

# Impulse Physik

7|8

Zusammengestellt von

Daniela Eberhard  
Oliver Fechtig  
Pascal Märkl  
Matthias Riekert

Ernst Klett Verlag  
Stuttgart · Leipzig

## Inhalt

Grundlegende Konzeption von „Impulse Physik“ .....	4
Aufbau des Buches .....	4
Hinweise zur Arbeit mit dem Buch.....	6
<b>1 Schall .....</b>	<b>7</b>
1.1 Schallquellen und Schallempfänger .....	8
1.2 Schwingungen unter der Lupe .....	10
1.3 Schnelle Schwingungen .....	12
1.4 Schallwahrnehmung .....	14
Methode – Kommunizieren: Hören in Natur und Technik .....	15
Methode – Experimentieren: Wir nehmen eine Hörkurve auf .....	15
1.5 Schallausbreitung .....	16
1.6 Lärm und Lärmschutz .....	18
Rückblick: Lösungen der Teste-dich-selbst-Aufgaben .....	20
Rückblick: Lösungen der Trainingsaufgaben .....	20
<b>2 Licht und Sehen .....</b>	<b>23</b>
2.1 Lichtquellen und Lichtempfänger .....	24
2.2 Lichtausbreitung .....	26
2.3 Licht und Materie .....	29
2.4 Licht und Schatten .....	31
Methode – Experimentieren: Sehen und gesehen werden .....	33
Methode – Experimentieren: Schattengröße und Schattenform .....	33
Exkurs: Licht und Schatten im Weltraum .....	34
Exkurs: Finsternisse .....	34
2.5 Lochkamera .....	35
Methode – Experimentieren: Wir bauen eine Lochkamera .....	36
Exkurs: Licht im Straßenverkehr .....	37
Rückblick: Lösungen der Teste-dich-selbst-Aufgaben .....	38
Rückblick: Lösungen der Trainingsaufgaben .....	38
<b>3 Licht an Grenzflächen .....</b>	<b>41</b>
3.1 Reflexion von Licht .....	42
3.2 Spiegelbilder .....	44
Methode – Experimentieren: Reflexion .....	45
Methode – Experimentieren: Eigenschaften von Spiegelbildern .....	46
3.3 Die Brechung des Lichts .....	47
Methode – Dokumentieren: Das schreibe ich mir auf .....	49
Methode – Argumentieren: Warum sehen wir den Halm geknickt und ein Stück des Stifts gehoben? .....	50
3.4 Optische Linsen .....	51
3.5 Abbildung durch Sammellinsen .....	53
Exkurs: Erzeugung scharfer Bilder mit Sammellinsen .....	55
Exkurs: Vergleich Auge – Fotoapparat .....	56
Exkurs: Korrektur von Fehlsichtigkeit .....	57
Exkurs: Lichtleitung durch Totalreflexion .....	57
3.6 Licht und Farbe .....	60
3.7 Farbaddition und Farbsubtraktion .....	63
Methode – Mathematisieren: Vorhersage von Lichtwegen .....	66
Methode – Analogie: Schall und Licht .....	66
Rückblick: Lösungen der Teste-dich-selbst-Aufgaben .....	67
Rückblick: Lösungen der Trainingsaufgaben .....	67
<b>4 Energie .....</b>	<b>71</b>
4.1 Energie im Alltag .....	72
4.2 Energieformen .....	74
Exkurs: Übersicht über die verschiedenen Energieformen .....	75
Methode – Kommunizieren: Die Sonne – unsere wichtigste Energiequelle .....	76
4.3 Speicherung und Übertragung von Energie .....	78
4.4 Energie messen und vergleichen .....	81
Methode – Bewerten: Dein Energiebedarf .....	83
Methode – Projekt: Sorgsamer Umgang mit Energie .....	83
4.5 Energieerhaltung .....	84
4.6 Lageenergie .....	86
4.7 Energieentwertung .....	88
4.8 Der Wirkungsgrad .....	90
Exkurs: Energieversorgung durch Wasserkraftwerke .....	91
Exkurs: Leistung im Alltag .....	92
Rückblick: Lösungen der Teste-dich-selbst-Aufgaben .....	93
Rückblick: Lösungen der Trainingsaufgaben .....	93

<b>5 Magnetismus .....</b>	<b>97</b>
5.1 Wirkung von Magneten .....	98
5.2 Pole von Magneten .....	100
<b>Methode – Dokumentieren:</b> Das schreibe ich mir auf .....	101
<b>Methode – Experimentieren:</b> Geheimnis Magnet .....	102
5.3 Modell von Magneten .....	103
5.4 Das Magnetfeld .....	105
<b>Exkurs:</b> Unsere Erde hat ein Magnetfeld .....	107
<b>Exkurs:</b> Den richtigen Weg finden .....	107
<b>Rückblick:</b> Lösungen der Teste-dich-selbst-Aufgaben .....	108
<b>Rückblick:</b> Lösungen der Trainingsaufgaben .....	108
<b>6 Stromkreise .....</b>	<b>111</b>
6.1 Elektrische Stromkreise .....	112
<b>Methode – Dokumentieren:</b> Von der Schaltung zum Schaltplan .....	115
6.2 Parallel- und Reihenschaltung .....	116
<b>Methode – Präsentieren:</b> Schaltungen mit mehreren Schaltern .....	117
<b>Methode – Experimentieren:</b> Elektrische Schaltungen .....	118
6.3 Wirkungen des Stromes .....	120
<b>Exkurs:</b> Elektrischer Strom ist gefährlich .....	122
<b>Exkurs:</b> Ein elektrisches Gerät ist defekt .....	123
<b>Exkurs:</b> Das Magnetfeld einer Spule und seine Anwendungen .....	124
<b>Methode – Experimentieren:</b> Experimente mit Elektromagneten .....	125
<b>Methode – Kommunikation:</b> Verstehen eines Sicherungsautomaten .....	125
<b>Methode – Experimentieren:</b> Gute und schlechte Leitung .....	127
<b>Rückblick:</b> Lösungen der Teste-dich-selbst-Aufgaben .....	128
<b>Rückblick:</b> Lösungen der Trainingsaufgaben .....	128
<b>7 Elektrischer Strom .....</b>	<b>131</b>
7.1 Energie und Elektrizität .....	132
7.2 Elektrischer Strom und Ladung .....	134
7.3 Messung der elektrischen Stromstärke .....	137
<b>Methode – Modellieren:</b> Modellvorstellungen zum elektrischen Stromkreis .....	139
<b>Methode – Messen:</b> Von der Beobachtung zur Messung .....	140
7.4 Elektrische Spannung .....	141
<b>Exkurs:</b> Der elektrische Widerstand .....	143
<b>Exkurs:</b> Parallel- und Reihenschaltung .....	145
<b>Methode – Experimentieren:</b> Der Umgang mit dem Multimeter .....	147
<b>Methode – Dokumentieren:</b> Auswertung mit Daten und Diagrammen .....	147
7.5 Elektrische Energie, Spannung und Stromstärke .....	149
7.6 Elektrische Energie und Leistung .....	151
<b>Methode – Experimentieren:</b> Elektrische Energie .....	153
<b>Methode – Präsentieren:</b> Elektrische Energie und Elektronenbewegung .....	153
<b>Rückblick:</b> Lösungen der Teste-dich-selbst-Aufgaben .....	154
<b>Rückblick:</b> Lösungen der Trainingsaufgaben .....	154
<b>8 Bewegungen .....</b>	<b>157</b>
8.1 Ruhe und Bewegung .....	158
8.2 Bestimmung von Geschwindigkeiten .....	160
<b>Methode – Mathematisieren:</b> Rechnen mit proportionalen Zusammenhängen .....	161
<b>Exkurs:</b> Brems- und Anhalteweg .....	162
<b>Rückblick:</b> Lösungen der Teste-dich-selbst-Aufgaben .....	163
<b>Rückblick:</b> Lösungen der Trainingsaufgaben .....	163
<b>9 Kraft und Masse .....</b>	<b>167</b>
9.1 Kräfte und ihre Wirkungen .....	168
9.2 Messung von Kräften .....	170
9.3 Verformung durch Kräfte .....	172
<b>Methode – Mathematisieren:</b> Rechnen mit proportionalen Zusammenhängen .....	174
<b>Methode – Dokumentieren:</b> Protokollieren .....	174
9.4 Gewichtskraft und Masse .....	175
9.5 Trägheit .....	177
<b>Methode – Argumentieren:</b> Trägheit im Straßenverkehr .....	179
<b>Methode – Argumentieren:</b> Zwei Sichtweisen .....	180
9.6 Wechselwirkung von Körpern .....	181
<b>Exkurs:</b> Wenn mehrere Kräfte wirken .....	183
<b>Methode – Experimentieren:</b> Klettern mit Seil und Rolle .....	184
<b>Exkurs:</b> Hebel überall .....	185
<b>Methode – Dokumentieren:</b> Protokollieren .....	186
<b>Rückblick:</b> Lösungen der Teste-dich-selbst-Aufgaben .....	187
<b>Rückblick:</b> Lösungen der Trainingsaufgaben .....	187
<b>Anhang .....</b>	<b>191</b>
Übersicht über die Exkurs- und Methodenseiten im Schulbuch .....	191
Übersicht über die Arbeitsblätter .....	193
Übersicht über die Lernzirkel .....	195
Übersicht über die Animationen und Simulationen .....	196
Stoffverteilungsplan .....	198
Bildquellennachweis .....	215

# Grundlegende Konzeption von „Impulse Physik“

Physikbücher werden selten im Unterricht herangezogen oder zu Hause von den Schülern zur Nachbereitung verwendet. Viele Lehrkräfte nutzen die Möglichkeiten eines Schulbuches nur wenig, weil es vermeintlich ihre methodische Freiheit einengt. Um diese Vorbehalte zu entkräften, wurde die Konzeption von „Impulse Physik“ vor allem daraufhin ausgelegt, die Einsatzmöglichkeiten zur Vorbereitung (durch die Lehrerinnen und Lehrer), die Einsatzmöglichkeiten im Unterricht und die Einsatzmöglichkeiten zur Nachbereitung (durch die Schülerinnen und Schüler zu Hause) zu verbessern. Ziel ist es, Schülerinnen und Schüler zum selbsttätigen Wissenserwerb anzuregen und Lehrerinnen und Lehrer größtmögliche Freiheit in der Unterrichtsgestaltung zu bieten. Impulse Physik bietet daher für

## Die Unterrichtsvorbereitung (Lehrerinnen und Lehrer)

- Themeneinstiege (Kontextanbindung)
- Fundus für Experimente (weitere Versuche und Alternativexperimente in diesem Lehrerband)
- Fundus an Beispiel- und Übungsaufgaben
- Vorschläge für Lernzirkel und sonstige Unterrichtsmethoden (weitere Vorschläge in diesem Lehrerband)
- Hilfe zur Strukturierung der Unterrichtsstunde

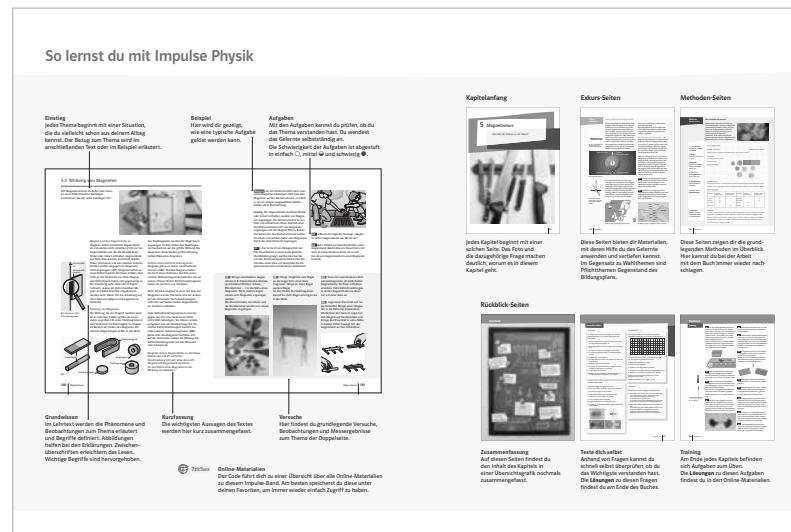
## Den Einsatz im Unterricht

- Themeneinstiege
- Fundus für Diagramme, Abbildungen, Lesetexte, Vertiefungen, Unterrichtsmethoden, Schülerversuche, ...
- Beispielaufgaben mit Musterlösung, Übungsaufgaben, ...

## Die Nachbereitung (Schülerinnen und Schüler)

- Wiederholung des Lernstoffes (grafisch aufbereitete Zusammenfassung)
- verständliche Lehrtexte, Beispielaufgaben mit Musterlösungen und Kontrollfragen/Arbeitsaufträge
- Vorbereitung auf Klassenarbeiten durch Selbsttest und Trainingsaufgaben

# Aufbau des Buches



Die Kapitel sind einheitlich aufgebaut. Sie bestehen jeweils aus mehreren Bausteinen, die sich bis auf den Kapitaleinstieg und den Rückblick mehrfach wiederholen:

## Kapitaleinstieg, allgemeine Problematisierung

Eine Einführungsseite greift exemplarisch eine für das Kapitel charakteristische Frage auf und liefert somit eine Diskussionsgrundlage.

## Grundwissen, zusammenhängende Problemerläuterung

Die Grundwissen-Doppelseiten bilden insbesondere die inhaltsbezogenen Kompetenzen des Kerncurriculums ab. Sie bestehen immer aus sechs Elementen.

### Auf der linken Seite:

1. Der **Einstieg**: ein Kontextbezug aus dem Alltag, der die Verbindung zum Thema herstellt.
2. Im **Lehrtext** werden, ausgehend von experimentellen Befunden, grundlegende Inhalte und Begriffe erarbeitet. Das erforderliche Fachwissen wird unter weitgehendem Verzicht auf mathematische Strukturen dargestellt.
3. Der **Merksatzblock** fasst die wesentlichen Inhalte in einer Art Abstract zusammen.

### Auf der rechten Seite:

4. Das **Beispiel** zeigt exemplarisch die Lösung eines Problems/einer Aufgabe mit Hilfe des Lehrtextes.
5. **Arbeitsaufträge** regen an, den Lehrtext zu reflektieren und in bereits Gelerntes einzuordnen. Sie sind – wie die Trainingsaufgaben am Kapitelende – nach drei Niveaustufen gekennzeichnet (siehe unten).
6. Die **Versuche** stellen die grundlegenden Beobachtungen bereit, mit deren Hilfe die Erkenntnisse, die im Lehrtext vermittelt werden, entwickelt werden. Die Beschreibung wird auf Fragestellung und Beobachtung eingeschränkt. Dies schafft eine Basis für eigenständiges Denken und bildet eine experimentelle Grundlage für das Verständnis des Lehrtextes, ohne methodische Richtungen vorzugeben.

## Ergänzungen

Hier wird unterschieden in Methoden und in Exkurse. Diese Bausteine folgen inhaltlich zugeordnet den Grundwissen-Doppelseiten:

1. Die Methodenseiten bilden in besonderer Weise die prozessbezogenen Kompetenzen (Dokumentieren, Argumentieren, Problemlösen, Planen/Experimentieren/Auswerten, Mathematisieren, mit Modellen arbeiten, Kommunizieren, Bewerten) des Kerncurriculums ab.
2. Die Exkurse liefern ergänzende Sachinformationen und sind zum Verständnis späterer Kapitel nicht zwingend notwendig. Sie bieten beispielhafte Einstiege in Schülerreferate, sind als Zusatzinformation zu verstehen und sollen Brücken zu Anwendungen der Physik und Technik schlagen. Sie bieten auch Anknüpfungen für fächerübergreifende Betrachtungen (z. B. Geschichte, Biologie, ...). Bei den Exkursen wird zwischen Pflichtthemen und Wahlthemen unterschieden. Erstere sind explizit Gegenstand des Bildungsplans, während letztere über den Bildungsplan hinausgehen.

## Rückblick (zusammenfassen, testen, trainieren)

Der Rückblick besteht immer aus drei Teilen und schließt jedes Kapitel ab:

1. Eine Seite Zusammenfassung: Diese wiederholt nicht einfach nur die Merksätze aus dem Kapitel, sondern stellt den Inhalt des Kapitels in einem bildhaften Zusammenhang dar.
2. Eine Seite „Teste dich selbst“: Anhand der vier Kompetenzbereiche Fachwissen, Kommunikation, Erkenntnisgewinnung und Bewertung können die Schülerinnen und Schüler ihren Kenntnisstand selbstständig überprüfen (Lösung der Fragen im Buchanhang).
3. Das Training schließt das Kapitel mit einem Übungsteil ab. Dieser besteht aus Aufgaben (qualitative und quantitative Fragestellungen), die so auch in einem Test oder einer Klassenarbeit gestellt werden können. Die Aufgaben sind – ebenso wie die Arbeitsaufträge auf den Grundwissenseiten – jeweils einem Anforderungsniveau zugeordnet:

Niveau I („leicht“);  Niveau II („mittel“);  Niveau III („schwer“)

Die Anforderungsniveaus korrespondieren mit bestimmten Operatoren mit folgender tendenzieller Zuordnung:

Niveau I beschreiben, nennen, aufzählen, einteilen, zeichnen, skizzieren ...

Niveau II beschreiben, erläutern, vergleichen, zuordnen, begründen ...

Niveau III begründen, erklären, vergleichen, beurteilen, bewerten, recherchieren ...

## Hinweise zur Arbeit mit dem Buch

Der Wissenserwerb wird heute als Einbettungs- und Verankerungsprozess gesehen, bei dem Neues in eine bestehende individuelle Struktur eingeknüpft werden muss. Um dies zu erleichtern ist ein abwechslungsreiches methodisches Vorgehen erforderlich. Impulse bietet dazu vielfältige Möglichkeiten: unterschiedliche Zugangswege, Handlungsorientierung, Aktivierung des Vorwissens, Nachhaltigkeit und Lernerautonomie. Unter Lernerautonomie wird dabei die Möglichkeit der eigenen Auseinandersetzung mit den Lerngegenständen und die Möglichkeit, den eigenen Lernweg zu reflektieren, verstanden. Eine methodische Hilfestellung dazu bietet das Buch in Form der Rückblicke an.

Während die Lesetexte auf den Exkurs-Seiten Kontexte herstellen, oft fächerübergreifenden Charakter haben und die Bedeutung der Physik für Mensch und Gesellschaft aufzeigen, bilden die Methoden-Seiten einen weiteren Schwerpunkt des Buches. Hier werden immer wieder typische Vorgehensweisen der Physik, wie z.B. Versuchsprotokoll erstellen, physikalisch argumentieren usw., aber auch allgemeine Kompetenzen, wie z.B. Ergebnisse präsentieren, thematisiert. Darüber hinaus gibt es auf diesen Seiten Anregungen für eigenständiges Handeln der Schülerinnen und Schüler entweder in Form von Lernstationen oder in Form von praktikumsähnlichen Unterrichtssituationen für Einzel- oder Gruppenarbeit. Die Methoden-Seiten müssen keineswegs alle und auch nicht in gleicher Gewichtung im Unterricht behandelt werden. Eine Übersicht über alle Methoden-Seiten finden Sie im Anhang.

Der Einsatz von Arbeitsblättern und Lernstationen aus diesem Lehrerband sind methodische Alternativen für die Unterrichtspraxis. Eine Übersicht über die entsprechenden Kopiervorlagen finden Sie im Anhang. Die beiliegende DVD enthält alle Kopiervorlagen sowohl im pdf- als auch im editierbaren docx-Format.

Darüber hinaus finden Sie auf der DVD sämtliche Grafiken und lizenzenfreien Fotos aus dem Schülerbuch zur Verwendung in eigenen Arbeitsblättern, zur Projektion am Whiteboard usw. sowie zahlreiche Animationen/Simulationen (Übersicht im Anhang), auf die in diesem Lehrerband hingewiesen werden.

Voraussetzung für das Betrachten der Animationen/Simulationen ist ein html5-fähiger Internetbrowser. Die Animationen/Simulationen können direkt aus dem entsprechenden Verzeichnis durch Anklicken der entsprechenden html-Datei von der DVD gestartet werden:

Organisieren	Öffnen	Brennen	Neuer Ordner	
00_lehrerband				
01_gefaehrdungsbeurteilungen				
02_stoffverteilungsplan				
03_arbeitsblaetter				
04_lernzirkel				
05_animationen_simulationen				
01_schall				
02_licht_und_sehen				
03_licht_an_grenzflaechen				
04_energie				
05_magnetismus				
ma_si_si_001				
ma_si_si_002				
ma_si_si_003				
ma_si_si_004				
ma_si_si_005				
06_elektrische_stromkreise				
07_elektrischer_strom				
08_bewegungen				

# 1 Schall



**Kommentar:** Durch das alltägliche Beispiel eines Gewitters kann das Thema Schall schülernah motiviert werden. Den meisten SuS ist bekannt, dass der Donner zeitlich versetzt zu dem Blitz zu hören ist.

**Lösung der Einstiegsfrage:** Schall breitet sich mit 340 m/s aus. Der Donner wird durch die starke, plötzliche Erhitzung der Umgebungsluft durch den Blitz erzeugt. Damit ergibt sich die Näherungsformel: Der Donner benötigt für 1 km ca. 3 s.

## 1.1 Schallquellen und Schallempfänger

**Lernziele** SuS kennen die Definition für Schall: Alles, was Menschen und Tiere hören können, ist Schall. Sie erkennen, dass etwas schwingen muss, damit Schall entsteht und dass sich Schall in alle Richtungen von der Schallquelle ausbreitet.

**Begriffe** Schall, Schallquelle, Schallausbreitung, Schallempfänger

**Hinweise/Kommentar** Als Einstieg in das Kapitel Schall werden die Schallquellen und Schallempfänger untersucht. Diese sind Grundlage für das Verständnis der Schallausbreitung und für einen leichten, alltagsnahen Zugang in die Thematik. Eine erste, einfache physikalische Erklärung der Schallzeugung wird über die Untersuchung von Vibrationen gegeben.

**Einstieg** Viele SuS waren schon auf einem Konzert oder in einer Schüler-Diskotheek und kennen daher das Empfinden von lauter Musik. Diese Alltagserkenntnis der SuS bietet einen motivierenden Einstieg und bietet Diskussionsmöglichkeiten, weshalb man Musik „spüren“ kann. Auch die Gefahren der Musik können bereits hier an diskutiert und im weiteren Unterrichtsgang vertieft werden.



### Versuche im Schulbuch

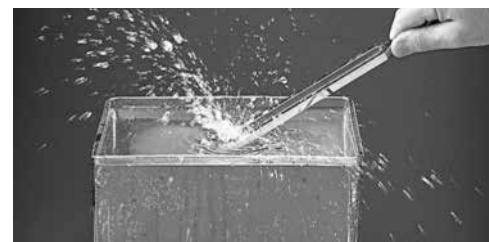
**V1** Ein Ende eines Trinkhalms wird so zugeschnitten, dass es wie ein Dreieck aussieht. Nun nimmt man dieses zugeschnittene Ende in den Mund und drückt es leicht zusammen. Bläst man in das Röhrchen, lassen sich damit Töne erzeugen. Am Röhrchen sind Schwingungen zu spüren.



#### Hinweise:

- Gute Ergebnisse ergeben sich mit folgenden Maßen:  
Länge des Strohhalms: 6cm, Einschnitttiefe: 1cm, Dreieckspitzen entfernen.
- Röhrchenflöte mit den Lippen kurz hinter dem Einschnitt leicht zusammendrücken und pusten.

**V2** Schlage eine Stimmgabel an und tauche sie sofort ins Wasser. Beim Eintauchen der Stimmgabel spritzt das Wasser auf.



**V3** Ein Luftballon wird zunächst aufgeblasen, dann wird seine Öffnung mit den Fingern so auseinandergezogen, dass sie straff gespannt ist. Die Luft strömt mit einem Quietschen aus dem Luftballon.

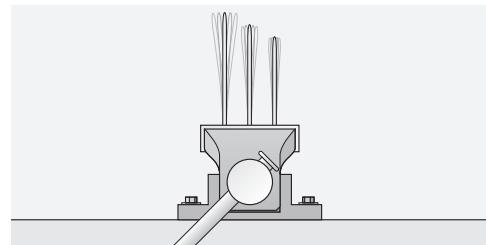


### Weitere Versuche

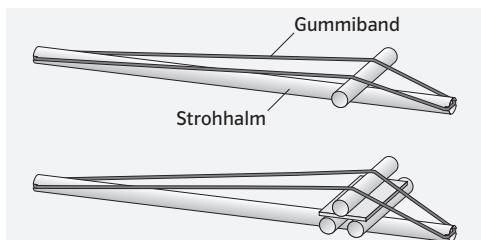
**V4** Streue Reiskörner/kleine Kugelchen/Bügelperlen auf die Membran eines tönenenden Lautsprechers: Die Körner beginnen zu tanzen.

**V5** Streiche mit nasserem Finger über den Rand eines dünnwandigen Glases. Versuche auf diese Weise einen Ton zu erzeugen.

**V6** Spanne Stricknadeln in einen Schraubstock. Lass die oberen Enden frei schwingen. Je nachdem wie tief die Stricknadeln eingespannt werden, entsteht ein anderer Ton.



**V7** Gummiband-Gitarre: Ein Plastikstrohalm wird an den Enden eingeschnitten, sodass längs ein Gummiband eingespannt werden kann. In der Nähe des einen Endes wird ein etwa 4 cm langes Stück von einem gleichen Strohalm quer unter das Gummiband geschoben.



- a)** Das Anzupfen des Gummibandes ergibt einen Ton. Die Höhe des Tons lässt sich verändern, indem man durch einen Fingerdruck die Länge des Gummibandes ändert.
- b)** Unter das quergelegte Stück Strohalm wird ein Stückchen Pappe (etwa 2 cm x 5 cm groß) gelegt und darunter zwei weitere Strohalmstücke.
  - Was hat sich geändert?
  - Die Positionen, an denen man drücken muss, um eine angenehme Folge von Tönen zu erhalten, werden markiert.

**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:  
- Schallquellen (ak\_s1\_ab\_001)

**Lösungen der Aufgaben** **A1** ○ individuelle Antworten, z.B. Weckerklingeln, Radio, Straßenlärm, Schulgong, Eltern/Lehrer/Mitschüler ...

**A2** ☐ Man spürt die Vibrationen des Lautsprechers. Die Erklärung liegt in der Schallentstehung: die Lautsprecher werden magnetisch in Schwingung versetzt um den entsprechenden Ton/Klang zu erzeugen.

## 1.2 Schwingungen unter der Lupe

**Lernziele** SuS beschreiben eine Schwingung als eine Bewegung, deren Richtung sich immer wieder umkehrt und die sich nach stets der gleichen Zeit wiederholt.

**Begriffe** *t-s-Diagramm, Periode, Periodendauer, Amplitude*

**Hinweise/Kommentar** In dieser Lerneinheit werden die Schwingungen aus dem Thema Akustik/Schall herausgelöst betrachtet und untersucht.

**Einstieg** Der Kölner Dom hat auf den ersten Blick nichts mit Schwingungen zu tun. Das auch solch ein großes Bauwerk in Schwingung versetzt werden kann, soll als motivierender Einstieg dienen. Im Unterrichtsverlauf kann über die Amplitude und Periodendauer solcher schwingenden Bauwerke recherchiert und diskutiert werden. Auch kann ein Bezug zu Erdbeben und erdbebensicherer Bauweise hergestellt werden.



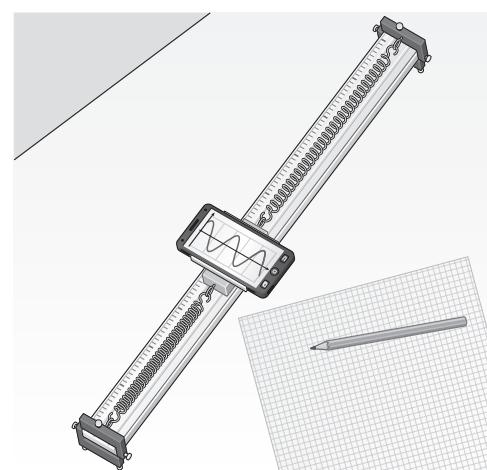
### Versuche im Schulbuch

**V1** Ein Becher mit einem kleinen Loch wird an einer langen Stange aufgehängt. Der Versuch findet im Schulhof statt. Der Becher wird mit Wasser gefüllt, die Stange von zwei Schülern möglichst horizontal getragen. Wir lenken den Becher aus, die Schüler laufen gleichmäßig entlang einer Linie. So entsteht ein Schwingungsdiagramm.



**V2** Das Diagramm der Schwingung eines Federpendels wird mit einem Bewegungssensor aufgenommen. Die Bewegung des Pendels wird mit dem Diagramm verglichen.

**Hinweise:** Geeignete Smartphone-App auswählen und das Smartphone als Pendelkörper verwenden.



### Weitere Versuche

**V3** (Alternative zu V1) Ein Schüler steht mit einer Kreide in der Hand an der Tafel. Er hält diese mittig an die Tafel und läuft an der Tafel entlang. Dadurch entsteht eine gerade Linie. Im zweiten Versuch bewegt der Lehrer, während der Schüler läuft, die Tafel gleichmäßig nach oben und nach unten. Dadurch entsteht ein *t-s*-Diagramm, hier also eine Schwingungsform.

**V4** Du kannst Schwingungslinien auch selbst zeichnen. Nimm ein Blatt Papier und einen Bleistift. Zeichne mit dem Bleistift immer rau und runter und ziehe dabei das Papier gleichmäßig zur Seite hin weg.

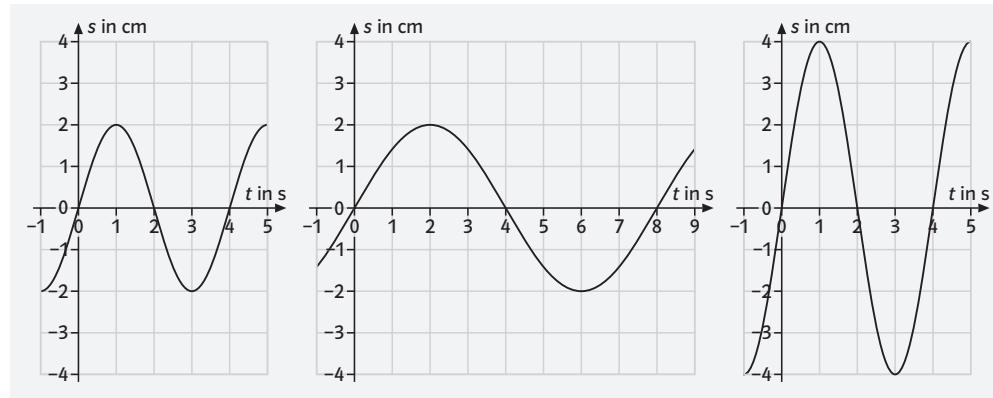
**V5** (Vorversuch) Benötigt wird eine „endlos“-Rolle Packpapier. Diese wird von zwei Schülern über einen langen Tisch gespannt. Auf ein Kommando hin zieht einer der Schüler langsam immer mehr Papier zu sich. Ein dritter Schüler pendelt senkrecht zur Zugrichtung mit einem Stift auf dem Papier. Ein vierter Schüler macht bei jedem Schlag eines Metronoms (z.B. auf 601/min eingestellt) auf der Höhe des dritten Schülers einen Punkt in einer anderen Farbe auf das Papier. Es ergibt sich eine Vorform eines  $t$ - $s$ -Diagramms.  
Leitfrage: Was kann man an der Aufzeichnung woran erkennen?

**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

– Amplitude und Frequenz (ak\_s1\_ab\_002a: diff  $\downarrow$ , ak\_s1\_ab\_002b: diff  $\uparrow$ )

### Lösungen der Aufgaben

**A1**



**A2**  Er muss die Amplitude, die Periodendauer und die Startauslenkung übermitteln.

**A3**  a) In jedem Umkehrpunkt des Pendels springt der Sekundenzeiger eine Sekunde weiter. Daher benötigt das ideale Pendel für eine halbe Schwingung 1s, für eine ganze Schwingung daher 2s.

b) Eine Stunde hat 3600 s, eine ideale Pendeluhr schwingt also 1800 mal hin und her. Daher ergibt sich ein Fehler von  $0,01\text{s} \cdot 1800 = 18\text{s}$ .

---

(S.12) **1.3 Schnelle Schwingungen**

**Lernziele** SuS verwenden die Frequenz als eine Kenngröße von (Schall-)Schwingungen und verwenden sie zur Kennzeichnung des Hörbereichs des Menschen.

**Begriffe** Frequenz, antiproportionaler Zusammenhang, Hörbereich

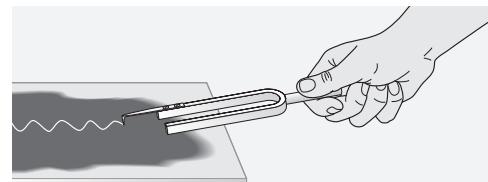
**Hinweise/Kommentar** Nachdem die grundlegenden Begriffe einer Schwingung geklärt wurden, soll in dieser Lernseinheit der Übergang zurück zur Akustik vollzogen werden, in dem schnelle Schwingungen betrachtet werden. Bei schnellen Schwingungen macht es Sinn, die Größe Frequenz einzuführen und zu verwenden. Danach wird auf unterschiedliche Frequenzbereiche (Ultraschall, Infraschall) eingegangen und der Hörbereich des Menschen untersucht. Hier bietet es sich an, auf die Veränderung des menschlichen Hörbereichs im Alter und/oder bei Schädigung des Gehörs einzugehen (Bezug zu Gefahren des Lärms).

**Einstieg** Schmetterling und Bienen unterscheiden sich bei ihrem Flug offensichtlich in der Hörbarkeit. Dies kennen die SuS, so dass sie durch die Fragestellung motiviert werden können, der Ursache der Hör- bzw. Nichthörbarkeit auf den Grund zu gehen. Dieses Phänomen kann auch bei anderen Tieren untersucht und verglichen werden.

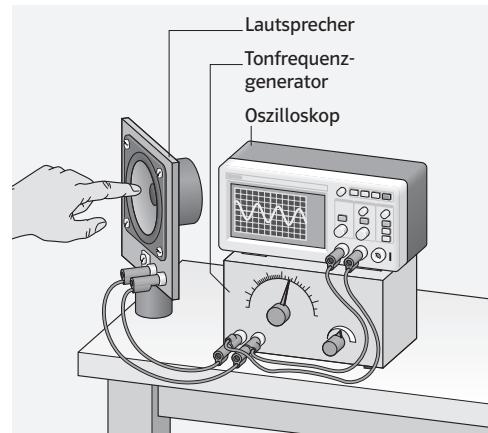


**Versuche im Schulbuch**

**V1** An einer Zinke einer Stimmgabel wird eine Schreibspitze befestigt. Nun versetzt man die Stimmgabel in Schwingung und zieht die Schreibspitze über eine beruhte Glasscheibe.



**V2** Ein Lautsprecher wird an einen Frequenzgenerator angeschlossen und zunächst mit einer Frequenz von 5 Hz betrieben. Man sieht deutlich die Schwingung des Lautsprechers. Erhöht man die Frequenz, wird es immer schwieriger, die Bewegung des Lautsprechers zu erkennen. Ab einer Frequenz von ca. 50 Hz kann die Schwingung nicht mehr erkannt werden. Allerdings kannst du sie durch vorsichtiges Anfassen der Lautsprechermembran fühlen.



**V3** Ein Frequenzgenerator wird an ein Messwerterfassungssystem angeschlossen, mit dem die Schwingung sichtbar gemacht wird. Bei der Erhöhung der Frequenz erkennt man, dass die Periodendauer immer kleiner wird und die Ausschläge enger zusammenrücken.

**Hinweise:** Hierbei kann der Frequenzgenerator auch an einen Lautsprecher angeschlossen werden. Dadurch können Themen wie Hörschwelle oder auch der Zusammenhang zwischen Tonhöhe und Frequenz angesprochen werden.

**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

– Amplitude und Frequenz (ak\_s1\_ab\_002a: diff ↓, ak\_s1\_ab\_002b: diff ↑)

---

**Lösungen der Aufgaben**

**A1**  a) Beide Tiere schwingen mit ihren Flügeln (ähnlich wie ein Lineal schwingt). Daher erzeugen sie auch einen Schall.

b) Die Biene schlägt sehr viel schneller als der Schmetterling. Deshalb kann man die Biene summen hören.

Die Frequenz der Flügel des Schmetterlings ist sehr gering, daher kann man diesen Flügelschlag nicht hören.

**A2** 

Nummer	Periodendauer $T$ in s	Frequenz $f = 1/T$ in Hz
1	4	$\frac{1}{4} = 0,25$
2	2	$\frac{1}{2} = 0,5$
3	8	$\frac{1}{8} = 0,125$
4	1	1
5	3	$\frac{1}{3} = 0,333$
6	$\frac{10}{3}$	$\frac{3}{10} = 0,3$
7	20	$\frac{1}{20} = 0,05$
8	16	$\frac{1}{16} = 0,0625$

**A3**  Es gilt:  $T = \frac{3}{1000}$  s und damit  $f = \frac{1}{T} = \frac{1000}{3} \approx 333,33$  Hz

---

## (S.14) 1.4 Schallwahrnehmung

**Lernziele** SuS verwenden die Frequenz einer Schwingung als ein Maß für die Tonhöhe, die Amplitude als ein Maß für die Lautstärke. Es gilt: Je höher die Frequenz umso höher klingt der Ton. Je größer die Amplitude umso lauter klingt der Ton.

**Begriffe** Ton, Klang, Geräusch, Knall

**Hinweise/Kommentar** Als wichtigste Erkenntnis wird der Zusammenhang der Tonhöhe und Lautstärke mit den physikalischen Größen Frequenz und Amplitude herausgearbeitet. Diese Zusammenhänge sind den SuS aus dem Alltag eher unbekannt und sollten daher im Idealfall in einem Praktikum von den SuS selbst „erfahren“ werden. Dazu eignen sich unterschiedliche PC-Programme und auch Apps.

**Einstieg** Das Fußballspiel ist ein lebensnahes Umfeld für die SuS, so dass die Suche nach dem Verursacher der Spielunterbrechung motivierend für die SuS wirkt. Die Begründung, weshalb die Hundebesitzerin nicht die Schuldige sein kann, kann nach der Einheit mit Hinblick auf die Hörbereiche von Mensch und Tier beantwortet werden.



### Versuche im Schulbuch

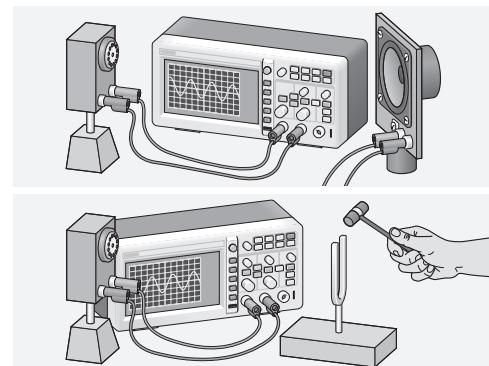
**V1** Schließe ein Mikrofon an ein Oszilloskop bzw. ein Messwerterfassungssystem an oder verwende ein Smartphone mit einer Oszilloskop-App.

**a)** Schließe einen Lautsprecher an einen Tongenerator und stelle ihn dem Mikrofon bzw. dem Smartphone gegenüber. Unterscheide den Zusammenhang zwischen Lautstärke, Tonhöhe und Schwingungsbild.

**b)** Schlage eine Stimmgabel einmal leicht und einmal kräftig an. Vergleiche die Lautstärke des Tons und das Schwingungsbild auf dem Oszilloskop.

**c)** Nimm Stimmgabeln, die verschiedene Töne erzeugen. Schlage die Stimmgabeln an und ordne sie nach der Tonhöhe. Beschreibe, worin sich die Schwingungsbilder bei einem höheren und einem tieferen Ton unterscheiden.

**d)** Untersuche sonstige Geräusche, z. B. den Klang eines Musikinstrumentes, die menschliche Sprache usw.



**Hinweise:** Schüler-Praktikum zu lauten/leisen und hohen bzw. tiefen Tönen mit Hilfe von Software, beispielsweise „Scope“, „SoundCreator (DataStudio)“, App „Schallanalysator“ für iOS ...

### Weitere Versuche

**V2** (Schülerversuch zum Richtungshören) Stelle dich mit geschlossenen Augen mit dem Rücken zu deiner Klasse. Halte dir ein Ohr zu. Nun soll dir ein Mitschüler etwas zuflüstern. Erst wenn beide Ohren offen sind, kannst du bestimmen, aus welcher Richtung das Flüstern kommt.

**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Töne – hoch und tief (ak\_s1\_ab\_003)
- Töne – laut und leise (ak\_s1\_ab\_004)

## Lösungen der Aufgaben

**A1** ○ Das Diagramm eines Tones ist eine gleichmäßige Linie, dies kann man auf dem Diagramm unten links erkennen. Ein Knall besitzt einen kurzen Ausschlag mit hoher Amplitude, daher kann diesem das Diagramm rechts oben zugeordnet werden. Ein Klang ist regelmäßig, aber komplexer als eine gleichmäßige Linie aufgebaut und deshalb unten rechts zu sehen. Ein Geräusch besitzt keine Regelmäßigkeit und hat meist eine geringere Amplitude, daher passt hier das Diagramm links oben.

- A2** ○ a) tief und leise,  
b) hoch und laut,  
c) höher als b) und leise,  
d) lauter werdend, eher tief,  
e) identisch zu a) und  
f) höher werdend, eher leise

(S.16)

**Methode** Kommunizieren **Hören in Natur und Technik**

**Lernziele**

SuS erläutern den Aufbau des menschlichen Ohres als Schallempfänger und den Aufbau technischer Schallempfänger. Sie kennen den Hörbereich des Menschen.

**Begriffe**

Gehörknöchelchen, Mikrofon, Hörgeräte

**Hinweise/Kommentar**

Mit dieser Methodenseite lernen die SuS mit der Methode „Kugellager“ den Aufbau des menschlichen Ohres und technischer Schallempfänger kennen. In einer Schülerdiskussion werden die beiden Aufbauten dann miteinander verglichen. Die Kugellager-Methode eignet sich immer gut, wenn zwei Inhalte bearbeitet werden sollen, die gut miteinander verglichen werden können (Gemeinsamkeiten und Unterschiede).

**Material**

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Das Ohr (ak\_s1\_ab\_007)
- Schall, den wir nicht hören (ak\_s1\_ab\_008)

Animationen/Simulationen:

- Das Ohr (ak\_s1\_si\_001)

(S.17)

**Methode** Experimentieren **Wir nehmen eine Hökurve auf**

**Lernziele**

SuS nehmen eine Hökurve mit Hilfe technischer Geräte auf und stellen die Ergebnisse in einem Diagramm dar.

**Begriffe**

keine neuen

**Hinweise/Kommentar**

Die Aufnahme der Hökurve kann alternativ auch mit anderen technischen Hilfsmitteln durchgeführt werden, beispielsweise PC-Software oder Apps. Hierbei wird in den meisten Fällen statt der Amplitude direkt die dB-Zahl ausgegeben. Dadurch tritt die Arbeit mit dem Oszilloskop in den Hintergrund. Das Experiment sollte in Partnerarbeit durchgeführt werden. Die Besonderheiten der menschlichen Hökurve (Frequenzabhängigkeit) sind erkennbar.

## (S.18) 1.5 Schallausbreitung

**Lernziele** SuS erläutern ein Modell zur Schallausbreitung. Sie erkennen, dass Schall einen Träger benötigt, um sich ausbreiten zu können und dass Schall Zeit benötigt, um sich auszubreiten und dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit vom Träger abhängt: Als Faustregel für die Schallgeschwindigkeit in Luft gilt: In drei Sekunden legt er ca. 1000 m zurück.

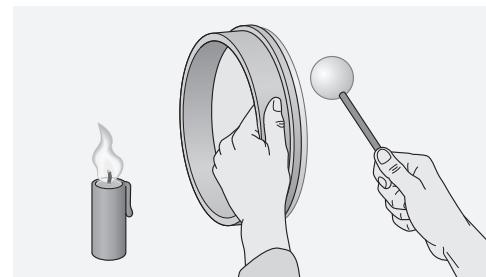
**Begriffe** Träger, Modell, Verdichtung, Verdünnung, Schallwelle, Reflexion des Schalls, Echo

**Hinweise/Kommentar** Die SuS erhalten meist erste Erfahrungen mit der Modellarbeit. Hierbei sollte auf die Vorteile der Modellbildung aber auch auf die Grenzen von Modellen eingegangen werden. Das Modell der Schraubenfeder bietet sich an, da mit der Schraubenfeder direkt im Unterricht anschaulich gearbeitet werden kann. Bei der Schallgeschwindigkeit wurde bewusst auf die Formel für die Geschwindigkeit verzichtet, um keine Vorkenntnisse für das Kapitel zu erzwingen. Falls das Thema Kinematik bereits vor der Akustik unterrichtet wurde, kann die Schallgeschwindigkeit natürlich exakt angegeben und verwendet werden.

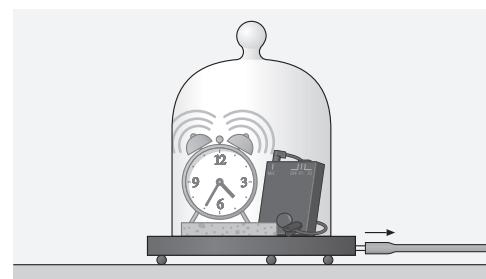
**Einstieg** Kriegerische Auseinandersetzungen im Weltraum werden in den entsprechenden Science-Fiction-Kinofilmen immer mit lautstarken Explosionen dargestellt. Daher bietet sich beim Thema Schallausbreitung eine physikalische Auseinandersetzung mit dieser Problematik an. Zusätzlich sollte aber eine Diskussion darüber stattfinden, weshalb in den Filmen die falschen akustischen Signale verwendet werden.



**Versuche im Schulbuch** **V1** Stelle eine brennende Kerze vor ein Tamburin. Schlägst du das Tamburin an, so flackert die Kerze oder geht aus.



**V2** Stelle einen tickenden Wecker zusammen mit einem Funkmikrofon oder Mobiltelefon unter eine Glasglocke. Das Ticken des Weckers ist über einen Lautsprecher zu hören. Pumpst man die Luft unter der Glocke ab, wird der Ton immer leiser, bis man ihn nicht mehr hört.



**Hinweis:** Häufig wird der Versuch nur mit Schallquelle (Wecker) unter der Vakuumglocke vorgeführt. Jedoch wird bei noch relativ hohem Luftdruck unter der Glocke bereits der Grenzwinkel der Totalreflexion an der Grenzfläche Luft (innen)-Glas überschritten. Ohne dass ein Vakuum unter der Glocke vorliegt, ist dann trotzdem außerhalb der Glocke kein Klingeln des Weckers zu hören. Es empfiehlt sich daher, auch einen Schallempfänger (Mikrofon) unter der Vakuumglocke zu platzieren, um den tatsächlichen alleinigen Vakuumeffekt zu zeigen.

**V3** Mehrere Schülerinnen und Schüler stellen sich mit Stoppuhren 200 m, 300 m, 400 m weit von einem Mitschüler mit einer Starterklappe auf. In dem Augenblick, in dem die Klappe zusammengeschlagen wird, starten sie ihre Stoppuhren. Wenn sie den Knall hören, stoppen sie die Uhren wieder.

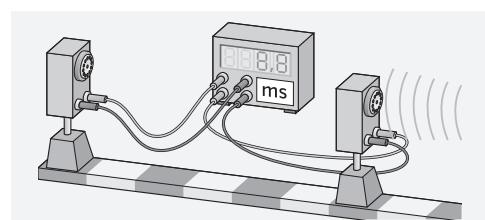
**V4** Hinter den Lautsprecher eines Handys wird ein Geodreieck gehalten. Der Schall wird von dem Geodreieck umgelenkt. Die Musik ist nun besser zu hören.

**V5** Bei einer Schraubenfeder haben die Windungen zunächst alle den gleichen Abstand. Nun wird die Feder an einem Ende auseinandergezogen und dann losgelassen. Die Verdunstung, die entstanden ist, wandert durch die gesamte Feder. Wird die Feder an einem Ende zusammengeschoben, entsteht eine Verdichtung. Auch sie wandert nach dem Loslassen durch die Feder.

#### Weitere Versuche

**V6** Zwei Stimmgabeln A und B der gleichen Frequenz werden einige Meter auseinander im Raum aufgestellt. Stimmgabel A wird angeschlagen und danach festgehalten. Stimmgabel B schwingt weiter und erzeugt einen Ton.

**V7** Messung der Schallgeschwindigkeit in Luft: Zwei Mikrofone werden in definiertem Abstand auf eine Schallquelle gerichtet. Die Schallquelle erzeugt einen Knall (z.B. ein Händeklatschen). Die Schallwelle startet den Digitalzähler bei Erreichen des ersten Mikrofons und stoppt ihn bei Erreichen des zweiten Mikrofons.



#### Material

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Die Ausbreitung des Schalls (ak\_s1\_ab\_005a: diff ↓, ak\_s1\_ab\_005b: diff ↑)
- Die Schallgeschwindigkeit (ak\_s1\_ab\_006a: diff ↓, ak\_s1\_ab\_006b: diff ↑)

#### Lösungen der Aufgaben

**A1** ○ Der Schall wird über die Heizungsrohre, welche alle Stockwerke und Zimmer miteinander verbinden, übertragen.

**A2** ● Paul hat Recht. Er zählt die Zeit, welche der Schall benötigt, um vom Blitz zu ihm zu gelangen (der Donner wird durch die schlagartige Erhitzung der Umgebungsluft durch den Blitz erzeugt). Da Schall in drei Sekunden ca. 1000 m zurücklegt, ist der Blitz in diesem Fall ca. 2000 m entfernt eingeschlagen.

**A3** ● Auf der ISS wird eine „künstliche Luft“ technisch hergestellt, damit die Astronauten dort leben und arbeiten können. Daher können sich zwei Astronauten auf der ISS auch ohne Hilfsmittel unterhalten. Bei einem Außeneinsatz ist keine Luft als Träger des Schalls mehr vorhanden und damit eine Unterhaltung nicht mehr möglich. Da die Astronauten bei einem Außeneinsatz aber sowieso Anzüge tragen müssen, sind diese technisch so ausgerüstet, dass eine Unterhaltung per Funk möglich ist.

**A4** ● Durch die Reibung der Räder des Zuges und den Schienen wird ein sehr hoher Ton erzeugt, den sicher jeder schon einmal auf einem Bahnsteig gehört hat. Dieser Schall wird über die Schienen übertragen. Da die Schallausbreitung sehr viel schneller als der Zug selbst ist, kann man den herannahenden Zug über die Schiene bereits hören bevor der Zug sichtbar ist.

**Hinweis 1:** Den Zug selbst hört man über die Luft meist noch nicht, da sich in diesem Fall der Schall in alle Richtungen ausbreitet und zudem durch Winde und Umgebungsgeräusche keine große Reichweite besitzt. Der Schall der Räder kann sich nur in Richtung der Schienen ausbreiten und hat eine wesentlich größere Reichweite.

**Hinweis 2:** Liegt ein Bahnhof in einer Kurve, kann man dieses Phänomen auch gefahrlos auf dem Bahnsteig wahrnehmen. Der ankommende Zug ist noch nicht sichtbar, aber das hohe Pfeifgeräusch der Schienen ist sogar über die Luft hörbar.

---

## (S.20) 1.6 Lärm und Lärmschutz

**Lernziele** Die SuS beschreiben und erläutern, dass Lärm als störender Schall das Gehör schädigen kann und mit welchen Maßnahmen wirksamer Lärmschutz möglich ist.

**Begriffe** Lärm, Schmerzschwelle, Dezibel

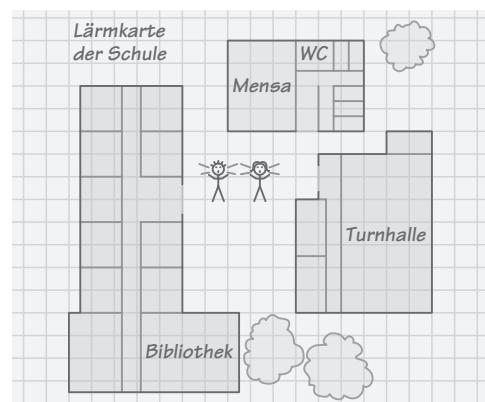
**Hinweise/Kommentar** Lärm stellt heute eine zunehmende Umweltbelastung dar, die nicht selten zu deutlichen Hörschädigungen führt. Hierzu trägt letztlich auch das Hören von oftmals lauter Musik mit Kopfhörern bei, wie es bei Kindern und Jugendlichen verbreitet ist. Das Thema Lärm und Lärmschutz soll die SuS für das Problem „Lärm“ sensibilisieren, über Schädigungen durch Lärm informieren und ihnen wirksame Möglichkeiten des Lärmschutzes nahebringen. Eine besondere Rolle spielen hierbei auch die Versuche, die nach Möglichkeit durchgeführt werden sollten.

**Einstieg** Vielen SuS ist aus eigener Erfahrung Fluglärm bekannt. Die Betrachtung des Bildes regt zu Fragen an, wie z. B.: „Wie laut ist ein startendes Flugzeug?“, „Macht Lärm krank?“, „Ab welcher Lautstärke wird das Gehör geschädigt?“, „Kann man die Lautstärke von Schall messen?“ oder „Können sich die Anwohner von Flughäfen vor dem Lärm schützen?“



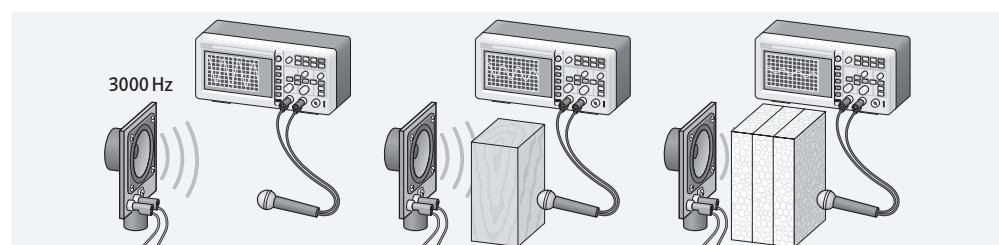
**Versuche im Schulbuch** **V1** Stelle mit einem Schallpegelmessgerät die Lautstärke deines MP3-Players fest.

**V2** Erstellt mit einem Schallpegelmessgerät eine Lärmkarte eurer Schule. Zeichnet einen Grundriss eurer Schule und markiert die lautesten Stellen rot.



**V3** Halte dir mit den Fingern die Ohren zu und beschreibe, wie sich dein Höreindruck verändert. Öffne nun wieder die Ohren und beschreibe den Unterschied.

**V4** Ein an einen Tongenerator angeschlossener Lautsprecher erzeugt einen Ton (z. B. 3000 Hz). Die entstehenden Schallwellen werden mit einem Mikrofon empfangen. Am Oszilloskop lässt sich die Lautstärke des Schalls ablesen.



**a)** Bringe zwischen Lautsprecher und Mikrofon verschiedene Gegenstände aus Stein, Holz, Glas, Metall, Styropor. Miss mit dem Lineal für jeden Gegenstand die Amplitude der Schwingung auf dem Oszilloskop. Vergleiche!

---

**b)** Untersuche den Einfluss der Dicke des Materials zwischen Schallquelle und Schallempfänger. Stelle eine Messtabelle auf und trage die Werte in ein Diagramm ein.

**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:  
- Lärm (ak\_s1\_ab\_009)

**Lösungen der Aufgaben** **A1**  individuelle Schülerlösungen

**A2**  Z.B. häufiges Hören von lauter Musik mit Kopfhörern, Verwendung von „In-Ear-Kopfhörern“, Disco-Besuche oder laute Musik bei Partys bzw. Rock-/Pop-Konzerten ...

**A3**  Der Altglascontainer ist innen mit Dämmmaterialien ausgekleidet; insbesondere unter dem Einwurfloch befindet sich häufig ein Dämmvlies, auf das das eingeworfene Glas fällt. Zudem sind viele Altglascontainer so aufgestellt, dass sie entweder nicht in unmittelbarer Nähe von Wohnbebauung stehen oder durch Wände oder andere Schallhinderisse abgeschirmt werden. (Der Einwurf von Altglas ist nur in der Zeit von 7.00 bis 20.00 Uhr erlaubt. Glascontainer sollten möglichst nicht nach 17 Uhr entleert werden.)

**A4**  individuelle Schülerlösungen

**Fachwissen:**

wahr: 1, 2, 4

falsch: 3, 5, 6

Schwingungsbilder: 1a), 2d), 3c), 4b)

**Kommunikation:**

AMPLITUDE, OHR, KNALL, SCHALL, ECHO, LAERM, SCHWINGUNG, FREQUENZ

Lösungswort: TONHOEHE

**Erkenntnisgewinnung:**

3, 4

**Bewerten:**

1: Solange noch alte Fahrzeuge auf den Straßen sind, wird die Maßnahme wenig bringen.

2: sehr wirksam; hohe Kosten für die Stadt

3: sehr wirksam solange die Fenster geschlossen bleiben; hohe Kosten für die Anwohner

4: wirksam, wenn die Geschwindigkeit eingehalten wird; geringe Kosten (Verkehrsschilder aufstellen)

5: wirksam, wenn die Hecken dicht gewachsen und hoch sind; Kosten für die Anwohner

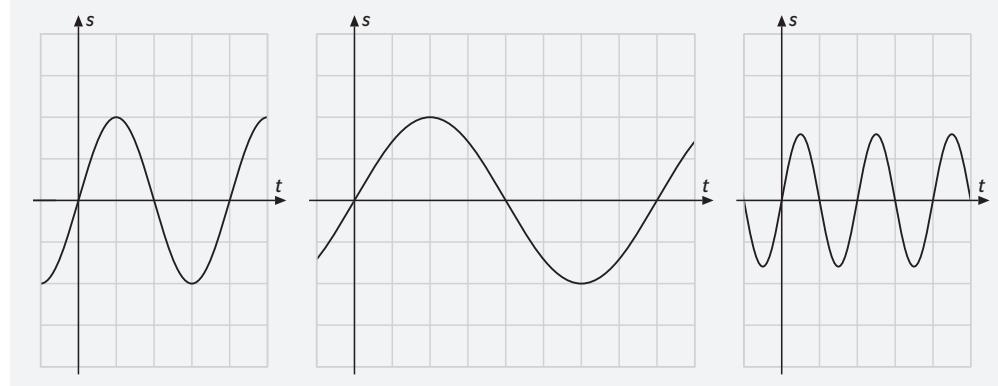
**A1**  440 Perioden pro Sekunde; entspricht dem Kammerton a.**A2**  Hummel (dunkler Ton) – Biene – Mücke (heller Ton)**A3**  Svenja würde geringfügig schneller starten, da der Knall erst vom Ohr empfangen werden müsste. Dies ist die korrekte Messmethode.**A4**  a) Sobald der Schall (hier von rechts kommend) das rechte Mikrofon erreicht, startet die Stoppuhr. Der Schall bewegt sich weiter und erreicht das linke Mikrofon, woraufhin die Stoppuhr angehalten wird. Die Stoppuhr misst also die Zeit, die Schall benötigt, um vom rechten Mikrofon zum linken zu gelangen. Man benötigt dann nur noch den Abstand zwischen den beiden Mikrofonen und kann dann die Geschwindigkeit ausrechnen (siehe Teil b)).

b) gegeben: Für eine Weglänge von 1m benötigt der Schall 3,1ms.

Dreisatzrechnung:

Zeitdauer	Weglänge	
3,1ms	1m	: 3,1
1ms	$1/3,1 \text{m} = 0,3226 \text{m}$	· 1000
1s	$0,3226 \text{m} \cdot 1000 = 322,6 \text{m}$	

**A5** ●



**A6** ● Die Energie des Schalls wird durch die Handhaltung gebündelt. Der Schall wird an den Händen reflektiert und in eine Richtung (zum Gehörgang bzw. Trommelfell) reflektiert.

**A7** ● Schall bzw. Geräusche werden im möblierten Zimmer – beispielsweise durch Polster, Teppiche, Gardinen – stärker absorbiert, im leeren Zimmer dagegen weniger gedämpft bzw. besser reflektiert (in größeren Zimmern ist oft ein Nachhall zu hören).

**A8** ● Die Frequenz des Flügelschlags von Schmetterlingen liegt unterhalb von 16 Hz (Kohlweißling 9–12 Hz) und damit unterhalb der Hörgrenze des Menschen. Die Flügelschlagfrequenz einer Mücke liegt bei knapp 300 Hz, einer Biene bei 250 Hz, einer Hummel bei 130–250 Hz.

**A9** ● Aus absorbierenden, „porigen“ Materialien; z. B. Schaumstoff, Styropor, Gewebe/Fasern usw.

**A10** ● Handys und Festnetztelefone besitzen eine nahezu punktförmige Schallquelle. Dadurch geben sie den Schall praktisch kugelförmig ab und der Schall wird von Wänden wegen der vergleichsweise hohen Frequenzen gut reflektiert. Dies erschwert die Ortung enorm. Für einen Menschen ist es daher z. B. sehr schwer zu sagen, welches von mehreren Telefonen in einem Büro gerade klingelt, wenn er nicht direkt davor steht.

**A11** ○

- Vermeidung von konkreten Gehör- und Hörschäden bei starker Lärmbelastung,
- Vermeidung von Stress.

**A12** ○ „Hupverbot“; v. a. in Wohngebieten, im Bereich von Kliniken, Pflegeeinrichtungen usw. Dieses Zeichen zeigt an, dass die Betätigung der „Vorrichtungen zur Abgabe von Schallzeichen“ (also Autohupe, Fahrradklingel ...) verboten ist, wenn zur Abwendung einer Gefahr von einer Person ein anderes Mittel (z. B. Zurufe, Lichtzeichen ...) ausreicht.

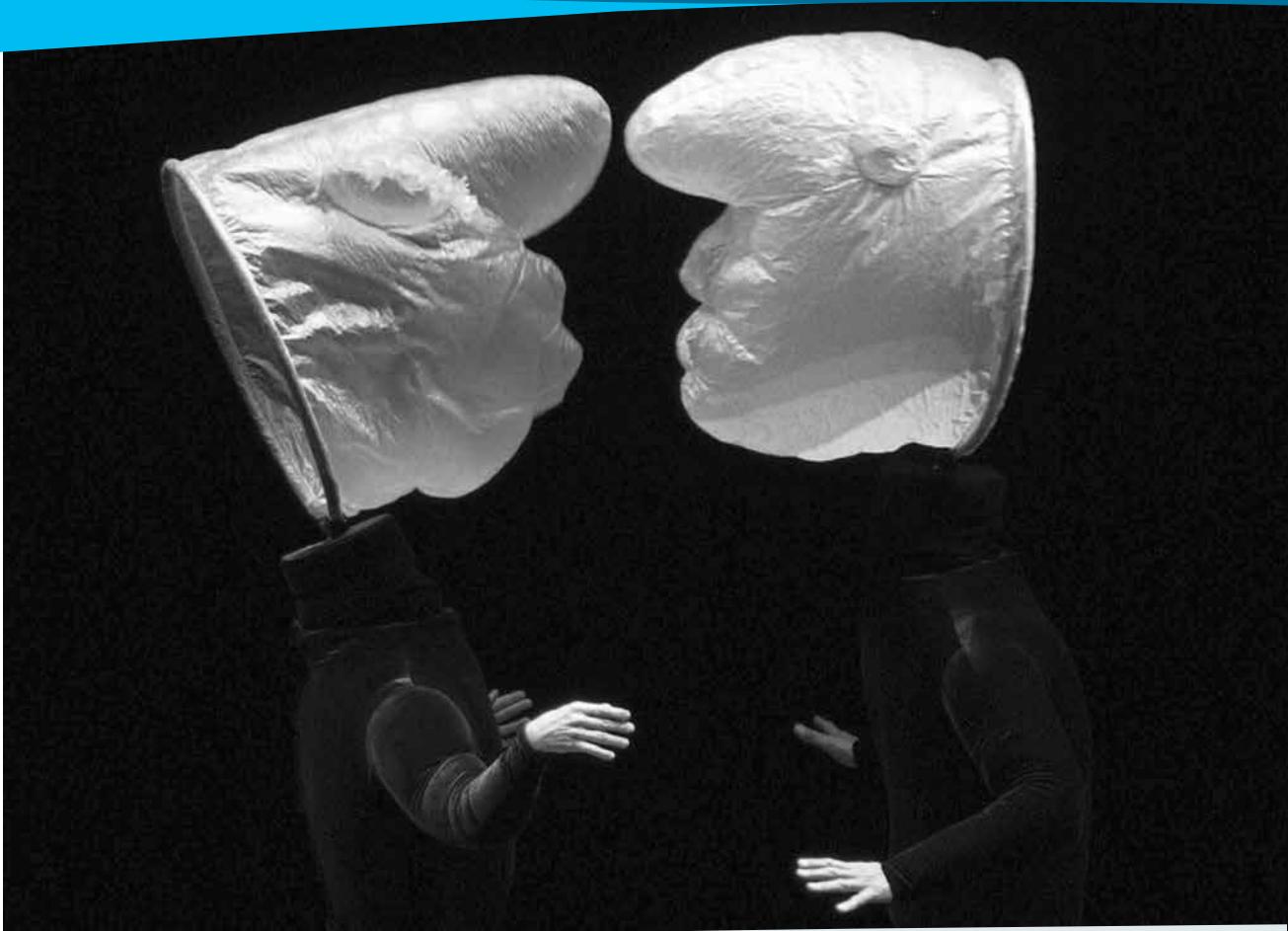
**A13** ● Schall- bzw. Lärmschutz für Anwohner bzw. angrenzende Wohngebiete/Siedlungen usw.; Basis ist Absorption und auch Reflexion von Schallwellen.

**A14** ● Das Wackeln der Gläser zeigt Bewegungsenergie an. Diese muss durch den Schall von dem Flugzeug auf die Gläser übertragen worden sein.

**A15** ● Der Schall legt 1000 m in 3 s zurück, d. h. 333 m in 1 s bzw. rund 33 m in 0,1 s. Beim Echo wird der Schall von einer Wand o. ä. zum Schallsender zurück reflektiert. Die Wand hat demnach eine Entfernung von  $33 \text{ m}/2 \approx 17 \text{ m}$  vom Schallsender.



## 2 Licht und Sehen



### Kommentar

Neben der geradlinigen Ausbreitung des Lichts und der (impliziten) Verwendung des Strahlenmodells geht es in diesem Kapitel insbesondere um die Frage des „Sehens“.

Aufgrund bereits vorliegender Alltagsvorstellungen bei den SuS können beim Thema „Sehen“ Lernschwierigkeiten auftreten. So findet man selbst bei Erwachsenen oft die Vorstellung vom „aktiven Sehen“ bzw. von „Sehstrahlen“, was z.B. in Redewendungen wie „Er schaut das Bild an.“ oder „Sie wirft einen Blick auf die Unterlagen.“ zum Ausdruck kommt. Konsequent wird daher das Sender-Empfänger-Modell verwendet, um dieser Vorstellung entgegenzuwirken.

Der Aspekt „Lichtausbreitung“ wird dann in den folgenden Lerneinheiten (2.3 Licht und Materie und 2.4 Licht und Schatten) angewendet.

### Lösung der Einstiegsaufgabe

Die Formen, die die „Köpfe“ darstellen, und die Hände der Schauspieler reflektieren das Scheinwerferlicht und lenken es ins Auge des Betrachters. „Köpfe“ und Hände sind gut zu erkennen. Die schwarzen Anzüge und der dunkle Bühnenhintergrund absorbieren dagegen das meiste Licht und haben daher auch untereinander nur wenig Kontrast. Deshalb sind die Körper der Schauspieler kaum vom dunklen Hintergrund zu unterscheiden.

## 2.1 Lichtquellen und Lichtempfänger

**Lernziele** SuS kennen den Unterschied zwischen selbstleuchtenden und beleuchteten Körpern und verstehen, welche Gegenstände wir sehen können.

**Begriffe** Lichtquelle, Lichtempfänger

**Hinweise/Kommentar** Hier steht die Frage „Wann sehe ich etwas?“ im Mittelpunkt. Konsequent wird das Sender-Empfänger-Modell benutzt, um der Alltagsvorstellung des aktiven Sehens keine Unterstützung zu geben. Wichtig ist die Betonung, dass sowohl Lichtquellen als auch beleuchtete Gegenstände Licht aussenden, das in unser Auge gelangt.

**Einstieg** Am Einstiegsbild erkennen die SuS, dass das Vorhandensein einer Lichtquelle allein nicht genügt, um Gegenstände zu sehen. Erst wenn Licht von einem Körper in unser Auge fällt, können wir diesen sehen. Im Bild erkennt man auch, dass man Gegenstände sieht, wenn sie selber leuchten oder wenn sie Licht in unser Auge umlenken.

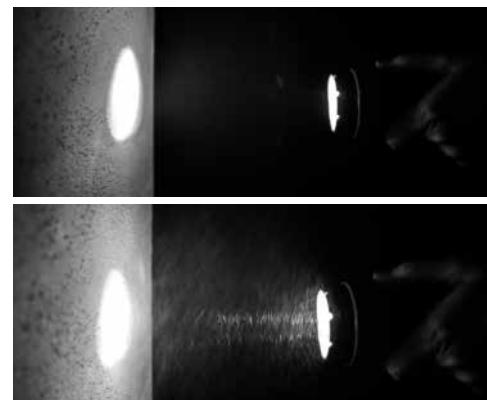


### Versuche im Schulbuch

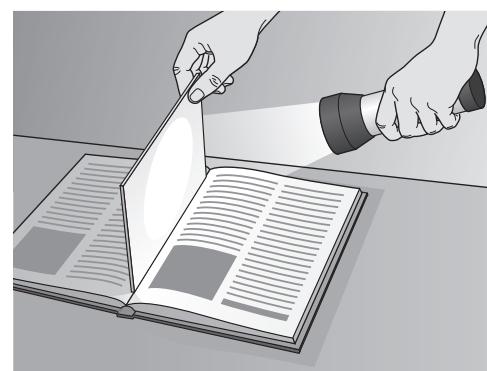
**V1** Tina leuchtet Peter mit der Taschenlampe an. Sie berichtet, dass sie zwar Peter, aber nicht die Glühlampe sehen kann. Peter dagegen kann die Glühlampe sehen. Ohne Taschenlampe können sich beide nur mit Mühe erkennen.  
Führt diesen Versuch bei abgedunkeltem Raum vorne am Pult durch. Lasst euch von euren Mitschülern in den Bänken berichten, was sie sehen.



**V2** Wiederholt V1, aber stellt einen Zerstäuber (Deo, Inhalator), der kleine Tröpfchen in der Luft verteilt, zwischen die beiden experimentierenden Schüler.  
Der Lichtkegel der Taschenlampe ist deutlich erkennbar.



**V3** Stelle auf dein aufgeschlagenes Physikbuch einen Spiegel, ein weißes Blatt Papier und ein dunkles Blatt Papier. Beleuchte nun im abgedunkelten Raum mit einer Taschenlampe diese Gegenstände.  
Der Spiegel lenkt das Licht der Taschenlampe auf die Buchseite um. Sie ist nun gut lesbar. Auch ein weißes Blatt Papier erhellt die Buchseite.



---

**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Lichtquellen und -empfänger (op\_s1\_ab\_001)

Animationen/Simulationen:

- Vom Sehen (op\_s1\_si\_001)

**Lösungen der Aufgaben**

**A1** ○ Statt Kleidung in dunklen Farben zieht man besser helle Kleidung an, weil diese das Licht der vorbeifahrenden Autos oder das Licht der Straßenlaternen besser umlenken. Am besten zieht man noch eine Leuchtweste über, da diese einfallendes Licht besonders gut umlenkt und man von den anderen Verkehrsteilnehmern damit besser gesehen wird.

**A2** ● Die Gegenstände erscheinen in verschiedenen Graustufen, als hätten sie keine Farbe. Farben können wir nur bei ausreichender Beleuchtung sehen.

**A3** ○

Name	künstlich	natürlich	heiß	kalt
Kerze	x		x	
Glühlampe	x		x	
LED	x			x
Glühwürmchen		x		x
Sonne		x	x	
...				

**A4** ● Dem Sehen dient der Frontstrahler. Die Reflektoren an den Felgen, in den Speichen, über dem Frontstrahler und das Rücklicht dienen dem Gesehen werden.

---

## (S.28) 2.2 Lichtausbreitung

**Lernziele** SuS kennen ein einfaches Modell zur Lichtausbreitung; auf der Grundlage dieses Modells können sie erste optische Phänomene erklären.

**Begriffe** Lichtweg, Lichtbündel, Lichtstrahl, Blende

**Hinweise/Kommentar** Schon in der Antike gab es die Vorstellung von Strahlen, die vom Auge ausgesendet werden, um Gegenstände abzutasten, eine Vorstellung, die sich auch noch teilweise bei den SuS findet.

In dieser Lerneinheit wird das Strahlenmodell des Lichts entwickelt, ohne auf diese Modellvorstellung explizit einzugehen. Im Lehrtext wird zu Beginn der Begriff des Lichtstrahls im Unterschied zu manch anderen Darstellungen als real existierendes, sehr schmales Lichtbündel (auf eine feinere Unterscheidung zwischen parallelem bzw. divergentem Bündel wird nicht eingegangen), wie ihn Schüler auch intuitiv benutzen (Alltagssprache), verwendet. Das mathematische Modell des Strahls als Halbgerade, das lediglich eine Abstraktion ist, um bestimmte optische Phänomene zeichnerisch/konstruktiv zu erfassen, sollte auch in unteren Jahrgangsstufen deutlich dagegen abgegrenzt werden. Um diese Abgrenzung zu verdeutlichen werden daher im folgenden Lehrtext die Begriffe „Lichtbündel“ (Etwas, das man real erzeugen kann. Hier kann auf jeden Fall beispielhaft der Laser als Lichtquelle, die ein sehr schmales Lichtbündel aussendet, gezeigt werden.) und „Lichtweg“, den man geometrisch konstruieren kann, verwendet.

Die Frage, warum Lichtbündel wie auf dem Einstiegsbild überhaupt zu sehen sind, obwohl der Lichtweg nicht direkt in das Auge führt, kann an dieser Stelle eigentlich noch nicht thematisiert werden, da die Streuung in der Regel erst an späterer Stelle behandelt wird. Hier kann propädeutisch ohne weitere Vertiefung mit einer „Umlenkung“ des Lichts an Partikeln in der Luft argumentiert werden (vgl. auch Kap. Lichtquellen und -empfänger).

**Einstieg** Am Einstiegszenario lassen sich schon die wesentlichen Inhalte der Lerneinheit erkennen und für einen problemorientierten Einstieg nutzen. Der Begriff „Lichtstrahl“ wird hier in der Situationsbeschreibung schon verwendet, wird aber sicher auch in diesem Kontext von Schülern intuitiv gebraucht werden.



### Versuche im Schulbuch

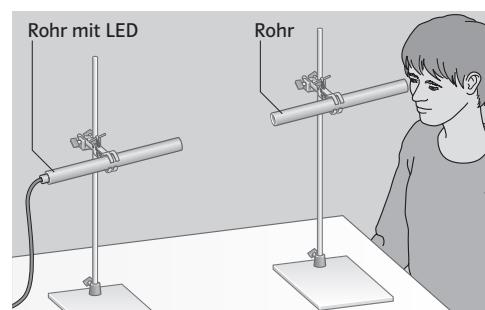
**V1** Eine Glühlampe wird mit einem durchlöcherten Karton abgedeckt.

Durch die Löcher treten enge Lichtbündel aus, die durch Kreidestaub oder versprühtes Wasser sichtbar gemacht werden. Die Lichtbündel verlaufen in alle Richtungen.



**V2** Das linke Rohr in der Abbildung rechts enthält an einem Ende eine LED als Lichtquelle. Blicke durch ein zweites Rohr und versuche die Lichtquelle zu sehen.

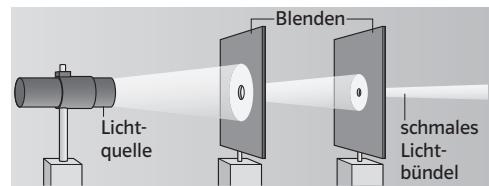
Es gelingt nur, wenn die Rohre so wie im Bild ausgerichtet sind.



### Weitere Versuche

**V3** Wir ordnen wie in nebenstehender Abbildung eine Experimentierleuchte und mehrere Platten mit runden Öffnungen in einer Reihe so an, dass wir einen geraden Stab durch alle Öffnungen schieben können. Wir halten ein Stück weißes Papier als Lichtanzeiger an verschiedene Stellen.

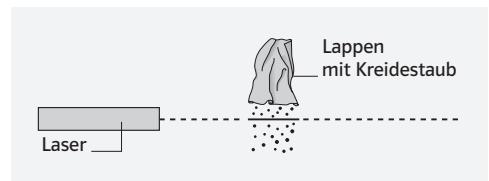
Wenn wir Rauch oder Kreidesstaub zwischen die Platten bringen, erkennen wir von der Seite ein Lichtbündel.



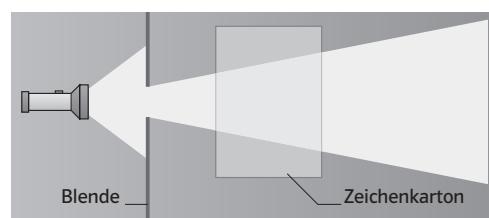
**V4** Geradlinige Lichtausbreitung mit dem Laser/Laserpointer.

**VORSICHT!** Bei Versuchen mit einem Laser als Lichtquelle die Vorschriften der RISU beachten.

Der Laserstrahl darf weder direkt noch über Reflexionen die Schülerinnen und Schüler treffen (Augenschädigungen)! Er sollte auf eine matte Zielfläche (schwarzer Samt) treffen.



**V5** Geradlinige Ausbreitung des Lichts: Eine Lochblende vor einer Lichtquelle erzeugt ein Lichtbündel. Damit wird streifend ein Zeichenkarton beleuchtet. Die Begrenzungen des Lichtbündels sind gerade Linien; ein Hinweis darauf, dass sich Licht geradlinig ausbreitet.



