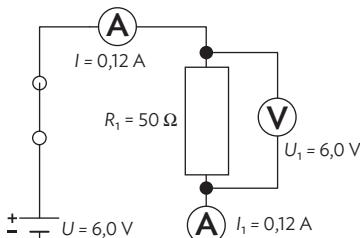
### Methode

#### Aufbau von Schaltungen

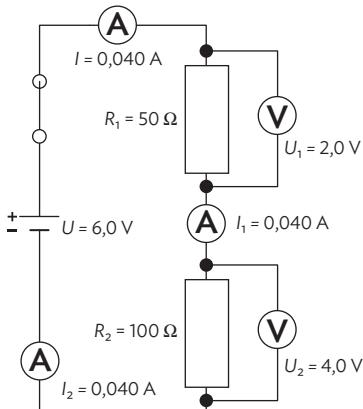
Um eine Schaltung korrekt und übersichtlich aufzubauen, legst du am besten alle Bauteile oder Geräte sinnvoll aus und verbindest sie erst danach miteinander. Beginne dabei mit dem einfachsten Weg vom Pluspol über eine oder mehrere Lampen zum Minuspol. Anschließend

ergänzt du alle weiteren Stromzweige durch die restlichen Lampen und Messgeräte. Im letzten Schritt verbindest du die Elektrizitätsquelle – aber erst, nachdem deine Lehrkraft die Schaltung kontrolliert hat!

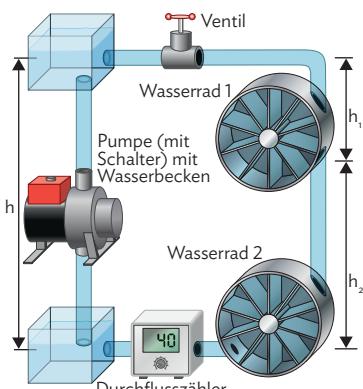
## 5.2 Stromstärken und Spannungen in elektrischen Schaltungen mit maximal drei Widerständen



B1 Beispiel einfacher Stromkreis.



B2 Beispiel Reihenschaltung.



B3 Reihenschaltung im Modell.

### Die Reihenschaltung

Bei einer Reihenschaltung (vgl. V1 und V2) werden alle Lampen mit einer durchgehenden Leitung verbunden. Im Wasserkreislaufmodell entspricht das einer Abfolge von zwei oder mehr Wasserrädern hintereinander. Schalten wir zusätzlich zu dem vorhandenen Widerstand in B1 einen weiteren in Reihe dazu (B2), so wird es für die Ladungsträger noch schwieriger, sich vom einen Pol der Elektrizitätsquelle zum anderen zu bewegen. Entsprechend sinkt bei gleicher Spannung die Stromstärke durch die neue Schaltung ab. Im Wasserstromkreis (B3) wird das Wasser sowohl durch das erste als auch durch das zweite Wasserrad gebremst und kann sich deshalb nur langsam durch das gesamte System bewegen.

Weil es keine Verzweigungen gibt, muss durch jede Stelle des Wasserkreislaufs dieselbe Wassermenge pro Sekunde fließen. Analog dazu herrscht auch im Stromkreis überall die gleiche Stromstärke:  $I = I_1 = I_2$ .

Haben die Wasserräder einen unterschiedlichen mechanischen Widerstand, bedeutet die gleiche Wassermenge pro Sekunde: Auf das Wasserrad mit dem größeren Widerstand muss eine höhere Wassersäule drücken. So wie sich die Höhen der Wassersäulen zum Höhenunterschied der Wasserbecken addieren ( $h = h_1 + h_2$ ), addieren sich auch die Teilspannungen an den Lampen zur Gesamtspannung:  $U = U_1 + U_2$ .

In B2 ist zu sehen, dass die Teilspannungen an den Bauteilen im gleichen Verhältnis wie ihre Widerstandswerte stehen. Ein doppelt so großer Widerstand bedeutet also auch eine doppelt so große anliegende Spannung. Rechnerisch ergibt sich diese Beobachtung aus der überall gleichen Stromstärke. Mit der Gleichung für den Widerstand ( $R = \frac{U}{I}$  bzw.  $I = \frac{U}{R}$ ) ergibt sich aus  $I = I_1 = I_2: \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$  oder durch Umformung  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$

Bei einer Reihenschaltung von zwei Widerständen mit den Werten  $R_1$  und  $R_2$  gilt:

- Die Stromstärke  $I$  ist im Stromkreis überall gleich groß:  $I = I_1 = I_2$ .
- Die Gesamtspannung  $U$  ergibt sich als Summe der Teilspannungen an den Widerständen:  $U = U_1 + U_2$ . Dabei fällt am größeren Widerstand der größere Teil der Spannung ab.
- Es gilt:  $\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$  bzw.  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$ .

### Musteraufgabe

Zwei Lampen ( $R_1 = 15 \Omega$  und  $R_2 = 30 \Omega$ ) werden in Reihe an eine Batterie ( $U = 4,5 \text{ V}$ ) angeschlossen. Berechne die Stromstärken und die Teilspannungen im Stromkreis.

### Lösung

Die Teilspannungen verhalten sich wie die Widerstände:  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{15 \Omega}{30 \Omega} = \frac{1}{2}$

Daher teilen wir die Gesamtspannung in  $1 + 2 = 3$  Teile:  $\frac{4,5}{3} \text{ V} = 1,5 \text{ V}$  und erhalten:  $U_1 = 1 \cdot 1,5 \text{ V} = 1,5 \text{ V}$ ,  $U_2 = 2 \cdot 1,5 \text{ V} = 3,0 \text{ V}$ . Die Stromstärke ist

überall gleich. Berechnung:  $R = \frac{U}{I} \Rightarrow I = \frac{U}{R}$  bzw.  $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{1,5 \text{ V}}{15 \Omega} = 0,10 \text{ A}$  und  $I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{3,0 \text{ V}}{30 \Omega} = 0,10 \text{ A}$ , also  $I = I_1 = I_2 = 0,10 \text{ A}$ .

## Die Parallelschaltung

Damit Geräte unabhängig voneinander betrieben werden können, schalten wir sie meist parallel, wie z.B. an einer Mehrfachsteckdose. Solche Schaltungen haben den Vorteil, dass die einzelnen Zweige der Schaltung unabhängig voneinander sind. Ist eines der Bauteile defekt, funktionieren die anderen trotzdem noch (vgl. M4 auf S. 167). Im Vergleich zur der Schaltung mit nur einem Widerstand gibt es jetzt für die Ladungsträger mehrere Wege, wie sie vom einen Pol der Elektrizitätsquelle zum anderen gelangen können. Sie können sich also leichter bewegen und bei gleicher Spannung nimmt deshalb die Gesamtstromstärke durch die neue Schaltung zu.

Durch den Zähler 3 des Wasserkreislaufmodells in B5 muss pro Sekunde die gleiche Wassermenge fließen wie durch die Zähler 1 und 2 zusammen. In der Schaltung in B4 setzt sich die Gesamtstromstärke analog dazu aus den Einzelstromstärken der beiden Zweige zusammen:  $I = I_1 + I_2$ .

Anhand des Wasserkreislaufmodells lässt sich leicht klarmachen, dass an jedem Parallelzweig dieselbe Spannung anliegt: Die Höhe der Wassersäule ist für beide Wasserräder die gleiche. Es muss gelten:  $U = U_1 = U_2$ .

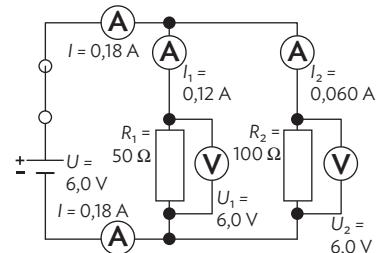
Wenn die Wasserräder einen unterschiedlichen mechanischen Widerstand haben, dann wird aber durch das schwerergängige Rad auch nur eine geringere Wassermenge pro Sekunde fließen können. Analog dazu führt im Stromkreis ein doppelt so großer Widerstand zu einer halb so großen Stromstärke. Die Stromstärken in beiden Zweigen verhalten sich also umgekehrt wie die Widerstände. Rechnerisch ergibt sich diese Beobachtung aus der in beiden Zweigen gleichen Spannung. Mit der Gleichung für den Widerstand  $R = \frac{U}{I}$  bzw.  $U = R \cdot I$  und aus  $U = U_1 = U_2$  ergibt sich:

$$R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2 \text{ oder durch Umformung } \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}.$$

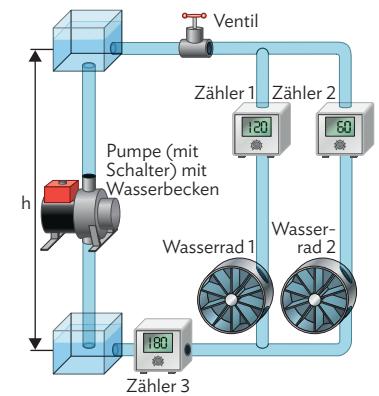
Bei einer Parallelschaltung von zwei Widerständen mit den Werten  $R_1$  und  $R_2$  gilt:

- An beiden Zweigen liegt dieselbe Spannung  $U$  an:  $U = U_1 = U_2$ .
- Die Gesamtstromstärke  $I$  ergibt sich als Summe der Stromstärken in den beiden Zweigen:  $I = I_1 + I_2$ . Dabei fließt durch den größeren Widerstand der kleinere Teil des Stromes.
- Es gilt:  $R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2$  bzw.  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$ .

**i** Das ist bei einer Reihenschaltung nicht der Fall: Wenn dort eines der Bauteile defekt ist, wird der komplette Stromkreis unterbrochen.



**B4** Beispiel Parallelschaltung.



**B5** Parallelschaltung im Wasserkreislaufmodell.

## Musteraufgabe

Zwei Lampen mit  $R_2 = 3 \cdot R_1$  sind parallel an eine Batterie ( $U = 9,00 \text{ V}$ ) angeschlossen. Die Gesamtstromstärke beträgt  $I = 240 \text{ mA}$ .

Berechne die Stromstärken und die Widerstandswerte im Stromkreis.

### Lösung

Die Stromstärken verhalten sich umgekehrt wie die Widerstände:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{3 \cdot R_1}{R_1} = \frac{3}{1}.$$

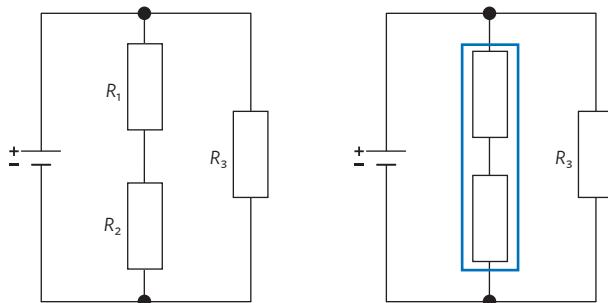
Wir teilen die Gesamtstromstärke in  $3 + 1 = 4$  Teile:  $\frac{240}{4} \text{ mA} = 60,0 \text{ mA}$  und erhalten:  $I_1 = 3 \cdot 60,0 \text{ mA} = 180 \text{ mA}$ ,  $I_2 = 1 \cdot 60,0 \text{ mA} = 60,0 \text{ mA}$ .

$$\text{Widerstände: } R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{9,00 \text{ V}}{0,180 \text{ A}} = 50,0 \Omega, R_2 = \frac{9,00 \text{ V}}{0,0600 \text{ A}} = 150 \Omega$$

## 5.2 Stromstärken und Spannungen in elektrischen Schaltungen ..... mit maximal drei Widerständen

### Schaltungen mit drei Widerständen

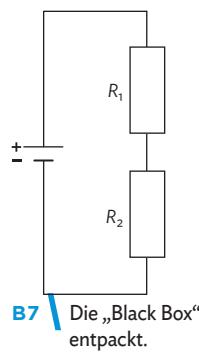
Schließen wir eine Lichterkette neben einer Tischlampe an die Mehrfachsteckdose an, so sind zwar die Lampen der Lichterkette in Reihe geschaltet (siehe  $R_1$  und  $R_2$  in B6), aber die Tischlampe ( $R_3$ ) ist dazu parallel geschaltet.



**B6** Links: Schaltplan einer Reihenschaltung in einer Parallelschaltung. Rechts: Einfache Parallelschaltung mit einer „Black Box“.

Um die Schaltung im linken Teil von B6 übersichtlicher darzustellen, hilft es, die Lichterkette als ein einziges Bauteil zu betrachten. Wir verpacken gewissermaßen die Lichterkette in eine „Black Box“ (B6 rechts). Jetzt haben wir eine einfache Parallelschaltung, wie sie bereits auf S. 37 behandelt wurde.

Wenn die angelegte Spannung  $U$  bekannt ist, lässt sich also die Stromstärke durch die Tischlampe wie gewohnt berechnen:  $I_3 = \frac{U}{R_3}$ .



Für die Berechnung der Stromstärke durch die Lichterkette „packen wir die Black Box aus“ (B7). Ihre Anschlüsse liegen direkt an der Batterie, das bedeutet, dass sich deren Spannung gemäß  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$  aufteilt. Außerdem ergibt die Summe der beiden Teilspannungen die angelegte Spannung  $U = U_1 + U_2$ . Mit diesen Werten können wir dann auch die Stromstärken durch die Lämpchen der Lichterkette berechnen.  
Es gilt:  $I_1 = \frac{U_1}{R_1}$  und  $I_2 = \frac{U_2}{R_2}$ .

### Methode .....

#### Untersuchung komplizierterer Schaltungen

Teile größere Schaltungen in Reihen- und Parallelschaltungen auf. Dazu darfst du im ersten Schritt Widerstände in einer „Black Box“ zusammenfassen. Erst hinterher betrachtest du die „Black Box“ genauer.

Parallelschaltungen erkennst du daran, dass der Stromkreis verzweigt; bei Reihenschaltungen gibt es einen durchgehenden Stromweg.

**Musteraufgabe**

Wir betrachten B6 mit den folgenden Daten: Gesamtspannung  $U = 6,0 \text{ V}$ , Widerstände  $R_1 = R_2 = 15 \Omega$ ,  $R_3 = 15 \Omega$ . Im Vergleich zu B4 wurde also im linken Zweig der Parallelschaltung ein weiterer Widerstand ergänzt. Berechne alle Stromstärken in diesem Stromkreis und vergleiche mit B4.

**Lösung**

Wenn wir die beiden 50-Ohm-Widerstände zu einer „Black Box“ zusammenfassen, dann liegt eine einfache Parallelschaltung vor. Der 100-Ohm-Widerstand ist direkt an die Spannung 6,0 V angeschlossen. Also ist in diesem Zweig die Stromstärke unverändert 60 mA. Jetzt betrachten wir die „Black Box“ genauer. Die beiden 50-Ohm-Widerstände sind in Reihe geschaltet, das bedeutet, dass an jedem von ihnen nur die halbe Gesamtspannung anliegt, also jeweils 3,0 V. Die Stromstärke berechnet sich dann zu  $I = \frac{U}{R} = \frac{3,0 \text{ V}}{50 \Omega} = 60 \text{ mA}$ . Sie ist für  $R_1$  und  $R_2$  die gleiche. Durch beide Zweige der Parallelschaltung fließen also 60 mA, das ergibt einen Gesamtstrom von 120 mA.

Verglichen mit B4 ist die Gesamtstromstärke geringer. Das liegt daran, dass im linken Zweig ein zusätzlicher Widerstand verbaut ist und den Stromfluss erschwert.

**Arbeitsaufträge**

- 1 | Zwei gleiche Widerstände werden einmal in Reihe und einmal parallel an die gleiche Elektrizitätsquelle angeschlossen.
    - a) Beschreibe für beide Schaltungen das entsprechende Wasserkreislaufmodell und erkläre damit, dass sich beide Male die Gesamtstromstärke im Vergleich zur Schaltung mit nur einem Widerstand ändert.
    - b) Bestimme diese Änderungen rechnerisch und beschreibe dein Vorgehen.
    - c) Übertrage die Argumentation aus b) auf den Fall, dass drei gleiche Widerstände in Reihe bzw. parallel geschaltet werden.
  - 2 | Zeichne für die Reihen- und für die Parallelschaltung von zwei Glühlampen je drei unterschiedliche Schaltpläne. Verändere dabei die Anordnung der Lampen und erkläre, bei welchen Schaltplänen Verwechslungsgefahr droht.
  - 3 | Zwei Lampen ( $500 \Omega$ ;  $800 \Omega$ ) sind parallel an die Netzspannung ( $230 \text{ V}$ ) angeschlossen. Zeichne das Schaltbild und berechne alle Stromstärken.
  - 4 | An die Reihenschaltung von zwei Glühlampen ( $50 \Omega$ ;  $200 \Omega$ ) wird eine Spannung von  $4,5 \text{ V}$  gelegt. Berechne die Spannungen an den Lampen und die Stromstärken.
- 6 | An einer Schaltung wie in B6 auf Seite 38 ( $R_1 = R_2 = 100 \Omega$ ;  $R_3 = 120 \Omega$ ) liegt eine Spannung von  $8,0 \text{ V}$  an.
  - a) Berechne alle auftretenden Spannungen und Stromstärken.
  - b) Überprüfe die Ergebnisse mit einer Simulation.

↳ weitere passende Aufgaben: S. 44, Nr. 20, 21; S. 45, Nr. 23, 24

## Exkurs: Gesamtwiderstand

In Kapitel 5.2 haben wir Schaltungen mit Widerständen untersucht. Je nach Wahl der Widerstandswerte lassen sich dabei Stromstärken und Spannungen in den einzelnen Zweigen der Schaltungen kontrollieren.

Wenn man nur an der Strombegrenzung interessiert ist, dann braucht man natürlich nicht zwei Widerstände, sondern kann sie durch einen einzigen mit dem entsprechenden Widerstandswert ersetzen. Man spricht vom Gesamtwiderstand der Schaltung.

- Berechnung bei der Reihenschaltung:

Wegen  $U = U_1 + U_2$  und  $I = I_1 = I_2$  ist der Gesamtwiderstand  $R = \frac{U}{I} = \frac{U_1}{I} + \frac{U_2}{I} = \frac{U_1}{I_1} + \frac{U_2}{I_2} = R_1 + R_2$ .

Es werden also einfach die Einzelwiderstände addiert.

- Berechnung bei der Parallelschaltung:

Wegen  $I = I_1 + I_2$  und  $U = U_1 = U_2$  ist  $\frac{1}{R} = \frac{1}{U} = \frac{I_1}{U} + \frac{I_2}{U} = \frac{I_1}{U_1} + \frac{I_2}{U_2} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ . Hier addieren sich die Kehrwerte!

Der Gesamtwiderstand einer Schaltung kann auch helfen, Stromstärken und Spannungen zu berechnen.

Wir betrachten dazu noch einmal die Musteraufgabe von S. 36.

### Musteraufgabe

Zwei Glühlampen mit  $R_1 = 15 \Omega$  und  $R_2 = 30 \Omega$  werden in Reihe an eine Batterie ( $U = 4,5 \text{ V}$ ) angeschlossen. Berechne die Stromstärken und die Teilspannungen im Stromkreis.

### Lösung

Der Gesamtwiderstand ist die Summe der Einzelwiderstände:

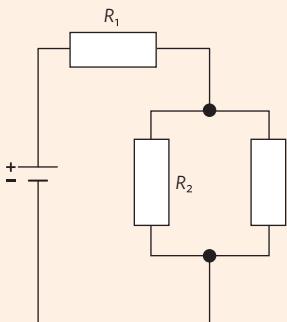
$$R = R_1 + R_2 = 15 \Omega + 30 \Omega = 45 \Omega.$$

Wir können uns also vorstellen, dass an der Batterie einfach ein  $45 \Omega$ -Widerstand angeschlossen ist. Die Stromstärke ist dann (wegen  $R = \frac{U}{I}$ ):

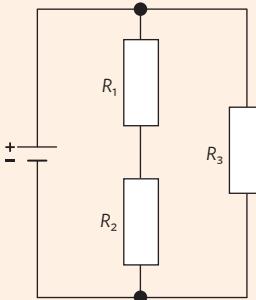
$$I = \frac{U}{R} = \frac{4,5 \text{ V}}{45 \Omega} = 0,10 \text{ A} = I_1 = I_2.$$

Die Teilspannungen finden wir mit  $U = R \cdot I$  und damit:

$$U_1 = R_1 \cdot I_1 = 15 \Omega \cdot 0,10 \text{ A} = 1,5 \text{ V} \text{ und } U_2 = R_2 \cdot I_2 = 30 \Omega \cdot 0,10 \text{ A} = 3,0 \text{ V}$$



Die Idee des Gesamtwiderstands kann auch bei Schaltungen mit drei Widerständen helfen. Auf S. 38 wurde bereits die Methode der „Black Box“ vorgestellt. Mit den Regeln für den Gesamtwiderstand lässt sich jetzt der Widerstand einer solchen „Black Box“ bestimmen; man spricht deshalb auch von einem Ersatzwiderstand.



### Arbeitsauftrag

- In den beiden Schaltplänen ist einmal eine „Reihenschaltung in einer Parallelschaltung“ und einmal eine „Parallelschaltung in einer Reihenschaltung“ dargestellt. Ordne die Bilder den beiden Schaltungstypen zu und begründe deine Entscheidung.
- Beschreibe mit eigenen Worten und unter Verwendung geeigneter Gleichungen die Berechnung des jeweiligen Gesamtwiderstands.
- Berechne für beide Schaltungen für  $R_1 = 50 \Omega$ ,  $R_2 = 100 \Omega$  und  $R_3 = 150 \Omega$  den Gesamtwiderstand. Vergleiche die Ergebnisse miteinander und nenne den Schaltungstyp, bei dem der Gesamtwiderstand möglichst klein ist. Begründe deine Entscheidung.
- Berechne nun jeweils für eine Gesamtspannung von  $U = 5,0 \text{ V}$  die Werte der Teilspannungen an den einzelnen Widerständen.

### Basisaufgaben

- 1 | Ordne den folgenden Geräten und Phänomenen die korrekte elektrische Stromstärke zu:  
 Elektroherd; Föhn; Leuchtdiode; Auslösen der elektrischen Sicherung im Haushaltsnetz; Glühlämpchen; Blitz  
 $20\text{ mA}$ ;  $500\text{ mA}$ ;  $2\text{ A}$ ;  $10\text{ A}$ ;  $16\text{ A}$ ;  $100\text{ kA}$
- 2 | Ermittle anhand von Typenschildern die Stromstärken in elektrischen Geräten bei dir zu Hause, z. B. am Wasserkocher, Laptop oder Handyladegerät.
- 3 | Für Rockkonzerte oder große Maschinen in Fabriken braucht man oft sogenannte „Starkstromanschlüsse“.
- a) Erkläre, warum man sie dort benötigt und recherchiere ihre Besonderheit.  
 b) Durch ein dickes Stromkabel, das die Lichtanlage bei einem Rockkonzert versorgt, fließen vier Stunden lang  $20\text{ A}$ . Berechne die Zahl der Elektronen, die in dieser Zeit durch das Kabel fließen.
- 4 | Erkläre mithilfe des Modells des Wasserkreislaufs die Vorgänge bei folgenden physikalischen Sachverhalten: Umpolen der Batterie; Wechselstrom; Einbau eines größeren elektrischen Widerstandes; Reihenschaltung zweier Lampen; Parallelschaltung zweier Lampen.
- 5 | Beschreibe und zeichne den Aufbau einer Schaltung, mit der der elektrische Widerstand eines Drahts bestimmt werden kann.
- 6 | Berechne den Widerstand einer normalen roten LED ( $2,2\text{ V}$ ;  $20\text{ mA}$ ). Eine sehr helle weiße LED hat bei  $4,8\text{ V}$  eine Stromstärke von  $22\text{ mA}$ . Berechne für sie ebenfalls den Widerstand.
- 7 | Wie du an den Messbereichen eines Vielfachmessgerätes sehen kannst, lässt sich damit auch ein elektrischer Widerstand messen. Erstelle einen Schaltplan für die Widerstandsmessung an einem Lämpchen und erläutere den Messvorgang im Gerät.
- 8 | An Werkzeugen für Elektriker findet man fast immer Griffe und Schutzüberzüge aus Kunststoff. Griffe aus Metall wären mit Sicherheit langlebiger. Begründe, dass sie trotzdem nicht verwendet werden.
- 9 | Eine Glühlampe besitzt zwei Kontakte. Beschreibe die Eigenschaften des schwarzen Materials zwischen den Kontakten und begründe deine Entscheidung.
- 10 | Begründe, dass feuchte Erde ein guter Leiter ist, trockene Erde dagegen nicht. Diese Eigenschaft wird in Sensoren ausgenutzt, die Bewässerungsautomaten steuern. Überlege dir eine elektrische Schaltung, die dir anzeigt, ob gegossen werden muss, und zeichne sie auf.
- 11 | Kommst du einem Menschen bei einem Elektrounfall zu Hilfe, so darfst du ihn zunächst nicht berühren, sondern musst zuerst die Sicherung auslösen oder den Stecker ziehen. Begründe dieses Vorgehen.
- 12 | Benenne die einzelnen Kabel im Bild und beschreibe ihre Funktion.
- 13 | Suche bei dir zu Hause den Sicherungskasten und sieh nach, wie viele FI-Schalter ihr habt. Notiere dir, welche Räume sie schützen und bei welchem Fehlerstrom sie auslösen.

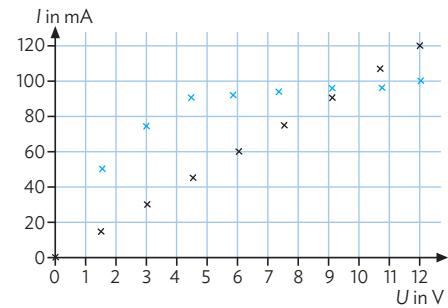


## Zusammenfassende Aufgaben

### 14 | U-I-Kennlinie

An verschiedenen elektrischen Bauteilen soll die Stromstärke in Abhängigkeit von der Spannung gemessen werden.

- Zeichne eine dazu geeignete Schaltung, die das Bauteil, die Spannungsquelle und die benötigten Messgeräte enthält.
- Im Diagramm sind Messungen an zwei Bauteilen aufgetragen. Gib, falls möglich, den konstanten Widerstandswert an und entscheide ansonsten, ob der Widerstand des Bauteils mit wachsender Spannung zu- oder abnimmt. Begründe, um welches Bauteil es sich jeweils handeln könnte.
- Zeichne in ein neues Diagramm die Kennlinie für einen Ohmschen Widerstand von  $200\Omega$ . Berechne dafür die Spannung, die zu  $I = 40\text{ mA}$  gehört.



### 15 | Sicherheit im Haushalt

Im folgenden Kasten siehst du einige Sicherheitsregeln für den Haushalt. Begründe diese Regeln, indem du jeweils den für Menschen gefährlichen Stromkreis findest und skizzierst.

- Verwende nie ein Elektrogerät – insbesondere keinen Fön – in der Badewanne!
- Öffne keine Elektrogeräte!
- Wechsle nie die Birne einer Lampe, ohne vorher die Sicherung auszulösen!
- Fasse nie ein Elektrogerät und eine Wasserleitung gleichzeitig an!
- Verwende keine Elektrogeräte barfuß im Garten oder auf Steinböden!
- In allen Steckdosen, die für Kleinkinder erreichbar sind, müssen Kindersicherungen kleben.

### 16 | Verkehrszählung

In Nürnberg werden jedes Jahr Mitte Juli in einer sogenannten Querschnittszählung die Verkehrsmengen an den Einfallstraßen und auf den Pegnitzbrücken ermittelt. Die dabei gewonnenen Daten bilden die Grundlage für die weitere Stadt- und Verkehrsplanung. Bei der Zählung wird genau nach Fahrtrichtung und Fahrzeugarten unterschieden. Um das Zählen zu erleichtern, kommen Handzählgeräte zum Einsatz, deren Zählerstand sich mit jedem Knopfdruck um Eins erhöht.



- Erstelle eine Liste mit den Informationen, die in einem Zählformular für die Verkehrszählung erhoben werden müssen.
- Vergleiche die Verkehrszählung mit der Messung des elektrischen Stromes. Erkläre in diesem Zusammenhang auch die Bedeutung von mehreren Fahrspuren und von unterschiedlichen Fahrzeugarten. Nimm Stellung dazu, ob jedes Detail des Modells eine Entsprechung in der physikalischen Realität haben muss.
- Beschreibe, falls möglich, in diesem Verkehrsmodell auch die anderen elektrischen Größen, die du kennengelernt hast. Erstelle dazu eine Tabelle ähnlich wie auf S. 19.

## 17 | Stromzange

Die Abbildung zeigt ein weiteres Messgerät, mit dem sich der elektrische Strom messen lässt: eine sogenannte Stromzange. Man kann sie an einer beliebigen Stelle um ein Kabel herum schließen. Der Strom an dieser Stelle wird kontaktlos über die magnetische Wirkung des elektrischen Stromes gemessen.



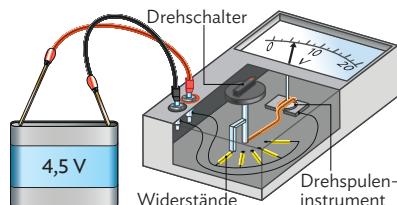
a) Erkläre, dass durch eine solche punktuelle Messung

zwar Stromstärken, jedoch keine Spannungen gemessen werden können. Mache dir dies auch anhand eines geeigneten Modells des elektrischen Stromkreises klar.

- b) Teste die Funktionsweise einer Stromzange in verschiedenen Stromkreisen. Prüfe nach, wie sich die Stromstärken in Parallel- und in Reihenschaltungen verhalten.
- c) Mit der Stromzange lässt sich auch die Stromrichtung bestimmen. Probiere das aus, indem du die Stromzange an der gleichen Stelle um  $180^\circ$  drehst. Beschreibe und begründe das Ergebnis, wenn die Stromzange zwei Kabel gleichzeitig umschließt.
- d) Überprüfe, ob es Unterschiede in der Stromstärke vor und hinter einem Glühlämpchen gibt. Beurteile mit dem Ergebnis die Formulierung „Das Glühlämpchen verbraucht Strom.“. Versuche, den Satz physikalisch besser zu formulieren.

## 18 | Messbereichserweiterung

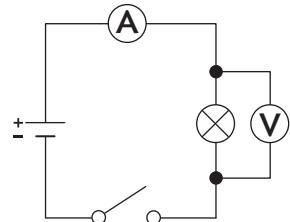
In einem Multimeter befindet sich ein Messwerk, das einen bestimmten elektrischen Widerstand besitzt und das die maximal zulässige Stromstärke festlegt. Die meisten Messgeräte bieten heute Umschaltmöglichkeiten für verschiedene Bereiche der Stromstärke-, Spannungs- oder Widerstandsmessung. Man spricht deshalb von einer Messbereichserweiterung. Dabei wird im Messwerk ein entsprechender Widerstand dazu geschaltet, um die vorgegebene Stromstärke nicht zu überschreiten. Je nach Größe dieses Messwiderstands können verschiedene Strom-, Spannungs- oder Widerstandsbereiche abgedeckt werden.



- a) Die Abbildung zeigt die Anordnung zur Messung von Spannungen. Erstelle für diese Situation einen übersichtlichen Schaltplan. Berücksichtige dabei nur den einen gerade gewählten Messwiderstand.
- b) Durch das Drehspulinstrument fließen beim Vollausschlag 100 mA. Berechne den Messwiderstand, wenn Spannungen bis zu 300 V gemessen werden sollen.
- c) Durch einen anderen Messwiderstand von  $R_M = 10 \text{ M}\Omega$  fließt ein Strom der Stärke 65 mA. Berechne die Spannung, die das Gerät anzeigt.
- d) Ein Spannungsmesser besteht also aus dem eigentlichen Messwerk und dem Messwiderstand. Erstelle damit einen realistischen Schaltplan für die Spannungsmessung an einem von zwei Glühlämpchen, die in Reihe geschaltet sind.
- e) Beschreibe die Anforderung an den Messwiderstand in d), damit die Messung den realen Wert der Spannung am Glühlämpchen kaum beeinflusst.
- f) Bearbeite die Aufgaben d) und e) für eine Strommessung.

### 19 | Strom- und spannungsgenaue Messung

In Aufgabe 18 wird im Detail beschrieben, wie ein Multimeter aufgebaut ist. Insbesondere enthält es im Inneren Widerstände, die wir sonst noch nicht weiter beachtet hatten. Eine Schaltung wie, sie hier abgebildet ist, besteht also in Wirklichkeit nicht nur aus dem Glühlämpchen als Widerstand, sondern besitzt noch zwei weitere Widerstände im Voltmeter und im Amperemeter.



- Natürlich sollen diese zusätzlichen Widerstände die Stromstärke und die Spannung am Lämpchen möglichst wenig beeinflussen. Begründe damit, dass der Innenwiderstand des Amperemeters möglichst klein, der Innenwiderstand des Voltmeters dagegen möglichst groß sein muss.
- In der abgebildeten Schaltung wird die Spannung am Lämpchen direkt gemessen und ist deshalb exakt. Man spricht von einer spannungsgenauen Messung. Das Amperemeter misst hingegen nicht den genauen Strom, der durch das Lämpchen fließt. Begründe, ob der Messwert des Amperemeters größer oder kleiner als der exakte Wert durch das Lämpchen ist.
- Um diesen Fehler zu vermeiden, kann man das Amperemeter direkt neben dem Lämpchen einbauen. Zeichne das entsprechende Schaltbild. Diese Messmethode nennt man stromgenaue Messung.
- Begründe, ob in diesem Fall der Messwert des Voltmeters größer oder kleiner ist als der exakte Spannungswert am Lämpchen. Argumentiere mit den Gesetzmäßigkeiten im Stromkreis und verwende die physikalische Fachsprache.
- Du weißt bereits, dass jede Messung Fehler enthält, weil du beispielsweise den Messwert nicht genau ablesen kannst. Wenn du eine Messung mehrfach wiederholst, sind die Messwerte deshalb einmal zu groß und ein anderes Mal zu klein. Bei der Situation hier ist das anders; die Abweichungen gehen immer in die gleiche Richtung. Man sagt deshalb auch: Es liegt ein systematischer Messfehler vor. Beschreibe andere Situationen, in denen Messungen systematisch falsche Ergebnisse liefern. Nimm dazu Stellung, ob diese Messfehler vermieden werden können.

### 20 | Widerstände in Parallelschaltungen

In einer Parallelschaltung mit  $R_1 = 100 \Omega$  und  $R_2 = 150 \Omega$  beträgt die Gesamtstromstärke 200 mA. Zeichne ein Schaltbild und berechne alle Stromstärken und Spannungen.