### Material

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Höhle (op\_s1\_ab\_003)
- Die Ausbreitung des Lichts (op\_s1\_ab\_004a: diff↓, op\_s1\_ab\_004b: diff↑)

Kopiervorlagen Lernzirkel:

- Licht und Sehen (op\_s1\_lz\_001)

### Lösungen der Aufgaben

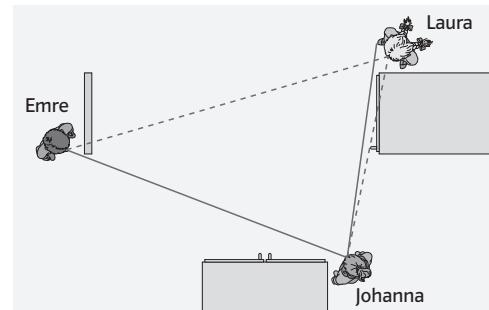
**A1** Rückwärtsverlängerung der geradlinigen Begrenzung der einzelnen Bündel liefert den Ausgangspunkt der Lichtbündel = Standort der Kerze.



**A2** ● Das Lichtbündel, das hinter Blende 2 austritt, wird durch den Lichtweg, der am oberen Rand von Blende 2 vorbeiführt und den Lichtweg, der am unteren Rand von Blende 1 vorbeiführt, begrenzt.



**A3** ● In die Graphik die direkten, geradlinigen Verbindungen einzeichnen. Dort wo sich ein Gegenstand auf der jeweiligen Verbindungsgeraden befindet, können sich die Kinder gegenseitig nicht sehen. D.h., Laura sieht weder Emre, noch Johanna. Emre sieht Johanna, aber nicht Laura. Johanna sieht Emre, aber nicht Laura (Johanna kann aber Lauras rechte Fußspitze gerade eben noch sehen).



## 2.3 Licht und Materie

**Lernziele** SuS erkennen die Einflüsse verschiedener Materialien auf die Lichtausbreitung.

**Begriffe** Absorption, Streuung, Reflexion

**Hinweise/Kommentar** Die Seite behandelt qualitativ die Wechselwirkung von Licht mit Materie (Streuung, Reflexion, Absorption) und bildet damit zusammen mit der geradlinigen Lichtausbreitung die Grundlage für das Verstehen der optischen Phänomene in diesem Kapitel.

**Einstieg** Das Einstiegsbild zeigt ein alltägliches Problem – im Zusammenhang mit dem Modell des Lichtwegs können hier schon die ersten Eigenschaften von Gegenständen diskutiert werden, die auf Streuung bzw. Absorption des Lichts hinauslaufen.

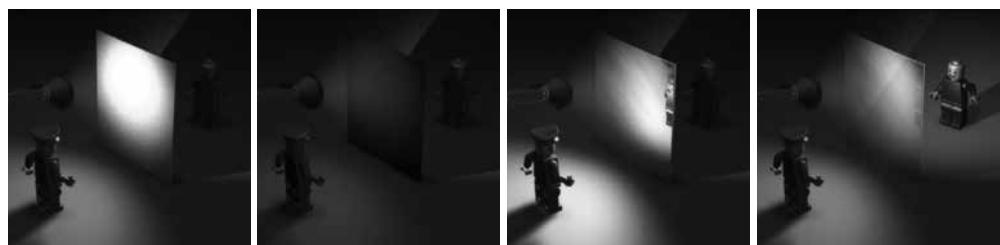


### Versuche im Schulbuch

**V1** Beleuchte dunkle, rauhe, glatte, durchsichtige und halbtransparente Gegenstände. Betrachte Gegenstände durch Mattglasscheiben, Butterbrotpapier ...

Die Gegenstände sind zu erkennen, wenn, z.B. bei Mattglasscheiben, hinreichend Licht in dein Auge gelangt.

**V2** Lass im abgedunkelten Raum ein schmales Lichtbündel aus einer Lampe auf verschiedene Gegenstände (weiße Pappe, schwarze Pappe, Spiegel und Glasscheibe) treffen.



Die Gegenstände sind nur dann zu erkennen, wenn Licht auf sie trifft und sie das Licht in das Auge des Betrachters umlenken.

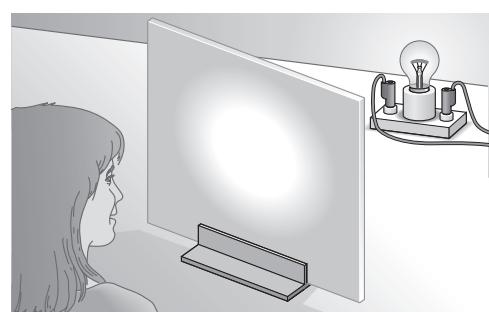
Zusätzlich stellen wir vor und hinter jeden der Gegenstände Spielzeugfiguren. Du kannst z.B. die Figur vor der weißen Pappe gut erkennen, aber nicht die hinter der Pappe. Die Figuren vor und hinter der Glasscheibe kann man dagegen beide gut erkennen.

### Weitere Versuche

**V3** Halte zwischen eine kleine helle Glühlampe und die eigenen Augen nacheinander:

- a)** eine sauber geputzte Glasscheibe,
- b)** eine beschlagene Scheibe, **c)** verschiedene Plastikfolien, **d)** eine Alufolie, **e)** ein Blatt aus dünnem Papier.

Prüfe, ob das Licht hindurchgeht und man hindurchsehen kann. Nicht immer tritt beides zusammen auf. Wenn allerdings kein Licht hindurchgeht, kann man auch nicht hindurchsehen.



**V4** Halte in einem dunklen Raum ein Stück Pappe vor eine helle Wand. Leuchte mit einer Taschenlampe auf die Pappe. Drehe die Pappe etwas hin und her und beobachte die Wand. Wähle **a)** eine helle Pappe, **b)** eine farbige Pappe, **c)** eine mattschwarze Pappe, **d)** eine glatte Alufolie, **e)** eine zerknitterte Alufolie. Auf der Wand kann man sehen, wie Licht durch die Pappe umgelenkt wird.



**Material**

Animationen/Simulationen:

- Licht trifft auf Gegenstände (op\_s1\_si\_002)

**Lösungen der Aufgaben**

**A1** ○ Man wählt eine Mattscheibe, denn durch diese kann das Sonnenlicht von außen teilweise in den Krankenwagen gelangen, sodass es im Inneren des Wagens nicht dunkel wird. Man entscheidet sich jedoch gegen eine klare Scheibe, da das vom Patienten reflektierte Licht nur teilweise durch die Mattscheibe nach außen dringt und Beobachter von außen die Geschehnisse im Inneren des Wagens nicht genau beobachten können.

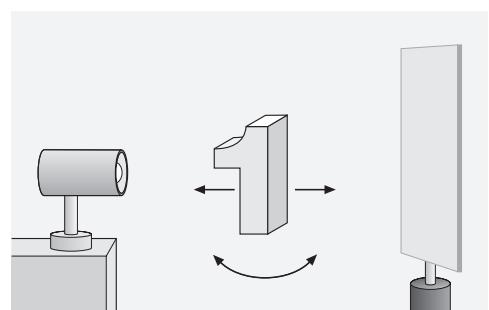
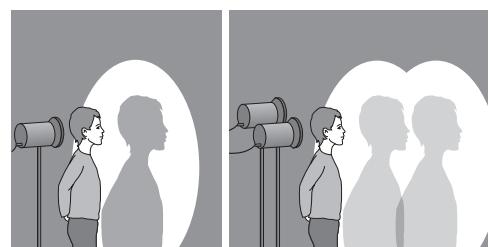
**A2** ● Die nasse Straße reflektiert das einfallende Licht wie ein Spiegel. Trifft das reflektierte Licht nicht in das Auge des Beobachters, so erscheint die Straße dunkel. Der raue Untergrund einer trockenen Straße streut das einfallende Licht in alle Richtungen. Ein Teil dieses Lichts gelangt ins Auge des Beobachters, dem erscheint die Straße hell.

**A3** ● Das projizierte Bild soll von überall gut erkennbar sein, d.h. das Licht muss nach allen Seiten reflektiert werden. Beim Spiegel gibt es nur eine gerichtete Reflexion. Damit würde nur ein schmales Lichtbündel in das Auge des Zuschauers gelangen. Außerdem wäre nur ein kleiner Bildausschnitt wahrnehmbar.

**A4** ● Die Netzhaut der Augen von Katzen (und vielen anderen Tieren) hat reflektierende Eigenschaften. Das hat den Vorteil, dass die Sehzellen auf der Netzhaut das Licht „doppelt“ nutzen können. Katzen können daher auch bei geringem Licht noch sehen.

## 2.4 Licht und Schatten

<b>Lernziele</b>	Die SuS kennen die Voraussetzungen für die Entstehung von Schattenbildern. Sie können einfache geometrische Konstruktionen zur Ermittlung von Schattenbildern durchführen.																				
<b>Begriffe</b>	Schattenbild, Schattenraum mit der Differenzierung in Kernschatten- und Halbschattenraum																				
<b>Hinweise/Kommentar</b>	Bei der Konstruktion von Schattenräumen werden diejenigen Lichtwege verwendet, die gerade noch an dem beleuchteten Gegenstand vorbeiführen. In der Literatur wird hierfür häufig der Begriff „Randstrahl“ verwendet; hierbei sollte aber beachtet werden, dass der „Strahl“ als Begriff nur ein geometrisches Modell darstellt. Um Verwirrung zu vermeiden, wird daher im Lehrtext dieser Begriff nicht eingeführt.																				
<b>Einstieg</b>	In der Beispielaufgabe werden einzelne Aspekte des Einstiegsbildes noch einmal aufgegriffen. Zusammen mit dem Einstiegstext kann aber im Unterrichtsgespräch bereits Wesentliches besprochen werden, z.B. wieso der Schwarzhase im dunklen Wald verschwindet oder warum ein Teil des Schattenbildes auf dem Boden, der andere Teil auf der Felswand ist.																				
<b>Versuche im Schulbuch</b>	<p><b>V1</b> Beleuchte eine Person z.B. mit einer Halogenlampe. Auf der Wand dahinter entsteht ein scharf begrenztes Schattenbild. Verwende zwei versetzt aufgestellte Lampen. Du erhältst Mehrfachsichten mit unterschiedlich dunklen Schattenbereichen.</p> <p><b>V2</b> Mit einer hellen Lampe und einem Bettlaken kannst du ein Schattentheater einrichten. Bei größerem Abstand der Schauspieler vom Laken entstehen Riesen! Probiere, ob man auch Zwerge machen kann.</p>																				
<b>Weitere Versuche</b>	<p><b>V3</b> a) Zwischen einer punktförmigen Lichtquelle und einem Schirm wird ein Gegenstand hin und her bewegt: Die Schattengröße auf dem Schirm hängt von den Entfernung zwischen Lichtquelle, Gegenstand und Schirm ab.</p> <table border="1"> <tr> <td>Abstand Lampe – Gegenstand in cm</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Größe des Gegenstandes in cm</td> <td>8</td> <td>8</td> <td>8</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Abstand Lampe – Schirm in cm</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Größe des Schattens in cm</td> <td>12</td> <td>16</td> <td>10</td> <td>12</td> </tr> </table> <p>b) Der Gegenstand wird bei fester Entfernung zwischen Lichtquelle und Schirm um seine eigene Achse gedreht. Dieses Experiment wird auch mit anderen Gegenständen wiederholt: Nur bei einer Kugel bleibt das Schattenbild erhalten.</p>	Abstand Lampe – Gegenstand in cm	10	10	20	20	Größe des Gegenstandes in cm	8	8	8	8	Abstand Lampe – Schirm in cm	15	20	25	30	Größe des Schattens in cm	12	16	10	12
Abstand Lampe – Gegenstand in cm	10	10	20	20																	
Größe des Gegenstandes in cm	8	8	8	8																	
Abstand Lampe – Schirm in cm	15	20	25	30																	
Größe des Schattens in cm	12	16	10	12																	



- Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:
- Licht und Schatten (op\_s1\_ab\_005)
  - Schattenbilder (op\_s1\_ab\_006a: diff ↓, op\_s1\_ab\_006b: diff ↑)
  - Kernschatten und Halbschatten (op\_s1\_ab\_007a: diff ↓, op\_s1\_ab\_007b: diff ↑)

Siehe auch Kopiervorlagen Lernzirkel:  
Licht und Sehen (op\_s1\_lz\_001)

Animationen/Simulationen:

- Entstehung des Schattens (op\_s1\_si\_003)

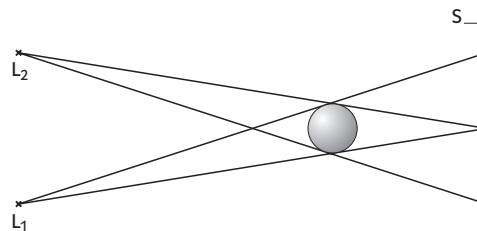
### Lösungen der Aufgaben

**A1**  Die Flutlichtanlage des Fußballplatzes besteht offenbar aus mehreren Scheinwerfern an verschiedenen Positionen; jeder dieser Scheinwerfer erzeugt von einem Spieler einen Schatten. Aus den einzelnen Schatten kann auf die Richtung, aus der das Licht des jeweiligen Scheinwerfers kommt, zurück geschlossen werden.

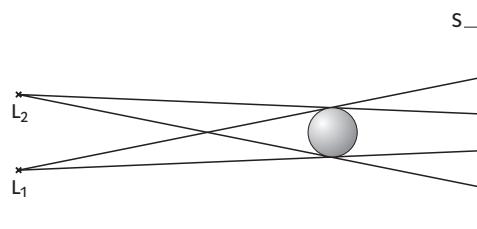
**A2**  Die Sonne (Lichtquelle) ändert im Laufe eines Tages ihre Position („sie wandert von Ost nach West“); dadurch verändert sich auch die Richtung des Schattens, den der Stab der Sonnenuhr wirft.

**A3**  Zur Veranschaulichung dient B1 auf der Lehrtextseite. Die Lichtwege, die ausgehend von der punktförmigen Lichtquelle gerade noch am Gegenstand vorbeiführen und den Schattenraum begrenzen, laufen auseinander; da ein Schatten immer nur auf einer Fläche hinter dem Gegenstand auftreten kann, ist dieser stets größer als der Gegenstand.  
Anmerkung: Mit guten Schülern kann man auch thematisieren, wie es sich bei nicht parallel zum Gegenstand stehenden Flächen bzw. bei nicht planaren Flächen, auf denen der Schatten entsteht, verhält.

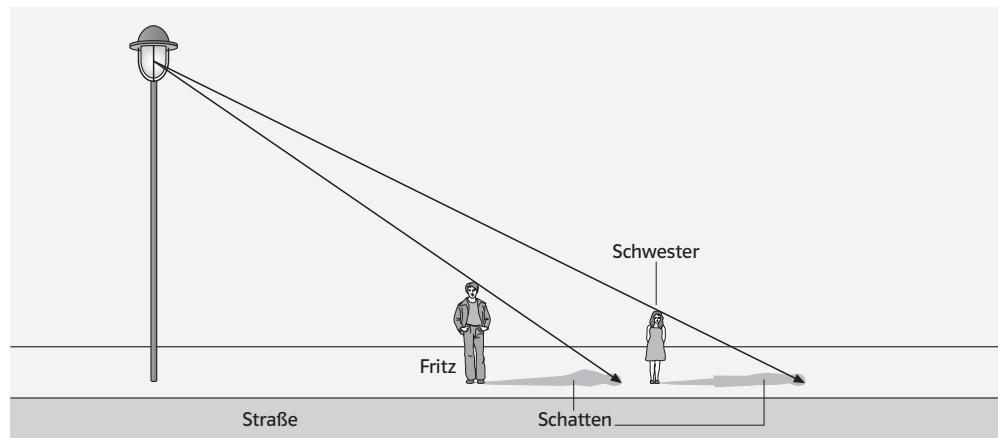
**A4**  a) Es genügt eine Lichtquelle und eine Kugel (die recht nah am Schirm steht).  
b) Es werden zwei Lichtquellen und eine Kugel benötigt. Der Abstand der Lichtquellen wird so gewählt, dass sich die beiden Schattenbilder auf dem Schirm gerade berühren.



c) Analog zu b) werden drei Lichtquellen und eine Kugel benötigt.  
d) Wie b), aber der Abstand zwischen den Lichtquellen wird verringert, sodass sich die beiden Schattenbilder auf dem Schirm überlappen (Kern- und Halbschatten entstehen).



**A5** ● Das Mädchen steht weiter von der Quelle entfernt als der Junge.



(S.34)

**Methode** Experimentieren **Sehen und gesehen werden**

**Lernziele** SuS erkennen, dass für das Sehen und das Gesehen werden die gerade Sichtverbindung erforderlich ist. SuS können Schattenräume konstruieren und beschriften.

**Begriffe** Sichtverbindung (ohne Definition, fachlich angewandter Begriff aus der Umgangssprache)

**Hinweise/Kommentar** In den Versuchen werden keine Lichtquellen benötigt. Der Akzent liegt auf dem Sehen. Damit wird auch dem didaktischen Ansatz „Vom Sehen zur Optik“ Rechnung getragen. Die Schattenaufgaben dienen der Festigung und Vertiefung des Wissens über Schatten, insbesondere der Schattenkonstruktion. Die Aufgaben sind so gewählt, dass die SuS diese in ihr Heft übertragen können.

**Material** Die Stationenkarten zu „Sehen und gesehen werden“ sind Teil des Lernzirkels:  
– Licht und Sehen (op\_s1\_lz\_001)

(S.35)

**Methode** Experimentieren **Schattengröße und Schattenform**

**Lernziele** SuS führen einfache Experimente nach Anleitung durch. Sie dokumentieren ihre Beobachtungen angeleitet.

**Begriffe** „Wenn – dann“, „Je – desto“

**Hinweise/Kommentar** Für die Untersuchung der Form sind auch andere Gegenstände zu empfehlen. Mit Blick auf die nachfolgenden Themen (Tag und Nacht, Mondphasen, Finsternisse) insbesondere eine Kugel, deren Schatten stets kreisförmig ist.  
Die Größenbetrachtung kann zu einer quantitativen Betrachtung ausgeweitet werden.  
Die Formbetrachtung kann dadurch erweitert werden, dass die Projektionsrichtung und die Projektionsfläche nicht mehr senkrecht zueinander sind.

**Material** Animationen/Simulationen:  
– Größe des Schattens (op\_s1\_si\_004)

<b>Lernziele</b>	SuS beschreiben und erläutern das Zustandekommen von Tag und Nacht sowie das Entstehen der Mondphasen.
<b>Begriffe</b>	Mondphasen, Vollmond, Neumond
<b>Hinweise/Kommentar</b>	Selbst bei Erwachsenen herrscht häufig die Ansicht, dass die Mondphasen dadurch entstehen, dass ein Teil des Mondes im Schatten der Erde liegt. Es muss daher deutlich werden, dass „Nacht“ auf einer Hälfte der Erde bzw. des Mondes Folge davon sind, dass diese Hälfte der Erd- bzw. Mondkugel in ihrem eigenen Schattenraum liegt. Dementsprechend sollten die im Lehrtext angesprochenen Experimente von den SuS möglichst selbst durchgeführt werden.
<b>Material</b>	Animationen/Simulationen: – Entstehung der Mondphasen (op_s1_si_005)
<b>Lösungen der Aufgaben</b>	<p><b>A1</b>  Alle Länder, die (genau) südlich von Europa liegen, also die Länder Afrikas.</p> <p><b>A2</b>  Joshuas Überlegungen zeigen: die geraden Sichtverbindungen vom Auge zur (Mond-)Kugel werden durch die Tangenten an die Kugel begrenzt. Daher ist die maximal sichtbare Fläche etwas kleiner als die Kugelhälfte. Nach Lisas Überlegung kann man von dieser Fläche jedoch nur den Teil sehen, der von der Sonne beleuchtet wird.</p> <p><b>A3</b>  –</p> <p><b>A4</b>  Damit der Ball (Mondkugel) beleuchtet wird, muss er außerhalb des Schattenraumes des Kopfes sein. Der Kopf bildet in diesem Modell die Erdkugel. Vollmond ist also nur möglich, wenn der Mond „über“ oder „unter“ der Verbindung Sonne – Erde steht, ansonsten gibt es eine Mondfinsternis.</p>

<b>Lernziele</b>	SuS beschreiben und erläutern das Entstehen von Mond- und Sonnenfinsternissen; sie nutzen ihre Kenntnisse zur Unterscheidung zwischen Mondphasen und Mondfinsternissen.
<b>Begriffe</b>	Mondfinsternis, (totale/partielle) Sonnenfinsternis
<b>Hinweise/Kommentar</b>	<p>Eine (totale) Sonnenfinsternis ist ein beeindruckendes Erlebnis. Leider kann diese Faszination in einem Film (zahlreiche Beispiele finden sich im Internet) nur andeutungsweise vermittelt werden.</p> <p>Ausgehend von Experimenten zu Schattenform und Schattengröße kann das Phänomen mit Hilfe des Lehrtextes (siehe auch Online-Link zum Lehrtext) auch in Partner- bzw. Gruppenarbeit untersucht und erklärt werden.</p>
<b>Material</b>	<p>Kopiervorlagen Arbeitsblätter: – Schatten aus dem All (op_s1_ab_008a: diff ↓, op_s1_ab_008b: diff ↑)</p> <p>Animationen/Simulationen: – Mondfinsternis und Sonnenfinsternis (op_s1_si_006)</p>
<b>Lösungen der Aufgaben</b>	<p><b>A1</b>  Bei Vollmond befindet sich die Erde nicht im Schattenraum des Mondes, da dieser von der Sonne aus gesehen hinter der Erde ist.</p> <p>Entsprechend kann es bei Neumond auch keine Mondfinsternis geben, weil sich der Mond nicht im Schattenraum der Erde befindet, da dieser von der Sonne aus gesehen hinter dem Mond ist.</p>

## 2.5 Lochkamera

**Lernziele** SuS beschreiben die Eigenschaften der Bilder an Lochblenden.

**Begriffe** Lochkamera, (Loch)Blende

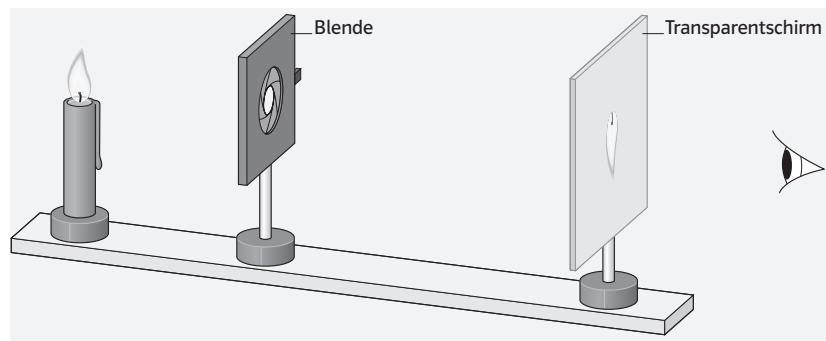
**Hinweise/Kommentar** Die Behandlung der Lochkamera ist eine Anwendung des Lichtstrahlmodells. Sie kann daher auch früher, d. h. nach der Behandlung der geradlinigen Lichtausbreitung erfolgen. Mit Hilfe einer Digitalkamera können in einfacher Weise eigene „Lochkamerabilder“ aufgenommen werden. Man benötigt dazu eine Digitalkamera mit Wechselobjektiven (Spiegelreflex- oder Systemkamera). Das Objektiv wird abgenommen und an seine Stelle wird eine runde Pappscheibe, in deren Mitte man zuvor mit einer Lochzange ein Loch (Durchmesser 3-4 mm) gestanzt hat, mit Klebeband (lichtdichtes Klebeband verwenden) auf den Objektivanschluss der Kamera geklebt. Das Loch in der Pappscheibe wird nun mit einem Stück Alufolie überklebt. Mit einer dünnen Nadel wird abschließend ein Loch in die Alufolie gestochen. Beim Fotografieren muss man mit der Belichtungszeit (manuelle Einstellung) etwas experimentieren (mit 1s beginnen und abhängig von der Helligkeit des fotografierten Objekts und vom Lochdurchmesser länger oder kürzer belichten).

**Einstieg** Aufgrund ihrer Erfahrungen zum Thema Licht und Schatten gehen SuS in der Regel zunächst davon aus, dass die kreis- bzw. ellipsenförmigen Lichtflecke die Form der Öffnungen im Blätterdach wiedergeben. Nachdem mit Hilfe eines entsprechenden Experiments die richtige Erklärung gefunden ist, kann z. B. diskutiert werden, wie die Sonnentaler bei einer partiellen Sonnenfinsternis aussehen.



### Versuche im Schulbuch

**V1** Im abgedunkelten Physikraum stellen wir eine Blende mit veränderbarer Öffnung zwischen eine Kerze und einen durchscheinenden Schirm. Bei großer Öffnung der Blende beobachten wir auf dem Schirm einen hellen Lichtfleck. Wenn wir die Öffnung verkleinern, wird der Fleck dunkler. Bei sehr kleiner Öffnung wird ein Bild der Flamme erkennbar.



**V2** Wir verändern die Entfernung zwischen Kerze und Blende sowie zwischen Blende und Schirm. Dabei verändert sich die Größe des Kerzenbildes.

**V3** Wir ersetzen die Kerze durch eine Anordnung verschiedenfarbiger Lampen. Auf dem Schirm erzeugt jede Lampe einen Lichtfleck, der sich mit kleiner werdender Blendenöffnung verkleinert. Die Lichtflecke ergeben ein umgekehrtes Bild der Lampenanordnung.

**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:  
– Wie entstehen die Bilder bei der Lochkamera (op\_s1\_ab\_017)

Kopiervorlagen Lernzirkel:  
– Bilder vorhersagen (op\_s1\_lz\_005)

Animationen/Simulationen:  
– Bildentstehung bei der Lochkamera (op\_s1\_si\_033)  
– Einfluss der Blende (op\_s1\_si\_021)

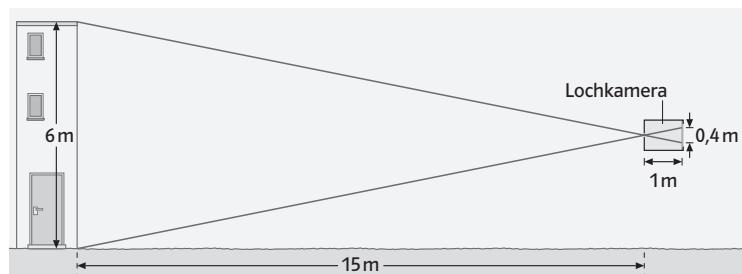
### Lösungen der Aufgaben

**A1** ○ Bei einem „normalen“ (lichtaussendenden) Gegenstand und genügend großem Abstand zur Blende ändert sich nichts an den Bildern.

Bemerkung: Bei einer punktförmigen Lichtquelle haben die Bildscheibchen die Form der Blende (wenn die Blendenöffnung nicht zu klein und der Abstand zwischen Lichtquelle und Blende nicht zu groß ist).

**A2** ● Es gilt:

Je länger die Kamera (und damit die Bildweite), desto größer das Bild.



(S. 40) **Methode** Experimentieren **Wir bauen eine Lochkamera**

**Lernziele** SuS führen einfache Experimente nach schriftlicher Anleitung durch.

**Begriffe** keine neuen Fachbegriffe, der Begriff „camera obscura“ wird als Bezeichnung für eine bestimmte Art der Lochkamera genannt

**Hinweise/Kommentar** Es gibt zahlreiche Anleitungen für den Bau einer Lochkamera. Das hier vorgestellte Modell erfordert gegenüber einfacheren Modellen, die man z. B. mit Hilfe eines Schuhkartons bauen kann, etwas mehr Bastellaufwand. Dafür bietet es die Möglichkeit den Abstand Lochblende-Schirm zu verstehen und somit die Bildgröße zu beeinflussen. Ein weiterer Vorteil ist die Anordnung des Schirms am Ende der inneren Röhre, da dadurch störendes Umgebungslicht beim Betrachten des Bildes abgeschirmt wird und das Bild auch bei Tageslicht gut erkennbar ist. Das Durchstechen der Pappscheibe mit einer Nadel ist nicht ganz leicht (Verletzungsgefahr!). Einfacher ist es, zunächst z. B. mit einer Lochzange ein größeres Loch in der Pappscheibe zu erzeugen, dieses dann mit einem Stück Alufolie zu überkleben und anschließend mit der Nadel ein kleines Loch in die Alufolie zu stechen.

**Lernziele** SuS erkennen die Bedeutung der Beleuchtung für die Verkehrssicherheit.

**Begriffe** keine neuen

**Hinweise/Kommentar** Aufgrund der Bedeutung der Beleuchtung für die Verkehrssicherheit steht diese Exkurs-Seite schon am Anfang des Kapitels, obwohl bestimmte inhaltliche Aspekte wie „Wahrnehmung“ oder „Wechselwirkung des Lichts mit Materie“ erst in späteren Lerneinheiten erarbeitet werden.  
Dabei wird deutlich, dass nicht nur das „Selbst-gut-sehen“ wichtig ist, sondern ebenso das „Gesehen-werden“. Ausführlich wird auf die aus Sicherheitsgründen notwendige Ausrüstung des Fahrrades eingegangen.  
Die Seite eignet sich z.B. als Grundlage für ein Schülerreferat bzw. ein Lernplakat oder für ein Projekt zur Verkehrserziehung.

**Fachwissen**

wahr: 1, 4, 5, 6, 8  
 falsch: 2, 3, 7

**Kommunikation**

MONDPHASEN, STREUEN, LICHTQUELLE, REFLEKTIEREN, SEHEN, SONNE

Lösungswort: PEILEN

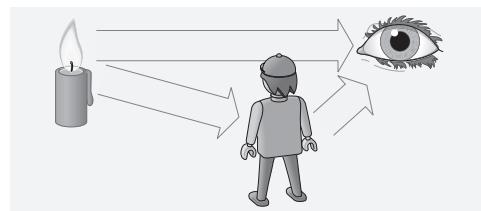
**Erkenntnisgewinnung**

- 1: b) c)  
 2: a) d)  
 3: a)  
 4: c)  
 5: b) c)  
 6: a) c) d)

**Bewertung**

- 1: b)  
 2: a) b) c)

- A1**  Das Auge empfängt das Licht der Kerze und sieht damit sowohl die Kerze als auch das von der Kerze beleuchtete Männchen, das das Licht von der Kerze ins Auge umlenkt.



- A2**  Aus dem linken bzw. dem rechten Fenster sieht man nichts, da aus dieser Richtung kein Licht zum Raumschiff gelangt. In das der Sonne zugewandte Fenster gelangt das Licht direkt von der Sonne, sodass man höchstwahrscheinlich geblendet ist. Aus dem der Erde zugewandten Fenster sieht man die Erde, da sie von der Sonne beleuchtet ist und ein Teil des Lichtes Richtung Raumschiff reflektiert wird.

- A3**  Individuelle Schülerlösungen, z. B.:

- Lichtquellen zum Sehen: Fahrzeugscheinwerfer nach vorne (Fahrlicht, Fernlicht, Nebellicht usw.);
- Lichtquellen zum Gesehenwerden: Signalanlagen (Leuchttürme, Blinklichter, Warnlichter); Fahrzeugscheinwerfer nach hinten (Rückfahrleuchten, Bremslicht, Nebellicht);
- Lichtquellen zur Verkehrsregelung: Signalanlagen (Ampeln, Blinklichter usw.);
- dauerhaft beleuchtete Gegenstände: Beleuchtung von Verkehrswegen bzw. Gefahrenstellen (Überwege, Kurven usw.);
- Beleuchtung durch Reflexion/Reflektoren: Verkehrsschilder, Nummernschilder, Hinweisschilder, Katzenaugen, Warnwesten, Reflektorstreifen usw.

- A4**  Wahrnehmung heißt, dass die Informationen, die die Augen empfangen haben, im Gehirn verarbeitet werden. Je nach Umgebung, Hintergrund oder Situation kann ein Radfahrer leicht übersehen werden, da er hinsichtlich Farbe und Helligkeit (Kontrast) leicht „verschwimmt“ und gegenüber einem Auto auch eine wesentlich kleinere (Ober-) Fläche bzw. schmalere Silhouette und langsamere Bewegung hat.

- A5**  A 3; B 1; C 4; D 5; E 2

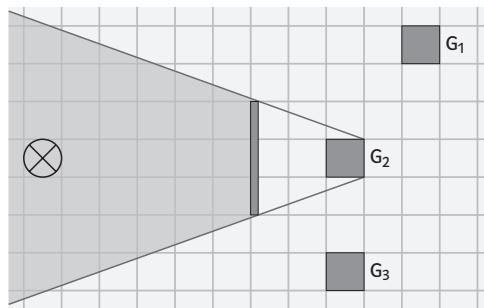
**A6** ○ Je dicker die Wasserschicht, desto mehr Licht wird absorbiert. In dieser Tiefe hat die Dicke der Wasserschicht keine durchscheinende Eigenschaft mehr.

**A7** ● Wenn die Wolke das Sonnenlicht zum Beobachter hin reflektiert (Sonne im Rücken des Beobachters), erscheint die Wolke weiß. Scheint die Sonne durch die Wolke hindurch zum Beobachter, so hängt es von der Dicke der Wolke und von der Größe der Wassertropfen ab, wie viel Sonnenlicht die Wolke zum Beobachter durchlässt und wie dunkel die Wolke somit gegenüber dem übrigen Himmel erscheint.

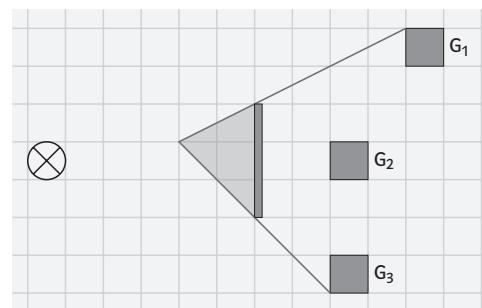
**A8** ● Eine Glasscheibe lässt den größten Teil des Lichts hindurch und reflektiert nur einen kleinen Anteil davon. Bei Tag dominiert die Durchsichtigkeit der Glasscheibe, da von außen helles Licht auf sie trifft und durch sie hindurch nach innen gelangt. Nachts fehlt dieses Licht von außen. Jetzt treten die reflektierenden Eigenschaften der Glasscheibe in den Vordergrund, was man dadurch erkennt, dass das Licht, das von Innen auf die Glasscheibe trifft, reflektiert wird.

**A9** ○ Die (möglichen) Lichtwege werden von den Gegenständen ausgehend konstruiert. Dies ist wegen der Umkehrbarkeit des Lichtweges möglich.

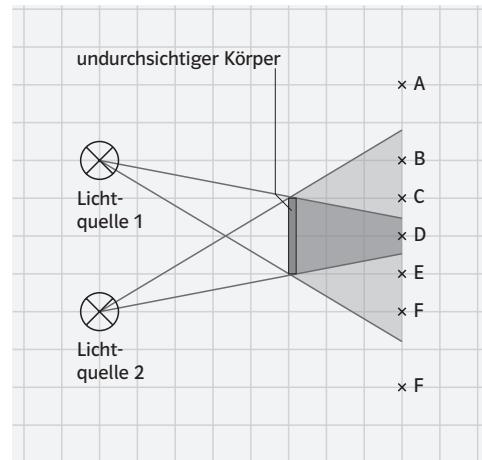
a)



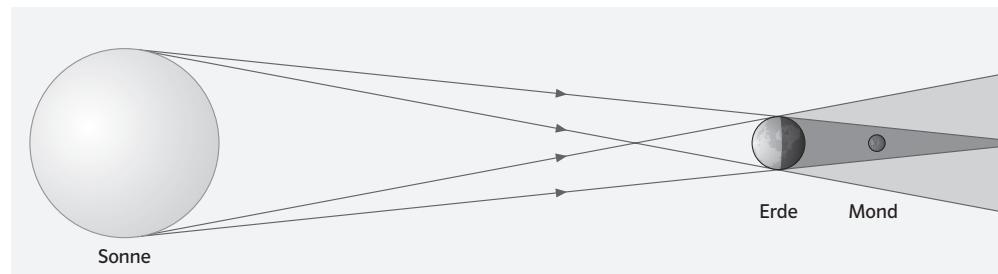
b)



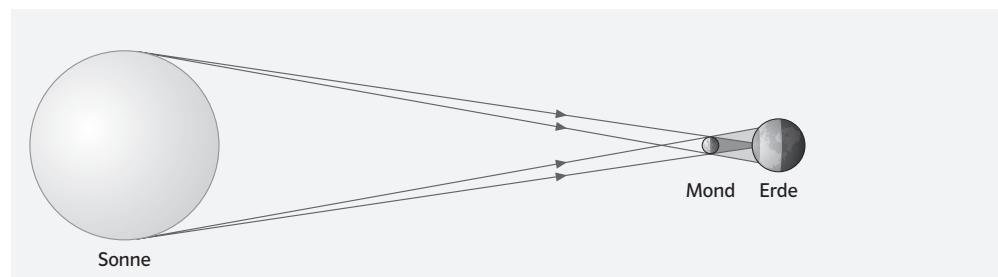
**A10** ○ D liegt im Kernschattenraum. B, C, E und F liegen im Halbschattenraum. A und F werden von beiden Lichtquellen beleuchtet.



**A11** Bei einer Mondfinsternis befindet sich der Mond im Kernschatten der Erde (siehe Abbildung).



Bei einer Sonnenfinsternis befindet sich der Mond zwischen Sonne und Erde. Der Kernschatten des Mondes (und der Halbschatten) treffen auf einen Teil der Erdoberfläche (siehe Abbildung).



**A12** Da der Schatten immer den Umriss des Schatten erzeugenden Gegenstandes wieder gibt, folgt aus einem einzigen Phänomen, dass die Erde einen kreisförmigen Umriss hat. Aus den Erfahrungen vieler Mondfinsternisse an beliebigen Orten (und somit beliebigen Stellungen der Rotationsachse der Erde) folgt die Kugelgestalt der Erde.

# 3 Licht an Grenzflächen



## Kommentar

Täglich begegnen SuS viele optische Erscheinungen. Sie reichen vom geblendet werden durch die Reflexion des Sonnenlichts an einer Autotür oder einem Fenster über die scheinbare Hebung eines Gegenstandes, der im Wasser liegt, bis hin zum Erleben eines Regenbogens. Ihre Ursachen haben die meisten Erscheinungen in der Reflexion und/oder in der Brechung des Lichtes. Die im vorangegangenen Kapitel angesprochene Wechselwirkung von Licht mit Materie wird daher in diesem Kapitel genauer untersucht.

## Lösung der Einstiegsaufgabe

Durch die kleinen Wellen gibt es in Richtung zur Sonne überall auf der Meeresoberfläche viele kleine Bereiche, die das Licht der Sonne in unser Auge reflektieren. Bei ganz glatter Meeresoberfläche würde man nur an einer Stelle das Spiegelbild der Sonne sehen.

## 3.1 Reflexion von Licht

### Lernziele

Die SuS entwickeln auf der Grundlage von Alltagserfahrungen und physikalischen Vorkenntnissen eigene Erklärungsansätze zur Reflexion des Lichts an Oberflächen, überprüfen diese anhand von Versuchen und erarbeiten das Reflexionsgesetz. Sie erkennen, dass es an allen Oberflächen zutrifft und unterscheiden zwischen diffuser und gerichteter Reflexion. Sie wissen, dass ein Teil des Lichts vom Material verschlucht wird.

### Begriffe

Ungerichtete Reflexion (Streuung), gerichtete Reflexion, Grenzfläche, Einfallswinkel, Reflexionswinkel, Reflexionsgesetz

### Hinweise/Kommentar

Mit Spiegelungen und anderen Reflexionsvorgängen sind die Schülerinnen und Schüler seit langem vertraut. Nun geht es darum, ihre Erfahrungen mit diesen Phänomenen auf grundlegende Eigenschaften der Lichtausbreitung an reflektierenden Grenzflächen zurückzuführen und sie formal-physikalisch zu beschreiben. Dabei sollen bei der Erarbeitung der Lerninhalte einfache, unmittelbar einleuchtende – auch für SuS leicht durchführbare – Versuche und bei ihrer Anwendung Alltagsbeobachtungen im Vordergrund stehen.

### Einstieg

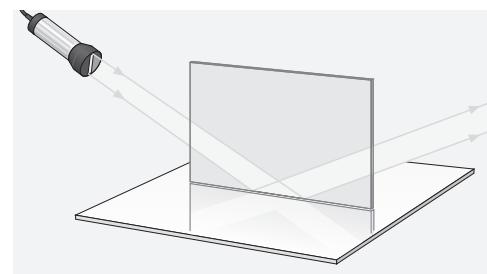
Das starke Glänzen nur einzelner Scheiben einer Fensterfront gehört zur Alltagserfahrung und motiviert dazu, sich genauer mit verschiedenen Reflexionsvorgängen zu beschäftigen.



### Versuche im Schulbuch

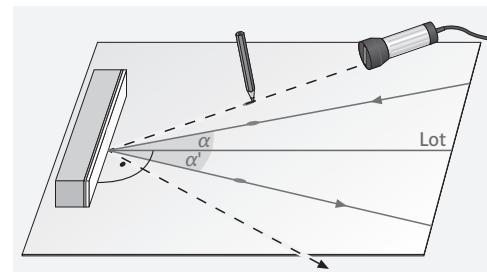
**V1** Wir untersuchen, in welche Richtung ein Spiegel ein einfallendes Lichtbündel umlenkt. Auf dem Tisch liegt ein ebener Spiegel, auf den wir ein schmales Lichtbündel richten.

Es wird vom Spiegel reflektiert und trifft irgendwo auf die Wand. Senkrecht auf den Spiegel stellen wir eine helle Pappe so, dass das Lichtbündel die Pappe streift. Das reflektierte Lichtbündel streift ebenfalls die Pappe. Beide Lichtbündel verlaufen in einer Ebene senkrecht zum Spiegel.



**V2** Auf ein Blatt Papier zeichnen wir eine Linie und dazu eine Senkrechte, ein Lot. Längs der Linie stellen wir einen kleinen ebenen Spiegel auf. Dann lassen wir ein schmales Lichtbündel streifend über das Blatt zum Fußpunkt des Lotes auf den Spiegel fallen. Auf dem Blatt kennzeichnen wir das einfallende und das reflektierte Lichtbündel und messen jeweils die Winkel der beiden Lichtbündel zum Lot.

Der Reflexionswinkel  $\alpha'$  des Lichtbündels ist stets gleich dem jeweiligen Einfallswinkel  $\alpha$ .

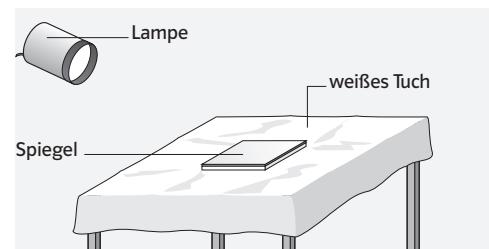


### Weitere Versuche

**V3** Ein Spiegel, ein Stück leicht zerknitterte Aluminiumfolie und ein weißes Blatt Papier liegen in einem abgedunkelten Raum und werden von der Seite mit einer Experimentierleuchte beleuchtet. Durch weitere Beispiele, z. B. Fahrradreflektoren, kann dieses Experiment ergänzt werden.

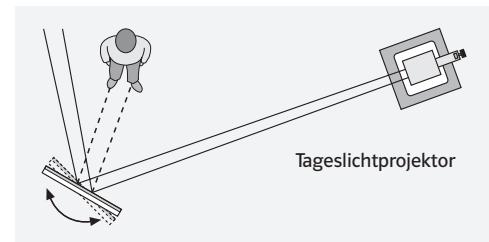


**V4** Auf einem Tisch liegt ein weißes Tuch, auf dem Tuch liegt ein Spiegel. Im dunklen Raum wird langsam eine Leuchte hell geregelt. Der Spiegel bleibt schwarz. An der Decke entsteht ein heller Fleck.

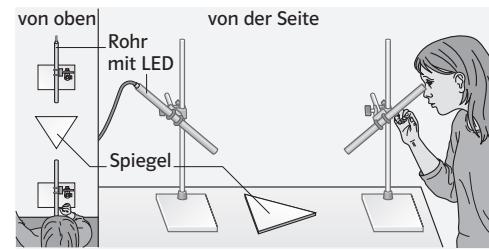


**V5** Zwei Schüler blicken durch ein langes Papprohr auf einen Spiegel. Sie ändern den Winkel so lange, bis sie sich in die Augen sehen können. Die Papprohre veranschaulichen den Lichtweg.

**V6** SuS sollen einen Spiegel so halten, dass sie die Lehrkraft mit dem Licht des Tageslichtprojektors blenden. In einer Skizze werden Lichtweg und Spiegelstellung festgehalten.



**V7** Das linke Rohr im Bild enthält an einem Ende eine LED als Lichtquelle. Das Rohr ist auf einen Spiegel gerichtet. Man blicke durch ein zweites Rohr und versuche die Lichtquelle zu sehen. Es gelingt nur, wenn die Rohre so wie im Bild ausgerichtet sind. Von oben gesehen müssen die Rohre eine gerade Linie bilden. Wenn man beide Rohre vertauscht, sieht man das Licht auch.



#### Material

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Das Reflexionsgesetz (op\_s1\_ab\_009)
- Reflexion des Lichts (op\_s1\_ab\_010a: diff ↓, op\_s1\_ab\_010b: diff ↑)
- Lichtwege bei der Reflexion (op\_s1\_ab\_011)

Kopiervorlagen Lernzirkel:

- Reflexion (op\_s1\_lz\_002)

Animationen/Simulationen:

- Reflexion am Spiegel (op\_s1\_si\_007)
- Versuch zur Reflexion (op\_s1\_si\_008)

#### Lösungen der Aufgaben

**A1** ● Die ungerichtete Reflexion durch Papier oder Schnee entsteht durch die mikroskopisch kleinen Unebenheiten ihrer Oberflächen. Sie wirken wie viele verschieden geneigte, winzige spiegelnde Flächen und reflektieren Licht in praktisch alle Richtungen. Das Reflexionsgesetz gilt auch da. Ein Teil des Lichts wird allerdings vom Material absorbiert.

**A2** ● Das Licht der Lampen wird von Decke und Wand ungerichtet reflektiert und erfüllt so das Zimmer mit nahezu gleichmäßiger Helligkeit. Deswegen werden auch die Gegenstände im Zimmer aus allen Richtungen beleuchtet, sodass kaum Schatten entstehen.

---

## (S. 48) 3.2 Spiegelbilder

**Lernziele** Die SuS formulieren auf der Grundlage von Alltagserfahrungen und physikalischen Vorkenntnissen eigene Vermutungen zur Entstehung von Spiegelbildern. Sie erklären Spiegelungen durch gerichtete Reflexion. Sie fertigen selbst Zeichnungen zur Veranschaulichung an.

**Begriffe** Gegenstand, Spiegelbild

**Hinweise/Kommentar** Die SuS sind mit Spiegelungen aus ihrem Alltag seit langem vertraut. Nun können sie mit Hilfe des Reflexionsgesetzes und dem Modell von der geradlinigen Ausbreitung des Lichts die Entstehung des Spiegelbildes nachvollziehen. Auch wie es zu den (scheinbaren) Vertauschungen kommt, wird einsichtig dargestellt. Nicht eingeführt werden an dieser Stelle die Begriffe virtuelles und reelles Bild.

**Einstieg** Vor allem viele Schüler wissen, dass es nicht nur bei Strategie-Spielen darauf ankommt, die Konkurrenten über seine Absichten im Unklaren zu lassen. Der „Fehler“ des Pokerspielers ermöglicht einen unkonventionellen Einstieg in das Thema Spiegelungen.

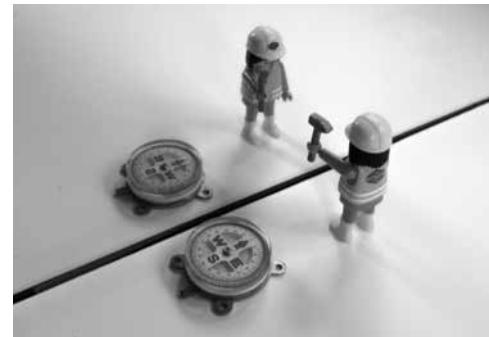


**Versuche im Schulbuch**

**V1** Mit Hilfe einer sauberen Glasscheibe lässt sich von einer Kerzenflamme ein Spiegelbild erzeugen. An die Stelle des Spiegelbildes wird ein Glas mit einer gleichen, nicht brennenden Kerze gestellt. Wird das Glas mit Wasser gefüllt, so sieht es aus, als würde die Kerze unter Wasser brennen. Der Abstand von brennender und nicht brennender Kerze zur Glasscheibe ist genau gleich.



**V2** Stelle eine Spielzeugfigur vor einen Spiegel, der in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet ist. Bewege die Figur nach Norden und Süden sowie nach Osten und Westen und beobachte das Spiegelbild. Das Spiegelbild der Figur bewegt sich wie das Original nach Norden oder Süden. Wenn die Figur nach Osten bewegt wird, bewegt sich ihr Spiegelbild nach Westen und umgekehrt.



**Weitere Versuche**

**V3** Mit selbst geschnittenen Buchstaben lassen sich Spiegelbilder beschreiben. Vorder- und Rückseiten der Buchstaben werden verschieden eingefärbt und vor einen ebenen Spiegel gestellt oder gelegt. Ort, Richtung, Farbe und Größe von Gegenstand und Spiegelbild werden verglichen. Ersetze den Spiegel durch eine Glasscheibe, um die Abstände zu messen.



**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:  
– Der Spiegel (op\_s1\_ab\_016)

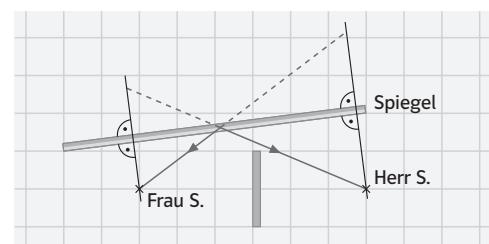
Kopiervorlagen Lernzirkel:  
– Eigenschaften von Spiegelbildern (op\_s1\_lz\_004)

Animationen/Simulationen:  
– Entstehung von Spiegelbildern (op\_s1\_si\_020)

### Lösungen der Aufgaben

**A1**  **a)** Betrachtet man einen ausgedehnten Körper als Zusammensetzung vieler punktförmiger Lichtquellen, so gelangen von ihnen ausgehende Lichtbündel dem Reflexionsgesetz entsprechend ins Auge. Aufgrund des Modells der geradlinigen Lichtausbreitung wird ein (virtuelles) Spiegel-Bild (hinter der Spiegeloberfläche) wahrgenommen.  
**b)** Eigenschaften: Das Spiegelbild ist aufrecht, gleich groß, vom Spiegel gleich weit entfernt wie der Gegenstand, vorne und hinten sind vertauscht.  
**c)** In der Konstruktion mit Hilfe des Lotverfahrens bleibt der Blickpunkt immer an derselben Stelle (Siehe **B3** im SB).

**A2**  Sie sehen ihre eigenen Spiegelbilder bzw. das der anderen Person an den mittels Lotverfahren konstruierten Orten scheinbar hinter dem Spiegel. Der Reflexionspunkt am Spiegel ist derselbe.



**A3**  Die in der Lösung der Beispielaufgabe bestimmte Lage der Punkte X und Y ist wegen des Reflexionsgesetzes (Einfallsinkel = Reflexionswinkel) vom Abstand der Person vom Spiegel völlig unabhängig. Die Größe und Lage des Spiegels hängen nur von Körpergröße und Augenhöhe der Person ab.

(S. 50)

**Methode** Experimentieren **Reflexion**

**Lernziele** SuS konstruieren Lichtwege bei Reflexion an ebenen Spiegeln und messen dabei Winkel bzw. Bündeldurchmesser. Sie lösen ein Problem durch Anwendung des Reflexionsgesetzes. Sie deuten Beobachtungen bei gerichteter und ungerichteter Reflexion.

**Begriffe** Reflexion, Lichtbündel, Bündeldurchmesser, Lichtweg,

**Hinweise/Kommentar** Aspekte der Reflexion werden in vier Stationen thematisiert. Verknüpfungen der Reflexion mit Erkenntnissen der Lichtausbreitung, der Vorhersage von Lichtwegen und der Untersuchung der gerichteten und ungerichteten Reflexion dienen vornehmlich der Festigung, die Station Lichtzeiger vertieft das Verständnis des Reflexionsgesetzes.

**Material** Kopiervorlagen Lernzirkel:  
– Reflexion (op\_s1\_lz\_002)

**Lernziele** SuS führen einfache Experimente nach Anleitung durch und dokumentieren ihre Ergebnisse.

**Begriffe** keine neuen physikalischen, Abblendspiegel

**Hinweise/Kommentar** An den Stationen I und II werden die Eigenschaften des Spiegelbildes (Abstand, Größe, aufrecht, ...) untersucht. Die Verwendung der Glasscheibe in Station I ermöglicht ein „Eingreifen in die Spiegelwelt“. Alternativ lassen sich Aussagen zur Größe des Spiegelbildes auch mit Hilfe von parallelen Peillinien gewinnen. An den Stationen III und IV werden technische Anwendungen untersucht. Die Eigenschaft der Glasscheibe einen (kleinen) Teil des Lichtes zu reflektieren und den anderen (größeren) Teil hindurchzulassen wird beim heute meist noch üblichen Abblendspiegel im Auto genutzt: an der vorderen Glasscheibe wird ein kleiner Teil des eintreffenden Lichtbündels reflektiert während der größere Teil zum hinteren Spiegel durchgelassen wird und erst dort reflektiert wird. Je nach Kippstellung des Spiegels gelangt entweder der größere Teil des Lichtbündels über die Reflexion am hinteren Spiegel ins Auge des Beobachters oder aber der kleinere Teil über die Reflexion an der vorderen Glasscheibe. (Hinweis: moderne Abblendspiegel funktionieren auf andere Weise – sie werden elektrisch abgedunkelt.)

**Material** Kopiervorlagen Lernzirkel:

– Eigenschaften von Spiegelbildern (op\_s1\_lz\_004)

### 3.3 Die Brechung des Lichts

**Lernziele** Die SuS formulieren auf der Grundlage eigener Erfahrungen und physikalischer Vorkenntnisse Vermutungen zum optischen Phänomen der Brechung an Grenzflächen durchsichtiger Stoffe und erkennen Regeln beim Übergang des Lichts durch Grenzflächen zwischen einigen bekannten Stoffen mit unterschiedlichen optischen Eigenschaften.

**Begriffe** Brechungswinkel, Brechung, optisch dünner, optisch dichter, Brechungsgesetz

**Hinweise/Kommentar** Brechungssphänomene sind im Alltag der SuS oft schwer als solche zu erkennen und lassen sich mit ihrem bisherigen Wissen auch nicht einfach erklären. Durch gut verständliche, unschwer nachvollziehbare und beeindruckende, selbst durchführbare Versuche im Unterricht und den Abbildungen überraschender, Interesse weckender Beobachtungen im Schülerband sollen die Lerninhalte zur Brechung des Lichts an Grenzflächen durchsichtiger Stoffe erarbeitet und angewendet werden. Die Dispersion wird nicht thematisiert.

**Einstieg** Das verblüffende Foto des „geteilten“ Pinguins motiviert die SuS, sich näher mit dem Phänomen der Brechung zu befassen, auch wenn eine solche Beobachtung nur unter günstigen Umständen selbst gemacht werden kann.

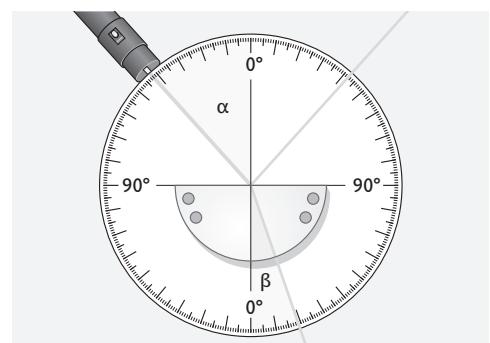


#### Versuche im Schulbuch

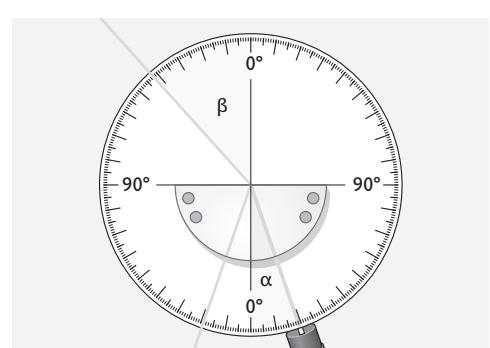
**V1** Licht gelangt zunächst aus der Luft kommend in den Halbrundglaskörper. Der Einfallswinkel  $\alpha$  wird langsam vergrößert, der jeweilige Brechungswinkel  $\beta$  abgelesen:

$\alpha$	0°	15°	30°	45°	60°	75°
$\beta$	0°	10°	20°	30°	35°	41°

Die Messung zeigt: Der Brechungswinkel ist stets kleiner als der Einfallswinkel. Das Lichtbündel wird zum Lot hin gebrochen.

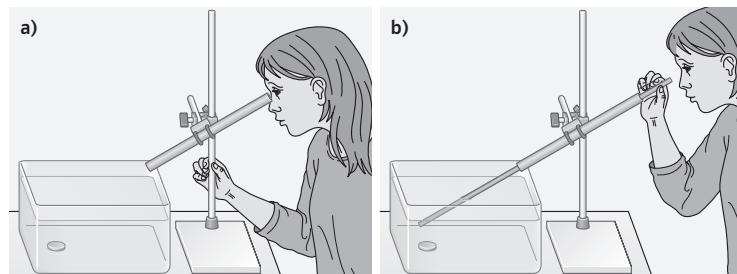


**V2** Die Lampe wird nach rechts unten gebracht. Licht gelangt ohne Richtungsänderung in den Halbrundglaskörper, da es senkrecht auf die gekrümmte Grenzfläche trifft. Erst beim Übergang von Glas in Luft erfolgt die Brechung.  
Der Brechungswinkel ist stets größer als der Einfallswinkel. Das Lichtbündel wird vom Lot weg gebrochen.

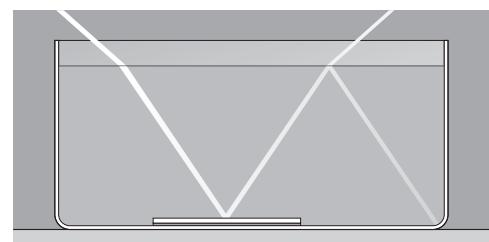


## Weitere Versuche

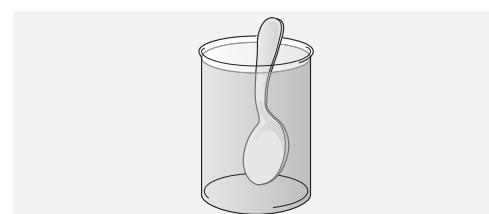
**V3** Auf dem Boden einer mit Wasser gefüllten Glaswanne liegt eine Münze. Durch ein Rohr kann man auf die Münze blicken. Schiebt man eine Stricknadel durch das Rohr, so trifft sie die Münze nicht. Ein Lichtbündel, das durch das Rohr geht, beleuchtet dagegen die Münze. Von der Seite sieht man einen Knick des Lichtbündels an der Wasseroberfläche. Der Versuch wird ohne Wasser in der Wanne wiederholt.



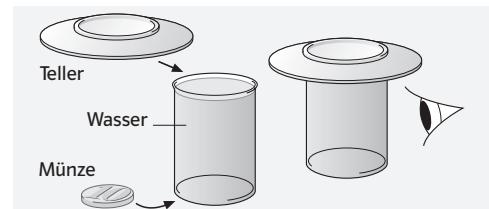
**V4** Lege einen Spiegel in eine leere Glaswanne und richte ein Lichtbündel schräg auf ihn. Gieße dann langsam leicht gefärbtes Wasser in die Wanne und beobachte den Lichtweg.



**V5** Füll ein Glas ganz mit Wasser, halte einen Löffel senkrecht hinein und blicke nun flach über den Rand des Glases. Der Löffel erscheint verkürzt.



**V6** Decke ein mit Wasser gefülltes Glas mit einem Teller zu und stelle es auf eine Münze. Blickt man von der Seite auf das Glas, so sieht man die Münze. Hebt man den Kopf und blickt schräg von oben durch das Glas, so ist sie verschwunden.



## Material

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:  
– Brechung des Lichts (op\_s1\_ab\_012)

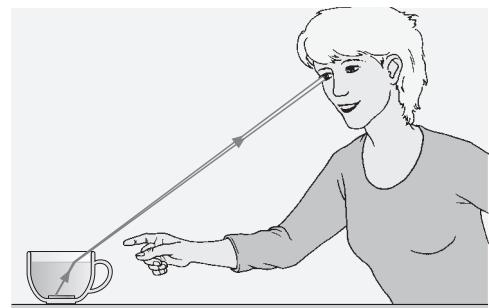
## Animationen/Simulationen:

- Brechung (op\_s1\_si\_009)
- Versuch zur Brechung (op\_s1\_si\_010)
- Heben einer Münze (op\_s1\_si\_013)

## Lösungen der Aufgaben

**A1** Vom Fisch ausgehende Lichtbündel werden an der Wasseroberfläche vom Lot weg gebrochen. Deshalb muss der Jäger unter die Stelle zielen, an der er den Fisch sieht. Wie weit hängt dabei von den jeweiligen Positionen von Fisch und Jäger zur Wasseroberfläche ab und erfordert viel Erfahrung.

**A2** ● Ist Wasser in der Tasse, gelangen von der Münze ausgehende Lichtbündel ins Auge, die man ohne Wasser nicht sehen würde, denn aus dem Wasser kommende Lichtbündel werden an der Grenzfläche vom Lot weg gebrochen. So kann man den Tassenboden auch ohne gerade Sichtverbindung sehen.



**A3** ● Beim Übergang Luft → Glas wird ein vom Stift kommendes Lichtbündel am Auftreffpunkt zum Lot hin gebrochen. Der Brechungswinkel  $\beta_1$  ist kleiner als der Einfallswinkel  $\alpha_1$ . Die Grenzfläche Glas → Luft erreicht das Licht wegen der parallelen Flächen unter dem Einfallswinkel  $\alpha_2 = \beta_1$ . Deshalb ist der Brechungswinkel  $\beta_2$  beim Verlassen des Glases vom Lot weg genauso groß wie der Winkel  $\alpha_1$ . Auch aus der Umkehrbarkeit des Lichtwegs ergibt sich  $\beta_2 = \alpha_1$ . Die Richtung des Lichtweges beim Austritt nach dem Passieren der Glasplatte ist somit die gleiche wie beim Eintritt – der Lichtbündel wird nur parallel verschoben und so erscheint uns auch das Stück des Stiftes hinter der Platte verschoben.

(S. 54)

**Methode Dokumentieren** **Das schreibe ich mir auf**

**Lernziele** SuS protokollieren ein Experiment mit Messungen.

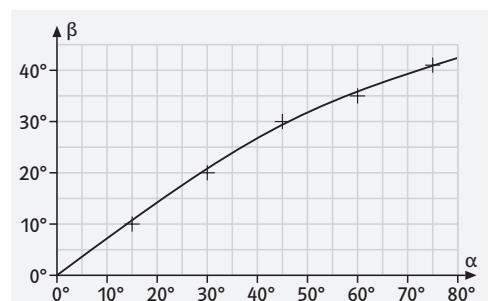
**Begriffe** Diagramm

**Hinweise/Kommentar** Das Anfertigen eines sachgerechten Protokolls gehört zu den grundlegenden prozessbezogenen Kompetenzen im Physikunterricht. Deswegen tauchen darauf bezogene Seiten im Buch mehrfach auf. Die Seite wiederholt die grundlegende Struktur eines Protokolls. Neu ist, dass im Experiment ein funktionaler Zusammenhang zwischen Messgrößen in den Blick genommen wird. Zuvor rein verbale Beschreibungen durch die „je – desto“ Formulierung werden hier durch Messwerte und deren Darstellung in einem Diagramm präzisiert. Die Interpretation der Messtabelle als Wertetabelle führt in die Mathematik. Es ist wichtig, sich über die dort verwendete Terminologie und Verfahrensweisen zu informieren und sie mit den Erfordernissen im Physikunterricht abzugleichen. Dazu gehört das Zeichnen eines Graphen bei streuenden Messpunkten. Auf den Begriff Ausgleichskurve wird hier zunächst noch verzichtet. Hier können die verschiedenen Darstellungsformen vorgestellt (Kurven-/Balkendiagramm) und die Maßstabsproblematik diskutiert werden.

#### Lösungen der Aufgaben

**A1** ● Man zeichnet ein rechtwinkliges Koordinatensystem und ordnet jeder Achse eine der Messgrößen zu. Man wählt die Einheiten auf beiden Achsen so, dass der größte Messwert noch erfasst wird und das gesamte Koordinatensystem in den verfügbaren Platz passt. Man deutet die Paare zusammengehöriger Messwerte als Punktkoordinaten und trägt die Messpunkte ins Koordinatensystem ein. Man zeichnet eine glatte Kurve (d.h. ohne Knick) durch die Menge der Messpunkte.

**A2** ● Man zeichnet parallel zu beiden Achsen „Ableselinien“ durch den Punkt, für den man Werte ermitteln will. Die Werte liest man in den Schnittpunkten der Linien mit den Koordinatenachsen ab. Vorhandene Gitterlinien im Koordinatensystem können die Ableselinien ersetzen.



**Lernziele** SuS erklären einen beobachteten Sachverhalt.

**Begriffe** Keine neuen

**Hinweise/Kommentar** „Erklären“ ist einer der häufigsten Operatoren bei der Formulierung physikalischer Aufgaben. An einem Beispiel wird der Ablauf „Erklärungsbedarf erkennen  $\Rightarrow$  Wissen aktivieren  $\Rightarrow$  Wissen verknüpfen  $\Rightarrow$  Ergebnis formulieren“ verdeutlicht und bewusst gemacht. Die gehobenen Teile lassen sich auch als Bilder deuten. Damit sind Beziehungen zum Spiegel möglich.

**Material** Animationen/Simulationen:

- Lichtbrechung im Wasser (op\_s1\_si\_011)
- Phänomene der Lichtbrechung (op\_s1\_si\_012)

**Lösungen der Aufgaben**

**A1**  Bei senkrechter Blickrichtung trifft das Licht, das vom Stift ausgehend das Auge erreicht, senkrecht auf die Grenzfläche Luft-Glas bzw. Glas-Luft. Es gibt deswegen keinen Knick im Lichtweg. Die gerade Sichtverbindung und der Lichtweg stimmen überein. Der Stift wird an dem Ort wahrgenommen, an dem er sich befindet.

**Lernziele** Die SuS untersuchen den Durchgang von Licht durch verschiedene Formen von Glaslinsen und formulieren auf der Grundlage ihrer Beobachtungen qualitative Aussagen über die Zusammenhänge zwischen Linsenformen und den Veränderungen des Lichtwegs. Dabei lernen sie die entsprechenden optischen Grundbegriffe kennen. Sie vermuten aufgrund ihrer physikalischen Vorkenntnisse, dass die Brechung des Lichts beim Passieren der Grenzflächen für die Auswirkungen auf den Lichtweg verantwortlich ist.

**Begriffe** Optische Linse, Sammellinse, Brennpunkt, optische Achse, Brennweite  $f$ , Zerstreuungslinse.

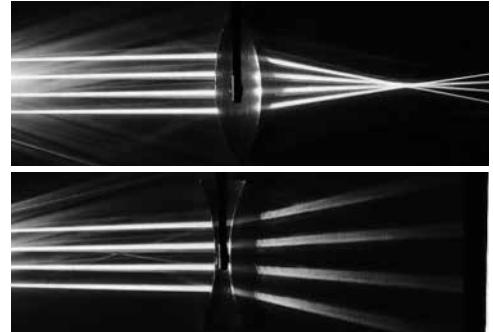
**Hinweise/Kommentar** Die meisten SuS wissen zwar, dass in Brillen und anderen optischen Geräten wie Ferngläsern und Beamern, aber auch in Handykameras optische Linsen enthalten sind, die wenigsten können aber ihre Funktion genauer beschreiben. Durch unmittelbare Erfahrungen im Unterricht können sie diese erschließen und durch die Anwendung von Vorkenntnissen die physikalischen Ursachen für das Bündeln/Zerstreuen von Licht benennen. Beim Experimentieren mit Sonne und Brennglas ist auf die Sicherheit zu achten.

**Einstieg** Veränderliche Lichtmuster am Boden eines Schwimmbeckens gehören zur Alltagserfahrung und motivieren dazu, sich genauer mit ihrer Entstehung zu beschäftigen. Dass Wellenbewegung und Brechung dabei eine Rolle spielen, vermuten die Schüler schnell. Dabei ist die Brechung des vom Boden reflektierten Lichts an der Oberfläche für das betrachtete Phänomen nicht entscheidend wichtig und braucht nicht genauer thematisiert zu werden.

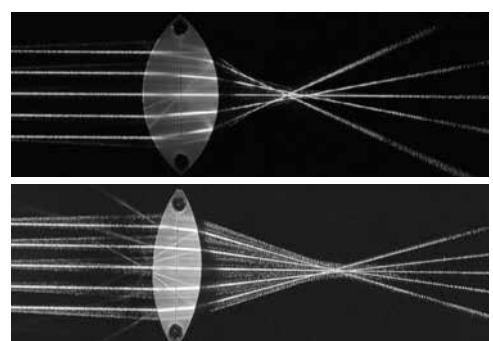


**Versuche im Schulbuch**

**V1** Mit Hilfe einer Optikleuchte werden mehrere parallele schmale Lichtbündel erzeugt. Wir lassen die Lichtbündel auf verschiedene geformte Glaslinsen treffen. Ist die Linse in der Mitte dicker als am Rand, wird das Licht hinter ihr gebündelt. Ist sie an den Rändern dicker als in der Mitte, laufen die Lichtbündel hinter ihr auseinander.

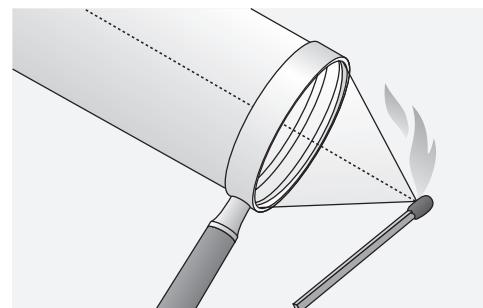


**V2** Wir wiederholen V1 mit verschiedenen dicken Sammellinsen. Der Brennpunkt einer dicken Sammellinse liegt näher hinter der Linse als der einer dünneren. Bei der dicken Linse verlaufen die Lichtbündel nicht genau durch einen Punkt.

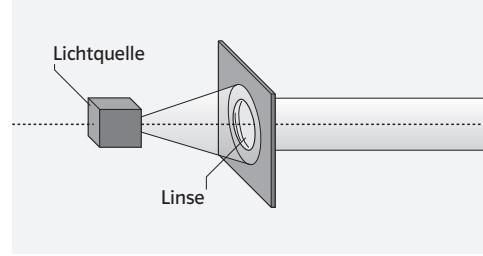
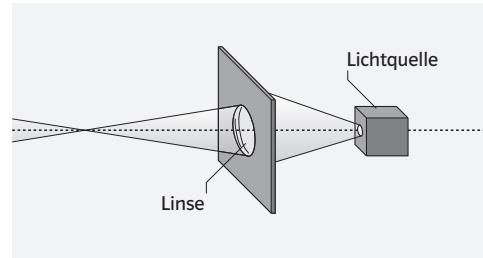
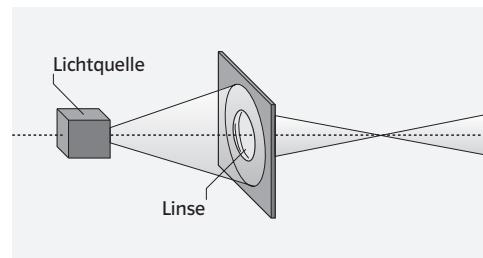


### Weitere Versuche

**V3** Sonnenlicht wird durch eine Linse auf ein Blatt Papier gelenkt. Der Lichtfleck zeigt bei unterschiedlichen Abständen zwischen Linse und Papier unterschiedliche Größen. In einem bestimmten Abstand zwischen Linse und Papier entsteht ein sehr kleiner, heller Fleck. Ein Streichholz lässt sich auf diese Weise leicht entzünden.



**V4** Die divergierenden Lichtstrahlen einer punktförmigen Lichtquelle werden von der Linse umgelenkt, sodass sie sich in einem Punkt auf der anderen Seite schneiden. Stellt man die Lichtquelle an diesen Punkt, so wird das Licht genau dort gesammelt, wo sich die Lichtquelle zuerst befand. Wird die Lichtquelle verschoben, so verschiebt sich auch die Lage des Schnittpunktes hinter der Linse. Bei einer bestimmten Entfernung der Lichtquelle von der Linse verläuft das Licht hinter der Linse parallel.



### Material

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:  
- Optische Linsen (op\_s1\_ab\_013)

Animationen/Simulationen  
- Strahlengang bei Linsen (op\_s1\_si\_014)

### Lösungen der Aufgaben

**A1**  a), d), e) Sammellinsen; b), c) Zerstreuungslinsen

**A2**  a), c), d) Sammellinsen, weil das Licht gebündelt wird; b) Zerstreuungslinse

**A3**  Die beiden Linsen der Brille auf der oberen Abbildung bündeln das Licht wie eine Lupe. Es handelt sich um Sammellinsen. Die Linsen der unteren Brille zerstreuen das Licht. Es sind Zerstreuungslinsen.

## 3.5 Abbildung durch Sammellinsen

**Lernziele** Die SuS untersuchen unter Anleitung die Abbildung durch eine Sammellinse und benennen die Eigenschaften von mit Sammellinsen erzeugter Bilder. Sie erkennen, dass die Brechung an den Grenzflächen für die Bildentstehung verantwortlich ist. Sie machen halbquantitative Aussagen über Zusammenhänge zwischen den dabei relevanten Größen. Beim Experimentieren in der Optik befolgen sie die vorgegebenen Sicherheitshinweise.

**Begriffe** Bildweite, Gegenstandsweite, seitenverkehrt, oben und unten vertauscht, vergrößertes/verkleinertes Bild

**Hinweise/Kommentar** Bei der Abbildung durch Sammellinsen soll in erster Linie Grundwissen vermittelt werden. Linsen-/Abbildungs-Gleichung und geometrische Bildkonstruktion mittels Parallel-, Mittelpunkt-, und Brennpunktstrahlen werden nicht behandelt. Interessierte können im Exkurs „Erzeugung scharfer Bilder mit Sammellinsen“ dazu Genaueres erfahren. Durch Vergleich mit dem Spiegelbild wie im Einstiegsszenario können die Eigenschaften „tatsächlich vorhandenes, mit einer Mattscheibe darstellbares“ (reelles) und „scheinbares, nicht darstellbares“ (virtuelles) Bild thematisiert werden, die als Begriffe aber nicht eingeführt werden sollen. Da es die SuS durchaus interessiert, wie ein Mikroskop aufgebaut ist, das sie schon im Biologie-Unterricht kennen gelernt haben, oder ein Fernrohr, empfiehlt es sich, dies entsprechend **V8** und **V9** zu demonstrieren, ohne auf die Bildentstehung genauer einzugehen. Dass beim Mikroskop mit dem Okular wie mit einer Lupe das vom Objektiv entworfene Zwischenbild betrachtet wird, wurde im Biologie-Unterricht vielleicht schon erwähnt. Auch beim Exkurs „Korrektur von Fehlsichtigkeit“ und beim Exkurs „Vergleich Auge-Fotoapparat“ ergeben sich Anknüpfungspunkte mit bekannten Inhalten aus der Biologie. Für einfache Schülerexperimente und an der Entstehung von Abbildungen Interessierte werden Experimentvorschläge und weitere Exkurse angeboten und empfohlen.

**Einstieg** Dieser einfache Einstiegsversuch kann im etwas abgedunkelten Klassenzimmer leicht gezeigt werden und führt sofort zu den wichtigen Eigenschaften eines von Sammellinsen erzeugten Bildes: es ist nur an einer Stelle hinter der Linse scharf, es ist seitenverkehrt und steht auf dem Kopf. Dies kann verglichen werden mit dem Spiegelbild, dessen Eigenschaften die SuS schon kennen und das hier durch Reflexion eines Teils des Lichts an der gekrümmten Linsenoberfläche entsteht und etwas verzerrt ist. Im Gegensatz zum Spiegelbild ist das durch eine Sammellinse entworfene Bild auch tatsächlich dort vorhanden, wo man es sieht.



### Versuche im Schulbuch

**V1** Mit einer Sammellinse erzeugen wir das Bild einer brennenden Kerze auf einem Schirm. Steht sie weit vor der Linse, entsteht ihr scharfes Bild stark verkleinert nah hinter der Linse. Verringern wir den Abstand, wird das Bild größer und entsteht weiter weg hinter der Linse.

Bei einem bestimmten Abstand ist das scharfe Bild gleich groß und genauso weit von der Linse entfernt wie die Kerze. Verkürzen wir den Abstand zur Linse weiter, entsteht ein vergrößertes Bild in größerer Entfernung hinter der Linse.

Bei zu geringem Abstand können wir nirgendwo mehr mit dem Schirm ein Bild der Kerze auffangen.



**V2** Mit einer Linse bilden wir einen hellen großen Gegenstand, z.B. das Fenster des Klassenraums, scharf auf einem Schirm ab. Wir decken die obere Hälfte der Linse mit einer Pappe ab.  
Das Bild des Gegenstands bleibt in seiner Größe unverändert. Es wird nur dunkler.

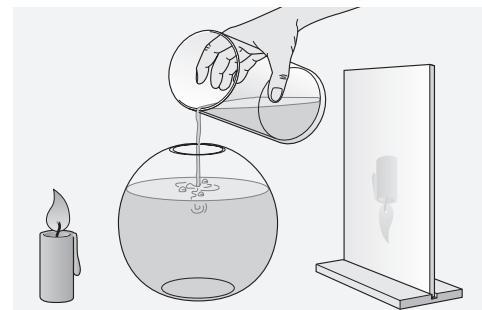
#### Weitere Versuche

**V3** Man stellt ein kugelförmiges Glasgefäß zwischen eine brennende Kerze und einen Schirm. Dann füllt man langsam Wasser in das Gefäß.

Auf dem Schirm wird ein Bild der Kerzenflamme immer deutlicher erkennbar. Wiederholt man den Versuch mit einer rechteckigen Glaswanne anstelle der Glaskugel, so erscheint kein Bild der Flamme auf dem Schirm.

Ob ein Bild entsteht, hängt sowohl von der Form des Gefäßes ab, als auch vom Stoff, mit dem das Gefäß gefüllt ist.

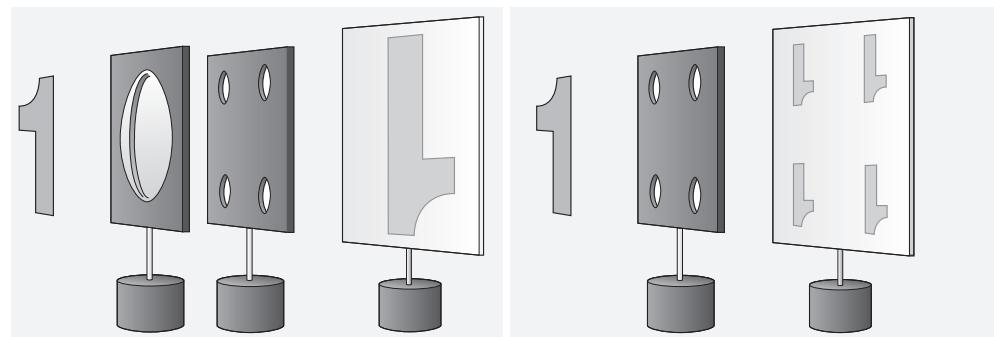
Bei der Kugel sind es die Kugelkappen, die die Wirkung der Linse hervorrufen. Der Mittelteil wirkt wie eine planparallele Platte und versetzt Lichtstrahlen nur parallel zueinander.



**V4** Vergleich: Lochkamera – Linsenabbildungen:

Mit einer Sammellinse wird ein Gegenstand deutlich auf einem Schirm abgebildet. Unmittelbar vor oder hinter der Linse wird eine Blende mit vier Öffnungen angebracht. Anschließend wird die Linse entfernt.

Statt einem sieht man jetzt vier Bilder.



**V5** Zylinderlinsen kehren je nach Ausrichtung nur die Seite oder das Aufrechte um. Symmetrische Buchstaben erscheinen daher nicht gedreht.

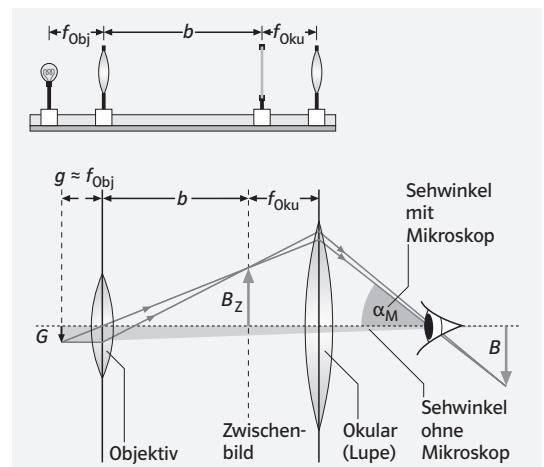
ICH KOCHE DIE NUDELN GAR

ICH KOCHE DIE NUDELN GAR

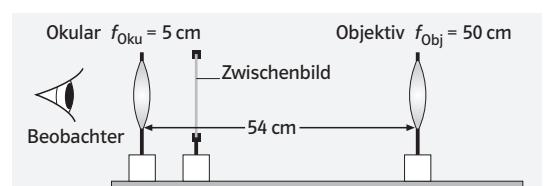
**V6** (Schülerversuch) Bilder mit Wassertropfen-Linsen erzeugen: Tauche dazu den Deckstreifen eines Schnellhefters schräg in Wasser, sodass beim Herausheben in einer Lochung ein Wassertropfen hängen bleibt. Betrachte von oben durch den Tropfen Buchstaben oder Gegenstände unterhalb von ihm. Beschreibe, wie das Bild im Vergleich zum Gegenstand aussieht. Schätze die Brennweite deiner Wasserlinse ab.

**V7** (Schülerversuch) Man hält eine Lupe (Klassensatz aus der Biologiesammlung) dicht vor das Auge und nähert sich einer farbigen Abbildung im Schülerbuch soweit, bis scharf zu sehen ist, dass das Bild aus einzelnen winzigen Farbpunkten zusammengesetzt ist.

**V8** Demonstrationsversuch Mikroskop:  
Auf einer optischen Bank wird ein Mikroskop aufgebaut. Als Objekt wird die Glühwendel einer kleinen Lampe genommen. Mit einer Sammellinse der Brennweite  $f_{\text{Obj}} = 5\text{ cm}$  wird ein reelles, deutlich vergrößertes Bild der Glühwendel auf einem durchscheinenden Schirm erzeugt. Es entsteht z.B. in  $b = 50\text{ cm}$  Entfernung von der Linse.  
Mit einer weiteren Sammellinse der Brennweite  $f_{\text{Oku}}$  als Lupe kann das Bild betrachtet werden. Dazu wird die Lupe so aufgestellt, dass sich das Bild der Glühwendel in ihrer Brennebene befindet. Das Bild bleibt erhalten, wenn der durchscheinende Schirm entfernt wird.  
Es wird dann noch klarer.



**V9** Demonstrationsversuch Fernrohr:  
Mit zwei Linsen wird ein Fernrohr gebaut ( $f_1 = 50\text{ cm}$ ,  $f_2 = 5\text{ cm}$  bzw.  $10\text{ cm}$ ). Mit diesem Fernrohr lassen sich einzelne Blätter an ca.  $100\text{ m}$  entfernten Bäumen beobachten.



**Material**  
Kopiervorlagen Arbeitsblätter:  
– Linsenabbildungen (op\_s1\_ab\_018)

Animationen/Simulationen:  
– Bildentstehung bei Sammellinsen (op\_s1\_si\_022)

### Lösungen der Aufgaben

**A1** Das Bild ist seitenverkehrt, oben und unten sind vertauscht. Der Wasserkörper im Glas ist so geformt, dass er wie eine Sammellinse wirkt. Vergleiche mit B3 im SB. (Die Brechung an den Glaswänden spielt für die Bildentstehung keine Rolle.) Das Bild entsteht auch ohne Mattscheibe im Raum schwebend, die Linse des Fotoapparats / unsere Augenlinse bildet es auf eine Schicht von Lichtsensoren bzw. auf die Netzhaut ab.

(S. 60)

### Exkurs Erzeugung scharfer Bilder mit Sammellinsen

**Lernziele** SuS führen einfache Experimente nach Anleitung durch und beschreiben die Ergebnisse sachgerecht.

**Begriffe** Bildweite, Gegenstandsweite, reelles Bild, virtuelles Bild, Lupe

**Hinweise/Kommentar** Eine geometrische Konstruktion der Bilder an Sammellinsen geht weit über die Anforderungen des Lehrplans hinaus und wird daher im Schulbuch nicht gezeigt. Der Exkurs geht aber über die rein qualitative Betrachtung in der Lerneinheit „Abbildung durch Sammellinsen“ hinaus und führt durch die gezeigten Experimente zu (halb)quantitativen Aussagen in der Form von „wenn...dann“- oder „je...desto“-Formulierungen.  
Durch Vergleich mit dem Spiegelbild können die Eigenschaften „tatsächlich vorhandenes, mit einer Mattscheibe darstellbares“ (reelles) und „scheinbares, nicht darstellbares“ (virtuelles) Bild thematisiert werden.

---

<b>Material</b>	Animationen/Simulationen: - Bildentstehung bei Sammellinsen (op_s1_si_022)
-----------------	---

<b>Lösungen der Aufgaben</b>	<p><b>A1</b> Man kann mit Blende und Linse Bilder erzeugen, die jeweils auf dem Kopf stehen und seitenverkehrt sind. Bei beiden besteht das Bild aus vielen kleinen Lichtflecken. Je kleiner die Blendenöffnung, umso kleiner, aber auch dunkler werden die Lichtflecke. Dadurch wird das ganze Bild schärfer und dunkler.</p> <p>Bei der Linse hängt die Größe der Lichtflecke (und damit die Bildschärfe) bei gegebener Brennweite und Gegenstandsweite von der Bildweite (Abstand Linse – Schirm) ab. Die Helligkeit ändert sich nicht.</p> <p>Die Bildgröße hängt bei der Blende sowohl vom Abstand Gegenstand – Blende als auch Blende – Schirm ab (es gibt aber keine feste Beziehung), bei der Linse (bei gegebener Brennweite) von der Gegenstandsweite (Abstand Gegenstand – Linse) bzw. dem Verhältnis von Gegenstandsweite und Bildweite.</p> <p>Weiterer Unterschied: Mit Blenden erhält man nur reelle Bilder, mit Linsen auch virtuelle.</p>
------------------------------	--

(S. 61) **Exkurs Vergleich Auge – Fotoapparat**

---

<b>Lernziele</b>	SuS wenden ihre Kenntnisse über die Bildentstehung an Sammellinsen im Kontext Fotoapparat und Auge an.
<b>Begriffe</b>	Bezeichnungen für die wichtigsten Teile am Fotoapparat und Auge, insbesondere Objektiv, Blende und Bildsensor beim Fotoapparat und Pupille, Augenlinse, Glaskörper und Netzhaut beim Auge
<b>Hinweise/Kommentar</b>	Um den Sehvorgang beim menschlichen Auge verstehen zu können, müssen die SuS den grundsätzlichen Aufbau des menschlichen Auges verstehen und die Funktionsweise der einzelnen Bestandteile des Auges kennen. Zur Erklärung des Auges eignet sich ein dreidimensionales Modell, welches in der Regel in der naturwissenschaftlichen Sammlung des Fachbereichs Biologie vorhanden ist. Als Anschauungsobjekt für eine Kamera kann eine alte analoge Kamera verwendet werden.

<b>Material</b>	Kopiervorlagen Lernzirkel: - Auge und Fotoapparat (op_s1_lz_008)
Animationen/Simulationen:	
- Das Auge (op_s1_si_023)	
- Strahlengang und Akkommodation (op_s1_si_026)	

**Lösungen der Aufgaben** **A1**

Fotoapparat	Auge
Linse	Augenlinse + vordere Augenkammer + Hornhaut
Blende	Iris + Pupille
Autofokus	Ringmuskel (+ Linse)
Sensor (Film)	Netzhaut
Speicher (entwickelter Film)	Gehirn

**Lernziele** SuS wenden ihre Kenntnisse über die Bildentstehung an Sammellinsen im Kontext Auge an, sie unterscheiden Sammel- und Zerstreuungslinsen und führen einfache Experimente nach Anleitung durch und beschreiben die Ergebnisse sachgerecht.

**Begriffe** Dioptrie, Kurzsichtigkeit, (Alters)Weitsichtigkeit

**Hinweise/Kommentar** Viele SuS haben die beschriebenen Fehlsichtigkeiten. Zur Vorbereitung können sie sich bereits im Vorfeld über ihre eigenen Sehfehler informieren. Durch einen einfachen Test (Brille in das Licht eines Tageslichtprojektors halten, vgl. Lerneinheit „Optische Linsen“) kann man schnell feststellen, ob in der eigenen Brille Sammellinsen oder Zerstreuungslinsen sind. Die Seite eignet sich insbesondere als Grundlage für ein Schülerreferat.

**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

– Sehfehler und Hilfsmittel (op\_s1\_ab\_019a: diff ↓, op\_s1\_ab\_019b: diff ↑)

Animationen/Simulationen:

– Fehlsichtigkeit (op\_s1\_si\_024)

#### **Lösungen der Aufgaben**

**A1** Brillengläser von Weitsichtigen sind Sammellinsen und können daher wie Brenngläser benutzt werden, die das Licht einer Taschenlampe bündeln, im Gegensatz zum Brillenglas eines Kurzsichtigen.

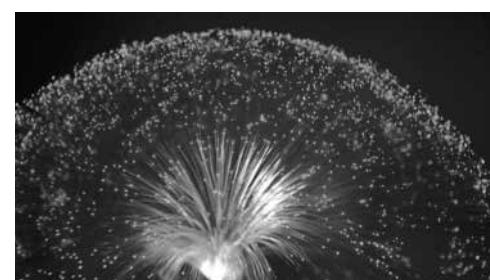
**Lernziele** Die SuS beobachten die Leitung von Licht in Glasfasern und vermuten aufgrund ihrer physikalischen Vorkenntnisse, dass ein spezieller Fall von Brechung und Reflexion an der Außenfläche des Lichtleiters dafür verantwortlich ist. Sie erkennen, unter welchen Bedingungen Totalreflexion eintritt.

**Begriffe** Totalreflexion, Grenzwinkel, Lichtleiter

**Hinweise/Kommentar** Begriffe wie „Glasfaserkabel“ oder „Lichtleiter“ sind vielen SuS wohl bekannt. Dass diese Lichtleitung aber mit Brechung und Reflexion zu erklären ist und sich Licht auch im gebogenen Lichtleitermaterial geradlinig ausbreitet, muss erarbeitet werden. Bei den Versuchen zur Brechung beim Übergang von optisch dichteren in optisch dünneren Stoffen konnten sie schon beobachten, dass an der Grenzfläche immer auch ein Teil des Lichts reflektiert wird. So wird für sie einsichtig, dass bei großen Eintrittswinkeln die Brechung verschwindet, weil der Austrittswinkel größer als 90° werden müsste und das auftreffende Licht nur noch reflektiert wird (Totalreflexion).

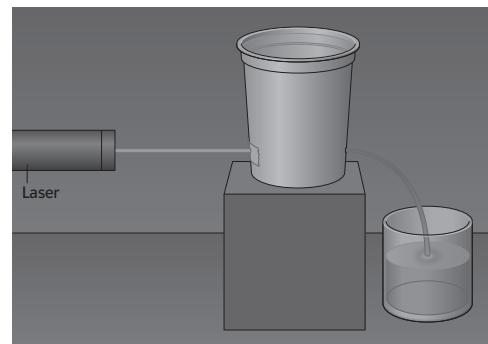
**Einstieg**

Lichtleitung in Fasern dekorativer Leuchtoobjekte und der Begriff „Glasfaserkabel“ sind vielen sicher schon bekannt und bilden einen brauchbaren Anknüpfungspunkt, sich physikalisch mit diesem Phänomen zu beschäftigen, um es verstehen zu können.

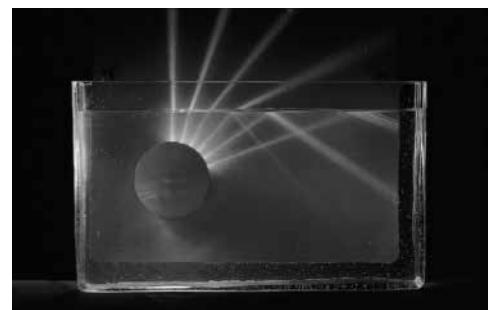


**Versuche**

**V1** Schmelze mit einer heißen Stricknadel zwei gegenüberliegende große Löcher in Bodennähe in einen Joghurtbecher. Verschließe ein Loch mit Klebestreifen von beiden Seiten. Füll den Becher mit Wasser, sodass das Wasser durch das offene Loch in ein Becken fließt. Richte das Lichtbündel eines Laserpointers durch den Klebestreifen auf das gegenüberliegende offene Loch. Im Auftreffpunkt des auslaufenden Wasserstrahls siehst du einen Leuchtfeuerfleck.

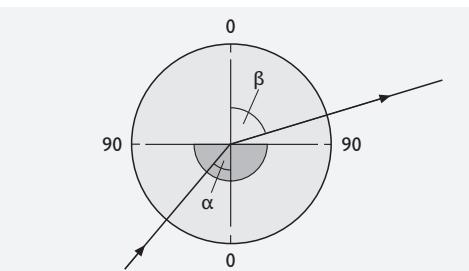


**V2** Aus einer Lampe mit schlitzförmigen Öffnungen treffen Lichtbündel unter verschiedenen Winkeln aus dem Wasser auf die Grenzfläche von Wasser zu Luft. Bei kleinen Einfallswinkeln wird ein Teil des Lichts an der Wasseroberfläche gebrochen und ein Teil wird reflektiert. Bei großen Einfallswinkeln tritt keine Brechung mehr auf, das Licht wird nur noch reflektiert.



**V3** Eine genaue Bestimmung des Grenzwinkels kann an der Hartel'schen Scheibe (Halbkreisglas) durchgeführt werden. Messwerte für Plexiglas:

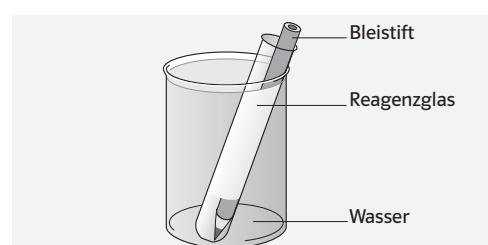
$\alpha$	10	20	30	40	42
$\beta$	15	31	48	73	90



**V4** Der Physiker J. Tyndall beobachtete, dass ein Wasserstrahl ein Lichtbündel „gefangen“ halten kann. Man vollzieht diesen Versuch nach. Dazu verschließt man einen durchsichtigen Schlauch mit durchsichtiger Folie und Sekundenkleber zunächst an einer Seite. Man füllt ihn dann mit Wasser und verschließt die andere Seite. Man lenke ein dünnes Lichtbündel aus einer starken Optikleuchte (ein Laser geht noch besser, dazu braucht man aber die Hilfe der Lehrkraft) auf die Stirnseite des Schlauchs. Es wird beobachtet, wo das meiste Licht austritt.



**V5** Ein Reagenzglas mit Bleistift wird in ein Becherglas mit Wasser gestellt. Je nach Blickrichtung und Neigung des Reagenzglases ist der Bleistift nicht zu erkennen. Gibt man Wasser in das Reagenzglas, so wird der Bleistift sichtbar.

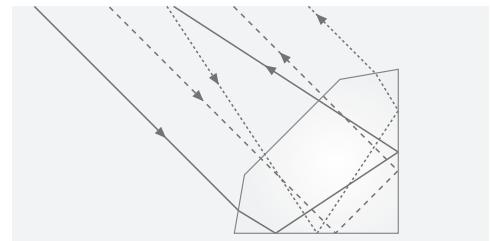


**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:  
- Totalreflexion (op\_s1\_ab\_014)

Animationen/Simulationen:  
- Totalreflexion (op\_s1\_si\_015)  
- Totalreflexion in einem Lichtleiter (op\_s1\_si\_016)  
- Versuch zur Totalreflexion (op\_s1\_si\_025)

**Lösungen der Aufgaben**

**A1** ○ Der Edelstein wird so geschliffen, dass das von oben einfallende Licht an den Innenseiten wie bei einem Umkehrprisma fast vollständig total reflektiert wird und nur nach oben wieder entweichen kann.



**A2** ☐ Der Eintrittswinkel eines Lichtbündels bleibt auch in einer stark gebogenen Glasfaser immer größer als der Grenzwinkel von ca.  $42^\circ$  für Glas-Luft (siehe auch B4 im SB). Für den Übergang Glas-Wasser beträgt der Grenzwinkel  $62^\circ$ , ist also deutlich größer. Bei starker Biegung des Glaslichtleiters kann der Eintrittswinkel kleiner als der Grenzwinkel werden und ein Teil des Lichtbündels wird ins Wasser gebrochen.

## (S. 64) 3.6 Licht und Farbe

**Lernziele** Die SuS können erklären, wie das kontinuierliche Spektrum des Sonnenlichts durch unterschiedlich starke Brechung des Lichts an Grenzflächen (Luft-Wasser bzw. Luft-Glas) entsteht. Sie lernen anhand ausgewählter Beispiele auch Linien- und Bandenspektren kennen. Durch einfache Experimente erkennen die SuS, dass Spektralfarben nicht weiter zerlegt werden können und sich die Farben eines Spektrums wieder zu weißem Licht vereinigen lassen.

**Begriffe** Brechung, Spektrum (kontinuierliches Spektrum, Bänder, Linien), Spektralfarbe

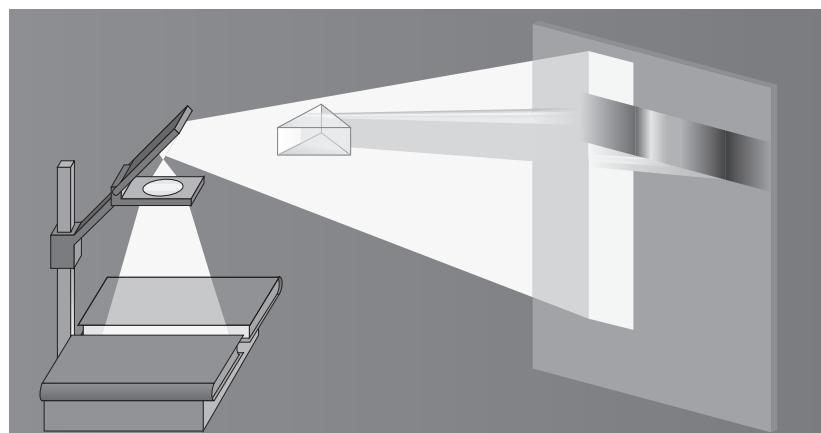
**Hinweise/Kommentar** Als einführende Beispiele werden auf Brechung beruhende Spektren (Regenbogen, Prismenspektren) gezeigt und deren Entstehung erklärt. Auch Spektren welche durch Interferenz entstehen (CD, DVD, Seifenblasen) werden erwähnt, da diese den Schülern aus dem Alltag gut bekannt sind. Auf eine Erklärung der Interferenzerscheinung muss hier wegen der fehlenden Vorkenntnisse verzichtet werden. Für das Zeigen und Betrachten von Spektren – insbesondere auch von Linienspektren – sind Gitterspektrographen oft besser geeignet als Prismen.

**Einstieg** Durch den Vergleich des Rasensprengerbildes mit einem Regenbogen kann gut nachvollziehbar die Bedeutung der Wassertropfen für die Entstehung des Spektrums erarbeitet werden. Anschließend kann das Vorwissen der Schüler zur Brechung aus den vorausgehenden Kapiteln genutzt werden. (Zur ausführlichen Erklärung des Phänomens: siehe Animation „Entstehung des Regenbogens“)

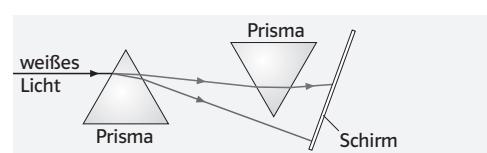


### Versuche im Schulbuch

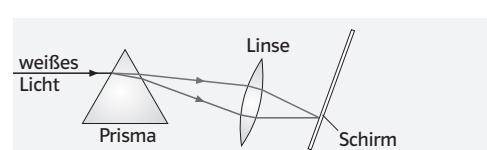
**V1** In einem abgedunkelten Raum trifft das Licht einer Glühlampe (z. B. der Lampe eines Tageslichtprojektors) durch einen schmalen Spalt auf ein Prisma. Auf dem Schirm erkennen wir ein aus dem schmalen Lichtbündel entstandenes Farbband aus den Farben des Regenbogens.



**V2** Halten wir ein zweites Prisma dicht vor der Wand in das Licht einer Farbe, so wird das Licht abgelenkt, es entsteht aber keine neue Farbe.



**V3** Eine Sammellinse zwischen Wand und Prisma lenkt alles Licht zu einem Fleck zusammen. Der Fleck ist weiß wie das Licht vor dem Prisma.



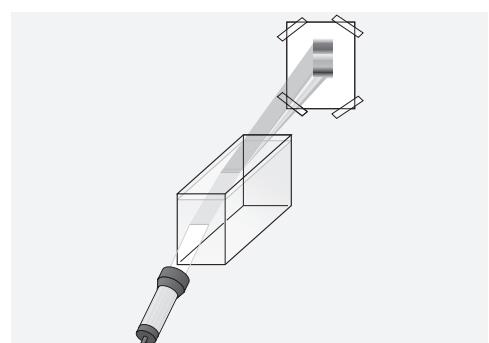
**V4** Wir wiederholen V1 mit einer Natriumdampflampe und einer Quecksilberdampflampe.  
Man erhält kein Farbband, sondern einzelne farbige Linien.



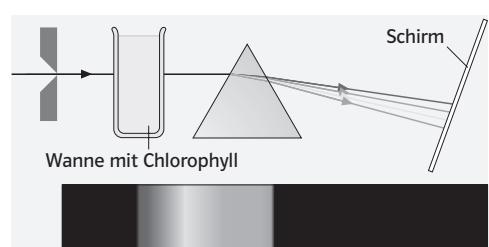
Quecksilberdampflampe

#### Weitere Versuche

**V5** Ein schmales Bündel weißen Lichtes wird in einer ganz mit Wasser gefüllten Wanne zweimal gebrochen und in seine Spektralfarben zerlegt.  
Der Versuch wird mit rotem und blauem Licht wiederholt: Man beobachtet wieder die zweifache Brechung, aber es erscheinen keine weiteren Farben. Das blaue Licht wird stärker gebrochen als das rote.

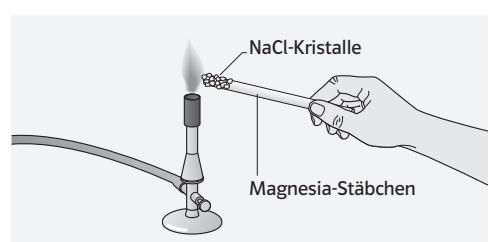


**V6** Zwischen Spalt und Prisma befindet sich in einem Glasegefäß Wasser mit Chlorophyll. Ein von einem hellen Spalt kommendes Lichtbündel durchdringt das Gefäß und trifft auf ein Prisma. Auf dem Schirm erscheint ein durch das Chlorophyll verändertes Spektrum.

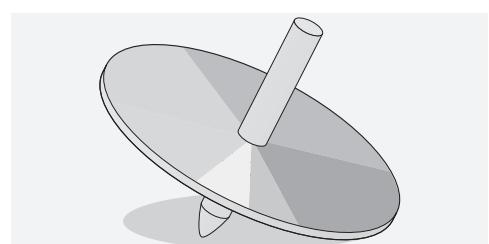


**Abwandlung:** Fast ohne Vorbereitung gelingt der Versuch auf dem Tageslichtprojektor: Spalt durch 2 Pappen auf Schreibfläche, darauf Petrischale mit Lösung.

**V7** **a)** Hält man Kochsalz in eine Flamme, so erscheint die gleiche Farbe wie beim Natrium-Licht.  
**b)** Das Licht der Flamme wird mit dem Taschenspektroskop beobachtet.



**V8** Ein Kreisel wird mit den Farben des Regenbogens bemalt. Bei schneller Drehung verschwinden die Farben. Dieser Versuch eignet sich auch als Bastelaufgabe für zu Hause.



**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:  
– Farben (op\_s1\_ab\_015)

Animationen/Simulationen  
– Spektralzerlegung am Prisma (op\_s1\_si\_017)  
– Entstehung des Regenbogens (op\_s1\_si\_018)

**A2**  Man blendet aus dem kontinuierlichen Spektrum einer Glühlampe oder aus dem Linienspektrum einer geeigneten Lichtquelle den gelben Anteil heraus.

Weitere Möglichkeiten – teilweise im Vorgriff auf das folgende Kapitel:

- Farbfilter (subtraktive Farbmischung)
- Additive Farbmischung von Rot und Grün.
- Verwendung einer geeigneten LED, einer Halogenlampe bzw. eines gelben-Lasers (etwa DPSS-Laser)

**A3**  rot, orange, gelb, grün, blau, violett

Fehlende Farben: z.B. braun, cyan, magenta

Weiß ist ein Gemisch aller Spektralfarben.

Schwarz ist das Fehlen von Licht.

**A4**  Bei Glühlampen muss zur Erzielung einer einfarbigen Farbcharakteristik ein großer Teil des Spektrums absorbiert bzw. ausgeblendet werden.

## 3.7 Farbaddition und Farbsubtraktion

**Lernziele** Die SuS gewinnen einen Einblick in die additive und subtraktive Farbmischung und kennen die Farbanordnung am einfachen Farbkreis. Anhand des Farbkreises können sie Komplementärfarben zuordnen und die additive Farbmischung mit den Grundfarben Rot, Grün und Blau erklären.

**Begriffe** additive Farbmischung, subtraktive Farbmischung, Komplementärfarben, Farbkreis

**Hinweise/Kommentar** In der Netzhaut des Auges gibt es zwei unterschiedliche Empfänger für Lichtsignale: Stäbchen und Zapfen. Während die sehr lichtempfindlichen Stäbchen für die Helligkeit zuständig sind, ermöglichen die Zapfen das Farbsehen. Es gibt Zapfen für drei Farben (Rot, Grün und Blau), aus denen dann im Gehirn durch additive Mischung die verschiedenen Farben wahrgenommen werden. Wir gehen deshalb im Folgenden von den drei Grundfarben Rot (rt), Grün (gr) und Blau (bl) sowie den Farben Gelb (ge), Magenta (mg) und Cyan (cy) aus, die wir in einem einfachen Farbkreis anordnen (B1 im SB). Farben können nun additiv gemischt werden, indem man drei Lichtquellen mit den Farben Rot, Grün und Blau geeignet überlagert. Für den einfachen Farbkreis sollen alle drei Lichtquellen gleich hell sein (d.h. gleiche Intensität haben). Dann gelten folgende Regeln:

- (1) Die additive Mischung aller drei Farben ergibt weiß:  $rt + bl + gr = we$  ( $we$  = weiß)
- (2) Die zwischen zwei Farben liegende Farbe erhält man durch Addition der beiden Farben.
- (3) Gegenüberliegende Farben heißen Komplementärfarben, d.h. ihre additive Mischung ergibt weiß.

Entsprechendes gilt für die Subtraktion von Farben:

- (1) Die subtraktive Mischung aller drei Farben ergibt Schwarz:  $ge - mg - cy = sw$  ( $sw$  = Schwarz)
- (2) Die zwischen zwei Farben liegende Farbe erhält man durch Subtraktion der beiden Farben.
- (3) Gegenüberliegende Farben heißen Komplementärfarben, d.h. ihre subtraktive Mischung ergibt Schwarz.

Mit der unter Material (s.u.) aufgeführten Farbarithmetik lassen sich additive und subtraktive Mischfarben auf einfache Weise „berechnen“.

**Einstieg** Anmerkungen zum Bild: Bei konventionellen Scheinwerfern gibt es neben den additiven Grundfarben Rot, Grün und Blau auch Farbfilter in allen erdenklichen Farbvariationen. Neben den Grundfarben Rot, Grün und Blau wird sehr häufig Gelb wegen seiner hohen Lichtausbeute verwendet. (Auf dem Bild sind gelbe Scheinwerfer gut zu erkennen.)

In der sich immer mehr durchsetzenden LED-Technik für Bühnenbeleuchtung wird das Licht von roten, grünen und blauen LEDs additiv (sog. RGB-Farbraum) gemischt.



### Versuche im Schulbuch

**V1** Mit Farbfiltern vor drei Lichtquellen erzeugen wir rotes, grünes und blaues Licht. Die drei Lichtbündel richten wir so auf einen weißen Schirm, dass sie sich teilweise überlappen (siehe obere Abbildung).

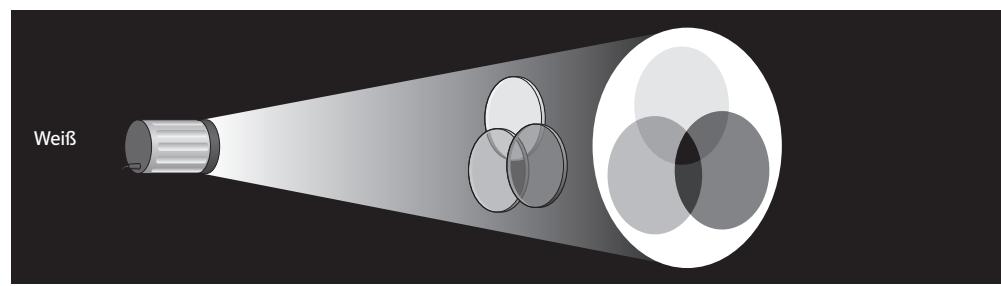
Das rote und das grüne Licht ergeben gelbes Licht, während das blaue und das grüne Licht cyanfarbenes (blaugrünes) Licht erzeugen. Das blaue und das rote Licht ergeben Magenta (Purpur). Alle drei Farben ergeben in der Mitte zusammen weißes Licht!

**Hinweis:** Auch bei einem abgestimmten Filtersatz sollten drei gleichartige Lichtquellen verwendet werden (Tageslichtprojektor).

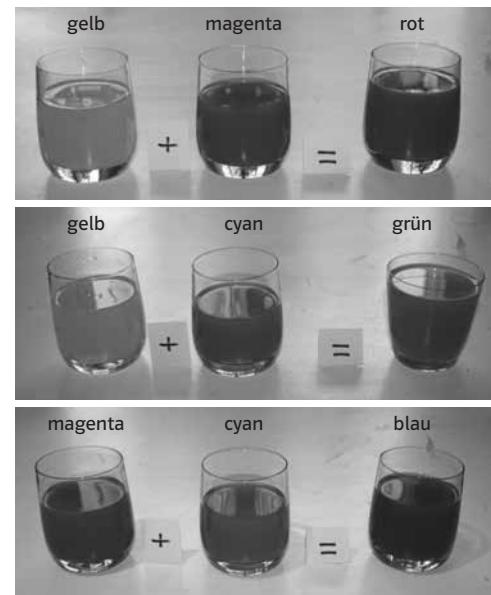


**V2** Wir halten ein Gelbfilter und ein cyanfarbenes Filter in ein weißes Lichtbündel. An der Wand sehen wir einen grünen Farbfleck. Nehmen wir noch ein magentafarbenes Filter hinzu, gelangt kein Licht mehr zur Wand. Verschieben wir die Filter etwas gegeneinander, so können wir Farbkombinationen beobachten, wie sie in der Abbildung unten zu sehen sind.

**Hinweis:** Zur Durchführung des Versuchs ist ein Tageslichtprojektor gut geeignet.

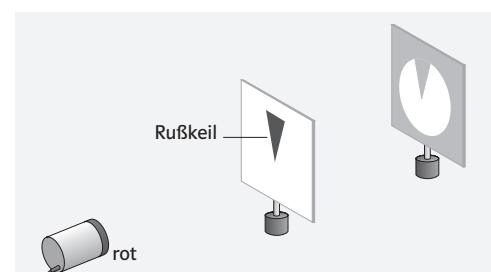


**V3** Wir füllen drei Gläser mit Wasser. Das Wasser wird mit Wasserfarben Gelb, Magenta und Cyan gefärbt. Jeweils zwei Gläser gießen wir zusammen. Bei der Mischung von Gelb und Magenta erhalten wir rotes Wasser. Mischen wir Gelb und Cyan, ergibt sich Grün. Magenta und Cyan ergibt Blau.



#### Weitere Versuche

**V4** Wird rotes Licht mit einem Rußkeil (Rußfleck variabler Dichte) abgedunkelt, so hat man das Empfinden, dass sich der rote Lichtpunkt auf dem Schirm leicht bräunlich färbt. Nicht alle bekannten Farben sind im Farbenkreis enthalten. Braun z. B. ist die Abdunklung von Rot durch schwarze, nicht reflektierende Punkte.



**V5** Die Farbrasterung auf einem Monitor lässt sich mit Hilfe einer Lupe gut beobachten. (Tipp: Dies funktioniert auch mit Wassertropfen auf einen Tablet- bzw. Smartphone-Bildschirm) Der Versuch sollte mit den Betrachtungen von Bildern in Zeitschriften und Zeitungen wiederholt werden:

Beide Prinzipien (Addition und Subtraktion) sind hier zu entdecken.

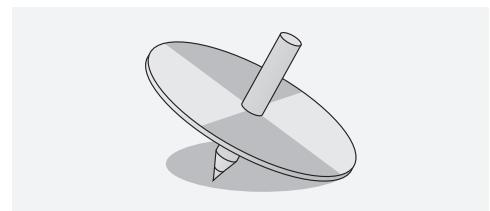
Dunkle Farben (z. B. Braun) erzeugt man beim Monitor ebenfalls durch additive Farbmischung aus Lichtpunkten geringerer Helligkeit.

Der Versuch ist auch als Heimversuch geeignet.

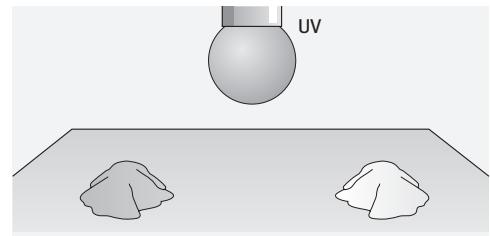
**V6** Ein großes Farbbild (z. B. ein Kalenderblatt) wird im Physikraum abwechselnd mit dem Licht einer Natriumdampflampe und einer Quecksilberdampflampe mit Grünfilter beleuchtet. Anschließend wird der Versuch mit dem Tageslicht wiederholt: Die Farben des Bildes hängen von der Farbe des eingestrahlten Lichtes ab.

**V7** Eine kleine Scheibe aus Pappe wird je zur Hälfte mit blauer und mit gelber Farbe aus dem Wasserfarbenkasten bemalt. Dann wird die Scheibe in der Mitte auf einen kurzen, spitzen Bleistift aufgespießt und als Kreisel gedreht (oder an zwei Fäden gedreht).

Der Versuch wird mit einer rot/grünen Scheibe (oder anderen Farbkombinationen) wiederholt. Wird je ein Drittel rot, gelb und blau angemalt, entsteht eine hellgraue bis weiße Färbung. Die Mischfarben erklären sich durch Farbaddition.



**V8** Die UV-Lampe entlarvt optische Aufheller, die das unsichtbare UV-Licht in sichtbares blaues Licht umwandeln. Dieser Effekt wird bei Waschmitteln ausgenutzt. Da Wäsche mit der Zeit gelblich wird, auch wenn sie sauber ist, führt die Farbaddition des gelben Lichts der Wäsche mit dem blauen Licht des optischen Aufhellers zu einem „strahlenden Weiß“.



**Material** Kopiervorlagen Lernzirkel:

- Farben werden gemischt (op\_s1\_lz\_003)
- Infoblatt zur Farbarithmetik (op\_s1\_ib\_001)

Animationen/Simulationen

- Farben mischen (op\_s1\_si\_019)

**Lösungen der Aufgaben**

- A1**  a) gelb  b) magenta  c) cyan

- A2**  rotes Licht

- A3**  Künstliche Lichtquellen besitzen mitunter ein vom Sonnenlicht deutlich abweichendes Spektrum. Wie in der Beispielaufgabe am Blumenstrauß illustriert, kann sich daraus ein anderer Farbeindruck ergeben.

<b>Lernziele</b>	SuS führen einfache Konstruktionen und Experimente nach schriftlicher Anleitung durch. Sie konstruieren mit Hilfe eines Geodreiecks Lichtwege bei Reflexion an ebenen Spiegeln. Sie erkennen, dass senkrecht zueinander stehende Spiegel Licht in die Einfallrichtung zurückwerfen.
<b>Begriffe</b>	Lichtweg, Reflexionsgesetz, einfallendes/reflektiertes Lichtbündel, Einfallslot, Einfallswinkel, Reflexionswinkel
<b>Hinweise/Kommentar</b>	Die Seite kann selbstständig von den Schülern bearbeitet werden.
<b>Material</b>	-

<b>Lernziele</b>	SuS verwenden Modelle zur Beschreibung und Erklärung von physikalischen Phänomenen. Sie erkennen Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen verschiedenen physikalischen Themengebieten.
<b>Begriffe</b>	Analogie, Modell, Sender-Empfänger-Modell
<b>Hinweise/Kommentar</b>	Analogiebetrachtungen sind ein wichtiges Werkzeug in der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, indem z. B. vorhandene Modelle von einem physikalischen Themengebiet auf ein anderes übertragen werden. Die bei den Themen Schall und Licht letztlich zugrunde liegende Wellenvorstellung kann natürlich noch nicht vertieft angesprochen werden. Dennoch können die SuS auch ohne die explizite Kenntnis der Wellenvorstellung Gemeinsamkeiten zwischen den Themengebieten leicht erkennen und so Vertrauen in das Verfahren „Analogiebetrachtung“ gewinnen. Wichtig dabei ist aber, dass auch die Grenzen der Analogiebetrachtung angesprochen werden (vgl. A3).

**Lösungen der Aufgaben**

- A1** ○ a) Sender in der Optik: Sonne, Kerze, Glühlampe, LED ... Empfänger in der Optik: Auge, Bildsensor einer Kamera, Solarzelle, Blätter von Pflanzen ...  
 b) Sender in der Akustik: Kehlkopf, Flügelschlag bei Bienen, Blitz, Lautsprecher ... Empfänger in der Akustik: Ohr, Mikrofon und überhaupt jeder Gegenstand, der in Schwingung versetzt werden kann (z. B. der Bauch bei tiefen Basstönen).

- A2** ○ Schall benötigt einen Träger, Licht nicht. Zum Sehen ist eine gerade Sichtverbindung notwendig, Schall ist auch „um die Ecke“ zu hören.

- A3** ● Beim Schall wird mechanisch die Schwingung eines Teilchens in Ausbreitungsrichtung auf das nächste Teilchen übertragen. (Dies gilt auch für die Energie.) Da Lichtwellen keine Materie als Träger bzw. Übermittler der Welle (und ihrer Energie) benötigen, kann der Auslöser bzw. Erreger der Lichtwelle nicht mechanischer Natur sein. Es kann auch keine Aussage über die Schwingungsrichtung (quer oder längs zur Ausbreitungsrichtung) getroffen werden.

**Fachwissen**

wahr: 2, 4, 5  
falsch: 1, 3, 6

**Kommunikation**

LINSE, SPEKTRUM, BILD, BRECHUNG, GRENZWINKEL, BRENNPUNKT, LOT

Lösungswort: SPIEGEL

**Erkenntnisgewinnung**

- 1: b) c) d)
- 2: a)
- 3: b) c) d) e) f)
- 4: d) (Im Prinzip müsste dies auch bei b) und c) erkennbar sein, durch die vielen Lichtquellen werden aber die reflektierten Lichtbündel an diesen Stellen überstrahlt.)
- 5: e) f)
- 6: Keins der Lichtbündel. Diese Aussage kann nicht aus dem Experimentfoto geschlossen werden.

**Bewertung**

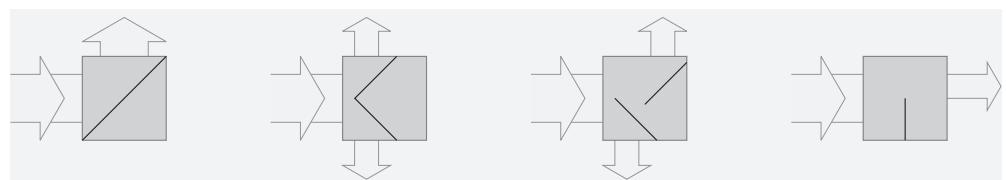
Aufgabe erfüllbar mit allen Geräten außer mit 3: offenes Glasrohr

- geringer Aufwand bei 1, 2, 5
- mittlerer Aufwand bei 4 (Wasser einfüllen und Enden mit Klarsichtfolie dicht verschließen)
- großer Aufwand bei 6 und 7 (Die erste Linsen so positionieren, dass das Lichtbündel nahe des Linsenrandes auf die Linse trifft und damit größte Ablenkung erfährt. Die nächste Linse drehen, sodass ihre optische Achse parallel zum einfallenden Lichtbündel steht und wieder so positionieren, dass das Lichtbündel nahe des Linsenrandes auftrifft. Weitere Linsen in den Lichtweg bringen, bis der Lichtweg insgesamt um 90° verändert wurde.)

**A1** ○ Vom Papier wird das Licht in alle Richtungen ungerichtet reflektiert (ungerichtete Reflexion). Man kann es aus allen Richtungen gleich hell sehen. Der Spiegel reflektiert das Licht vollständig in eine bestimmte Richtung (gerichtete Reflexion). Nur in dieser Richtung leuchtet die Spiegeloberfläche hell auf.

**A2** ○ Das Licht soll beim Betrachten der Filme nach allen Seiten reflektiert werden. Beim Spiegel gibt es nur eine gerichtete Reflexion. Damit würde nur ein schmales Lichtbündel in das Auge des Zuschauers fallen. Außerdem wäre damit nur ein sehr kleiner Filmausschnitt wahrnehmbar.

**A3** ●



**A4**  Siehe Zeichnung

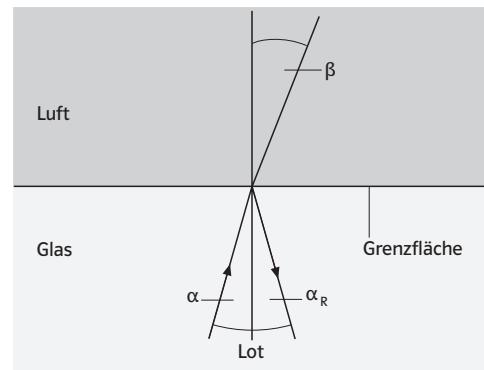
A	K	I	O
<hr/>			
A	K	N	O

A	A
K	K
N	I
O	O

**A5**  a) Nach links. **b)** Nach vorne (d.h. vom Spiegel weg). **c)** Entgegengesetzt im Kreis.

**A6**  a) und b) siehe Abbildung

c) Wird der Einfallswinkel im Glas vergrößert, so vergrößert sich auch (im gleichen Maß) der Reflexionswinkel (im Glas) und der Brechungswinkel (in der Luft), bis bei Erreichen des Grenzwinkels Totalreflexion eintritt.



**A7**  a) Brechung beim Übergang Luft – Glas und wiederum beim Übergang Glas – Luft.

b) Das Licht von der Nadel mit dem roten Kopf wird beim Eintritt in das Prisma und beim Austritt aus dem Prisma gebrochen (siehe a). Bei richtiger Positionierung der Nadeln nimmt daher ein Betrachter (das Gehirn geht von einem geraden Lichtweg aus) das untere Ende der roten Nadel genau an der Stelle der grünen Nadel wahr.

**A8**  Achsennahe Lichtstrahlen, die parallel zur optischen Achse verlaufen und auf eine Sammellinse treffen, werden von ihr in einen Punkt F auf der optischen Achse gelenkt (Brennpunkt).

**A9**  Das Bild wird dunkler, da nur noch Licht von dem äußeren Rand der Linse zur Bildentstehung beiträgt. Bei dicken Linsen wird das Bild unschärfer, weil Lichtbündel, die weiter von der optischen Achse entfernt sind, anders gebrochen werden.

**A10**  Man kann mit Blende und Linse Bilder erzeugen, die jeweils auf dem Kopf stehen und seitenvorkehrt sind. Bei beiden besteht das Bild aus vielen kleinen Lichtflecken. Je kleiner die Blendenöffnung, umso kleiner, aber auch dunkler werden die Lichtflecke. Dadurch wird das ganze Bild schärfer und dunkler. Bei der Linse hängt die Größe der Lichtflecke (und damit die Bildschärfe) bei gegebener Brennweite und Gegenstandsweite von der Bildweite (Abstand Linse – Schirm) ab. Die Helligkeit ändert sich nicht. Die Bildgröße hängt bei der Blende sowohl vom Abstand Gegenstand – Blende als auch Blende – Schirm ab (es gibt aber keine feste Beziehung), bei der Linse (bei gegebener Brennweite) von der Gegenstandsweite (Abstand Gegenstand – Linse) bzw. dem Verhältnis von Gegenstandsweite und Bildweite. Weiterer Unterschied: Mit Blenden erhält man nur reelle Bilder, mit Linsen auch virtuelle.

**A11**  Die Lupe ist eine Sammellinse mit kleiner Brennweite, die man zum vergrößerten Betrachten eines Gegenstandes benutzt. Dazu hält man die Lupe so nahe an den Gegenstand, dass dieser innerhalb der doppelten Brennweite der Lupe liegt.

Hinweise: Die Luppenwirkung entsteht im Prinzip dadurch, dass man den Gegenstand näher ans Auge bringen kann. Der Sehwinkel wird vergrößert. Die Vergrößerung berechnet man durch den Quotienten aus der deutlichen Sehweite 25 cm und der Brennweite der Lupe.

---

**A12** **a)** Je nach Farnton des roten Papiers sieht man den roten Bereich allein oder einschließlich der benachbarten Zonen. Die anderen Farben werden absorbiert (Farbsubtraktion), das Papier erscheint in ihrem Bereich rot.

**b)** Die grüne Folie wirkt wie ein Farbfilter (Farbsubtraktion); je nach Grünton sieht man den grünen Spektralbereich allein oder einschließlich benachbarter Zonen (die anderen erscheinen grau/schwarz).

**A13** **a)** Die Bluse reflektiert weiß, da grünes und rotes Licht sich zu weißem Licht addieren. Handelt es sich jedoch nicht um die reinen Komplementärfarben, so erscheint die Bluse gelb.

**b)** Der Schatten vom roten Scheinwerfer ist grün und der Schatten vom grünen Scheinwerfer ist rot, da in diesen Bereich jeweils nur das grüne bzw. das rote Licht gelangen.



# 4 Energie



## Kommentar

Der Energiebegriff begegnet SuS meist in der idealisierten Form eines Erhaltungssatzes. Andererseits ist die Energie im Alltag noch häufig mit Wertungen verbunden; sie wird als teuer, wertvoll, frei verfügbar oder knapp bezeichnet. Eine Diskussion über die Möglichkeiten zur Versorgung mit Energie, in die auch der Aspekt der Energieentwertung einbezogen wird, kann die Zusammenhänge verdeutlichen. Die Überschreitung der Fachgrenzen kann gut am Beispiel des Umgangs mit Energie im Alltag und der gesellschaftlichen Einstellung dazu erörtert werden.

Da das Thema Energie alle anderen Themengebiete berührt, werden die Inhalte an anderen Stellen des Buches immer wieder aufgegriffen.

## Lösung der Einstiegsfrage

Helle Gebiete sind Ballungsräume, Industriezentren und Großstädte mit ihrer „konzentrierten“ nächtlichen Beleuchtung. Erleuchtet sind auch touristisch geprägte Küstenstreifen und sog. „Offshore“-Anlagen in der offenen See (Bohrinseln usw.). Umgekehrt bedeutet „weniger beleuchtet“, dass dort nur wenige Menschen wohnen und/oder dass dort der Wohlstand geringer ist.

## (S.74) 4.1 Energie im Alltag

**Lernziele** SuS beschreiben Vorgänge aus dem Alltag mit Hilfe der Vorstellung der Energieübertragung.

**Begriffe** Energie, Energietransport/-übertragung, Energieübertragungskette, Energieträger (bzw. -quelle)

**Hinweise/Kommentar** Der Energiebegriff wird zunächst an Hand von Erwärmungsprozessen eingeführt und zum Schluss auf weitere Prozesse (erleuchten, bewegen, hochheben, ...) erweitert. Bei der Einführung des Energiebegriffs sollte man unbedingt darauf achten, zur Erwärmung nicht nur Brennstoffe zu benutzen, da ansonsten bei den SuS der Eindruck entstehen könnte, Energie sei etwas Stoffliches. Am Beispiel des heißen Gesteins im Lehrtext wird deutlich, dass nicht nur das Erwärmen, sondern auch das Abkühlen mit Energietransport zu tun hat.

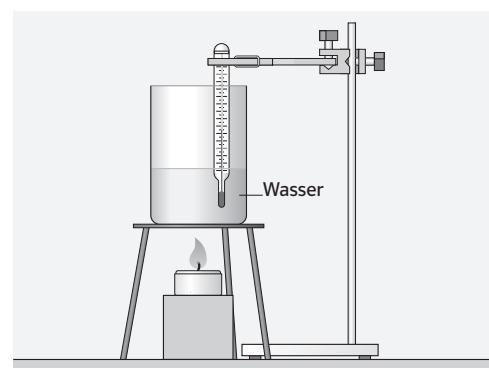
**Einstieg** Mit Temperaturänderung verbundene Energietransportprozesse tauchen im unmittelbaren Erfahrungsbereich der SuS in vielfältiger Weise auf. Das einfache Beispiel des Lagerfeuers zeigt die Bedeutung der Energie für unser Leben (Zubereitung von Speisen, Schutz vor Erfrieren, ...)



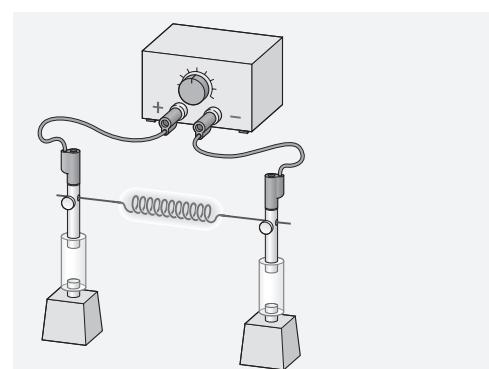
### Versuche im Schulbuch

**V1** Wir erwärmen Wasser mit einem Teelicht.

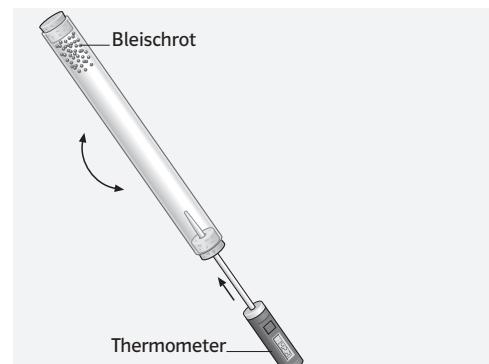
Mit der Zeit steigt die Temperatur des Wassers. Das Paraffin des Teelichts wird weniger.



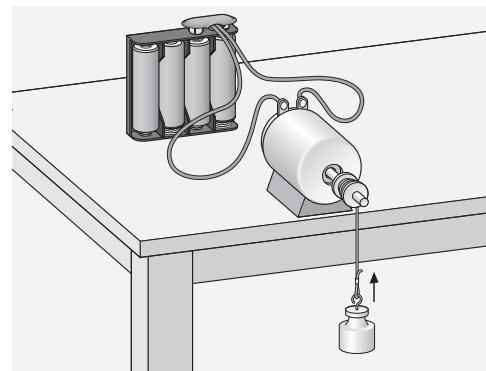
**V2** Wir schließen eine Drahtwendel an eine elektrische Quelle. Bei passender Spannung leuchtet der Draht rötlich. Ein über den Draht gehängtes Stück Papier gerät in Brand. Tauchen wir den Draht in Wasser, verschwindet das Leuchten, aber das Wasser erwärmt sich.



**V3** Füll 500 g Bleischrot in eine Pappröhre von 1m Länge und verschließe die Öffnung mit einem Korken. Miss die Temperatur des Bleischrots. Drehe die Röhre nun so, dass das Bleischrot die volle Rohrlänge nach unten fällt. Wiederhole das etwa fünfzigmal rasch hintereinander und miss die Temperatur des Bleischrots erneut. Die Temperatur ist um wenige Grad Celsius gestiegen.



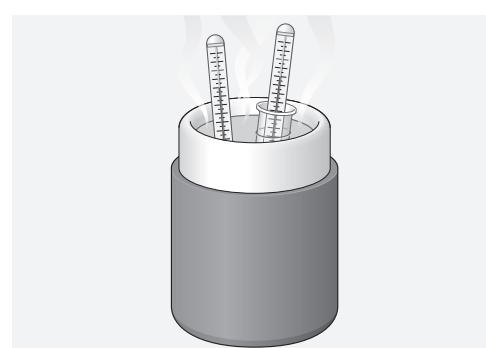
**V4** An eine elektrische Quelle schließen wir einen Motor. Indem wir die Achse einen Faden aufwickeln lassen, können wir einen Gegenstand hochheben. Eine elektrische Eisenbahn oder ein Spielzeugauto wird von einem solchen Motor bewegt. Schließen wir eine Glühlampe oder eine LED an die elektrische Quelle, so leuchten diese.



#### Weitere Versuche

**V5** Gieße heißes Wasser in einen Thermobehälter. Stelle anschließend ein Reagenzglas mit kaltem Wasser in den Thermobehälter. Miss die Temperaturen des Wassers im Thermobehälter und des Wassers im Reagenzglas zu Beginn und dann alle ein bis zwei Minuten.

Die Temperatur des Wassers im Thermobehälter sinkt, die des Wassers im Reagenzglas steigt.



#### Material

Kopervorlagen Lernzirkel:  
– Energie (en\_s1\_lz\_001)

Animationen/Simulationen:  
– Umsetzung elektrischer Energie (en\_s1\_si\_001)

#### Lösungen der Aufgaben

**A1** ○ Armbanduhr: Die Energie kommt üblicherweise von einer Batterie (Knopfzelle). Wecker: Die Energie kommt von einer gespannten Feder (Spiralfeder) oder von einer Batterie. Pendeluhr: Die Energie kommt von gehobenen Gewichten.

**A2** ● Sonne: Erwärmung des Bodens und der Luft, ...  
Benzin: Erwärmung der Umgebung beim Verbrennen, Antrieb für Fahrzeuge, ...  
Brennholz: Erwärmung der Umgebung beim Verbrennen, ...  
Batterie: Aussenden von Licht in einer Taschenlampe, Bewegung der Zeiger einer Uhr, ...  
ein auf einem Tisch liegender Gegenstand: Bewegung beim Herunterfallen, ...  
Steckdose: Erwärmung der Luft bei einem Föhn, Bewegung der Luft bei einem Föhn, ...

**A3** ● Der Gas- und der Brennholzvorrat nehmen ab, die Autobatterie entleert sich, der Solarkocher ist bei schlechtem Wetter nicht mehr effektiv.

## (S.76) 4.2 Energieformen

**Lernziele** SuS beschreiben geeignete Vorgänge mit Hilfe von Energieübertragungsketten und stellen diese dar.

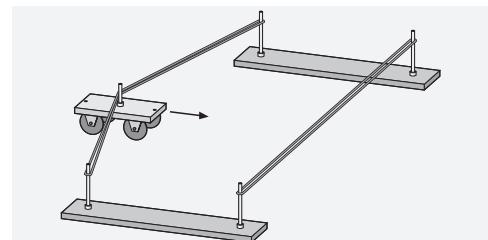
**Begriffe** Energieform, Bewegungsenergie, Lageenergie, elektrische Energie, Spannenergie, Strahlungsenergie, chemische Energie, thermische Energie, innere Energie

**Hinweise/Kommentar** Bei der Behandlung des Themas sollte die Wesensgleichheit der verschiedenen Energieformen in den Mittelpunkt gestellt werden. Bewusst wurden daher Formulierungen wie „... Energie wird überführt ...“ gewählt, damit die Energie als etwas Einheitliches aufgefasst wird, das auf verschiedene Art und Weise transportiert werden kann. Die Vorstellung von der Energie als Erhaltungsgröße wird dadurch schon frühzeitig unterstützt.

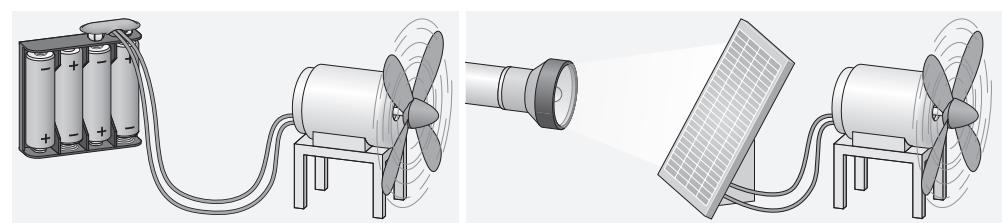
**Einstieg** Um einen Gegenstand in Bewegung zu versetzen (und wegen der Reibung in der Bewegung zu halten) ist Energie erforderlich. Bereits an dieser Stelle kann die Frage diskutiert werden, was mit der Energie geschieht, wenn der Zug langsamer wird. Das entsprechende Energieübertragungskette B2 im Schülerbuch kann dahingehend ergänzt werden.



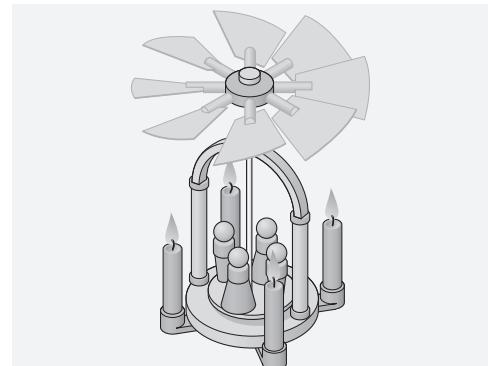
**Versuche im Schulbuch** **V1** Lass einen kleinen Wagen zwischen zwei gespannten Gummibändern hin und her rollen.



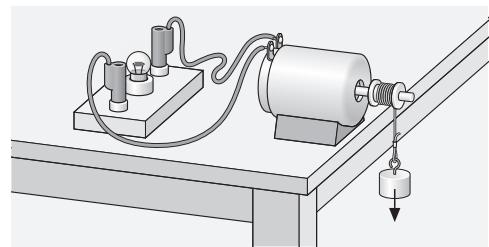
**V2** Betreibe einen Ventilator mit Hilfe einer Batterie. Ersetze die Batterie durch eine Solarzelle. Sobald die Solarzelle beleuchtet wird, dreht sich der Ventilator.



**V3** Zünde die Kerzen an einer Weihnachtspyramide an. Nach kurzer Zeit beginnt sich die Pyramide zu drehen.



**V4** Schließe ein Lämpchen an einen Dynamo. Auf der Achse des Dynamos ist ein Faden aufgewickelt, an dem ein Gewichtsstück hängt. Wird das Gewichtsstück losgelassen, so versetzt es die Achse des Dynamos in Drehbewegung und das Lämpchen leuchtet.



#### Weitere Versuche

**V5** Setze ein Spielzeugauto mit Federantrieb oder Schwungradantrieb in Bewegung.

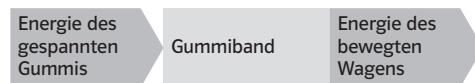
#### Material

Kopervorlagen Arbeitsblätter:

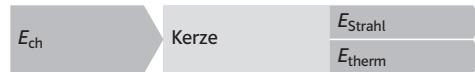
– Energieformen und Energieüberführungen (en\_s1\_ab\_001a: diff ↓, en\_s1\_ab\_001b: diff ↑)

#### Lösungen der Aufgaben

**A1**



**A2**



(S.78)

#### Exkurs Übersicht über die verschiedenen Energieformen

**Lernziele** SuS unterscheiden Vorgänge anhand der auftretenden Energieformen und stellen die Überführung der Energie von einer in die andere Form in Energieübertragungsketten dar.

**Begriffe** Lageenergie, Bewegungsenergie, Spannenergie, mechanische Energie, thermische Energie, elektrische Energie, Strahlungsenergie, chemische Energie, Kernenergie, innere Energie

**Hinweise/Kommentar** Die verschiedenen Energie(erscheinungs)formen werden hier tabellarisch mit Beispielen aufgelistet. Auf synonome Bezeichnungen (z.B. Lageenergie = Höhenenergie = potenzielle Energie) wurde verzichtet, um die Begriffsvielfalt nicht noch weiter zu erhöhen.

#### Material

–



(S.79)

Methode Kommunizieren

**Die Sonne – unsere wichtigste Energiequelle**

**Lernziele** SuS erkennen, dass die chemische Energie der Kohle gespeicherte Energie von der Sonne ist.

**Begriffe** keine neuen

**Hinweise/Kommentar** Fachinhaltlich ist es sinnvoll, bei der Betrachtung von Vorgängen, längere Energieübertragungsketten aufzustellen und sie weiter vor und zurück fortführen zu lassen. Dabei wird deutlich, dass ein großer Teil der von uns benutzten Energie letztlich von der Sonne stammt. Den SuS muss dabei klar werden, dass die Vorräte der Erde an Energieträgern wie Kohle, Erdöl und Erdgas begrenzt sind und wir deshalb sparsam mit diesen Energieträgern umgehen müssen.

Die Erstellung sogenannter Lernplakate ist ein langwieriger Prozess, der eigentlich einen fachübergreifenden Zugriff erfordert. Immerhin wird eine zusätzliche Kommunikationsebene eröffnet.

**Material**

–

**A1** ○ Einschätzung des Plakates individuell. Hierbei kann besonders auf folgende Probleme hingewiesen werden.

- Was ein „Blickfang“ ist, hängt erheblich von der jeweiligen Interessenslage des Betrachters ab. In der Werbung werden durchaus Bilder gewählt, die mit dem Gegenstand des Plakats wenig zu tun haben, z.B. hübsche Mädchen auf Autoplakaten.
- Symbole, hier die Pfeile, müssen vom Betrachter gedeutet werden.
- Wiedererkennungswert zeigt sich evtl. im 2. Plakat in der angedeuteten Kreislaufstruktur, die auch ohne den Inhalt erkennbar ist. Bei der Gestaltung des „Energieplakates“ müsste aber herauskommen, dass es keinen „Energiekreislauf“ gibt.

Anforderungen im Wesentlichen erfüllt, wenn Überschrift eingefügt.

Überschrift: Der Kreislauf des Wassers.

Zusammenfassung: Wasser auf der Erde wird durch Sonneneinstrahlung verdunstet ⇒ Wolken werden gebildet ⇒ mit dem Niederschlag gelangt Wasser wieder auf die Erde ⇒ von höher gelegenen Bereichen fließt es ab ins Meer ⇒ mit der Verdunstung beginnt der Kreislauf erneut.

---

**A2** ● Individuelle Schülerlösungen

**A3** ● Individuelle Schülerlösungen

**A4** ● Weil Kohle und Öl aus Pflanzen bzw. Tieren entstehen, die Sonnenlicht zum Leben benötigen, ist die Argumentation nicht tragfähig und die Sonne erweist sich in der Tat als wichtigste Energiequelle.

**Bemerkung:** „Nimm Stellung“ gehört in die Kategorie Bewertung. Der Bewertungsmaßstab ist in diesem Falle die „sachliche Richtigkeit“. Letztlich erfolgt auch in A1 eine „Bewertung“, allerdings auf einer sehr viel unsichereren Basis. Bei deutlicher Kompetenzorientierung kann das diskutiert werden.

## 4.3 Speicherung und Übertragung von Energie

**Lernziele** SuS unterscheiden zwischen Energiespeicherung und Energieübertragung. Sie nennen Möglichkeiten der Energiespeicherung und der Energieübertragung.

**Begriffe** Energieleitung, Konvektion, Strahlung

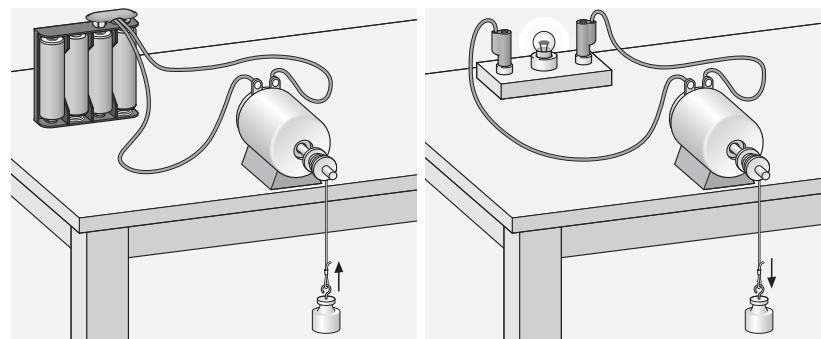
**Hinweise/Kommentar** Energiespeicherung ist eines der wichtigsten Themengebiete im Bereich der Energie. Sie wird auch in der Zukunft einen hohen Stellenwert in der Forschung haben, da eine sinnvolle Umstellung auf regenerative Energien nur mit entsprechenden Energiespeichermethoden möglich ist. Um Energie überhaupt speichern zu können muss sie davor in eine „speicherbare“ Form übertragen werden.

**Einstieg** Pumpspeicherkraftwerke sind eine Möglichkeit, überschüssige Energie zu speichern. Aufgrund der geografischen Lage sind in Deutschland nur wenige Pumpspeicherkraftwerke vorhanden. In den skandinavischen Ländern dagegen sind solche Speicherkraftwerke häufiger vorhanden. Es gibt auch Überlegungen, über ein Nordsee-Trassenkabel überschüssige Energie aus Deutschland nach Norwegen zu transferieren und dort zu speichern. Hier bietet sich auch eine Diskussion über unterschiedliche Kraftwerkstypen und regenerative Energien an.

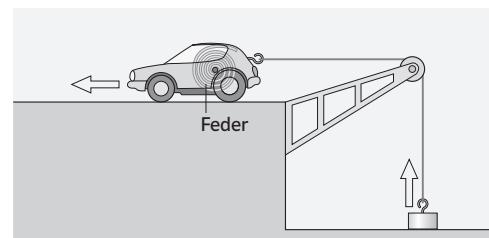


### Versuche im Schulbuch

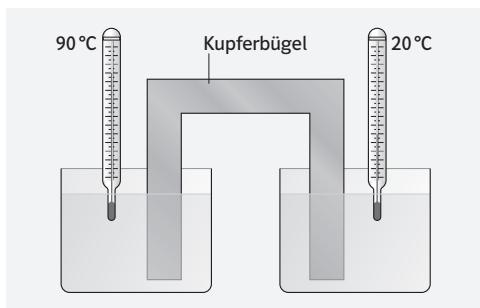
**V1** Schließe einen Motor an eine elektrische Quelle an. Hebe mit Hilfe des Motors einen Gegenstand hoch, der an einem Faden hängt. Schließe anschließend anstelle der elektrischen Quelle ein Lämpchen an den Motor und lass den Gegenstand wieder herabsinken. Das Lämpchen leuchtet, solange der Gegenstand herabsinkt.



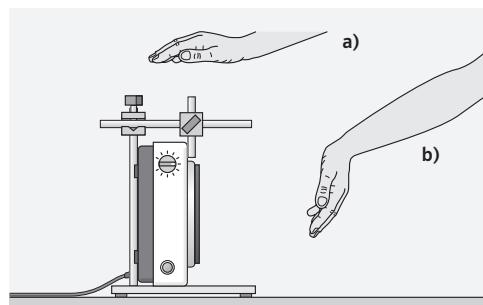
**V2** Die Abbildung zeigt ein Spielzeugauto, bei dem man eine Feder „aufziehen“ kann. Die Feder kann mit einer Sperre in gespannter Form festgehalten werden. Das Auto bleibt unbewegt. Wird die Sperre gelöst, so fährt das Auto los und kann dabei z. B. einen angehängten Gegenstand anheben.



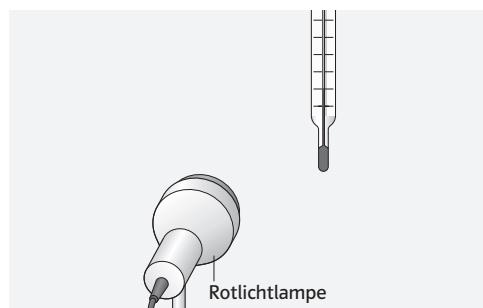
**V3** In einem mit Wasser gefüllten Becherglas wird die Temperatur auf 90 °C gehalten. Daneben wird ein zweites Becherglas mit Wasser der Temperatur 20 °C gestellt. In beide Gefäße tauchen die Enden eines dicken Kupferbügels. Die Temperatur des zunächst kalten Wassers steigt.



**V4** Nähre deine Hand vorsichtig einer Kerzenflamme – einmal von oben und einmal von der Seite. Über der Kerze fühlt es sich viel wärmer an als neben der Kerze.  
Alternative: Statt der Kerze eine senkrecht stehende Kochplatte verwenden.



**V5** **a)** Richte das Licht einer Taschenlampe auf eine Solarzelle. Ein daran angeschlossener Motor dreht sich.  
**b)** Richte eine Rotlichtlampe auf ein Thermometer. Beim Einschalten der Lampe steigt die Temperatur sofort.



**Material** Animationen/Simulationen:  
– Energietransport in Materie (en\_s1\_si\_013)  
– Energietransport mit Materie (en\_s1\_si\_014)  
– Energietransport ohne Materie (en\_s1\_si\_015)

#### Lösungen der Aufgaben

##### **A1** ○



**A2** ● Gemeinsamkeiten: Energie wird übertragen; Energie wird von Stellen höherer Temperatur zu Stellen niedrigerer Temperatur übertragen; Energie wird nur dann übertragen, falls ein Temperaturunterschied vorhanden ist.

Unterschiede: Bei der Energieleitung wird Energie innerhalb eines Mediums weitergeleitet; bei der Konvektion findet die Energieübertragung nur bei Gasen und Flüssigkeiten statt, wobei ein Kreislauf entsteht, da kältere Umgebungsgase bzw. -flüssigkeit wieder nachströmen; bei der Strahlung erfolgt die Energieübertragung zwischen zwei Körpern ohne Beteiligung eines weiteren Mediums

---

**A3** ● Bei einer Warmwasserheizung wird das Wasser des Heizkreislaufes im Kessel erwärmt und mit Hilfe einer Pumpe in die Wohnräume gepumpt. Das heiße Wasser gibt dort seine Energie über die Heizkörper an die Umgebung ab und erhöht damit die Raumtemperatur.

**A4** ● Bei einem sogenannten „Vollfeuer“ brennen auch die oberen Bereiche der Bäume. Ein Vollfeuer verbraucht sehr viel Sauerstoff. Außerdem steigt warme Luft über dem Feuer auf. Es kommt zu einem starken Luftzug im bodennahen Bereich, da kühtere und sauerstoffreichere Luft aus der Umgebung nachströmt. Diese „selbstgemachten“ Winde tragen dazu bei, dass sich das Feuer sehr schnell nach allen Seiten ausbreitet.

## 4.4 Energie messen und vergleichen

**Lernziele** Energie ist eine messbare Größe mit der Einheit 1 J (bzw. 1 kWh), SuS kennen typische Größenordnungen.

**Begriffe** 1 Joule, 1 Kilowattstunde, Leistung, 1 Watt, Energiezähler

**Hinweise/Kommentar** Aufgrund der Tatsache, dass Energie von einem Körper auf einen anderen überführt werden kann, ist es plausibel, dass Energie messbar sein muss. Am Beispiel von Versuch V1 wird dies deutlich: die gleiche Lampe leuchtet stets gleich lange gleich hell, wenn das gleiche Gewichtstück die gleiche Höhe herabsinkt. Dass die Energie linear mit der Höhe bzw. der Masse des Gewichtsstücks zunimmt, wird hier nicht explizit untersucht, ist aber bzgl. der Höhe sofort einsichtig (doppelte Höhe  $\Rightarrow$  gleiche Lampe leuchtet mit gleicher Helligkeit doppelt so lange). Die lineare Abhängigkeit bzgl. der Masse ist leichter mit Versuch V2 zu veranschaulichen.

Die Energieeinheit wird nicht (über andere Größen) definiert sondern nur an einem Beispiel ( $1 \text{ J} = 1 \text{ Tafel Schokolade } 1\text{m hochheben}$ ) veranschaulicht. Dabei werden die (linearen) Abhängigkeiten von der Höhe und der Masse ebenfalls mitgeteilt. Dass  $1 \text{ J}$  eine sehr kleine Energie- menge darstellt, wird durch die Angabe eines weiteren Beispiels (über  $4\,000 \text{ J} = 1\text{l Wasser um } 1^\circ\text{C erwärmen}$ ) verdeutlicht.

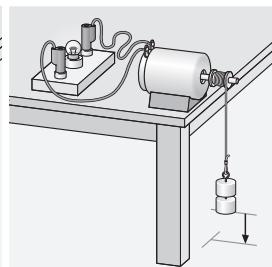
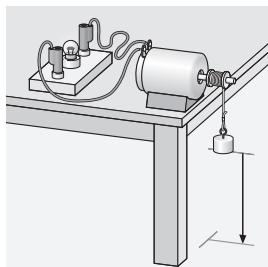
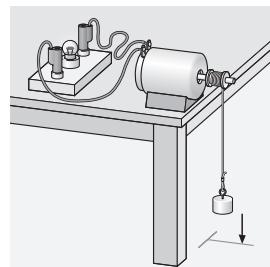
Der Energiezähler wird als Messgerät für die elektrische Energie (und die Leistung) eingeführt (siehe Versuch V3). Dies hat den Vorteil, dass man die Energie nicht über andere Größen wie Spannung und Stromstärke definieren muss. Die Bedeutung der Größe Leistung als Energieübertragung pro Sekunde ergibt sich bei dieser Betrachtung automatisch.

**Einstieg** Mit dem „Elektrizitätszähler“ im Hausanschlusskasten können SuS einfache Messungen zur Energieübertragung selbst durchführen (siehe Aufgabe A2): Geräte mit hoher Leistung (Föhn, Backofen, ...) an- und ausschalten und jeweils die Anzeige beobachten. Ggf. müssen unterschiedliche Geräteausführungen zuvor erläutert werden. Die Beschäftigung mit dem Elektrizitätszähler kann auch als Anlass genommen werden, die „Stromrechnung“ anzuschauen und zu erläutern.



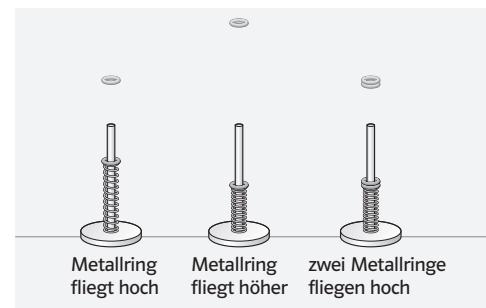
### Versuche im Schulbuch

**V1** Wickle einen Faden auf die Achse eines kleinen Generators. So kannst du ihn durch ein herabsinkendes Gewichtsstück betreiben. Beobachte eine angeschlossene Lampe. Sie leuchtet, wenn das verwendete Gewichtsstück schwer genug ist. Sie leuchtet länger, wenn das Gewichtsstück eine größere Strecke herabsinkt. Sie leuchtet heller, wenn ein schwereres Gewichtsstück verwendet wird.



**V2** Schiebe eine passende Feder auf eine Stange. Drücke die Feder zusammen und schieße damit Metallringe hoch. Drücke die Feder unterschiedlich stark zusammen und verwende auch mehrere Ringe.

Je weiter die Feder zusammengedrückt wird, desto höher fliegen die Ringe. Bei gleich weit gespannter Feder fliegen zwei Ringe zusammen nicht so hoch wie ein einzelner Ring.



**V3** Die Angaben auf einem Föhn lauten z.B.: Stufe I – 1000 W, Stufe II – 1800 W. Schließe den Föhn über ein Energiemessgerät an eine Steckdose an.

Lass den Föhn auf Stufe I laufen und lies nach fünf Minuten die Anzeige am Messgerät ab. Wiederhole die Messung, diesmal mit Stufe II des Föhns. In Stufe I zeigt das Messgerät 0,083 kWh an. In Stufe II sind es 0,150 kWh.