### 21 | Widerstände in Reihenschaltungen

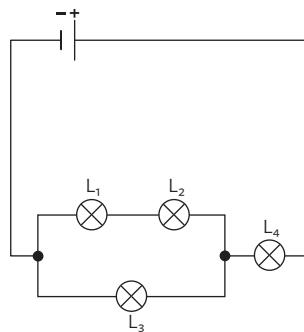
Zwei Widerstände (je  $100 \Omega$ ) werden in Reihe geschaltet und an eine 12 V-Spannung angeschlossen. Zu einem der Widerstände wird noch ein dritter Widerstand ( $200 \Omega$ ) parallel geschaltet, durch den dann eine Stromstärke von 24 mA fließt.

- Zeichne einen Schaltplan und berechne alle Spannungen und Stromstärken im Stromkreis.
- Beschreibe und begründe qualitativ die Änderungen der Spannungen und Stromstärken, wenn der größere Widerstand entfernt wird.

## 22\* | Vergleich von Stromstärken

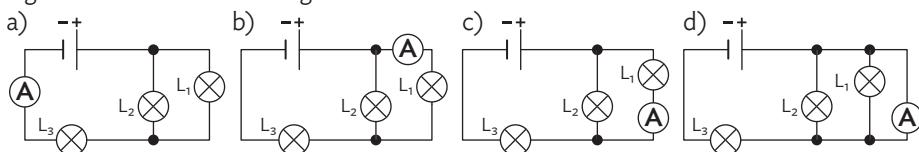
Unterscheide begründet richtige und falsche Aussagen zur dargestellten Schaltung.

- Die Stromstärken bei  $L_3$  und  $L_4$  sind gleich.
- Die Stromstärken bei  $L_1$  und  $L_2$  sind gleich.
- Die Stromstärke bei  $L_4$  ist die Summe der Stromstärken bei  $L_1$  und  $L_3$ .
- Die Summe der Stromstärken bei  $L_1$ ,  $L_2$  und  $L_3$  ergibt die Stromstärke bei  $L_4$ .



## 23 | Stromstärken richtig messen

Die Stromstärke, die durch das Lämpchen  $L_1$  fließt, soll gemessen werden. Benenne die Schaltbilder a)–d), die korrekt eingebaute Stromstärkemessgeräte zeigen, und begründe deine Entscheidung.



## 24 | Phasenprüfer

Mit einem Phasenprüfer lässt sich die Funktion einer Steckdose kontrollieren.

- Zeichne ein Schaltbild für den Fall, dass der Stromkreis geschlossen ist.

Den Elektriker kannst du hierbei durch einen Widerstand  $R_E$  darstellen.

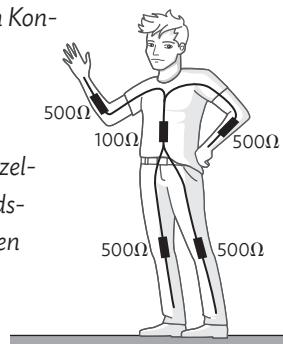
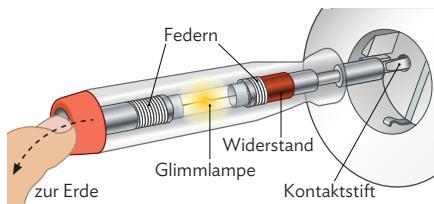
- Begründe, dass die Glimmlampe nur bei einer der beiden Steckdosenbuchsen aufleuchtet.

c\*) Trotz der hohen Spannung an der Steckdose von 230 V ist die Benutzung des Phasenprüfers ungefährlich. Das liegt an dem sehr großen eingebauten Widerstand  $R$ . Schätze die Stromstärke durch den Elektriker ab, indem du mit  $R = 1 \text{ M}\Omega$  rechnest. Entnimm den Wert für  $R_E$  folgendem Infotext. Nimm zum Ergebnis Stellung.

„Auch der menschliche Körper besitzt einen gewissen elektrischen Widerstand, der sich aus dem Hautwiderstand und dem Körperinnenwiderstand zusammensetzt. Er hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie z. B. der Feuchtigkeit an den Kontaktstellen oder der Größe der Kontaktfläche und sinkt mit zunehmender Spannung. Insbesondere sind die Werte natürlich je nach Größe und Körperbau individuell verschieden.“

Da verschiedene Stromwege möglich sind, wird der Körper in einzelne Abschnitte unterteilt. Für sie lässt sich dann ein Widerstandswert angeben, der aus Messungen für unterschiedliche Personen gemittelt wurde. Die Abbildung zeigt diese Widerstandswerte bei 230 V Netzspannung.“

- Bestimme diejenigen Wege durch den Körper, bei denen lebensgefährliche Ströme fließen.





### Selbsttest-Checkliste

- ✓ Bearbeite die Aufgaben schriftlich in ordentlicher Form. Die Auswertungstabelle zeigt die Kompetenzerwartungen und Hilfestellungen.
- ✓ Vergleiche deine Lösungen mit den Lösungsskizzen auf Seite 181.
- ✓ Bewerte nun deine Lösungen selbst mit den Symbolen ☺, ☻ oder ☹.

- 1 Stelle dir einen einfachen elektrischen Stromkreis vor, bestehend aus einer Elektrizitätsquelle, einem Schalter, einer Lampe und einem Stromstärkemessgerät.
  - Zeichne das zugehörige Schaltbild und skizziere ein Wasserstromkreismodell, dessen Komponenten denen des elektrischen Stromkreises entsprechen.
  - Beschriffe die Komponenten in beiden Abbildungen mit den korrekten Fachbegriffen und verwende die gleiche Farbe für entsprechende Begriffspaare.
  - Erläutere zunächst mit dem physikalischen Teilchenmodell sich bewegender Elektronen die Vorstellung, die man sich von einer großen Stromstärke, einer großen Spannung und einem großen Widerstand im elektrischen Stromkreis macht.
  - Beschreibe das Vorliegen der großen Werte aus c) entsprechend im Wasserstromkreismodell.
- 2 Um Spannungs-Strom-Kennlinien verschiedener elektrischer Bauteile zu erstellen, hast du ein einfaches Schülerexperiment durchgeführt.
  - Skizziere das zum Schülerexperiment gehörige Schaltbild und bereite eine geeignete Messwerttabelle vor.
  - Beschreibe kurz, auf welche unterschiedliche Weise Stromstärkemessgeräte und Spannungsmessgeräte grundsätzlich im Stromkreis einzubauen sind.
  - Stelle durch eine Skizze die Vorstellung von einem Kurzschluss dar. Beschreibe mehrere Situationen in denen es in der Realität dazu kommen könnte. Beschreibe die unmittelbaren Ereignisse, zu denen ein Kurzschluss führen könnte und gib an, ob weitere Unfallfolgen zu befürchten sind.
  - Nenne drei Sicherheitshinweise für Experimente mit elektrischem Strom.
- 3
  - Quickie:  $U = 2,5 \text{ V}$ ;  $I = 7,3 \text{ mA}$ . Gesucht:  $R$ .
  - Quickie: Parallelschaltung;  $R_1 = 200 \Omega$ ;  $R_2 = 50 \Omega$ ;  $I = 0,75 \text{ A}$ . Gesucht:  $U$ .
  - Durch den Leitungsdraht einer Reihenschaltung aus zwei Widerständen (Messwert:  $R_2 = 6,3 \Omega$ ) fließt ein elektrischer Strom mit der gemessenen Stromstärke  $I = 0,73 \text{ A}$ . An der Schaltung liegt eine Spannung von  $U = 8,8 \text{ V}$  an. Berechne den Wert des Widerstands  $R_1$  und achte auf eine sinnvolle Ergebnisgenauigkeit.
  - An einer Parallelschaltung aus zwei Widerständen (Messwerte:  $R_1 = 1,12 \text{ k}\Omega$ ;  $R_2 = 60,3 \Omega$ ) liegt eine Spannung von  $U = 8,8 \text{ V}$  an. Berechne für den Hauptleitungsdrat die Stromstärke  $I$  und achte auf eine sinnvolle Ergebnisgenauigkeit.



- 4 Fertige zum folgenden, im Internet recherchierten Text ein gut beschriftetes Schaltbild für den beschriebenen gefährlichen Betrieb von Haushaltsgeräten über eine Steckdosenleiste an. Formuliere eine knappe, eingängige Aufschrift für ein zugehöriges Warnschild unter Verwendung der Informationen aus dem Text.

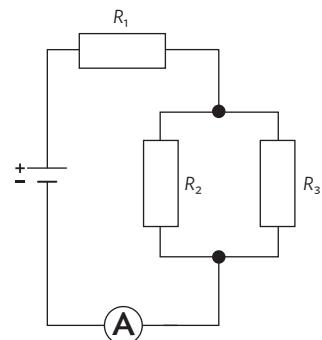
**Mehrfachsteckdosen** – Stecken Sie Mehrfachsteckdosen nicht hintereinander. Durch die Reihenschaltung entsteht eine Überlastung oder eine Summierung von Übergangswiderständen und es kann zu Überhitzungen und Bränden kommen. Achten Sie außerdem darauf, dass eine gute Belüftung herrscht, wenn Sie Mehrfachsteckdosen hinter Möbeln verstecken.

Mehrfachsteckdosen sind auf eine bestimmte Wattzahl begrenzt. Die beträgt in der Regel maximal 3500 Watt. Wenn Sie über eine solche Steckerleiste einen Kaffeemaschine (ca. 1450 W) und einen Wasserkocher (ca. 2200 W) gleichzeitig betreiben, haben sie die maximale Leistung schon überschritten und schaffen ein Brandrisiko. Schließen Sie Geräte mit hoher Leistung wie Waschmaschine, Trockner oder Kochplatten nur über die Wandsteckdose an.

© 2019 Hendrik Schäfer, VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut GmbH <https://www.vde.com/>

- 5 a) Bereite ein strukturiertes Versuchsprotokoll (vgl. ZABMA) für die Untersuchung der Stromstärken und Spannungen in einer Parallelschaltung von zwei bestimmten, unterschiedlichen Ohmschen Widerständen vor.  
b) Beschreibe kurz mit Worten deine Erwartungen hinsichtlich der Versuchsergebnisse.

- 6 In der nebenstehend skizzierten elektrischen Schaltung wird die Stromstärke  $I = 0,20 \text{ A}$  gemessen. Die Widerstandswerte sind festgelegt:  $R_1 = 25 \Omega$ ;  $R_2 = 100 \Omega$ ;  $R_3 = 300 \Omega$   
a) Begründe, dass die Stromstärke  $I_2$  größer als die Stromstärke  $I_3$  ist. Gib den Faktor als Zahl an.  
b) Berechne nachvollziehbar nacheinander  $I_3$ ,  $I_2$ ,  $U_1$ ,  $U_{\text{BlackBox}}$ ,  $U$ .



### Auswertungstabelle

Ich kann...	Hilfe
1 die elektrischen Grundgrößen mit einem Stromkreismodell anschaulich machen und dabei ihre gegenseitigen Zusammenhänge erläutern.	S. 18 ff
2 Stromstärke- und Spannungsmessgeräte verwenden, um in Stromkreisen Kennlinien aufzunehmen. Dabei beachte ich Sicherheitsvorkehrungen. Die Gefahren des elektrischen Stroms kenne ich.	S. 22 ff
3 für elektrische Stromkreise Berechnungen anstellen und die Einheiten sicher verwenden. Dabei berücksichtige ich die Genauigkeit experimentell ermittelter Werte.	S. 22 S. 24 ff
4 eigene Rechercheergebnisse zu Schaltkreisen im Haushalt darstellen – mit Schaltbildern und fachsprachlich korrekt formulierten Texten.	S. 28 ff
5 ein strukturiertes Versuchsprotokoll für Untersuchungen von Stromstärken und Spannungen in Reihen- und Parallelschaltungen erstellen.	S. 34/35 S. 202
6 die konkreten Beobachtungen zu den elektrischen Messgrößen in Schaltungen mit bis zu drei Widerständen erläutern, auch quantitativ.	S. 36-39

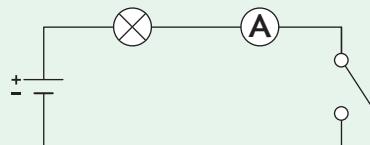
## Zusammenfassung .....

### Elektrische Stromstärke .....

Wenn sich in einer Sekunde durch eine Stelle des Leiters  $6,24151 \cdot 10^{18}$  Elektronen bewegen, dann sagen wir: Es fließt an dieser Stelle ein Strom der Stromstärke 1 Ampere (1 A).  
Die Stromrichtung verläuft immer vom positiven Pol der Elektrizitätsquelle zum negativen Pol.

So schaltest du Stromstärkemessgerät richtig: in Reihe zum Lämpchen bzw. Widerstand.

Elektrische Stromstärke:  
Formelzeichen:  $I$   
Einheit: 1 A (Ampere)



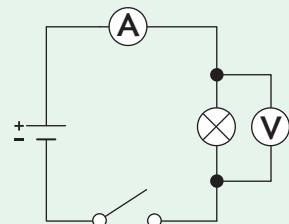
### Elektrische Spannung .....

Du kannst ein Modell für den elektrischen Stromkreis angeben und die Analogie z. B. zwischen dem Wasserstromkreis und dem elektrischen Stromkreis benennen und erklären.

Jeder Stromkreis erfordert eine elektrische Spannung  $U$ , die die Ladungsträger antreibt.  
Je größer beim selben Stromkreis die elektrische Spannung der Elektrizitätsquelle ist, desto größer ist die elektrische Stromstärke im Stromkreis. Die elektrische Spannung ist dabei ein Maß für die Größe des Antriebs für jedes einzelne Elektron.

Du schaltest Spannungsmessgeräte immer parallel zum Lämpchen bzw. Widerstand.

Elektrische Spannung:  
Formelzeichen:  $U$   
Einheit: 1 V (Volt)



### Definition des elektrischen Widerstands .....

Du kennst die Definition des elektrischen Widerstands  $R$  eines Bauteils:

$$\text{Widerstand} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Stromstärke}}$$

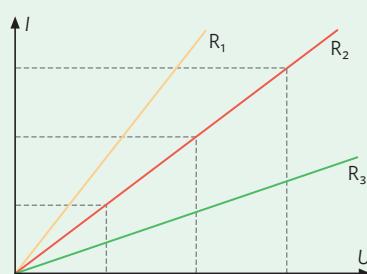
$$\text{In Formelzeichen: } R = \frac{U}{I}$$

Elektrischer Widerstand:  
Formelzeichen:  $R$   
Einheit: 1  $\Omega$  (Ohm)

### Ohmscher Widerstand .....

Du hast verstanden, dass bei einem Ohmschen Widerstand der Widerstand unabhängig von Spannung oder Stromstärke stets gleich bleibt:  $R = \text{konstant}$

Die  $U$ - $I$ -Kennlinie eines Ohmschen Widerstands skizzierst du als eine Ursprungsgerade.



## Leiter, Isolatoren, Kurzschluss

Du kennst die Begriffe elektrischer Leiter und Isolator. Letzter heißt auch Nichtleiter.

Eine leitende Verbindung gegensätzlicher elektrischer Pole ohne nennenswerten elektrischen Widerstand nennt man einen elektrischen Kurzschluss.

Beispiele für Leiter:

- Metalle (Kupfer, Gold, Eisen,...)
- Kohle
- Säuren, Basen

Beispiele für Nichtleiter:

Glas, Keramik, Gummi, Holz, Plastik

## Schaltkreise im Haushalt

Technische Anwendungen im Haushalt:

- Sicherungen
- Fehlerstromschalter
- Schutzleiter: Meist ein gelb-grünes Kabel; er verbindet das metallische Gehäuse von Geräten mit der Erde.



## Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen

Bei einer **Reihenschaltung** von zwei Widerständen mit den Werten  $R_1$  und  $R_2$  gilt: Die Stromstärke  $I$  ist im Stromkreis überall gleich groß:

$$I = I_1 = I_2$$

Die Gesamtspannung  $U$  ergibt sich als Summe der Teilspannungen an den Widerständen:

$$U = U_1 + U_2$$

Am größeren Widerstand fällt der größere Teil der Spannung ab. Es gilt:

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} \text{ bzw. } \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Du weißt, wie man bei der experimentellen Untersuchung von Stromstärken und Spannungen vorgeht: Du stellst zuerst Hypothesen zum Experiment auf. Dann entwirfst du Schaltungen und legst eine Materialliste an. Weiterhin beachtest du, wie die Messgeräte zu schalten sind.

Bei einer **Parallelschaltung** von zwei Widerständen mit den Werten  $R_1$  und  $R_2$  gilt:

An beiden Zweigen liegt dieselbe Spannung  $U$  an:

$$U = U_1 = U_2$$

Die Gesamtstromstärke  $I$  ergibt sich als Summe der Stromstärken in den beiden Zweigen:

$$I = I_1 + I_2$$

Dabei fließt durch den größeren Widerstand der kleinere Teil des Stromes. Es gilt:

$$R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2 \text{ bzw. } \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

# B \ Optik

## Du kannst in diesem Kapitel entdecken, ...

wie Spiegelbilder entstehen und wie das Reflexionsgesetz lautet.

wie Licht beim Übergang zwischen zwei lichtdurchlässigen Materialien gebrochen wird.

was Sammellinsen sind und wie du markante Größen wie Brennpunkt oder Bildweite bestimmen kannst.

wie du reelle und virtuelle Bilder von Sammellinsen beobachten kannst.

wie wir mit unserem Auge nahe und weit entfernte Bilder scharf wahrnehmen können.

## 6 Spiegelung



## 7 Brechung



## 8 Linsen



## 9 Auge und Optik in moderner Technik





# 6 Spiegelung

## Versuche und Materialien zu Kapitel 6.2

### M1 Achtung – toter Winkel!

Neben jedem Auto befindet sich ein Bereich, den Autofahrer trotz Spiegel nicht einsehen können. Als Radfahrer oder Fußgänger bleibt man daher besser hinter dem Auto. Denke daran: Wenn du den Fahrer im Spiegel nicht sehen kannst, kann er dich auch nicht sehen.

Inzwischen bieten einige Automarken auch Totwinkel-Assistenten an. Hierbei werden im Auto Sensoren verbaut, die speziell den Bereich des toten Winkels überwachen. Schon länger kann man zudem spezielle Spiegel nachrüsten, die den Bereich des toten Winkels reduzieren.



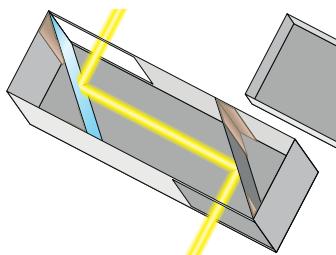
#### Arbeitsauftrag

- Stelle dich mit einigen Mitschülern ab dem Bereich der Mittelsäule nach hinten um ein Auto herum auf. Einer ist der „Fahrer“ und bittet diejenigen, die er im Spiegel sieht, wegzutreten. Die verbleibenden Schülerinnen und Schüler kann er nicht sehen, sie markieren daher den Bereich des toten Winkels. Dokumentiere deine Beobachtung anhand einer Skizze.
- Beschreibe den physikalischen Grund für den toten Winkel und präge dir den Bereich gut ein.

### M2 Um-die-Ecke-Schauen mit dem Periskop

U-Boote haben Periskope an Bord, um unter Wasser über die Lage oberhalb des Wasserspiegels informiert zu sein. Man kann mit ihnen auch um Ecken oder über Mauern schauen, ohne direkt gesehen zu werden. Das Kernstück besteht aus zwei Spiegeln im Inneren des Periskops, die die einfallenden Lichtstrahlen umlenken.

Für den Bau benötigst du einen länglichen Karton mit Deckel (z.B. einen Schuhkarton), zwei kleine Spiegel (z.B. Fliesen), Schere und Heißkleber oder Klebeband.

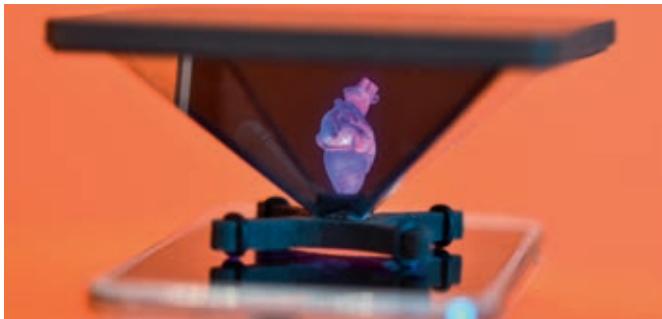


#### Arbeitsauftrag

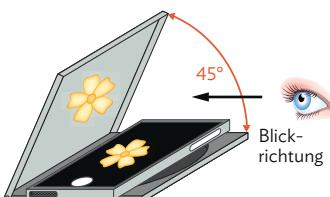
- Baue dein eigenes Periskop. Achte besonders darauf, dass die beiden Spiegel parallel zueinander stehen. Zum Schluss wird der Deckel wieder aufgelegt, um Lichtreflexe zu vermeiden.
- Verfolge den Strahlengang vom beobachteten Gegenstand bis zum Beobachter. Nutze das Modell der Lichtausbreitung, um den Weg des Lichtstrahls in eine Skizze deines Periskops einzulegen.
- Versuche eine Regel zu finden, nach der ein Lichtstrahl von einem Spiegel reflektiert wird.

## Versuche und Materialien zu Kapitel 6.3

### M3 „Hologramme“ von eigenen Bildern



„In der Luft schwebende“ Bilder, ähnlich denen eines Hologramms, kannst du mit einer CD-Hülle und deinem Handy selbst herstellen. Entferne dazu das eingelegte Cover (Booklet) und fixiere den durchsichtigen Deckel mit ausreichend Tesafilm schräg, etwa  $45^\circ$ , über dem Boden. Stelle dein Handy auf volle Helligkeit ein, lege es, wie in der Zeichnung dargestellt, mittig auf den CD-Boden und betrachte die Spiegelung im Deckel. Wähle ein Bild oder ein Video mit dunklem Hintergrund. Diese Bilder sind im physikalischen Sinne keine Hologramme, weil man darunter eigentlich in einem aufwendigen Verfahren hergestellte Bilder versteht, die man von beliebigen Blickwinkeln aus dreidimensional sehen kann (wie z. B. auf Geldscheinen).



#### Arbeitsauftrag

- Stelle, wie links beschrieben,   
▼ dein eigenes „schwebendes Bild“ her.
- Beschreibe die Platzierung deines Handys, damit das Video normal zu sehen ist, und beobachte, ob hier oben/unten, links/rechts und vorne/hinten vertauscht sind. Finde eine physikalische Erklärung für deine Beobachtung.
- Mit etwas mehr Aufwand   
▼ kannst du auch 3D-Hologramme herstellen. Hierzu benötigst du statt der CD-Hülle eine transparente Pyramide. Eine genaue Anleitung findest du z. B. hier:



MC 67048-13

### M4 Auf die Position des Spiegels kommt es an

Spiegel vertauschen je nach Lage des Spiegels und des Blickwinkels des Beobachters oben und unten, links und rechts oder vorne und hinten. Links siehst du die Altstadt von Landshut, die sich im Wasser spiegelt, rechts das Empire State Building, das sich im Fenster spiegelt.



#### Arbeitsauftrag

- Vergleiche links jeweils das Spiegelbild mit dem „Original“.
- „Auf die Position des Spiegels   
▼ kommt es an.“ Zeige, dass dieser Satz stimmt, indem du die gleiche Situation dreimal aus verschiedenen Blickwinkeln fotografierst, sodass oben/unten, links/rechts und vorne/hinten mithilfe eines Spiegels vertauscht werden.



## V1 Reflexionen und Spiegelbilder .....

### 1. Die brennende Kerze im Wasserglas

Vielleicht hast du im ersten Moment tatsächlich gedacht, dass die Kerze auf dem Foto im Wasserglas brennt. Sicherlich hast du aber inzwischen erkannt, dass es sich dabei um eine optische Täuschung mithilfe einer Glasplatte handelt.



### 2. Gezielte Untersuchung von Spiegelbildern

Den Begriff „spiegelverkehrt“ verwendet man, wenn etwas seitenverkehrt erscheint. Aber welche Seiten sind das genau? In diesem Versuch wirst du die Eigenschaften von Spiegelbildern bewusst betrachten.

Verwende zunächst einen Gegenstand und einen kleinen Spiegel. Verfolge dabei, was mit dem Spiegelbild passiert, wenn du den Gegenstand verschiebst oder wenn du deinen Blickwinkel änderst.

Nun betrachtest du dich selbst im Spiegel. Gehe langsam auf ihn zu. Wie groß erscheint dein Spiegelbild? Ändert sich seine Größe? Winke mit der rechten Hand. Was macht dein Spiegelbild?

### 3. Ein Experiment zum Reflexionsgesetz

Hier wird das Verhalten eines einzelnen Lichtbündels einer Halogenlampe am Spiegel untersucht.



#### Benötigte Materialien:

- Spiegel mit Halterung
- Halogenlampe
- Korkplatte als Unterlage
- Stecknadeln
- Winkelskala auf Papier

Leuchte wie dargestellt unter verschiedenen Winkeln mit der Lampe auf einen Spiegel (Einfallsinkel) und beobachte, unter welchem Winkel das Lichtbündel reflektiert wird (Reflexionswinkel). Verwende Stecknadeln, um den Weg des Lichts auf dem Blatt mit der Winkelskala zu markieren und zeichne dann den ganzen Lichtstrahl stellvertretend für das Lichtbündel mit einem Lineal nach. Um exakte Messergebnisse zu erhalten, musst du darauf achten, dass das Lichtbündel den Spiegel genau auf dem Achsenkreuz trifft.

Wie du schon weißt, sind Lichtstrahlen und Lichtbündel aber natürlich nur ein Modell für die Ausbreitung des Lichts.

### Arbeitsaufträge

1 | Führe den Versuch selbst durch. Überlege dir dabei, worauf man achten sollte, damit er besonders glaubwürdig wirkt. Erstelle anschließend eine aussagekräftige Skizze.

2 | Plane anhand der Fragen im Text eine Versuchsreihe, mit der du möglichst viele Eigenschaften von Spiegelbildern untersuchen kannst. Dokumentiere die Experimente und notiere dann in einer Tabelle, ob – und wenn ja, wie – sich Gegenstand und Spiegelbild unterscheiden.

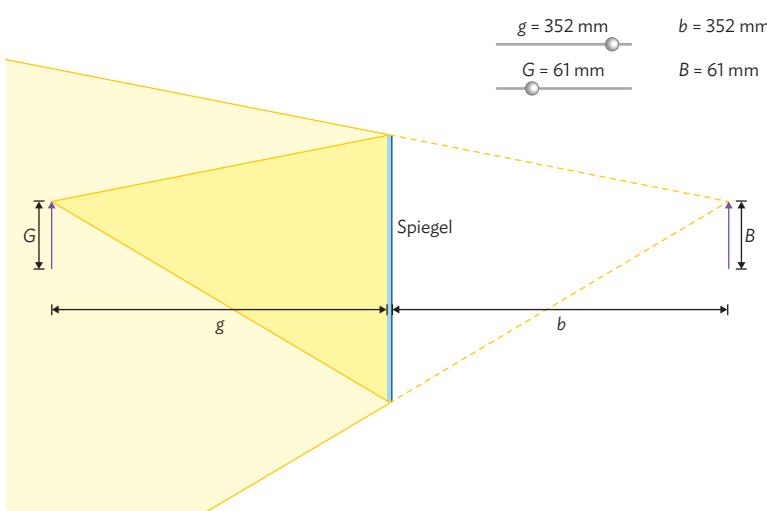
3 | Führe den Versuch für verschiedene Winkel durch und formuliere als Ergebnis deines Versuchs ein Gesetz für die Reflexion einzelner Lichtbündel am Spiegel.

Hinweis: Zeichne eine Tabelle mit zwei Zeilen: Zeile 1 für den Einfalls- und Zeile 2 für den Reflexionswinkel.

! Achte beim Umgang mit hellem Licht darauf, dieses niemals in Richtung Augen zu lenken. Auch Reflexionen können gefährlich sein!

#### 4. Simulationen zur genaueren Untersuchung von Spiegelbildern

Im Internet findet man verschiedene Simulationen, mit denen man die Größe und die Lage des Gegenstandes vor dem Spiegel verändern kann. Ein Vorteil gegenüber dem realen Experiment ist, dass das auf den Spiegel auftreffende Lichtbündel und das reflektierte Lichtbündel dargestellt sind und man beobachten kann, wie das Bündel sich verändert, wenn man die Gegenstandsgröße oder die Entfernung des Gegenstandes vom Spiegel verändert.



Auch das Reflexionsgesetz, das du schon auf der Vorseite untersucht hast, sieht man hier bei den Strahlen am Rand bestätigt. Die Pfeilspitze des Spiegelbildes  $B$  ergibt sich als Schnittpunkt der beiden reflektierten Strahlen am Rand hinter dem Spiegel. Man sieht das Bild an der Stelle, von der das Licht bei geradliniger Ausbreitung zu kommen scheint (vgl. S. 58, B3). Wir sehen das Spiegelbild, solange ein Teil des reflektierten Lichtbündels in unser Auge gelangt.

#### 5. Ein Spiegelkabinett



##### Benötigte Materialien:

- zwei Spiegelfliesen
- eine Kerze

Räume, die ringsum verspiegelt sind, wie hier der Aufzug, nennt man Spiegelkabinett. Es entstehen verblüffende Effekte: Man sieht sich selbst immer kleiner werdend und immer weiter entfernt.

#### Arbeitsaufträge

4 | a) Teste anhand einer geeigneten Simulation deine bisherigen Beobachtungen bezüglich Größe und Entfernung des Spiegelbildes vom Spiegel.

Eine solche Simulation findest du z. B. hier:



MC 67048-14

b) Schreibe eine Anleitung, wie man mit Bleistift und Lineal das Spiegelbild eines Gegenstandes konstruiert.

c) Konstruiere für mehrere Beobachter an verschiedenen Stellen das Spiegelbild, wenn sich Position und Größe des Gegenstandes nicht verändern.

d) Beurteile anhand deiner Konstruktion aus c), ob die Lage des Spiegelbildes von der Position des Beobachters abhängt.

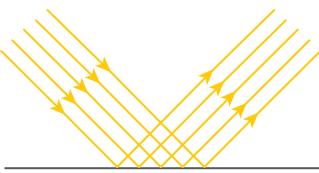
5 | Stelle zwei Spiegel so auf, dass sie mit den Spiegelseiten zueinander schauend parallel stehen und befestige sie. Stelle dann eine brennende Kerze dazwischen. Beobachte und beschreibe die Mehrfachspiegelungen.

## 6.2 Reflexionsgesetz

**i** Du kennst bereits die Absorption von Licht. Näheres dazu kannst du nochmal auf S. 201 nachlesen. Der Karton in B1 erscheint beispielsweise deshalb schwarz, weil er alle Farben des Lichts absorbiert.



**B2** Weg des gestreuten Lichts.

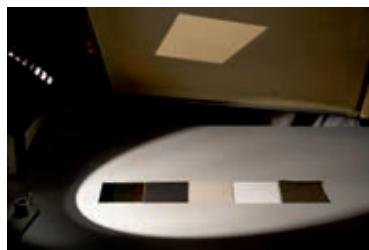


**B3** Weg des reflektierten Lichts.

**i** Das Wort „reflektieren“ kommt von lat. *reflectere*: zurückbiegen.

**!** **Achtung!** Blicke niemals direkt in einen Laserpointer! Auch Reflexionen des Laserlichts können gefährlich sein!

### Reflexion und Streuung



**B1** Beleuchtung verschiedener Materialien (von links nach rechts): Spiegel, schwarzer, grauer und weißer Karton, Alufolie

Ein Experiment zeigt eindrucksvoll, wie unterschiedlich verschiedene Materialien aussehen, wenn sie im abgedunkelten Zimmer mit einer Lampe beleuchtet werden, vgl. B1. Als Materialien verwenden wir einen Spiegel, schwarzen, grauen und weißen Karton sowie eine zerknitterte Alufolie. Wie erwartet, erscheinen die Kartons schwarz, grau und weiß. Die zerknitterte Alufolie sieht man

glitzern und den Spiegel selbst sieht man als schwarze Fläche. Wir wissen schon aus der siebten Klasse, dass die Kartons jeweils unterschiedliche Farbanteile des einfallenden Lichts in alle Richtungen streuen (vgl. B2) und den anderen Teil absorbieren und somit als schwarz, grau oder weiß wahrgenommen werden.

Betrachten wir die Abbildung nun genauer, dann sehen wir an der Wand eine helle Fläche. Wenn du das Experiment selbst durchführst, kannst du ihre Lage verändern, indem du die Position der Lampe änderst. Der Spiegel streut das Licht also nicht in alle Richtungen, sondern er lenkt es in eine bestimmte Richtung um (vgl. B3 und M2). Er reflektiert das Licht.

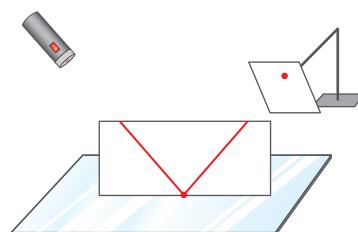
Streuung: Licht wird ungeordnet in alle Richtungen abgelenkt.

Reflexion: Licht wird in eine bestimmte Richtung zurückgeworfen.

Auf der zerknitterten Alufolie findet eine Mischung aus Reflexion und Streuung statt: Nur diejenigen Flächenstücke glitzern, die Licht in Augenrichtung reflektieren. Drehen wir die Alufolie, funkelt sie an anderen Stellen.

### Das Reflexionsgesetz

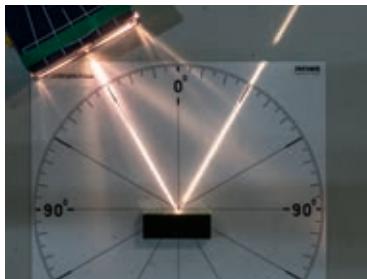
Um die Reflexion von schmalen Lichtbündeln am Spiegel untersuchen zu können, verwenden wir einen Laserpointer mit einem sehr schmalen Lichtbündel. Wenn wir den Bildschirm an geeigneter Stelle aufstellen, können wir das am Spiegel reflektierte Lichtbündel auf dem Bildschirm als roten Punkt sehen.



**B4** Weg des am Spiegel reflektierten Lichts.

Um auch den Weg des Lichtbündels verfolgen zu können, stellen wir nun einen zweiten Bildschirm oder einfach ein Stück feste Pappe so in den Lichtweg, dass das Lichtbündel den Bildschirm streift (vgl. B4).