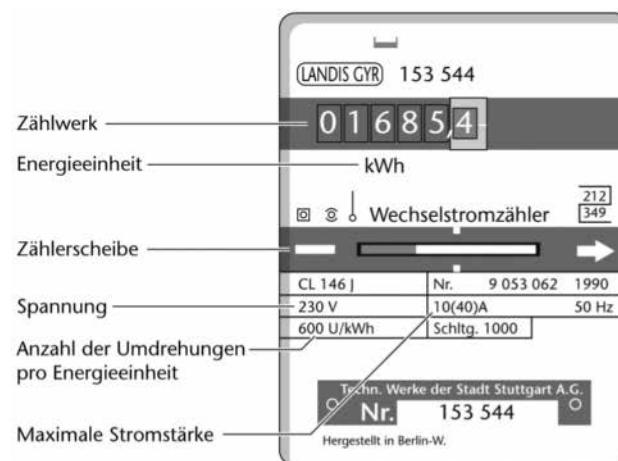
**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Messen und Kosten der elektrischen Energie (en\_s1\_ab\_002a: diff ↓, en\_s1\_ab\_002b: diff ↑)

#### Lösungen der Aufgaben

**A1** 10 Minuten entsprechen  $\frac{1}{6}$  Stunde.  $\Delta E = \frac{1}{6} \text{h} \cdot 4 \text{W} = \frac{2}{3} \text{Wh} = \frac{2}{3} \cdot 3600 \text{Ws} = 2400 \text{J}$

**A2** Neben dem im Schülerbuch abgebildeten digitalen Energiezähler gibt es in vielen Haushalten auch noch analoge Geräte mit Zählerscheibe und Zählwerk.



Beobachtung und Dokumentation: Individuelle Schülerlösung.

**A3** Die Differenz der Leistungen der beiden Lampen beträgt 84 W. Für die Energieersparnis pro Jahr (= 365 Tage) ergibt sich somit:  $\Delta E = 365 \cdot 4 \text{h} \cdot 84 \text{W} = 122\,640 \text{Wh} = 122,64 \text{kWh}$ . Bei einem Preis von 0,29 €/kWh ergibt dies eine Kostenersparnis von rund 35,50 €.

<b>Lernziele</b>	SuS verwenden den „Energiesklaven“ als Maß zur quantitativen Beschreibung von Energie. SuS beschreiben damit den Energiebedarf in verschiedenen Alltagssituationen.
<b>Begriffe</b>	„Energiesklave“
<b>Hinweise/Kommentar</b>	Trotz hier und da geäußerter Bedenken gegen den Begriff „Sklave“ wird er aus zwei Gründen hier verwendet: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Er findet sich in der einschlägigen Literatur gleichsam als Fachbegriff.</li> <li>2. Er ist anders als z. B. der Begriff „Energiediener“ zielführend bei der Internetrecherche, die zu diesem Thema denkbar ist.</li> </ol> Ein anderer Begriff wäre der „energetische Fußabdruck“
<b>Material</b>	–
<b>Lösungen der Aufgaben</b>	<p><b>A1</b> Bei einem Stundenlohn von 10 € entsprechen 7 Energiediener (nach B4 im Schülerbuch) 70,00 €/h. Bei einer Programmdauer von etwa 1,5 h ergibt das 105 € für eine Wäsche. Bei 29 ct/kWh und dem Bedarf von 0,85 kWh ergibt sich gerundet 25 ct für eine Wäsche.</p> <p><b>A2</b> Die Angabe bedeutet, dass 45 kJ zur Verfügung stehen, wenn 1g Benzin verbrannt wird. Die Zeit für einen Energiediener ergibt sich aus</p> $\frac{45000 \text{ J}}{80 \frac{\text{J}}{\text{s}}} = 562,5 \text{ s} \approx 9,5 \text{ min}$ <p><b>A3</b> Beispiele: Produktion von Brötchen in der Fabrik oder beim Bäcker um die Ecke. Erstellung von Fertiggerichten in Großküchen und individuelles Kochen zu Hause.            Vorteile: Menschen kann „schwere“ oder „gefährliche“ Arbeit abgenommen werden. Gegenstände können billiger produziert werden.            Nachteile: Menschen verlieren Möglichkeiten, ihren Lebensunterhalt zu bestreiten.</p>

<b>Lernziele</b>	SuS erfassen die Notwendigkeit des Energiesparens. SuS nutzen verschiedene Präsentationsformen.
<b>Begriffe</b>	Energiesparen, Energielabel, Energieeffizienzklasse
<b>Hinweise/Kommentar</b>	Der Themenbereich bietet vielfältige Möglichkeiten zu eigenen Untersuchungen (Recherche, Messen ...) und damit verbundener Präsentation. Informationen zur „Energiekennzeichnung“ sind praktische Lebenshilfe. Zu beachten ist, dass das EU-Parlament 2017 beschlossen hat, ab voraussichtlich 2020 zur Klassen-Kennzeichnung von A bis G zurückzukehren (A+++ = A).
<b>Material</b>	Kopiervorlagen Arbeitsblätter: – Energie sparen (en_s1_ab_005a: diff ↓, en_s1_ab_005b: diff ↑)
<b>Lösungen der Aufgaben</b>	<b>A1</b> Stand-By-Betrieb ermöglicht das Ein- und Ausschalten von elektrischen Geräten ohne einen mechanischen Schalter im Stromkreis, also z. B. durch eine Fernbedienung. Dabei benötigen diese Geräte auch im Stand-By-Betrieb Energie, um diesen Betriebszustand anzuzeigen (z. B. durch eine LED) und um den Empfänger des Fernbedienungssignals empfangsbereit zu halten. Geräte, die typischerweise Stand-By-Betrieb ermöglichen, sind Fernseher, Beamer, Computer, Drucker ... Ursprünglich dachte man bei der Verwendung wohl zunächst nur an die Bequemlichkeit der Nutzer. Dass für den Stand-By-Betrieb zusätzlich Energie (wenn auch vgl. weise wenig) benötigt wird, nahm man in Kauf. Ggf. lässt sich mit der Stand-By-Funktion aber auch Energie einsparen, wenn viele Geräte gleichzeitig z. B. über Nacht ausgeschaltet werden können, ohne dass jemand jedes einzelne Gerät von Hand abschalten muss.

## (S. 86) 4.5 Energieerhaltung

**Lernziele** SuS erläutern das Prinzip von der Energieerhaltung unter Berücksichtigung der Energieübertragung in die Umgebung. Sie erstellen qualitative Energiebilanzen für einfache Übertragungsvorgänge.

**Begriffe** Energieerhaltung, Fadenpendel, Balkendiagramm

**Hinweise/Kommentar** Das Prinzip von der Energieerhaltung wird aus Anschauungsgründen zunächst nur für die mechanischen Energieformen betrachtet. Für das Beispiel des Fadenpendels ist es unmittelbar plausibel, dass bei diesem Vorgang von alleine keine Energie dazu kommt. Aus der Tatsache, dass die Pendelhöhe mit der Zeit abnimmt, scheint man aber dagegen schließen zu können, dass Energie verloren geht. Dies lässt sich aufgreifen, indem man Vorgänge mit starker Reibung betrachtet, bei denen die Erwärmung deutlich spürbar ist, und man damit die thermische Energie mit ins Spiel bringt. Beide Beobachtungen legen nahe, dass die Energie eine Erhaltungsgröße ist. Beispielsweise können die Betrachtungen auch auf nicht-mechanische Vorgänge erweitert und diskutiert werden. Es wird deutlich: Das Prinzip von der Energieerhaltung ist eine Erfahrungstatsache, die bisher nicht durch ein Gegenbeispiel widerlegt werden konnte.

Historisch gesehen ist interessant, dass Isaac Newton nicht an die Existenz von Erhaltungssätzen glaubte, was vermutlich daran lag, dass er sich ausführlich mit Reibungskräften befasste. Dass Reibung mechanische Energie in thermische Energie überführt (und diese ebenfalls eine Energieform ist) wurde erst viel später erkannt.

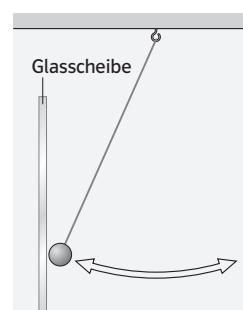
Aus der Energieerhaltung folgt unmittelbar, dass Energie bei Vorgängen auch bilanziert werden kann. Dies kann hier nur qualitativ geschehen, weil entsprechende Energieterme noch nicht zur Verfügung stehen.

**Einstieg** Dass ein Gegenstand und damit auch eine Person am oberen Anfang einer Rutsche Lageenergie haben, ist bekannt. Ebenso, dass diese beim Rutschen in Bewegungsenergie überführt wird. Was damit am Ende der Rutsche geschieht, ist dagegen unklar, da eine Erwärmung kaum spürbar ist (es sei denn, man „landet“ hart auf der Wasseroberfläche des Schwimmbeckens).

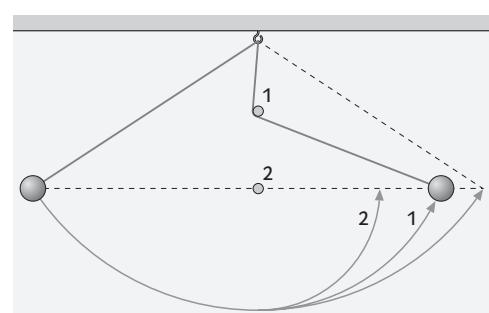


### Versuche im Schulbuch

**V1** Befestige eine Stahlkugel an einem Faden und stelle in einiger Entfernung eine Glasplatte auf. Lenke die Kugel bis zur Glasplatte aus und lasse sie los. Die zurück-schwingende Kugel berührt fast das Glas.



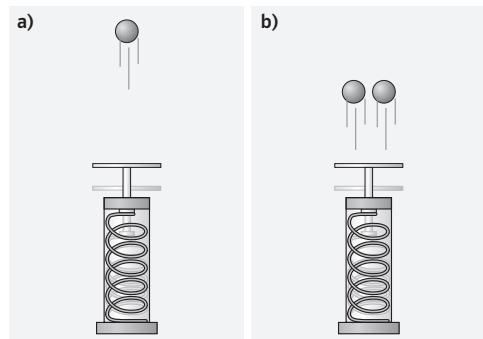
**V2** Hänge eine Stahlkugel an einem langen Faden auf und versetze sie in Schwingungen. Die Kugel erreicht bei jeder Schwingung fast vollständig ihre Anfangshöhe. Verkürze nun die Pendellänge, indem du den Faden gegen einen Stift stoßen lässt. Auch jetzt erreicht die Kugel noch ihre Anfangshöhe.



**V3** Lass einen Flummi fallen. Nach mehreren Sprüngen bleibt er am Boden liegen.

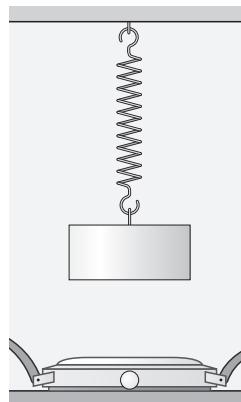
**V4** Spanne die Feder einer Federkanone und halte sie durch Verriegeln in diesem Zustand. Wenn du den Hebel löst, wird Energie der gespannten Feder in Lageenergie der Kugel überführt.

Schießt du mit derselben Federkanone zwei Kugeln zusammen nach oben, so fliegen sie nur halb so hoch wie eine Kugel alleine.



#### Weitere Versuche

**V5** Eine Armbanduhr liegt auf dem Tisch. Darüber hängt an einer Feder ein Gewichtsstück. Ziehe das Gewichtsstück nach unten, sodass es das Uhrglas berührt, und lass es dann los.



#### Material

Kopervorlagen Arbeitsblätter:

- Energieerhaltung (en\_s1\_ab\_004a: diff ↓, en\_s1\_ab\_004b: diff ↑)

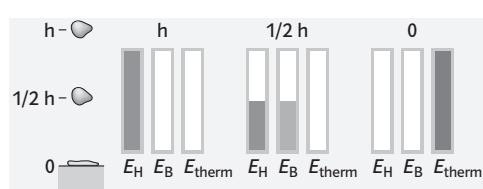
#### Animationen/Simulationen:

- Eigenschaften von Energie 1 (en\_s1\_si\_004)
- Eigenschaften von Energie 2 (en\_s1\_si\_005)

#### Lösungen der Aufgaben

**A1** ○ Wird bei einem Vorgang Energie von einer Energieform in eine andere Energieformen überführt, so sind die Breiten der Energiepfeile vor und nach der Überführung gleich. Abzweigende Pfeile (Energieüberführung in die Umgebung) verschmälern die weiterführenden Pfeile.

**A2** ● Der Knetklumpen hat zunächst Lageenergie. Diese wird beim Fallen in Bewegungsenergie überführt. Und diese wird beim Auftreffen auf den Boden schließlich in thermische Energie (des Knetklumpens und der Umgebung) überführt.



**A3** ● Ein Knetklumpen von 100 g Masse, der aus einer Höhe von 1m herunterfällt, hat zu Beginn eine Lageenergie von 1J. Damit kann man den Knetklumpen lediglich um  $1/300^{\circ}\text{C} \approx 0,003^{\circ}\text{C}$  erwärmen – viel zu wenig, um es beim Anfassen zu spüren.

## (S.88) 4.6 Lageenergie

**Lernziele** SuS kennen die Größen, die die Lageenergie eines Körpers beeinflussen. Sie verwenden die Formel zur Berechnung der Änderung der Lageenergie eines Körpers.

**Begriffe** Lageenergie, Ortsfaktor, Nullniveau

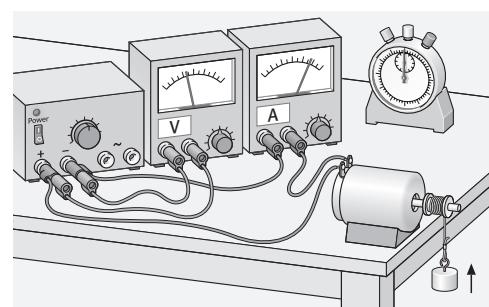
**Hinweise/Kommentar** Aufgrund des eher schlechten Wirkungsgrades von Experimentiermotoren dient das in B1 gezeigte Experiment mit dem Elektromotor nur dazu, die proportionalen Abhängigkeiten der Lageenergie von der Masse und der Hubhöhe plausibel zu machen. Der Wert der Lageenergie wird über die Definition der Einheit 1) festgelegt. Der Ortsfaktor  $g$  als Proportionalitätsfaktor kann dabei nur mitgeteilt werden. Besonderen Wert sollte auf die Bedeutung des Bezugsniveaus gelegt werden, sodass deutlich wird, dass man letztlich immer nur Änderungen der Lageenergie berechnen kann.

**Einstieg** Der Start einer Rakete wird von den SuS oft zunächst nicht mit Energie in Verbindung gebracht, sondern eher mit Begriffen wie Kraft oder Rückstoß. Dass Energie im Spiel ist, erschließt sich aber spätestens bei weiterer Diskussion aus den heißen Verbrennungsgasen, die aus den Triebwerken strömen. Daran schließt sich die Frage „In welche Energieform wird diese thermische Energie überführt?“ an.



### Versuche im Schulbuch

**V1** Mit einem Experimentiermotor werden Gewichtsstücke gehoben. Miss dabei die Spannung und die Stromstärke sowie die für den Hebevorgang benötigte Zeit  $\Delta t$  und berechne die dem Motor zugeführte elektrische Energie.  
(Bemerkung: Es gilt:  $\Delta E_{el} = U \cdot I \cdot \Delta t$ )

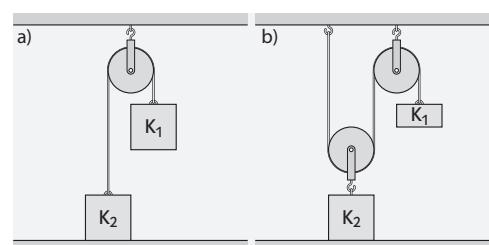


**Hinweis:** Falls vorhanden, kann mit einem Energiemessgerät die elektrische Energie auch direkt gemessen werden.

Wiederhole den Versuch für unterschiedliche Hubhöhen und für Gewichtsstücke mit unterschiedlichen Massen.

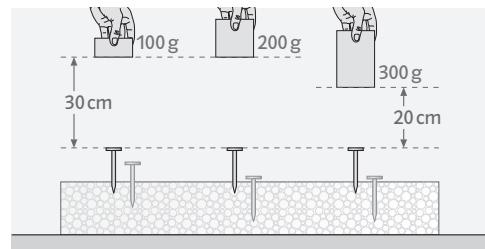
Beim Vergleich der zugeführten Energiemenge stellt man fest: Für die doppelte, dreifache ... Hubhöhe benötigt man die doppelte, dreifache ... Menge elektrischer Energie. Der gleiche Zusammenhang ergibt sich bei den Massen.

**V2** Versuche, Körper 2 dadurch zu heben, dass Körper 1 herabsinkt. In a) gelingt das nur, wenn die Masse von Körper 1 etwas größer ist als die von Körper 2, in b) gelingt das auch, wenn sie etwas mehr als halb so groß ist. Sinkt Körper 1 jeweils um die gleiche Wegstrecke, so steigt Körper 2 in b) nur halb so hoch wie in a).



**V3** Lass Körper mit unterschiedlicher Masse aus verschiedenen Höhen auf Nägel fallen, die alle gleich weit aus einem Styroporklotz herausragen. Miss die jeweilige Eindringtiefe.

Die Eindringtiefe wächst mit zunehmender Fallhöhe und Masse des gehobenen Körpers.



#### Lösungen der Aufgaben

**A1**  $\odot \Delta E_L = m \cdot g \cdot h = 2000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 28 \text{ m} = 549360 \text{ J} \approx 550 \text{ kJ}$

**A2**  $\ominus \Delta E_{L,\text{Mond}} = m \cdot g_{\text{Mond}} \cdot h = 4700 \text{ kg} \cdot 1,62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 100 \text{ km} = 4700 \text{ kg} \cdot 1,62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 100000 \text{ m}$   
 $= 761400000 \text{ J} = 761400 \text{ kJ}$

Mit dieser Energie käme die Mondfähre auf der Erde in eine Höhe von

$$\Delta E_L = m \cdot g \cdot h \Leftrightarrow h = \frac{\Delta E_L}{m \cdot g} = \frac{761400 \text{ kJ}}{4700 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \approx 16,5 \text{ km}$$

Hier wurde die Annahme getroffen, dass sich die Ortsfaktoren nicht mit der Höhe über dem Boden ändern. Tatsächlich nehmen die Ortsfaktoren mit zunehmender Höhe ab. Die Lageenergie über dem Mondboden ist also in Wirklichkeit etwas geringer.

**A3**  $\ominus \Delta E_L = m \cdot g \cdot h \Leftrightarrow m = \frac{\Delta E_L}{h \cdot g}$   
 $m = \frac{3834 \text{ J}}{1,8 \text{ m} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 217,125 \text{ kg}$

**A4**  $\ominus$  Energie der Wanduhr pro Woche:  $\Delta E_{L,\text{Woche}} = m \cdot g \cdot h = 6 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1 \text{ m} = 58,86 \text{ J}$

Energie der Wanduhr pro Jahr:  $\Delta E_{L,\text{Jahr}} = 52 \cdot 58,86 \text{ J} = 3061 \text{ J}$

Die Energie der Wanduhr ist etwa dreimal so groß wie die der Armbanduhr.

---

(S. 90) **4.7 Energieentwertung**

**Lernziele** SuS erläutern, dass Vorgänge in der Regel nicht umkehrbar sind, weil ein Energiestrom in die Umgebung auftritt. Sie verwenden in diesem Zusammenhang den Begriff Energieentwertung.

**Begriffe** Energieentwertung, Wertigkeit von Energie, Peltier-Element

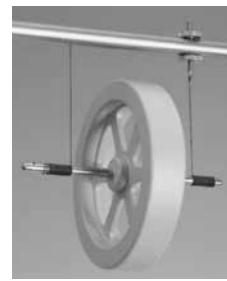
**Hinweise/Kommentar** Das Entwertungskonzept löst den Konflikt zwischen der Alltagserfahrung, dass mit Energie sparsam umzugehen ist, und dem Prinzip von der Erhaltung der Energie.

**Einstieg** SuS haben sicher schon die Erfahrung gemacht, dass man beim Reiben der Hände eine Erwärmung verspürt. Dass ein solcher Reibungsvorgang bis zum Glühen von Metall führen kann, wird dennoch überraschen.



**Versuche im Schulbuch**

**V1** Wickle einen Faden auf die Achse eines Schwungrades. Wenn du es loslässt, beginnt es sich zu drehen und sinkt herab, bis der Faden abgewickelt ist. Das Rad dreht sich weiter, der Faden wird wieder aufgewickelt und das Rad steigt wieder auf. Mit jeder Ab- und Aufbewegung verringert sich die Steighöhe, bis das Rad schließlich zum Stehen kommt.



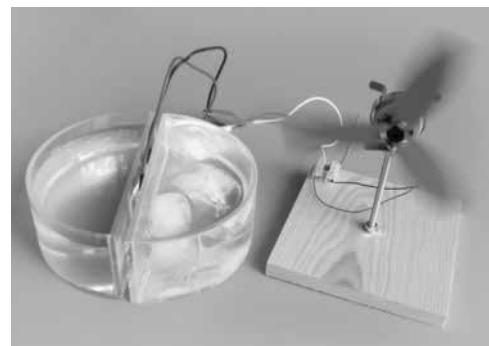
**V2** Füll Bleischrot in eine ca. 1m lange Röhre und verschließe sie beidseitig. Halte die Röhre senkrecht und vertausche mehrfach schnell hintereinander oben und unten. Dabei fällt das Bleischrot immer von oben auf den jeweiligen Boden. Nach einigen Wiederholungen hat sich die Temperatur des Bleischrots erhöht.



**V3** Wenn du ein Seil hinabgleitest, bremst du dich mit Händen und Füßen ab, um sanft auf dem Boden zu landen. Du spürst an den Händen eine Erwärmung.



**V4** Zwischen eine Schale mit heißem Wasser (z.B. 80 °C) und eine Schale mit kaltem Wasser (z.B. Eiswasser) wird ein Peltier-Element geklemmt. Daran wird ein Propeller angeschlossen. Je größer die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Schalen ist, desto schneller dreht sich der Propeller. Nach einer gewissen Zeit bleibt der Propeller stehen. Eine Messung ergibt, dass die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Schalen nur noch wenige Grad beträgt.



### Weitere Versuche

**V5** Reibe deine Hände ein paar Mal kräftig gegeneinander. Du spürst eine Erwärmung an den Händen.

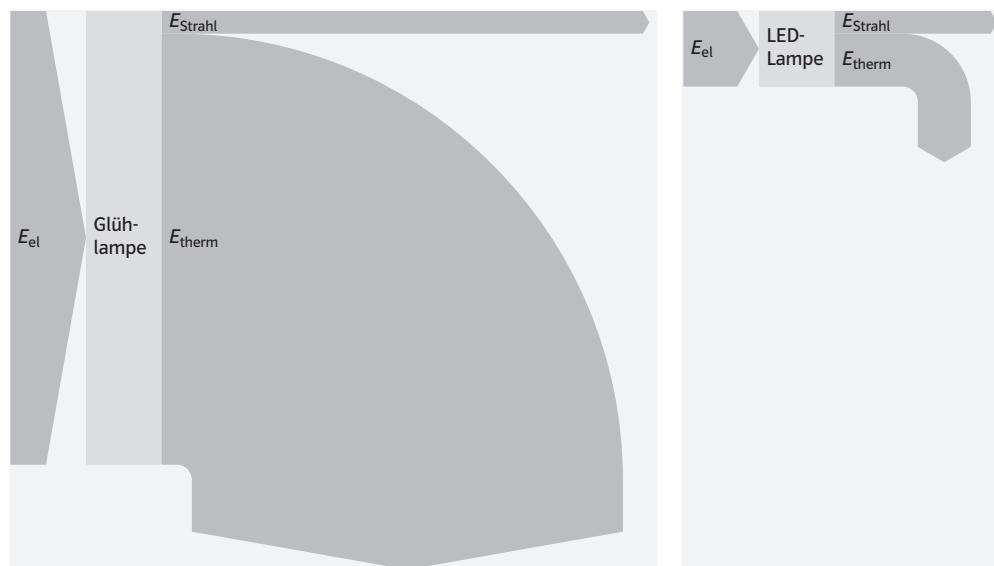
### Material

–

### Lösungen der Aufgaben

**A1** ○ Die zu Beginn vorhandene Lageenergie der ausgelenkten Schaukel wird entwertet, d.h. bei jeder Hin- und Herbewegung der Schaukel wird ein Teil der mechanischen Energie in thermische Energie bei niedriger Temperatur überführt. Diese steht dann nicht mehr für die Bewegung zur Verfügung – die Pendelhöhe nimmt ab bis die Schaukel stehen bleibt.

**A2** ○ Bem.: Die Energieübertragungskette kann an dieser Stelle natürlich nur qualitativ sein. Wichtig ist, dass der Pfeil, der die (sichtbare) Strahlungsenergie repräsentiert in beiden Diagrammen gleich breit ist (= gleiche Helligkeit) und der Pfeil für die zugeführte elektrische Energie bei der Glühlampe rund sechsmal breiter ist als bei der LED-Lampe. Der Wirkungsgrad von Glühlampen liegt bei 5%, der von LED-Lampen bei 30%.



**A3** ○ Alle Vorgänge laufen von allein, d.h. ohne Energiezufuhr, nur in eine bestimmte Richtung ab, und zwar so, dass die anfangs zur Verfügung stehende Energie entwertet wird.

- a) Das Streichholz brennt ab (die chemische Energie des Holzes wird zunächst in thermische Energie bei hoher Temperatur und dann in thermische Energie bei niedriger Temperatur überführt)
- b) Die Laufrichtung des Films wird man nicht bestimmen können, weil man die Überführung der chemischen Energie der Nahrung (die zur Bewegung der Muskeln notwendig ist) in thermische Energie bei nur einem Sprung nicht erkennen kann. Bei mehreren Sprüngen nacheinander wird die Person schließlich ins Schwitzen geraten – dann ist die Laufrichtung des Films erkennbar.
- c) Die Entwertung der ursprünglichen Lageenergie des Fadenpendels ist bei fünf Schwingungen vermutlich noch nicht zu erkennen. Erst nach vielen Schwingungen erkennt man die Verringerung der Pendelhöhe und kann damit die Laufrichtung des Films feststellen.

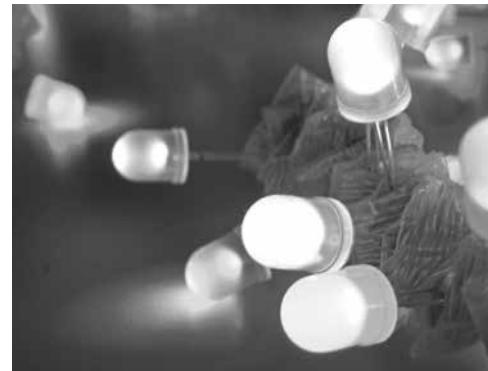
## (S. 92) 4.8 Der Wirkungsgrad

**Lernziele** SuS nutzen die Definition des Wirkungsgrades (der Wirkungsgrad ist das Verhältnis von nutzbarer zu aufgewandter Energie) zur Berechnung. Sie erläutern, dass der Wirkungsgrad immer kleiner gleich 1 sein muss.

**Begriffe** Nutzbare Energie, Wirkungsgrad

**Hinweise/Kommentar** Der Begriff Wirkungsgrad ist bei den SuS weniger bekannt und wird auch im Alltag wenig diskutiert. Evtl. kennen einzelne SuS Energiekennzeichnungen wie beispielsweise A++ o.Ä. Gerade im Hinblick auf CO<sub>2</sub>-Einsparungen und einen Wandel im Umgang mit Energie ist die genauere Betrachtung des Wirkungsgrades wichtig.

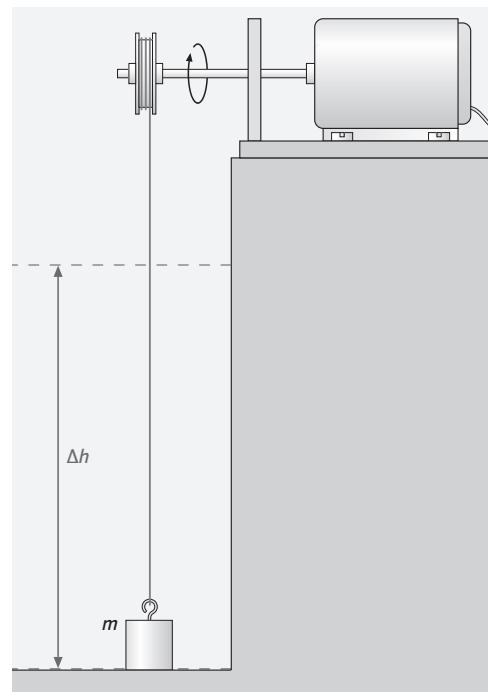
**Einstieg** LED-Lampen finden immer mehr Einzug in die privaten Haushalte. Moderne Lampen sind fast ausschließlich LED-Lampen, aber auch Ersatzlampen in den gängigen Fassungen werden als LED-Lampen hergestellt und können damit in „alte“ Leuchten eingesetzt werden. LED-Lampen können Geld und Energie sparen, für den Wirkungsgrad bietet sich ein Vergleich der klassischen Glühlampe mit LED-Lampen an, da die unterschiedliche Energieüberführung in thermische Energie direkt spürbar ist.



### Versuche im Schulbuch

**V1** Mit einem Experimentiermotor werden Gegenstände gehoben. Man misst jeweils Spannung, Stromstärke, Zeit, Hubhöhe und Masse. Beim Vergleich der Energiemengen stellt man fest, dass die erhaltene Lageenergie stets kleiner ist als die dafür eingesetzte elektrische Energie.  
(Hinweis:  $\Delta E_{el} = U \cdot I \cdot \Delta t$ )

**Bemerkung:** Die Berechnung der elektrischen Energie ist nicht Teil des Bildungspflichtigen 7/8 und wird deshalb vorgegeben.



**V2** Wir vermessen eine Sprudelkiste und berechnen damit das Volumen näherungsweise. In der Sprudelkiste befinden sich 12 Flaschen mit je 0,7 Liter Inhalt. Der „Wirkungsgrad“ der Verpackung ergibt sich über den Vergleich der Volumina.



**V3** Wir untersuchen, ob mehr elektrische Energie dazu benötigt wird, eine bestimmte Wassermenge mit einem Wasserkocher oder im Topf auf einer Herdplatte auf dieselbe Temperatur zu erwärmen. Mit einem Energiemessgerät messen wir dabei jeweils die notwendige elektrische Energie, um 1 Liter Wasser von Raumtemperatur auf 95 °C zu erhitzen. Bei einer mobilen Herdplatte zeigt das Energiemessgerät eine deutlich höhere Energiemenge an als beim Wasserkocher.



#### Lösungen der Aufgaben

**A1** ○ Ein Wirkungsgrad von 40% bedeutet, dass 40% der zugeführten Energie (hier in Form von Benzin) dazu verwendet wird, das Auto in Bewegung zu versetzen. Die restliche Energie ist vor allem als thermische Energie nicht nutzbar.

**A2** ○ a) Individuelle Lösungen

b) Durch einen niedrigen „Verpackungswirkungsgrad“ wird dem Kunden suggeriert, dass in einem Produkt mehr Inhalt vorhanden ist. Dies kann daher zu Marketingzwecken genutzt werden. Allerdings werden die Kunden dadurch getäuscht, was sich u.a. negativ auf das Image der Firma auswirken kann.

**A3** ● Der Wirkungsgrad beschreibt den Quotienten aus nutzbarer und zugeführter Energie. Aufgrund des Energieerhaltungssatzes kann die nutzbare Energie nicht größer als die zugeführte Energie sein. Daher muss der Quotient immer kleiner gleich 1 sein.

**A4** ● Der Gesamtwirkungsgrad ergibt sich aus dem Produkt der einzelnen Wirkungsgrade:  
 $\eta = 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,6 = 0,24 = 24\%$

(S. 94)

#### Exkurs Energieversorgung durch Wasserkraftwerke

**Lernziele** SuS erklären einen technischen Prozess sowohl funktional als auch aus energetischer Sicht.

**Begriffe** Wasserkraftwerk, Turbine

**Hinweise/Kommentar** Die Seite kann als Grundlage für eine Präsentation verwendet werden. Am Beispiel eines Wasserkraftwerkes wird sowohl das prinzipielle technische Funktionsprinzip erläutert (vgl. Modellkraftwerk in B3 des Schülerbandes) als auch die in jedem Schritt stattfindenden Energieübertragungsprozesse (vgl. Energieübertragungskette in B1 des Schülerbandes).

#### Lösungen der Aufgaben

**A1** ○ Die Lageenergie hängt von der Masse und der Höhendifferenz ab. Entsprechend hängt die in einem Stausee gespeicherte Energie von der Wassermenge (also der Masse des Wassers) und dem Höhenunterschied zwischen dem Stausee und der Generatorturbine ab. Große Höhenunterschiede gibt es in Deutschland nur in den Alpen (und den Mittelgebirgen).

**A2** ○ Staudämme/Stauseen verändern unmittelbar die Lebensumstände der dort lebenden Menschen (z.B. durch die Umsiedlung ganzer Dörfer und Städte oder durch Auswirkungen auf die Arbeit der Menschen, weil landwirtschaftliche Flächen durch den See überflutet werden).

Sie bedeuten einen starken Eingriff in die Natur: sie beeinflussen durch die große Wasserfläche das Mikroklima, die Flora und die Fauna (z.B. Stechmückenplage); sie verändern durch die Regulierung der Flüsse deren Materialtransport an Schlamm und Geröll (z.B. Nil-schlamm-Problematik); sie bilden unüberwindliche Hindernisse für Fische (z.B. Lachse); usw.

**Lernziele** SuS lernen Leistungen kennen, die im Alltag vorkommen und können diese vergleichen und bewerten.

**Begriffe** Pferdestärke, Typenschild

**Hinweise/Kommentar** SuS kennen unterschiedliche Leistungen vor allem aus dem Automobilbereich und sie kennen die physikalische Definition der Leistung und den Umgang damit. Um argumentieren und diskutieren zu können, müssen unterschiedliche Leistungen miteinander verglichen werden. Aus diesem Vergleich wird auch ersichtlich, weshalb Maschinen aus unseren Produktionsprozessen nicht mehr wegzudenken sind.

**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Die physikalische Leistung (en\_s1\_ab\_016)

Animationen/Simulationen:

- Mechanische Leistung (en\_s1\_si\_007)

**Lösungen der Aufgaben** **A1** •  $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$ , die Energiedifferenz ergibt sich aus der Änderung der Lageenergie.

$$\Delta E_L = m \cdot g \cdot h = 2000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 150 \text{ m} = 2943000 \text{ J}$$

$$\text{Die benötigte Zeit ergibt sich aus } \Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{150 \text{ m}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 30 \text{ s}$$

$$\text{Damit erhält man für die Leistung: } P = \frac{2943000 \text{ J}}{30 \text{ s}} = 98100 \text{ W} = 90,1 \text{ kW}$$

**A2** • Individuelle Lösungen: Die Leistungen liegen etwa zwischen 1 MW für Windgeneratoren bis über 1000 MW für große Kohle- bzw. Kernkraftwerke.

**A3** • Individuelle Lösungen: Zunächst muss die maximal mögliche Leistung ermittelt werden. Dies geschieht mit der in der Lerneinheit zuvor angegebenen Formel für die elektrische Leistung:  $P = U \cdot I = 230 \text{ V} \cdot 16 \text{ A} = 3680 \text{ W}$

**Fachwissen**

wahr: 2, 5, 6, 7

falsch: 1, 3, 4, 8, 9

**Kommunikation**

BREMSE, SPANNENERGIE, WATT, ENTWERTUNG, LED, MOTOR, LEISTUNG, JOULE

Lösungswort: BATTERIE

**Erkenntnisgewinnung**

richtig sind 1, 2, 4

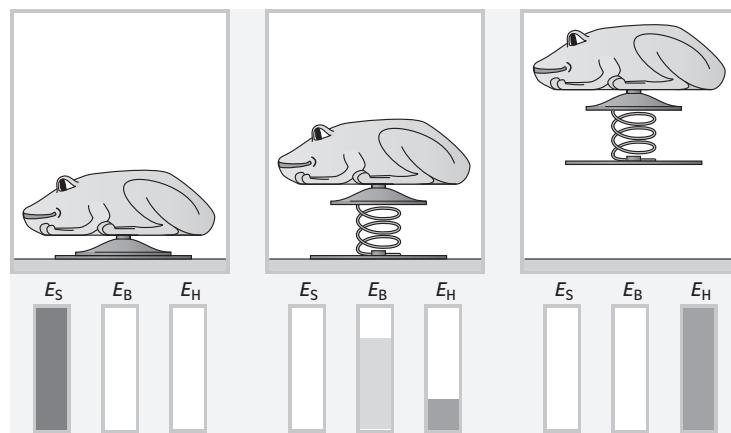
**Bewerten**

richtig sind 2, 3

**A1** ● Aufgestautes Wasser treibt Turbinen, hochgezogene Massenstücke treiben Pendel und Zeiger einer Uhr an, ein gehobener Rammbock treibt Pfähle in die Erde.

**A2** ○ Mit einer gespannten Feder kann man etwas bewegen (Spielzeugauto) oder hochheben (Trampolin).

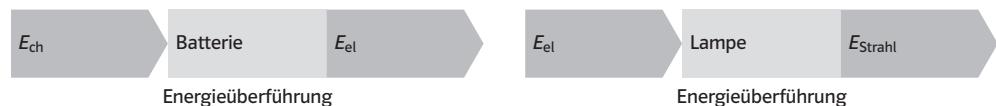
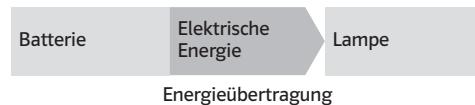
**A3** ● In der gespannten Feder steckt Spannenergie; beim Entspannen nimmt diese ab und wird z.T. auf den Körper des Frosches übertragen und dabei in Bewegungsenergie umgewandelt. Da der Körper gleichzeitig gehoben wird, erfolgt auch Umwandlung in Lageenergie. Im dritten Bild erkennt man, dass auch die Feder und der Fuß gehoben werden. Die Umwandlung der Bewegungsenergie erfolgt nun direkt in Lageenergie. Im höchsten Punkt ist die gesamte Spannenergie (zum Teil direkt, zum Teil über den „Umweg“ Bewegungsenergie) in Lageenergie umgewandelt.



**A4** ● Herr Sparfuchs hat Recht, wenn er vom Prinzip der Energieerhaltung spricht. Wenn er Energie nutzt, wird sie nur in andere Energieformen überführt, z.B. wenn er mit einem Fahrradstuhl einige Stockwerke hochfährt. Diese Lageenergie steht aber dem „Lieferanten“ der elektrischen Energie nicht zur Verfügung. Außerdem wird bei den allermeisten Nutzungen Energie entwertet, weil ein Teil in thermische (bzw. innere) Energie überführt wird. Schließlich muss ein Energieversorgungsunternehmen auch die Vorrichtungen zur Energienutzung bereithalten, z.B. die Versorgungsleitungen für elektrische Energie. Herr Sparfuchs muss also zahlen.

**A5** ● Die Energie der Sonne wird in mehreren Schritten in Bewegungsenergie der Luft überführt. Zunächst wird die Energie des Sonnenlichtes in den Solarzellen in elektrische Energie überführt. Die elektrische Energie treibt den Elektromotor bzw. die Achse mit dem Propeller an. Der Elektromotor überführt also elektrische Energie in Bewegungsenergie. Der Propeller erzeugt einen Luftstrom, überträgt also die Bewegungsenergie von der Achse auf die Luft.

**A6** ● Die obere Übertragungskette beschreibt eher die Übertragung der Energie von der Quelle auf die Lampe. Die untere beschreibt eher den Überführungsprozess, z.B. in der Lampe von elektrischer Energie in Strahlungsenergie.



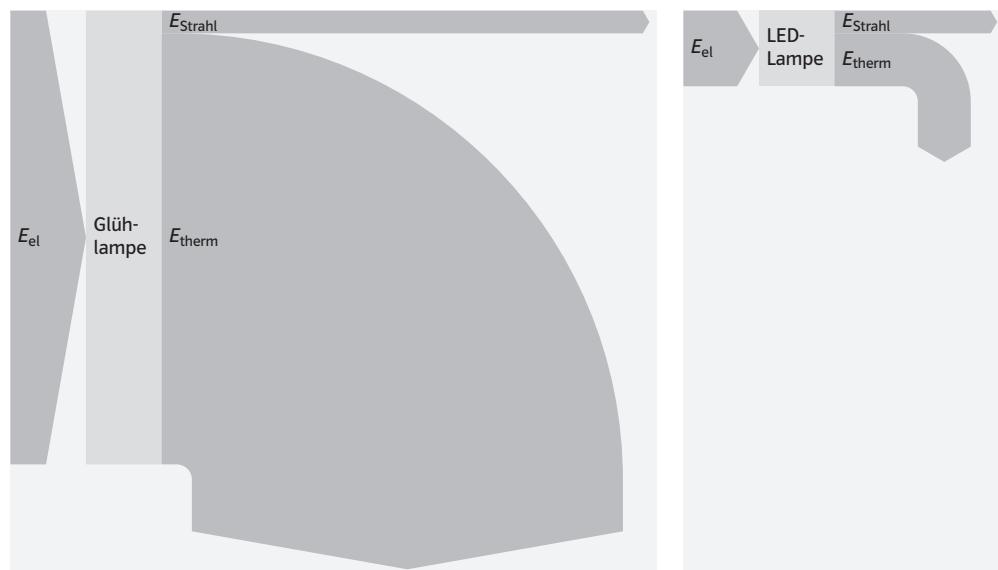
**A7** ● Die Behauptung Rudis steht im Widerspruch zum Prinzip der Energieerhaltung. Wenn es keine Energieentwertung gäbe, könnte sich die Maschine maximal selbst am Laufen halten (Motor treibt Generator an, der liefert elektrische Energie für den Motor). Da es aber keinen Vorgang ohne – wenn auch noch so geringe – Energieentwertung gibt, bleibt jede derartig konstruierte Maschine stehen, sobald die zu Beginn zugeführte Energie entwertet ist.

Um zusätzlich auch noch die Lampe zu betreiben, müsste – selbst ohne Energieentwertung – Energie erzeugt werden.

**A8** ● Um einen Gegenstand zu erwärmen, muss ihm Energie – z.B. als thermische Energie – zugeführt werden. Gibt er thermische Energie ab, so wird er kälter (sofern keine Aggregatzustandsänderung stattfindet). Demnach ergibt sich:

- a) Es wird genau so viel Energie zugeführt wie abgeführt, die Temperatur des Körpers ändert sich nicht.
  - b) Es wird mehr Energie zugeführt als abgeführt. Die Temperatur des Körpers steigt.
  - c) Es wird mehr Energie abgeführt als zugeführt. Die Temperatur des Körpers fällt.
- Bei der Deutung wurde die Pfeilbreite als Energie pro Zeit interpretiert.

**A9** Man kann mit der LED-Lampe sparen, weil ein größerer Teil der elektrischen Energie in Strahlungsenergie des sichtbaren Lichts überführt wird. D.h., für einen bestimmten Bedarf an Licht wird weniger elektrische Energie benötigt.



**A10** Mit dem Exkurs „Leistung im Alltag“ weiß man, dass ein schneller, großer Aufzug eine Geschwindigkeit von 5 m/s und eine Masse von 5 t besitzt. Darauf beruhend macht es Sinn, bei einem Haushaltaufzug eine Geschwindigkeit von 0,5 m/s und ein Gewicht von 2 t anzunehmen (alternativ: Recherche im Internet, dort findet man bei Personenaufzügen Geschwindigkeiten zwischen 0,15 und 1 m/s). Eine Durchschnittsperson könnte eine Masse von 70 kg haben (Hinweis: die Aufzugshersteller rechnen mit 75 kg!), damit haben 5 Personen eine Masse von ca. 350 kg. Die Geschosshöhe kann auf 2,5 m bis 3 m geschätzt werden, somit liegt das siebte Geschoss in einer Höhe von rund 20 m. Der Ortsfaktor wird auf 10 m/s<sup>2</sup> gerundet.

Damit ergibt sich für die Schätzung:  $\Delta E_L = m \cdot g \cdot h = 2350 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 20 \text{ m} = 470000 \text{ J} = 470 \text{ kJ}$   
Der Aufzug benötigt

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{20 \text{ m}}{0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 40 \text{ s}$$

für die Fahrt. Somit kann man die Leistung eines Aufzuges schätzen auf

$$P = \frac{\Delta E_L}{\Delta t} = \frac{470000 \text{ J}}{40 \text{ s}} = 11750 \text{ W} \approx 12 \text{ kW}$$

**A11** a) Im Zähler steht immer die Einheit kJ für Energie, im Nenner die Einheit einer Größe, die eine Menge des jeweiligen Stoffes beschreibt. Die Maßzahl gibt die Energie an, die bei Verbrennung jeweils einer Mengeneinheit zur Verfügung steht.

b)

Steinkohle	liefert	
1kg	$30 \text{ MJ} = 30000 \text{ kJ}$	: 30 000
$\frac{1}{30000} \text{ kg}$	1kJ	· 350
$\frac{350}{30000} \text{ kg} = 0,012 \text{ kg}$	350 kJ	

Analog ergibt sich:  
0,023 kg Brennholz und 0,010 l Heizöl



# 5 Magnetismus



## Kommentar

Das Kapitel behandelt die elementaren Eigenschaften von Permanentmagneten und magnetisierbaren Stoffen. Das Thema eignet sich hervorragend, um in alle wesentlichen physikalischen Arbeitstechniken (systematisches Experimentieren, Dokumentieren usw.) bis hin zur Modellbildung (Elementarmagnete, Feld als Wirkungsbereich eines Magneten) einzuführen.

Alle Inhalte können mit sehr einfachen und anschaulichen Versuchen erarbeitet werden, die kein experimentelles Geschick und keine aufwändigen Vorrich-

tungen erfordern. Das benötigte Material lässt sich ohne großen Aufwand beschaffen oder ist in der Sammlung vorhanden. Die Experimente eignen sich daher sehr gut für Schülertätigkeit, sei es in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit oder im Rahmen eines Lernzirkels.

## Lösung der Einstiegsaufgabe

Die SuS kennen sicher die Antwort. Es kann im Anschluss dann direkt auf die Frage „Welche Eigenschaft müssen die Messer haben, damit sie an dem Magneten halten?“ übergegangen werden.

---

(S.100) **5.1 Wirkung von Magneten**

**Lernziele** Magnete ziehen nur Gegenstände, die Eisen, Kobalt oder Nickel enthalten an. Die Anziehung kann auch durch Gegenstände hindurch wirken (Magnet wirkt durch Papier auf Kühlschranktür). Die Stellen größter Wirkung heißen Pole des Magneten.

**Begriffe** Magnete, Pole von Magneten

**Hinweise/Kommentar** Im Rahmen dieses Kapitels wird die Wirkung von Magneten auf den Ferromagnetismus von Eisen, Kobalt und Nickel beschränkt. Auf eine komplexere Darstellung des Magnetismus wird aus Rücksicht auf die Zielgruppe bewusst verzichtet.

**Einstieg** Kühlschrankmagnete bieten einen problemorientierten Einstieg in das Kapitel Magnetismus, der eng mit der Alltagserfahrung der Schüler verknüpft ist. Der Aufbau vieler Kühlschrankmagnete unterscheidet sich von den typischerweise in der Schule verwendeten Experimentermagneten. Die Unterschiede in Aufbau und Form bieten Anlass zur Diskussion und experimenteller Untersuchung durch die Schüler.



**Versuche im Schulbuch**

**V1** Bringe verschiedene Gegenstände (z. B. Eisenschraube, Alufolie, Münzen, Schere, Büroklammer, ...) in die Nähe eines Magneten. Prüfe, welche Gegenstände vom Magneten angezogen werden. Die Eisenschraube, die Schere und die Büroklammer werden von einem Magneten angezogen.

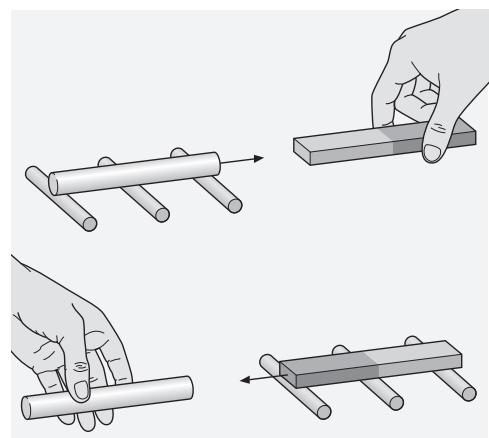


**V2** Hänge möglichst viele Nägel an die lange Seite eines Stabmagneten. Hänge an diese Nägel weitere Nägel. An den Enden des Stabmagneten kannst du mehr Nägel anbringen als in der Mitte.



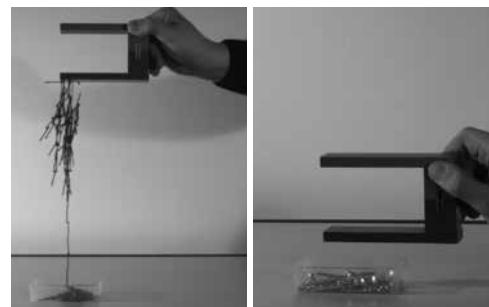
**V3** Teste mit verschiedenen Kühlschrankmagneten, ob beide Seiten Gegenstände, die Eisen enthalten, anziehen. Viele Kühlschrankmagnete ziehen Gegenstände aus Eisen nur auf einer Seite an.

**V4** Lege einen Eisenstab auf runde Holzstäbe. Bringe einen Magneten in die Nähe des Eisenstabes. Wiederhole den Versuch. Lege nun den Magnet auf die Holzstäbe und bringe den Eisenstab in seine Nähe. In beiden Fällen bewegt sich der Gegenstand auf den Holzstäben.



#### Weitere Versuche

**V5** Hält man einen Magnet in eine Kiste mit Eisennägeln und Messingschrauben, so werden nur die Eisennägel angezogen.



**V6** Ein Nagel wird an einen Stabmagnet gehängt. Versuche ihn wieder vom Magnet abzu ziehen. Hänge ihn an einen anderen Punkt des Magneten und wiederhole den Versuch. Je näher sich der Nagel an einem der beiden Enden befindet, desto größer ist die benötigte Kraft, ihn wieder abzuziehen.

#### Material

Kopierzettel Arbeitsblätter:

- Magnetisierbare und nicht magnetisierbare Stoffe (ma\_s1\_ab\_001)

Animationen/Simulationen:

- Eigenschaften von Magneten (ma\_s1\_si\_001)
- Magnetisierbare Stoffe (ma\_s1\_si\_002)

#### Lösungen der Aufgaben

**A1**  Kai bindet einen Magneten der durch das Gullygitter passt an einen Bindfaden und hofft, dass der Schlüssel vom Magneten angezogen wird, sodass er ihn herausziehen kann. Die Idee funktioniert nur, wenn der Schlüssel genug Eisen, Nickel oder Cobalt enthält.

**A2**  So, wie die Aussage formuliert ist, sind alle Metalle gemeint. Dann ist die Aussage falsch. Nur Eisen, Nickel und Cobalt werden angezogen.

**A3**  Man nähert den Gegenstand einigen Büroklammern oder Nägeln aus Eisen. Wenn sie von dem Gegenstand angezogen werden, handelt es sich um einen Magneten.

---

(S.102) **5.2 Pole von Magneten**

**Lernziele** Ein Magnet hat zwei verschiedenartige Pole. Zwei Magnete ziehen sich an, wenn sich verschiedeneartige Pole gegenüber stehen.

**Begriffe** Nordpol, Südpol, Anziehung, Abstoßung, Magnetnadel

**Hinweise/Kommentar** Bei der Bestimmung der Pole kann das Planen eines Experiments in einfachen Kontexten geübt werden.

**Einstieg** Die Spielzeugeisenbahn liefert einen einfachen experimentellen Zugang zur Verschiedenartigkeit der Pole von Magneten. Eine experimentelle Bestimmung der Pole einer Spielzeugeisenbahn mittels Experimentalmagneten bzw. einer Magnetnadel bietet sich an.



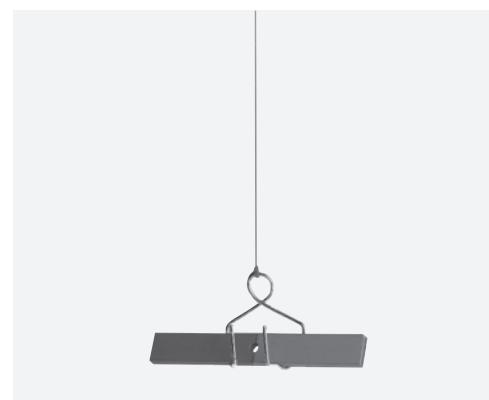
**Versuche im Schulbuch**

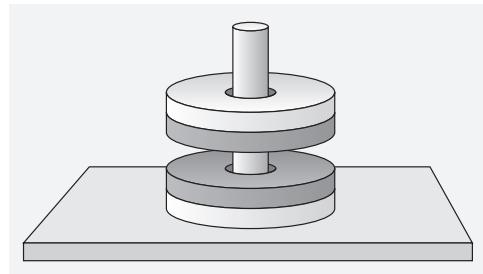
**V1** Untersuche mit einem Stabmagneten die Anziehung von Eisennägeln an beiden Polen. Die Anziehung ist an beiden Polen gleich.

**V2** Nähre die Pole zweier gleicher Stabmagnete, deren Pole farblich gekennzeichnet sind, aneinander. Du machst folgende Beobachtung: die Magnete stoßen sich ab, wenn sich gleichfarbige Enden gegenüberstehen und sie ziehen sich an, wenn sich verschiedenfarbige Enden gegenüberstehen. Überprüfe das Ergebnis mit anders geformten Magneten.



**V3** Hänge einen Stabmagneten wie in der Abbildung frei drehbar auf. Notiere deine Beobachtung. Stoße den Magneten an und beobachte erneut. Der Magnet kommt immer in derselben Ausrichtung zur Ruhe.



**Material**

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Magnetpole und Polgesetze (ma\_s1\_ab\_003a: diff ↓, ma\_s1\_ab\_003b: diff ↑)

Kopiervorlagen Lernzirkel:

- Geheimnis Magnet (ma\_s1\_lz\_001)

Animationen/Simulationen:

- Anziehung und Abstoßung (ma\_s1\_si\_004)

**Lösungen der Aufgaben**

**A1** ○ Der Magnet bewegt sich nach rechts. Es stehen sich gleichartige Pole gegenüber und die stoßen sich ab.

**A2** ● Der Magnet könnte sich nach rechts oder nach links bewegen.

Nach rechts würde Abstoßung anzeigen, d.h., es müssten sich gleichartige Pole gegenüberstehen. Das rechte Ende des Magneten in der Hand könnte grün markiert werden.

Nach links würde Anziehung anzeigen, d.h., es müssten sich ungleichartige Pole gegenüberstehen. Das rechte Ende des Magneten in der Hand könnte rot markiert werden.

**A3** ● Der Magnet könnte sich nach rechts oder nach links bewegen.

Nach rechts würde Abstoßung anzeigen, d.h., es müssten sich gleichartige Pole gegenüberstehen. Die beiden einander zugewandten Enden der Magnete könnten also gleichfarbig markiert werden, man wüsste allerdings nicht, ob ein Nord- oder Südpol vorliegt.

Nach links würde Anziehung anzeigen, d.h., es müssten sich ungleichartige Pole gegenüberstehen. Die beiden einander zugewandten Enden der Magnete könnten also mit verschiedenen Farben markiert werden, man wüsste allerdings nicht, wo ein Nord- oder wo ein Südpol vorliegt.

**A4** ○ Magnete wirken ohne Berührung. Diese beiden Magnete stoßen sich ab, weil sich gleichartige Pole (die Farbe zeigt das an) gegenüberstehen.

Wenn nur der untere Scheibenmagnet umgedreht wird, gelingt der Versuch nicht, weil sich dann ungleichartige Pole gegenüberstehen.

(S.104)

**Methode Dokumentieren****Das schreibe ich mir auf****Lernziele**

SuS dokumentieren Experimente in Form eines Versuchsprotokolls.

**Begriffe**

Versuchsaufbau, Durchführung, Beobachtung, Ergebnis

**Hinweise/Kommentar**

An Hand der Frage „Welche Münzen enthalten Eisen, Nickel oder Cobalt?“ wird das Dokumentieren in einem Versuchsprotokoll geübt. Die Seite dient als Referenz für zukünftige Versuchsprotokolle. Die Erläuterungen in der Seitenspalte helfen den SuS.

**Material**

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Das Versuchsprotokoll (ma\_s1\_ab\_002a: diff ↓, ma\_s1\_ab\_002b: diff ↑)

**Lernziele** SuS gewinnen Erfahrung im Experimentieren. Sie lernen, Versuche sorgfältig durchzuführen und genau zu beobachten. Dabei untersuchen sie physikalische Phänomene systematisch und vergleichen die Ergebnisse. Aus den Ergebnissen leiten sie einfache Zusammenhänge ab.

**Begriffe** Die Begriffe „Stärke“ und „Reichweite“ von Magneten kommen vor, werden aber nicht definiert.

**Hinweise/Kommentar** Für Station III stehen in der Regel keine ausreichend großen Kobalt- und Nickelplatten zur Verfügung. Auch die Eisenplatten sollten eine große Fläche und eine gewisse Dicke haben. Zudem dürfen sie bei der Versuchsdurchführung den Magneten nicht berühren. Bei Station IV könnte eine unterschiedliche Masse der verwendeten Stabmagnete das Ergebnis verändern. Ein schwacher, massereicher Magnet bewegt sich möglicherweise nahezu nicht.

Folgende Ergebnisse könnten die SuS erhalten:

**Station I:** Magnet A hält mehr Nägel als Magnet B und dieser mehr als Magnet C. Magnet A ist der stärkste der drei Magnete.

**Station II:** Die Reichweite von Magnet A ist am größten, weil sich die Büroklammer schon bei einem Abstand von x cm bewegt.

**Station III:** Die magnetische Wirkung kann Eisen nicht (nur schlecht) durchdringen. Durch alle anderen Stoffe wirkt der Magnet (fast) genauso wie ohne Gegenstand.

**Station IV:** Magnet A hat die größte Abstoßungskraft, weil er auf dem Wagen x cm weit wegrollt. Zum Vergleich von sehr schwachen Abstoßungskräften eignet sich der Versuch nicht.

**Material** Kopiervorlagen Lernzirkel:  
- Geheimnis Magnet (ma\_s1\_lz\_001)

## 5.3 Modell von Magneten

### Lernziele

Die SuS deuten die Magnetisierung, z.B. einer Stricknadel, mit Hilfe der Vorstellung, dass Elementarmagnete im Eisen durch einen starken Magneten geordnet werden; sie deuten weitere einfache Phänomene; sie skizzieren für unterschiedlich geformte Magneten Anordnungen von Elementarmagneten, die der Lage der Pole entsprechen und sie erklären mit Hilfe der Vorstellung, dass Elementarmagnete in nicht magnetisiertem Eisen geordnet werden, die Anziehung eines Nagels durch den Nord- wie auch durch den Südpol eines Magneten.

### Begriffe

Modell, Elementarmagnet

### Hinweise/Kommentar

Physikalische Probleme werden durch Idealisierung und Modellierung einer Behandlung und damit einem Verstehen zugänglich. Das Modell der Elementarmagnet ist ein ikonisches Modell. Es liefern Erklärungen für einzelne Beobachtungen, lässt aber auch schnell Grenzen erkennbar werden.

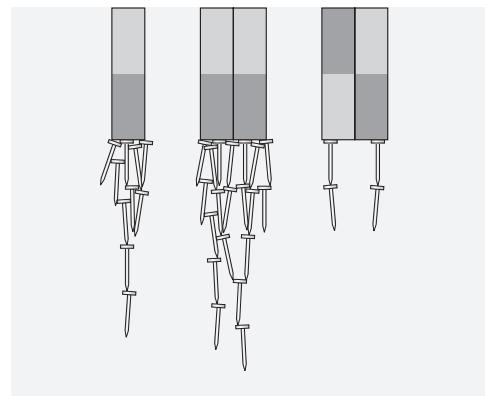
### Einstieg

Durch den Kontakt mit dem Magneten wird die Schraubenmutter selbst vorübergehend zum Magneten und ist damit in der Lage, wie ein solcher, die Münzen zu halten.

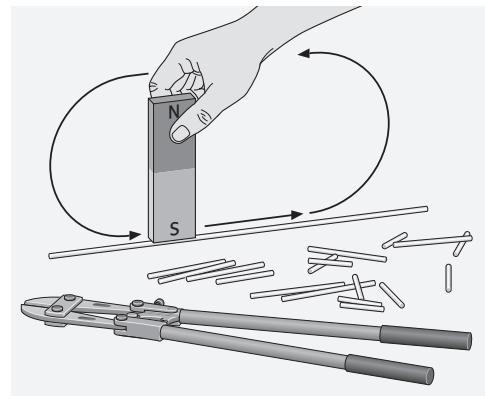


### Versuche im Schulbuch

**V1** Hebe mit dem Nordpol eines Stabmagneten Nägel aus einem Haufen hoch. Halte zwei identische Stabmagnete so zusammen, dass sich einmal zwei Nordpole gegenüberstehen und einmal ein Nord- und ein Südpol. Hebe mit diesen Kombinationen Nägel aus dem Haufen hoch.  
Die Kombination aus Nord- und Südpol hält die wenigsten Nägel.



**V2** a) Streiche mehrmals mit einer Seite eines starken Magneten über eine Stricknadel. Prüfe dann die Stricknadel mit einer Magnetnadel.  
Die Magnetnadel reagiert wie bei einem Magnet.

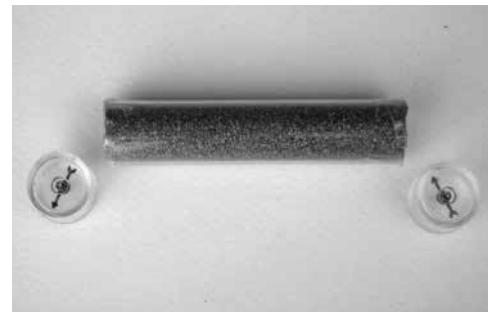


b) Die Stricknadel aus V2a) wird mit einer Zange mehrmals durchgekniffen. Untersuche die Teile mit der Magnetnadel.  
Jedes Teilstück verhält sich wie ein einzelner Stabmagnet.

c) Lege die Stücke der Stricknadel aus V2b) auf eine feste Unterlage und schlage mehrmals mit einem Hammer darauf. Untersuche sie mit der Magnetnadel.  
Ihre magnetische Wirkung ist verschwunden.

**V3** Fülle ein Plastikröhrchen mit Eisenstäben. Streiche mit dem Nordpol eines Supermagneten mehrmals von links nach rechts daran entlang.

Die Eisenstäbe bilden jetzt lange Ketten. Eine Magnetnadel zeigt an, dass das linke Ende des Röhrchens zum Nordpol, das rechte zum Südpol geworden ist. Durch Schütteln kannst du die Ordnung der Eisenstäbe stören. Das Röhrchen ist kein Magnet mehr.



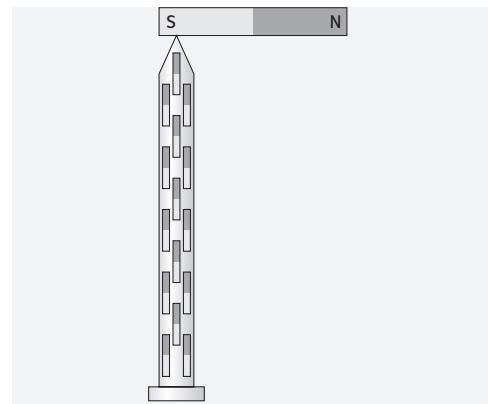
#### Material

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

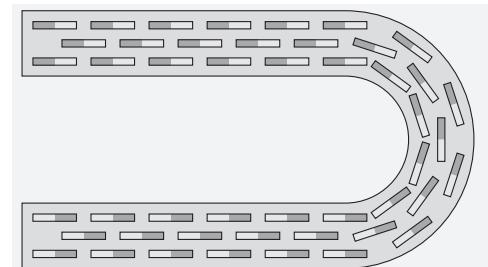
- Magnete herstellen (ma\_s1\_ab\_004a: diff↓, ma\_s1\_ab\_004b: diff↑)

#### Lösungen der Aufgaben

**A1** Die SuS können sich z. B. an dem Beispiel im Schulbuch orientieren, wo der Kopf eines Nagels dem Nordpol eines Dauermagneten zugewandt ist.



**A2** Zur Lösung dieser Aufgabe müssen sich die SuS soweit in das Modell hineindenken, dass sie die Elementarmagnete nicht nur an den Polen richtig anordnen, sondern auch in der Biegung des Hufeisenmagneten. Es handelt sich also um eine erste eigenständige Anwendung der gedanklichen Vorstellung in einem vorher noch nicht gewohnten Zusammenhang.



**A3** Wenn dem Gegenstand aus Eisen der Nordpol eines Magneten zugewandt ist, richten sich die Elementarmagnete des Eisenstücks so aus, dass ihre Südpole dem Magneten zugewandt sind. Ungleichartige Pole ziehen sich an. Ist dem Eisenstück der Südpol des Magneten zugewandt, richten sich die Elementarmagnete so aus, dass dem Magneten ihre Nordpole zugewandt sind - daher auch in diesem Fall Anziehung.

## 5.4 Das Magnetfeld

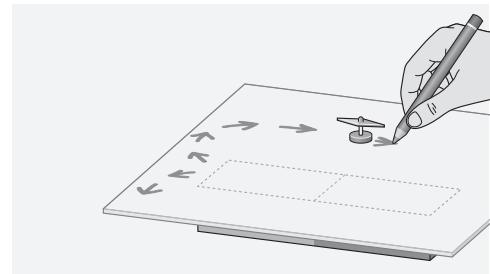
<b>Lernziele</b>	SuS erfahren das Magnetfeld als Hilfe zur Erklärung magnetischer Erscheinungen. Sie nutzen das Bild magnetischer Feldlinien zur Beschreibung von Richtung und Stärke der magnetischen Wirkung.
<b>Begriffe</b>	Magnetfeld, Magnetfeldlinie, Richtung einer Magnetfeldlinie
<b>Hinweise/Kommentar</b>	<p>Das Magnetfeld ist ein Begriff, der in die Alltagssprache Eingang gefunden hat. Er wird hier eingeführt und benutzt ohne Bezug auf die didaktischen Probleme der Modellbildung und ohne die fachwissenschaftliche Diskussion zur physikalischen Struktur des Magnetfeldes einzubeziehen.</p> <p>Der Lehrtext bietet Grundlagen für die Behandlung des Erdmagnetfeldes und das Benutzen eines Kompasses.</p>

**Einstieg** Die abgebildete Briefwaage enthält zwei Magnete, die sich gegenseitig abstoßen. Der obere Zylinder mit einem Magneten ist beweglich. Auf ihm sind Markierungen mit Gewichtsangaben angebracht. Der Strich zum Ablesen des Gewichtes befindet sich auf dem Plexiglasgehäuse. Nach dem gleichen Prinzip funktionieren magnetische Federsysteme z. B. beim Fahrradsattel.

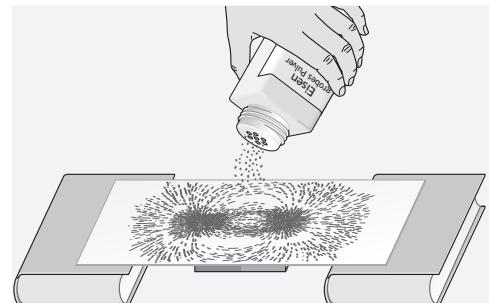


### Versuche im Schulbuch

**V1** Lege eine Pappe auf einen Stabmagneten. Zeichne an verschiedenen Positionen die Ausrichtung einer beweglichen Magnetnadel als Pfeil auf der Pappe ein. Gleiche Positionen ergeben immer die gleiche Pfeilrichtung. Bei vielen Pfeilen lassen sich Muster in der Anordnung erkennen.

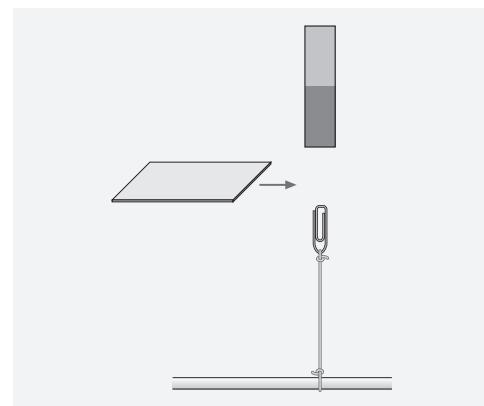


**V2** Streue auf die Pappe in Versuch V1 vorsichtig Eisenspäne. Klopfle währenddessen leicht gegen die Pappe. Es entsteht ein Muster wie in nebenstehender Abbildung.



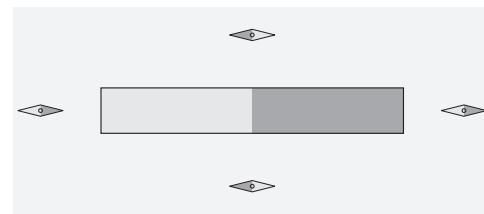
**V3** Wiederhole Versuch V2. Verwende anstelle des Stabmagneten einen Hufeisenmagneten. Es entsteht ein anderes Muster.

**V4** Eine Büroklammer wird mit einem dünnen Faden an einer Unterlage befestigt. Ein Magnet zieht die Klammer an, ohne sie zu berühren. Bringe zwischen die schwebende Klammer und den Magneten eine Eisenplatte. Die Klammer fällt herunter. Bei einer Kunststofffolie anstelle der Eisenplatte wird die Büroklammer weiterhin angezogen.



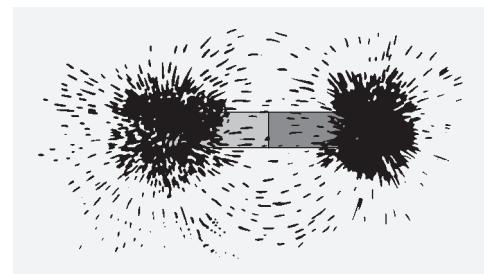
#### Weitere Versuche

**V5** Lege einen Stabmagnet und einen Kompass nebeneinander auf den Tisch. Der Kompass wird auf der Tischplatte um den Stabmagnet herum bewegt. Beobachte die Kompassnadel. Bestimme die Orte, an denen die Kompassnadel parallel zur Richtung der Längsachse des Stabmagneten steht.



**V6** Streut man die Eisenspäne auf eine Glasplatte, so kann man die Feldlinienbilder mit dem Tageslichtprojektor zeigen.

Die räumliche Anordnung ist dabei nicht zu erkennen. Eine direkte Beobachtung mit kleinen im Raum angeordneten Kompassnadeln ist eine sinnvolle Ergänzung.



VORSICHT! Es dürfen keine Späne ins Innere des Projektors gelangen! Es empfiehlt sich, den Projektor mit Folie abzudecken.

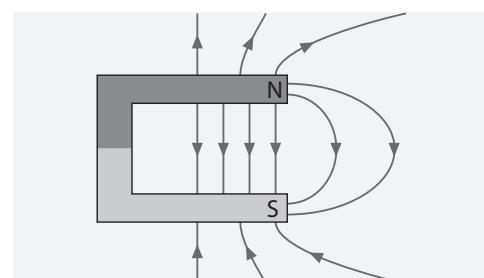
#### Material

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:  
- Erdmagnetfeld und Kompass (ma\_s1\_ab\_005a: diff ↓, ma\_s1\_ab\_005b: diff ↑)

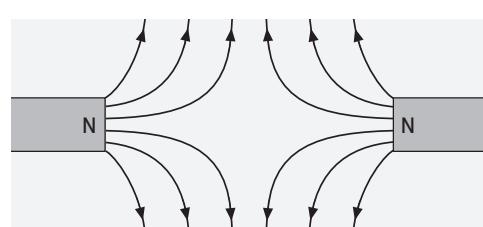
Animationen/Simulationen:  
- Magnetfeld-Experiment (ma\_s1\_si\_005)

#### Lösungen der Aufgaben

**A1** Zwischen den beiden Schenkeln verlaufen die Feldlinie in guter Näherung parallel, d.h., die Wirkung des Magnetfeldes auf einen magnetisierbaren Gegenstand ist dort überall gleich.



**A2**



**Lernziele** SuS kennen den Verlauf der Magnetfeldlinien des Erdmagnetfeldes und die Lage der magnetischen Pole der Erde. Sie erfahren den Kompass als Hilfe zur Richtungsbestimmung und Navigation.

**Begriffe** Erdmagnetfeld, Magnetnadel, geografischer Südpol, geografischer Nordpol, magnetischer Südpol, magnetischer Nordpol

**Hinweise/Kommentar** Das Magnetfeld der Erde ist ein Alltagsbegriff. Es bildet hier die Grundlage zur Behandlung und zum Verständnis des Kompasses als Navigationshilfe. Seit dem Mittelalter diente die Magnetnadel entweder frei aufgehängt oder schwimmend oder drehbar gelagert als Navigationshilfe in der Seefahrt. Die Problematik der Änderung des Erdmagnetfeldes wird aufgezeigt.

**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

– Erdmagnetfeld und Kompass (ma\_s1\_ab\_005a: diff↓, ma\_s1\_ab\_005b: diff↑)

**Lösungen der Aufgaben** **A1** ● Der Pol ist in 110 Jahren ca. 15 Breitengrade von ca. 70°N bis ca. 85°N und ca. 60 Längengrade von ca. 100°W bis ca. 160°W gewandert. Damit ergibt sich eine Strecke von rund 2 000 km. Er durchquerte dabei die Queen-Elisabeth-Islands. Derzeit wandert er jährlich um bis zu 50 km nordwestwärts.

**A2** ● Der Neigungswinkel des Erdmagnetfeldes beträgt in Deutschland zwischen 62° im Süden und ca. 70° im Norden, gemessen gegenüber der Horizontalen. Die Neigung kann mit einer Inklinationsnadel gemessen werden oder mit einem magnetisierten Nagel, der an einem Faden hängt (zuerst ausbalancieren, dann magnetisieren).

**Lernziele** SuS erfahren den Kompass als Hilfe zur Orientierung im Gelände. Sie können eine Karte mit Hilfe eines Kompasses einordnen.

**Begriffe** Kompass, Orientierung, Navigation, Einnorden einer Karte

**Hinweise/Kommentar** Im Text wird der Bogen gespannt von der Sternnavigation über die Kompassnavigation bis zur heutigen Navigation mittels GPS. Schon vor mehr als 2000 Jahren wurde ein drehbar gelagerter Löffel aus magnetischem Material zur Richtungsbestimmung genutzt. Der Löffel war so gestaltet, dass sein Griff die Südrichtung angab. Bis ca. 1500 n. Chr. Navigierte man in Europa vorwiegend nach den Gestirnen. Erst im 15. Jahrhundert entwickelt sich der Schwimmkompass als Navigationshilfe.

**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

– Erdmagnetfeld und Kompass (ma\_s1\_ab\_005a: diff↓, ma\_s1\_ab\_005b: diff↑)

**Lösungen der Aufgaben** **A1** ○ 200 n. Chr. in China: Löffel aus Magnetstein zur Anzeige der Südrichtung; ca. 1500 n. Chr. (Columbus): auf Wasser schwimmende Magnetnadel zur Bestimmung der Nordrichtung; ca. 1600 n. Chr.: beweglich aufgehängte Magnetnadel, die sich über einer Winkelskala dreht (Kompass); ca. 2000 n. Chr.: Magnetsensoren in Handys

**A2** ○ Auf der Karte ist Norden oben. D.h. Selbstbau-Kompass auf die Karte stellen und dann die Karte unter dem Kompass drehen bis die Kompassnadel genau zum oberen Kartenrand zeigt.

**Fachwissen**

wahr: 1, 2, 4, 6, 8  
 falsch: 3, 5, 7, 9, 10

**Kommunikation**

NICKEL, POLE, MAGNETFELD, NORDPOL (BZW. SUEDPOL), MAGNETNADEL, ABSTOSSUNG, SUEDPOL

Lösungswort: KOMPASS

**Erkenntnisgewinnung**

- 1: a) b) c) d)
- 2: a) c)
- 3: a) b)
- 4: b) d)
- 5: a) b)
- 6: b) c) d)

**Bewerten**

- 1: a)
- 2: a) d)

**A1**  **Der Magnet kann herausziehen: Nagel, Schere, Nickelohrstecker.**

Begründung: Magnete ziehen nur Gegenstände aus Eisen, Kobalt oder Nickel an. Nägel und Scheren enthalten üblicherweise Eisen. Bei der Schere steht in der Aufgabe, dass sie „rostig“ ist, was auf Eisen hindeutet. Der Nagel könnte theoretisch auch aus Messing oder einem ähnlichen Metall, das nicht vom Magneten angezogen wird, bestehen.

**A2**  **a)** Man könnte einen zweiten Magneten, mit gekennzeichneten Polen, nähern. Aufgrund der Abstoßung gleichnamiger Pole und der Anziehung ungleichnamiger Pole kann man damit die beiden Pole des nicht gekennzeichneten Magneten identifizieren.

**b)** Es wird eine Kompassnadel neben den Magneten gestellt. Der Kompass zeigt zum geographischen Nordpol oder magnetischen Südpol. Nahe am Magneten gibt er also an, wo der Südpol des Magneten liegt.

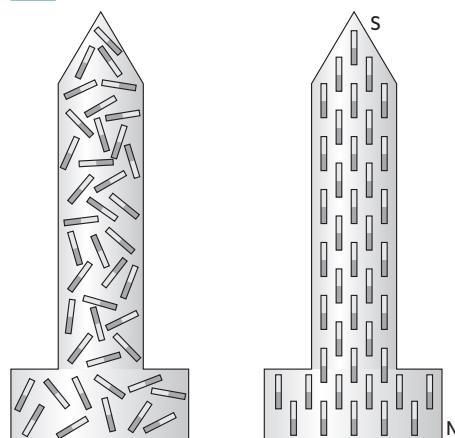
**c)** Wird der Magnet beweglich aufgehängt, so wirkt er selbst als Kompassnadel. Bei Kenntnis der geographischen Nord - und Südrichtung kann man so ebenfalls die Pole erkennen: der Nordpol des Magneten zeigt auf den geographischen Nordpol.