Das gelingt leicht, weil einfallendes und ausfallendes Lichtbündel in einer Ebene verlaufen. Dabei sehen wir auch, dass das reflektierte Lichtbündel den Spiegel unter demselben Winkel wieder verlässt, unter dem das einfallende Lichtbündel auf den Spiegel aufgetroffen war.

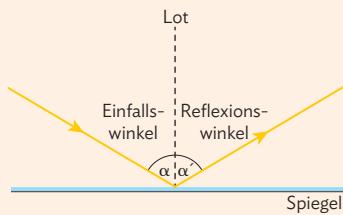


**B5** Reflexion am Spiegel.

Winkel wird stets zwischen dem Lichtstrahl und dem Lot vom Auftreffpunkt des Lichtstrahls auf den Spiegel gemessen. Wir nennen die beiden Winkel Einfallswinkel  $\alpha$  und Reflexionswinkel  $\alpha'$ . Tatsächlich ist der Reflexionswinkel  $\alpha'$  immer genauso groß wie der Einfallswinkel  $\alpha$ .

Wir fassen unsere Beobachtungen im Reflexionsgesetz zusammen:

Einfallender Lichtstrahl, reflektierter Lichtstrahl und Lot liegen in einer Ebene.  
Einfallswinkel  $\alpha$  und Reflexionswinkel  $\alpha'$  sind immer gleich groß:  
 $\alpha = \alpha'$ .

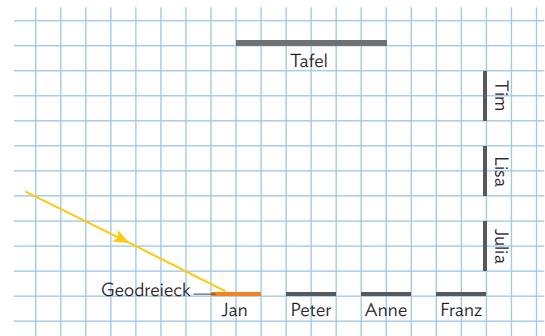


## Arbeitsaufträge

- Erkläre mithilfe einer Zeichnung ähnlich wie B2 und B3 das Glitzern von zerknitterter Alufolie.
- Wenn man eine indirekte, gleichmäßige Beleuchtung im Zimmer haben will, verwendet man gerne Standleuchten. Erläutere diese Art der Beleuchtung.
- Zähle mindestens fünf Varianten für die Erzeugung oder Entstehung von Spiegelbildern auf. Begründe die Spiegelung mithilfe der Eigenschaft der jeweiligen Materialien.
- Jan ist aufgefallen, dass die Sonne durch einen Spalt im Vorhang auf sein Geodreieck fällt, sodass er seine Mitschülerinnen und Mitschüler blendet.



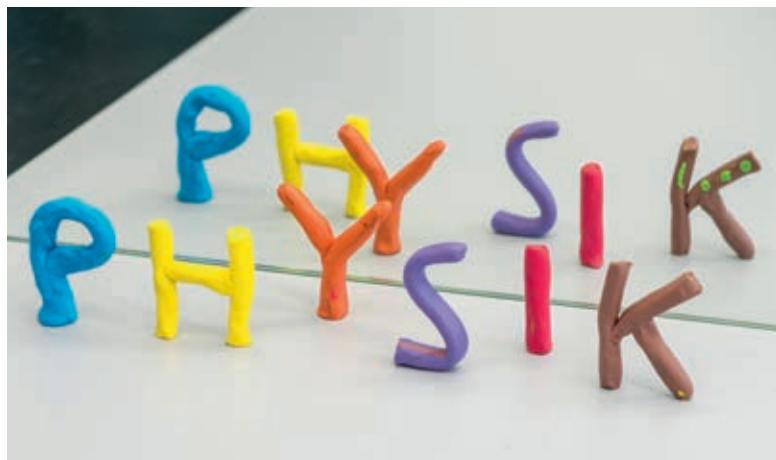
weitere passende Aufgaben: S. 80, Nr. 2, 3, 4, 5, 6, 7; S. 82, Nr. 21



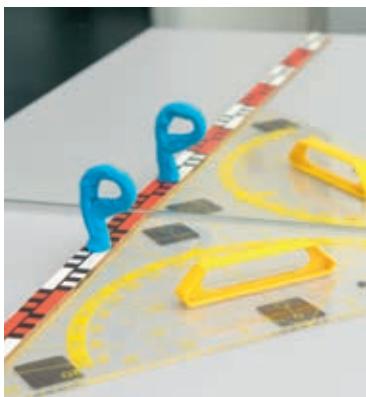
- Übertrage die Skizze in dein Heft und finde heraus, ob Jan Lisa oder Julia blendet.
- Probiere aus, wie Jan sein Geodreieck drehen muss, damit er Tim ein Signal geben kann. Zeichne dann den neuen Strahlenverlauf ein.

## 6.3 Spiegel und virtuelles Bild

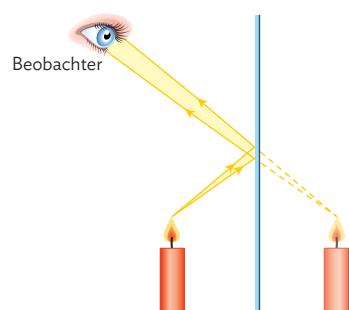
### Eigenschaften von Spiegelbildern



B1 | Knetbuchstaben und ihr Spiegelbild.



B2 | Detailaufnahme mit dem Lineal.



B3 | Zwei Beobachter am Spiegel.

Das Spiegelbild ist genauso groß wie der Gegenstand selbst. Je nach Position des Spiegels sind oben und unten, links und rechts oder vorne und hinten vertauscht. Das Spiegelbild befindet sich genau so weit „hinter“ dem Spiegel wie der Gegenstand vor dem Spiegel steht.

In B3 sehen wir den Strahlengang des Lichts einer Kerze, das auf einen Spiegel trifft. Dort werden die Strahlen reflektiert und gelangen in das Auge der Beobachter. Unser Gehirn interpretiert die ins Auge fallenden Lichtstrahlen und geht aufgrund seiner Erfahrung von einer geradlinigen Lichtausbreitung aus. Deshalb deutet es die Lichtstrahlen so, als ob sie von einem Punkt hinter dem Spiegel ausgehen würden, an dem sich die reflektierten Lichtstrahlen schneiden würden.

Tatsächlich sind aber hinter dem Spiegel keine Lichtstrahlen zu finden und auch das Spiegelbild ist nur scheinbar dort. Es könnte an dieser Stelle nicht auf einem Bildschirm aufgefangen werden. Wir sprechen in solchen Fällen von virtuellen Bildern.

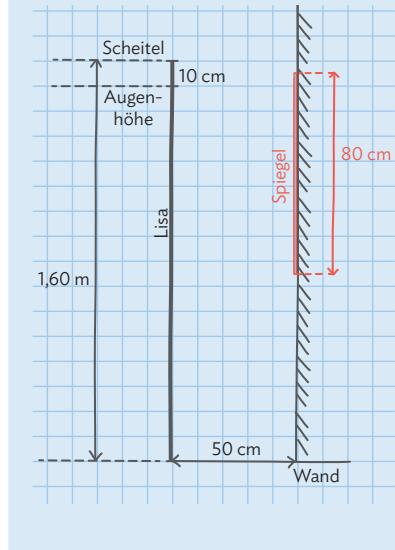
**i** Das Wort „virtuell“ kommt von franz. *virtuel*: scheinbar.

## Konstruktionen rund um Spiegelbilder

Mithilfe unserer geometrischen Kenntnisse zur Konstruktion von Spiegelbildern und dem Reflexionsgesetz können wir nun verschiedene Fragen zu Spiegelbildern beantworten und Spiegelbilder konstruieren.

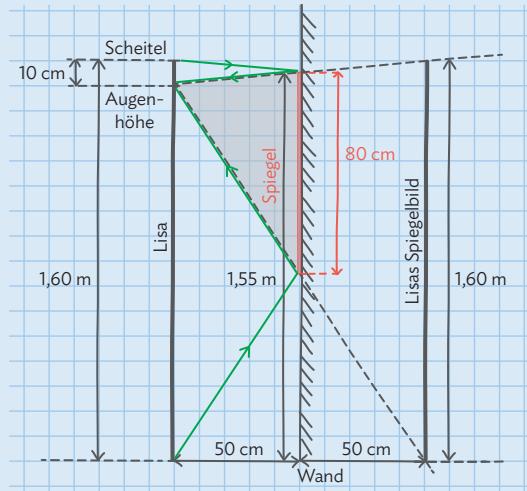
### Musteraufgabe

Lisa hat einen neuen Spiegel in ihrem Zimmer aufgehängt. Sie ist 1,60 m groß, ihre Augen liegen 10 cm unter der Scheitelhöhe und sie will sich im Abstand von 50 cm vor dem Spiegel sehen. Der Spiegel ist 80 cm hoch und die Oberkante des Spiegels befindet sich 1,55 m über dem Boden. Untersuche mithilfe einer Spiegelbild-Konstruktion, ob Lisa sich tatsächlich komplett im Spiegel sehen kann.



### Lösung

1. Zeichne eine maßstabsgetreue Skizze mit Lisa, dem Spiegel und ihrem Spiegelbild, das sich im gleichen Abstand hinter der Wand befindet wie Lisa davorsteht.
2. Zeichne einen Lichtstrahl von Lisas Augen zum Scheitel des Spiegelbilds und einen zu dessen Füßen. So sollte sich Lisa komplett im Spiegel sehen können. Kennzeichne den Bereich, in dem der Lichtstrahl nicht wirklich existiert, mit gestrichelten Linien.
3. Diese beiden Lichtstrahlen und alle dazwischen müssen von dem Spiegel reflektiert werden, damit Lisa sich vollständig sehen kann. Man sieht hier, dass die beiden Randstrahlen gerade noch auf den Spiegel treffen, sie kann sich also komplett sehen.
4. Ergänze den Lichtverlauf (hier: grün).



### Arbeitsaufträge

- 1 | Der Spiegel in der Musteraufgabe ist speziell für Lisas Zimmer angepasst.

- Führe die Musteraufgabe nun auch für ein 1,0 m kleines Kind und einen 1,90 m großen Mann durch. Bestimme jeweils durch eine Zeichnung die Größe des Spiegels und den Abstand zum Boden, damit das vollständige Spiegelbild zu sehen ist.
- Stelle eine allgemeine Regel für Spiegelgröße und Spiegelhöhe auf.

↪ weitere passende Aufgaben: S. 80, Nr. 1, 6, 8

- 2 | Wir haben beobachtet, dass das Spiegelbild genauso groß ist, wie der Gegenstand selbst. Doch auf diesem Foto sieht das Spiegelbild deutlich kleiner aus.

Erkläre diesen scheinbaren Widerspruch und löse ihn auf.





# 7

# Brechung

## Versuche und Materialien zu Kapitel 7.1

### M1 Der Salpa Maggiore – Lichtbrechung als Tarnung

Der Fischer Stewart Fraser fand beim Angeln an der Küste Neuseelands einen durchsichtigen Fisch, der auf der Meereroberfläche trieb. Der Fisch heißt Salpa Maggiore und gehört zur Gattung der Salpen.

Durch die Transparenz hat der Fisch einen Schutz gegen Feinde entwickelt, da er deutlich schwerer zu erkennen ist als beispielsweise ein bunt schillernder Fisch.

Das Foto zeigt, wie der Fisch über der Wasserfläche aussieht. Aber wie sieht dieser Fisch unter Wasser aus? In den Naturwissenschaften versucht man, mit Experimenten die Natur möglichst genau nachzuempfinden. So kann man die Situation „Salpa unter Wasser“ z. B. mithilfe einer transparenten, mit Wasser gefüllten Plastiktüte in einer mit Wasser gefüllten Glaswanne (z. B. ein Aquarium) nachstellen.



#### Arbeitsauftrag

- Stelle zunächst eine Vermutung über das Aussehen des Fisches unter Wasser an. Teste sie dann, indem du das beschriebene Experiment mit der Plastiktüte durchführst.
- Fertige eine Versuchsbeschreibung an. Gehe dabei auch auf folgende Gesichtspunkte ein:
  - Schwierigkeiten bei der Durchführung
  - Beobachtungen bei der Durchführung
  - Erklärung deiner Beobachtungen
- Beschreibe das Aussehen des Salpa Maggiore unter Wasser. Begründe deine Antwort.

### M2 Zaubertrick „unsichtbare Münze“

Mithilfe des optischen Phänomens der Brechung kannst du eine zunächst „unsichtbare“ Münze sichtbar machen und ein Stück im Wasser „anheben“.



#### Benötigte Materialien:

- Tasse
- Münze
- Gefäß mit Wasser

#### Vorgehen

1. Lege die Münze auf den Boden der Tasse.
2. Stelle die Tasse so vor dir auf den Tisch, dass du die Münze gerade nicht mehr siehst. Bleibe nun in dieser Position.
3. Füllle Wasser in die Tasse und du wirst die Münze sehen. Dabei erscheint dir die Münze etwas angehoben vom Boden zu sein.

#### Arbeitsauftrag

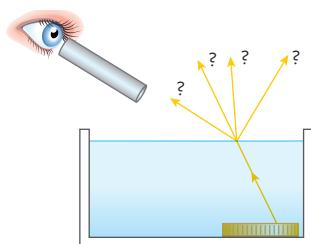
- Führe den Zaubertrick wie beschrieben durch.
- Diesen Zaubertrick findet man auf vielen Internetseiten. Versuche eine Erklärung zu finden, die du nachvollziehen kannst.
- Fertige nun eine komplette Versuchsbeschreibung mit Aufbau, Durchführung und Erklärung an.

### M3 Die Münze unter Wasser – genauer untersucht

In M2 hast du gesehen, wie die zunächst nicht sichtbare Münze in der Tasse sichtbar wird, wenn die Tasse mit Wasser gefüllt ist.

Im Internet findest du viele Seiten mit Erklärungen dafür. Aber wie weißt du, ob die Erklärung richtig ist? Dazu solltest du die Deutung selbst durch ein Experiment überprüfen.

#### Vorgehen



1. Lege die Münze in das Wasser und peile sie durch das Röhrchen an. In dieser Position muss das Röhrchen nun bleiben!
2. Stecke eine Stricknadel durch das Röhrchen und beobachte von der Seite, wo sie auf dem Wannenboden auftrifft.
3. Leuchte mit dem Laserpointer durch das Röhrchen oder lasse dir das Experiment von deinem Lehrer vorführen.
4. Schütte einige Tropfen Milch in das Wasser, um auch den Weg des Laserstrahls sehen zu können.

#### Benötigte Materialien:

- Mit Wasser gefüllte Glaswanne
- Münze
- Hohles Röhrchen (z. B. dicker Strohhalm)
- Stricknadel
- Laserpointer
- Ein paar Tropfen Milch

#### Arbeitsauftrag

- a) Führe das Experiment durch und beschreibe deine Beobachtungen genau. Denke auch daran, zu notieren, ob die Münze durch die Stricknadel und den Laserstrahl jeweils getroffen wird.
- b) Im letzten Teil des Experiments kannst du den Weg des Laserstrahls verfolgen. Zeichne den Weg des Lichts auf und formuliere eine Regel für dieses Phänomen, das man Lichtbrechung nennt.
- c) Kontrolliere nun abschließend deine Erklärung für M2 noch einmal und verbessere oder ergänze sie, falls es nötig sein sollte.



Achte beim Umgang mit Laserlicht darauf, es niemals in Richtung Augen zu lenken. Auch Reflexionen können gefährlich sein!

### M4 Brechung in verschiedenen Flüssigkeiten



An jeder Grenzschicht von optisch verschiedenen dichten Medien kommt es zur Brechung. Diese Eigenschaft kann man sich für besondere „gebrochene“ Effekte zunutze machen. Im abgebildeten Foto sind die drei Schichten Luft, Öl und blau eingefärbtes Wasser. Verwendest du ein dickes Glasgefäß, dann hast du hier bei geeignetem Blickwinkel noch zusätzliche Brechungseffekte.

#### Benötigte Materialien:

- Glasgefäß
- Öl
- Wasser
- Lebensmittelfarbe
- Gegenstand

#### Arbeitsauftrag

- Füll das Gefäß zunächst mit Wasser. Für besondere Farbeffekte kannst du es mit Lebensmittelfarbe einfärben. Gieße dann vorsichtig das Öl auf die Wasserschicht und stelle den Gegenstand hinein. Suche dir besonders reizvolle Blickwinkel und fotografiere den Gegenstand aus verschiedenen Perspektiven.
- Formuliere eine Erklärung für deine Beobachtungen.



**B2** Der senkrecht im Wasserglas stehende, ungeknickte Löffel.

**i** Da das Glas in B1 eine geringe Wandstärke besitzt und sich Wasser und Glas hinsichtlich der Lichtbrechung sehr ähnlich verhalten, kann man in guter Näherung die Grenzübergänge am Glas vernachlässigen.

### Reflexion und Brechung



**B1** Ein schräg ins Wasserglas gestellter Löffel.

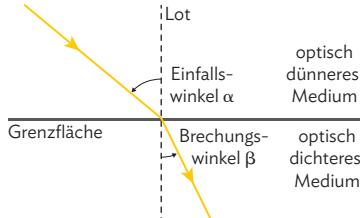
Der lange Löffel, der in B1 am Glasrand lehnt, scheint gleich mehrfach geknickt zu sein. Stellt man ihn aber wie in B2 senkrecht ins Glas, so sieht er ganz normal gerade aus. Den einen Knick können wir uns schon erklären: Der Löffel spiegelt sich an der Wasseroberfläche. Dies ist das kleine geknickte Teilstück. Wie aber entsteht der zweite Knick – an der Grenze zwischen Wasser und Luft? Um diese Frage zu beantworten, überlegen wir uns noch einmal genau, warum wir den Löffel überhaupt sehen. Wir erkennen ihn, weil Licht vom Löffel aus in unser Auge gelangt. Das Licht muss dazu das Wasser, die Wasser-Luft-Grenze und die Luft durchqueren. Die Durchquerung verschiedener Schichten sorgt für den Knick, vgl. M2 bis M4.