**A3**  **Der bewegliche Magnet wird sich drehen, sodass schließlich sein Südpol dem Nordpol des zweiten Magneten gegenüber steht. Beim Annähern des Südpols dreht der bewegliche Magnet seinen Nordpol zum zweiten Magneten.**

**A4**  **Auf dem Bild ist zu sehen, dass sehr viele Eisenfeilspäne an den Enden des Metallstabs hängen. In der Mitte hängen keine Späne. Daraus lässt sich folgern, dass der Eisenstab ein Magnet ist und an den Enden seine Pole liegen, denn die magnetische Wirkung ist an den Polen am größten.**

**A5**  **Man nimmt einen Magneten und streicht mit einem seiner Pole immer in der gleichen Richtung an dem Eisenstab entlang. Dies wird mehrmals wiederholt.**

**A6** ●



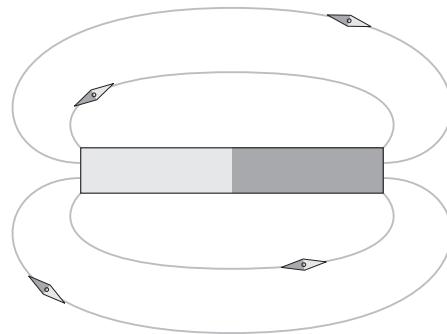
**A7** ● Die Elementarmagnete im Magneten sind z. B. so geordnet, dass alle Nordpole nach oben zeigen und alle Südpole nach unten. Wird der Magnet durchgebrochen, so bleibt die Ordnung erhalten. In jeder Hälfte zeigen wieder die Nord- bzw. Südpole in die gleiche Richtung. Deswegen sind die Hälften wieder Magnete mit beiden Polen.

**A8** ● Bei deutlicher Krafteinwirkung auf einen Magneten geraten die Elementarmagnete im Inneren in Unordnung. Deswegen wird die Magnetwirkung bei Erschütterungen schwächer.

**A9** ● Bei der „schwebenden Büroklammer“ wirkt der Magnet durch die Luft. Das liegt daran, dass er von einem Magnetfeld umgeben ist. Das Magnetfeld sieht man nicht und es wird mit größerem Abstand schwächer, sodass die Kraft nur bei geringem Abstand zwischen Büroklammer und Magnet reicht, um den Faden an der Büroklammer stramm zu halten.

**A10** ● Die Wirkung eines Magneten auf einen Gegenstand wird von dazwischen gehaltenem Eisen, Kobalt oder Nickel abgeschwächt. Der Kompass funktioniert jedoch nur, wenn der kleine Magnet im Inneren vom Erdmagnetfeld beeinflusst werden kann. Deswegen darf das Gehäuse des Kompasses nicht aus Eisen, Kobalt oder Nickel sein. Außer Kunststoff könnte man zum Beispiel auch Messing, Kupfer oder Aluminium verwenden.

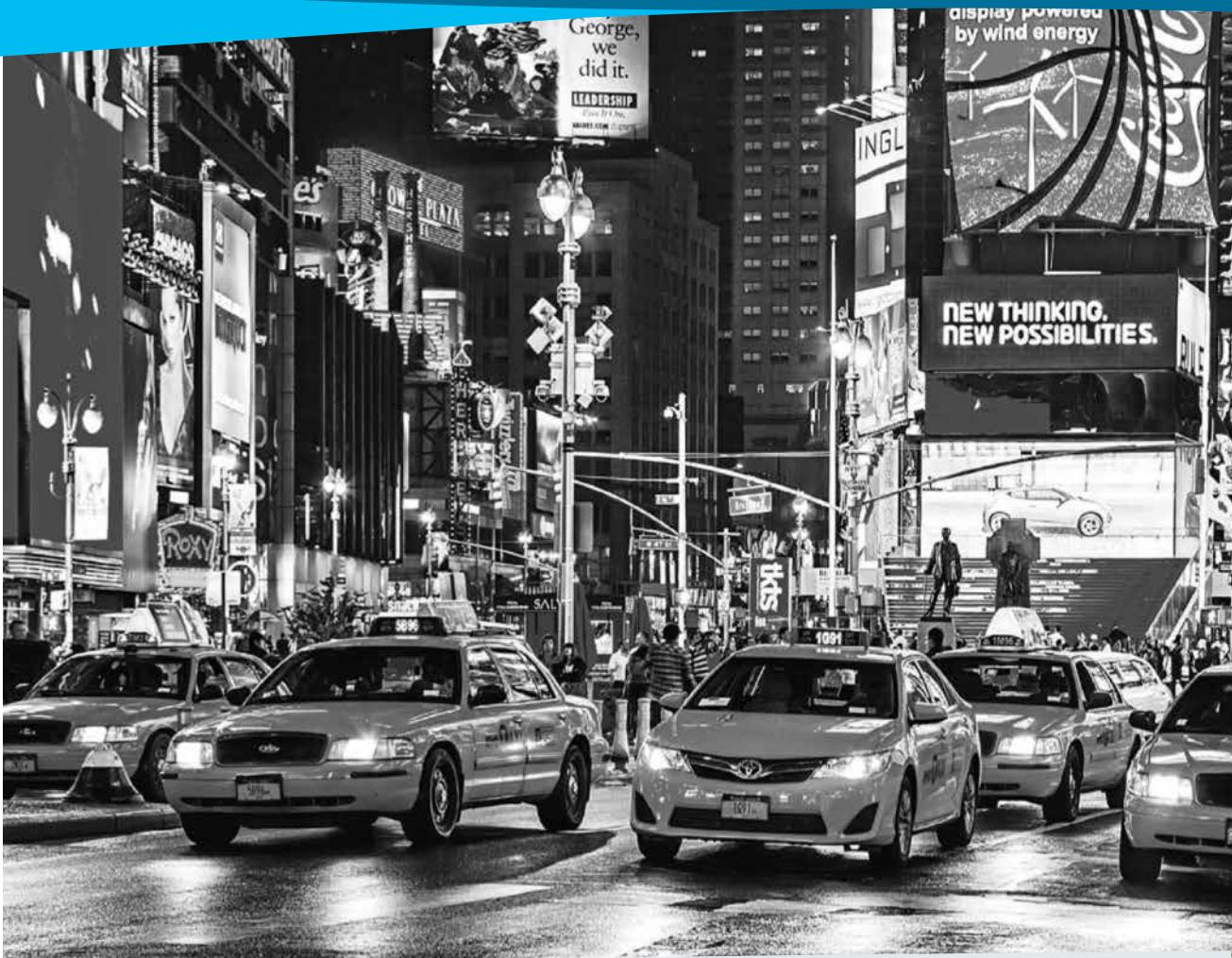
**A11** ●



**A12** ○ Der Hufeisenmagnet wird flach auf den Tisch gelegt. Darauf wird eine dünne aber stabile Pappe (oder dünne Plexiglasplatte) gelegt. Darauf werden nun die Eisenfeilspäne gestreut.



# 6 Stromkreise



## Kommentar

Für dieses Kapitel gilt dasselbe wie für das Kapitel Magnetismus: Alle Inhalte können mit sehr einfachen Versuchen, die hervorragend für Schülertätigkeit geeignet sind, erarbeitet werden. Benötigte Materialien lassen sich leicht beschaffen.

## Lösung der Einstiegsaufgabe

Hier sollen nur einige Beispiele genannt werden: Gleich zu Beginn des Stromausfalls versagt die elektrische Beleuchtung, Fahrstühle, Straßenbahnen, elektrische Eisenbahnen bleiben stehen. Einkaufen in Super-

märkten ist unmöglich, Telefonieren und die Kommunikation im Internet gelingen nicht mehr. Etwas später bricht der gesamte Verkehr wegen fehlender Verkehrsregelung zusammen. Wohnungen mit Zentralheizungen kühlen aus. Nach einigen Tagen gelingt es auch nicht mehr, Operationen im Krankenhaus durchzuführen, wenn für Notstromaggregate nicht mehr genügend Benzin bzw. Dieselkraftstoff zur Verfügung steht. Sorge bereiten dann auch Atomkraftwerke, deren Brennstäbe noch längere Zeit nach dem Abschalten des Werks unter Nutzung von elektrischem Strom gekühlt werden müssen.

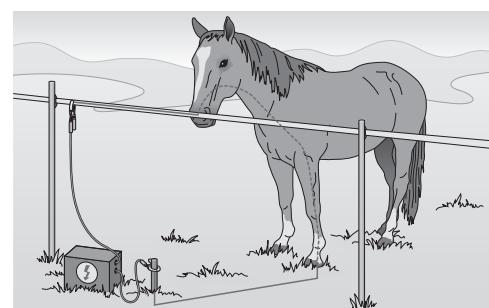
(S.116) **6.1 Elektrische Stromkreise**

**Lernziele** SuS erkennen einfache elektrische Stromkreise und beschreiben deren Aufbau und Bestandteile. Sie charakterisieren elektrische Quellen und Geräte anhand ihrer Spannungsangabe.

**Begriffe** elektrische Quelle, elektrisches Gerät, geschlossener Stromkreis, Leitung, elektrische Pole, Spannung, Batterie, elektrische Leiter, Nichtleiter (Isolatoren)

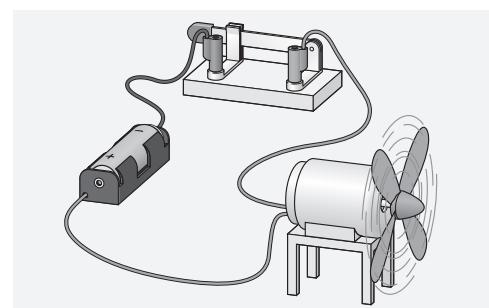
**Hinweise/Kommentar** Die Untersuchung elektrischer Stromkreise erfolgt über einfache Experimente mit Batterien und Lämpchen. Sie werden idealerweise als Schülerexperimente durchgeführt. Zu empfehlen sind Batteriehalter für ein, zwei oder vier Mignonzellen, da es Mignonzellen im Gegensatz zu den kaum noch verwendeten 4,5-V-Flachbatterien günstig in jedem Supermarkt gibt. Hier findet sich auch bereits ein erster Hinweis auf die Gefahren beim Umgang mit elektrischen Quellen. Es wird erarbeitet, dass elektrische Quelle und Gerät zueinander passen müssen (d.h., ihre Spannungen müssen nahezu übereinstimmen) und wie sie miteinander verbunden werden. Dabei wird die Spannung nicht als physikalische Größe eingeführt, sondern ebenso wie die Einheit 1V einfach aus dem Aufdruck oder dem Typenschild von Quellen und Geräten übernommen. Schalter als Möglichkeit, den Stromkreis gefahrlos zu öffnen und zu schließen, werden von Beginn an mitbehandelt.

**Einstieg** Das Einstiegszenario lässt sich für einen problemorientierten Einstieg nutzen: Die Situation wird entweder aufgrund der Alltagserfahrung oder des Hinweisschildes der Elektrizität zugeordnet. Der Stromkreis ist aber nicht ohne weiteres erkennbar: Man erkennt eine Quelle. Von ihrem einen Pol führt ein Draht zum Zaun von dort zur Nase des Pferdes. Der andere Pol der Quelle ist mit der Erde verbunden. Das Pferd berührt mit den Füßen die Erde. Feuchte Erde ist ein Leiter. Damit ist das Pferd auch mit dem zweiten Pol der Quelle verbunden. Nase und Füße sind die „Anschlussstellen“. Der Stromkreis ist geschlossen und das Pferd verspürt einen elektrischen Schlag.

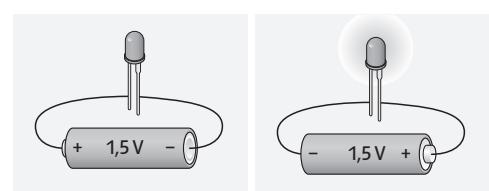


**Versuche im Schulbuch**

**V1** Baue eine Schaltung aus elektrischer Quelle, Schalter und Ventilator auf. Bei geschlossenem Schalter dreht sich der Ventilator. Vertausche die Anschlüsse des Batteriehalters. Der Ventilator dreht sich in umgekehrter Richtung.



**V2** Schließe eine rote LED an eine 1,5-V-Batterie an. Nur bei richtiger Polung leuchtet sie. Wiederhole den Versuch mit einer passenden Glühlampe. Sie leuchtet bei beiden Anschlussmöglichkeiten.



**V3** Bringe eine Glühlampe mit der Aufschrift 3,7V einmal mit der Quelle von 3V und einmal mit der Quelle von 6V zum Leuchten.

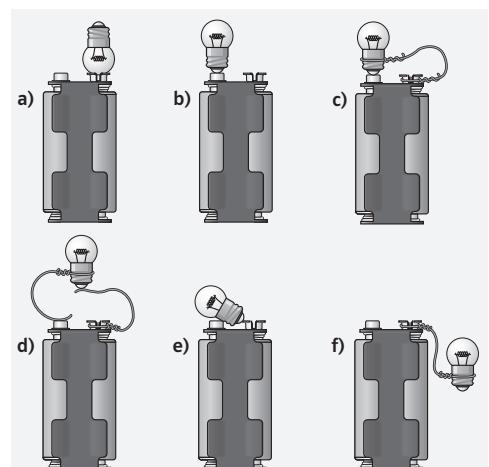
Wiederhole dies mit einer 6-V-Lampe und halte die Ergebnisse in einer Tabelle fest.

		3,7V
	leuchtet normal	
		6,0V
	leuchtet schwach	
	leuchtet sehr hell, nach kurzer Zeit durchgebrannt	leuchtet normal

#### Weitere Versuche

**V4** L schneidet ein Stück eines Elektrokabels auf. SuS untersuchen dessen Aufbau. Es besteht meist aus Kupferdrähten, die von Kunststoff umhüllt sind.

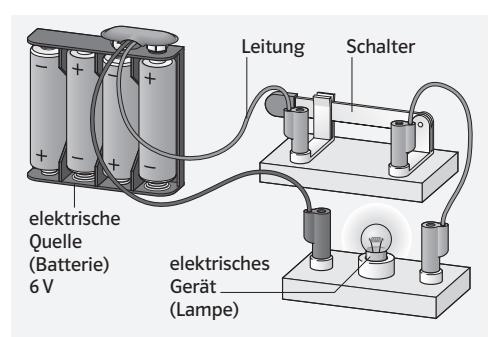
**V5** Führe die Versuche a) bis f) aus der Grafik durch und stelle fest, wann das Lämpchen leuchtet! Ersetze den Batteriehalter für zwei Mignonzellen durch einen für vier. Das Lämpchen leuchtet unterschiedlich hell.



**V6** Versuche das Lämpchen wie in der Abbildung zum Leuchten zu bringen! Man braucht zusätzlich einen Draht.

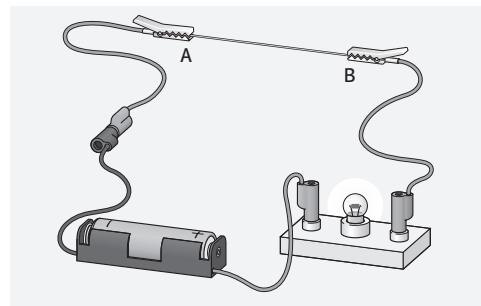


**V7** Baue die Schaltung in nebenstehender Abbildung nach und betätige den Schalter. Der Schalter wird bei der anderen Verbindungsleitung eingefügt. In beiden Zuleitungen kann man mit dem Schalter das Glühlämpchen ein- und ausschalten.



**V8** Verbinde in der nachfolgenden Anordnung die Punkte A und B mit verschiedenen Materialien.

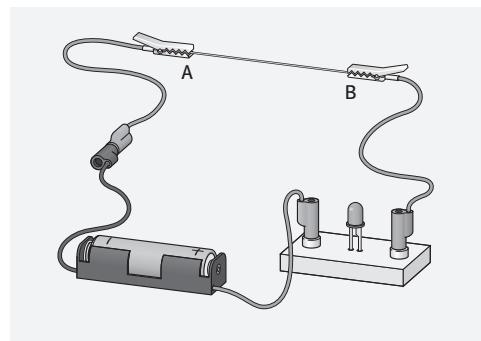
Bei einem Kupferdraht leuchtet die Glühlampe hell, bei einem Eisendraht mit gleicher Länge und gleichem Durchmesser schwächer und bei einem Kunststofffaden gar nicht.



**V9** Ersetze die Lampe in V1 durch eine LED. Beachte dabei die Polung.

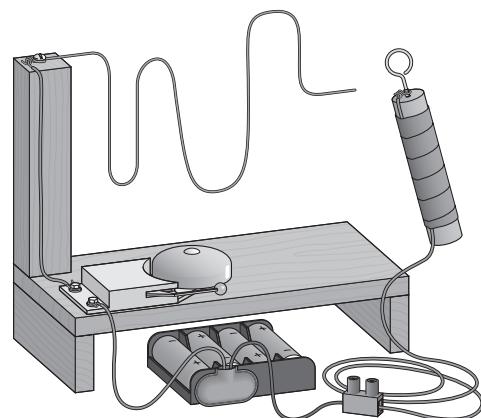
Bei allen Materialien, bei denen die Lampe leuchtet, leuchtet auch die LED. Bei manchen Materialien, z.B. feuchter Erde, leuchtet die LED, die Lampe aber nur sehr schwach oder gar nicht.

**Ergänzung:** Mit zwei zusätzlichen Elektroden wird auch die elektrische Leitung in Salzwasser, destilliertem Wasser oder verdünntem Zitronensaft untersucht.



**V10** Bau eines „heißen Drahts“. Die Abbildung zeigt das Geschicklichkeitsspiel „Heißer Draht“.

Material: 3 Holzbretter, 1 Vierkantholz, 1 Rundholz, 1 Summer, fester Kupferdraht, Leitungskabel, Batterie, 1 ringförmige Metallschraube, Schrauben und Klebeband. Befestige das Vierkantholz an einer Ecke des größeren Bretts (2 Schrauben), schraube den festen Kupferdraht auf dem Kantholz fest. Vergiss nicht, vor dem Festschrauben ein Leitungskabel mit dem Kupferdraht zu verbinden. Drehe die Ringschraube in das Rundholz und verbinde die elektrischen Teile entsprechend der Abbildung mit Leitungskabel. Umwickle das Rundholz und das Kabel mit Klebeband.



**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Der elektrische Stromkreis (el\_s1\_ab\_001a: diff ↓, el\_s1\_ab\_001b: diff ↑)
- Elektrische Gegenstände (el\_s1\_ab\_002a: diff ↓, el\_s1\_ab\_002b: diff ↑)
- Gute und schlechte elektrische Leiter (el\_s1\_ab\_003)
- Welche Stoffe leiten den elektrischen Strom? (el\_s1\_ab\_004a: diff ↓, el\_s1\_ab\_004b: diff ↑)
- Gefahren des elektrischen Stromes (el\_s1\_ab\_006)

Animationen/Simulationen:

- Leitfähigkeit prüfen (el\_s1\_si\_001)

## Lösungen der Aufgaben

A1 ○

Elektrische Quellen	Elektrische Geräte
Steckdose	Waschmaschine
Steckertransformator	Mixer
Akkumulator ("Autobatterie")	Fernsehgerät
Nabendynamo	Smartphone
	Fahrradscheinwerfer
	Autoscheinwerfer

A2 ○

Steckdose	Waschmaschine Mixer Fernsehgerät
Steckertransformator	Handy
Akkumulator	Autoscheinwerfer
Nabendynamo	Fahrradscheinwerfer

A3 ● Morgens weckt dich der Radiowecker nicht. Bei Dunkelheit muss eine Taschenlampe oder ein Handy mit Taschenlampenfunktion gesucht werden. Zum Frühstück gibt es nur kalte Getränke. Kühlschrank, Heizung und andere Anlagen funktionieren nicht.

(S.118)

Methode Dokumentieren **Von der Schaltung zum Schaltplan**

### Lernziele

Die SuS kennen grundlegende Schaltsymbole. Sie können einfache Schaltpläne bei vorgegebenem Versuchsaufbau (Foto oder Zeichnung) zeichnen. Sie können einfache Versuche nach Vorlage eines Schaltplans aufbauen.

### Begriffe

Schaltsymbol, Schaltplan

### Hinweise/Kommentar

Die Doppelseite kann selbständig von den Schülern bearbeitet werden. Diese würden dann die genannten Schaltungen aufbauen und durch einen Schaltplan im Heft dokumentieren. Ziel des Textes ist einerseits, dass die unterschiedlichen Darstellungsformen Zeichnung, Foto und Schaltplan ineinander „übersetzt“ werden können (sofern möglich). Andererseits sollte deutlich werden, dass jede der Darstellungen andere Funktionen hat und keine grundsätzlich „besser“ ist als eine andere.

### Material

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

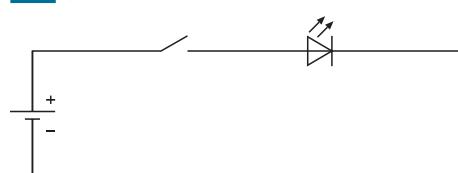
- Schaltpläne (el\_s1\_ab\_005a: diff ↓, el\_s1\_ab\_005b: diff ↑)

Animationen/Simulationen:

- Schaltzeichen (el\_s1\_si\_002)
- Stromkreis (el\_s1\_si\_003)

## Lösungen der Aufgaben

A1 ○



## 6.2 Parallel- und Reihenschaltung

**Lernziele** Die SuS erkennen vorgegebene (reale oder abgebildete) Schaltungen mehrerer Lampen als Parallel- bzw. Reihenschaltungen; bauen entsprechende Reihen- und Parallelschaltungen selbst sachgerecht auf; fertigen entsprechende Schaltskizzen an und kennen die Bedeutung der beiden Schaltungstypen im Alltag.

**Begriffe** Parallelschaltung, Reihenschaltung

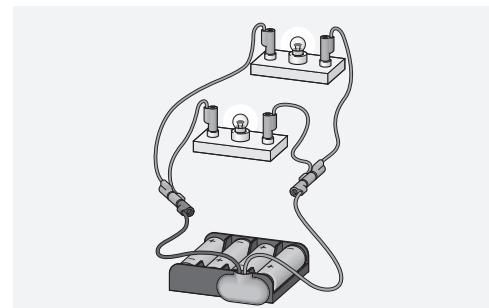
**Hinweise/Kommentar** Im Hinblick auf technische Anwendungen im Alltag werden die bisher gelernten Grundlagen am Beispiel von Reihen- und Parallelschaltung vertieft. Reihenschaltungen von mehreren (verschiedenen!) elektrischen Geräten finden sich im Alltag der Schüler zwar kaum, trotzdem fällt es ihnen oft leichter, die Reihenschaltung von gleichen Lampen im Experiment zu realisieren als deren Parallelschaltung. Die Anwendung der neuen Schaltungstypen auf Schalter bzw. Batterien ist nicht selbsterklärend. Die Formulierung „Für jede einzelne Lampe bilden jeweils die beiden anderen Lampen einen Teil der Leitung.“ im Schülerbuch bereitet u.a. auf die in späteren Jahrgangsstufen erforderliche Anwendung der Reihenschaltung zur Messung der Stromstärke vor. Die Erarbeitung kann auch im Rahmen eines Lernzirkels erfolgen, einschließlich auch darüber hinausgehender Schaltungen (UND-Schaltung, ODER-Schaltung, Wechselschaltung).

**Einstieg** Das aus dem Alltag vertraute Beispiel führt zu der neuen Fragestellung, wie man mehr als ein elektrisches Gerät mit einer elektrischen Quelle betreiben kann.

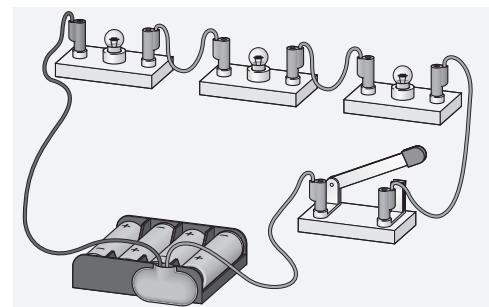


### Versuche im Schulbuch

**V1** Baue einen Stromkreis mit einer Glühlampe in Fassung und einer Batterie. Schalte dann eine gleiche zweite und dritte Lampe mit jeweils eigenem Stromkreis an die Batterie an. In allen Fällen leuchten die Lampen annähernd gleich hell. Drehe eine Lampe aus der Fassung. Die anderen leuchten weiter.

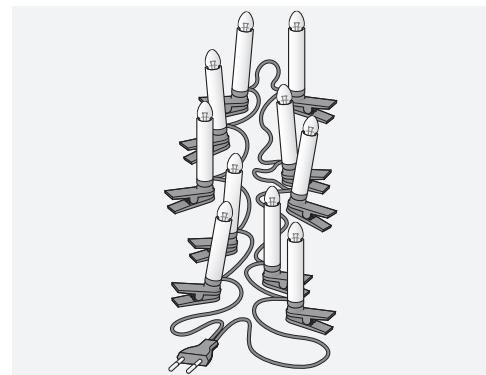


**V2** Schließe zunächst zwei, dann drei Lampen mit der Nennspannung 3V hintereinander an eine Quelle mit 6V. Bei der Schaltung mit zwei Lampen leuchtet jede heller als bei der Schaltung mit drei Lampen. Bei einer Quelle mit 9V leuchten auch die drei Lampen hell. Drehe eine Lampe aus der Fassung. Die anderen erlöschen ebenfalls.



### Weitere Versuche

**V3** Man überprüfe an einer Lichterkette den Tipp: „Wenn du die Lichterkette ausschalten willst, muss du nicht in die Zimmerecke kriechen, um den Stecker aus der Steckdose herauszuziehen. Du kannst die Lichterkette auch dadurch abschalten, indem du eine Lampe aus der Fassung lockerst.“



### Material

Kopierzettel Lernzirkel:

- Elektrische Schaltungen (2) (el\_s1\_lz\_003)

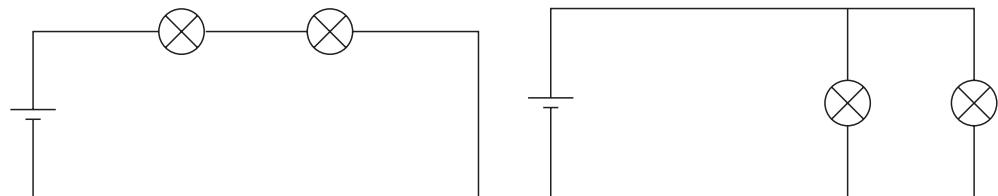
Animationen/Simulationen:

- Reihen- oder Parallelschaltung (el\_s1\_si\_004)
- Reihenschaltung von Lampen (el\_s1\_si\_005)

### Lösungen der Aufgaben

**A1**  Saya hat nur eingeschränkt Recht: Die dritte Skizze stellt keine reine Parallelschaltung dar.

**A2**  a) Wenn keine Schalter in den Stromkreisen verwendet werden, werden für eine Reihenschaltung drei, für eine Parallelschaltung vier Kabel benötigt.



**b)** Wenn an der Quelle die Nennspannung 3V eingestellt wird, leuchten die Lampen in der Parallelschaltung hell, in der Reihenschaltung kaum oder gar nicht. Wird 6V eingestellt, so könnten die Lampen in der Parallelschaltung zerstört werden, in der Reihenschaltung leuchten sie hell.

Die Schwierigkeit der Aufgabe besteht darin, dass hier die Planung eines Experiments gefordert wird.

**A3**  a) Lilly hat Recht. Da die Kontrollleuchte parallel geschaltet ist, funktioniert die Mehrfachsteckdose auch bei defekter Kontrollleuchte.

**b)** Bei ihrer Schaltung funktioniert die Steckleiste nur, wenn auch die Kontrollleuchte brennt.

(S.122)

**Methode Präsentieren** **Schaltungen mit mehreren Schaltern**

### Lernziele

Die SuS unterscheiden Parallel- und Reihenschaltungen. Sie übertragen die erworbenen Kenntnisse auf UND-, ODER-, Sicherheits- und Wechselschaltungen.

### Begriffe

UND-Schaltung, Sicherheitsschaltung, ODER-Schaltung, Wechselschaltung

### Hinweise/Kommentar

Die Zusammenfassung und Ergebnissicherung eignen sich zum Heftaufschrieb oder zum Erstellen eines Lernplakates.

Die Hinweise für die Gestaltung von Lernplakaten sind als Hilfe gedacht.

Das Prinzip AIDA wurde in der Werbebranche entwickelt und stammt aus dem angelsächsischen Sprachraum: *Attention (Die Aufmerksamkeit des Kunden wecken.) – Interest (Das Interesse ist vorhanden) – Desire (Der Wunsch nach dem Produkt wird ausgelöst) – Action (Es kommt zum Kauf oder Abschluss)*. Das Prinzip eignet sich immer dann, wenn man eigene Ideen anderen in kurzer Zeit vermitteln möchte.

Hier wurde es gewählt, da es leicht merkbar ist, nur vier Regeln enthält und immer wieder neu mit den Buchstaben gedacht werden kann:

Anfang – Inhalt – Darstellung – Abschluss

Aufmerksamkeit wecken – Information geben – Darbietung gestalten – Abschluss beachten

Auf die Erstellung eines Plakates übertragen könnte es bedeuten, das Plakat muss

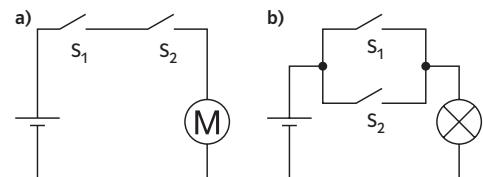
- mit einem Blickfang Aufmerksamkeit erzeugen,
- angemessene Informationen enthalten,
- eine übersichtliche Darstellung bieten und
- als Abschluss sollte man den Gesamteindruck beachten.

Für einen Kurzvortrag oder eine Präsentation könnte es lauten

- mit einem Auftakt die Aufmerksamkeit erzeugen,
- Interesse für das Thema wecken,
- die Darbietung des Inhalt verständlich aufbauen,
- den Abschluss mit Zusammenfassung und Ausblick gestalten.

#### Versuche

**V1** Baue die Schaltungen aus der Abbildung nach. Es wird untersucht, welche Schalter jeweils geschlossen werden müssen, damit der Motor läuft bzw. die Lampe leuchtet. Übertrage die folgende Tabelle ins Heft und vervollständige sie:



Schalter S <sub>1</sub>	Schalter S <sub>2</sub>	Schaltung a)	Schaltung b)
auf	auf		
auf	zu		
zu	auf		
zu	zu		

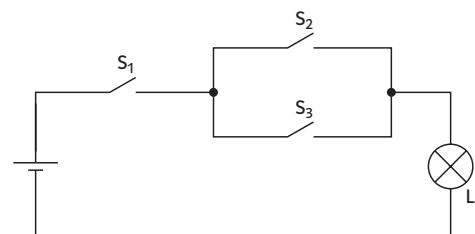
#### Material

Kopierzettel Arbeitsblätter:

- Eine Schaltung für die Heckenschere (el\_s1\_ab\_008a: diff ↓, el\_s1\_ab\_008b: diff ↑)
- Eine Klingelschaltung im Treppenhaus (el\_s1\_ab\_009a: diff ↓, el\_s1\_ab\_009b: diff ↑)

#### Lösungen der Aufgaben

**A1** ● Eine Schaltung entsprechend dem dargestellten Schaltplan erfüllt die Aufgabenstellung. Die Lampe L kann nur dann leuchten, wenn S<sub>1</sub> geschlossen ist, also die Person Schülerin oder Schüler ist. Zusätzlich muss mindestens einer der Schalter S<sub>2</sub>, die Person erscheint verkleidet, oder S<sub>3</sub>, die Person hat Eintritt bezahlt, geschlossen sein.



(S.123)

**Methode Experimentieren** **Elektrische Schaltungen**

#### Lernziele

SuS führen einfache Experimente nach Anleitung durch, dokumentieren die Ergebnisse ihrer Arbeit, sie beschreiben den Aufbau einfacher technischer Geräte und deren Wirkungsweise (Haushaltsschalter).

#### Begriffe

Batterie, Schalter (Die Methodenseite hat nicht die Funktion, Begriffe einzuführen. Bereits eingeführte Begriffe müssen aber sicher verwendet werden.)

---

**Hinweise/Kommentar** **Station I:** Der innere Aufbau von Batterien ist nicht Inhalt des Kapitels. Die Station dient der Schulung der Experimentierfähigkeit. Sie kann häusliches Experimentieren und auch Projektarbeit anregen (im Internet finden sich unter „Apfelbatterie“, „Kartoffelbatterie“, „Obstbatterie“, „Volotasche Säule“ zahlreiche Hinweise). Die Station bietet einen Anknüpfungspunkt für Recherche z.B. unter historischem Aspekt.

**Station II:** Passung der Nennspannungen von Quelle und Gerät werden hier experimentell untersucht, dabei wird u.a. erkannt, dass die Größe der Batterie keine Rolle spielt. Das wird auch untermauert beim „Gegeneinanderschalten“ zweier Batterien. Die Kapazität der Batterie wird im Zusatzversuch in den Blick genommen. Akkus werden im Buch nicht thematisiert. Mit Kondensatoren hoher Kapazität sind Modellversuche möglich (Anknüpfung z.B. Standlicht beim Fahrrad).

**Stationen III und IV:** Hier ist folgender Hinweis sinnvoll: In beiden Fällen ist bei den Schaltern Kontakt von Personen mit dem Stromkreis möglich. Das ist hier ungefährlich, weil mit niedriger Spannung gearbeitet wird.

Als Zusatzauftrag ist ein Langzeitversuch möglich: Schließe eine passende Glühlampe an eine neue Batterie mit der Nennspannung von 1,5V an. Die Lampe soll hell leuchten. Verwende eine große und eine kleine Batterie möglichst vom gleichen Hersteller. Stelle die Anordnung an einem Ort auf, den du häufiger aufsuchen kannst. Stelle fest, welche Batterie zuerst „alle“ ist.

Der Lernzirkel lässt sich mit weiteren Stationen (Sicherheitsschaltung, Wechselschaltung usw.) erweitern (siehe Kopiervorlagen „Elektrische Schaltungen (2)“ unter Material).

**Material** Kopiervorlagen Lernzirkel:

- Elektrische Schaltungen (1) (el\_s1\_lz\_001)
- Elektrische Schaltungen (2) (el\_s1\_lz\_003)

---

(S.124) **6.3 Wirkungen des Stromes**

**Lernziele** SuS beschreiben die Wirkungsweise eines Elektromagneten.

**Begriffe** magnetische Wirkung, Wärmewirkung und Lichtwirkung des Stromes, Elektromagnet, Spule, Eisenkern

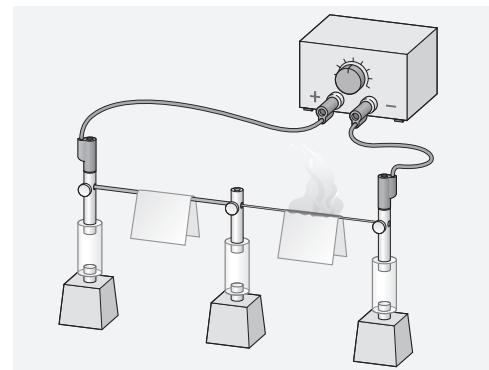
**Hinweise/Kommentar** Bei der Wärmewirkung des elektrischen Stromes wird die komplexe Abhängigkeit der Temperaturerhöhung des Leiters von Leiterdicke und -material sowie der Nennspannung (eigentlich Stromstärke) nur angedeutet. Es genügt an dieser Stelle, solche Erkenntnisse aus den Experimenten zu gewinnen, die das Verständnis vorkommender Phänomene ermöglichen, z.B. glühender dünner Draht (Glühwendel einer Lampe) bei kalten (dicken) Zuleitungen. Bei der Lichtwirkung wird unterschieden zwischen Lichtaussendung infolge Erwärmung (Glühen) und der direkten Lichtaussendung einer LED. Bei der magnetischen Wirkung wird der Oerstedt-Versuch lediglich erwähnt, da sich hier die magnetische Wirkung lediglich durch die Ausrichtung der Magnettadel nachweisen lässt. Stattdessen wird die Spule mit Eisenkern (Elektromagnet) genauer betrachtet. Deren magnetische Wirkung wird mit einem Stabmagneten, den die SuS schon kennen, verglichen (die Wirkung auf Eisen, Nickel, Cobalt; die Lage von Nord- und Südpol).

**Einstieg** Elektromagnete gehören normalerweise nicht zur unmittelbaren Alltagserfahrung der SuS. Ein Schrottkran ist auf Grund der Größe und Masse der hochgehobenen Teile eindrucksvoll.



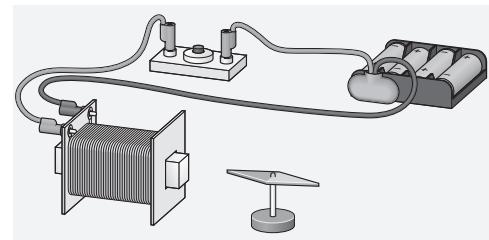
**Versuche im Schulbuch**

**V1** In einem Stromkreis sind ein dünner und ein dicker Draht in Reihe geschaltet. Auf den Drähten sitzen Papierfähnchen. Schließt man den Stromkreis, senkt sich das Fähnchen auf dem dünnen Draht und verkohlt. Verwendet man gleich lange und gleich dicke Drähte aus Eisen und Kupfer, verkohlt das Fähnchen auf dem Eisendraht.



**V2** Schließe eine LED und eine Glühlampe an je eine Batterie, sodass sie leuchten. Bei der Glühlampe spürt man eine Erwärmung.

**V3** **a)** Baue einen Stromkreis aus einer Spule mit Eisenkern, einer Batterie und einem Schalter. Stelle eine Magnettadel neben ein Ende der Spule. Beim Schließen des Schalters dreht sich die Magnettadel zur Spule. Nach dem Öffnen des Schalters dreht sie sich in ihre ursprüngliche Position zurück.



Stelle die Magnettadel auf die andere Seite der Spule. Diesmal zeigt das andere Ende der Magnettadel zur Spule.

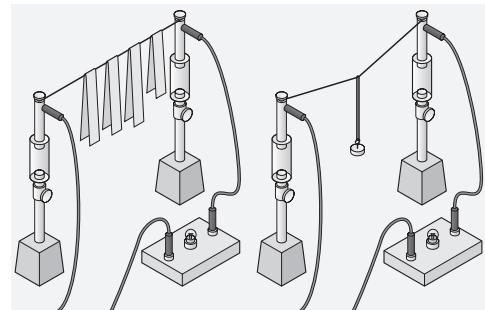
**b)** Vertausche die Anschlüsse an der Batterie und wiederhole den Versuch.

Die Magnettadel zeigt, dass jetzt die Magnetepole an den Enden der Spule vertauscht sind.

## Weitere Versuche

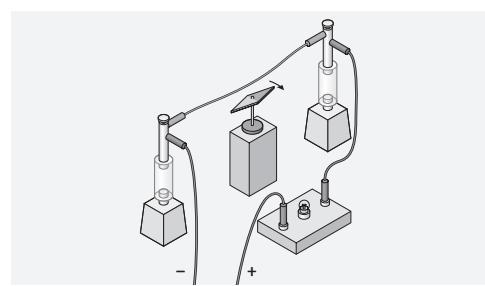
**V4** Anstelle von V1 (Reihenschaltung von zwei unterschiedlich dicken Drähten):

- a) Zwischen zwei Isolerklemmen wird ein dünner Eisendraht befestigt. Die beiden Klemmen werden mit einer elektrischen Quelle verbunden. Der Draht erwärmt sich bis zum Glühen. Bei gleicher Quelle ist die Wärmewirkung für verschiedene Drähte unterschiedlich. Man erkennt die Wärmewirkung sehr deutlich, indem man Seidenpapierfädchen über den Draht legt.
- b) Der Versuch wird mit einem dünnen Draht, der durch ein angehängtes Gewichtsstück gespannt wird, wiederholt. Bei geschlossenem Stromkreis sinkt das Gewichtsstück. Der Versuch wird mit verschiedenen dicken Drähten wiederholt. Dicke Drähte werden nicht so heiß, das Gewichtstück sinkt nicht so stark.



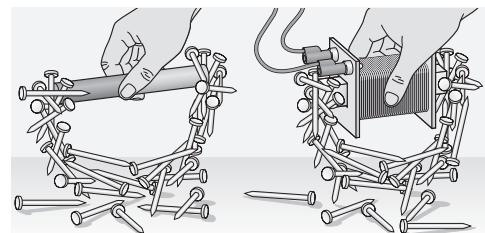
**V5** Stelle einen Magneten in Nord-Südrichtung und spanne in der gleichen Richtung einen Leiter darüber.

Sobald der Leiter Teil eines geschlossenen Stromkreises ist, dreht sich die Magnetenadel aus ihrer Nord-Südrichtung heraus.



**V6** Vergleiche folgende Versuche:

- a) Lege einen Stabmagneten in eine Schachtel mit Eisennägeln und hebe ihn hoch.
- b) Verbinde die Pole einer Batterie mit den Enden einer Spule mit 500 Windungen. Lege die Spule auch in die Schachtel und hebe sie hoch. Wiederhole den Versuch bei unterbrochenem Stromkreis.
- Der Stabmagnet und die Spule im geschlossenen Stromkreis ziehen besonders an den Enden Eisennägel an.



## Material

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Vergleich von Dauermagnet und Elektromagnet (el\_s1\_ab\_007a: diff ↓, el\_s1\_ab\_007b: diff ↑)

Animationen/Simulationen:

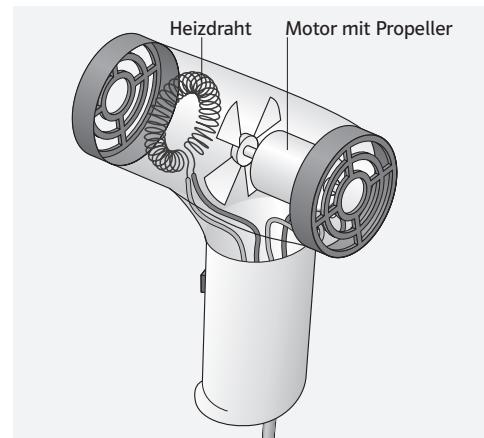
- Magnetfeld bewegter Elektronen (el\_s1\_si\_007)

## Lösungen der Aufgaben

**A1** ○ Glühlampe (Wärmewirkung, Lichtwirkung), Elektromagnet (magnetische Wirkung), LED (Lichtwirkung)

**A2** ● Ein Elektromagnet wird über eine Schachtel voller Büroklammern gehalten und eingeschaltet. Die Büroklammern sammeln sich an den Enden wie bei einem Stabmagneten. Mit einer Magnethandlase lassen sich die Enden untersuchen. Der Elektromagnet besitzt einen Nord- und einen Südpol.

**A3** ● Im Föhn wird die Luft durch einen Propeller bewegt. Ein Heizdraht erwärmt diesen Luftstrom.



(S.126)

## Exkurs Elektrischer Strom ist gefährlich

### Lernziele

Die SuS wissen um die Gefährdung durch Elektrizität. Sie wenden erworbene Kenntnisse an zum Verstehen von Verhaltensregeln, zur Vermeidung von Gefährdungen und zur Erarbeitung von Elementen zum sicheren Betrieb von Stromkreisen.

### Begriffe

Kurzschluss, Schmelzsicherung

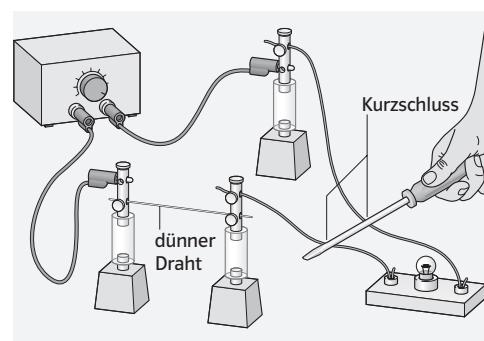
### Hinweise/Kommentar

Den SuS muss klar werden, dass jeder Betrieb eines Stromkreis gefährlich sein kann, nicht erst bei Nennspannungen oberhalb von 60V. Auch Stromkreise mit Nennspannungen von 12V können bei Kurzschluss einen Brand auslösen. Die Hinweise zur Vermeidung von Gefährdungen sollten ausführlich behandelt werden.

### Versuche

**V1** In einem Stromkreis sind ein dünner Draht (Lamettafaden), eine Glühlampe (und ggf. ein Stromstärkemessgerät) in Reihe geschaltet. Wird das Lämpchen überbrückt, also ein Kurzschluss verursacht, so erlischt das Lämpchen, der dünne Draht glüht durch und unterbricht den Stromkreis.

**Hinweis:** Mit dem isolierten Schraubendreher sollte zum Schutz des Netzgerätes die Lampe nur kurz überbrückt oder ein geeigneter Schutzwiderstand eingesetzt werden. Bei Verwendung eines Stromstärkemessgerätes würde dieses bei Kurzschluss eine große Stromstärke anzeigen – **Vorsicht!** Hier könnte das Messgerät Schaden nehmen.

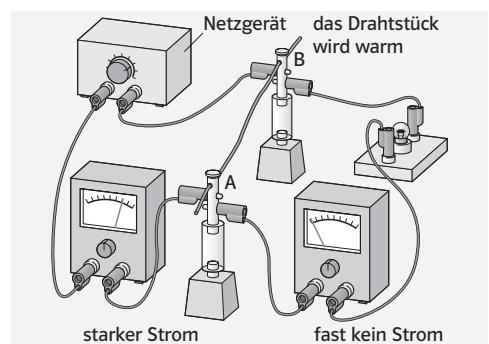


**V2** Wenn man dem Lämpchen in V1 immer mehr Geräte parallel zuschaltet, fängt der dünne Draht immer stärker an zu glühen (bzw. zeigt das Messgerät immer größere Ströme an), bis er auch hier durchschmilzt. B2 im Schülerbuch zeigt eine geeignetere Versuchsanordnung. Weitere geeignete Lampen werden jeweils durch einen Schalter parallel zur ersten Lampe geschaltet, bis der dünne Draht anfängt zu Glühen und schmilzt. Dabei ist auf eine geeignete Unterlage zu achten.



**V3** Sobald im Lehrerversuch nach der Abbildung ein Draht die Punkte A und B verbindet, zeigt das erste Stromstärkemessgerät einen sehr starken Strom an. Das zweite Stromstärkemessgerät aber zeigt fast nichts mehr an; auch erlischt das Lämpchen. Der Draht wird warm.

**Hinweis:** Hier eignet sich ein dünner Eisen draht. Auf keinen Fall sollt man einen Kupferdraht verwenden.



**Material** –

#### Lösungen der Aufgaben

- A1** **a)** Die Schaltung ist gefährlich, da der geschlossene Schalter einen Kurzschluss darstellt.  
**b)** Die Schaltung ist gefährlich, da der geschlossene Schalter einen Kurzschluss darstellt.  
**c)** Die Schaltung ist ungefährlich. Sie stellt eine Wechselschaltung dar.  
**d)** Es eignen sich zwei Glühlampen, die beide die Nennspannung der elektrischen Quelle haben. Schließt man den Schalter, so geht die rechte Lampe aus, die obere Lampe leuchtet nun deutlich heller.

- A2** Die Mehrfachsteckdose führt zu einer Parallelschaltung. Es ergibt sich eine Situation wie in B2 im Schülerbuch. Die Stromstärken in den verschiedenen Geräten addieren sich in der Zuleitung und können kritische Werte übersteigen und so zur Überhitzung führen.

(S.127)

#### Exkurs Ein elektrisches Gerät ist defekt

**Lernziele**

SuS erkennen in dem Schutzleiter eine Maßnahme zum Schutz von Personen vor Gefahren der Elektrizität.

**Begriffe**

Außenleiter, Neutralleiter, Schutzleiter

**Hinweise/Kommentar**

Das Modell wird auf die Elemente reduziert, die zur Einsicht in die Funktion des Schutzleiters unabdingbar sind. So wird ein Nachbau durch SuS möglich. Auf den Einbau einer Schmelzsicherung wurde aus konstruktiven Gründen verzichtet.

**Material**

–

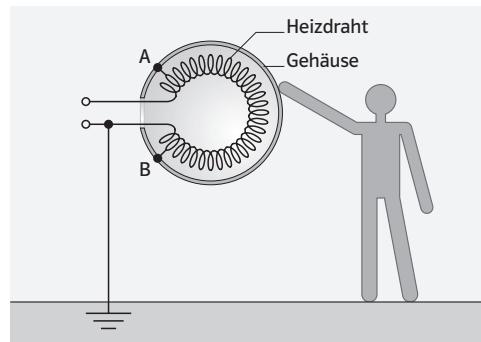
## Lösungen der Aufgaben

**A1** ● Nachbau s. B2 im Schulbuch und obigen Kommentar.

Für das Verhalten der LED kommt es darauf an, wieviel vom Heizdraht zum Stromkreis mit der LED gehört.

In A (s. Bild) spielt der Heizdraht für den Strom über den Menschen praktisch keine Rolle. Die LED wird leuchten.

In B wird der Strom wesentlich mit durch den Heizdraht bestimmt. Es ist möglich, dass die LED nicht leuchtet.



(S.128)

## Exkurs Das Magnetfeld einer Spule und seine Anwendungen

### Lernziele

SuS beschreiben ausgehend vom Magnetfeld eines geraden Leiters das Magnetfeld einer Spule. Sie erläutern mit Hilfe dieser Kenntnisse den Aufbau und die Funktionsweise eines Lautsprechers.

### Begriffe

Linke-Hand-Regel, Leiterschleife, Spule, homogen, Lautsprecher

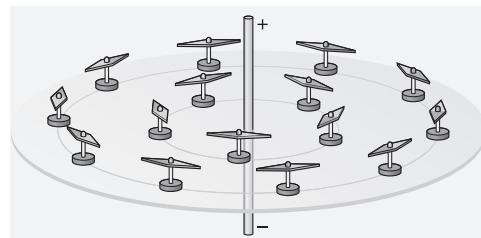
### Hinweise/Kommentar

Die unterrichtliche Behandlung des Magnetfeldes (Feldlinien als Modell) sollte nicht zu lange zurückliegen. SuS kennen bis dahin Magnetfelder nur im Zusammenhang mit der Anwesenheit von Nord- und Südpol. Dass ein stromführender Leiter keinen Pol hat, an den man z.B. einen Eisennagel hängen kann, könnte die SuS verwirren. Die Kompassnadel als Nachweisgerät für magnetische Felder sollte daher zuvor schon gut bekannt sein.

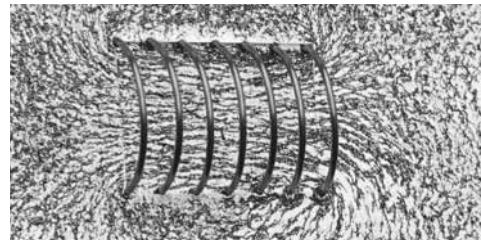
Im Lehrtext wird die Linke-Hand-Regel verwendet, wobei bewusst darauf verzichtet wird, von der Stromrichtung zu sprechen. Die Formulierung „... der gestreckte Daumen in Richtung des Pluspols der Quelle zeigt ...“ beugt damit Unklarheiten über die verwendete Konvention zur Stromrichtung vor. Die Verwendung der Regel sollte unbedingt schrittweise am geraden Leiter, der Leiterschleife und der Spule geübt werden.

### Versuche

**V1** Eine Kompassnadel wird um einen Leiter herum bewegt. Besteht in dem Leiter ein Strom, so richtet sich die Kompassnadel stets tangential zu einem Kreis aus, der senkrecht zum Leiter steht und in dessen Mittelpunkt der Leiter steht.

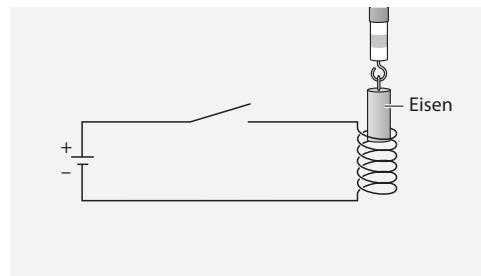


**V2** Die Windungen einer Spule werden durch Bohrungen in einer Plexiglasplatte geführt. Auf die Plexiglasplatte werden Eisenfeilspäne gestreut. Schließt man die Spule an eine elektrische Quelle und klopft leicht gegen die Plexiglasplatte, so richten sich die Eisenfeilspäne wie in der Abbildung aus.



**V3 a)** Über das Ende einer Spule wird ein Eisenstück an eine Feder (z.B. einen Federkraftmesser) gehängt. Sobald der Stromkreis geschlossen ist, wird das Eisenstück angezogen.

**b)** Anstelle des Eisenstücks wird ein Stabmagnet an die Feder gehängt. Je nach Polung der Spule wird der Magnet angezogen oder abgestoßen.



**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:  
- Das Magnetfeld stromführender Leiter (el\_s1\_ab\_029a: diff ↓, el\_s1\_ab\_029b: diff ↑)

Animationen/Simulationen:

- Magnetfeld bewegter Elektronen (el\_s1\_si\_007)
- Magnetfeld eines Leiters (el\_s1\_si\_027)
- Vom Leiter zur Spule (el\_s1\_si\_028)

**Lösungen der Aufgaben** **A1** ● Zur damaligen Zeit waren die Dauermagneten nicht stark genug bzw. die Materialien, aus denen sie bestanden, nicht stark genug magnetisierbar, dass sie mit den niedrigen Spannungen der Musiksignale eine große Lautsprechermembran so bewegen konnten, dass eine genügende Lautstärke erzeugt wurde. Man verwendete stattdessen einen Elektromagneten. Dies änderte sich erst mit der Massenherstellung spezieller Legierungen (AlNiCo) in den 1950er Jahren.

(S.129)

**Methode** Experimentieren **Experimente mit Elektromagneten**

**Lernziele** Die SuS beschreiben die Wirkungsweise eines Elektromagneten. In diesem Zusammenhang wenden sie früher erworbene Kenntnisse über Magnete an und festigen sie.

**Begriffe** Elektromagnet

**Hinweise/Kommentar** Der Selbstbau eines Elektromagneten ist für die Stationen nicht zwingend erforderlich. Sie können mit beliebigen geeigneten Elektromagneten bearbeitet werden. (Je nach Unterrichtsgestaltung kann hier das Modell der Elementarmagnete zum Einsatz kommen.)

**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Vergleich von Dauermagnet und Elektromagnet (el\_s1\_ab\_007a: diff ↓, el\_s1\_ab\_007b: diff ↑)

Kopiervorlagen Lernzirkel:

- Elektromagnete (el\_s1\_lz\_002)

**Zusatzaufgabe** Vergleiche die Beobachtungen beim Elektromagneten mit deinen Kenntnissen über einen Stabmagneten.

**Lösung:** Der Selbstbauelektromagnet oder solche mit vergleichbarer Bauform hat alle Eigenschaften eines Stabmagneten, d.h. er zieht Eisen an, er hat an einem Ende einen Nord- und am andern einen Südpol. Allerdings lässt sich der Elektromagnet durch Unterbrechen des Stromkreises einfach ein- und ausschalten, durch Vertauschen der Anschlüsse an die elektrische Quelle lässt er sich umpolen. Beides geht z.B. bei einem magnetisierten Eisennagel auch, indem man die Ordnung der Elementarmagnete zerstört bzw. sie umordnet. Das ist aber mühevoll.

(S.130)

**Methode** Kommunikation **Verstehen eines Sicherungsautomaten**

**Lernziele** Die SuS wissen um die Gefährdung durch Elektrizität. Sie wenden ihre Kenntnisse an. Sie erkennen die Wirkungsweise eines Sicherungsautomaten.

**Begriffe** Kurzschluss, Schmelzsicherung

## Hinweise/Kommentar

Der Sicherungsautomat ist ein komplexes Gerät aus dem Alltag eines Haushaltes. Die Funktionsweise erschließt sich nicht sofort. Die SuS betrachten den Sicherungsautomaten zunächst analytisch und beschreiben die jeweils erkannten Bestandteile. Anschließend nutzen sie ihr erworbenes Wissen für das Verständnis der Bestandteile und testen dieses mit dem Funktionieren der Nachbauten.

Als Sicherungsautomat wird hier ein vereinfachtes Beispiel gewählt, das den technischen Ausführungen der ersten Versionen entspricht. Heute sind die beweglichen Teile sehr viel kleiner. Trotzdem sind nach wie vor alle Bestandteile in ähnlicher Funktion enthalten.

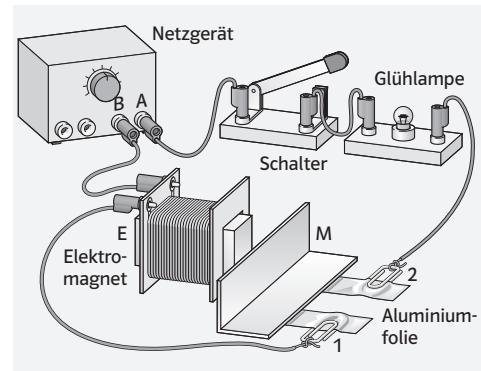
In Aufgabe A3 werden die Kenntnisse auf eine Relaischaltung übertragen.

## Versuche

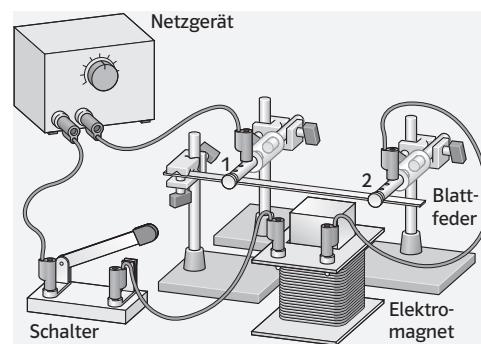
**V1** In einem Stromkreis befinden sich eine elektrische Quelle, ein Spule mit Eisenkern, zwei Aluminiumstreifen mit einem geeigneten Eisenwinkel, eine Glühlampe zum Nachweis des Stromes und ein Schalter.

Wird der Schalter geschlossen, so leuchtet die Lampe und die Spule wird magnetisch. Die Lampe sollte so gewählt werden, dass sich der Eisenwinkel noch nicht bewegt.

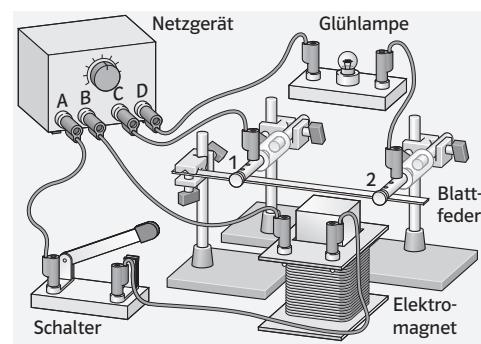
Wird die Glühlampe durch einen Kurzschluss überbrückt, so steigt die Stromstärke, die Anziehung des Magneten wird größer. Jetzt rutscht der Winkel von den Aluminiumstreifen und der Stromkreis wird unterbrochen.



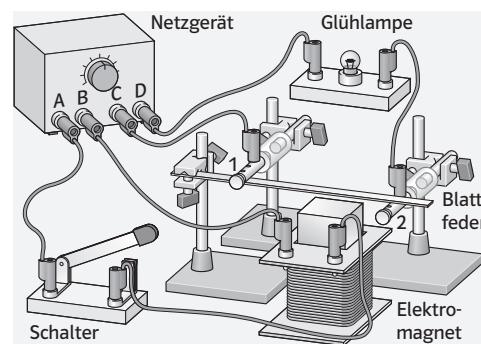
**V2** Eine ähnliche Schaltung ist in einer elektrischen Klingel realisiert.



**V3** Eine ähnliche Schaltung ist in einem Relais realisiert.



**V4** Relais, das sich schließt.



<b>Material</b>	Animationen/Simulationen: – Sicherungsautomaten (el_s1_si_006)
	Wikipedia: Stichwort „Leitungsschutzschalter“
<b>Lösungen der Aufgaben</b>	<p><b>A1</b> <input type="radio"/> Siehe die Beschreibung zu V1.</p> <p><b>A2</b> <input checked="" type="radio"/> Der elektrische Stromkreis enthält die Magnetspule, den Anschluss 2, den Kontaktstreifen M und den Anschluss 1. Ist der Strom zu groß, dann wird die magnetische Wirkung so groß, dass der Elektromagnet E den Stift S nach unten zieht. Die gespannte Feder F zieht sich zusammen und dreht die Schalterscheibe auf „Aus“. Der Anschluss 2 verliert den Kontakt zum Kontaktstreifen M. Der Stromkreis ist unterbrochen. Dreht man die Schalterscheibe auf „Ein“, so rastet der Haltestift wieder ein, der Anschluss 2 berührt wieder den Kontaktstreifen M. Der Stromkreis ist wieder geschlossen.</p>

- A3**  a) Elektrische Quelle (A) – Schalter – Spule mit Eisenkern – elektrische Quelle (B)  
Elektrische Quelle (C) – Isolierkontakt 1 – Blattfeder – Isolierkontakt 2 – Glühlampe – elektrische Quelle (D)
- b) Der Stromkreis C – D ist geschlossen, die Lampe leuchtet. Wird der Schalter geschlossen, so wird der Elektromagnet magnetisch und zieht die Blattfeder an. Der Kontakt 2 öffnet sich, der Stromkreis C – D wird unterbrochen, die Lampe erlischt. Wird der Schalter geöffnet, schließt sich der Kontakt 2 wieder.

#### Ergänzung zu A3

Aufgabe: Verändere den Aufbau so, dass die Lampe nur bei geschlossenem Schalter leuchtet.  
Lösung: Wird die Isolierstange 2 unter der Blattfeder angebracht, ohne diese zu berühren, so schließt sich der Kontakt, wenn die Blattfeder bei geschlossenem Schalter nach unten gezogen wird.

(S.131)	<b>Methode</b> Experimentieren	<b>Gute und schlechte Leitung</b>
<b>Lernziele</b>	Planmäßige Untersuchungen der Eigenschaften von Leitungen. Formulierung der Untersuchungsergebnisse in Form von je-desto-Beziehungen.	
<b>Begriffe</b>	je-desto Beziehungen	
<b>Hinweise/Kommentar</b>	An verschiedenen Beispielen kann die planmäßige Untersuchung, sowie das Formulieren der Untersuchungsergebnisse in Form von je-desto-Beziehungen geübt werden.	
<b>Material</b>	Kopiervorlagen Lernzirkel: – Gute und schlechte Leitung (el_s1_lz_004)	

**Fachwissen**

- 1: a) c)    2: b) c)    3: b)

**Kommunikation**

POLE, LED, LICHTWIRKUNG, SCHALTER, REIHENSCHALTUNG, BATTERIE

Lösungswort: LEITER

**Erkenntnisgewinnung**

Hinweis: Es wird angenommen, dass die Batterien neu sind und alle Kabel in Ordnung sind.

- a) Aussage 2
- b) Aussagen 3, 6 (falls alle Lampen in Ordnung sind), 7 (falls mindestens eine Lampe kaputt ist)
- c) Aussagen 4, 7
- d) Aussagen 1 (falls eine Lampe in der Parallelschaltung kaputt ist), 6 (falls beide Lampen in Ordnung sind), 7 (falls beide Lampen kaputt sind)

**Bewertung**

- 1: a) c)    2: a)    3: b)

**A1** ○ Staubsauger: 230V – gefährlich; Fahrradlampe: 12V – ungefährlich; Föhn: 230V – gefährlich; Taschenlampe: 6V – ungefährlich; Handy-Akku: 9V – ungefährlich

**A2** ○ Mit der LED kann man herausfinden, ob es sich um eine Wechselspannungsquelle handelt. Wenn dies nicht der Fall ist, kann man herausfinden, welcher Pol der Quelle der Plus- und welcher der Minuspol ist, falls die LED entsprechend beschriftet ist. Für beide Untersuchungen wird die LED an die Quelle angeschlossen. Handelt es sich um Wechselspannung, so blinkt sie (eventuell muss man sie bewegen oder aus dem Augenwinkel betrachten, um das Blinken zu erkennen). Bei Gleichspannung leuchtet die LED nur, wenn ihr Plusanschluss mit dem Pluspol der Quelle und ihr Minusanschluss mit dem Minuspol der Quelle verbunden sind.

**A3** ○ Eisennagel – guter Leiter; Plastikschlauch – Nichtleiter; Apfelsaft – schlechter Leiter; nasser Sand – schlechter Leiter; Kette aus Silber – guter Leiter; Graphit – guter Leiter; Ziegelstein – Nichtleiter; Keramik – Nichtleiter

**A4** ○ In diesen Räumen ist es oft feucht und es kann sich leicht Feuchtigkeit (Wasserdampf) auf Schaltern und Steckdosen niederschlagen. Wenn Schalter und Steckdosen nicht gut isoliert wären, könnte man über die Feuchtigkeit mit stromführenden Teilen in Berührung kommen.

**A5** ○



**A6** ○

- a) Das Lämpchen leuchtet nicht, weil der Stromkreis nicht geschlossen ist.
- b) Das Lämpchen leuchtet, da ein geschlossener Stromkreis zwischen beiden Polen der Quelle besteht, der die Lampe einschließt.
- c) wie b)
- d) Das Lämpchen leuchtet. Zwar gibt es eine Verzweigung, doch das Lämpchen befindet sich nicht in einem der Äste der Verzweigung (dann hätte man einen Kurzschluss).

**A7** ● Die Drehrichtung des Elektromotors ist von der Polung abhängig. Beim Umpolen ändert sich die Drehrichtung.

**A8** ● Für den Bau eines Elektromagneten benötigt man einen isolierten Kupferdraht und einen Eisenstab (Nagel). Manwickelt den Draht mehrfach um den Eisenstab. Entfernt man die Isolierung am Ende des Kupferdrahtes und schließt dann eine geeignete elektrische Quelle dort an, so wird der Eisenstab magnetisch. Es entsteht eine Elektromagnet.

**A9** ●

S1	S2	S3	S4	Lämpchen
offen	offen	offen	offen	leuchtet nicht
offen	offen	offen	geschlossen	leuchtet nicht
offen	offen	geschlossen	offen	leuchtet nicht
offen	offen	geschlossen	geschlossen	leuchtet
offen	geschlossen	offen	offen	leuchtet nicht
offen	geschlossen	offen	geschlossen	leuchtet nicht
offen	geschlossen	geschlossen	offen	leuchtet nicht
offen	geschlossen	geschlossen	geschlossen	leuchtet
geschlossen	offen	offen	offen	leuchtet nicht
geschlossen	offen	offen	geschlossen	leuchtet nicht
geschlossen	offen	geschlossen	offen	leuchtet nicht
geschlossen	offen	geschlossen	geschlossen	leuchtet
geschlossen	geschlossen	offen	offen	leuchtet nicht
geschlossen	geschlossen	offen	geschlossen	leuchtet
geschlossen	geschlossen	geschlossen	offen	leuchtet nicht
geschlossen	geschlossen	geschlossen	geschlossen	leuchtet

**A10** ● a) Der Stromkreis beginnt z.B. am oberen Pol der elektrischen Quelle. Von da gehen die Leitungen über den Schalter zur Stellschraube der Klingel, weiter zum Kontakt am Klöppel und weiter zum linken Elektromagneten. Von dort geht es zum rechten Elektromagneten und dann zurück zum zweiten Pol der elektrischen Quelle.

b) Bei geschlossenem Stromkreis werden die beiden Elektromagnete magnetisch und ziehen den Klöppel nach unten. Er schlägt gegen die Glocke, sodass diese erklingt. Gleichzeitig wird der Stromkreis am Kontakt zur Stellschraube unterbrochen. Die Elektromagnete werden unmagnetisch. Die Feder zieht den Klöppel zurück in die Ausgangsstellung. Der Kontakt und damit der Stromkreis werden wieder geschlossen. Die Elektromagnete werden wieder magnetisch und ziehen den Klöppel wieder an. Ein weiterer Ton erklingt usw.

**A11** ○ Lichtwirkung: LED, Glühlampe, Leuchtstoffröhre, ...

magnetische Wirkung: Schrottplatzmagnet, Sicherungsautomat

Wärmewirkung: Bügeleisen, Föhn, Heizstrahler, ...

**A12** ● a)  $L_1$  und  $L_2$  leuchten (Reihenschaltung)

b)  $L_1$  und  $L_2$  leuchten (Parallelschaltung)

c)  $L_1$ ,  $L_2$  und  $L_3$  leuchten (Parallelschaltung)

d)  $L_1$  leuchtet

e) gefährlicher Kurzschluss

f) keine Lampe leuchtet

**A13** ● Durch die Parallelschaltung können alle Geräte und Lampen unabhängig voneinander ein- und ausgeschaltet werden. Wenn ein Gerät kaputt geht und den Stromkreis unterbricht, funktionieren die anderen trotzdem weiter. Außerdem können alle Geräte in einer Parallelschaltung mit der gleichen Nennspannung von 230V betrieben werden.



# 7 Elektrischer Strom



## Kommentar

Das Einstiegsbild soll die Sinnhaftigkeit erneuerbarer Energien und die Notwendigkeit von Transportmöglichkeiten aufzeigen.

## Lösung der Einstiegsfrage

Große Stromkreise als Verteilungsnetze sind inzwischen europaweit installiert. Über diese Stromkreise wird die elektrische Energie dorthin transportiert, wo sie benötigt wird. Man benutzt sehr hohe Spannungen, um die Stromstärken möglichst gering zu halten.

---

## (S.136) 7.1 Energie und Elektrizität

**Lernziele** Die SuS erkennen, dass Stromkreise im Wesentlichen dem Transport von Energie dienen. Sie zeigen anhand von Beispielen die Bedeutung elektrischer Energieübertragung für die Lebenswelt auf und beschreiben elektrische Stromkreise anhand ihrer Energie übertragenen Funktion.

**Begriffe** keine neuen

**Hinweise/Kommentar** Das Kapitel Energie und Elektrizität stellt eine Verbindung dar zwischen dem erlernten Wissen über Energie und der elektrischen Energie, die eine komfortable Verteilung und einen einfachen Transport von Energie ermöglicht. Es wird bewusst aufgezeigt, dass die Nutzung fremder Energie schon seit alters her von Menschen angestrebt wurde. Mit den Stufen Einsatz von Tieren, Dampfmaschine, Generator und Batterie wird eine Entwicklung aufgezeigt, die uns zukünftig Energie wieder unabhängig von vorgegebenen Leitungsnetzen verfügbar macht.

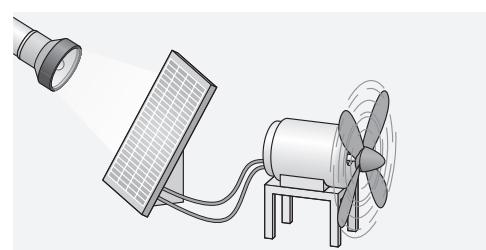
**Einstieg** Das Einstiegsbild verdeutlicht am Beispiel eines Elektroautos die Verfügbarkeit elektrischer Energie unabhängig von einem direkten Netzzanschluss.



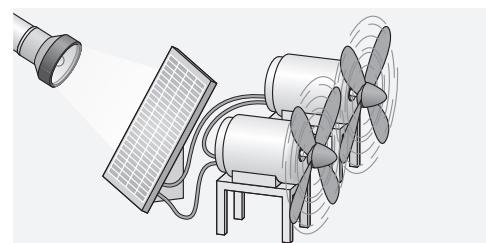
**Versuche im Schulbuch** **V1** Setze eine Spielzeugdampfmaschine in Betrieb und betreibe mit ihr über einen Generator eine Lampe.



**V2** Eine Solarzelle ist in einem Stromkreis mit einem Motor mit Ventilatorflügeln verbunden. Wird die Solarzelle mit dem Licht einer Lampe bestrahlt, so dreht sich der Ventilator. Bei einer helleren Lampe dreht sich der Ventilator schneller.



**V3** Versuch zwei wird mit zwei Ventilatoren in dem Stromkreis durchgeführt. Die Ventilatoren drehen sich im Vergleich bei beiden Lampen langsamer.



## Weitere Versuche

**V4** Lege je drei 5-ct-Münzen, verzinkte Unterlegscheiben und kleine Pappscheiben jeweils in der Reihenfolge Unterlegscheibe, Pappscheibe, Münze, Unterlegscheibe, ... aufeinander. Die Pappscheiben werden vorher mit Zitronensaft getränkt. An die äußeren Scheiben wird eine Leuchtdiode angeschlossen.

Bei richtiger Polung leuchtet sie.



## Material

Kopierzettel Arbeitsblätter:

- Energieübertragung im Stromkreis (el\_s1\_ab\_011)

Animationen/Simulationen:

- Umsetzung elektrischer Energie (en\_s1\_si\_001)

## Lösungen der Aufgaben

**A1** Werden die Lampen eines Fahrrades mittels eines Dynamos betrieben, so muss dieser über elektrische Stromkreise mit den Lampen verbunden sein. Vorder- und Rücklicht sind parallel an die Anschlüsse des Dynamos angeschlossen. Bei älteren Fahrrädern wurde für eine Leitung der Metallrahmen des Rades genutzt. Heute werden am Fahrrad ausnahmslos zweiseitige Kabel eingesetzt. Beim Fahren überführt der Dynamo Bewegungsenergie in elektrische Energie. Diese wird mittels der Stromkreise zu den Lampen transportiert.

**A2** Starterbatterie im Auto, Akku im Handy, Knopfzellen für Uhren, Hörgeräte etc., Batterien für elektrische Kleingeräte wie Taschenrechner, Thermometer Uhren, Radios etc., Akkus in Computern und vielen Geräten für den Standby-Betrieb, Akkus in Elektrofahrrädern und Elektroautos.

**A3** a) Die elektrische Quelle bewegt Elektronen in einem Stromkreis. Dadurch entsteht elektrischer Strom. Dieser sorgt dafür, dass elektrische Energie von der Quelle auf ein elektrisches Gerät übertragen wird.

b) Im Stromkreis bewegen sich Elektronen. Elektrische Energie wird aber nur dann übertragen, wenn ein entsprechendes elektrisches Gerät angeschlossen ist, dass diese Energie auch in eine andere Energieform überführen kann. Dabei ist die Elektronenbewegung eine Voraussetzung für die Energieübertragung von der elektrischen Quelle auf das Gerät.

## 7.2 Elektrischer Strom und Ladung

**Lernziele** SuS nennen Anziehung und Abstoßung als Wirkung von Kräften zwischen geladenen Körpern, sie deuten die Vorgänge im elektrischen Stromkreis mit Hilfe der Vorstellung von bewegten Elektronen.

**Begriffe** elektrisch geladen, positive/negative Ladung, elektrisch neutral, Elektronen

**Hinweise/Kommentar** Ausgehend von einfachen Phänomenen wird die Ladung als physikalische Größe genannt, ohne auf deren Einheit 1 Coulomb einzugehen. Durch einen einfachen Versuch (Anziehung/Abstoßung geladener Körper) wird deutlich, dass es zwei Ladungsarten gibt. Ohne Hilfsmittel (z. B. Glimmlampe oder geladener Körper mit bekannter Ladungsart) ist die Bestimmung der Ladungsart nicht möglich. Über das portionsweise Übertragen von Ladung (B3 im Schülerbuch) wird der elektrische Strom als bewegte Ladung beschrieben und Elektronen als Ladungsträger in Metallen genannt.

**Einstieg** Die Situation im Einstiegsbild findet man unter dem Stichwort „Reibungselektrizität“. Weitere Beispiele dafür sind Gehen auf einem Teppich, Treppe hinunterlaufen mit einer Hand auf dem Handlauf aus Kunststoff, Pullover ausziehen usw. SuS können sicherlich Beispiele aus eigener Erfahrung nennen, insbesondere, wenn es um den „elektrischen Schlag“ geht, den man beim anschließenden Anfassen eines Türgriffes o. Ä. bekommt.

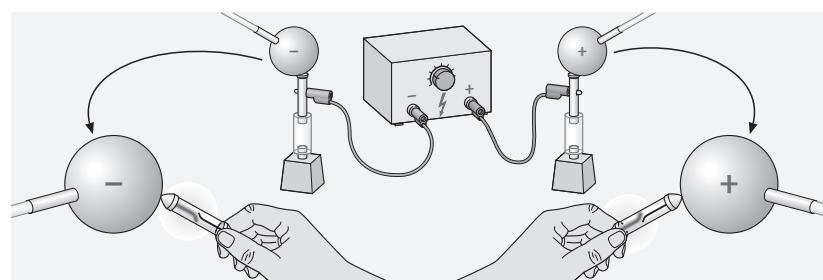


### Versuche im Schulbuch

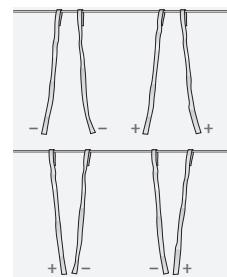
**V1** Verbinde eine mit einer Metallschicht überzogene Kugel kurz mit dem Minuspol einer elektrischen Quelle. Berühre sie anschließend mit einer Glimmlampe. Die Glimmlampe leuchtet auf.

Wiederholst du den Versuch, indem du den Pluspol nutzt, leuchtet die Glimmlampe auch auf, jedoch an der anderen Seite.

**Hinweis:** Aus Sicherheitsgründen sollten die Ausgänge des Hochspannungsnetzgerätes mit Hochohmwiderränden ( $>10\text{ M}\Omega$ ) versehen werden.



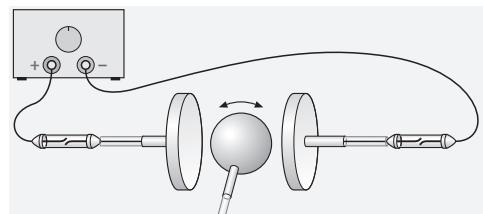
**V2** Zwei Aluminiumstreifen hängen nebeneinander. Mit Hilfe einer geeigneten elektrischen Quelle werden die Aluminiumstreifen geladen, indem sie kurz mit einem Pol verbunden werden. Die Streifen stoßen sich ab, wenn sie mit dem gleichen Pol verbunden waren. Im anderen Fall ziehen sie sich an.



**Hinweis:** Zur Demonstration des Effektes ist ein Schattenwurf empfehlenswert.

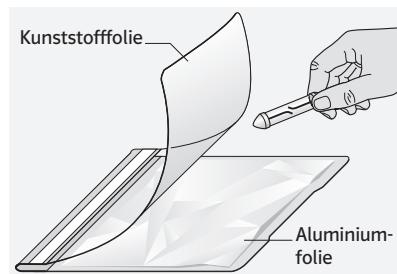
**V3** Ein Stromkreis wird wie nebenstehend geöffnet. An den offenen Enden wird je eine Metallplatte angebracht.

Berührst du die Platten mit einer Experimentierkugel, so leuchtet jeweils die Glimmlampe an dieser Platte auf. An der mit dem Minuspol verbundenen Platte leuchtet das der Platte zugewandte Ende der Glimmlampe, an der anderen Platte ist es das der Platte abgewandte Ende.