### Lichtbrechung

Trifft Licht schräg auf die Grenzfläche zweier verschiedener, lichtdurchlässiger Materialien, so ändert es seine Richtung. Dieses Phänomen nennt man Brechung des Lichts.



**B3** Der Lichtstrahl wird an der Grenze Luft-Glas gebrochen.



**B4** Fachbegriffe der Lichtbrechung.

Material 1. Material 1 ist dann das optisch dünnere Medium (vgl. B4).

Wir lassen ein schmales Lichtbündel auf eine Wasseroberfläche fallen. Variieren wir nun den Einfallswinkel  $\alpha$ , dann ist für schräg einfallendes Licht der Brechungswinkel  $\beta$  stets kleiner als der Einfallswinkel  $\alpha$ . Nur wenn das Licht senkrecht auf die Wasseroberfläche trifft, behält es seine Richtung bei. Brechung beobachtet man nicht nur bei Wasser, sondern immer an der Grenzschicht zweier lichtdurchlässiger Materialien (vgl. B3).

Ist der Brechungswinkel  $\beta$ , wie in B3, kleiner als der Einfallswinkel  $\alpha$ , dann heißt Material 2 optisch dichter als

Das Licht wird beim Übergang ins optisch dichtere Medium zum Lot hin gebrochen.



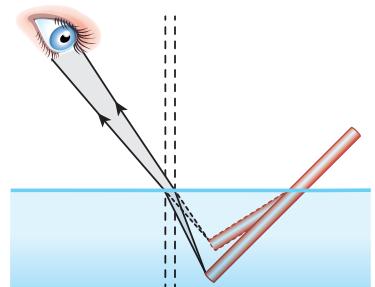
**B5** | Lichtquelle unter Wasser: Brechung und Reflexion.

Welches das optisch dichtere Medium ist, hängt immer von der Kombination der beiden Materialien ab. So ist zum Beispiel bei der Kombination Luft – Wasser das Wasser optisch dichter, bei der Kombination Wasser – Glas aber das Glas das optisch dichtere Medium.

Wir verfolgen nun in B5 den Strahlgang beim Übergang vom optisch

dichteren in das optisch dünnere Medium. Wie zu erwarten war, wird hier das Licht vom Lot weg gebrochen (Strahlen 1 – 7). Dies trifft für diese Strahlen aber nur auf einen Teil des Lichts zu; der andere Teil wird an der Wasseroberfläche reflektiert (gut zu sehen bei Strahl 7). Ab einem bestimmten Grenzwinkel beobachtet man nur noch eine Reflexion (Strahl 8). Das nennt man auch Totalreflexion, wie du noch lernen wirst (vgl. S. 76).

Das Licht wird beim Übergang ins optisch dünnere Medium vom Lot weg gebrochen, vorausgesetzt der Einfallswinkel ist nicht zu groß.



**B6** | Geknickter Stab.

## Musteraufgabe

Begründe mithilfe einer Zeichnung genau, wieso ein in Wasser eingetauchter Stab geknickt aussieht. Achte besonders auf den Weg der Lichtstrahlen, wenn du zeichnest.

## Lösung

Die Lichtstrahlen werden in B6 an der Wasseroberfläche gebrochen. Unser Gehirn interpretiert die Strahlen dann so, als ob sie sich geradlinig ausbreiten würden. Eigentlich ist aber der Weg des Lichts abgeknickt und der Stab gerade. Beim Zeichnen tragen wir einen Lichtstrahl vom Stabende bis zur Wasseroberfläche ein, ergänzen hier das Lot zur Oberfläche und zeichnen dann den Lichtstrahl in der Luft vom Lot weg geknickt ein. Die gestrichelt eingezeichneten, rückwärtigen Verlängerungen der Lichtstrahlen ergeben die Position des scheinbar geknickten Stabes.

## Arbeitsaufträge

- 1 | Die beiden Bilder zeigen ein Ölfläschchen. Man entnimmt das Öl mit einer Pipette.

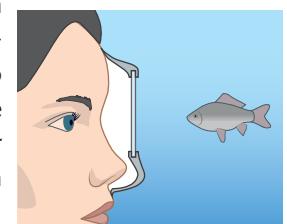


wird. Erkläre deine Beobachtung.

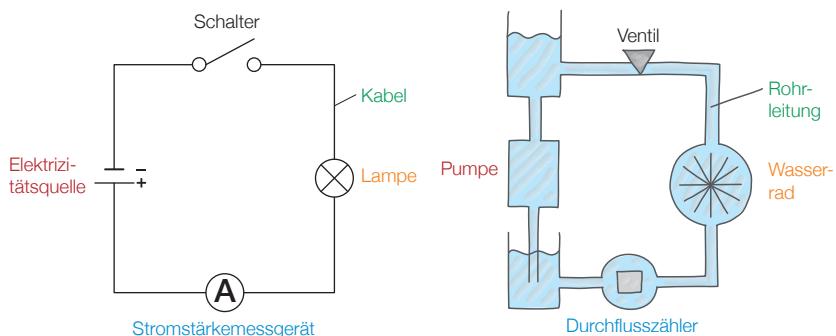
weitere passende Aufgaben: S. 80, Nr. 9; S. 81, Nr. 10, 11

Beschreibe anhand der Fotos deine Beobachtungen, wenn du den Gummi zusammendrückst, damit das Öl in das Röhrchen gesaugt

- 2 | Mit Taucherbrillen können Taucher zwar unter Wasser besser sehen, schätzen dafür aber Entfernung generell zu kurz ein. Begründe mithilfe des Bildes die Ursache dieser Fehleinschätzung. Diskutiere mit deinem Sitznachbarn oder deiner Nachbarin, wieso der Taucher ohne Brille seine Umgebung nur verschwommen sehen würde.

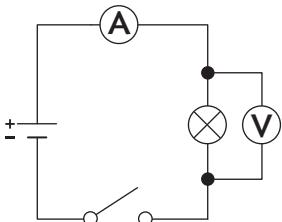


1 a), b)



- c)  $I$  groß: Es bewegen sich vergleichsweise viele Elektronen vergleichsweise schnell durch das Kabel und die Bauteile.
- $U$  groß: Jedes einzelne fließende Elektron wird besonders stark angetrieben.
- $R$  groß: Die Bauteile hemmen den Fluss der Elektronen besonders stark. Es bedarf einer großen Spannung, wenn eine angemessene Stromstärke erreicht werden soll.
- d)  $I$  groß: Das Wasser fließt schnell.
- $U$  groß: Die Pumpe sorgt für ein hochgelegenes Wasserreservoir.
- $R$  groß: Das Wasserrad ist schwer zu drehen, z. B. weil damit eine Maschine angetrieben wird.

2 a)



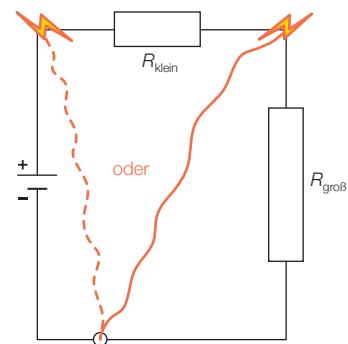
$U$ in V	$I$ in mA	$R$ in $\Omega$	KEINE EINTRAGUNG!

b) Amperemeter: in Reihe zum Bauteil

Voltmeter: parallel zum Bauteil

c) Aufgrund eines Versehens oder eines technischen Defekts wird der Widerstand der Bauteile teilweise oder komplett überbrückt. Der Widerstand im stromdurchflossenen Teil wird dadurch extrem klein, die Stromstärke extrem groß. Es droht Hitzeentwicklung und Brandgefahr. Ein Gerätebrand kann zum Brand des ganzen Gebäudes führen!

Gründe für solche ungewollten Überbrückungen (Kurzschlüsse) können z. B. sein:



- Wasser im elektrischen Gerät
  - mechanische Beschädigung des Geräts von außen
  - Hitzeeinwirkung auf das Gerät von außen
- d) Sicherheitshinweise zum Experimentieren mit elektrischem Strom:
- die verwendete Spannung sollte höchstens 25 V betragen
  - keinen Kurzschluss verursachen
  - Schaltung durch die Lehrkraft prüfen lassen
  - für trockene Hände sorgen
  - offene Stromleitungen nicht anfassen

3 a) Gegeben:  $U = 2,5 \text{ V}$ ;  $I = 0,0073 \text{ A}$

Gesucht:  $R$

$$\text{Berechnung: } R = \frac{U}{I} = \frac{2,5 \text{ V}}{0,0073 \text{ A}} = 0,34 \text{ k}\Omega$$

b) Gegeben:  $R_1 = 200 \Omega$ ;  $R_2 = 50 \Omega$ ;  $I = 0,75 \text{ A}$  (Parallelschaltung)

Gesucht:  $U$

$$\text{Berechnung: } U = U_1 = R_1 \cdot I_1 \quad (*)$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{50 \Omega}{200 \Omega} = \frac{1}{4}$$

Teile  $I$  durch  $(4+1) = 5$ , um  $I_1$  zu erhalten:

$$I_1 = \frac{I}{5} = \frac{0,75 \text{ A}}{5} = 0,15 \text{ A} \quad (I = I_1 + I_2)$$

in (\*) einsetzen:  $U = 200 \Omega \cdot 0,15 \text{ A} = 30 \text{ V}$

c) Gegeben:  $R_2 = 6,3 \Omega$ ;  $I = 0,73 \text{ A}$ ;  $U = 8,8 \text{ V}$  (Reihenschaltung)

Gesucht:  $R_1$

$$\text{Berechnung: } U_2 = R_2 \cdot I_2 = R_2 \cdot I \quad (I = I_1 = I_2) \\ = 6,3 \Omega \cdot 0,73 \text{ A} = 4,6 \text{ V}$$

$$U_1 = U - U_2 \quad (U = U_1 + U_2) \\ = 8,8 \text{ V} - 4,6 \text{ V} = 4,2 \text{ V}$$

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{U_1}{I} = \frac{4,2 \text{ V}}{0,73 \text{ A}} = 5,8 \Omega$$

d) Gegeben:  $R_1 = 1,12 \text{ k}\Omega$ ;  $R_2 = 60,3 \Omega$ ;  $U = 8,8 \text{ V}$  (Parallelschaltung)

Gesucht:  $I$

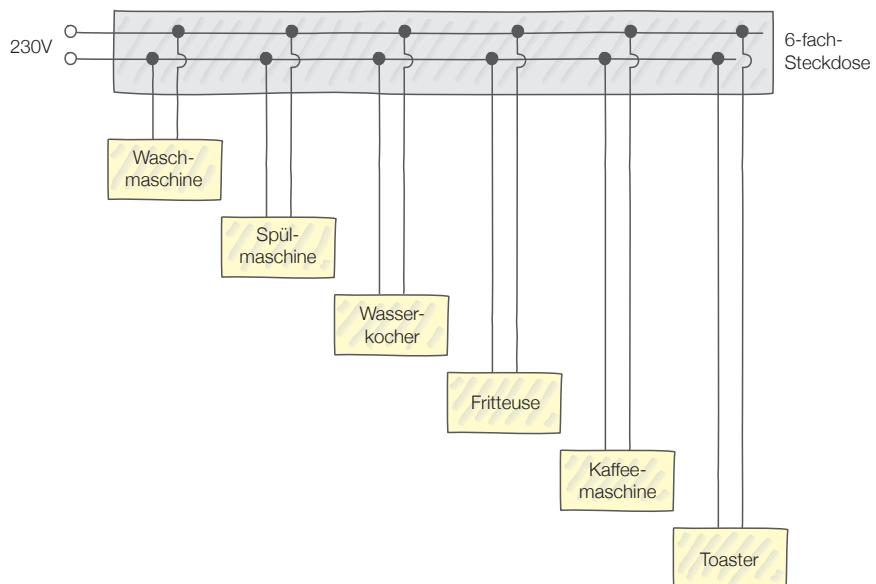
$$\text{Berechnung: } I = I_1 + I_2 \quad (*)$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U}{R_1} \\ = \frac{8,8 \text{ V}}{1120 \Omega} = 7,9 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U}{R_2} \\ = \frac{8,8 \text{ V}}{60,3 \Omega} = 146 \text{ mA}$$

in (\*) einsetzen:  $I = 7,9 \text{ mA} + 146 \text{ mA} = 0,15 \text{ A}$

4

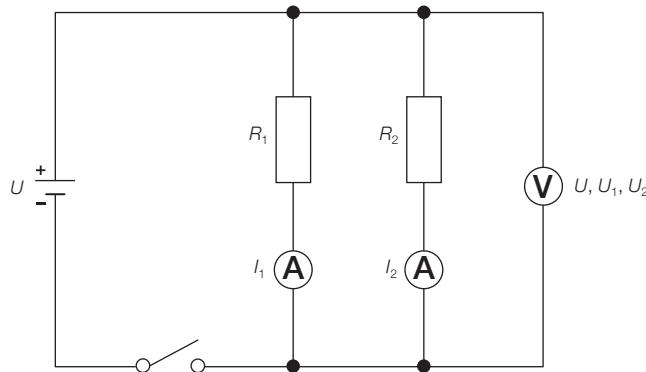


! Nicht zu viele Geräte mit hoher Wattzahl anschließen! Insgesamt maximal 3500 W! Es droht Überhitzung der Steckdosenleiste. Brandgefahr! Gefahr eines Kurzschlusses!

- 5 a) **Ziel:** Experimentelle Bestimmung von Spannung und Stromstärke an Widerständen einer Parallelschaltung.

Welche Messgrößen bleiben gleich bzw. ändern sich bei Variation der angelegten Spannung?

**Aufbau:**



**Beschreibung:**

- Parallelschaltung von zwei Bauteilen (Ohmsche Widerstände, verschiedene Werte:  $R_1 = 100 \Omega$ ,  $R_2 = 1 \text{k}\Omega$ )
- Messung von  $U$  ( $U_1$ ,  $U_2$ ),  $I_1$  und  $I_2$ , Variation von  $U$ !

**Messergebnisse**

$U_1$ in V						
$U_2$ in V						
$I_1$ in mA						
$I_2$ in mA						
$\frac{U_1}{I_1}$ in $\Omega$						
$\frac{U_2}{I_2}$ in $\Omega$						

KEINE EINTRAGUNG!

**Auswertung:** Je nach Tabelleneinträgen in „Messergebnisse“: Beantwortung der „Ziel“-Fragestellung, ggf. mit grafischer Auswertung.

- b) **Erwartung:**

- stets gilt  $U_1 = U_2 = U$
- stets gilt (näherungsweise)  $I_1 \approx 10 \cdot I_2$
- stets gilt (näherungsweise)  $\frac{U_1}{I_1} \approx 100 \Omega$  und  $\frac{U_2}{I_2} \approx 1000 \Omega$

6 Gegeben:  $I = 0,20 \text{ A}$ ;  $R_1 = 50 \Omega$ ;  $R_2 = 100 \Omega$ ;  $R_3 = 300 \Omega$

a) Der Strom teilt sich in der Black Box (über  $R_2$  und  $R_3$ ) auf. Es gilt:  $I = I_2 + I_3$ .

Dabei fließt der größere Stromanteil durch den kleineren Widerstand.

Da  $R_2 < R_3$  ist, gilt  $I_2 < I_3$ .

$$\text{Es gilt: } \frac{I_2}{I_3} = \frac{R_3}{R_{32}} = \frac{300 \Omega}{100 \Omega} = \frac{3}{1} \Rightarrow I_2 = 3 \cdot I_3.$$

b) Teile I durch  $(3+1) = 4$ , um  $I_3$  zu erhalten:

$$I_3 = \frac{1}{4} = \frac{0,20 \text{ A}}{4} = 0,05 \text{ A}$$

$$I_2 = I - I_3 = 0,20 \text{ A} - 0,05 \text{ A} = 0,15 \text{ A}$$

$$U_1 = R_1 \cdot I_1 = R_1 \cdot I = 25 \Omega \cdot 0,20 \text{ A} = 5,0 \text{ V}$$

$$U_{BB} = U_2 = R_2 \cdot I_2 = 100 \Omega \cdot 0,15 \text{ A} = 15 \text{ V}$$

$$U = U_1 + U_{BB} = 5,0 \text{ V} + 15 \text{ V} = 20 \text{ V}$$



## 1. Hilfestellungen .....

### **S. 15, Arbeitsauftrag 3**

Geh bei deinen Überlegungen davon aus, dass die beiden Lampen identischen Typs sind.

### **S. 19, Arbeitsauftrag 3**

Erinnere dich an das Schülerexperiment in Klasse 7. Die UND-Schaltung kommt bei einer mit einem Akku betriebenen Heckenschere zum Einsatz. Aus Sicherheitsgründen müssen dort beide Schalter gleichzeitig gedrückt werden, damit der Motor der Schere läuft.

Die ODER-Schaltung kommt z. B. bei einer Türklingel zum Einsatz. Die Klingel soll von zwei Stellen aus bedient werden können.

### **S. 21, Arbeitsauftrag 6**

Wenn du kein Netzteil mit Typenschild findest, kannst du auch nach Bildern im Internet suchen. Nutze die Suchbegriffe „Netzteil“ und „Typenschild“.

### **S. 69, Arbeitsauftrag 2**

Du kannst dir für die Beschreibung eines geeigneten Experiments z. B. nochmal M1 auf Seite 64 ansehen.

### **S. 71, Arbeitsauftrag 2**

Erstelle zunächst eine Zeichnung der Situation. Du musst dir dafür keine festen Werte für Brennweite und Gegenstandsgröße überlegen. Zeichne die Situation einfach so, dass das Bild verkleinert dargestellt wird. Zeichne dabei auch die relevanten Lichtstrahlen ein.

### **S. 95, Arbeitsauftrag 3**

Blitz und Donner finden beide eigentlich zur gleichen Zeit statt.

### **S. 99, Arbeitsauftrag 2**

Suche dir zum Abschätzen eine Vergleichsgröße auf dem Bild, deren Höhe du kennst.

### **S. 101, Arbeitsauftrag 2**

Überlege dir zunächst einen Maßstab für deine Pfeile. Je größer der Maßstab, desto präziser kannst du die Pfeile zeichnen. Beachte allerdings, dass du in deinem Heft nur begrenzt Platz zur Verfügung hast.

### **S. 111, Arbeitsauftrag 4**

Erinnere dich für a) an die Beispiele in Kapitel 12. Betrachte dafür insbesondere die Zeichnungen.

### **S. 115, Arbeitsauftrag 4**

Überlege dir zunächst, welche Masse Barnabas schätzungsweise beschleunigen muss, wenn er keine Ladung bei sich hat.

### **S. 141, Arbeitsauftrag 2**

Betrachte für die Abschätzung der Masse, wie tief die Gegenstände im Wasser versunken sind.

### S. 15, Arbeitsauftrag 3

Überlege dir zunächst, an welcher Stelle ein Stromstärkemessgerät im Stromkreis eingebaut werden muss. Macht es einen Unterschied, ob es direkt vor oder direkt nach der Lampe eingebaut wird?

### S. 19, Arbeitsauftrag 3

Bei der UND-Schaltung müssen beiden Schalter hintereinander in den Stromkreis eingebaut werden. So wird sichergestellt, dass der Stromkreis nur dann geschlossen ist, wenn beide Schalter geschlossen sind.

Bei der ODER-Schaltung müssen die beiden Schalter parallel zueinander eingebaut werden. So ertönt die Klingel, wenn der eine ODER der andere Schalter geschlossen ist.

### S. 21, Arbeitsauftrag 6

Beachte vor allem die Angaben, die hinter „INPUT“ und „OUTPUT“ stehen.

### S. 69, Arbeitsauftrag 2

Überlege dir für b), worin der Unterschied zwischen einem Brennpunkt und einer Brennebene bestehen könnte. Schau dir dafür auch B5 nochmal genau an.

### S. 71, Arbeitsauftrag 2

Betrachte B2 und überlege dir, ob das Bild größer oder kleiner wird, wenn die Linse näher an das Fenster gerückt wird.

### S. 95, Arbeitsauftrag 3

Du kannst den Blitz erst dann sehen, wenn das Licht des Blitzes in dein Auge gelangt. Überlege dir, wie lange es wohl dauert, bis du den Blitz sehen kannst, wenn das Gewitter 1 km entfernt ist. Vergleiche das mit der Zeit, die es dauert, bis du das Gewitter auch hören kannst.

### S. 99, Arbeitsauftrag 2

Du kannst als Vergleichsgröße z. B. die Höhe einer der Gondeln nehmen. Diese haben eine Höhe von ca. 2 Metern. Schätze ab, wie viele der Gondeln du stapeln kannst, um die Höhe des Riesenrads zu erreichen.

### S. 101, Arbeitsauftrag 2

Erstelle eine Tabelle, in der du die Pfeillängen entsprechend deines gewählten Maßstabs einträgst. Prüfe nochmal nach, ob du auch den längsten Pfeil noch gut einzeichnen kannst.

### S. 111, Arbeitsauftrag 4

Berücksichtige bei b) das zweite Newtonsche Gesetz und überlege, wie sich  $\vec{\Delta v}$  verändert, wenn sich jeweils eine der anderen Größen verändert.

### S. 115, Arbeitsauftrag 4

Schätze ab, welche Masse die vollbeladenen Kisten haben könnten.

### S. 141, Arbeitsauftrag 2

Überlege dir, welche Kräfte auf die Gegenstände wirken. Was muss gelten, damit die Gegenstände nicht noch weiter versinken? Überlege dir die Besonderheit beim Stein im Vergleich zu den beiden anderen Gegenständen.

### 3. Hilfestellungen .....

#### **S. 15, Arbeitsauftrag 3**

Überlege dir, ob es einen Unterschied macht, ob das erste Stromstärkemessgerät vor der Verzweigung zu den beiden Lampen eingebaut wird oder erst, wenn die Verzweigungen wieder zusammenlaufen.

#### **S. 19, Arbeitsauftrag 3**

Sieh dir B2 und die Tabelle auf S. 19 nochmal genau an. Ersetze dann schrittweise jedes Bauteil aus deinem Schaltplan mit dem zugehörigen Bauteil aus dem Wasserstromkreis.

#### **S. 21, Arbeitsauftrag 6**

Die Einheiten V und A kennst du bereits. Es gibt aber noch eine weitere Angabe mit der Einheit Hz. Suche zur Erklärung im Internet nach dem Begriff „Netzfrequenz“.

#### **S. 69, Arbeitsauftrag 2**

Überlege dir für c), inwiefern das Experiment besser zu der in B5 als zu der in B4 dargestellten Situation passt.

#### **S. 71, Arbeitsauftrag 2**

Überlege dir, ob der Brennpunkt bei kleinerer Brennweite näher an die Linse heran rückt oder sich weiter von ihr entfernt.

#### **S. 95, Arbeitsauftrag 3**

Für Teil b) kannst du näherungsweise annehmen, dass du den Blitz wegen der sehr großen Lichtgeschwindigkeit und der vergleichsweise kleinen Entfernung sofort sehen kannst. Dann musst du nur noch berechnen, welche Strecke der Schall in 4 Sekunden zurücklegt.

#### **S. 99, Arbeitsauftrag 2**

Für Teil b) benötigst du die Formel für den Kreisumfang:  $U = \pi \cdot d$ . Das ist die Strecke, die eine Gondel bei einer vollen Umdrehung zurücklegt.

#### **S. 101, Arbeitsauftrag 2**

Markiere jeweils die Punkte, an denen du die Pfeile einzeichnen willst. Zeichne die Pfeile so, dass sie immer tangential zur Rennstrecke an dem jeweiligen Punkt sind.

#### **S. 111, Arbeitsauftrag 4**

Überlege dir für c), ob sich die horizontale Geschwindigkeit der Kugel  $K_2$  nach dem Stoß verändert.

#### **S. 115, Arbeitsauftrag 4**

Schätze ab, wie lange er in etwa benötigt, um die Geschwindigkeit von 15 km/h bei der jeweiligen Masse zu erreichen.

#### **S. 141, Arbeitsauftrag 2**

Auf den Stein wirken drei Kräfte: Eine zeigt nach unten (die Gewichtskraft), zwei zeigen nach oben.

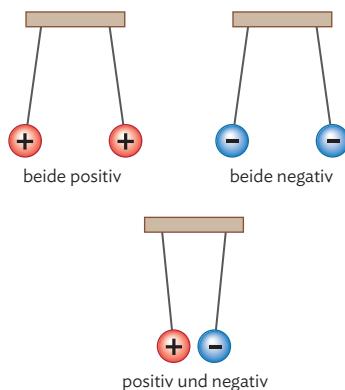
## Inhalte

### Elektrische Ladung

In der Physik unterscheiden wir positive und negative elektrische Ladungen.

Wir wissen, dass sich gleichnamige Ladungen abstoßen, ungleichnamige anziehen.

Wenn unterschiedliche Gegenstände durch Reiben in engen Kontakt kommen, können Ladungen getrennt werden und die Gegenstände sich aufladen. Dieses Phänomen nennen wir Reibungselektrizität.

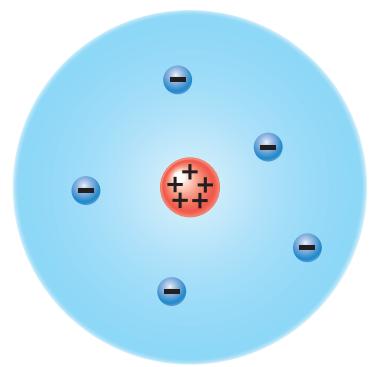


### Die Atomvorstellung

Wir können den Aufbau eines Atoms grob skizzieren und damit erklären, wie sich Körper elektrisch aufladen:

Atome kann man sich aus einem sehr kleinen Kern und einer viel größeren Hülle vorstellen. In der Hülle befinden sich negativ geladene Elektronen, der Kern hingegen trägt eine positive Ladung.

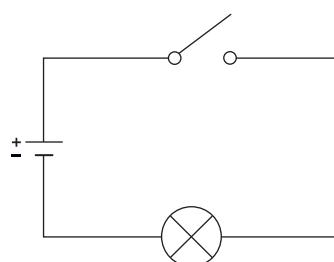
Im Normalfall sind Atome neutral, d. h. ungeladen. Die negativen und positiven Ladungen gleichen sich gerade aus.



### Stromkreise

Wenn wir die Pole einer Elektrizitätsquelle mithilfe von elektrischen Leitern über eines oder mehrere elektrische Geräte (z. B. eine Glühlampe) miteinander verbinden, fließt Strom. Das nennen wir einen elektrischen Stromkreis.

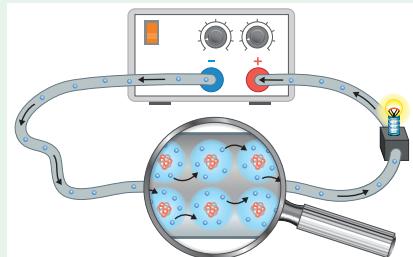
Man sollte niemals die Pole einer Elektrizitätsquelle direkt miteinander verbinden. So etwas nennt man einen Kurzschluss.



## Grundlagen

### Elektrischer Strom als Bewegung von Ladungen

Wir können erklären, dass der elektrische Strom in Metallen durch die Elektronen hervorgerufen wird. Dabei arbeitet die Elektrizitätsquelle wie eine Pumpe, die die Elektronen vom Minus- zum Pluspol durch den Leiter transportiert.

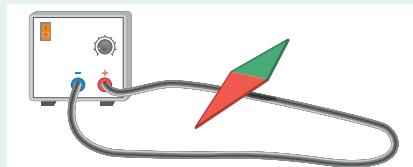
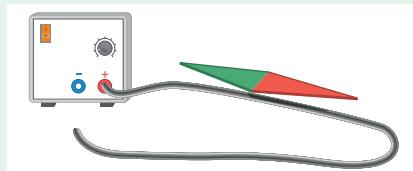


### Wirkungen des elektrischen Stroms

Wir können verschiedene Wirkungen des elektrischen Stroms angeben und technische Anwendungen verstehen und erklären:

1. Strom kann Stoffe zum Leuchten anregen. Wir sprechen von der Leuchtwirkung des Stromes (z. B. Glühlampe, LED-Lampe, ...).
2. Fließt Strom durch einen Leiter, dann verursacht er eine Erwärmung. Wir sprechen von der Wärmewirkung des Stromes (z. B. Herdplatte, Schmelzsicherung, ...).
3. Du kennst die Magnetwirkung des elektrischen Stroms (z. B. Elektromagnet).

Du weißt zudem, dass fließende Ströme Kräfte auf Magnetnadeln ausüben, die sie senkrecht zum Stromfluss drehen.

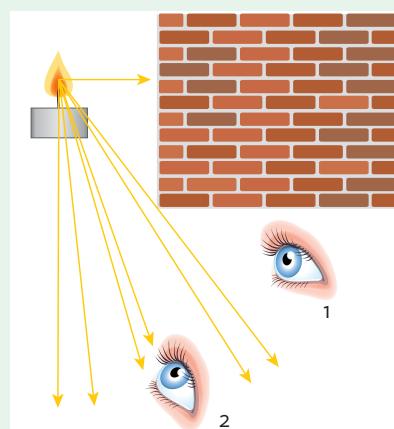


### Lichtmodell und der Sehvorgang

Licht breitet sich geradlinig aus. Die Ausbreitung des Lichts kannst du mithilfe von Lichtstrahlen veranschaulichen. Das Licht, das von einem Körper ausgesendet wird, stellen wir durch repräsentative Lichtstrahlen dar.

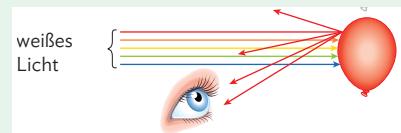
Wir können einen Gegenstand dann sehen, wenn die Lichtstrahlen, die von ihm ausgehen, in unser Auge treffen. Das Licht breitet sich dabei geradlinig aus und wir können daher nicht „um die Ecke sehen“.

Du weißt, dass man nicht direkt in die Sonne oder in einen Laser blicken darf, und kannst daraus Empfehlungen für den Straßenverkehr und den Umgang mit intensiven Lichtquellen ableiten.



## Farben und Farbwahrnehmung

Weißes Licht ist die Summe der Spektralfarben. Fällt weißes Licht auf einen Gegenstand, so wird ein Teil des Lichts absorbiert und der Rest reflektiert. Werden alle Farben bis auf eine absorbiert, diese jedoch reflektiert, so erscheint der Körper in dieser Farbe.



## Methoden

### Festhalten von Beobachtungen

In den Naturwissenschaften müssen alle Beobachtungen dokumentiert werden, damit man sie auch später noch nachvollziehen kann. Die wichtigsten Arten dabei sind Texte und Bilder.

#### Texte

Wenn du deine Beobachtungen aufschreibst, verwende einen sachlichen Stil. Du musst den Text nicht besonders ausschmücken, sondern solltest dich kurz fassen. Oft hilft ein Schema, z. B.

- Durchführung: Welche Gegenstände werden verwendet? Was wird mit ihnen gemacht?
- Beobachtung: Was geschieht? Was kann man sehen? Hier darfst du nur wiedergeben, was du direkt oder mit Hilfsgeräten wahrnimmst.

#### Bilder

Oft ist es viel einfacher, Gegenstände oder Wahrnehmungen mit Bildern statt mit Texten festzuhalten. Ein Foto kann hilfreich sein, aber eine gute Zeichnung hilft dir, dich auf das Wesentliche zu konzentrieren. Meistens reicht dazu eine zweidimensionale Ansicht aus. Auch hier gilt: Schmücke das Bild nicht unnötig aus. Manchmal brauchst du auch zwei Bilder, z. B. als Vergleich von „vorher“ und „nachher“.

## Arbeiten mit Texten

1. Überfliege den Text. Überlege, was der Text mit dem zu tun hat, was du schon weißt und was neu ist.
2. Lies die Arbeitsaufträge genau durch oder formuliere eigene Fragen.
3. Lies den Text ein weiteres Mal genau durch. Markiere wichtige Begriffe oder schreibe sie für dich auf. Recherchiere unbekannte Wörter.
4. Erstelle eine Zusammenfassung. Nimm dir dazu die Abschnitte des Textes einzeln vor. Du kannst die Teile auch zeichnerisch miteinander verbinden. Eine solche Art der Zusammenfassung nennt man Mindmap.
5. Überlege, wie du den ganzen Text in wenigen, eigenen Sätzen wiedergeben kannst. Beantworte dazu auch die von dir formulierten Fragen.

## Grundlagen

### Modelle nutzen

Um die physikalische Wirklichkeit gedanklich erfassbar zu machen, um sie zu verstehen und um nachvollziehbar argumentieren zu können, entwickeln wir Modelle. Das heißt, wir machen uns vereinfachte und möglichst anschauliche gedankliche Vorstellungen von physikalischen Phänomenen oder Objekten. Ein Modell beruht stets auch auf Annahmen und es vernachlässigt Teileaspekte, weshalb ein Modell die Wirklichkeit nie vollständig beschreibt. Dennoch werden physikalische Beobachtungen gut erkläbar, viele Vorgänge und Effekte lassen sich so korrekt vorhersehen.

### Versuchsprotokoll

Um die Ergebnisse eines Experiments festzuhalten, fertigt man ein Versuchsprotokoll an.

Ein solches Protokoll besteht aus fünf Abschnitten:

- **Ziel:** Gib das Ziel des Versuchs kurz mit eigenen Worten wieder.
- **Aufbau:** Beschreibe den experimentellen Aufbau. Fertige dazu auch eine Zeichnung an.
- **Beschreibung:** Beschreibe, wie du den Versuch durchführst und welche Größen du misst.
- **Messergebnisse:** Halte die Messergebnisse in Form einer Tabelle fest.
- **Auswertung:** Bestimme anhand der Messergebnisse die gesuchte Größe.

Die fünf Schritte kannst du dir gut über die Anfangsbuchstaben merken: ZABMA.