**Hinweis:** Aus Sicherheitsgründen sollten die Ausgänge des Hochspannungsnetzgerätes mit Hochohmwiderränden ( $> 10 \text{ M}\Omega$ ) versehen werden.

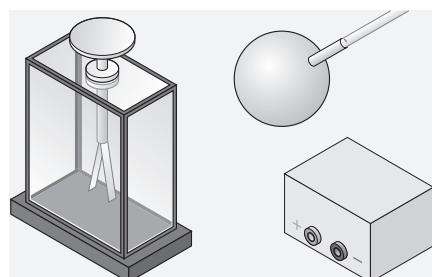
**V4** Lege ein Stück Aluminiumfolie unter die Kunststofffolie eines Schnellhefters und presse die Folien fest aufeinander. Berührst du die Folien mit einer Glimmlampe, so leuchtet sie nicht. Ziehe die Kunststofffolie hoch, ohne dabei die Aluminiumfolie anzufassen. Berühre die Kunststofffolie an verschiedenen Stellen mit einer Glimmlampe. Die Glimmlampe leuchtet mehrmals auf. Hältst du die Glimmlampe an die Aluminiumfolie, leuchtet sie nur einmal auf, jedoch am anderen Ende.



#### Weitere Versuche

**V5** Mit einer Experimentierkugel wird zuerst der Pluspol eines Hochspannungsnetzgerätes und anschließend ein Elektroskop berührt.

Bei Berühren mit der Hand geht der Ausschlag zurück. Wiederholen des Versuchs mit dem Minuspol der Quelle liefert das gleiche Ergebnis. Lädt man zwei gleich große Kugeln, eine am Pluspol und die andere am Minuspol, und berührt sie miteinander, so zeigt das Elektroskop anschließend bei keiner der beiden Kugeln einen Ausschlag.



#### Hinweis:

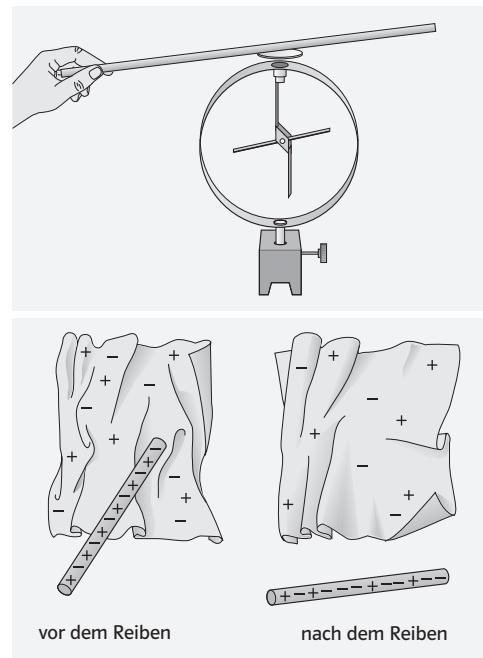
- Aus Sicherheitsgründen sollten die Ausgänge des Hochspannungsnetzgerätes mit Hochohmwiderränden ( $> 10 \text{ M}\Omega$ ) versehen werden.
- Bei Hochspannungsgeräten mit Mittelanzapfung am Ausgang sollte diese Mittelanzapfung geerdet werden, um eine symmetrische Potenzialverteilung zu erhalten.

**V6 a)** Zunächst lädt man einen Stab durch Reiben mit Tuch oder Leder. Mit dem Stab lädt man das Elektroskop. Mit Tuch oder Leder kann es anschließend entladen werden.

**b)** Nach erneutem Reiben kann man das Elektroskop mit Tuch oder Leder allein laden. Das Tuch trägt somit selbst Ladung, die im zweiten Teil zur Entladung geführt wird. Berührt man anschließend das Elektroskop mit dem Stab, passiert es leicht, dass man nicht nur entlädt, sondern zugleich umgekehrt auflädt. Somit wird der Entladevorgang nicht deutlich. Der „Nachweis“ der Entladung wird erleichtert, weil das Elektroskop auf geringe Ladung nicht anspricht.

**Hinweise:**

- Die Stäbe sollten gelegentlich abgeflammt werden!
- Bei Lappen und Fell wird leicht über die Hand entladen. Mit einem dicken Schaumgummiklotz und einem Hartgummistab funktioniert der Versuch immer wie beschrieben.



Das Elektroskop kann auch mit dem Schaumgummi gut geladen werden. Eine Scheibe als Elektrode erleichtert das Entladen.

**Material**

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Ladung (el\_s1\_ab\_013a: diff ↓, el\_s1\_ab\_013b: diff ↑)
- Modellvorstellungen zum elektrischen Strom (el\_s1\_ab\_014)

**Animationen/Simulationen:**

- Elektrische Anziehung und Abstoßung (el\_s1\_si\_009)
- Metallische Leitfähigkeit (el\_s1\_si\_008)
- Ladungspendel (el\_s1\_si\_010)

**Lösungen der Aufgaben**

**A1** ○ SuS kennen aus dem Alltag das Phänomen der Reibungselektrizität, das sie jetzt mit der Übertragung von Ladung erklären können: Reibt man verschiedene schlecht leitende Stoffe aneinander, so trennt man elektrische Ladung. Ein Beispiel dafür ist das Gehen in Schuhen mit Gummisohlen auf Teppichboden. In trockener Luft, die in Hochdruckwetterlagen auftritt, bleibt die getrennte Ladung bestehen. Beim Berühren der Türklinke spürt man dann die unangenehme Entladung des Körpers. Eine extreme Situation von Ladungstrennung und anschließendem Ladungsausgleich ist ein Gewitter. Außerdem ist jeder Betrieb eines elektrischen Gerätes mit der Bewegung von Ladung verbunden.

**A2** ○ Elektrischer Strom in Metallen bedeutet, dass sich Elektronen im Leiter bewegen. Elektronen treten vom Minuspol in den Leiter ein und verlassen ihn in Richtung Pluspol. (Ggf.: Da der Leiter als Ganzes nach außen neutral ist, befindet sich auch positive Ladung im Leiter. Diese ist ortsfest.)

**A3** ● Beim Herabrutschen wird durch den (kräftigen) Kontakt zwischen Kleidung und Rutsche Ladung getrennt. Die Rutsche lädt sich negativ auf, die Kleidung und damit das Kind positiv. Die Ladung verteilt sich auf der Körperoberfläche und den Haaren des Kindes. Da nun die einzelnen Haare positiv geladen sind, stoßen sie sich gegenseitig ab.

## 7.3 Messung der elektrischen Stromstärke

**Lernziele** SuS deuten „Elektrische Stromstärke“ als Anzahl der Elektronen bzw. Ladungsmenge, die in einer bestimmten Zeitspanne an einem Messpunkt vorbeifließt. Sie verwenden die Größenbezeichnung  $I$  und die Einheit Ampere. SuS führen die Messung der Stromstärke auf Wirkungen des Stromes zurück. SuS wissen, wie ein Amperemeter korrekt in einem Stromkreis eingebaut wird.

**Begriffe** Elektrische Stromstärke, Einheit Ampere, Amperemeter

**Hinweise/Kommentar** Mit der frühen Einführung des Energiebegriffs muss beachtet werden, dass die Zuordnung physikalischer Größen und Wirkungen nicht immer eindeutig möglich ist (so ist helleres Leuchten der Lampe zunächst ein Hinweis auf „mehr Energie“). Die chemische Wirkung wird meist nicht mehr thematisiert, entsprechend ist die Ladung nicht als physikalische Größe mit Einheit eingeführt. Der nachfolgende Artikel der PTB zeigt die weitere Entwicklung: „Im Jahr 2005 traf das Internationale Komitee für Maß und Gewicht erste Vorbereitungen für die Neudefinition der SI-Einheiten, die dann vollständig auf Naturkonstanten basieren. Demnach soll das Ampere zukünftig definiert werden über den Fluss von Ladungsquanten (= Anzahl pro Zeiteinheit) mit der Elementarladung  $e$ . Diese Festlegung geht direkt auf die physikalische Definition des elektrischen Stromes zurück und bestimmt das Ampere somit über die Festlegung eines Wertes für  $e$ , wie im Jahr 2011 formuliert: *The ampere will continue to be the unit of electric current, but its magnitude will be set by fixing the numerical value of the elementary charge to be equal to exactly  $1.60217 \times 10^{-19}$  when it is expressed in the SI unit s A, which is equal to C.*“ Gemäß 24<sup>th</sup> meeting of the General Conference on Weights and Measures, „On the possible future revision of the International System of Units, the SI“, Resolution 1 (2011). Das „X“ in dieser Formulierung deutet an, dass der genaue Wert für die Elementarladung noch festzulegen sein wird. Gemäß einem Beschluss im Jahr 2014 soll diese Revision im Jahr 2018 in Kraft treten.“

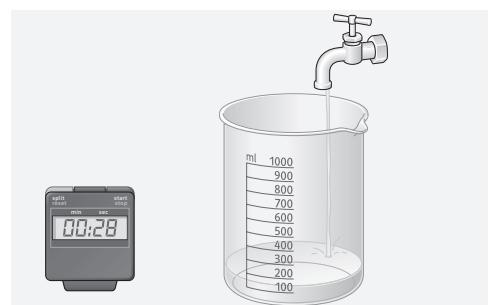
### Einstieg

Der Einstieg dient dazu, den Begriff „Stromstärke“ als „Anzahl pro Zeit“ zu erfassen, die Betrachtung von „Menge pro Zeit“ an einem strömenden „Kontinuum“ erfolgt in V1. Hier wird kein Modell für einen Stromkreis angedacht.

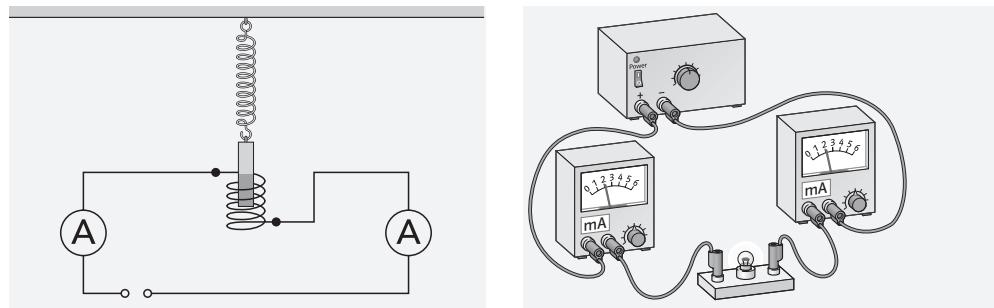


### Versuche im Schulbuch

**V1** Lass Wasser in einen Messbecher laufen. Notiere alle 10 s das Volumen des Wassers im Becher. Wiederhole das für unterschiedliche „Öffnungen“ des Wasserhahns. Der Versuch ist geeignet, den Unterschied zwischen „Menge“ und „Menge pro Zeit = Stromstärke“ zu veranschaulichen.



**V2** Verwende in den folgenden Versuchen als Quelle ein Netzgerät mit veränderbarer Nennspannung. Du kannst durch unterschiedliche Spannung verschiedene Stromstärken einstellen.



**a)** Befestige über einem Elektromagneten ohne Eisenkern einen Magneten, der an einer Feder hängt. Wähle die Polung so, dass der Magnet von der Spule angezogen wird. Mit wachsender Stromstärke wird die Feder weiter gedehnt.

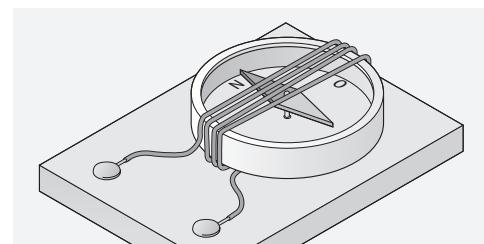
Im Versuch wird davon ausgegangen, dass Messgeräte (als black boxes) verfügbar sind. Entsprechend wird in diesem Versuchsteil die magnetische Wirkung mit der Anzeige der Geräte korreliert. Auf die Bedeutung der Feder für das Funktionieren kann eingegangen werden: Ohne Feder gibt es keine unterschiedlichen Messwerte. (In alten Messgeräten ist die Feder sichtbar)

**b)** Ändere in einem Stromkreis die Helligkeit der Lampe und lies jeweils die Stromstärke ab. Baue das Messgerät bei unveränderter Helligkeit an verschiedenen Stellen ein und vergleiche die Stromstärken.

Bei diesem Versuch kann die unterschiedliche Interpretation der Helligkeit evtl. von SuS angesprochen werden.

#### Weitere Versuche

**V3** Ein Selbstbau-Messgerät: Man umwickelt einen Kompass mit einer Lackdrahtspule und richtet den Kompass so aus, dass die Kompassnadel und die Lackdrähte parallel stehen.



#### Material

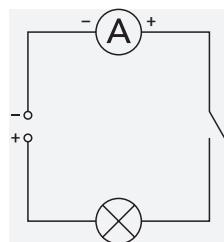
Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Die Stromstärke (el\_s1\_ab\_015a: diff ↓, el\_s1\_ab\_015b: diff ↑)

#### Lösungen der Aufgaben

**A1** Fritz stellt sich an die Tür und zählt die Schülerinnen und Schüler, die innerhalb einer gewissen Zeitspanne z.B. in 10 Sekunden die Tür passieren. Wenn als Einheit „Anzahl/Sekunde“ gewählt wird, muss  $30/60\text{s} = 0,5/\text{s}$  unterschritten werden. Fragen der „konstanten Stromstärke“ und der „durchschnittlichen Stromstärke“ können problematisiert werden.

**A2**



**A3** ● Siehe Anleitung „Der Umgang mit dem Multimeter“ im Schülerbuch S. 35

**A4** ● Je größer die Stromstärke, desto heller leuchtet die Lampe.

**A5** ● Geeignet für Internetrecherche, Merkmale: Drehspule zwischen Polen eines Dauermagneten, Rückstellkraft.

(S.142)

**Methode** Modellieren **Modellvorstellungen zum elektrischen Stromkreis**

**Lernziele** Die SuS überprüfen Hypothesen durch einfache Überlegungen und Experimente.

**Begriffe** Modell, Elektron, Modellvorstellung für den elektrischen Strom

**Hinweise/Kommentar** Physikalische Probleme werden durch Idealisierung und Modellierung einer Behandlung und damit einem Verstehen zugänglich. Die Modelle zum Stromkreis sind ikonische Modelle. Sie liefern Erklärungen für einzelne Beobachtungen, lassen aber auch schnell Grenzen erkennbar werden. Der Begriff Modell sollte hier beschränkt bleiben auf Modelle der Natur, die durch Experimente prüfbar sind.

Bei der Fahrradkette kommen die einzelnen Kettenglieder zum vorderen Antriebsblatt zurück. Die Energie wird dabei auf das hintere Rad übertragen. Die Fahrradkette bietet keine Vergleichsmöglichkeiten für einen Schalter.

Im geschlossenen Wasserkreislauf bewegt sich das Wasser und strömt immer wieder zur Pumpe zurück. Hier ergeben sich mehr Vergleichsmöglichkeiten mit einem Stromkreis (vgl. Aufgabe 3). Auch hier finden sich Grenzen. So versagt das Modell für die Nennspannung.

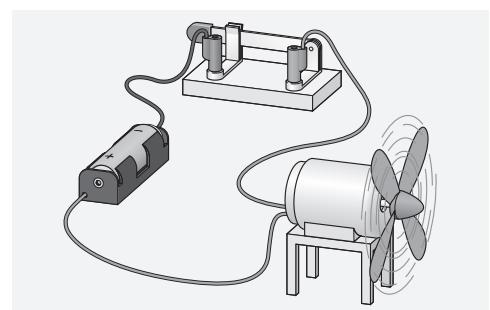
Der Blutkreislauf als Modell hat viele Grenzen. Es gibt keinen Vergleich für einen Schalter. Bei einer Verletzung strömt das Blut aus dem offenen Kreislauf heraus.

**Versuche**

**V1** In einem elektrischen Stromkreis wird ein Motor mit Propeller betrieben.

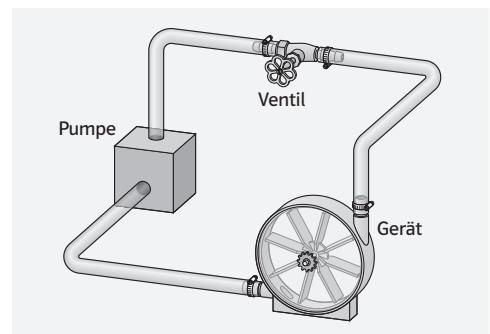
Der Propeller dreht sich, sobald der Schalter geschlossen wird.

Ziel dieses Versuches ist es den Blick auf die Gleichzeitigkeit der Betätigung des Schalters und der Wirkung des elektrischen Stromes zu richten. Bei einer LED ist diese Wirkung allgegenwärtig. Der Propeller dagegen fängt sich langsam an zu drehen und wird dann schneller.



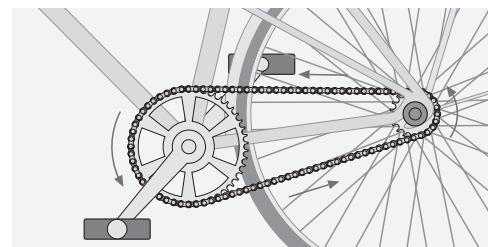
**V2** Mit einer Pumpe, Rohrleitungen und einem Wasserrad wird ein Wasserkreislauf gebaut. Läuft die Pumpe und ist das Ventil geöffnet, so dreht sich das Wasserrad, ohne dass Wasser die Leitungen verlässt.

Der beschriebene Wasserkreislauf liefert ein einfaches Modell für einen Stromkreis.



**V3** Markiere zunächst ein Kettenglied an einem aufgebockten Fahrrad und bewege dann die Tretkurbel.

Kettenglieder und das Hinterrad bewegen sich. Die Kettenglieder kommen immer wieder zum vorderen Kettenblatt und zum hinteren Zahnkranz.



Der Versuch stellt eine Veranschaulichung dar.

**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

– Modellvorstellungen zum elektrischen Stromkreis (el\_s1\_ab\_010)

**Lösungen der Aufgaben**

**A1** ● Das Herz setzt das Blut ständig in Bewegung (analog zur elektrischen Quelle, die die Elektronen in Bewegung setzt). Das Blut transportiert den Sauerstoff aus der Lunge zu den verschiedenen Zellen. Dafür gibt es beim Stromkreis keine Entsprechung.

(S.143)

**Methode Messen Von der Beobachtung zur Messung**

**Lernziele**

SuS erkennen, dass für das Vergleichen Vereinbarungen getroffen werden müssen. SuS erfahren, dass Einheiten festgelegt werden.

**Begriffe**

Vergleichen, Messen, physikalische Größe, Grundgröße, Maßzahl, Einheit

**Hinweise/Kommentar**

Der Vergleich mittels der Magnetnadel ist für praktische Messungen wenig geeignet. Das gilt auch für die gesetzliche Festlegung der Einheit Ampere. Sie zeigt aber, dass im Prinzip die Nutzung der magnetischen Wirkung keine Auf trennung des Stromkreises erfordert. Bei großen Stromstärken kommt deswegen ein Zangenampermeter zum Einsatz. Mit Hilfe der Magnetnadel kann auch gezeigt werden, dass der Strom im geschlossenen Stromkreis auch in der Batterie besteht.

**Lösungen der Aufgaben**

**A1** ○

Stromstärke in A	2	1	7	5,2
Stromstärke in B und C	1	0,5	3,5	2,6

**A2** ● Siehe Angaben unter Hinweise/Kommentar und unter Material. Geeignet für Internetrecherche.

**A3** ● Die Auslenkungen der Magnetnadeln sind gleich groß. Das bedeutet, die Stromstärken in diesen Teilen der Leitung sind gleich bzw. vor und hinter der Lampe besteht die gleiche Stromstärke.

## 7.4 Elektrische Spannung

**Lernziele** SuS verwenden für die Spannung die Größenbezeichnung  $U$  und die Einheit Volt (V). SuS setzen ein Messgerät für die Spannung sachgerecht ein. SuS unterscheiden die Spannung einer Quelle und die Spannung zwischen zwei Punkten eines Leiters bzw. einer Schaltung.

**Begriffe** Spannung der Quelle, Voltmeter, Teilspannung (Auf den Begriff „Spannungsabfall“ wird verzichtet.)

**Hinweise/Kommentar** Eine Definition des Spannungsbegriffs erfolgt hier nicht. Das Messgerät für die Spannung wird als „Black-Box“ eingeführt. Der Zeitpunkt der Einführung kann daher flexibel gewählt werden.

**Einstieg** Wortbedeutungen von „Spannung“ laut Wörterbuch (z. B. Duden) lassen sich diskutieren:

1. **a)** auf etwas Zukünftiges gerichtete erregte Erwartung, gespannte Neugier
- b)** Beschaffenheit, die Spannung erregt
- c)** Erregung, nervöse Uneigengleichheit
- d)** gespanntes Verhältnis; latente Unstimmigkeit, Feindseligkeit
2. Differenz der elektrischen Potenziale zweier Punkte, aufgrund deren zwischen diesen beiden Punkten ein elektrischer Strom fließen kann
3. **a)** (selten) das Spannen, Straffziehen
- b)** das Gespannt-, Straffsein
- c)** Kraft im Innern eines elastischen Körpers, die gegen seine durch Einwirkung äußerer Kräfte entstandene Form wirkt

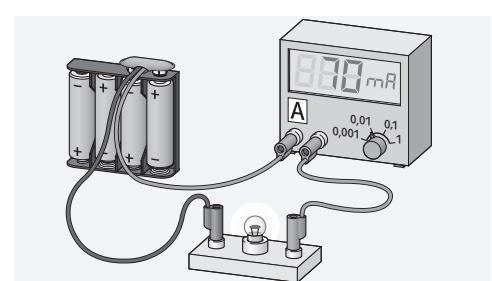


### Versuche im Schulbuch

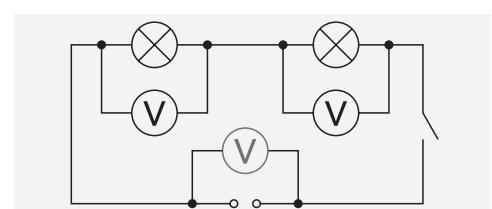
**V1** Schließe verschiedene Glühlampen an Batteriehalter für 2 bzw. 4 Mignonzellen an. Miss jeweils die Stromstärke.

Das Amperemeter zeigt

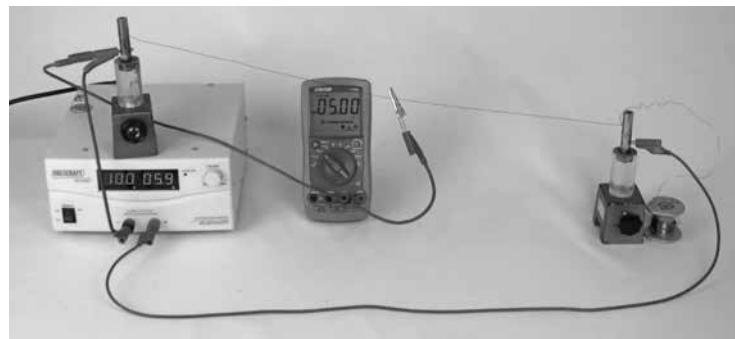
- ... bei gleichen Lampen an der gleichen Quelle die gleiche Stromstärke.
- ... bei verschiedenen Lampen an der gleichen Quelle unterschiedliche Stromstärken.
- ... bei gleichen Lampen an verschiedenen Quellen unterschiedliche Stromstärken.



**V2** Bilde einen Stromkreis mit Schalter und zwei in Reihe geschalteten identischen Lampen. Wähle die Nennspannung der Quelle doppelt so groß wie die der Lampen. Der Schalter ist zunächst geöffnet: Das rote Voltmeter zeigt die Nennspannung  $U$  der Quelle, die anderen liefern keine Anzeige. Schließe den Schalter: Die Anzeige des roten Voltmeters ändert sich nicht, die anderen beiden zeigen die Nennspannung der Glühlampen.

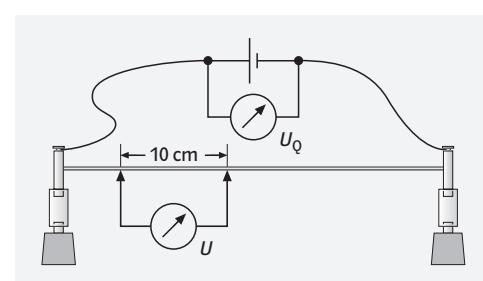


**V3** Ersetze die Glühlampen aus Versuch 2 durch einen Draht. Verändere die Spannung der Quelle. Schließe ein Voltmeter über einen verschiebbaren Kontakt parallel zum Draht an. Das Voltmeter zeigt eine Teilspannung an.

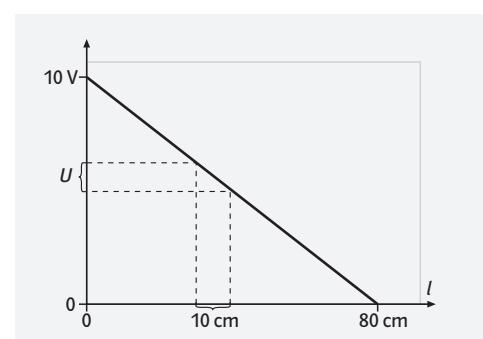


#### Weitere Versuche

**V4** An eine Quelle mit einer Spannung von 10V wird ein 80 cm langer Konstantdraht angeschlossen. Ein zweites Messgerät wird so an den Draht angeschlossen, dass die Kontakte 10 cm Abstand haben. Verschieben der Kontakte bei gleichbleibendem gegenseitigen Abstand liefert immer das gleiche Ergebnis von 1,25V. Der Versuch wird mit anderen Abständen zwischen den Kontakten wiederholt.



Die angegebene Versuchsanordnung hat gegenüber der Anordnung mit nur einem verschiebbaren Abgriff (vgl. V3) den Vorteil, dass der Spannungsabfall – einmal bei festem, dann bei verändertem Abstand der beiden Abgriffstellen eingeführt werden kann. An die beiden Abgriffe sollte zunächst nur das Spannungsmessgerät gelegt werden (praktisch unbelasteter Spannungsteiler), um die Linearität des Zusammenhangs nicht zu beeinträchtigen.



#### Material

Kopierzettel Arbeitsblätter:

- Die Spannung (el\_s1\_ab\_016a: diff ↓, el\_s1\_ab\_016b: diff ↑)
- Umrechnungen und Zeichnen von Schaltplänen (el\_s1\_ab\_017)

Animationen/Simulationen:

- Unverzweigter Stromkreis Versuch 2 (el\_s1\_si\_012)

#### Lösungen der Aufgaben

**A1** ○ Messversuche bzw. Aufschriften auf Geräten deuten.

**A2** ○ Deutsche Bahn 15 000V, Wikipedia liefert darüber hinaus ein breites Angebot.

**Lernziele**

## Die SuS

- verwenden die physikalische Größe Widerstand  $R$  zur Kennzeichnung von elektrischen Bauteilen im Stromkreis.
- geben an, dass bei gleicher Spannung der Quelle die Stromstärke umso kleiner ist, je größer der Widerstand des verwendeten Bauteils ist.
- deuten unterschiedliche Stromstärken in mehreren Stromkreisen mit gleicher Spannung der Quelle durch die Annahme unterschiedlicher Widerstände der in den Stromkreisen verwendeten Bauteile.
- nennen  $R = U/I$  als Definition der physikalischen Größe Widerstand.
- erklären unterschiedliche Messwerte für den Widerstand desselben Bauteils durch die Annahme unterschiedlicher Temperaturen im Leiter.

**Begriffe**

elektrischer Widerstand (Formelzeichen  $R$ , Maßeinheit 10hm (1Ω)), Ohmmeter, Konstantandraht

**Hinweise/Kommentar**

Durch die gleichzeitige Verwendung des Wortes „Widerstand“ als Bezeichnung für die entsprechenden Bauteile einerseits und für deren elektrischen Widerstand andererseits können Verständnisschwierigkeiten auftreten.

Die Begriffsbildung wird zusätzlich dadurch erschwert, dass das Bauteil „Widerstand“ einerseits den Stromkreis schließt und damit den Strom erst ermöglicht, während es andererseits als Hindernis des Stromes wahrgenommen wird. Die zuerst beschriebene Eigenschaft wird durch die Messgröße Leitwert  $G = 1/R$  quantitativ beschrieben und durch die zunehmende Stromstärke in der gemeinsamen Zuleitung einer Parallelschaltung bei zunehmender Anzahl von Widerständen als Phänomen zugänglich. Mit der zweiten durch die Messgröße Widerstand  $R$  beschriebenen Eigenschaft ist das Phänomen der mit zunehmender Anzahl in Reihe geschalteter Widerstände absinkenden Stromstärke verbunden.

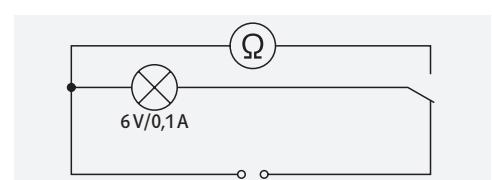
Die Arbeitsblätter „Elektrische Schaltungen mit Bleistiftstrichen“ (el\_s1\_ab\_028) bieten weitere experimentelle Möglichkeiten sich mit der Thematik zu befassen.

**Einstieg**

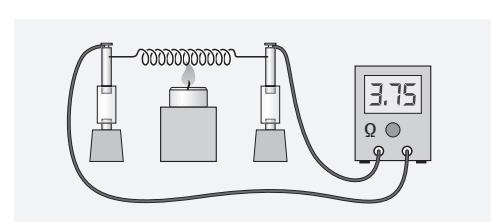
Im Polprüfer befindet sich ein Bauteil mit sehr hohem Widerstand. Wenn der Mensch den Daumen auf das Leiterplättchen am Ende des Polprüfers legt und gleichzeitig mit den Füßen eine Verbindung zur Erde herstellt, wird der Stromkreis geschlossen. In der Reihenschaltung aus Mensch und Polprüfer wird der Strom so stark behindert, dass die Stromstärke trotz der Netzsspannung der Quelle für den Menschen ungefährlich ist. Die Glühlampe im Polprüfer leuchtet bereits bei dieser Stromstärke.

**Versuche**

**V1** In nebenstehender Schaltung leuchtet die Glühlampe 6V/0,1A zunächst eine Minute lang. Dann wird der Schalter schnell umgelegt und die Anzeige auf dem Ohmmeter beobachtet. Der angezeigte Wert fällt von nahezu 60 Ω zu Beginn auf 6,6 Ω.

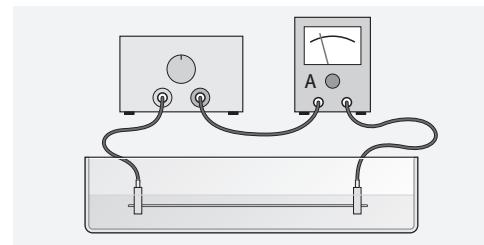


**V2** Die Widerstände eines aufgewickelten Stücks Eisendraht und eines Stücks Konstantandraht werden mit dem Ohmmeter gemessen, während die Drähte mit einem Teelicht erhitzt werden. Der Widerstand des Eisendrahtes steigt, der des Konstantandrahtes verändert sich nicht.



**V3** **a)** Wir schließen nacheinander eine Glühlampe und einen Konstantdraht (Länge 1,6 m; Querschnittsfläche 0,01 mm<sup>2</sup>) an eine elektrische Quelle und messen jeweils die Stromstärke für unterschiedliche Spannungen.

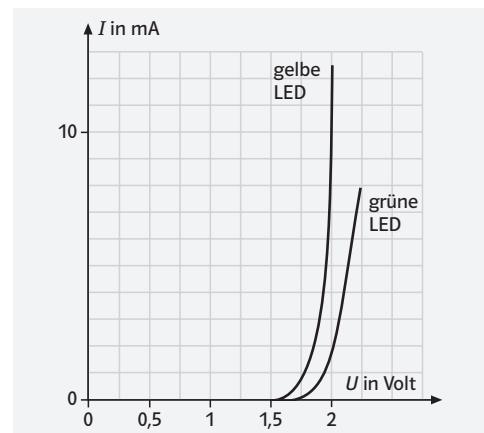
**b)** Wir messen auch die Werte für einen Eisendraht. Dann legen wir den Draht in ein Wasserbad und wiederholen die Messungen. Verdoppeln von  $U$  führt bei dem Konstantdraht zur Verdopplung von  $I$ . Bei der Glühlampe besteht dagegen kein proportionaler Zusammenhang. Gleichtes gilt für den Eisendraht. Durch das Wasserbad erwärmt sich der Eisendraht weniger. Spannung und Stromstärke sind im gekühlten Draht proportional.



	$U$ in V	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Glühlampe	$I$ in A	0	0,13	0,22	0,30	0,36	0,40	0,45
Konstantdraht	$I$ in A	0	0,12	0,24	0,36	0,49	0,61	0,74
Eisendraht in Luft	$I$ in A	0	0,34	0,60	0,80	0,98	1,08	1,13
Eisendraht in Wasser	$I$ in A	0	0,44	0,90	1,34	1,75	2,26	2,66

**V4** In der Elektronik sind oft Leuchtdioden in Schaltungen zu finden. Die Messung von Spannung und Stromstärke zeigt für die Schülerinnen und Schüler ein unerwartetes Ergebnis: Oberhalb einer Spannung von etwa 1,4 V steigt bei richtiger Polung die Stromstärke an und die Diode leuchtet.

**Hinweis:** Da die Kennlinie der LED oberhalb der Schwellspannung sehr stark ansteigt, verwendet man im Allg. zur Strombegrenzung (etwa 20 mA) einen Vorwiderstand, um eine Zerstörung der LED zu vermeiden. Will man diesen Widerstand aus methodischen Gründen weglassen, dann muss  $U$  oberhalb der Schwellspannung sehr vorsichtig (in Schritten von max. 0,1 V) erhöht und beim Erreichen der maximal zulässigen Stromstärke wieder zurückgefahren werden.



#### Material

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Widerstandsberechnungen (el\_s1\_ab\_018a: diff ↓, el\_s1\_ab\_018b: diff ↑)
- Elektrische Schaltungen mit Bleistiftstrichen (el\_s1\_ab\_028)

#### Kopiervorlagen Lernzirkel:

- Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke (el\_s1\_lz\_006)

#### Animationen/Simulationen:

- Der elektrische Widerstand (el\_s1\_si\_013)
- Das Ohm'sche Gesetz (el\_s1\_si\_014)
- Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstands (el\_s1\_si\_015)

#### Lösungen der Aufgaben

**A1** ● Der Widerstand von Eisendraht wächst, wenn man den Draht erhitzt. Die Erwärmung des Drahtes geschieht im geschlossenen Stromkreis auch durch die Wärmewirkung des Stromes. Legt man den Draht in ein (genügend großes) Wasserbad, so wird der Draht durch das Wasser gekühlt; seine Temperatur bleibt auch bei steigender Stromstärke konstant und damit auch sein Widerstand.

**Lernziele** Die SuS unterscheiden Parallel- und Reihenschaltungen. Sie übertragen ihre erworbenen Kenntnisse über Stromkreise auf die Gesetzmäßigkeiten für Spannungen und Stromstärken in Parallel- und Reihenschaltungen.

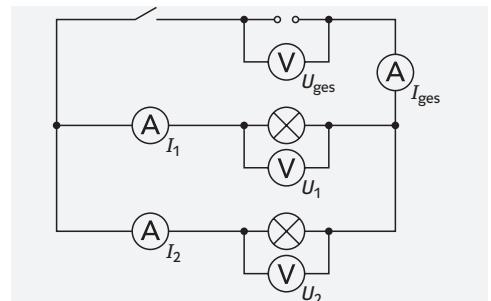
**Begriffe** Spannung, Teilspannung, Stromstärke, Verzweigung, Parallelschaltung, Reihenschaltung, Knotenregel, Maschenregel

**Hinweise/Kommentar** Die Untersuchung der beiden Schaltungstypen mit der quantitativen Beschreibung durch die Größen Spannung und Stromstärke stützt sich auf die Vorkenntnisse der SuS, die im Wesentlichen Phänomene bei den Schaltungstypen beinhalten. Für die meisten SuS sind die Zusammenhänge, die sich aus der Knoten- und der Maschenregel ergeben, plausibel. Durch Messungen wird dies bestätigt. Der Alltagsbezug wird auch hier mit der Argumentation über die Mehrfachsteckdose betont.

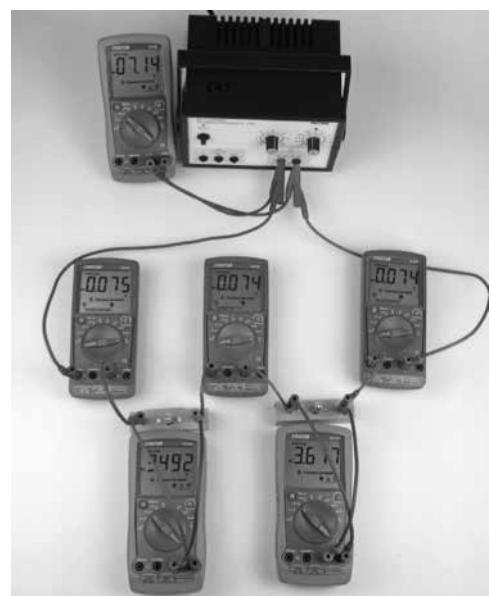
**Einstieg** Der Einstieg nimmt Bezug auf eine Alltags-situation (z.B. Überlastung einer Leitung bei einem Schulfest.)



**Versuche** **V1** a) Baue die Parallelschaltung aus der Schaltskizze auf.  
b) Miss die Stromstärken  $I_1$ ,  $I_2$  und  $I_{\text{ges}}$  sowie die Spannungen  $U_1$ ,  $U_2$  und  $U_{\text{ges}}$ . Die Stromstärke  $I_{\text{ges}}$  ist etwa die Summe der Stromstärken  $I_1$  und  $I_2$ .  
Die Spannungen  $U_1$ ,  $U_2$  und  $U_{\text{ges}}$  sind alle gleich.

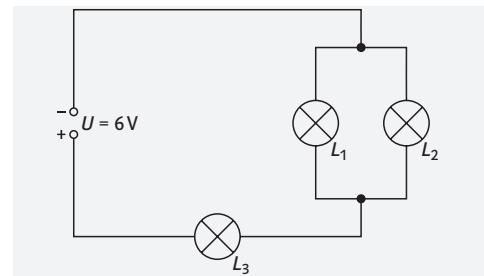


**V2** a) Erstelle anhand des rechts abgebildeten Fotos der Reihenschaltung eine Schaltskizze.  
b) Baue die Schaltung auf.  
c) Miss die Stromstärken  $I_1$ ,  $I_2$  und  $I_{\text{ges}}$  sowie die Spannungen  $U_1$ ,  $U_2$  und  $U_{\text{ges}}$ . Die Stromstärken  $I_1$ ,  $I_2$  und  $I_{\text{ges}}$  sind alle gleich. Die Spannung  $U_{\text{ges}}$  ist etwa die Summe der Teilspannungen  $U_1$  und  $U_2$ .



### Weitere Versuche

**V3** Gegeben ist eine Schaltung von 3 gleichen Lampen. Die parallel geschalteten Lampen  $L_1$  und  $L_2$  leuchten weniger hell als  $L_3$ . Dreht man  $L_3$  heraus, so sind alle Lampen dunkel. Dreht man  $L_1$  heraus, so leuchten die Lampen  $L_2$  und  $L_3$  gleich hell.



### Material

Kopierzettel Arbeitsblätter:

- Parallel- und Reihenschaltung von Widerständen (el\_s1\_ab\_023a: diff ↓, el\_s1\_ab\_023b: diff ↑)
- Schaltungen von Widerständen (el\_s1\_ab\_024)

Kopierzettel Lernzirkel:

- Parallel- und Reihenschaltung (el\_s1\_lz\_008)

Animationen/Simulationen:

- Unverzweigter Gleichstromkreis (el\_s1\_si\_012)
- Verzweigter Gleichstromkreis (el\_s1\_si\_016)
- Reihenschaltung von Widerständen (el\_s1\_si\_017): diff ↑
- Parallelschaltung von Widerständen (el\_s1\_si\_018): diff ↑

### Lösungen der Aufgaben

**A1** Es gilt nach der Knotenregel  $I_2 = I_3 = I_1/2 = 1,5\text{ A}$ , da die entsprechenden Zweige jeweils gleiche Lampen in Parallelschaltung enthalten. Entsprechend gilt  $I_4 = I_5 = I_6 = I_1/3 = 1\text{ A}$ , da die entsprechenden Zweige jeweils eine gleiche Lampe enthalten, die parallel zueinander geschaltet sind.

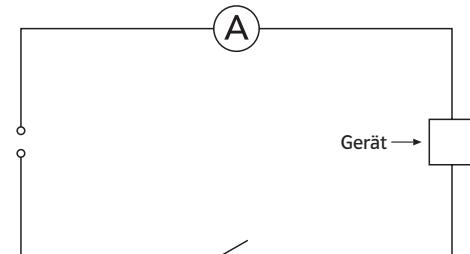
**Lernziele** SuS setzen ein Vielfachmessgerät sachgerecht zur Messung der Stromstärke ein.

**Begriffe** Messbereich

**Hinweise/Kommentar** Die Messgeräte stützen sich nicht auf die Vorstellung „Strom = bewegte Ladung“, insofern ist eine Begriffsbildung nicht zwingend erforderlich. Bei dieser Sichtweise ist die Reihenfolge der Einführung von Messgeräten und auch der Zeitpunkt flexibel planbar.

**Versuche im Schulbuch**

**V1** Setze in nebenstehender Schaltung Quellen und Geräte entsprechend der Tabelle ein. Notiere Messwerte und Beobachtungen.



Quelle	Gerät	Ergebnis
Batterie 3V bzw. 4,5V	Glühlampe 3,5V/0,2A Messgerät an verschiedenen Stellen	Stromstärke ist bei höherer Spannung größer, aber an verschiedenen Stellen gleich. Evtl. kann Nennspannung durch Nennstrom ersetzt werden.
Passende Gleichspannung	Motor ohne Last; Motor mit Last	Mit Last höhere Stromstärke. Anknüpfung zur Energie möglich.
Passende Gleichspannung	Verschiedene Glühlampen mit gleicher Nennspannung	Unterschiedliche Stromstärken. Evtl. kann Nennspannung durch Nennstrom ersetzt werden.
Netzgerät mit Gleich- und Wechselspannung	Glühlampe z. B. 3,5V; bei beiden Quellen auf gleiche Helligkeit einstellen	Bei gleicher Helligkeit gleiche Stromstärke.
Batterie 1,5V	Diode, Polung wechseln	Durchlassrichtung und Sperrrichtung werden identifiziert, Diode = Ventil.

**Lernziele** Die SuS stellen aufgenommene Messwerte in Diagrammen dar. Die SuS werten Diagramme aus und entscheiden begründet über die Zulässigkeit von Ausgleichsgeraden. Sie fertigen Ausgleichsgeraden zu Messdaten an und verwenden eine mathematische Formeldarstellung.

**Begriffe** Messwerte als Wertepaare physikalischer Größen, Koordinatenachsen, Ausgleichsgerade, Kennlinie, Quotientengleichheit,

**Hinweise/Kommentar**

Es ist natürlich sinnvoll, den zugrunde liegenden Versuch (siehe unten) durchzuführen und eigene Messwerte aufzunehmen. Mit Hilfe der Messwertetabelle im Buch kann aber auch, z.B. bei knapper Unterrichtszeit, auf die tatsächliche Durchführung verzichtet werden. Schwerpunkt dieser Lerneinheit ist ja nicht das Experimentieren, sondern das Auswerten von Messreihen.

Voraussetzung für den Umgang mit Messreihen ist das Grundverständnis einer physikalischen Größe.

Messwerte und Messreihen stellen eine funktionale Abhängigkeit dar. Damit werden immer zwei Größen benötigt, eine unabhängige und eine abhängige Größe. In der Regel werden die Werte der unabhängigen Größe auf der horizontalen Abszissenachse (x-Achse) und die Werte der abhängigen Größe auf der vertikalen Ordinatenachse (y-Achse) aufgetragen. Dabei sollte man die Skalierung so wählen, dass formatfüllende aussagefähige Darstellungen entstehen.

Es wird darauf geachtet, dass alle Wertepaare durch Kreuze mit Linien parallel zu den Koordinatenachsen dargestellt werden. Dieses zwingt zu einer höheren Genauigkeit bei der Erstellung des Diagramms.

Ausgewertet wird zunächst nur die Darstellung der Messwerte:

Je größer die Spannung  $U$  ist, desto größer ist die Stromstärke  $I$ .

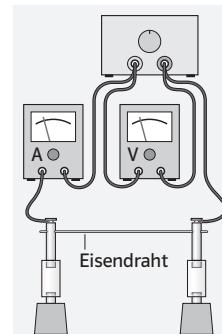
Da beide Messreihen unterschiedlich sind, beginnt man mit dem einfacheren Zusammenhang bei Konstantan. Durch Ergänzung des Wertes (0V/0A) ist hier eine Ausgleichsgerade durch (0V/0A) sinnvoll.

Für Eisen ergibt sich eine gekrümmte Ausgleichskurve, die ebenfalls durch (0V/0A) verlaufen muss. Diese Kurve kann nur im Anfangsbereich bis  $U = 4V$  durch eine Ausgleichsgerade angenähert werden.

Die Auswertung greift das Grundverständnis proportionaler Zusammenhänge aus der Mathematik auf und führt den Nachweis über Quotientengleichheit. Ergänzend wird die Tabelnkalkulation als Rechenhilfe einbezogen.

**Versuch** Miss entsprechend der Abbildung bei zwei Drähten (einer aus Eisen und einer aus Konstantan) für unterschiedliche Werte der Spannung (von 0V bis 7V) jeweils die zugehörigen Werte der Stromstärke. Halte die Werte in einer Tabelle fest und erstelle daraus ein  $U$ - $I$ -Diagramm.

**Material** Messtabelle aus dem Schülerbuch (el\_s1\_ta\_001)



Kopierzettel Arbeitsblätter:

- Widerstände und Kennlinien (el\_s1\_ab\_019)
- Aufnahme von Kennlinien (el\_s1\_ab\_020)
- Temperaturabhängigkeit des Widerstandes (el\_s1\_ab\_021: diff↑)

## 7.5 Elektrische Energie, Spannung und Stromstärke

**Lernziele** Die SuS sollen erkennen, dass sowohl die Stromstärke im Stromkreis als auch die Spannung der Quelle die übertragene Energie bestimmen.

**Begriffe** keine neuen

**Hinweise/Kommentar** Die übertragene Energie wird hier mit leuchtenden Lämpchen verglichen. Es ist deswegen notwendig, darauf hinzuweisen, dass die Lampen jeweils gleich lange leuchten. Dass die transportierte Energie proportional zur verstrichenen Zeit ist, wird als intuitiv einsichtig vorausgesetzt.

Laut Curriculum ist die Erarbeitung der im Buch angegebenen Formel und damit der Proportionalität von Energie und Spannung und Stromstärke nicht erforderlich. Allerdings bietet sie einen guten Anknüpfungspunkt an das Energiekapitel, wo die Einheit „1 Joule“ eingeführt wurde.

Im letzten Absatz des Textes wird darauf hingewiesen, dass die Elektronen nicht Träger der Energie im Sinne eines „Rucksackmodells“ sein können, da die Energie wesentlich schneller transportiert wird als die Elektronen selbst. Das kann in dieser Klassenstufe nur eine Mitteilung sein, da weder eine Vorstellung des elektrischen Feldes vorhanden ist, noch die Energie des Feldes vom Curriculum vorgesehen ist. Natürlich könnte man sich dem Thema beispielsweise mit dem Plattenkondensator und einem Auseinanderziehen der Platten annähern.

**Einstieg** Den SuS ist die Spannung als Kennzeichen einer elektrischen Quelle, also auch des Handyakkus, präsent. Vielen ist zudem bekannt, dass oftmals auf den Akkus oder den Handys selbst eine Angabe zur Stromstärke zu finden ist. In diesem Einstiegsszenario wird der Zusammenhang zur Solarzelle hergestellt, die schon zuvor als elektrische Energiequelle eingestuft wurde.



### Versuche im Schulbuch

**V1** Lies bei verschiedenen Glühlämpchen die aufgedruckten Angaben zu Stromstärke und Spannung ab. Schalte dann je zwei Lämpchen in separate Stromkreise mit Stromstärkemessgerät und stelle die Quellenspannungen so ein, dass die Stromstärke in beiden Stromkreisen gleich groß ist. Die Lampen leuchten verschieden hell. Der von der Quelle angezeigte Wert der Spannung ist ebenfalls unterschiedlich.



**V2** **a)** Schließe einen Experimentiermotor an ein Netzgerät mit einstellbarer Spannung. Miss die Stromstärke in dem Stromkreis. Je größer die Spannung, desto schneller läuft der Motor.

**b)** Schalte einen zweiten Motor in Reihe. Erhöhe die Spannung der Quelle bis sich beide Motoren so schnell drehen wie zuvor ein Motor allein. Miss die Stromstärke.

Die gleiche Motorenendrehzahl ergibt sich bei doppelter Spannung und gleicher Stromstärke.

**c)** Stelle die Spannung auf einen festen Wert ein. Schalte den zweiten Motor diesmal parallel. Beide Motoren drehen sich so schnell wie zuvor der eine Motor allein. Mit dem Zuschalten des zweiten Motors verdoppelt sich die Stromstärke.



### Weitere Versuche

**V3** Mit einem Handgenerator wird zu- nächst der gefühlte Unterschied beim Kur- beln für mehrere Lämpchen in Reihen- bzw. Parallelschaltung verglichen. Dann erfassen Messgeräte die jeweilige Stromstärke und Gesamtspannung in beiden Schaltungen.



### Material

Animationen/Simulationen:

– Elektrische Energie (en\_s1\_si\_002)

### Lösungen der Aufgaben

**A1**  **a)** Die Lampe links ist heller. In ihr wird in gleichen Zeitspannen mehr Energie über- führt.

**b)** Bei gleicher Stromstärke ist die Spannung an der linken Lampe größer.

**c)** Bei gleicher Spannung ist die Stromstärke in der linken Lampe größer.

**A2**  Die in  $\Delta t = 300\text{ ms}$  mindestens übertragene Energie beträgt:  
$$\Delta E = U \cdot I \cdot \Delta t = 230\text{ V} \cdot 3\text{ A} \cdot 0,3\text{ s} = 207\text{ J}$$

**A3**  Der Akku speichert eine Energie von  $\Delta E = 35\,000\text{ J}$ . Aus  $\Delta E = U \cdot I \cdot \Delta t$  folgt für die Ladezeit:

$$\text{Mindestens } \Delta t = \frac{\Delta E}{U \cdot I} = \frac{35\,000\text{ J}}{7,5\text{ V} \cdot 0,4\text{ A}} = 11\,667\text{ s} \approx 194\text{ min} = 3\text{ h }14\text{ min}$$

$$\text{Höchstens } \Delta t = \frac{\Delta E}{U \cdot I} = \frac{35\,000\text{ J}}{7,5\text{ V} \cdot 0,15\text{ A}} = 31\,111\text{ s} \approx 520\text{ min} = 8\text{ h }40\text{ min}$$

## 7.6 Elektrische Energie und Leistung

**Lernziele** Die SuS kennen den Leistungsbegriff und bezeichnen die Leistung mit dem Buchstaben  $P$ . Sie berechnen die Leistung entweder aus transportierter Energie und Zeitdauer oder aus Stromstärke und Spannung.

**Begriffe** Leistung  $P$

**Hinweise/Kommentar** Je nachdem, ob der Begriff Leistung schon eingeführt ist oder nicht, bietet sich der Einstieg über den ersten Absatz im Schülerbuch und V1 an oder diese können weggelassen werden. Die im Text anschließend erarbeitete Proportionalität der Leistung zur Spannung und zur Stromstärke geht über den geforderten Kern des Curriculums hinaus.

**Einstieg** Im Alltag der SuS ist der Begriff „Leistung“ in einem physikalischen Sinne – abgesehen von Lampen – am ehesten mit den Leistungsangaben bei Lautsprechern verbunden. Das bietet Anlass zur Frage, was der hohe Wert bei dem abgebildeten Auto sowohl betreffend der Energie als auch der elektrischen Größen bedeutet.



### Versuche im Schulbuch

**V1** Schüler laufen die Treppe in den ersten Stock hinauf und messen die Zeit dafür. Anschließend wird aus Höhe und Masse die zugeführte Lageenergie berechnet. Es gilt: 1m Höhenunterschied ergeben für je 1kg Körpermasse 10J Lageenergie. Das Ergebnis ist unabhängig von der Zeit, die für den Lauf benötigt wird. Um die Zeit für eine Energieänderung zu berücksichtigen, könnte man den Quotienten aus Energie und Zeit bilden.



**V2** Für eine Reihenschaltung aus 2, 3, 4... gleichen Lampen werden Stromstärke und Gesamtspannung gemessen. Anschließend wird die Messung mit einer Parallelschaltung wiederholt. In je zwei Diagrammen wird die Gesamtleistung im Stromkreis gegen die Gesamtspannung bzw. die Stromstärke aufgetragen. Die Gesamtleistung aller Lampen im Stromkreis ist zu  $U$  und  $I$  proportional.

**V3** Miss mit einem Energiemessgerät für die Steckdose die Leistung verschiedener Haushaltsgeräte. Notiere auch die angezeigten Werte für Spannung und Stromstärke. Geräte, die Wärme erzeugen, zeigen die höchste Leistung. Aus Stromstärke und Spannung lässt sich die Leistung als Produkt berechnen.



### Weitere Versuche

**V4** In der Reihen- und Parallelschaltung werden (zum Beispiel an technischen Widerständen) alle Werte für die Einzel- und Gesamtspannungen und die Einzel- und Gesamtstromstärken gemessen. Aus den Messwerten werden die Leistung der Quelle und die Leistungen der Geräte berechnet.

In beiden Fällen ergibt sich für die Gesamtleistung  $P_{\text{ges}} = P_1 + P_2 + \dots$

- Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:
- Die elektrische Leistung (el\_s1\_ab\_025a: diff ↓, el\_s1\_ab\_025b: diff ↑)
  - Elektrische Energie und Leistung (el\_s1\_ab\_026)
  - Elektrische Energie und Leistung bei Parallel- und Reihenschaltung (el\_s1\_ab\_027: diff ↑)

### Lösungen der Aufgaben

**A1** ○ Aufgrund der in allen drei Stromkreisen gleichen Quellenspannung muss auch jeweils insgesamt die gleiche Leistung umgesetzt werden. Daraus folgt, dass an das Lämpchen im linken Kreis die doppelte Energie pro Zeit übertragen wird, wie an jedes der Lämpchen der anderen beiden Stromkreise. Betreffend der Leistung der einzelnen Lämpchen unterscheiden sich die beiden anderen Schaltungen nicht, weil an den Lämpchen im mittleren Bild tatsächlich nur 3V anliegen und im rechten Bild dafür nur die Hälfte der Stromstärke vorliegt (im Vergleich zum mittleren Bild).

**A2** ● Um eine Tafel Schokolade 1m hoch zu heben, benötigt man 1 Joule Energie. Aus diesem Grund können die Ergebnisse in J der folgenden Tabelle auch als Zahl der Tafeln Schokolade gelesen werden. Rechnung:  $\Delta E = P \cdot \Delta t$ , mit  $\Delta t = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$ .

Gerät	$\Delta E$ in J
Taschenrechner	0,3
Taschenlampe	540
Fahrradlampe	1800
Rasierapparat	6000
Autofernlicht	36000
Farbfernseher	66000
Haartrockner	360000
Automotor-Anlasser	600000
Bügeleisen	720000
Waschmaschine	2100000
Elektroherd	4440000
Elektrolokomotive	4,2 Milliarden
ICE	5,76 Milliarden
Generator im Kraftwerk	42 Milliarden

**A3** ● Da das Kabel so lang ist, kann sein Widerstand nicht vernachlässigt werden. Die anliegende Spannung von 6V teilt sich zwischen den Geräten Lampe und Kabel im Verhältnis ihrer Widerstände auf. Da die Lampe gar nicht mehr leuchtet, kann man folgern, dass der Widerstand des Kabels deutlich größer ist als der der Lampe. Es wird pro Zeiteinheit kaum noch Energie an die Lampe übertragen. Da das Kabel somit fast die gesamte Energie aufnimmt, besteht bei aufgerolltem Kabel die Gefahr der Überhitzung und des Brandes.

**Lernziele** SuS untersuchen die Überführung und den Transport von Energie in Stromkreisen.

**Begriffe** keine neuen Begriffe

**Hinweise/Kommentar** Hier wird die Methode eines Gruppenpuzzles vorgeschlagen. Die vier Stationen bieten unterschiedliche Aspekte:

Station I – **Beschreiben** der Überführung von Bewegungsenergie in elektrische Energie, des Transport durch den Stromkreis und der Nutzung als Lichtenergie.

Station II – **Beobachten** und **Erkennen** der Überführung von Energie der Muskel in elektrische Energie und der erhöhten Überführung in einer Parallelschaltung, **Zeichnen** von Energietransportdiagrammen bzw. Energieübertragungsketten.

Station III – **Vergleich** der Wirkung unterschiedlicher Energieüberführungen

Station IV – **Messung** von Energiewerten an einem Gebrauchsgegenstand

Wenn aus jeder Gruppe eine Schülerin oder ein Schüler ihre/seine Ergebnisse vorträgt, kann unter der Überschrift „Elektrische Energie“ ein Lernplakat erstellt werden, das verdeutlicht,

- dass ein elektrischer Stromkreis als Mittler zwischen Primär- und Ausgangsenergie auftritt,
- dass derselbe Stromkreis unterschiedliche Energien übertragen kann,
- dass die übertragene Energie sowohl von der aufgebrachten Primärenergie (Station III) als auch vom elektrischen Gerät (Station IV) abhängen kann.

**Material** Kopiervorlagen Lernzirkel:

– Elektrische Energie (el\_s1\_lz\_005)

**Lernziele** Basierend auf Hinweisen zu Lernplakaten im Band Impulse 5/6 erstellen die SuS eigenständig ein Lernplakat, das die Unterschiede zwischen Elektronenbewegung und Energieübertragung in einem Stromkreis verdeutlicht.

**Begriffe** keine neuen Begriffe

**Hinweise/Kommentar** Das in dieser Buchreihe verdeutlichte Konzept für die Erstellung von Lernplakaten mit

- Aufmerksamkeit erregen
- Inhalt auswählen
- Darstellung übersichtlich gestalten
- Abschließenden Gesamteindruck bewerten

Soll auch hier zum Tragen kommen. Dabei werden den SuS für die Zielsetzung, den Unterschied zwischen Elektronenbewegung und Energieübertragung in einem Stromkreis zu verdeutlichen, Gestaltungselemente und Textvorschläge angeboten. Es sollte nicht auf eine vergleichende Bewertung und einen öffentlichen Aushang der besten Plakate verzichtet werden.

**Fachwissen:**

wahr: 3, 4, 5  
falsch: 1, 2, 6, 7

**Kommunikation:**

LEISTUNG, REIHENSCHALTUNG, WIDERSTAND, STROMSTAERKE, LADUNG, SPANNUNG, ENERGIE

Lösungswort: LEITUNG

**Erkenntnisgewinnung:**

- 1: c)
- 2: e)
- 3: b)
- 4: a)

**Bewertung:**

- 1: Statt der Amperemeter müssten Voltmeter zu den Lampen parallel geschaltet werden
- 2: Die Elektronen bewegen sich vom Minuspol durch die Lampe zum Pluspol
- 3: Bei der Rechnung wurde nicht in A umgerechnet, es sind nur  $E = 9\text{ J}$ .
- 4: Die Teilspannungen an Lampe und LED sind unbekannt und höchstwahrscheinlich nicht 5V. Daher kann die Gesamtspannung nicht angegeben werden.

**A1** ● Die geladene CD übt Kräfte auf die Ladung der Papierstücke aus. Ist die CD positiv geladen, so wird negative Ladung des Papiers etwas zur CD hin verschoben. Folglich erscheint das Papier aus Richtung der CD wie ein negativ geladenes Papier. Es wird von der CD angezogen, berührt die CD, lädt sich dabei positiv auf und wird anschließend abgestoßen, weil es nun gleichnamige Ladung trägt. Das Papier fällt auf den Tisch, entlädt sich dabei. Der Vorgang wiederholt sich, bis die CD so weit entladen ist, dass die Anziehungskraft nicht mehr ausreicht, die Papierstückchen zu heben.

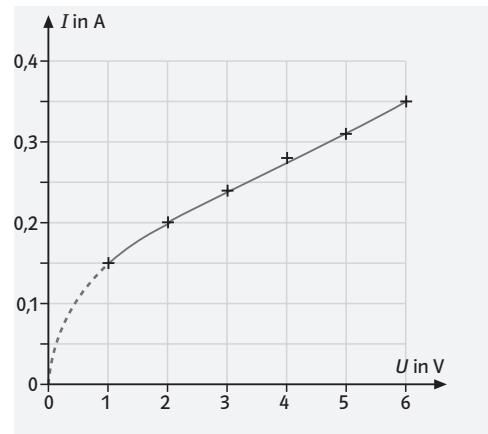
**A2** ○ Alle drei Stoffe sind gleich geladen, also negativ.

**A3** ○ Elektrische Ladung wird erst durch (einheitliche) Bewegung zum elektrischen Strom. (Analogie Luft – Wind: Was macht der Wind wenn er nicht weht?)

**A4** ○ Das Spannungsmessgerät (Voltmeter) muss parallel zu den beiden Messpunkten geschaltet werden.

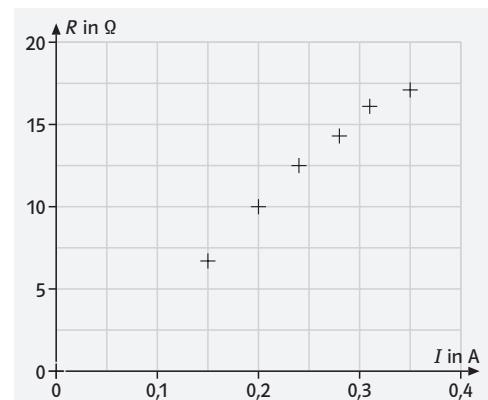
**A5** ○ Der Widerstand des Leiters sagt etwas über den elektrischen Strom aus, der dann besteht, wenn eine bestimmte Spannung anliegt. Entsteht in einem Leiter bei der Spannung  $U$  die Stromstärke  $I$ , dann heißt der Quotient  $U/I$  Widerstand  $R$ .

**A6**  **a)** Kennlinie mit abnehmender Steigung, oberhalb 1V fast linear. 0,18 A erreicht man bei etwa 1,6V.



**b)** Metalldraht.

**c)** Zugehörige Widerstandswerte in  $\Omega$ : 6,7; 10,0; 12; 14; 16; 17.  $I$ - $R$ -Diagramm bis 0,25 A fast linear steigend mit ca.  $65 \Omega/A$ , dann deutlich abflachend. Der Widerstand kann bis 0,15 A nicht angegeben werden.



**A7**  **a)**  $I = U/R = 230V/3000 \Omega = 0,077A = 77mA$  (trocken: 7,7mA)

**b)**  $U = R \cdot I = 3000 \Omega \cdot 0,001A = 3V$

**Hinweis:** In der Praxis gelten Spannungen bis rund 30V als ungefährlich. Erst oberhalb dieses Wertes müssen alle Leitungen berührungssicher sein.

**c)** Durch Wasser (z. B. bei nassen Händen) oder die hohe Luftfeuchtigkeit nach der Dusche kann es beim Gebrauch elektrischer Geräte (z. B. Föhn) zu Kontakten mit der elektrischen Quelle kommen.

**A8**  **a)**  $I_{\text{Lampe}} = \frac{I_{\text{ges}}}{25} = \frac{2,5A}{25} = 0,1A$

**b)**  $I_{\text{Lampe}} = \frac{I_{\text{ges}}}{x} \Leftrightarrow x = \frac{I_{\text{ges}}}{I_{\text{Lampe}}} = 40$ . Es können 15 gleiche Lampen hinzugeschaltet werden.

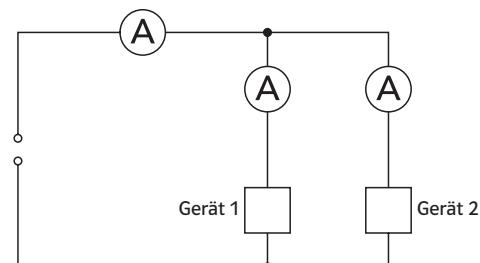
**A9**  **a)**

**b)** An beiden Bauteilen liegt dieselbe Spannung an, die Stromstärke in dem einen Bauteil ist dreimal so groß wie in dem anderen:

$$I_1 = 3 \cdot I_2$$

Gemäß  $R = U/I$  verhalten sich die Widerstände genau umgekehrt, d.h.,

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



**A10**  Man schließt das Gerät an eine elektrische Quelle mit der Spannung 12V an. Man misst die Stromstärke im Stromkreis mit einem Amperemeter; sie darf bei der Nennspannung 12V maximal 3 A betragen.

---

**A11** ● Glühlampe:  $P = U \cdot I = 230V \cdot 0,5A = 125W$ . Das bedeutet, dass in der Lampe in jeder Sekunde 125 J überführt werden.

LED-Lampe:  $P = U \cdot I = 230V \cdot 0,075A = 17,5W$ . Hier sind es in jeder Sekunde 17,5 J.

Die Leuchte ist 4 Stunden pro Tag im Jahr eingeschaltet. Ein Jahr hat 365 Tage, eine Stunde hat 60 Minuten, eine Minute hat 60 Sekunden. Die Lampe ist insgesamt  $365 \cdot 4 \cdot 60 \cdot 60s = 5256000s$  im Jahr in Betrieb.

In der Glühlampe werden in dieser Zeit  $E = 125 \frac{J}{s} \cdot 5256000s = 657000000J = 657000kJ = 657MJ$  überführt.

In der LED-Lampe sind es  $E = 17,5 \frac{J}{s} \cdot 5256000s = 91980000J = 91980kJ \approx 92MJ$ .

Die Kostenersparnis beträgt 6570 Cent – 920 Cent = 5650 Cent = 56,5 €.

**A12** ● a) Man benötigt  $4,2kJ = 4200J$ , um 1l Wasser um  $1^{\circ}C$  zu erwärmen. Der Wasserkocher leistet  $2000W = 2000J/s$ , er benötigt

$$\Delta t = \frac{4200J}{2000\frac{J}{s}} = 2,1s$$

um 1l Wasser um  $1^{\circ}C$  zu erwärmen. Beträgt die Temperaturerhöhung  $80^{\circ}C$ , so dauert die Erwärmung 80 mal so lang, also  $2,1 \cdot 80s = 168s$ , wenn man Energieübertragungen in die Umgebung vernachlässigen kann.

b) Ein Wasserkocher mit 1500W benötigt eine geringere Stromstärke, dafür dauert es länger (um den Faktor  $2000/1500 = 4/3$  länger, d.h. die Erwärmung dauert 224s), bis das Wasser kocht. Die übertragene Energie ist aber in beiden Fällen gleich, nämlich  $\Delta E = 4200J \cdot 80 = 336000J = 336kJ$ , und damit erzeugen auch beide Wasserkocher die gleichen Kosten.

# 8 Bewegungen



## Kommentar

Das Kapitel befasst sich mit der Beschreibung und der Untersuchung von Bewegungen sowie dem Auffinden der für diese Bewegungen geltenden Gesetzmäßigkeiten. Auf die Ursache der Bewegungen bzw. Bewegungsänderungen wird nicht eingegangen.

Die Thematik eignet sich hervorragend, um einige grundlegende physikalische Methoden zu behandeln: Das Erfassen von Messdaten, deren Darstellung in Diagrammen, das Interpretieren von Diagrammen bzw. das Entnehmen von Informationen aus Diagrammen und das Rechnen mit proportionalen Zusammenhängen.

## Lösung der Einstiegsfrage

Wer gewinnt das Rennen? – Die Frage kann natürlich nicht beantwortet werden. Allerdings ist der Start mit der Anfangsbeschleunigung und einer gleichmäßigen Steigerung der Geschwindigkeit über einen längeren Zeitraum ebenso wichtig wie die Beibehaltung der hohen Geschwindigkeit während des gesamten Rennens. Über den Sieg entscheiden auch taktische Überlegungen und konditionelle Voraussetzungen.

Antworten wie „Wer zuerst im Ziel ist“ (= bestimmte Weglänge in der kürzesten Zeitdauer) oder „Wer am schnellsten ist“ (= größte Geschwindigkeit) liefern Anknüpfungspunkte.

---

## (S.160) 8.1 Ruhe und Bewegung

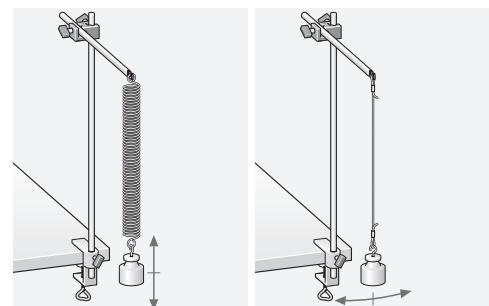
<b>Lernziele</b>	Die SuS erklären die Bedeutung von Zeit, Ort und Beobachterstandpunkt bei der Beschreibung von Bewegungen. Sie erläutern die Bewegungsarten geradlinige Bewegung, Kreisbewegung und Schwingung und nennen Beispiele. Sie nennen die Definition der gleichförmig geradlinige Bewegung und wenden diese quantitativ an.
<b>Begriffe</b>	Beobachter, Bewegung, Zeit(punkt), Zeitdauer, Ort, Weg(länge), geradlinige Bewegung, Kreisbewegung, Schwingung, geradlinig gleichförmige Bewegung
<b>Hinweise/Kommentar</b>	Die Lerneinheit führt in die physikalische Beschreibung von Bewegungen ein. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Klärung und Präzisierung der notwendigen Fachbegriffe, wobei einer anschaulichen Beschreibung anhand von Beispielen der Vorzug gegenüber abstrakten Definitionen gegeben wird. Lediglich für die gleichförmig geradlinige Bewegung werden erste Ansätze einer Mathematisierung vorbereitet und eine verbale Definition geboten, die sich in den folgenden Lerneinheiten problemlos als Formeldefinition mathematisieren lässt. Das Beispiel und die Aufgaben dienen der Vertiefung und Einübung der Begrifflichkeiten (Operatoren „nenne“, „beschreibe“, „erläutere“) im Anforderungsbereich I. Hier bieten sich gute Möglichkeiten, die Kommunikationskompetenz der SuS zu fördern. Aufgabe 3 bietet Messdaten (ohne Bezug auf ein konkretes Experiment) und ermöglicht es damit, die Definition der gleichförmigen Bewegung anhand eines Beispiels zu konkretisieren.
<b>Einstieg</b>	<p>Bild und Text bieten Gelegenheit, über den Begriff der Bewegung und ihre Charakterisierung als „schnell“ bzw. „langsam“ und die Bedeutung des Beobachterstandpunkts zu diskutieren.</p> <p>Wenn der Fotograf ebenfalls ein Fallschirmspringer ist, der neben der Formation fliegt, bewegen sich die anderen Springer aus seiner Sicht nicht (dafür bewegt sich die Erde auf die Springer zu).</p> <p>Auch für einen bezüglich der Erdoberfläche ruhenden Beobachter (z.B. den Fotobetrachter, der sich die Situation vorstellt) erscheint die Bewegung langsam, da aufgrund der weit entfernten Erdoberfläche ein Maßstab fehlt, um die bei der Bewegung zurückgelegten Strecken abschätzen zu können.</p>



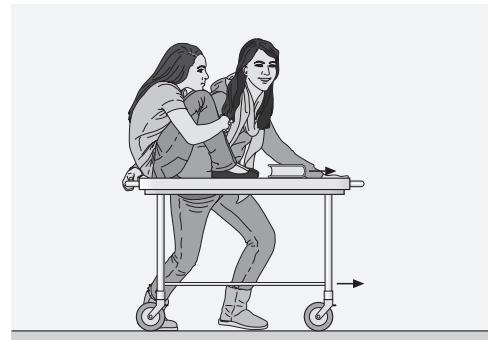
### Versuche im Schulbuch

**V1** Lass ein Blatt Papier fallen. Es bewegt sich auf einer komplizierten Bahn zum Boden. Knüllle das Blatt zu einer Kugel und lass es wieder fallen. Diesmal bewegt es sich auf gerader Linie.

**V2** Ziehe an einem Gewichtsstück, das an einer Feder hängt und lass es los. Das Gewichtsstück bewegt sich nach dem Loslassen auf und ab. Lenke die Kugel eines Fadenpendels aus seiner Ruhelage aus. Sie bewegt sich nach dem Loslassen hin und her.



**V3** Eine Schülerin wird auf einem Experimentiertisch mit Rollen geschoben. Vor ihr auf dem Experimentiertisch liegt ein Buch. Aus Sicht der Schülerin bleibt das Buch vor ihr auf dem Tisch liegen. Für daneben stehende Mitschüler bewegen sich Schülerin und Buch.



**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

– Bewegungen (me\_s1\_ab\_001a: diff↓, me\_s1\_ab\_001b: diff↑)

**Lösungen der Aufgaben**

**A1**

Gleichförmige Bewegung	Schwingung	Kreisbewegung
Zug auf ebener Strecke	Schaukel	Karussell
Förderband	Pendel einer Standuhr	Waschmaschinentrommel
Rolltreppe	Fahrbahn einer Hängebrücke	Fahrradreifen

**A2**  Bei einer gleichförmigen Bewegung wird während einer festen Zeitspanne immer die gleiche Weglänge bzw. -strecke zurückgelegt: Die Bewegung ist (umgangssprachlich) also immer gleich schnell. Bei einer ungleichförmigen Bewegung sind diese Weglängen für verschiedene, aber gleich lange Zeitspannen nicht immer gleich groß, die Bewegung wird also im Laufe der Zeit schneller oder langsamer.

**A3**  Zwischen zwei Messungen sind die Zeitspannen  $\Delta t = 2\text{ s}$  jeweils gleich. Die dabei zurückgelegten Weglängen  $\Delta s$  sind mit 10,4 m; 10,7 m; 10,2 m und 10,2 m ebenfalls annähernd gleich. Die Bewegung ist daher gleichförmig.

## 8.2 Bestimmung von Geschwindigkeiten

### Lernziele

Die SuS erläutern den Begriff der Geschwindigkeit und bestimmen den Betrag der Geschwindigkeit im Falle der geradlinig gleichförmigen Bewegung quantitativ mit Hilfe der zugehörigen Gleichung. Sie verwenden zur Beschreibung geradliniger (gleichförmiger) Bewegungen Zeit-Ort- sowie Zeit-Geschwindigkeit-Diagramme und interpretieren diese. Sie bestimmen die Steigung in Zeit-Ort-Diagrammen und interpretieren diese als Geschwindigkeit.

### Begriffe

Geschwindigkeit, Zeit-Ort-Diagramm, Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm

### Hinweise/Kommentar

In dieser Lerneinheit wird die Geschwindigkeit als physikalische Größe und quantitative Präzisierung der umgangssprachlichen Begriffe „schnell“ bzw. „langsam“ eingeführt. Dabei beschränkt sich die Darstellung bewusst auf (geradlinig) gleichförmige Bewegungen, wobei die Definition auch die näherungsweise Bestimmung von Momentangeschwindigkeiten zulässt (Notation mit  $\Delta s, \Delta t$ ). Eine begriffliche Differenzierung von Momentan- und Durchschnittsgeschwindigkeit erfolgt bewusst nicht. Auch die Bedeutung des Geschwindigkeitsvorzeichens wird im Lehrtext nur angemerkt, entsprechende Vertiefungen, die in den Lehrplänen i. A. nicht vorgesehen sind, können bei Bedarf im Unterricht erfolgen. Die Umrechnung der Geschwindigkeitseinheiten wird in einem Diagramm dargestellt. Ein wichtiger Schwerpunkt sowohl im Lehrtext als auch im Beispiel und den Aufgaben liegt bei der Darstellung von Bewegungen in Zeit-Ort- sowie Zeit-Geschwindigkeit-Diagrammen, auf denen im Folgenden auch die Einführung des Beschleunigungsbegriffs basiert. Hier bestehen vielfältige Gelegenheiten zu Querverbindungen mit dem Fach Mathematik (Proportionalität, lineare Funktionen).

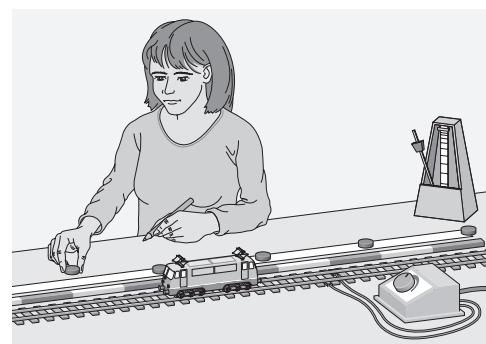
### Einstieg

Die meisten SuS denken beim Thema Geschwindigkeit vermutlich nur an schnelle Bewegungen. Dies drückt sich im Alltag in Formulierungen wie „... im Rausch der Geschwindigkeit ...“ aus. Die Bewegung der Schnecke gibt damit Anlass zur Diskussion über den Begriff Geschwindigkeit. Daniels Behauptung wird in der Beispielaufgabe überprüft. Er hat Unrecht, die Schnecke schafft es über den Feldweg, bevor der Bauer zurückkommt.

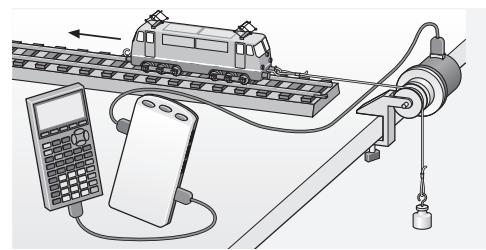


### Versuche im Schulbuch

**V1** Untersuche die Bewegung einer elektrischen Eisenbahn. Stelle dazu ein Metronom so ein, dass es jede Sekunde ein Signal gibt, d.h., die Zeitdauer zwischen zwei Signalen beträgt  $\Delta t = 1\text{s}$ . Lege dann bei jedem Signal ein Markierungsklötzchen dort neben die Schienen, wo sich der vordere Teil der Bahn gerade befindet. Wichtig: Die Einstellung des Eisenbahntrafos darf während der Fahrt nicht geändert werden. Miss den Abstand  $\Delta s$  zwischen den Markierungsklötzchen. Der Abstand  $\Delta s$  der Klötzchen ist immer ungefähr gleich.



**V2** Wiederhole die Fahrt der elektrischen Eisenbahn. Lass sie diesmal mit Hilfe eines Fadens einen Tachometer antreiben, der die Geschwindigkeit der Eisenbahn misst. Die Anzeige des Tachometers wird z.B. mit einem grafikfähigen Taschenrechner aufgezeichnet. Man erkennt, dass die Geschwindigkeit in etwa gleich bleibt.



**Weitere Versuche**

**V3** (als Hausaufgabe/Heimversuch) Bestimme die Geschwindigkeit verschiedener näherungsweise gleichförmiger Bewegungen in deinem Alltag, z. B. beim Gehen, beim Hundertmeterlauf, beim Radfahren, auf einer Rolltreppe, ... Überlege, wie du (evtl. gemeinsam mit einem Partner) die nötigen Größen bestimmen kannst.

**Material**

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Geschwindigkeit (me\_s1\_ab\_003)
- Bewegungen im Diagramm (me\_s1\_ab\_004)
- Zeit-Ort-Diagramme (me\_s1\_ab\_005a: diff↓, me\_s1\_ab\_005b: diff↑)

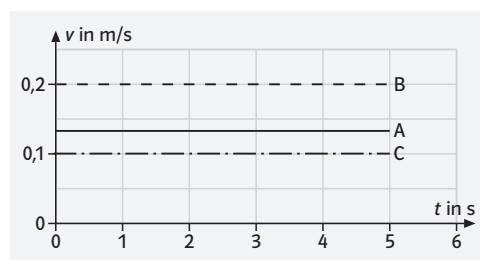
Animationen/Simulationen:

- Gleichförmige Bewegung (me\_s1\_si\_001)

**Lösungen der Aufgaben**

**A1**  $\circ v = s/t = 1\text{ km}/18,0\text{ s} = 3600 \cdot 1\text{ km}/18,0\text{ h} = 200\text{ km/h}$

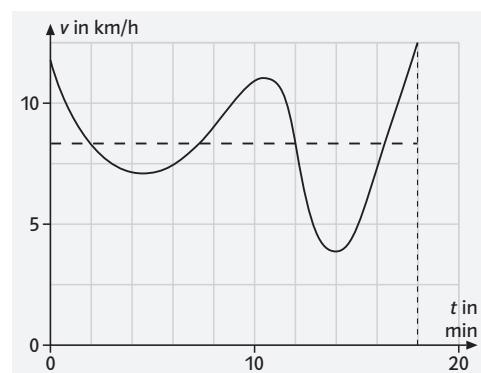
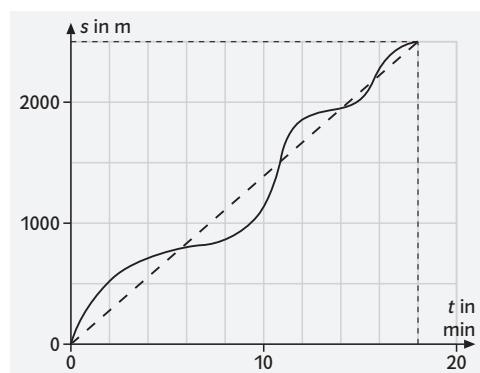
**A2**  $\bullet$  a)  $v_A = 0,4\text{ m}/3\text{ s} = 0,133\text{ m/s}$ ;  $v_B = 0,6\text{ m}/3\text{ s} = 0,2\text{ m/s}$ ;  $v_C = 0,2\text{ m}/2\text{ s} = 0,1\text{ m/s}$   
b)



**A3**  $\bullet$  a)  $\frac{2500\text{ m}}{(18 \cdot 60)\text{ s}} = 2,31\frac{\text{m}}{\text{s}} = 8,33\frac{\text{km}}{\text{h}}$

b) Ralf fährt nicht völlig gleichförmig, sondern (z.B. aufgrund der Verkehrssituation oder der Wegsteigung) mal schneller und mal langsamer. Die Geschwindigkeit ist also mal größer und mal kleiner als der Durchschnittswert.

c) (grobe Näherung)



d) Geschwindigkeit zu Fuß: ca. 5 km/h; daher benötigte Zeitdauer 30 min.  
Ralf sollte also ca. 12 min früher losgehen.

(S.164)

**Methode Mathematisieren**

**Rechnen mit proportionalen Zusammenhängen**

**Lernziele**

SuS nutzen die Gleichung für die Geschwindigkeit zur Lösung einfacher Aufgaben.

**Begriffe**

Schallgeschwindigkeit (nicht als zu lernender Begriff)

**Hinweise/Kommentar**

Der dargestellte Versuch ist ein klassisches Experiment, das gut funktioniert, an jeder Schule einfach durchzuführen ist und eine hohe Motivation schafft. Wenn kein Startbrett im Sport

verfügbar ist, lässt sich der Versuch auch mit einem Buch durchführen. Es empfiehlt sich mindestens 5 bis 8 Schülerinnen oder Schüler die Zeit stoppen zu lassen. Zu jeder messenden Schülerin/jedem messenden Schüler wird eine Protokollführerin/ein Protokollführer benannt. Die SuS entscheiden, ob sie bei der Berechnung der unbekannten Größe die Umstellung nach den Regeln der Algebra oder ob sie lieber mit der Dreisatzrechnung arbeiten.

#### Lösungen der Aufgaben

**A1** ○  $\Delta t = \Delta s/v$ . Die Schallgeschwindigkeit beträgt 340 m/s. Damit ergibt sich:

$$\Delta t = \frac{500 \text{ m}}{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1,47 \text{ s}; \Delta t = \frac{1200 \text{ m}}{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 3,53 \text{ s}; \Delta t = \frac{5000 \text{ m}}{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 14,71 \text{ s}$$

**A2** ●  $\Delta t = \Delta s/v$ . Die Schallgeschwindigkeit beträgt 340 m/s. Für 75 m benötigt er

$$\Delta t = \frac{75 \text{ m}}{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,22 \text{ s}. \text{ Du hörst das Startsignal } 0,22 \text{ s nachdem du es siehst.}$$

**A3** ● Da der Schall in einer Sekunde 340 m zurücklegt, schafft er in drei Sekunden 1020 m. Das ist etwa 1km für je drei Sekunden.

(S.165)

#### Exkurs Brems- und Anhalteweg

##### Lernziele

Die SuS erkennen die Nützlichkeit des erlernten Wissens über beschleunigte Bewegungen und Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit für Situationen im Straßenverkehr.

##### Begriffe

Bremsweg, Anhalteweg, Reaktionsweg, Ansprechstrecke

##### Hinweise/Kommentar

Dieser Exkurs bietet eine reine Information. Die SuS können nachlesen, wie Anhaltewege abgeschätzt werden können und erfahren die Bedeutung der ständigen Aufmerksamkeit im heutigen Straßenverkehr. Da der Sachverhalt auf dieser Altersstufe zwar nachvollziehbar aber nicht eigenständig erarbeitbar ist, werden alle Überlegungen vorgerechnet. Gleichzeitig bietet dieses Wissen eine nützliche Basis für das Verständnis physikalischer Bewegungsvorgänge.

##### Material

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

– Brems- und Anhalteweg (me\_s1\_ab\_009a: diff↓, me\_s1\_ab\_009b: diff↑)

Animationen/Simulationen:

– Anhalteweg (me\_s1\_si\_004)

#### Lösungen der Aufgaben

**A1** ○ Der Anhalteweg wird bestimmt durch die Reaktionszeit und damit den Fahrer, durch den Zustand der Bremsen, der Reifen und der Fahrbahn. So können Müdigkeit des Fahrers, ein nicht richtig entlüftetes Bremssystem, abgefahrene Reifen oder eine nasse Fahrbahn den Anhalteweg deutlich verlängern.

**A2** ● Es wird eine Reaktionszeit von 1,2s angenommen. Dies ergibt mit der Ansprechzeit von 0,2s eine ungebremste Fahrstrecke von  $\Delta s = 27,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1,4 \text{ s} = 38,9 \text{ m}$ . Der Bremsweg beträgt laut Tabelle 42,9 m, somit ergibt sich ein Anhalteweg von 81,8 m. Die Geschwindigkeit müsste in dieser Situation deutlich niedriger liegen, die Fahrsituation des Nebels erfordert die volle Aufmerksamkeit.

**Fachwissen**

wahr: 2, 4, 6

falsch: 1, 3, 5, 7, 8

**Kommunikation**

LANGSAM, GLEICHFÖRMLIG, GESCHWINDIGKEIT, SCHWINGUNG, BEWEGUNG,

BESCHLEUNIGT, GERADLINIG

Lösungswort: SCHNELL

**Erkenntnisgewinnung**

1 d), 2 b) c), 3 b) c), 4 d), 5 b) c)

**Bewertung**

Ja: 1, 3, 4

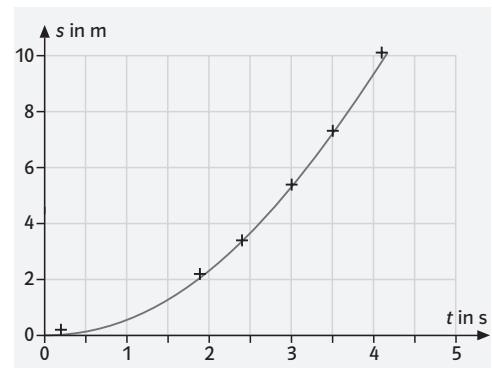
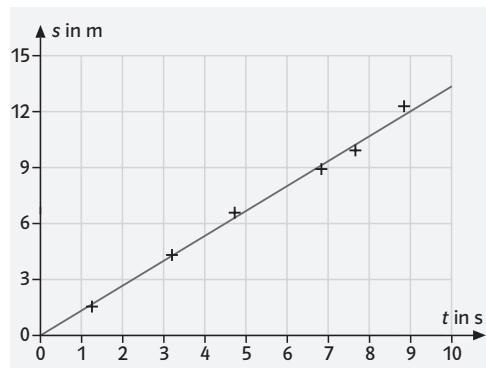
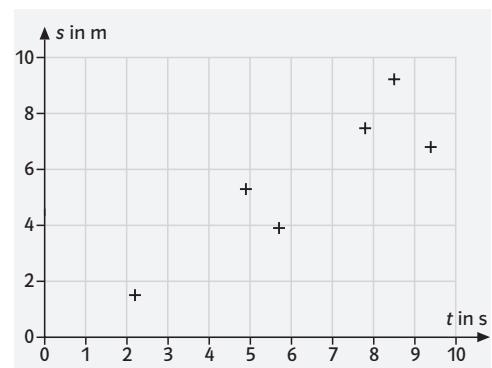
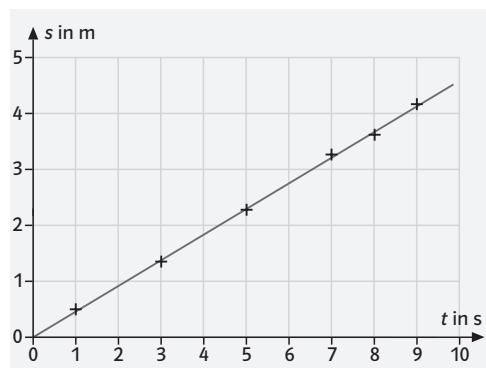
Nein: 2, 5 (man sieht nur, wann der Lkw gestanden hat)

**A1** links oben: Ausgleichsgerade möglich. Begründung: kleine Abweichungen von der Proportionalität sind Messungenauigkeiten. Steigung:  $v = 0,46 \text{ m/s}$

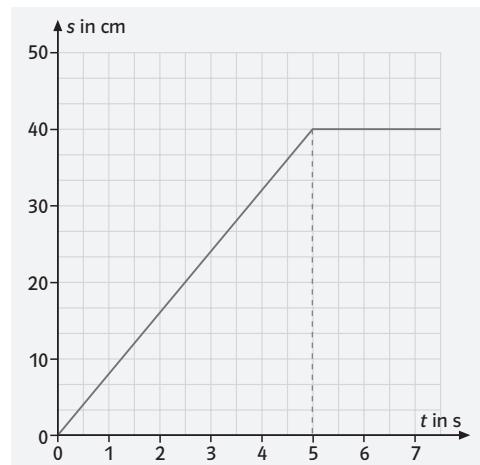
links unten: Ausgleichsgerade möglich. Begründung: s.o. Steigung:  $v = 1,33 \text{ m/s}$

rechts oben: Keine Ausgleichsgerade möglich. Begründung: keine Systematik erkennbar; gravierende systematische Fehler oder ungleichförmige Bewegung

rechts unten: Keine Ausgleichsgerade möglich. Begründung: der zurückgelegte Weg pro Zeitabschnitt steigt mit der Zeit; vermutlich gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Parabelform



**A2**  *t-s-Diagramm:*



**A3**  a)  $3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{3,6 \cdot 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

b)  $54 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{54000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  ( $81 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 22,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ )

c)  $20 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 20 \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 20 \cdot 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  ( $30 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 30 \cdot 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 108 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ )

**A4**   $\Delta s = v \cdot \Delta t = \frac{108 \text{ km} \cdot 10 \text{ s}}{\text{h}} = \frac{108 \cdot 1000 \text{ m} \cdot 10,0 \text{ s}}{3600 \text{ s}} = 300 \text{ m}$

**A5**   $\Delta s = v \cdot \Delta t = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3 \text{ s} = 1020 \text{ m} \approx 1 \text{ km}$

**A6**  Der Abstand der beiden Kontakte bildet eine feste Entfernung  $\Delta s$ . Beim Überfahren des ersten Kontakts wird eine Stoppuhr gestartet und beim zweiten Kontakt wieder an gehalten. Mit  $v = \Delta s / \Delta t$  kann dann, bei angenommener gleichförmiger Bewegung, die Geschwindigkeit berechnet werden.

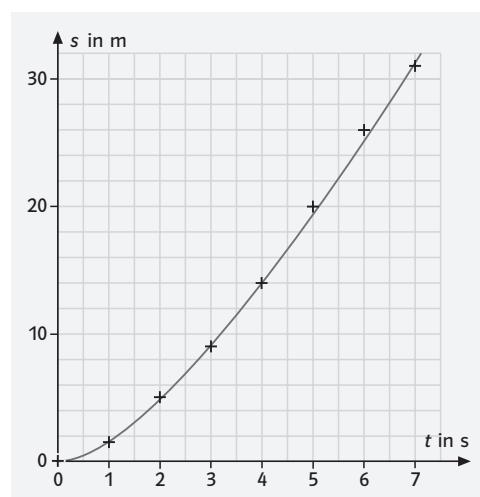
**A7**  Fahrzeit bei konstanter Geschwindigkeit:  $\Delta t = \frac{\Delta s}{v}$

$\Delta t_1 = \frac{\Delta s}{v_1} = \frac{4 \text{ km}}{100 \text{ km/h}} = 0,04 \text{ h} = 144 \text{ s} = 2 \text{ min } 24 \text{ s}$

$\Delta t_2 = \frac{\Delta s}{v_2} = \frac{4 \text{ km}}{120 \text{ km/h}} = 0,03 \text{ h} = 120 \text{ s} = 2 \text{ min}$

Die Zeitersparnis beträgt 24 s.

**A8**  a) Siehe Diagramm



**b)** Im Bereich von  $t = 3,0\text{ s}$  bis  $t = 7,0\text{ s}$  liegen die Messpunkte recht gut auf einer Geraden, die Geschwindigkeit ist dort konstant.

**c)**  $v_{0\text{m} \rightarrow 5\text{m}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{5,0\text{m}}{2,0\text{s}} = 2,5\frac{\text{m}}{\text{s}}$

$$v_{14\text{m} \rightarrow 26\text{m}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{12\text{m}}{2,0\text{s}} = 6,0\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**A9** • a) 100 m

**b)** Bremsweg: zurückgelegter Weg bei Wirkung der Bremsen

Anhalteweg: Bremsweg plus während der Reaktionszeit (inklusive Ansprechzeit der Bremsen) zurückgelegter Weg

Bei einer Reaktionszeit von 0,8 s bis 1,0 s legt das Auto zwischen

$$\Delta s = v \cdot \Delta t = 100\text{ km/h} \cdot 0,8\text{s} = 27,78\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,8\text{s} = 22,22\text{m} \text{ und}$$

$$\Delta s = v \cdot \Delta t = 100\text{ km/h} \cdot 1,0\text{s} = 27,78\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1,0\text{s} = 27,78\text{m} \text{ zurück.}$$

Der eigentliche Bremsweg beträgt in diesem Fall also  $100\text{ m} - 22,22\text{ m} = 77,78\text{ m}$  bzw.

$$100\text{ m} - 27,78\text{ m} = 72,22\text{ m}$$

**c)** Moderne Pkw haben aus 100 km/h einen Bremsweg von unter 40 m. Gründe: bessere Bremsanlagen (mit ABS usw.), bessere Reifen mit höherer Haftreibung beim Bremsen.

**A10** • 1. Abschnitt: gleichmäßig beschleunigte Bewegung von 0 km/h auf 100 km/h innerhalb von 60 s.

$$a = \frac{100\frac{\text{km}}{\text{h}}}{60\text{s}} = \frac{27,78\frac{\text{m}}{\text{s}}}{60\text{s}} = 0,463\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

2. Abschnitt: gleichförmige Bewegung für 3 min bei 100 km/h

3. Abschnitt: gleichmäßige Beschleunigung innerhalb von 150 s von 100 km/h auf 200 km/h

4. Abschnitt: gleichmäßiges Bremsen auf 50 km/h innerhalb von 90 s

danach: gleichförmige Bewegung



# 9 Kraft und Masse



## Kommentar

In diesem Kapitel wird zunächst der Kraftbegriff über seine Wirkungen eingeführt. Ausführlich wird auf die verformende Wirkung und das Hooke'sche Gesetz eingegangen, da es sich wegen der einfachen Messmöglichkeit als einer der ersten Messversuche im Unterricht anbietet.

Die Unterscheidung zwischen Kraft und Energie wird am Beispiel eines Autocrashes herausgearbeitet. Das Kapitel endet mit der ausführlichen Behandlung des Wechselwirkungsprinzips, das im Abschnitt zur Gewichtskraft bereits kurz angesprochen wird. Die Behandlung an dieser Stelle – räumlich getrennt

von dem Thema Kräfteaddition im nächsten Kapitel – verdeutlicht den Unterschied zur Situation, dass zwei Kräfte am selben Körper angreifen. Unterstützt wird dies durch die grafische Darstellung, die deutlich zeigt, dass Kraft und Gegenkraft an zwei verschiedenen Körpern angreifen

## Lösung der Einstiegsfrage

Solange die Werferin das Seil festhält, wirkt eine Kraft auf die Kugel, die diese auf einer Kreisbahn hält. Lässt die Werferin los, so fehlt diese Kraft und die Kugel verlässt die Kreisbahn tangential.

## 9.1 Kräfte und ihre Wirkungen

**Lernziele** SuS identifizieren Kräfte als Ursache von Bewegungsänderungen und oder Verformungen. Sie unterscheiden zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung von Phänomenen.

**Begriffe** Kraftwirkung, Betrag, Richtung und Angriffspunkt einer Kraft, Kraftpfeil

**Hinweise/Kommentar** Der Kraftbegriff wird über seine Wirkungen eingeführt: Verformung, Richtungsänderung und Geschwindigkeitsänderung. Diese Kraftwirkung wird in Zeichnungen durch einen Kraftpfeil dargestellt, wobei gleichzeitig die Begriffe Angriffspunkt, Richtung und Betrag diskutiert werden. Als Einstieg dient der Torschuss beim Fußballspiel als Alltagsphänomen.

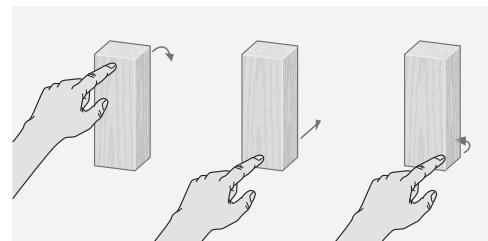
**Einstieg** Beim Torschuss beim Fußballspiel werden alle drei Kraftwirkungen deutlich: Beim Schuss wird der Ball verformt, seine Richtung muss sich ändern und es hängt vom Angriffspunkt der Kraft ab, wo der Ball das Tor erreicht. Wenn die Kraft hier in geeigneter Weise wirkt, kann der Torschuss erfolgreich sein.



### Versuche im Schulbuch

**V1** Schiebe einen aufrecht stehenden Klotz vorsichtig mit dem Finger an. Schiebe einmal oben in der Mitte, einmal unten in der Mitte und einmal unten an einer Seite jeweils etwa gleich stark.

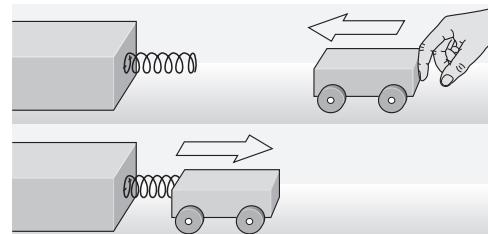
Je nachdem wo du den Finger ansetzt, kannst du den Klotz verschieben, umkippen oder um seine senkrechte Achse drehen.



**V2** Wurf mehrere Bälle aus Knetgummi nacheinander auf den glatten Boden. Beobachte die Bälle hinterher und vergleiche die unterschiedlichen Würfe. Je stärker du wirfst, desto größer ist die abgeplattete Aufprallfläche.

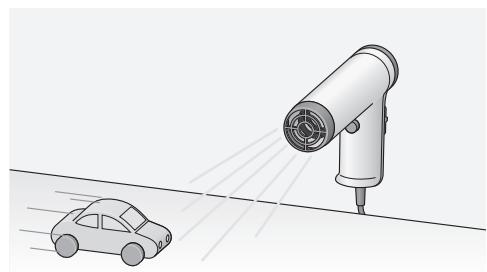


**V3** Versetze einen ruhenden Wagen mit der Hand in Bewegung und bremse ihn wieder ab. Rolle ihn dann gegen eine Feder. Die Feder bremst den Wagen ab und beschleunigt ihn dann in entgegengesetzte Richtung.



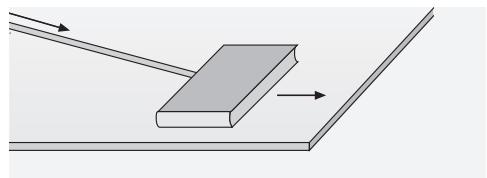
**V4** Lass ein Spielzeugauto auf dem Tisch rollen und blase mit einem Föhn aus verschiedenen Richtungen dagegen.

Wenn du den Wagen von hinten anblasst, wird er schneller. Wenn du ihn von vorne anblasst, wird er langsamer. Bläst du den rollenden Wagen von der Seite an, so bewegt er sich auf einer gekrümmten Bahn von dem Föhn weg.

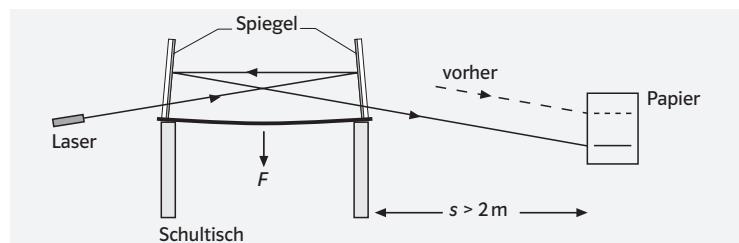


#### Weitere Versuche

**V5** Die Rolle des Angriffspunktes auf die Wirkung der Kraft zeigt auch der Versuch, ein Buch mit dem Stock zu verschieben.



**V6** Viele Kraftwirkungen sind so gering, dass sie mit bloßem Auge nicht zu beobachten sind. Ein Schultisch zeigt bei entsprechender Anordnung von Spiegeln, wie schon die geringe Kraft eines Fingers auf die Tischplatte eine deutliche Ablenkung eines Lichtstrahles bewirkt.



**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:  
– Kraftwirkungen (me\_s1\_ab\_010)

Kopiervorlagen Lernzirkel:  
– Kräfte und ihre Wirkungen (me\_s1\_lz\_001)

#### Lösungen der Aufgaben

**A1**  a) Z.B. eine Feder wird gedehnt, ein Ball wird verformt.

b) Z.B. ein Auto wird schneller oder langsamer, eine Rakete startet.

c) Z.B. ein Speer wird geworfen, ein Skifahrer fährt Slalom, Abprallen einer Billardkugel an der Banne.

**A2**  Z.B. Tischtennis: Richtungsänderung und Geschwindigkeitsänderung des Balls (Schläger, Richtung Gegner); Gewichtheben: Richtungsänderung und Geschwindigkeitsänderung der Hantel (Hände, Arme, nach oben), Segeln: Richtungsänderung, Geschwindigkeitsänderung, Verformung des Segels (Segel, in Bewegungsrichtung), Bogenschießen: Richtungsänderung des Pfeils, Geschwindigkeitsänderung des Pfeils, Verformung von Bogen und Sehne (Berührungszeitpunkt Sehne-Pfeil, Richtung Zielscheibe)

**A3**  Begriffe mit einem physikalischen Kraftbegriff:

z.B. Zugkraft, Kraftwirkung, Kraftpfeil, Spannkraft

Begriffe mit einem nicht-physikalischen Kraftbegriff:

z.B. Muskelkraft, Sehkraft, Leuchtkraft, Willenskraft, Kraftausdruck

**A4**  Um einen Schrank zu verschieben, muss der Angriffspunkt der Kraft unten in der Mitte liegen, um ein Kippen und ein Drehen um die senkrechte Achse des Schranks zu vermeiden.

(S. 172) **9.2 Messung von Kräften**

**Lernziele** SuS verwenden als Maßeinheit der Kraft 1N (1 Newton) und schätzen typische Größenordnungen ab. Sie führen geeignete Versuche zur Kraftmessung durch.

**Begriffe** Betrag einer Kraft, Einheit der Kraft, 1N (Newton), Kräftevergleich, Kraftmesser

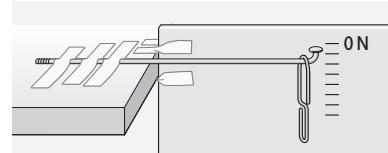
**Hinweise/Kommentar** Die Kraftmessung wird über den Vergleich von Kräften eingeführt, wobei man zur Kraftmessung die verformende Wirkung einer Kraft nutzt. Für den Betrag einer Kraft wird 1N (Newton) eingeführt. Die Festlegung erfolgt über einen „Normkraftmesser“, auf die gesetzliche Definition der Einheit wird hier bewusst verzichtet.

**Einstieg** Die abgebildete Apparatur dient dazu, die Reißfestigkeit von Trikots zu bestimmen. Hierzu wirkt eine Zugkraft von 1500 Newton auf das Trikot. Die deformierende Wirkung der Kraft, sowie Angriffspunkt und Richtung der Kraft sind sofort erkennbar, jedoch nicht der Betrag der Kraft, der durch „1500 Newton“ angegeben wird.

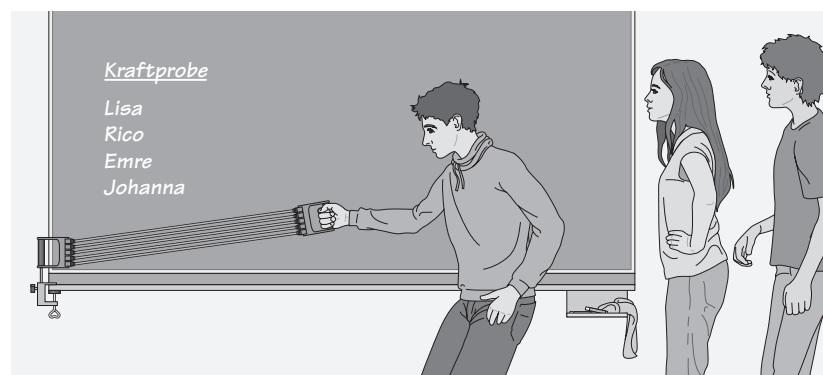


**Versuche im Schulbuch**

**V1** Baue einen Kraftmesser aus einer Fahrradspeiche, einer aufgebogenen Büroklammer und einem Stück Pappe zum Markieren der Auslenkungen. Klebe die Fahrradspeiche an der Tischkante fest und markiere auf der Pappe die Stelle, an der sich das Speichenende befindet. Hänge an die Büroklammer einen Radiergummi, einen Kugelschreiber, ein Heft. Vergleiche deine Ergebnisse mit denen von Mitschülern.



**V2** Nehmt einen Expander mit zwei Expanderseilen oder ein Gymnastikband und stellt fest, wer in der Klasse die größte Kraft hat. Befestigt den Expander bzw. das Gymnastikband an einem Tisch oder an der Tafel.



**Achtung: Expander bzw. Gymnastikband sicher festbinden! Kontrolle durch Lehrkraft!**

Mehrere Mitschüler ziehen den Expander bzw. das Gymnastikband nacheinander kräftig auseinander.

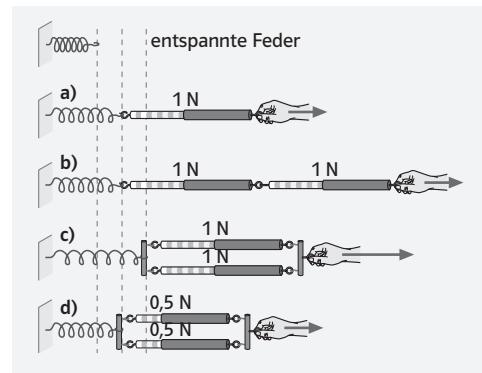
Markiert die Dehnungen auf einem Bogen Papier, der auf dem Tisch ausgelegt ist, oder an der Tafel. Halte die Ergebnisse in einer Liste so fest, dass nachher jeder weiß, wie stark er im Vergleich zu den anderen gezogen hat. Erhöht die Anzahl der Expanderseile bzw. legt nun das Gymnastikband doppelt, dreifach, vierfach und wiederholt den Versuch.

Es ergibt sich wieder dieselbe Reihenfolge in der Liste.

### Weitere Versuche

**V3** Mit einer Normfeder wird die Einheit 1N festgelegt. Die Gleichheit und Vielfachheit von Kräften wird mit Hilfe der festgelegten Einheit bestimmt. Erforderlich sind zwei gleiche, mit 1N kalibrierte Kraftmessgeräte: Es kann deutlich gemacht werden:

- zwei Kräfte haben den gleichen Betrag, wenn sie die gleiche Feder gleich weit dehnen.
- Die Kraft  $F_2$  hat den doppelten Betrag der Kraft  $F_1$ , wenn sie die gleiche Feder so weit dehnt wie zwei parallele Kräfte vom Betrag der Kraft  $F_1$ . Entsprechendes gilt für Vielfache und Teile.



### Material

-

### Lösungen der Aufgaben

- A1**  a) 2000 mN; 37N; 62 kN; 30,4 mN; 7,38 N; 2300 N  
b) 3 002 cN; 7,27 N; 847 000 N; 550 cN; 3 600 000 N; 2760 mN  
c) 79 mN; 35 cN; 1 000 000 mN; 543 700 cN; 0,00012 kN

**A2** Hinweis: Nur mit einem entsprechend „starkem“ Gummiband und bei geringer Dehnung arbeitet man im Hooke'schen Bereich.

- A3** a) Gleich große Kräfte dehnen einen Kraftmessgeräte gleich weit aus.  
b) Die größere Kraft dehnt den Kraftmessgeräte weiter aus; ... biegt ein Brett weiter durch; ... ändert die Geschwindigkeit eines Körpers um einen größeren Betrag; usw.

**Lernziele** SuS geben das Hooke'sche Gesetz an und führen Experimente zu proportionalen Zusammenhängen am Beispiel dieser Gesetzmäßigkeit durch. Sie beurteilen die Gültigkeit dieses Gesetzes und seiner Verallgemeinerung.

**Begriffe** Hooke'sches Gesetz, Elastizität, Elastizitätsbereich, elastische und plastische Verformung, Federkonstante

**Hinweise/Kommentar** Das Hooke'sche Gesetz wird deshalb so ausführlich erörtert, weil es wegen der einfachen Messmöglichkeit ideal als Messversuch (Schülerexperiment) geeignet ist; außerdem ist es eine gute Anwendungsmöglichkeit für das Rechnen mit proportionalen Zusammenhängen.

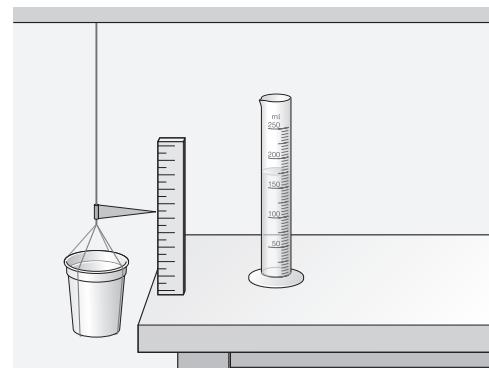
**Einstieg** Der Bungee-Sprung ist ein spektakuläres Beispiel für die Verformung durch Kräfte. Insbesondere schließt sich die Frage nach dem Zusammenhang der Verformung und der wirkenden Kraft (abhängig von Absprunghöhe/Gewicht des Springers etc.) direkt an.



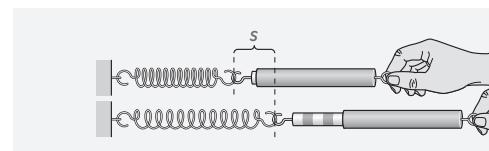
#### Versuche im Schulbuch

**V1** Ziehe mit einem Kraftmesser mit fünf unterschiedlich großen Kräften zunächst an einem Gummiband, dann an einer Schraubenfeder. Die Ausdehnung von Gummiband und Schraubenfeder steigt mit der wirkenden Kraft. Lässt die Kraft nach, so geht die Feder auf ihre ursprüngliche Länge zurück. Bei zu großen Kräften kann sie überdehnt werden. Dann ist sie auch ohne Kraft länger als vorher. Das Gummiband wird noch leichter überdehnt.

**V2** Hänge an einen 1m langen, dünnen Kupferdraht einen 1-l-Eimer. Gieße jeweils 100 ml Wasser (entspricht 1N Zugkraft) in den Eimer und bestimme die Verlängerung des Drahtes. Bei geringen Wassermengen verlängert sich der Draht um wenige Millimeter. Die Verlängerung geht zurück, wenn der Eimer geleert wird. Ab einer bestimmten Wassermenge nimmt die Länge des Drahtes deutlich zu und er reißt schließlich ab.



**V3** Dehne zwei verschiedene Schraubenfedern nacheinander durch Kräfte vom Betrag 1N, 2N, 3N, 4N und miss die zugehörigen Verlängerungen. Die Tabelle zeigt mögliche Messwerte:

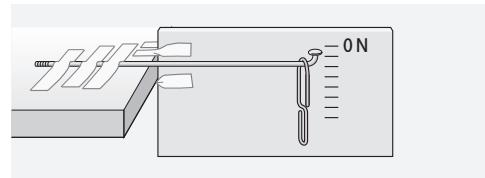


$F$ in N	0	1,0	2,0	3,0	4,0
Feder I $s$ in cm	0	1,5	2,9	4,4	5,8
Feder II $s$ in cm	0	0,8	1,6	2,8	3,6

Bei gleicher Kraftzunahme erhält man auch jeweils eine gleiche Längenzunahme.

### Weitere Versuche

**V4** Vgl. Lerneinheit „Messung von Kräften“: Baue einen Kraftmesser aus einer Fahrradspeiche, einer aufgebogenen Büroklammer und einem Stück Pappe zum Markieren der Auslenkungen. Klebe die Fahrradspeiche an der Tischkante fest und markiere auf der Pappe die Stelle, an der sich das Speichenende befindet. Hänge an die Büroklammer einen Radiergummi, einen Kugelschreiber, ein Heft. Vergleiche deine Ergebnisse mit denen von Mitschülern.



### Material

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

- Kraft und Längenänderung einer Feder (me\_s1\_ab\_011)

Animationen/Simulationen:

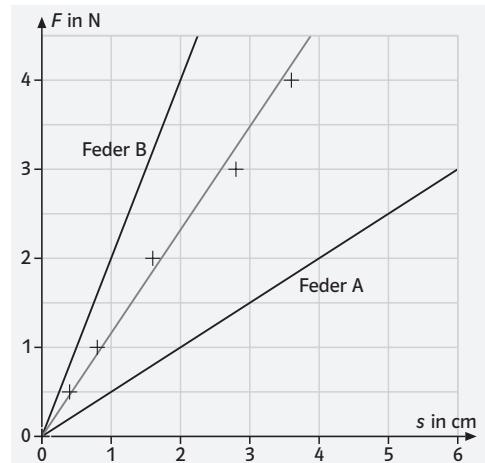
- Verformung durch Kräfte (me\_s1\_si\_005)

### Lösungen der Aufgaben

**A1** ○ Man trägt die Messwerte in ein  $s$ - $F$ -Diagramm ein und zeichnet eine Ausgleichsgerade etwas über die angegebenen Messwerte hinaus. Die Werte für  $F = 2,5 \text{ N}$  bzw.  $F = 5 \text{ N}$  können dann dort abgelesen werden ( $s = 2,2 \text{ cm}$  bzw.  $s = 4,4 \text{ cm}$ ). Der Wert für  $F = 10 \text{ N}$  ergibt sich durch Verdopplung des Wertes für  $F = 5 \text{ N}$  zu  $s = 8,8 \text{ cm}$ .  
(Hinweis: Die angegebenen Messwerte sind die der Feder II aus Versuch V3, das zugehörige Diagramm ist im Schülerbuch in Abbildung B3 dargestellt.)

Zu diskutieren ist die Gültigkeit des angegebenen Verfahrens. Laut Aufgabentext befindet man sich bei den angegebenen Messwerten im Elastizitätsbereich der Feder. Die Aussage für  $F = 2,5 \text{ N}$  ist also auf jeden Fall möglich und richtig. Ob sich die Feder für  $F = 5 \text{ N}$  und erst recht für  $F = 10 \text{ N}$  immer noch im Elastizitätsbereich befindet, kann nicht vorhergesagt werden.

**A2** ○ Siehe Diagramm.



**A3** ● Man erkennt: Die  $s$ - $F$ -Kurve beginnt zwar im Ursprung, verläuft dann aber bei zunehmender Kraft nicht linear. D.h., Kraft und Dehnung des Gummibandes sind nicht proportional zueinander – das Hooke'sche Gesetz gilt nicht.

Auch bei abnehmender Kraft gibt es keinen linearen Zusammenhang zwischen Kraft und Dehnung. Darüber hinaus fällt auf, dass bei abnehmender Kraft für dieselbe Dehnung eine geringere Kraft notwendig ist und dass ohne Wirken einer Kraft eine Dehnung des Gummibandes von etwa 4 cm bestehen bleibt. Die Erklärung dafür ist: Durch die Dehnung wurde das Gummiband teilweise auch plastisch verformt.

**Lernziele** SuS nutzen die Gleichung für das Hooke'sche Gesetz zur Lösung einfacher Aufgaben.

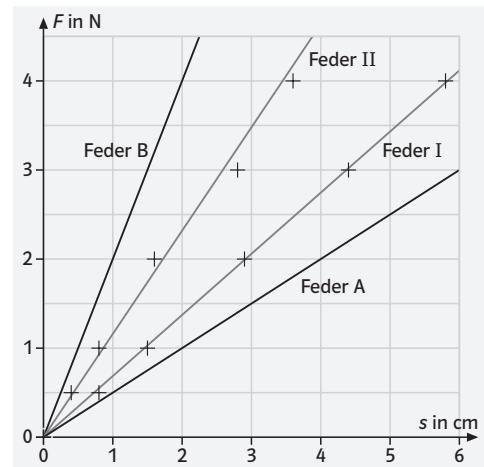
**Begriffe** keine neuen

**Hinweise/Kommentar** Die Seite kann von den SuS selbstständig bearbeitet werden. Der dargestellte Versuch ist ein klassisches Experiment, das gut funktioniert. Die SuS entscheiden, ob sie bei der Berechnung der unbekannten Größe die Umstellung nach den Regeln der Algebra oder ob sie lieber mit der Dreisatzrechnung arbeiten.

**Material** –

#### Lösungen der Aufgaben

**A1** ● Beide Geraden verlaufen durch den Ursprung, diejenige zu  $D_2$  ist steiler als die zu der Feder II und diejenige zu  $D_1$  verläuft flacher als die zu Feder I.



**A2** ● Die Federkonstante von Feder I ist  $D = 0,7 \text{ N/cm}$ . Aus  $F = D \cdot s$  folgt:

F in N	0,2	0,8	2,7	4,2
s in cm	0,3	1,2	4,1	6,0

**Lernziele** SuS protokollieren ein Experiment mit Messungen.

**Begriffe** keine neuen

**Hinweise/Kommentar** Das Anfertigen eines sachgerechten Protokolls gehört zu den grundlegenden prozessbezogenen Kompetenzen im Physikunterricht. Deswegen tauchen darauf bezogene Seiten in den Impulse Physik Bänden mehrfach auf. Die Besonderheit hier ist, dass im Experiment ein funktionaler Zusammenhang zwischen Messgrößen in den Blick genommen wird. Der Schwerpunkt liegt daher im Aufnehmen der Messwerte und deren Darstellung in einem Diagramm. Die Interpretation der Wertetabelle führt in die Mathematik. Es ist wichtig, sich über die dort verwendete Terminologie und Verfahrensweisen zu informieren und sie mit den Erfordernissen im Physikunterricht abzugleichen. Dazu gehört das Zeichnen eines Graphen bei streuenden Messpunkten (Ausgleichskurve).

**Material** –

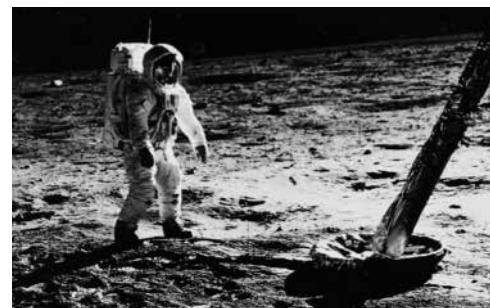
## 9.4 Gewichtskraft und Masse

**Lernziele** Die SuS erfahren, dass die Gewichtskraft eines Körpers als Anziehungskraft der Erde (bzw. des Himmelskörpers) vom Ort und von der Masse als ortsunabhängige Eigenschaft des Körpers abhängt.

**Begriffe** Gewichtskraft, Masse, Ortsfaktor

**Hinweise/Kommentar** Im Versuch **V1** wird die Abhängigkeit der Gewichtskraft von der Masse untersucht, der Ortsfaktor ist dann der entsprechende Proportionalitätsfaktor. Das Beispiel sowie die Aufgaben **A2** und **A3** haben den Umgang mit bzw. die Anwendung der Gleichung  $F_G = m \cdot g$  zum Inhalt. Das Wechselwirkungsprinzip kann hier bereits angesprochen werden, obwohl die ausführliche Behandlung an anderer Stelle erfolgen muss.

**Einstieg** Das Foto und der zugehörige Text bieten für Schülerinnen und Schüler Gelegenheit zu diskutieren und über die Gründe zu mutmaßen. Der Gedankenversuch **V2** greift die Situation auf.



### Versuche im Schulbuch

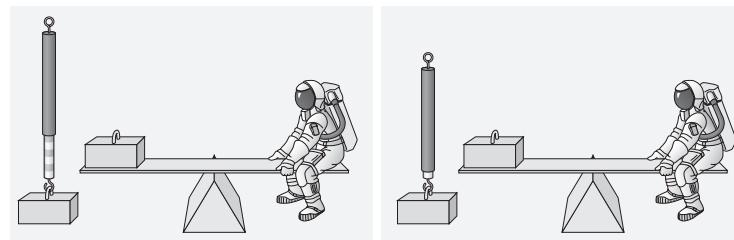
**V1** Für verschiedene Körper messen wir mit einer Balkenwaage jeweils ihre Masse  $m$  und mit einem Kraftmesser ihre Gewichtskraft  $F_G$  und erhalten z. B. folgende Tabelle:

$m$ in kg	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$F$ in N	2,0	3,9	5,9	7,8	9,8

Masse und Gewichtskraft sind zueinander proportional.

**V2** Ein Gedankenversuch: Auf der Erde: Ein Astronaut in voller Ausrüstung und ein Gegenstand befinden sich auf einer Wippe bei gleichem Abstand von der Drehachse im Gleichgewicht. Der Kraftmesser zeigt an, mit welcher Kraft der Gegenstand nach unten zieht.

Auf dem Mond: Eine Wippe würde auch auf dem Mond ein Gleichgewicht von Gegenstand und Astronaut bestätigen. Der Kraftmesser zeigt aber nur noch  $\frac{1}{6}$  des auf der Erde gemessenen Wertes an.



### Material

Kopiervorlagen Arbeitsblätter:

– Gewichtskraft und Masse (me\_s1\_ab\_012a: diff↓, me\_s1\_ab\_012b: diff↑)

Animationen/Simulationen:

- Die Masse (me\_s1\_si\_006)
- Gewichtskraft auf Himmelskörpern (me\_s1\_si\_009)

Planeten	$g$ [N/kg]
Merkur	3,70
Venus	8,87
Erde	9,80
Mars	3,71
Jupiter	24,79
Saturn	10,44
Uranus	8,87
Neptun	11,15

Jupitermonde	$g$ [N/kg]
Io	1,81
Europa	1,32
Ganymed	1,42
Kallisto	1,32

Saturnmonde	$g$ [N/kg]
Titan	1,35
Iapetus	0,26

A2 (Gegeben:  $F_G = 1187 \text{ N}$ ,  $g = 9,81 \text{ N/kg}$  (Erde),  $g = 1,62 \text{ N/kg}$

Gesucht:  $m$  (Erde, Mond),  $F_G$  (Mond)

$$F_G = m \cdot g \Rightarrow m = \frac{F_G}{g} = \frac{1187 \text{ N}}{9,81 \text{ N/kg}} \Rightarrow m = 121 \text{ kg}$$

Die Masse des Astronauten ist ortsunabhängig. Also beträgt sie auch auf dem Mond 121 kg.  
Gewichtskraft auf dem Mond:  $F_G = m \cdot g = 121 \text{ kg} \cdot 1,62 \text{ N/kg} \Rightarrow F_G = 196 \text{ N}$

A3 (Die Belastung des Fahrstuhls entsteht (zumindest während der Ruhe bzw. gleichförmigen Bewegung) durch die Gewichtskraft der im Fahrstuhl befindlichen Personen.

Diese soll höchstens 5 000 N betragen.

$$m = \frac{F_G}{g} = \frac{5000 \text{ N}}{9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 510 \text{ kg}$$

Die Masse aller im Fahrstuhl befindlichen Personen darf also 510 kg nicht überschreiten.

Geht man davon aus, dass die durchschnittliche Masse einer Person 80 kg beträgt, dann dürfen höchstens sechs Personen mitfahren ( $510 \text{ kg} / 80 \text{ kg} = 6,375$ , abgeschnitten: 6).

Für den Jupiter gälte:

$$m = \frac{F_G}{g} = \frac{5000 \text{ N}}{24,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 202 \text{ kg}$$

$202 \text{ kg} / 80 \text{ kg} = 2,525$ , dort dürften also höchstens zwei Personen mitfahren.

A4 (Geräte: genormtes Massestück bekannter Masse, Kraftmesser; Durchführung:

Bestimmung der wirkenden Kraft auf die Normmasse; dann Berechnung von  $g$  über  $g = F/m$ .

## (S. 180) 9.5 Trägheit

**Lernziele** Die SuS lernen die Trägheit als Eigenschaft eines Körpers kennen. Die Trägheit eines Körpers wird durch seine Masse bestimmt. Die SuS erkennen die Notwendigkeit von Sicherheitsgurten aufgrund der Trägheit.

**Begriffe** Trägheit

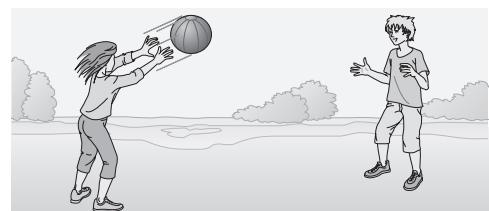
**Hinweise/Kommentar** Die Versuche V3, V4 und V5 zeigen (Modell-)Situationen, in denen Trägheit bemerkbar wird. In den Versuchen V1, V2 und V6 wird qualitativ der Einfluss der Masse auf die Trägheit untersucht. Im Beispiel wird ein Muster für die Erklärung eines Alltagsphänomens mit Hilfe der Trägheit gegeben. Dieses kann dann bei der Aufgabe A3 angewendet werden.

**Einstieg** Das Foto illustriert eindrucksvoll die Folgen eines Auffahrunfalls. Die Schülerinnen und Schüler können hier ihre Alltagserfahrungen einbringen und ihre Vorerfahrungen überprüfen bzw. hinterfragen. Nicht zuletzt kann die Problematik im Hinblick auf Verkehrserziehung genutzt werden.

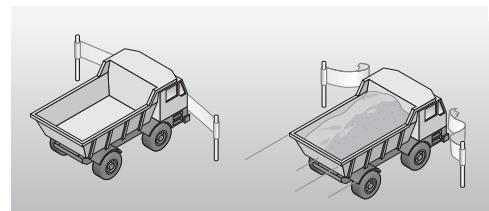


### Versuche im Schulbuch

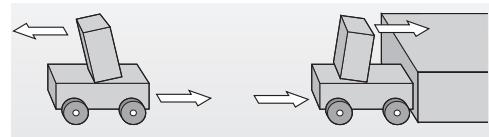
**V1** Wurf einen Volleyball und einen Medizinball. Ein Mitschüler soll sie fangen. Der Medizinball kann nicht so gut geworfen und gefangen werden.



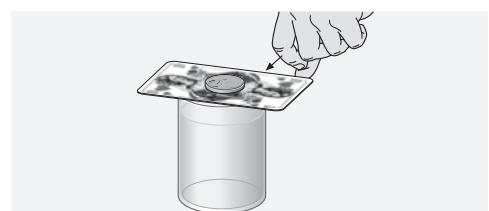
**V2** Lass einen Wagen eine Rampe herunterrollen und dann gegen einen Bogen gespanntes Pergamentpapier fahren. Er bleibt im Papier hängen. Belade den Wagen mit 500 g Sand. Wenn du den Wagen aus der gleichen Position wie vorher starten lässt, so zerreißt diesmal das Papier.



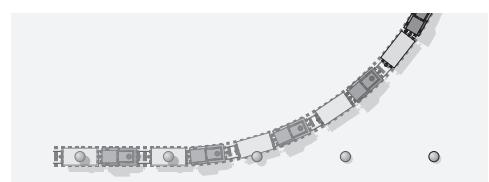
**V3** Ein Wagen, der mit einem Holzklotz beladen ist, wird stark beschleunigt oder abgebremst. Der Holzklotz kippt in unterschiedliche Richtungen um.



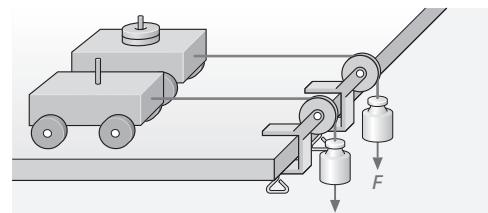
**V4** Auf einer Tasse liegt eine Spielkarte, darauf eine Münze. Ziehe die Karte ruckartig zur Seite weg. Die Münze fällt in die Tasse hinein.



**V5** Legt, während eine Modelleisenbahn geradeaus fährt, eine Kugel auf einen Wagon. Fährt der Zug in eine Kurve, so bewegt sich die Kugel weiter geradeaus.

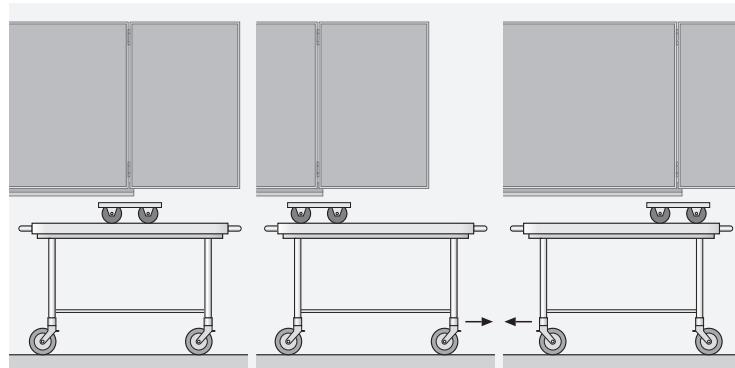


**V6** Setze zwei gleiche Wagen durch gleiche herabsinkende Wägestücke in Bewegung. Lege auf einen Wagen ein zusätzliches Wägestück. Der Wagen mit der Zusatzmasse setzt sich langsamer in Bewegung.



**Weitere Versuche**

**V7** Ein Experimentiertisch mit Rollen, auf dem ein Wagen steht, wird kräftig nach rechts oder links bewegt. Der kleine Wagen behält seine Position im Klassenraum bei, der Experimentiertisch bewegt sich unter ihm fort.



**Material**

–

**Lösungen der Aufgaben**

**A1** Z.B. rund ums Auto-Fahren: Beim Anfahren wird man in den Sitz gedrückt. Beim Durchfahren einer Kurve wird man „nach außen“ gedrückt. Beim Bremsen wird man „nach vorn“ geschleudert.

**A2** Da die Masse die Trägheit bestimmt, ist die Trägheit des beladenen Lkw doppelt so groß wie die des leeren Lkw. Wenn das Fahrzeug gegen ein Hindernis fährt, wird der leere Lkw leichter abgebremst bzw. richtet weniger Schaden an als der beladene Lkw.

**A3** a) Uwe beobachtet, dass der Ball „nach hinten“ rollt.

Begründung: Beim Anfahren wirken Kräfte zwischen Straße und Bus, durch die der Bus nach vorn beschleunigt wird. Diese Kräfte wirken nicht auf den Ball, der Ball wird also nicht mitbeschleunigt. Da Uwe im Bus sitzt (und mit ihm beschleunigt wird), hat er den Eindruck, dass der Ball entgegen der Fahrtrichtung von ihm wegrollt.

b) Uwe beobachtet, dass der Ball „nach vorn“ rollt.

Begründung: Beim Bremsen wirken Kräfte zwischen Straße und Bus, durch die der Bus abgebremst wird. Weil diese Kräfte nicht auf den Ball wirken, bewegt sich der Ball mit 50 km/h weiter. Uwe hat so den Eindruck, dass der Ball in Fahrtrichtung von ihm wegrollt.

**Lernziele** SuS deuten bildlich dargestellte Alltagssituationen physikalisch. SuS argumentieren physikalisch und benutzen dabei den Trägheitsbegriff.

**Begriffe** keine neuen physikalischen, Schleudertrauma

**Hinweise/Kommentar** Antworten zu den Kartenfragen:

**Station I:**

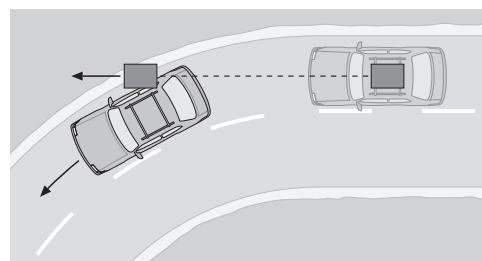
1. Personen scheinen den Halt zu verlieren. Sie kippen im linken Bild nach links, im rechten nach rechts.
2. Linkes Bild: Bus fährt an. Rechtes Bild: Bus bremst.
3. Ursache ist die Trägheit der Personen. Regel: Stets sicheren Halt verschaffen.

**Station II:**

1. Beim Auffahrungsunfall wird das hintere Fahrzeug abgebremst, wegen der Trägheit bewegt sich die Person weiter. Das vordere Fahrzeug wird beschleunigt, die Person bleibt wegen der Trägheit zunächst in Ruhe.
2. Im hinteren Fahrzeug Sicherheitsgurte und Airbag, im vorderen Fahrzeug Rückenlehenen mit Kopfstützen.
3. Knautschzone oder „Energieaufnahmzone“.

**Station III:**

- 1.



2. Das Auto ändert seine Richtung. Wegen der Trägheit folgen die Kisten auf dem Dach dieser Änderung nicht.
3. Die Kisten müssten z.B. mit einem Spanngurt fest mit dem Auto verbunden werden.

**Station IV:**

1. Die Beschreibung geht umgangssprachlich, z.B.: „Wenn von hinten ein Auto auffährt, fliegt im vorderen Auto der Kopf nach hinten und prallt gegen die Kopfstütze. Dann fliegt er wieder nach vorne und wird vom Sicherheitsgurt gestoppt.“ Die Erklärung müsste dann fachlich gefärbte Begriffe enthalten. Häufig taucht die Vokabel „Wucht“ auf. Da lässt sich diskutieren, ob sie im Sinne von Kraft oder Energie zu deuten ist.
2. Der Vergleich sollte auch die fachsprachliche Perspektive erfassen.
3. Korrekte Einstellung: Oberkante von Kopf und Stütze auf einer Höhe, Abstand zwischen Kopf und Kopfstütze max. 4 cm.

**Material** Kopiervorlagen Lernzirkel:

– Trägheit im Straßenverkehr (me\_s1\_lz\_002)

**Lernziele** SuS unterscheiden Kraft und Energie. SuS argumentieren physikalisch. Sie verwenden dabei die Fachbegriffe Kraft und Energie.

**Begriffe** Knautschzone

**Hinweise/Kommentar** Man kann Experimente zur Knautschzone anregen, z. B. Streichholzschachtel mit herausgezogener „Schublade“ als Verformungselement an einem Modellauto.

**Material** –

**Lösungen der Aufgaben** **A1** „Kraftphysiker“: Der Airbag sorgt dafür, dass die Zeitdauer bis zum Stillstand der sich bewegenden Insassen verlängert wird. Aus diesem Grund sind die wirkenden Kräfte kleiner und man landet „weich“.

„Energiephysiker“: Der Airbag überträgt die Bewegungsenergie der Insassen in thermische (bzw. innere) Energie des Materials und der Luft. Sie wird nicht in thermische Energie des Menschen überführt.

## 9.6 Wechselwirkung von Körpern

**Lernziele** SuS unterscheiden zwischen Kräftepaaren bei der Wechselwirkung zwischen zwei Körpern und Kräftepaaren beim Kräftegleichgewicht an einem Körper.

**Begriffe** Kraft, Gegenkraft, Wechselwirkungsprinzip

**Hinweise/Kommentar** Der Aspekt der Wechselwirkung wird deutlich hervorgehoben. Häufig werden Kräftepaare, die an zwei verschiedenen Körpern angreifen (entsprechend dem 3. Newton'schen Gesetz) und Kräftepaare, die an einem einzelnen Körper im Gleichgewicht angreifen (entsprechend dem 1. Newton'schen Gesetz) verwechselt. Deshalb wird besonderer Wert auf die grafische Darstellung gelegt: Es ist deutlich erkennbar, dass Kraft und Gegenkraft an verschiedenen Körpern angreifen.

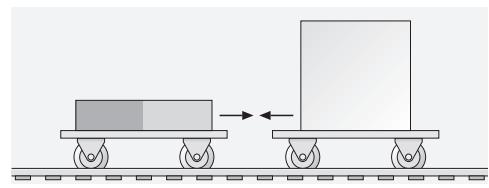
**Einstieg** Bei der Rakete wird deutlich, dass die Rakete das Gas ausstößt, somit eine Kraft auf die Gasteilchen entgegen der Bewegungsrichtung ausübt. Die Gegenkraft zu dieser Kraft wirkt in entgegengesetzter Richtung auf die Rakete, sodass diese beschleunigt wird. Insbesondere erkennt man, dass es kein „Abstoßen“ oder Ähnliches gibt, da der Antrieb ja auch im Weltall funktioniert.



### Versuche im Schulbuch

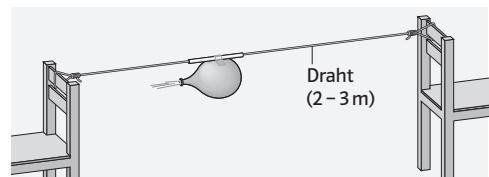
**V1** Drücke möglichst stark auf eine Tischplatte, eine dicke Schaumstoffmatte und die Wasseroberfläche eines gefüllten Eimers. Nur auf die Tischplatte kannst du eine große Kraft ausüben.

**V2** Stelle auf eine ebene, gerade Schiene zwei Modelleisenbahnwagen. Auf einem Wagen liegt ein starker Stabmagnet, auf dem anderen ein Eisenklotz. Wenn du einen Wagen festhältst, so bewegt sich der jeweils andere auf diesen zu. Wenn du beide Wagen loslässt, bewegen sich beide aufeinander zu. Prüfe mit einem Kraftmesser die Größe der Kräfte.



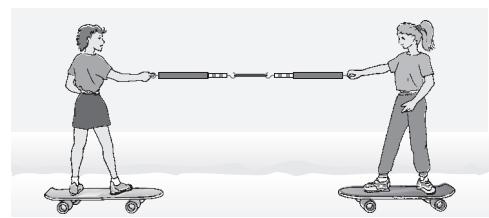
**V3** Ziehe Inlineskates mit Sicherheitsausrüstung an und stelle dich vor eine Wand. Wenn du gegen die Wand drückst, bewegst du dich rückwärts von der Wand weg.

**V4** Fädeln einen dünnen Draht durch einen Trinkhalm und spanne den Draht zwischen zwei Tischen oder Stühlen. Blaue einen Luftballon auf, halte die Öffnung zu und klebe ihn mit einem Klebstreifen an den Trinkhalm. Wenn du die Öffnung frei gibst und den Ballon loslässt, bewegt sich der Ballon entlang des Drahtes.



**V5** Zwei Schülerinnen (bzw. Schüler) auf Skateboards halten ein gespanntes Seil zwischen sich. Mit Hilfe von Kraftmessern an jedem Seilende können die Beträge der Zugkräfte festgestellt werden. Zuerst soll nur die (der) eine von ihnen ziehen, die (der) andere sich bloß festhalten.

Beide Schülerinnen setzen sich in Bewegung und die Kraftmessern zeigen bei beiden denselben Betrag an. Ziehen beide Schülerinnen, ändert sich daran nichts. Stets zeigen beide Kraftmessern gleiche Kraftbeträge an. Alternative: Die Schülerinnen bzw. Schüler sitzen auf Experimentierwagen.



**Weitere Versuche**

**V6** Siehe V3: Die Schülerin bzw. der Schüler auf den Inlineskates wirft einer anderen Person aus dem Stand verschiedene Bälle (Tennisball, Fußball, Medizinball) zu.

**Material**

Kopivorlagen Arbeitsblätter:

- Kraft und Gegenkraft (me\_s1\_ab\_013a: diff ↓, me\_s1\_ab\_013b: diff ↑)

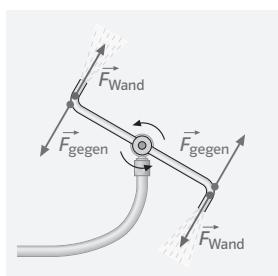
Animationen/Simulationen:

- Wechselwirkung von Körpern (me\_s1\_si\_007)
- Funktionsprinzip von Raketen (me\_s1\_si\_008)

**Lösungen der Aufgaben**

**A1**

	Kraft	Gegenkraft
100-m-Lauf	Füße	Startblock, Boden
Klettern	Hände, Füße	Fels
Skilanglauf	Stöcke	Boden
Stabhochsprung	Arme, Stabende	Boden
Schwimmen	Hände, Arme, Beine	Wasser



**A2**  Das Wasser strömt in die Arme des Rasensprengers. An deren Ende wird das Wasser beim Austritt umgelenkt. D.h., der Rasensprenger ändert die Bewegungsrichtung des Wassers. Das Wasser übt eine Gegenkraft auf die Arme des Rasensprengers aus, die daraufhin in Drehung versetzt werden.

**A3**  Wechselwirkungsprinzip: Bei einem Absprung vom Boden übt der Fuß eine Kraft auf den Boden aus und der Boden übt eine Gegenkraft auf den Fuß aus. Beim Absprung aus einem Boot ist es genau so, allerdings wird dabei das Boot, weil es leicht beweglich ist, weggeschoben, d.h., die Gegenkraft ist geringer, sodass es Lena nicht bis auf den Steg schafft.

**Lernziele** Die SuS erklären die Addition von Kräften auf zeichnerischem und teilweise auf rechnerischem Weg. Die SuS sollen insgesamt dafür sensibilisiert werden, wo in ihrem Alltag Kräfte auftreten und wie deren Zusammenwirken funktioniert.

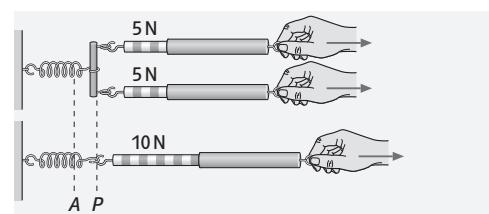
**Begriffe** resultierende Kraft, Kräftegleichgewicht, Kräfteparallelogramm

**Hinweise/Kommentar** Voraussetzung für dieses Kapitel ist die Kenntnis der Kraftwirkung und die Kenntnis der Beschreibungsgrößen einer Kraft (Angriffspunkt, Richtung, Betrag). Die Darstellung von Kräften durch Kraftpfeile liefert die Grundlagen zur Konstruktion der resultierenden Kraft. Auch die rechnerische Lösung in dem Sonderfall (Kräfte wirken auf einer Linie) ist sinnvoll mit den SuS zu besprechen.

**Einstieg** Das Tauziehen stellt eine Alltagssituation dar, die allen SuS bekannt ist. Wer das Tauziehen schließlich gewinnt, kann anhand des Bildes nicht vorhergesagt werden. Das Bild soll die SuS dazu leiten, einen Zugang zu Begriffen wie „resultierende Kraft“ oder „Zusammenwirken der Kräfte“ zu bekommen. Nur wenn man die Summe der jeweiligen resultierenden Kräfte kennt, kann entschieden werden, wer gewinnt.

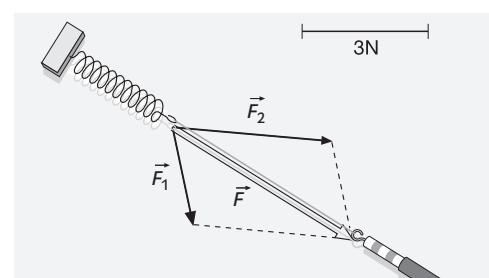
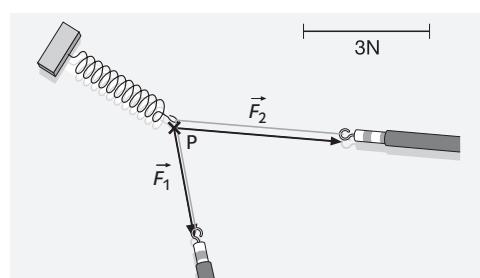


**Versuche** **V1** Eine Schraubenfeder endet im unbelasteten Zustand am Punkt A. Wir dehnen sie mit zwei Kräften ( $F_1 = F_2 = 5 \text{ N}$ ) bis zum Punkt P. Die Feder lässt sich auch mit einer Kraft so dehnen, dass die gleiche Verlängerung von A nach P entsteht. Als Betrag messen wir:  $F = 10 \text{ N}$



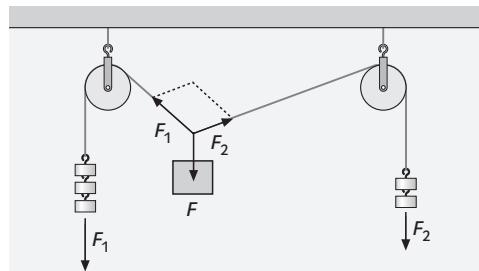
**V2** **a)** Eine entspannte Schraubenfeder endet am Punkt A. Wir dehnen sie mit zwei Kräften (z.B.:  $F_1 = 3 \text{ N}$ ,  $F_2 = 2 \text{ N}$ ) bis zum Punkt P. Die Feder lässt sich auch mit einer Kraft so dehnen, dass die gleiche Verlängerung von A nach P entsteht. Als Betrag messen wir:  $F = 4,2 \text{ N}$

**b)** Wir zeichnen die Kräfte  $F_1$ ,  $F_2$  und  $F_R$  als Kraftpfeile in einen Plan. Wir erkennen die geometrische Figur eines Parallelogramms.



**Weitere Versuche**

**V3** Mit nebenstehendem Versuchsaufbau lässt sich die Bedeutung der Kraftrichtungen bei mehreren Kräften demonstrieren. Obwohl sich die Beträge der Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  durch Hinzufügen oder Wegnehmen von Gewichtsstücken ändern, bleibt der Betrag und die Richtung der resultierenden Kraft  $F$  gleich.

**Material**

Kopiertvorlagen Arbeitsblätter:

- Mehrere Kräfte wirken zusammen (me\_s1\_ab\_014)

Animationen/Simulationen:

- Mehrere Kräfte wirken (me\_s1\_si\_010)

(S.187)

**Methode Experimentieren Klettern mit Seil und Rolle****Lernziele**

SuS beschreiben Wirkungsweisen und Gesetzmäßigkeiten von Kraftwandlern am Beispiel Seil und Rolle.

**Begriffe**

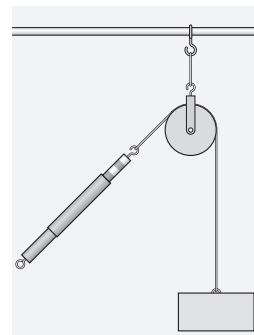
Seil, feste Rolle, lose Rolle, Flaschenzug, Goldene Regel der Mechanik

**Hinweise/Kommentar**

Das Thema beinhaltet alltagsrelevante Aspekte und bietet Möglichkeiten zur Differenzierung. Die Erarbeitung kann auf unterschiedliche Weise erfolgen: durch experimentelles Arbeiten in Einzel- oder Partnerarbeit, durch Projektarbeit oder durch Bearbeiten des Lese- textes. Energetische Betrachtungen spielen bei der Erarbeitung keine Rolle, können aber ergänzt werden.

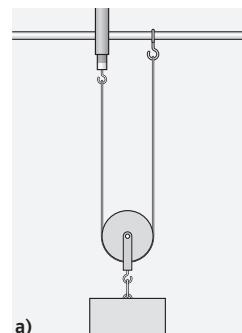
**Versuche im Schulbuch**

**V1** Baue den Versuch wie abgebildet auf. Vergleiche die Zugkraft auf der linken Seite und die Gewichtskraft auf der rechten Seite. Miss, wie viele Zentimeter Seil du links herunter ziehen musst, damit der Gegenstand rechts zehn Zentimeter gehoben wird. Die Zugkraft links ist immer genauso groß wie die Gewichtskraft rechts. Die gezogene Länge Seil entspricht der Hubhöhe.



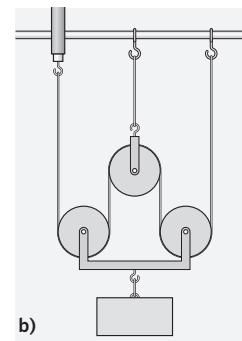
**V2** Baue den Versuch wie abgebildet auf und miss wiederum Zugkraft, Gewichtskraft und zu ziehende Seillänge.

Die Zugkraft ist nur halb so groß wie die Gewichtskraft. Die gezogene Seillänge ist doppelt so groß wie die Hubhöhe.



**V3** Die Abbildung zeigt einen Aufbau aus zwei losen und einer festen Rolle. Miss wiederum Zugkraft, Gewichtskraft und zu ziehende Seillänge.

Die Kraft verteilt sich auf vier Seilstücke und beträgt deswegen nur noch ein Viertel der Gewichtskraft der angehängten Masse.



**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:  
– Seil, Rolle und Flaschenzug (me\_s1\_ab\_018)

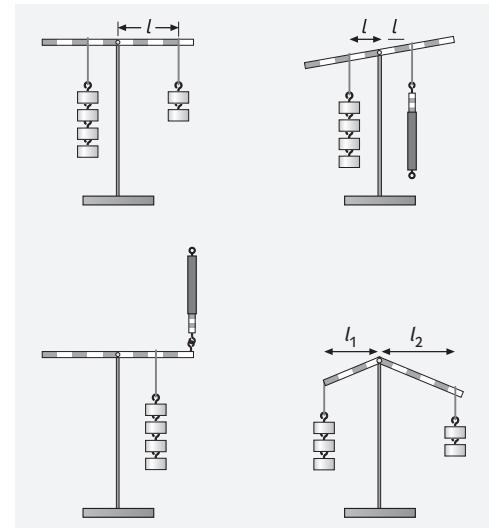
(S.188) **Exkurs Hebel überall**

**Lernziele** SuS beschreiben Wirkungsweisen und Gesetzmäßigkeiten von Kraftwandlern am Beispiel Hebel.

**Begriffe** Hebelgesetz

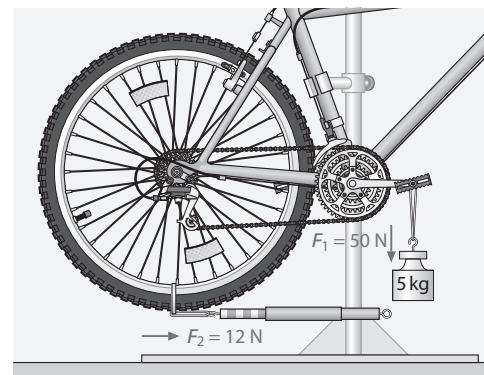
**Hinweise/Kommentar** Das Thema beinhaltet alltagsrelevante Aspekte und bietet Möglichkeiten zur Differenzierung. Die Erarbeitung kann auf unterschiedliche Weise erfolgen: durch experimentelles Arbeiten in Einzel- oder Partnerarbeit, durch Projektarbeit oder durch Bearbeiten des Lese- textes.

**Versuche** **V1** Wirkt eine Kraft auf einen Hebel, so lässt er sich mit einer zweiten Kraft im Gleichgewicht halten. Verschiedene Möglichkeiten werden untersucht.



**V2** Bestimmung der Kraft am Fahrrad:  
Wähle einen Gang und bestimme das Verhältnis der Zähne an den Zahnrädern (z.B. 48 Zähne am Pedalzahnrad, 24 am Hinterrad). Miss die Kraft am Hinterrad, wenn an den Pedalen 50 N wirken (siehe Abbildung). Befinden sich vorne doppelt so viele Zähne wie hinten, so hat sich schon bei einer halben Umdrehung des Vorderrades das Hinterrad einmal ganz gedreht. Für schnelles Fahren ist es also günstig, vorne viele Zähne und hinten wenige Zähne zu verwenden. Es ergibt sich, dass die Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  im umgekehrten Verhältnis zueinander stehen wie die Kreisradien  $r_1$  und  $r_2$ :

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{r_2}{r_1}$$



**Material** Kopiervorlagen Arbeitsblätter:  
- Hebel (me\_s1\_ab\_017)

#### Lösungen der Aufgaben

**A1** Mit einem festen Punkt und einem beliebig langen Hebel kann man nach dem Hebelgesetz auch eine beliebig große Kraft auf einen Körper wirken lassen. Das Gedanken-experiment spielt also darauf hin, dass man die Kraft theoretisch so groß werden lassen kann, bis die Erde „aus ihren Angeln“ gehoben wird

(S.189) **Methode** Dokumentieren **Protokollieren**

**Lernziele** SuS protokollieren ein Experiment mit Messungen

**Begriffe** keine neuen

#### Hinweise/Kommentar

Das Anfertigen eines sachgerechten Protokolls gehört zu den grundlegenden prozessbezogenen Kompetenzen im Physikunterricht. Deswegen tauchen darauf bezogene Seiten in den Impulse Physik Bänden mehrfach auf. Die Besonderheit hier ist, dass die hier untersuchte Größe Drehmoment (wobei der Name nicht eingeführt wird) von zwei Parametern abhängt. Es muss deutlich werden, dass beim Experimentieren immer nur eine der beiden Größen geändert wird, während die andere konstant bleibt. Also entweder einen bestimmten Abstand wählen und dann nacheinander die angehängte Masse ändern oder ein ausgewähltes Massestück nacheinander in unterschiedlichem Abstand an den Hebelarm hängen.

**Fachwissen**

wahr: 1, 3, 5, 6  
falsch: 2, 4, 7

**Kommunikation**

VERFORMUNG, RESULTIERENDE, ORTSFAKTOR, GEGENKRAFT, TRAEGHEIT, PFEILE

Lösungswort: MUSKEL

**Erkenntnisgewinnung**

1 c), 2 b), 3 c), 4 d)

**Bewerten**

Ja: 2, 3, 5; Nein: 1, 4

**A1**  a) Beim Spannen des Bogens wird der Bogen durch die Muskelkraft ähnlich wie eine Feder elastisch verformt. Die Verformung bleibt so lange bestehen, wie die Kraft wirkt.

b) Die sich ändernde Geschwindigkeit des Schlittens weist auf das Wirken einer Kraft hin.

**A2**  Bei einem Gummiband sind wirkende Kraft  $F$  und Verlängerung  $s$  nicht proportional. Zusätzlich ergeben sich beim Verlängern und Zusammenziehen verschiedene Wertepaare ( $F|s$ ). Somit wäre das Gummiband als Kraftmesser nur mit einem vorliegenden  $s$ - $F$ -Diagramm nutzbar.

**A3**  a) Bei der elastischen Verformung eines Körpers ist die Verformung proportional zum Betrag der verformenden Kraft. Das Hooke'sche Gesetz gilt z.B. für Stahlfedern bei nicht zu großer Verlängerung.

b) Die Aussage „Eine Feder folgt dem Hooke'schen Gesetz.“ besagt, dass sich die Feder elastisch verhält und bei ihrer Verlängerung und der Betrag der wirkenden Kraft zueinander proportional sind.

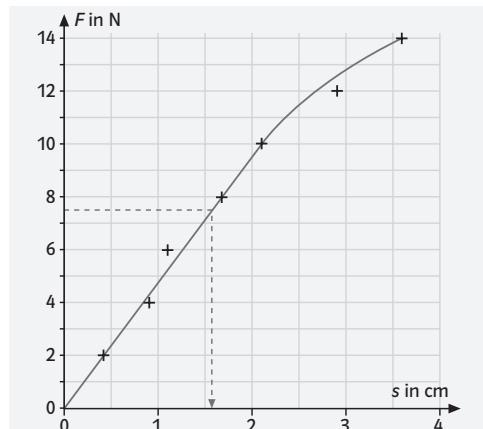
**A4**  a) Siehe Diagramm

b) Bis etwa 2 cm bzw. 10 N gilt wegen Linearität das Hooke'sche Gesetz.  $D$  aus der Zeichnung:

$$D = 10 \text{ N} / 2,1 \text{ cm} = 4,8 \text{ N/cm.}$$

Aus der Tabelle ergibt sich bis 2,1 cm als Mittelwert  $D_{\text{Mittel}} = 4,9 \text{ N/cm.}$

c) Für  $F = 7,5 \text{ N}$  wird  $s = 7,5 \text{ N} / 4,8 \text{ N/cm} = 1,6 \text{ cm}$ . Das ist eine gute Übereinstimmung mit dem Diagramm.