### Einheiten umrechnen

- Um eine zusammengesetzte Einheit in eine andere umzurechnen, gehen wir schrittweise vor:

$$\text{Aus } 1 \text{ g} = 0,001 \text{ kg}, 1 \text{ cm}^3 = 0,001 \text{ dm}^3 \text{ folgt: } 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{0,001 \text{ kg}}{0,001 \text{ dm}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$$

$$\text{Aus } 1 \text{ t} = 1000 \text{ kg}, 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3 \text{ folgt: } 1 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 1 \frac{1000 \text{ kg}}{1000 \text{ dm}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$$

$$\text{Aus den beiden Umformungen ergibt sich: } 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 1 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$$

- Es können bei der Umrechnung auch Zehnerpotenzen auftreten:

$$1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{1000 \text{ g}}{0,001 \text{ dm}^3} = 1 \frac{1000 \cdot 1000 \text{ g}}{1000 \cdot 0,001 \text{ dm}^3} = 1 \cdot 10^6 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$$

- Beim Umrechnen von Einheiten kann geschicktes Erweitern helfen:

$$1,29 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3} = 1,29 \frac{1000 \text{ g}}{1000 \text{ dm}^3} = 1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ (Dichte von Luft)}$$

- Für das Volumen sind auch Literangaben möglich:

$$83 \frac{\text{kg}}{\text{hl}} = 83 \frac{\text{kg}}{100 \text{ dm}^3} = 0,83 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \text{ (Dichte von Spiritus)}$$

## Messgenauigkeit

Für eine Spielzeugfigur wurde die Masse  $m = 139,4 \text{ g}$  und das Volumen  $V = 13,4 \text{ cm}^3$  gemessen. Daraus soll die Dichte berechnet werden.

### 1. Ungenauigkeiten der Messungen angeben

Ungenauigkeit beim Wiegen:  $0,1 \text{ g}$ , also:  $m = 139,4 \text{ g} \pm 0,1 \text{ g}$ .

Ungenauigkeit bei der Volumenmessung:  $0,1 \text{ cm}^3$ , also:  $V = 13,4 \text{ cm}^3 \pm 0,1 \text{ cm}^3$ .

### 2. Gesuchte Größe ohne Messungenauigkeit berechnen

$$\rho = \frac{139,4 \text{ g}}{13,4 \text{ cm}^3} = 10,4029 \dots \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

### 3. Kleinstmöglichen und größtmöglichen Wert berechnen

$$\text{Kleinstmögliche Dichte: } \rho = \frac{139,4 \text{ g} - 0,1 \text{ g}}{13,4 \text{ cm}^3 + 0,1 \text{ cm}^3} = 10,3185 \dots \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Größtmögliche Dichte: } \rho = \frac{139,4 \text{ g} + 0,1 \text{ g}}{13,4 \text{ cm}^3 - 0,1 \text{ cm}^3} = 10,4887 \dots \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

### 4. Messungenauigkeit der gesuchten Größe bestimmen

$$\rho = 10,4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \pm 0,1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

## Umstellen einer Formel

Vergleiche eine gültige Formel mit einem einfachen Zahlenbeispiel. Der Blick auf die Zahlengleichungen liefert die dementsprechend korrekt umgestellten Formeln.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{vgl.} \quad 5 = \frac{10}{2}$$

$$m = \rho \cdot V \quad \text{vgl.} \quad 10 = 5 \cdot 2$$

$$V = \frac{m}{\rho} \quad \text{vgl.} \quad 2 = \frac{10}{5}$$

Somit gelten diese drei Formeln gleichwertig:  

$$\rho = \frac{m}{V} \Leftrightarrow m = \rho \cdot V \Leftrightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

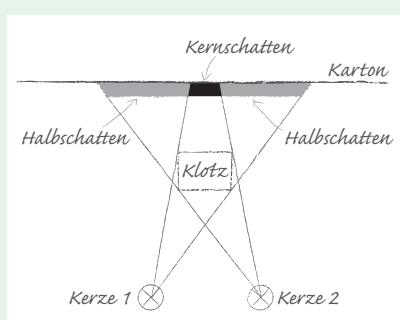
## Digitale Bilder

Um die Ergebnisse eines Experiments festzuhalten, bieten sich aussagekräftige Fotos an. Beachte dabei folgende Kriterien:

- geeigneter Hintergrund
- passender Ausschnitt
- passende Größenverhältnisse
- nichts verdeckt sich gegenseitig
- keine Schattenbildung
- mit oder ohne Blitz
- aussagekräftiger Dateiname zum schnellen Wiederfinden

## Erstellen von Versuchsskizzen

Will man physikalische Versuche beschreiben, eignen sich aussagekräftige, beschriftete Skizzen sehr gut, weil man sich hier auf das Wesentliche des Versuchs konzentrieren kann. Achte darauf, mit Bleistift und Lineal zu zeichnen und nur die wichtigen Gegebenheiten mit in die Zeichnung aufzunehmen. Überlege, aus welcher Perspektive du alles gut darstellen kannst. Meist ist das von der Seite oder von oben. Für ein einfaches Experiment zum Thema „Lichtsachen“ kann das von oben betrachtet so aussehen.



In diesem Buch wirst du einer Vielzahl an Arbeitsaufträgen begegnen und diese bearbeiten. In den Aufgabenstellungen werden dabei sogenannte **Operatoren** verwendet. Operatoren sind immer wiederkehrende Begriffe, die beschreiben, auf welche Art und Weise die Aufgabe gelöst werden soll. So kannst du beispielsweise, je nach verwendetem Operator, einen Versuchsaufbau entweder mit Worten beschreiben oder eine Zeichnung davon anfertigen. Die folgende Liste soll dir zeigen, welche Operatoren in diesem Buch verwendet werden und was sie bedeuten.

Operator	Erklärung	Beispiel
abschätzen	Gib durch begründete Überlegungen oder Überschlagsrechnungen den ungefähren Wert einer Größe an.	Schätze den Betrag der Geschwindigkeit des Hunds im Video ab. <i>Der Hund bewegt sich ungefähr doppelt so schnell wie der Mann und hat daher einen Geschwindigkeitsbetrag von ca. 10 <math>\frac{\text{km}}{\text{h}}</math>.</i>
begründen	Bestätige Aussagen mit (fach-)sprachlich folgerichtigen Argumenten oder bestätige die Aussagen rechnerisch.	Begründe, dass ein Kurzschluss vorliegt. <i>Aufgrund des defekten Kabels fließt der Strom nicht durch die Glühlampe, sondern auf direktem Weg zur Elektrizitätsquelle.</i>
berechnen	Ermittle den Wert einer Größe mithilfe einer Rechnung und mit einem nachvollziehbaren Lösungsweg.	Berechne die Stromstärke für $R = 15 \Omega$ und $U = 1,30 \text{ V}$ . $I = \frac{U}{R} = \frac{35 \text{ V}}{15 \Omega} = 2,3 \text{ A}$
beschreiben	Gib einen Sachverhalt in eigenen Worten unter Berücksichtigung der Fachsprache strukturiert wieder.	Beschreibe die Änderung der Bildgröße in Abhängigkeit von der Gegenstandsweite durch eine Je-desto-Aussage. <i>Je größer die Gegenstandsweite wird, desto kleiner wird die Bildgröße.</i>
bestimmen / ermitteln	Finde eine Lösung oder einen Zusammenhang anhand vorliegender Informationen und des bereits von dir gelernten Fachwissens, ggf. auch mithilfe eigener Berechnungen.	Bestimme die Masse des Gegenstands mithilfe des Federkraftmessers. <i>Der Federkraftmesser zeigt eine Gewichtskraft von 7,5 N an. Mit der Fallbeschleunigung <math>g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}</math> erhält man: <math display="block">m = \frac{F_G}{g} = \frac{7,5 \text{ N}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,76 \text{ kg} = 760 \text{ g.}</math></i>
beurteilen / bewerten / Stellung nehmen	Gib zu einer Aussage eine fachlich begründete, selbstständige Einschätzung ab. Dabei können neben fachlichen Aspekten auch außerfachliche Kriterien berücksichtigt werden.	Nimm dazu Stellung, ob es sinnvoll ist, beim Fahrradfahren einen Helm zu tragen. <i>Bei längeren Strecken trage ich immer einen Helm, um mich zu schützen. Bei kürzeren Strecken finde ich das Risiko vertretbar. Außerdem mache ich mir dann meine Frisur nicht kaputt.</i>

darstellen / anfertigen / erstellen	Gib Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden oder Ergebnisse in geeigneter Form wieder.	Stelle die Ergebnisse des Experiments übersichtlich dar. <i>Die Messwerte werden zunächst in einer Tabelle festgehalten. Anschließend wird ein Graph mit der zugehörigen U-I-Kennlinie gezeichnet.</i>
erklären	Mache Sachverhalte mithilfe von Fachkenntnissen, die du gelernt hast, nachvollziehbar.	Erkläre die Entstehung einer Fata Morgana. <i>Bei einer Fata Morgana wird Licht am Übergang zwischen zwei Luftsichten mit unterschiedlicher optischer Dichte (Übergang zwischen kalter und warmer Luft) totalreflektiert.</i>
erläutern	Füge noch neue Informationen hinzu.	
herleiten	Stelle mithilfe bekannter Gesetzmäßigkeiten oder Experimente einen neuen Zusammenhang zwischen physikalischen Größen her.	Leite anhand der Kennlinie im U-I-Diagramm einen Zusammenhang zwischen Strom, Spannung und Widerstand her. <i>Die Kennlinie zeigt, dass U und I linear zusammenhängen: <math>U = R \cdot I</math>.</i>
nennen / angeben	Gib Beispiele, Sachverhalte, Begriffe oder Daten ohne nähere Erläuterungen wieder.	Nenne alle relevanten Größen des zweiten Newtonschen Gesetzes. <i>Kraft <math>F</math>, Krafteinwirkungsdauer <math>\Delta t</math>, Geschwindigkeitsänderung <math>\Delta v</math>, Masse <math>m</math></i>
skizzieren	Reduziere Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse auf das Wesentliche und stelle diese grafisch dar.	Skizziere den Aufbau des Versuchs.
vergleichen	Die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Sachverhalten / Größen usw. sollen herausgestellt, festgestellt oder herausgearbeitet werden.	Vergleiche die Messergebnisse mit deiner Schätzung. <i>Ich habe geschätzt, dass sich der Wagen mit <math>2 \frac{\text{m}}{\text{s}}</math> fortbewegt. Die Messergebnisse zeigen, dass er tatsächlich mit <math>1,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}</math> fährt, also 10% langsamer ist.</i>
zeichnen	Erstelle eine möglichst exakte grafische Darstellung.	Zeichne den Verlauf der Strahlenbündel in die Grafik ein.
zeigen / bestätigen	Führe Aussagen durch Argumente, Experimente oder Rechnungen auf bekannte Zusammenhänge zurück.	Zeige, dass ein Kräftegleichgewicht vorliegt. <i>Die beiden Kräfte setzen am selben Punkt an und zeigen in entgegengesetzte Richtungen. Die Pfeile sind gleich lang und damit die Beträge gleich groß.</i>

Die Operatoren „untersuchen“, „formulieren“, „ergänzen“, „prüfen“, „ablesen“ oder „konstruieren“ verstehst du sicher auch ohne weitere Erklärung.

Manchmal hilft auch eine Zeichnung bei der Erklärung.

Manchmal wird auch verlangt „eine Skizze zu zeichnen“. Gemeint ist hier: skizzieren!

# Stichwortverzeichnis

<b>A</b>					
absorbieren	202	Elektrolyt	164	Kraft	110, 152
Addition		Elektron	18	-Betrag	110, 127, 132
-Geschwindigkeiten	103, 152	Endgeschwindigkeit	104, 106, 107, 152	-Richtung	110, 126, 132
-Kräfte	132, 153	Erde	31	Kräfteaddition	132, 153
Akkommodation	74, 87	Erdung	31	Kräftegleichgewicht	140, 141, 153
Ampere	14, 48	erstes Newtonsches Gesetz	138	Krafteinwirkung	105, 110, 152
Amperemeter	22, 35, 48	erweiterter Trägheitssatz	141	Kräfteparallelogramm	132, 133
Anfangsgeschwindigkeit	104, 106, 107, 152			Kräftezerlegung	134, 135
Atommodell	200	<b>F</b>		Kraftmesser	145
Auge	74, 87	Fallbeschleunigung	126, 128, 153	Kurzschluss	27, 49, 200
Ausgleichsgerade	143	Farbwahrnehmung	202	Kurzsichtigkeit	75, 87
Auslenkung	143, 144	Fata Morgana	73	<b>L</b>	
		Federkraft	144	LED	32
<b>B</b>		Federkraftmesser	145	Leitung	26
Batterie	16, 21, 164, 178	Fehlerstromschalter	30	Leuchtwirkung	201
-Kennlinie	164, 178	Fernrohr	173	Lichtbrechung	62, 68, 86
Beschleunigung	118, 153	freier Fall	126, 153	Lichtbündel	55, 68, 86
Betrag		<b>G</b>		Lichtleiter	77
-Geschwindigkeit	92, 99, 101, 152	Galilei	126	Lichtmodell	201
-Kraft	110, 127, 132	galvanische Zelle	164	Lichtstrahl	56, 86, 201
Bewegung		Gegenstand	66, 87	Linse	64, 68, 87, 86
-eindimensional	94	Gegenstandsweite	66, 87	Lot	57, 62, 63
-zweidimensional	98	Gesamtkraft	132	<b>M</b>	
Bewegungsrichtung	100, 101, 152	Geschwindigkeit	92, 98, 152	Magnetwirkung	201
Bild	66, 87	-Betrag	92, 99, 101, 152	Masse	110, 128
-reelles	70, 86	-Richtung	99, 152	Massenschwerpunkt	124, 132
-virtuelles	70, 86	Geschwindigkeitsänderung	104, 152	Messgenauigkeit	22
Bildweite	66, 87	Geschwindigkeitsbetrag	92, 152	Modell	12, 18, 34
Black Box	38	Geschwindigkeitspfeil	97, 100, 101, 152	-Atom	200
Brechung	62, 86	-Addition	103, 152	-elektrischer Strom	12, 16, 18
Brechungswinkel	62, 86	Gewichtskraft	126, 128, 153	-Kugelbahn	16
Brennebene	69	Gleichspannung	20	-Lichtbündel	86
Brennpunkt	64, 65, 68, 87	Grenzfläche	62, 68	-Lichtstrahl	86, 201
Brennweite	64, 65, 68, 87	<b>H</b>		-Wasserstromkreis	18, 19, 21, 25, 36, 37
		Hangabtriebskraft	131, 134	Multimeter	22, 48
<b>D</b>		Heißleiter	166	<b>N</b>	
Diagramm		Hooke'scher Bereich	143, 144, 153	Netzhaut	74, 87
-Dehnung-Kraft	143, 144	<b>I</b>		Newton	111, 114, 152
-Zeit-Geschwindigkeit	118	Isolator	26, 49	Newton'sches Gesetz	111, 118, 152
Dispersion	170	<b>K</b>		-erstes	138
		Kaltleiter	166	-zweites	111, 118, 152
<b>E</b>		Kennlinie	23	Normalkraft	131, 134
eindimensionale Bewegung	94	-Batterie	164, 178	<b>O</b>	
Einfallswinkel	57, 62, 86	-Solarzelle	163, 178	Ohm	24, 48
elektrische Ladung	14, 200	-Spannung-Strom	23, 25, 48	Ohmscher Widerstand	25, 48
elektrische Spannung	20, 48	Knautschzone	112, 153	optische Achse	68, 87
elektrische Stromstärke	14, 48			optisches Medium	62, 86
elektrischer Leiter	26, 49				
elektrischer Strom	12, 14, 201				
elektrischer Stromkreis	14, 48, 200				
elektrischer Widerstand	24, 48				

## P

Parallelschaltung	34, 37, 49
Pfeil	
-Geschwindigkeit	97, 100, 101, 152
-Geschwindigkeitsänderung	106, 107
-Kraft	110, 132
Pfeildarstellung	104, 152
Pfeileparallelogramm	103, 106, 107
Pol	14, 27
Potentiometer	32

## R

reelles Bild	70, 86
Reflexion	54, 56, 57, 86
Reflexionsgesetz	54, 55, 57, 86
Reflexionswinkel	57, 86
Reibungselektrizität	200
Reihenschaltung	34, 36, 49
Richtung	
-Geschwindigkeit	99, 152
-Kraft	110, 126, 132

## V

Vakuum	126
virtuelles Bild	70, 86
Volt	20, 48
Voltmeter	22, 35, 48
Vorwiderstand	32

## W

Wärmewirkung	201, 37
Wasserstromkreismodell	18, 19, 36
Wechselspannung	20
Weitsichtigkeit	75, 87
Widerstand	24, 48
-Ohmscher	25, 48

## Z

Zerlegung von Kräften	134, 135
Zerstreuungslinse	75, 87
zweidimensionale Bewegung	98
zweites Newtonsches Gesetz	111, 118, 152

## S

Sammellinse	65, 66, 68
Schaltbild	18
schiefe Ebene	131, 134, 153
Schmelzsicherung	28
Schraubenfeder	140
Schutzleiter	30
Schwerpunkt	124, 132
Sehvorgang	201
Sicherung	30
Solarmodul	163, 178
Solarzelle	162, 178
-Kennlinie	163, 178
Spannungs-Strom-Kennlinie	23, 25, 48
Spiegel	
-konkav	172
-konvex	172
Spiegelbild	54, 55, 58
Streuung	56
Stroboskopbild	97, 152, 175
Stromkreis	200
Stromrichtung	14, 48
Stromstärkemessgerät	15, 48

## T

Totalreflexion	73, 76, 87
toter Winkel	52
Trägheit	138, 153
Trägheitssatz	138, 153
-erweitert	141

## **Bildnachweis .....**





T67048