**A5**  Aus  $F = D \cdot s$  folgt  $s = F/D = 250 \text{ N} / 30 \text{ N/cm} = 8,33 \text{ cm}$

**A6**  1 kg Wasser:  $F = 9,81 \text{ N}$

1 t Butter:  $F = 1000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ N/kg} = 9810 \text{ N}$

500 g Wurst:  $F = 0,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ N/kg} = 4,905 \text{ N}$

200 mg Diamant:  $F = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ N/kg} = 0,001962 \text{ N} = 1,96 \text{ mN}$

**A7** ● Der Ortsfaktor auf der Erde beträgt  $g_E = 9,81 \text{ N/kg}$  und auf dem Mond  $g_M = 1,62 \text{ N/kg}$ . Die Masse des Astronauten mit Ausrüstung beträgt  $m = 135 \text{ kg}$ . Die Masse ist überall gleich. Die Gewichtskraft auf der Erde ist dann  $F_{GE} = 135 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ N/kg} = 1324 \text{ N}$  und auf dem Mond  $F_{GM} = 135 \text{ kg} \cdot 1,62 \text{ N/kg} = 219 \text{ N}$ .

Der Astronaut fühlt sich daher auf dem Mond viel leichter. Da er aber dieselbe Muskelkraft aufbringen kann wie auf der Erde, kann er auf dem Mond höher springen.

**A8** ● a) Nur möglich, falls der Ortsfaktor bekannt ist.

b) Messung ist durch Massenvergleich direkt möglich.

c) Mit einem Gewichtsstück aus dem Massensatz ist der Ortsfaktor zu bestimmen, damit lässt sich aus der gemessenen Kraft die Masse berechnen.

**A9** ○ Beim Anfahren: Aufgrund der Trägheit bleibt ein ruhender Körper in Ruhe, d.h., der Fahrgast bewegt sich entgegen der Fahrtrichtung. In der Rechtskurve: Aufgrund der Trägheit behält ein bewegter Körper seine Bewegungsrichtung bei, d.h., der Fahrgast wird in Richtung der linken Wand gedrückt. Beim Bremsen: Aufgrund der Trägheit behält ein bewegter Körper seine Geschwindigkeit bei, d.h., der Fahrgast muss sich festhalten, um nicht nach vorne zu fallen.

**A10** ● Auf die Kugel wirkt – wie auf alle Körper auf der Erde – die Anziehungs kraft der Erde. Mit dieser Kraft (Gewichtskraft) wirkt sie auf den Tisch. Der Tisch übt eine entgegengesetzt gerichtete, gleich große Gegenkraft auf die Kugel aus. Auf die Kugel wirken somit die Anziehungs kraft der Erde und die Gegenkraft des Tisches, es entsteht ein Kräftegleichgewicht. Die resultierende Kraft ist null und daher ist keine Kraft beobachtbar.

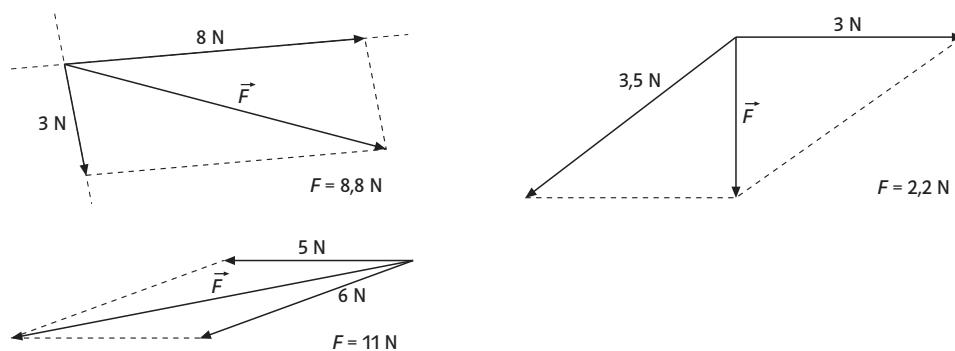
Wenn die Kugel mit konstanter Geschwindigkeit rollt, wirkt entweder keine Kraft oder es herrscht ebenfalls ein Kräftegleichgewicht. Da eine Kugel keine Antriebskraft besitzt, auf der Erde jedoch ständig eine Widerstandskraft (Luft- und Bodenreibung) wirkt, folgt hieraus, dass eine Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit für eine rollende Kugel auf der Erde nur dann möglich ist, wenn gleichzeitig eine Antriebskraft auf sie wirkt, die mit der Widerstandskraft im Gleichgewicht ist.

**A11** ● Die Knautschzone ist ein Teil eines Fahrzeugs, der sich bei Kraftwirkung plastisch verformt. Aus Sicht des „Kraftphysikers“ sorgt die Knautschzone dafür, dass die Änderung der Geschwindigkeit (von der Aufprallgeschwindigkeit bis zum Stillstand des Fahrzeugs) eine längere Zeitdauer benötigt als ohne Knautschzone. Eine langsamere Geschwindigkeitsänderung heißt: Es wirkt eine kleinere Kraft (wenn auch über eine etwas längere Zeitdauer).

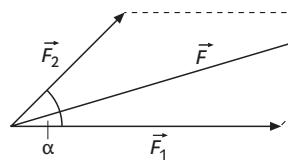
Der „Energiephysiker“ argumentiert: Die Knautschzone nimmt die Bewegungsenergie des Fahrzeugs auf und überführt sie in thermische Energie des Knautschzonematerials. Der so in thermische Energie überführte Anteil der Bewegungsenergie wird nicht auf die Insassen übertragen; Verletzungen der Insassen werden verhindert (oder zumindest gemildert).

**A12** ● Die Waage zeigt 550 g an. Dass sie die Masse des unteren Magneten und der Halterung misst, ist klar. Der zweite Magnet schwebt zwar, jedoch wirkt zu der Kraft, die ihn in der Schwebefläche hält, eine gleich große Gegenkraft nach unten auf den ersten Magneten. Diese muss vom Betrag her gleich der Gewichtskraft des Magneten sein und wird mit gemessen.

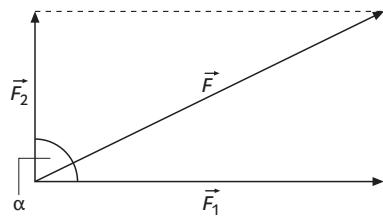
**A13** ○ Siehe Zeichnung:



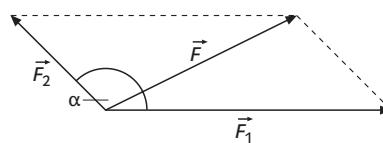
**A14** Siehe Zeichnung:



$F_1$ in N	2	5	6	8	12	20	24	27
$F_2$ in N	1	4	5	9	15	20	12	45
$F$ in N	2,8	8,3	10,2	15,7	25,0	37,0	33,6	66,9

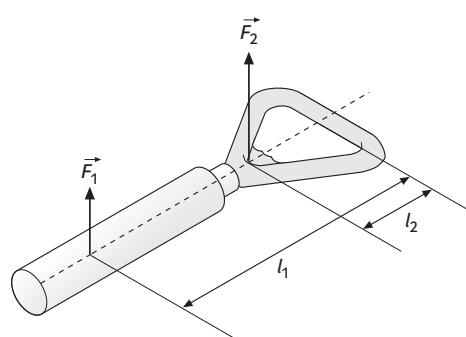
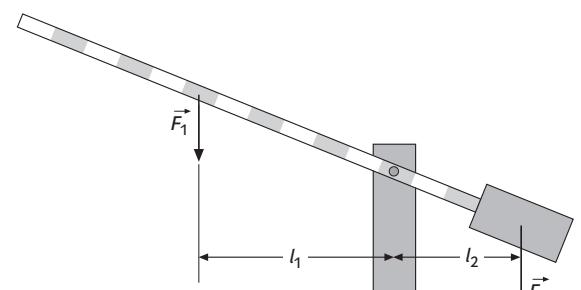
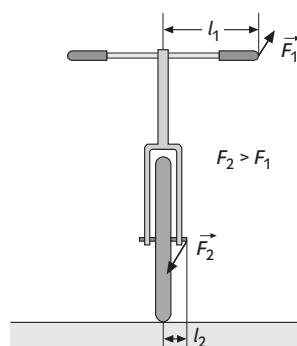
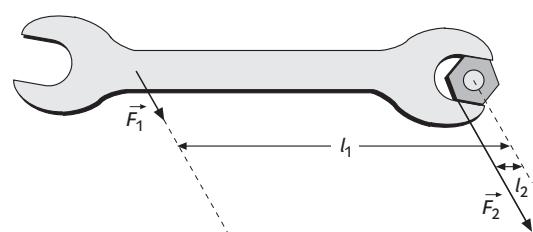
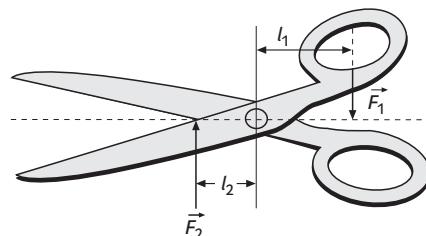


$F_1$ in N	2	5	6	8	12	20	24	27
$F_2$ in N	1	4	5	9	15	20	12	45
$F$ in N	2,2	6,4	7,8	12,0	19,2	28,3	26,8	52,5



$F_1$ in N	2	5	6	8	12	20	24	27
$F_2$ in N	1	4	5	9	15	20	12	45
$F$ in N	1,5	3,6	4,3	6,6	10,7	15,3	17,7	32,2

**A15** Siehe Zeichnung:





# Übersicht über die Exkurs- und Methodenseiten im Schulbuch

Titel	Funktion	zu Schulbuchseite
<b>Schall</b>		
Hören in Natur und Technik	Kommunizieren	16
Wir nehmen eine Hörkurve auf	Experimentieren	17
<b>Licht und Sehen</b>		
Sehen und Gesehen werden	Experimentieren	34
Schattengröße und Schattenform	Experimentieren – Wenn ... dann ... ; Je ... desto ...	35
Licht und Schatten im Weltraum	Exkurs-Pflichtthema	36
Finsternisse	Exkurs-Pflichtthema	37
Wir bauen eine Lochkamera	Experimentieren	40
Licht im Straßenverkehr	Exkurs-Pflichtthema	41
<b>Licht an Grenzflächen</b>		
Reflexion	Experimentieren	50
Eigenschaften von Spiegelbildern	Experimentieren	51
Das schreibe ich mir auf	Dokumentieren – Versuchsprotokoll erstellen	54
Warum sehen wir den Halm geknickt und ein Stück des Stiftes gehoben?	Argumentieren	55
Erzeugung scharfer Bilder mit Sammellinsen	Exkurs-Wahlthema	60
Auge und Fotoapparat	Exkurs-Wahlthema	61
Korrektur von Fehlsichtigkeit	Exkurs-Wahlthema	62
Lichtleitung durch Totalreflexion	Exkurs-Wahlthema	63
Vorhersage von Lichtwegen	Mathematisieren – Geometrische Konstruktionen	68
Schall und Licht	Analogie	69
<b>Energie</b>		
Übersicht über die verschiedenen Energieformen	Exkurs-Pflichtthema	78
Die Sonne – unsere wichtigste Energiequelle	Kommunizieren	79
Dein Energiebedarf	Bewerten	84
Sorgsamer Umgang mit Energie	Projekt	85
Energieversorgung durch Wasserkraftwerke	Exkurs-Pflichtthema	94
Leistung im Alltag	Exkurs-Pflichtthema	95
<b>Magnetismus</b>		
Das schreibe ich mir auf	Dokumentieren – Versuchsprotokoll erstellen	104
Geheimnis Magnet	Experimentieren	105
Unsere Erde hat ein Magnetfeld	Exkurs-Pflichtthema	110
Den richtigen Weg finden	Exkurs-Pflichtthema	111
<b>Stromkreise</b>		
Von der Schaltung zum Schaltplan	Dokumentieren	118
Schaltungen mit mehreren Schaltern	Präsentieren – Plakat erstellen	122
Elektrische Schaltungen	Experimentieren	123
Elektrischer Strom ist gefährlich	Exkurs-Pflichtthema	126
Ein elektrisches Gerät ist defekt	Exkurs-Pflichtthema	127
Das Magnetfeld einer Spule und seine Anwendungen	Exkurs-Pflichtthema	128
Experimente mit Elektromagneten	Experimentieren	129
Verstehen eines Sicherungsautomaten	Kommunizieren	130
Gute und schlechte Leitungen	Experimentieren	131

<b>Titel</b>	<b>Funktion</b>	<b>zu Schulbuchseite</b>
<b>Elektrischer Strom</b>		
Modellvorstellungen zum elektrischen Stromkreis	Modellieren	142
Von der Beobachtung zur Messung	Messen	143
Der elektrische Widerstand	Exkurs-Pflichtthema	146
Parallel- und Reihenschaltung	Exkurs-Pflichtthema	147
Der Umgang mit dem Multimeter	Experimentieren	148
Auswertung von Daten und Diagrammen	Dokumentieren	149
Elektrische Energie	Experimentieren	154
Elektrische Energie und Elektronenbewegung	Präsentieren	155
<b>Bewegungen</b>		
Rechnen mit proportionalen Zusammenhängen	Mathematisieren	164
Brems- und Anhalteweg	Exkurs-Pflichtthema	165
<b>Kraft und Masse</b>		
Rechnen mit proportionalen Zusammenhängen	Mathematisieren	176
Protokollieren	Dokumentieren	177
Trägheit im Straßenverkehr	Argumentieren	182
Zwei Sichtweisen	Argumentieren	183
Wenn mehrere Kräfte wirken	Exkurs-Pflichtthema	186
Klettern mit Seil und Rolle	Experimentieren	187
Hebel überall	Exkurs-Pflichtthema	188
Protokollieren	Dokumentieren	189

# Übersicht über die Arbeitsblätter

Titel	Code	zu Schulbuchseite
<b>Schall</b>		
Schallquellen	ak_s1_ab_001	8
Amplitude und Frequenz	ak_s1_ab_002a/b	10
Töne – hoch und tief	ak_s1_ab_003	14
Töne – laut und leise	ak_s1_ab_004	14
Das Ohr	ak_s1_ab_007	16
Schall, den wir nicht hören	ak_s1_ab_008	16
Die Ausbreitung des Schalles	ak_s1_ab_005a/b	18
Die Schallgeschwindigkeit	ak_s1_ab_006a/b	18
Lärm	ak_s1_ab_009	20
<b>Licht und Sehen</b>		
Lichtquellen und Lichtempfänger	op_s1_ab_001	26
Höhle	op_s1_ab_003	28
Die Ausbreitung des Lichts	op_s1_ab_004a/b	
Licht und Schatten	op_s1_ab_005	
Schattenbilder	op_s1_ab_006a/b	
Kernschatten und Halbschatten	op_s1_ab_007a/b	
Schatten aus dem All	op_s1_ab_008a/b	37
Wie entstehen die Bilder bei der Lochkamera?	op_s1_ab_017	38
<b>Licht an Grenzflächen</b>		
Das Reflexionsgesetz	op_s1_ab_009	
Reflexion des Lichts	op_s1_ab_010a/b	
Lichtwege bei der Reflexion des Lichts	op_s1_ab_011	
Der Spiegel	op_s1_ab_016	48
Brechung des Lichts	op_s1_ab_012	52
Optische Linsen	op_s1_ab_013	56
Linsenabbildungen	op_s1_ab_018	58
Sehfehler und Hilfsmittel	op_s1_ab_019a/b	62
Totalreflexion	op_s1_ab_014	63
Farben	op_s1_ab_015	64
Infoblatt zur Farbarithmetik	op_s1_ib_001	66
<b>Energie</b>		
Energieformen und Energieüberführung	en_s1_ab_001a/b	76
Messen und Kosten der elektrischen Energie	en_s1_ab_002a/b	82
Energie sparen	en_s1_ab_005a/b	85
Energieerhaltung	en_s1_ab_004	86
Die physikalische Leistung	en_s1_ab_016	95
<b>Magnetismus</b>		
Magnetisierbare und nicht magnetisierbare Stoffe	ma_s1_ab_001	100
Magnetpole und Polgesetze	ma_s1_ab_003a/b	102
Das Versuchsprotokoll	ma_s1_ab_002a/b	104
Magnete herstellen	ma_s1_ab_004a/b	106
Erdmagnetfeld und Kompass	ma_s1_ab_005a/b	108-111

Titel	Code	zu Schulbuchseite
<b>Stromkreise</b>		
Der elektrische Stromkreis Elektrische Gegenstände	el_s1_ab_001a/b el_s1_ab_002a/b	116
Gute und schlechte elektrische Leiter Welche Stoffe leiten den elektrischen Strom? Gefahren des elektrischen Stromes	el_s1_ab_003 el_s1_ab_004a/b el_s1_ab_006	116
Schaltpläne	el_s1_ab_005a/b	118
Schaltzeichen	el_s1_ab_012a/b	118
Eine Schaltung für die Heckenschere Eine Klingelschaltung im Treppenhaus	el_s1_ab_008a/b el_s1_ab_009a/b	122
Vergleich von Dauermagnet und Elektromagnet	el_s1_ab_007a/b	124
Das Magnetfeld stromführender Leiter	el_s1_ab_029a/b	128
<b>Elektrischer Strom</b>		
Energieübertragung	el_s1_ab_011	136
Ladung Modellvorstellungen zum elektrischen Stromkreis	el_s1_ab_013a/b el_s1_ab_014	138
Die Stromstärke	el_s1_ab_015a/b	140
Modellvorstellungen zum elektrischen Stromkreis	el_s1_ab_010	142
Die Spannung Umrechnungen und Zeichnen von Schaltplänen	el_s1_ab_016a/b el_s1_ab_017	144
Widerstandsberechnungen Elektrische Schaltungen mit Bleistiftstrichen	el_s1_ab_018a/b el_s1_ab_028	146
Parallel- und Reihenschaltung von Widerständen Schaltungen von Widerständen	el_s1_ab_023a/b el_s1_ab_024	147
Widerstände und Kennlinien Aufnahme von Kennlinien Temperaturabhängigkeit des Widerstandes	el_s1_ab_019 el_s1_ab_020 el_s1_ab_021	149
Die elektrische Leistung Elektrische Energie und Leistung Elektrische Energie und Leistung bei Parallel- und Reihenschaltung	el_s1_ab_025a/b el_s1_ab_026 el_s1_ab_027	152
<b>Bewegungen</b>		
Bewegungen	me_s1_ab_001a/b	160
Geschwindigkeit Bewegungen im Diagramm Zeit-Ort-Diagramme	me_s1_ab_003 me_s1_ab_004 me_s1_ab_005a/b	162
Brems- und Anhalteweg	me_s1_ab_009a/b	165
<b>Kraft und Masse</b>		
Kraftwirkungen	me_s1_ab_010	170
Kraft und Längenänderung einer Feder	me_s1_ab_011	174
Gewichtskraft und Masse	me_s1_ab_012a/b	178
Kraft und Gegenkraft	me_s1_ab_013a/b	184
Mehrere Kräfte wirken zusammen	me_s1_ab_014	186
Seil, Rolle und Flaschenzug	me_s1_ab_018	187
Hebel	me_s1_ab_017	188

## Übersicht über die Lernzirkel

Titel	Code	zu Schulbuchseite
<b>Licht und Sehen</b>		
Licht und Sehen	op_s1_lz_001	28
Bilder vorhersagen	op_s1_lz_005	38
<b>Licht an Grenzflächen</b>		
Reflexion	op_s1_lz_002	46
Eigenschaften von Spiegelbildern	op_s1_lz_004	48
Auge und Fotoapparat	op_s1_lz_008	61
Farben werden gemischt	op_s1_lz_003	66
<b>Energie</b>		
Energie	en_s1_lz_001	74
<b>Magnetismus</b>		
Geheimnis Magnet	ma_s1_lz_001	102
<b>Stromkreise</b>		
Elektrische Schaltungen (1)	el_s1_lz_001	123
Elektrische Schaltungen (2)	el_s1_lz_003	123
Experimente mit Elektromagneten	el_s1_lz_002	129
Gute und schlechte Leitung	el_s1_lz_004	131
<b>Elektrischer Strom</b>		
Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke	el_s1_lz_006	146
Parallel- und Reihenschaltung	el_s1_lz_008	147
Energieübertragung im Stromkreis	el_s1_lz_005	154
<b>Kraft und Masse</b>		
Kräfte und ihre Wirkungen	me_s1_lz_001	170
Trägheit im Straßenverkehr	me_s1_lz_002	182

## Übersicht über die Animationen und Simulationen

Titel	Code	zu Schulbuchseite
<b>Schall</b>		
Das Ohr	ak_s1_si_001	16
<b>Licht und Sehen</b>		
Vom Sehen	op_s1_si_001	26
Licht trifft auf Gegenstände	op_s1_si_002	30
Entstehung des Schattens	op_s1_si_003	32
Größe des Schattens	op_s1_si_004	35
Entstehung der Mondphasen	op_s1_si_005	36
Mondfinsternis und Sonnenfinsternis	op_s1_si_006	37
Bildentstehung bei der Lochkamera	op_s1_si_033	38
Einfluss der Blende	op_s1_si_021	38
<b>Licht an Grenzflächen</b>		
Reflexion am Spiegel	op_s1_si_007	46
Versuch zur Reflexion	op_s1_si_008	46
Entstehung von Spiegelbildern	op_s1_si_020	48
Brechung	op_s1_si_009	52
Versuch zur Brechung	op_s1_si_010	52
Heben einer Münze	op_s1_si_013	52
Lichtbrechung im Wasser	op_s1_si_011	55
Phänomene der Lichtbrechung	op_s1_si_012	55
Strahlengang bei Linsen	op_s1_si_014	56
Bildentstehung bei Sammellinsen	op_s1_si_022	58
Das Auge	op_s1_si_023	61
Strahlengang und Akkommodation	op_s1_si_026	61
Fehlsichtigkeit	op_s1_si_024	62
Totalreflexion	op_s1_si_015	63
Totalreflexion in einem Lichtleiter	op_s1_si_016	63
Versuch zur Totalreflexion	op_s1_si_025	63
Spektralzerlegung am Prisma	op_s1_si_017	64
Entstehung des Regenbogens	op_s1_si_018	64
Farben mischen	op_s1_si_019	66
<b>Energie</b>		
Umsetzung elektrischer Energie	en_s1_si_001	74
Energietransport in Materie	en_s1_si_013	80
Energietransport mit Materie	en_s1_si_014	80
Energietransport ohne Materie	en_s1_si_015	80
Eigenschaften von Energie 1	en_s1_si_004	86
Eigenschaften von Energie 2	en_s1_si_005	86
Mechanische Leistung	en_s1_si_007	95
<b>Magnetismus</b>		
Eigenschaften von Magneten	ma_s1_si_001	100
Magnetisierbare Stoffe	ma_s1_si_002	100
Anziehung und Abstoßung	ma_s1_si_004	102
Magnetfeld-Experiment	ma_s1_si_005	108

<b>Titel</b>	<b>Code</b>	<b>zu Schulbuchseite</b>
<b>Stromkreise</b>		
Leitfähigkeit prüfen	el_s1_si_001	116
Schaltzeichen	el_s1_si_002	118
Stromkreis	el_s1_si_003	118
Reihen- oder Parallelschaltung	el_s1_si_004	120
Reihenschaltung von Lampen	el_s1_si_005	120
Magnetfeld bewegter Elektronen	el_s1_si_007	124
Magnetfeld eines Leiters	el_s1_si_027	128
Vom Leiter zur Spule	el_s1_si_028	128
Sicherungsautomaten	el_s1_si_006	130
<b>Elektrischer Strom</b>		
Umsetzung elektrischer Energie	en_s1_si_001	136
Elektrische Anziehung und Abstoßung	el_s1_si_009	138
Metallische Leitfähigkeit	el_s1_si_008	138
Ladungspendel	el_s1_si_010	138
Unverzweigter Stromkreis Versuch 2	el_s1_si_012	144
Der elektrische Widerstand	el_s1_si_013	146
Das Ohm'sche Gesetz	el_s1_si_014	146
Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstands	el_s1_si_015	146
Unverzweigter Gleichstromkreis	el_s1_si_012	147
Verzweigter Gleichstromkreis	el_s1_si_016	147
Reihenschaltung von Widerständen	el_s1_si_017	147
Parallelschaltung von Widerständen	el_s1_si_018	147
Elektrische Energie	en_s1_si_002	150
<b>Bewegungen</b>		
Gleichförmige Bewegung	me_s1_si_001	162
Anhalterweg	me_s1_si_004	165
<b>Kraft und Masse</b>		
Verformung durch Kräfte	me_s1_si_005	174
Die Masse	me_s1_si_006	178
Gewichtskraft auf Himmelskörpern	me_s1_si_009	178
Wechselwirkung von Körpern	me_s1_si_007	184
Funktionsprinzip von Raketen	me_s1_si_008	184
Mehrere Kräfte wirken	me_s1_si_010	186

## Einführung in die Physik 2 Std.

Neben den gesetzlich vorgeschriebenen Unterweisungen über das Verhalten im Fachraum und den relevanten Sicherheitsbestimmungen liegt der Fokus der einführenden Stunden auf einem ersten Einblick in die Physik, ihre Themengebiete sowie der Rolle des Experiments in der Physik.

Prozessbezogene Kompetenzen	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Thema, Konkretisierung, Vorgehen im Unterricht	Hinweise, Arbeitsmittel, Organisation, Verweise	Schülerbuch
Die Schülerinnen und Schüler können	<p>2.2.1 Phänomene und Experimente ziegerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben</p>	<p><b>Was ist Physik?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Womit beschäftigen sich Physikerinnen und Physiker?</li> <li>• Warum machen Physiker überhaupt Experimente?</li> </ul> <p>3.2.1 (1) Kriterien für die Unterscheidung zwischen Beobachtung und Erklärung beschreiben (Beobachtung durch Sinnesindrücke und Messungen, Erklärung durch Gesetze und Modelle)</p> <p>3.2.1 (2) an Beispielen beschreiben, dass Aussagen in der Physik grundsätzlich überprüfbar sind [...]</p>	<p><b>Material:</b> Eine alternative Unterrichtseinheit ist im Material der zentralen Lehrerfortbildungen BW genauer beschrieben</p> <p><b>LPG</b> Wahrnehmung und Empfindung</p>	<p>S. 6 S. 204</p>

## Akustik 10 Std.

Die Akustik ist als Einstiegsthema in den Physikunterricht sehr gut geeignet, da viele Phänomene der Wahrnehmung bzw. der Beobachtung direkt zugänglich sind. Darüber hinaus sprechen akustische Phänomene Schülerinnen und Schüler gleichermaßen an. Vorteilhaft ist weiterhin, dass die Modellbildung im Akustikunterricht nicht so stark ausgeprägt ist wie zum Beispiel im Optikunterricht. Daher liegt im Akustikunterricht der Fokus auf der zielgerichteten Beobachtung physikalischer Phänomene, der Hypothesenbildung mit der entsprechenden experimentellen Überprüfbarkeit, sowie der Einführung einer fachgerechten Dokumentation physikalischer Untersuchungen.

Prozessbezogene Kompetenzen	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Thema, Konkretisierung, Vorgehen im Unterricht	Hinweise, Arbeitsmittel, Organisation, Verweise	Schülerbuch
Die Schülerinnen und Schüler können				
2.1.1 Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben	3.2.2 (1) akustische Phänomene beschreiben (Lautstärke, Tonhöhe, <i>Amplitude, Frequenz</i> ) 3.2.2 (2) physikalische Aspekte [...] des Hörvorgangs beschreiben (Sender, Empfänger)	<b>Einführung in die Akustik &amp; Schallentstehung &lt;2&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schall als Schwingung, Tonhöhe</li> <li>Was ist Schall?</li> <li>Sender, Empfänger</li> <li>Wovon hängt die Tonhöhe eines Tons ab? → erste Hypothesen, die mit Experimenten überprüft werden</li> </ul>	<b>Material:</b> Ein dazu alternatives Vorgehen findet sich im Material der zentralen Lehrerfortbildungen BW zur Akustik  <b>F MUS</b> 3.2.2 Musik verstehen <b>F MUSPROFIL</b> 3.2.2 Musik verstehen	S. 8/9
2.1.2 Hypothesen zu physikalischen Fragestellungen aufstellen		<b>Schwingungen in Diagrammen darstellen &lt;3&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Amplitude, Periodendauer, Frequenz</li> <li>s-t-Diagramm einer Schwingung mit Beschriftung von Amplitude und Periodendauer</li> <li>Schülerexperimente: Fadenpendel</li> <li>Hypothesen bilden: „Wovon hängt die Periodendauer eines Fadenpendels ab?“</li> <li>Hypothesen überprüfen</li> </ul>	<b>FBNT</b> 3.1.1 Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften und der Technik  S.12/13 S.14/15	S. 10/11
2.1.3 Experimente zur Überprüfung von Hypothesen planen [...] 2.2.1 zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung unterscheiden	3.2.2 (1) akustische Phänomene beschreiben (Lautstärke, Tonhöhe, <i>Amplitude, Frequenz</i> ) 3.2.1 (2) an Beispielen beschreiben, dass Aussagen in der Physik grundsätzlich überprüfbar sind [...]			
2.2.2 funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto“-Aussagen) [...]	2.2.3 sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen unter Verwendung der Fachsprache und fachtypischer Darstellungen austauschen [...]			
2.2.6 Sachinformationen und Messdaten aus einer Darstellungsform entnehmen [...] (Diagramm)	2.3.1 bei Experimenten relevante von nicht relevanten Einflussgrößen unterscheiden 2.3.2 Ergebnisse von Experimenten bewerten [...]			

<p><b>2.3.7 Risiken und Sicherheitsmaßnahmen bei Experimenten und im Alltag mithilfe ihres physikalischen Wissens bewerten</b></p> <p>3.2.2 (1) akustische Phänomene beschreiben (Lautstärke, Tonhöhe, <i>Amplitude, Frequenz</i>)</p> <p>3.2.2 (3) ihre Hörgewohnheiten in Bezug auf das Risiko möglicher Hörschädigungen bewerten (zum Beispiel Lautstärke von Kopfhörern)</p>	<p><b>Hörbereich und Hörschädigung &lt;3&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hörbereich des Menschen</li> <li>• Hörtest: Vergleich des Hörvermögens von Lehrern und Schülern</li> <li>• Lautstärke von Kopfhörern untersuchen</li> <li>• Hörschäden und deren Ursache</li> </ul> <p><b>L PG</b> Sicherheit und Unfallschutz <b>L PG</b> Wahrnehmung und Empfindung</p> <p><b>F MUS</b> 3.2.2 Musik verstehen <b>F MUSPROFIL</b></p> <p><b>F NWT</b> 3.2.2 Musik verstehen <b>F NWT</b> 3.2.4.1 Informationsaufnahme durch Sinne und Sensoren (3)</p>	<p><b>Material:</b> Unterrichtsmaterial zum Thema Vermeiden von Hörschäden ist im Material der zentralen Lehrerfortbildungen BW genauer beschrieben</p> <p><b>L PG</b> Sicherheit und Unfallschutz <b>L PG</b> Wahrnehmung und Empfindung</p> <p><b>F MUS</b> 3.2.2 Musik verstehen <b>F MUSPROFIL</b></p> <p><b>F NWT</b> 3.2.2 Musik verstehen <b>F NWT</b> 3.2.4.1 Informationsaufnahme durch Sinne und Sensoren (3)</p> <p><b>Möglichkeit zur schulcurricularen Vertiefung:</b> Bestimmung des menschlichen Hörbereichs, Vergleich mit Hörbereichen anderer Lebewesen, evtl. Ultra- und Infraschall</p> <p><b>L PG</b> Wahrnehmung und Empfindung</p> <p><b>F NWT</b> 3.2.4.1 Informationsaufnahme durch Sinne und Sensoren (2)</p> <p><b>F BNT</b> 3.1.1 Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften und der Technik</p> <p><b>F CH</b> 3.2.12 Stoffe und ihre Teilchen</p> <p><b>Schallausbreitung &lt;6&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schallgeschwindigkeit</li> <li>• Schall „benötigt“ für die Ausbreitung Zeit (Blitz und Donner) und ein Medium</li> <li>• Schallgeschwindigkeit (Einführung des Geschwindigkeitsbegriffs, Schulerperiment, Bestimmung der Schallgeschwindigkeit)</li> <li>• Modell(e) zur Schallausbreitung, Teilchenmodell (Verdichtungen und Verdünnungen)</li> </ul> <p><b>S.16/17</b> <b>S.20/21</b></p>
<p><b>2.1.1 Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben</b></p> <p>2.1.9 zwischen realen Erfahrungen und konstruierten, idealisierten Modellvorstellungen unterscheiden (unter anderem Unterschied zwischen Beobachtung und Erklärung)</p> <p>2.1.10 Analogien beschreiben und zur Lösung von Problemstellungen nutzen</p> <p>2.1.11 mithilfe von Modellen Phänomene erklären [...]</p> <p>2.2.6 [...] Messdaten aus einer Darstellungsform entnehmen und in andere Darstellungsformen überführen (zum Beispiel Tabelle, Diagramm, Text, Formel)</p> <p>2.3.4 Grenzen physikalischer Modelle an Beispielen erläutern</p>	<p>3.2.1 (1) Kriterien für die Unterscheidung zwischen Beobachtung und Erklärung beschreiben (Beobachtung durch Sinnesindrücke und Messung, Erklärung durch Gesetze und Modelle)</p> <p>3.2.1 (3) [...] Teilchenmodell</p> <p>3.2.2 (2) physikalische Aspekte [...] des Hörvorgangs beschreiben (Sender, Empfänger)</p> <p>3.2.6 (4) die Quotientenbildung aus Strecke und Zeitspanne bei der Berechnung der <b>Geschwindigkeit</b> erläutern und anwenden [...]</p>	<p><b>S.18/19</b></p> <p><b>L PG</b> Wahrnehmung und Empfindung</p> <p><b>F NWT</b> 3.2.4.1 Informationsaufnahme durch Sinne und Sensoren (2)</p> <p><b>F BNT</b> 3.1.1 Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften und der Technik</p> <p><b>F CH</b> 3.2.12 Stoffe und ihre Teilchen</p>

## Optik 20 Std.

Neben der Akustik ist auch die Optik als Einstiegsthema in den Physikunterricht gut geeignet, da viele Phänomene im Schülerversuchen der Wahrnehmung bzw. der Beobachtung direkt zugänglich sind. Darüber hinaus sprechen optische Phänomene Schülerinnen und Schüler gleichermaßen an. Im Gegensatz zum eher beschreibenden Akustikunterricht wird in der Optik mit dem Lichtstrahlmodell eine erste tragfähige Modellvorstellung ausformuliert, mit der die Schülerinnen und Schüler zahlreiche Phänomene verstehen können. Für einen schülerzentrierten Unterricht ist es vorteilhaft, dass das entscheidende Lichtstrahlmodell direkt aus dem Experiment motiviert werden kann. Im Rahmen der Optik wird daher nicht nur erstmals mit abstrakten Modellen gearbeitet, sondern es muss auch über "Modellbildung in der Physik" gesprochen werden, insbesondere müssen die Grenzen jeglicher Modelle thematisiert werden.

Prozessbezogene Kompetenzen	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Thema, Konkretisierung, Vorgehen im Unterricht	Hinweise, Arbeitsmittel, Organisation, Verweise	Schülerbuch
Die Schülerinnen und Schüler können				
2.1.1 Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben	3.2.2 (2) physikalische Aspekte des Sehvorgangs [...] beschreiben (Sender, Empfänger)	<b>Sehvorgang &lt;1&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lichtquellen, Lichtempfänger, Sehvorgang</li> <li>Sehvorgang im Sender-Empfänger-Bild (Schülervorstellungen zum Sehvorgang beachten)</li> </ul>	Hinweis: Eine alternative Optik-Unterrichtseinheit zu der hier beschriebenen ist im Material der zentralen Lehrerfortbildungen BW genauer beschrieben <b>F NWT</b> 3.2.4.1 Informationsaufnahme durch Sinne und Sensoren (2)	S. 26/27 S. 34 S. 61
2.1.9 zwischen realen Erfahrungen und konstruierten, idealisierten Modellvorstellungen unterscheiden (unter anderem Unterschied zwischen Beobachtung und Erklärung)	3.2.1 (1) [...] Erklärung durch Gesetze und Modelle 3.2.1 (3) die Funktion von Modellen in der Physik erläutern ([...], <i>Lichtstrahlmodell</i> , [...])	<b>Lichtstrahlmodell &lt;2&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lichtbündel, Lichtstrahl, Randstrahlen als Konstruktionshilfe</li> <li>Lichtstrahl als idealisierte Vorstellung eines immer schmaleren Lichtbündels (Modellbildung in der Physik)</li> <li>Randstrahlen</li> </ul>	<b>F BNT</b> 3.1.1 Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften und der Technik <b>F BK</b> 3.2.2.1 Grafik <b>F BKPROFIL</b> 3.2.2.1 Grafik	S. 28/29 S. 34
2.1.1 Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben	3.2.1 (1) Kriterien für die Unterscheidung zwischen Beobachtung und Erklärung beschreiben (Beobachtung durch Sinnesindrücke und Messungen, Erklärung durch Gesetze und Modelle) 3.2.2 (6) optische Phänomene im Weltall erklären ( <i>Mondphasen</i> , [...])	<b>Mondphasen &lt;1&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mond als beleuchteter Körper unter verschiedenen Blickrichtungen;</li> <li>Beobachtungsebene ↔ Modellebene</li> </ul>		S. 36
2.1.1 Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben	3.2.2 (4) grundlegende Phänomene der Lichtausbreitung experimentell untersuchen und mithilfe des <i>Lichtstrahlmodells</i> beschreiben 3.2.2 (7) <i>Streuung</i> und <i>Absorption</i> phänomenologisch beschreiben	<b>Licht trifft auf Gegenstände &lt;1&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Streuung, Absorption, Reflexion, Transmission</li> <li>Überblick über die grundlegenden Phänomene</li> </ul>	<b>F BK</b> 3.2.2.1 Grafik <b>F BKPROFIL</b> 3.2.2.1 Grafik	S. 30/31

<p><b>2.1.1 Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben</b></p> <p><b>2.1.2 Hypothesen zu physikalischen Fragestellungen aufstellen</b></p> <p><b>2.1.9 zwischen realen Erfahrungen und konstruierten, idealisierten Modellvorstellungen unterscheiden (unter anderem Unterschied zwischen Beobachtung und Erklärung)</b></p> <p><b>2.1.11 mithilfe von Modellen Phänomene erklären und Hypothesen formulieren</b></p> <p><b>2.2.2 funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-destoo“-Aussagen) [...]</b></p>	<p><b>3.2.2 (5) Schattenphänomene experimentell untersuchen und erklären (Schattenraum und Schattenshatten, Kernschatten und Halbschatten)</b></p> <p><b>2.1.1 Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben</b></p> <p><b>2.1.2 Hypothesen zu physikalischen Fragestellungen aufstellen</b></p> <p><b>2.1.9 zwischen realen Erfahrungen und konstruierten, idealisierten Modellvorstellungen unterscheiden (unter anderem Unterschied zwischen Beobachtung und Erklärung)</b></p> <p><b>2.1.11 mithilfe von Modellen Phänomene erklären und Hypothesen formulieren</b></p> <p><b>2.2.2 funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-destoo“-Aussagen) [...]</b></p>	<p><b>Licht und Schatten &lt;3&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schattenraum, Schattenbild, Kernschatten, Halbschatten, Randstrahlen</li> <li>• Schatten als Wahrnehmungssphären, Alltagsbeispiele</li> <li>• Schülerversuche mit entsprechender Hypothesenbildung</li> <li>• Schattenbereiche skizzieren (Randstrahlen)</li> </ul> <p><b>FBK</b> 3.2.2.1 Grafik <b>FBKPROFIL</b> 3.2.2.1 Grafik</p> <p><b>3.2.2 (5) Schattenphänomene experimentell untersuchen und erklären (Schattenraum und Schattenshatten, Kernschatten und Halbschatten)</b></p> <p><b>2.1.1 Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben</b></p> <p><b>2.1.2 Hypothesen zu physikalischen Fragestellungen aufstellen</b></p> <p><b>2.1.9 zwischen realen Erfahrungen und konstruierten, idealisierten Modellvorstellungen unterscheiden (unter anderem Unterschied zwischen Beobachtung und Erklärung)</b></p> <p><b>2.1.11 mithilfe von Modellen Phänomene erklären und Hypothesen formulieren</b></p> <p><b>2.2.2 funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-destoo“-Aussagen) [...]</b></p>
<p><b>2.1.1 Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben</b></p> <p><b>2.1.9 zwischen realen Erfahrungen und konstruierten, idealisierten Modellvorstellungen unterscheiden (unter anderem Unterschied zwischen Beobachtung und Erklärung)</b></p> <p><b>2.1.11 mithilfe von Modellen Phänomene erklären und Hypothesen formulieren</b></p> <p><b>2.2.2 funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-destoo“-Aussagen) [...]</b></p>	<p><b>3.2.1 (1) Kriterien für die Unterscheidung zwischen Beobachtung und Erklärung beschreiben (Beobachtung durch Sinnesindrücke und Messungen, Erklärung durch Gesetze und Modelle)</b></p> <p><b>3.2.2 (6) optische Phänomene im Weltall erklären ([...], Sonnenfinsternis, Mondfinsternis)</b></p>	<p><b>Sonnen- und Mondfinsternisse &lt;2&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie kommen Finsternisse zustande?</li> <li>• Beobachtungsebene ↔ Modellebene</li> <li>• Demonstrationsmodelle bzw. Simulationen zu den Phänomenen</li> </ul> <p><b>3.2.1 (1) Kriterien für die Unterscheidung zwischen Beobachtung und Erklärung beschreiben (Beobachtung durch Sinnesindrücke und Messungen, Erklärung durch Gesetze und Modelle)</b></p> <p><b>3.2.2 (6) optische Phänomene im Weltall erklären ([...], Sonnenfinsternis, Mondfinsternis)</b></p>
<p><b>2.1.3 Experimente zur Überprüfung von Hypothesen planen [...]</b></p> <p><b>2.1.4 Experimente durchführen und auswerten, dazu gegebenenfalls Messwerte erfassen</b></p> <p><b>2.3.2 Ergebnisse von Experimenten bewerten (Messfehler, Genauigkeit, [...])</b></p>	<p><b>3.2.2 (8) die Reflexion an ebenen Flächen beschreiben (Reflexionsgesetz, [...])</b></p> <p><b>3.2.2 (8) die Reflexion an ebenen Flächen beschreiben (Reflexionsgesetz, [...])</b></p> <p><b>3.2.2 (8) die Reflexion an ebenen Flächen beschreiben (Reflexionsgesetz, [...])</b></p>	<p><b>Möglichkeiten zur schulcurricularen Vertiefung:</b> Spiegel im Alltag, gekrümmte Spiegel, Tripelspiegel</p> <p><b>Reflexionsgesetz &lt;2&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schülerversuche zum Reflexionsgesetz</li> <li>• Anwendungen im Alltag (z. B. „toter Winkel“ im Straßenverkehr)</li> </ul> <p><b>Reflexionsgesetz &lt;2&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schülerversuche zum Reflexionsgesetz, [...]</li> <li>• Anwendungen im Alltag (z. B. „toter Winkel“ im Straßenverkehr)</li> </ul> <p><b>Möglichkeiten zur schulcurricularen Vertiefung:</b> Spiegel im Alltag, gekrümmte Spiegel, Tripelspiegel</p>

<p>2.1.1 Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben</p> <p>2.1.11 mithilfe von Modellen Phänomene erklären [...]</p> <p>2.1.12 ihr physikalisches Wissen anwenden, um Problem- und Aufgabenstellungen zielgerichtet zu lösen</p> <p>2.3.3 Hypothesen anhand der Ergebnisse von Experimenten beurteilen</p>	<p>3.2.2 (8) die <i>Reflexion</i> an ebenen Flächen beschreiben ([...], <i>Spiegelbild</i>)</p>	<p><b>Spiegelbilder &lt;1&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schülerversuche zu ebenen Spiegelbildern</li> </ul>	<p><b>Möglichkeiten zur schulcurricularen Vertiefung:</b> experimentelle Bestimmung des Brechungswinkels, Aufgreifen des Aspektes der Messunsicherheiten, Diagrammarbeit</p>	<p>Hinweis: Schülervorstellungen beachten</p>
<p>2.1.1 Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben</p>	<p>3.2.2 (9) die <i>Brechung</i> beschreiben (Strahlenverlauf, Wahrnehmungseffekte wie zum Beispiel optische Hebung)</p>	<p><b>Brechung &lt;2&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Experimente zur Brechung (z.B. „Speerjagd“ bei Fischen, „Münze in Tasse“)</li> </ul>	<p><b>Möglichkeiten zur schulcurricularen Vertiefung:</b> experimentelle Bestimmung des Brechungswinkels, Aufgreifen des Aspektes der Messunsicherheiten, Diagrammarbeit</p>	<p>S. 48/49</p> <p>S. 51</p> <p>S. 68</p>
			</td	

<p>2.1.10 Analogien beschreiben [...]</p>	<p>3.2.2 (13) Gemeinsamkeiten und Unterschiede von <i>Licht</i> und <i>Schall</i> beschreiben (Sender und Empfänger, Wahrnehmungsbereich, Medium, Ausbreitungsgeschwindigkeit)</p>	<p><b>Schall und Licht &lt;1&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vergleich Hör- und Sehbereich, Ausbreitungsmedium, Ausbreitungsgeschwindigkeit</li> </ul>	<p>S.69</p>
---	--	---	-------------

## Mechanik: Kinematik & Dynamik 18 Std.

Im Rahmen der Mechanik wird eine für die gesamte Physik charakteristische Denkweise in den Unterricht eingeführt: das "Denken" in Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen. Kein anderes Themengebiet eignet sich zur Einführung so gut wie die allgegenwärtige Mechanik. In der Umsetzung sind jedoch Lernschwierigkeiten zu berücksichtigen. Der folgende Unterrichtsgang orientiert sich daher an den in der Mechanik besonders ausgeprägten Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schüler. Um diese kontinuierlich zu berücksichtigen und ihnen gegebenenfalls entgegenzuwirken, wird die fachlich motivierte (aber nicht schülergemäße) Trennung von Kinematik und Dynamik aufgehoben. Anhand der phänomenologischen "Wirkungen einer Kraft" werden die ersten beiden Newton'schen Prinzipien in propädeutischer Form vorweggenommen und kontinuierlich gefestigt und zum Abschluss der Unterrichtseinheit in Form von Ursache-Wirkungs-Aussagen formuliert. Die stetige, gleichzeitige Behandlung von dynamischen und statischen Problemstellungen verhindert bestimmte Lernschwierigkeiten, die mit einem rein dynamisch orientierten Zugang zum Kraftbegriff oder gar einem rein statisch orientierten Zugang zum Kraftbegriff verbunden wären.

Prozessbezogene Kompetenzen	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Thema, Konkretisierung, Vorgehen im Unterricht	Hinweise, Arbeitsmittel, Organisation, Verweise	Schülerbuch
Die Schülerinnen und Schüler können				
2.2.1 zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung unterscheiden 2.3.2 Ergebnisse von Experimenten bewerten (Messfehler, Genauigkeit, Ausgleichsgerade, [...])	3.2.1 (4) die Funktion des SI-Einheitensystems an Beispielen beschreiben 3.2.6 (1) Bewegungen verbal [...] beschreiben [...] 3.2.7 (2) Änderungen von Bewegungszuständen (Betrag und Richtung) als Wirkung von Kräften beschreiben 3.2.7 (5) Verformungen als Wirkung von Kräften beschreiben ([...], Federkraftmesser)	<p><b>Massen, Dichte, SI-Einheitensystem &lt;1&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masse, Dichte, Dichte von Wasser, Dichte von Planeten, Urkogramm, SI-Einheitensystem</li> </ul> <p><b>F BNT</b> 3.1.2 Materialien trennen – Umwelt schützen <b>F BNT</b> 3.1.3 Wasser – ein lebenswichtiger Stoff</p> <p><b>Einführung (phänomenologischer) Kraftbegriff &lt;3&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Kräfte erkennen man an ihren Wirkungen“ (Hinweis: um Fehlvorstellungen zu vermeiden bzw. sie nicht zu festigen, sollten dynamische und statische Problemstellungen kontinuierlich und wechselnd behandelt werden, de facto wird eine propädeutische Form des Trägheitsprinzips vorweggenommen, vorteilhaft sind Beispiele zweidimensionaler Bewegungen um Fehlvorstellungen zu vermeiden bzw. zu korrigieren)</li> </ul> <p><b>Material:</b> vgl. auch Material der zentralen Lehrerfortbildungen mit unterschiedlichen dynamischen Zugängen zum Kraftbegriff</p> <p><b>Material:</b> s. auch Materialien der zentralen Lehrerfortbildungen BW zu kompetenzorientierten Aufgaben zur Einführung der prozessbezogenen Kompetenzen im Bereich der Dynamik</p>	<p>S.178 S.180 S.195 Masse u. Dichte: Natura 5/6 BNT, Klett-Nr. 049231, S. 123-127</p> <p><b>Möglichkeiten zur schulcurricularen Vertiefung:</b> Wiederholung der BNT-Themen Masse und Dichte; Schülerversuche zur Dichtebestimmung verschiedener Stoffe (z. B. Eisen und Aluminium)</p> <p><b>F BNT</b> 3.1.2 Materialien trennen – Umwelt schützen <b>F BNT</b> 3.1.3 Wasser – ein lebenswichtiger Stoff</p> <p><b>Möglichkeiten zur schulcurricularen Vertiefung:</b> Schülerversuche zum Hooke'schen Gesetz (Gummiband vs. Feder)</p>	

<p><b>2.1.1</b> Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben</p> <p><b>2.2.1</b> zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung unterscheiden</p>	<p><b>3.2.7 (7)</b> das Zusammenwirken von Kräften an eindimensionalen Beispielen beschreiben [...] (resultierende Kraft, Kräftegleichgewicht)</p> <p><b>2.1.6</b> mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen und überprüfen</p> <p><b>2.1.7</b> aus proportionalen Zusammenhängen Gleichungen entwickeln</p> <p><b>2.2.2</b> funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto“-Aussagen) [...]</p> <p><b>2.2.6</b> [...] Messdaten aus einer Darstellungsform entnehmen und in andere Darstellungsformen überführen [...]</p> <p><b>2.3.2</b> Ergebnisse von Experimenten bewerten (Messfehler, Genauigkeit, Ausgleichsgerade, [...])</p>	<p><b>Zusammenwirken von Kräften, Kräftegleichgewicht &lt;2&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kräfteaddition (eindimensional)</li> <li>• Dynamische und statische Beispiele zum Kräftegleichgewicht</li> </ul> <p><b>Ortsfaktor und Gewichtskraft &lt;2&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schülerexperimente zu <math>F \sim m</math></li> <li>• Ortsfaktor an verschiedenen Orten (z.B. Pol, Äquator, Mond)</li> </ul>	<p>[S.184/185]</p> <p>S.186</p> <p>S.178/179</p>
<p><b>2.1.6</b> mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen und überprüfen</p> <p><b>2.1.7</b> aus proportionalen Zusammenhängen Gleichungen entwickeln</p> <p><b>2.2.2</b> funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto“-Aussagen) [...]</p> <p><b>2.2.6</b> [...] Messdaten aus einer Darstellungsform entnehmen und in andere Darstellungsformen überführen [...]</p> <p><b>2.3.2</b> Ergebnisse von Experimenten bewerten (Messfehler, Genauigkeit, Ausgleichsgerade, [...])</p>	<p><b>3.2.7 (6)</b> Zusammenhang und Unterschied von Masse und Gewichtskraft erläutern (Ortsfaktor, <math>F_G = m \cdot g</math>)</p>	<p><b>Material:</b> Zur Einführung des Geschwindigkeitsbegriffes vgl. auch Material der zentralen Lehrerfortbildungen BW zur Langzeitbelichtung</p> <p><b>LPG</b> Sicherheit und Unfallschutz</p>	<p>S.160/161</p> <p>S.162/163</p> <p>S.164</p>
<p><b>2.1.6</b> mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen und überprüfen</p> <p><b>2.1.7</b> aus proportionalen Zusammenhängen Gleichungen entwickeln</p> <p><b>2.1.9</b> zwischen realen Erfahrungen und konstruierten, idealisierten Modellvorstellungen unterscheiden</p> <p><b>2.2.6</b> [...] Messdaten aus einer Darstellungsform entnehmen und in andere Darstellungsformen überführen [...]</p> <p><b>2.3.2</b> Ergebnisse von Experimenten bewerten (Messfehler, Genauigkeit, Ausgleichsgerade, [...])</p>	<p><b>3.2.6 (1)</b> Bewegungen verbal und mithilfe von Diagrammen beschreiben und klassifizieren (Zeipunkt, Ort, Richtung, Form der Bahn, Geschwindigkeit, gleichförmige und beschleunigte Bewegungen)</p> <p><b>3.2.6 (2)</b> Bewegungsdiagramme erstellen und interpretieren (s-t-Diagramm, Richtung der Bewegung)</p> <p><b>3.2.6 (3)</b> aus ihren Kenntnissen der Mechanik Regeln für sicheres Verhalten im Straßenverkehr ableiten (zum Beispiel Reaktionszeit)</p> <p><b>3.2.6 (4)</b> die Quotientenbildung aus Strecke und Zeitspanne bei der Berechnung der Geschwindigkeit erläutern und anwenden (<math>v = \frac{\Delta s}{\Delta t}</math>)</p>	<p><b>Bewegungen klassifizieren, Vertiefung Geschwindigkeit, Bewegungsdiagramme &lt;5&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zunächst Bewegungen ohne Krafteinwirkung untersuchen (gleichförmige Bewegungen)</li> <li>• den Effekt einer Krafteinwirkung qualitativ beschreiben (gekrümmte Kurven statt Geraden im s-t-Diagramm → beschleunigte Bewegungen)</li> <li>• „in gleichen Zeitspannen gleiche Strecken“ führt zur Definition <math>v = \frac{\Delta s}{\Delta t}</math></li> <li>• Unterscheidung zwischen realen und idealisierten Bewegungen (Reibungseinfluss)</li> </ul> <p><b>FNWT</b> 3.2.2.3 Bewegung und Fortbewegung</p> <p><b>FM</b> 3.2.1 Leitidee Zahl – Variable – Operation</p>	<p>S.160/161</p> <p>S.162/163</p> <p>S.164</p>

<p><b>2.1.1 Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben</b></p> <p><b>2.2.1 zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung unterscheiden</b></p> <p><b>2.2.2 funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (je-desto-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern (Ursache-Wirkungs-Aussagen)</b></p>	<p><b>3.2.7 (1) das Trägheitsprinzip beschreiben</b></p> <p><b>3.2.7 (2) Änderungen von Bewegungszuständen (Betrag und Richtung) als Wirkung von <i>Kräften</i> beschreiben</b></p> <p><b>3.2.7 (3) das Wechselwirkungsprinzip beschreiben</b></p> <p><b>3.2.7 (4) Newtons Prinzipien der Mechanik zur verbalen Beschreibung und Erklärung einfacher Situationen aus Experimenten und aus dem Alltag anwenden</b></p> <p><b>3.2.7 (8) aus ihren Kenntnissen der Mechanik Regeln für sicheres Verhalten im Straßenverkehr ableiten (zum Beispiel Sicherheitsgurte)</b></p>	<p><b>Newton'sche Prinzipien und deren Anwendungen &lt;5&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trägheitsprinzip (dynamische und statische Beispiele und Anwendungen)</li> <li>• Verbale Formulierung von <math>F = m \cdot a</math> (neben ie-desto-Aussagen steht die Betonung des Ursache-Wirkungs-Zusammenhangs im Fokus)</li> <li>• Wechselwirkungsprinzip: Kräfte treten paarweise auf (Hinweis: Lernschwierigkeiten sorgfältig beachten, insb. Verwechslung mit Kräftegleichgewicht thematisieren)</li> <li>• Dynamische und statische Beispiele und Anwendungen behandeln (z. B. Sicherheitsgurte im Auto und Flugzeug, Festhalten in Bus und Bahn)</li> </ul>	<p><b>Hinweis: Schülervorstellungen beachten</b></p> <p><b>LPG</b></p>	<p>S.180/181</p> <p>S.182</p> <p>S.183</p> <p>S.184/185</p>
--	---	--	--	---

# Physik – Klasse 8

## Energie 14 Std.

Prozessbezogene Kompetenzen	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Thema, Konkretisierung, Vorgehen im Unterricht	Hinweise, Arbeitsmittel, Organisation, Verweise	Schülerbuch
Die Schülerinnen und Schüler können		<b>Aufgreifen der BNT-Themen, insb. Energie &lt;1&gt;</b>	<b>Material:</b> ein alternativer Unterrichtsgang zum Themenbereich Energie findet sich im Material der zentralen Lehrerfortbildungen BW	S.74/75 S.76/77 S.78
2.2.1 zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung unterscheiden	3.2.3 (1) grundlegende Eigenschaften der Energie beschreiben [...]		<b>FBNT</b> <b>FNWT</b>	3.1.4 Energie effizient nutzen 3.2.2.1 Energie in Natur und Technik
2.1.1 Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben	3.2.1 (4) die Funktion des <i>SI-Einheiten-Systems</i> an Beispielen beschreiben	<b>Energie, Grundlagen, Energieformen, Energieerhaltung &lt;5&gt;</b>	<b>LBNE</b>	Komplexität und Dynamik nachhaltiger Entwicklung
2.2.1 zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung unterscheiden	3.2.3 (1) grundlegende Eigenschaften der Energie beschreiben (unter anderem <i>Energieerhaltung</i> )	• Schülervorstellungen beachten • Einheit der Energie (Joule), Energieumwandlungen und Energieübertragungen (z. B. anhand von Spielzeugen), Energieerhaltung, Reibungseinfluss	<b>LBNE</b>	Kriterien für nachhaltigkeitsfördernde und -hemmende Handlungen
2.1.9 zwischen realen Erfahrungen und konstruierten, idealisierten Modellvorstellungen unterscheiden [...]	3.2.3 (2) Beispiele für Energieübertragungsketten in Alltag und Technik nennen und qualitativ beschreiben (unter anderem anhand von <i>mechanischer, elektrischer oder thermischer Energieübertragung</i> )	• Induktive Motivierung und Festigung des Energieerhaltungssatzes • Deutung der Alltagsformulierungen „Energieerzeugung“ und „Energieverbrauch“	<b>FBNT</b> <b>FNWT</b>	3.1.4 Energie effizient nutzen 3.2.2.1 Energie in Natur und Technik
	3.2.3 (3) Beispiele für die Speicherung von <i>Energie</i> in verschiedenen Energieformen in Alltag und Technik nennen und beschreiben (unter anderem <i>Lageenergie, Bewegungsenergie, thermische Energie</i> )			S.80/81
	3.2.3 (10) das scheinbare Verschwinden von <i>Energie</i> mit der Umwandlung in <i>thermische Energie</i> erklären			S.82/83 S.84 S.86/87 S.90/91 S.92/93

<p><b>2.1.6</b> mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen und überprüfen</p> <p><b>2.1.7</b> aus proportionalen Zusammenhängen Gleichungen entwickeln</p> <p><b>2.2.1</b> funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto“-Aussagen)</p> <p><b>2.2.4</b> physikalische Vorgänge und technische Geräte beschreiben [...]</p>	<p><b>3.2.7 (9)</b> eine einfache Maschine und ihre Anwendung im Alltag und in der Technik beschreiben (zum Beispiel Hebel, Flaschenzug)</p> <p><b>2.2.2</b> funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto“-Aussagen)</p>	<p><b>Energieübertragung und Kraft &lt;2&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schülervorstellungen beachten, insb. Verwechslung von physikalischen Energie- und Kraftbegriff</li> <li><math>\Delta E = F_s \cdot s</math>, Goldene Regel der Mechanik (Hinweis: Einführung anhand des Flaschenzuges), Anwendung z.B. Kletternsport</li> </ul> <p><b>3.1.4 Energie effizient nutzen</b></p> <p><b>FBNT</b> Bedeutung und Gefährdungen einer nachhaltigen Entwicklung</p> <p><b>LBNE</b> Kriterien für nachhaltigkeitsfördernde und -hemmende Handlungen</p> <p><b>LVB</b> Umgang mit eigenen Ressourcen</p>
<p><b>2.1.6</b> mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen</p> <p><b>2.2.2</b> funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto“-Aussagen) [...]</p>	<p><b>3.2.3 (6)</b> die <i>Lageenergie</i> berechnen (<math>E_{\text{Lage}} = m \cdot g \cdot h</math>, Nullniveau)</p>	<p><b>Lageenergie &lt;1&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Deuktive Erarbeitung anhand von <math>\Delta E = F_s \cdot s</math></li> </ul>
<p><b>2.2.1</b> zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung unterscheiden</p> <p><b>2.1.6</b> mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen [...]</p>	<p><b>3.2.3 (7)</b> den Zusammenhang von <i>Energie</i> und <i>Leistung</i> beschreiben</p> $(P = \frac{\Delta E}{\Delta t})$ <p><b>3.2.3 (8)</b> Größenordnungen typischer <i>Leistungen</i> im Alltag ermitteln und vergleichen (zum Beispiel körperliche Tätigkeiten, Handgenerator, Fahrradergometer, Typenschilder, Leistungsmessgerät, PKW, Solarzelle)</p> <p><b>3.2.3 (9)</b> den Zusammenhang von <i>zugeführter Energie, nutzbarer Energie und Wirkungsgrad bei Energieübertragungen</i> beschreiben</p>	<p><b>Leistung und Wirkungsgrad &lt;3&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schülerversuche: Leistung „spüren“ (z.B. Hanteln stemmen, Treppen laufen)</li> <li>Leistung im Sport</li> <li>Wirkungsgrad, Effizienz von Energieumformungen</li> </ul> <p><b>3.2.3 (9)</b> den Zusammenhang von <i>zugeführter Energie, nutzbarer Energie und Wirkungsgrad bei Energieübertragungen</i> beschreiben</p>

<p><b>2.2.1</b> zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung unterscheiden</p> <p><b>2.3.10</b> im Bereich der nachhaltigen Entwicklung persönliche, lokale und globale Maßnahmen unterscheiden [...]</p>	<p>3.2.3 (3) Beispiele für die Speicherung von <i>Energie</i> in verschiedenen Energieformen in Alltag und Technik nennen und beschreiben [...]</p> <p>3.2.3 (4) Möglichkeiten der Energieversorgung mit Hilfe von Energieübertragungsketten beschreiben (zum Beispiel Wasserkraftwerk, Kohlekraftwerk)</p> <p>3.2.3 (5) ihre Umgebung hinsichtlich des sorgsamen Umgangs mit <i>Energie</i> untersuchen, bewerten und konkrete technische Maßnahmen (zum Beispiel Wahl des Leuchtmittels) sowie Verhaltensregeln ableiten (zum Beispiel Stand-By-Funktion)</p>	<p><b>Energieversorgung, Energie „sparen“ &lt;2&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieumwandlungen bzw. Energietransporte in Natur und Technik (Energieflussdiagramme wie z. B. von der Sonne zum Wasserkraftwerk, Wärmekraftwerk)</li> <li>• Treibhauseffekt, Möglichkeiten des „Energieparens“ im Alltag (z. B. energieeffiziente Beleuchtung, Stand-By Modus)</li> </ul>	<p><b>LBNE</b> Kriterien für nachhaltigkeitsfördernde und -hemmende Handlungen</p> <p><b>LBNE</b> Komplexität und Dynamik nachhaltiger Entwicklungen</p> <p><b>FBNT</b> 3.1.4 Energie effizient nutzen</p> <p><b>FNWT</b> 3.2.2.1 Energie in Natur und Technik</p>	<p>S.79</p> <p>S.85</p> <p>S.94</p>
---	---	---	--	-------------------------------------

## Magnetismus 8 Std.

Im Rahmen des Themenbereichs Magnetismus gewinnen die Schülerinnen und Schüler erste Einblicke in die physikalische Modellvorstellung eines Feldes sowie dessen Darstellung mithilfe von Feldlinien. Um Fehlvorstellungen zu vermeiden, ist eine sorgsame Vorgehensweise nötig, damit das Feldkonzept in den folgenden Jahren angewandt, vertieft und erweitert werden kann. Im Unterricht untersuchen und beschreiben die Schülerinnen und Schüler magnetische Phänomene aus dem Alltag. Schülierzentrierte Unterrichtsformen wie z.B. ein Stationenlernen bieten sich an.

Prozessbezogene Kompetenzen	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Thema, Konkretisierung, Vorgehen im Unterricht	Hinweise, Arbeitsmittel, Organisation, Verweise	Schülerbuch
<b>Die Schülerinnen und Schüler können</b>				
2.1.1 Phänomene zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben	3.2.4 (1) Phänomene des Magnetismus experimentell untersuchen und beschreiben (ferromagnetische Materialien, <b>Magnetpole</b> , Anziehung – Abstoßung, Zusammenwirken mehrerer Magnete, [...] )	<b>Magnetpole und Kraftwirkung &lt;3&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Anziehung ferromagnetischer Stoffe, magnetische Pole, Kräfte zwischen den Polen, Abstandsabhängigkeit der Magnetwirkung, Zusammenwirken mehrerer Magnete (Stärkung bzw. Schwächung der magnetischen Wirkung)</li> </ul>	<b>FBNT</b> 3.1.2 Materialien trennen – Umweltschützen	S.100/101 S.102/103 S.104 S.105
2.1.2 Hypothesen zu physikalischen Fragestellungen aufstellen				
2.1.3 Experimente zur Überprüfung planen [...]				
2.1.1 Phänomene zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben	3.2.1 (3) die Funktion von Modellen in der Physik erläutern [...], Elementarmagnetmodell	<b>Elementarmagnetmodell &lt;2&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elementarmagnete, Dipole, Magnetisierung und Entmagnetisierung von Eisen (mechanische und thermische Einwirkung), magnetisierbare und nicht magnetisierbare Stoffe</li> </ul>		S.106/107
2.1.9 zwischen realen Erfahrungen und konstruierten, idealisierten Modellvorstellungen unterscheiden				
2.1.11 mithilfe von Modellen Phänomene erklären [...]				
2.1.1 Phänomene zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben	3.2.1 (3) die Funktion von Modellen in der Physik erläutern [...]	<b>Magnetfeld &lt;2&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kompassnadel, Kraftwirkung im Raum, Modell des Magnetfelds, Feldlinien, Ausrichtung von Magneten im Feld, Feldlinienmuster von Stab- und Hufeisenmagnet</li> </ul>	Hinweis: Schülerversuche, Schülervorstellungen zum Feldkonzept beachten	S.108/109
2.1.11 mithilfe von Modellen Phänomene erklären [...]	3.2.4 (1) Phänomene des Magnetismus experimentell untersuchen und beschreiben [...], <b>Magnetfeld, Feldlinien, Kompass</b>			
2.1.13 ihr physikalisches Wissen anwenden, um Problem- und Aufgabenstellungen zielgerichtet zu lösen	3.2.4 (4) die Struktur von <b>Magnetfeldern</b> beschreiben [...], <b>Stabmagnet, Hufeisenmagnet</b> , [...]			
2.1.1 Phänomene zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben	3.2.4 (1) Phänomene des Magnetismus experimentell untersuchen und beschreiben [...], <b>Magnetfeld, Feldlinien, Erdmagnetfeld, Kompass</b>	<b>Magnetfeld der Erde &lt;1&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Magnetische und geographische Pole der Erde</li> </ul>	<b>Möglichkeiten zur schulcurricularen Vertiefung:</b> Inklination, Deklination und Veränderungen des Erdmagnetfelds in der Erdgeschichte	S.110 S.111
2.1.13 ihr physikalisches Wissen anwenden, um Problem- und Aufgabenstellungen zielgerichtet zu lösen	3.2.4 (4) die Struktur von <b>Magnetfeldern</b> beschreiben [...]			

## Elektrizitätslehre 32 Std.

Da die Behandlung der Elektrizitätslehre für die Schülerinnen und Schüler eine besondere Herausforderung darstellt, bildet sie den Abschluss dieses Unterrichtsgangs. Nicht nur, dass die elektrischen Ströme nicht direkt beobachtbar sind, die Schülerinnen und Schüler müssen auch alle bisher vermittelten physikalischen Konzepte anwenden, insbesondere die grundlegenden physikalischen Denk- und Arbeitsweisen, das „Denken“ in Modellen und Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen, die Anwendung des Feldkonzepts und des Konzepts von Erhaltungsgrößen, etc. Dafür hinaus planen sie Experimente zu Fragestellungen der Elektrizitätslehre, führen diese durch und werten die Messergebnisse aus. Sie können grundlegende Größen der Elektrizitätslehre und deren Zusammenhänge mithilfe geeigneter Modelle beschreiben und unterscheiden physikalische Begriffe von Alltagsbegriffen wie zum Beispiel „Stromverbrauch“.

Prozessbezogene Kompetenzen	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Thema, Konkretisierung, Vorgehen im Unterricht	Hinweise, Arbeitsmittel, Organisation, Verweise	Schülerbuch
Die Schülerinnen und Schüler können			Hinweis: Schülervorstellungen beachten	
2.2.1 zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung unterscheiden 2.2.3 sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen unter Verwendung der Fachsprache und fachtypischer Darstellungen austauschen [...]	3.2.5 (1) grundlegende Bauteile eines elektrischen Stromkreises benennen und ihre Funktion beschreiben (unter anderem <i>Schaltsymbole</i> ) 3.2.5 (5) den Aufbau eines Stromkreises unter Vorgabe einer Schaltkizze durchführen sowie Stromkreise in Form von <i>Schaltkizzzen darstellen</i>	<b>Elektrischer Stromkreis, Schaltpläne &lt;6&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aufbau eines geschlossenen Stromkreises, Schaltsymbole und Schaltpläne, Reihen- und Parallelschaltung von Schaltern und Lampen (elementare logische Schaltungen)</li> </ul>		S.116/117 S.118/119 S.120/121 S.122 S.123
2.1.3 Experimente zur Überprüfung von Hypothesen planen [...] 2.1.4 Experimente durchführen und auswerten, dazu gegebenenfalls Messwerte erfassen 2.2.5 physikalische Experimente, Ergebnisse und Erkenntnisse [...] dokumentieren (zum Beispiel Beschreibungen, Tabellen, Diagramme [...]) 2.3.3 Hypothesen anhand der Ergebnisse von Experimenten beurteilen	3.2.5 (2) die elektrische Leitfähigkeit von Stoffen experimentell untersuchen (Leiter, Nichtleiter)  3.1.2 Materialien trennen – Umwelt schützen	<b>Leiter und Nichtleiter &lt;2&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Welche festen Stoffe leiten den elektrischen Strom?</li> <li>Können Gase und Flüssigkeiten den elektrischen Strom leiten?</li> </ul>	<b>FBNT</b>	S.116/117 S.131

<p><b>2.1.10 Analogien beschreiben und zur Lösung von Problemstellungen nutzen</b></p> <p><b>2.2.2 funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben ([...] je-desto-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern ([...] Ursache-Wirkungs-Aussagen)</b></p> <p><b>2.3.7 Risiken und Sicherheitsmaßnahmen bei Experimenten und im Alltag mithilfe ihres physikalischen Wissens bewerten</b></p> <p><b>2.3.8 Chancen und Risiken von Technologien mithilfe ihres physikalischen Wissens bewerten</b></p>	<p><b>3.2.5 (3) qualitativ beschreiben, dass elektrische Ströme einen Antrieb beziehungsweise eine Ursache benötigen und durch <i>Widerstände</i> in ihrer Stärke beeinflusst werden (<i>Stromstärke, Potential, Spannung, Widerstand, Ladung</i>)</b></p> <p><b>3.2.5 (4) den elektrischen Stromkreis und grundlegende Vorgänge darin mithilfe von Modellen erklären</b></p> <p><b>3.2.5 (5) den Aufbau eines <i>Stromkreises</i> durchführen sowie <i>Schaltkizze</i> in Form von <i>Schaltkizzen darstellen</i></b></p> <p><b>3.2.5 (6) Stromstärke und Spannung messen</b></p> <p><b>3.2.5 (11) Gefahren des elektrischen Stroms beschreiben [...]</b></p>	<p><b>Ladung, Stromstärke und Spannung &lt;8&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Positive und negative Ladungen, elektrischer Strom als fließende Ladung, elektrische Stromstärke, Spannung als Ursache eines elektrischen Stroms, Widerstand</li> <li>Gefahren des elektrischen Stroms, insbesondere lebensgefährliche Spannungen und Stromstärken</li> </ul> <p><b>L PG Sicherheit und Unfallschutz</b></p> <p><b>Möglichkeiten zur schulcurricularen Vertiefung:</b> Kraftwirkung zwischen elektrischen Ladungen</p>	<p>Hinweis: Schülervorstellungen beachten, zur Motivierung der Grundgrößen und deren Zusammenhänge klassenspezifisch geeignete Modellvorstellungen auswählen</p> <p><b>S.126 S.127 S.138/139 S.140/141 S.142 S.155 S.143 S.144/145 S.146 S.148 S.149</b></p>
<p><b>2.1.11 Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben</b></p> <p><b>2.1.4 Experimente durchführen und auswerten, dazu gegebenenfalls Messwerte erfassen</b></p> <p><b>2.1.10 Analogien beschreiben und zur Lösung von Problemstellungen nutzen</b></p> <p><b>2.3.2 Ergebnisse von Experimenten bewerten (Messfehler, Genauigkeit, [...])</b></p>	<p><b>3.2.5 (4) den elektrischen Stromkreis und grundlegende Vorgänge darin mithilfe von Modellen erklären</b></p> <p><b>3.2.5 (5) den Aufbau eines <i>Stromkreises</i> durchführen sowie <i>Schaltkizze</i> in Form von <i>Schaltkizzen darstellen</i></b></p> <p><b>3.2.5 (6) Stromstärke und Spannung messen</b></p> <p><b>3.2.5 (7) in einfachen <i>Reihen- und Parallelschaltungen</i> Gesetzmäßigkeiten für die Stromstärke und die Spannung beschreiben (Maschenregel, Knotenregel)</b></p>	<p><b>Knoten- und Maschenregel in einfachen Schaltungen &lt;8&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Messung der Stromstärke und Spannung in einfach verzweigten Stromkreisen</li> </ul> <p><b>L PG Sicherheit und Unfallschutz</b></p> <p><b>Möglichkeiten zur schulcurricularen Vertiefung:</b> weitere Schülerversuche zur Messung von Stromstärke und Spannung zur Festigung des Umgangs mit den Messgeräten</p>	<p>Hinweis: Schülerversuche, „Entdecken“ der Knoten- und Maschenregel</p> <p><b>S.147</b></p>
<p><b>2.1.1 Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben</b></p> <p><b>2.1.4 Experimente durchführen und auswerten, dazu gegebenenfalls Messwerte erfassen</b></p> <p><b>2.1.10 Analogien beschreiben und zur Lösung von Problemstellungen nutzen</b></p> <p><b>2.3.2 Ergebnisse von Experimenten bewerten (Messfehler, Genauigkeit, [...])</b></p>	<p><b>3.2.5 (10) die thermische und die magnetische Wirkung des elektrischen Stroms und Anwendungen erläutern</b></p> <p><b>3.2.5 (11) Gefahren des elektrischen Stroms beschreiben, sowie Maßnahmen zum Schutz erkären (zum Beispiel Sicherung, [...])</b></p>	<p><b>Wirkungen des elektrischen Stroms, Anwendungen &lt;2&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Thermische und magnetische Wirkung des elektrischen Stroms, Anwendungen (insbesondere Schmelzsicherung)</li> </ul> <p><b>L PG Sicherheit und Unfallschutz</b></p> <p><b>Möglichkeiten zur schulcurricularen Vertiefung:</b> chemische Wirkung des elektrischen Stroms am Beispiel der Elektrolyse und deren Bedeutung einer zukünftigen Energieversorgung</p>	<p><b>S.124/125</b></p>

<p><b>2.1.1</b> Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben</p> <p><b>2.1.13</b> ihr physikalisches Wissen anwenden, um Problem- und Aufgabenstellungen zielgerichtet zu lösen</p> <p><b>2.2.4</b> physikalische Vorgänge und technische Geräte beschreiben (zum Beispiel zeitliche Abläufe, kausale Zusammenhänge)</p>	<p>3.2.4 (2) die magnetische Wirkung eines stromdurchflossenen geraden <b>Leiters</b> und einer stromdurchflossenen <b>Spule</b> untersuchen und beschreiben</p> <p>3.2.4 (3) eine einfache Anwendung des Elektromagnetismus funktional beschreiben (Elektromagnet, [...])</p> <p>3.2.4 (4) die Struktur von <b>Magnetfeldern</b> beschreiben ([...], Spule)</p> <p>3.2.4 (3) eine einfache Anwendung des Elektromagnetismus funktional beschreiben (zum Beispiel Elektromagnet, Lautsprecher, Elektromotor)</p>	<p><b>Anwendungen der magnetischen Wirkung des elektrischen Stroms &lt;3&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetfeld um stromdurchflossenen Leiter, Feld einer Spule, Anwendungen von Elektromagneten, Eisenkern, Vergleich des Magnetfeldes eines Stabmagneten und einer Spule</li> </ul> <p><b>Anwendungen der magnetischen Wirkung des elektrischen Stroms &lt;3&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetfeld um stromdurchflossenen Leiter, Feld einer Spule, Anwendungen von Elektromagneten, Eisenkern, Vergleich des Magnetfeldes eines Stabmagneten und einer Spule</li> </ul> <p><b>LBNE</b></p> <p>3.2.3 (7) den Zusammenhang von <b>Energie</b> und <b>Leistung</b> beschreiben</p> $\left( P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \right)$ <p>3.2.5 (8) den Energietransport im elektrischen Stromkreis und den Zusammenhang zwischen <b>Stromstärke</b>, <b>Spannung</b>, <b>Leistung</b> und <b>Energie</b> beschreiben (<math>P = U \cdot I</math>)</p> <p>3.2.5 (9) physikalische Angaben auf Alltagsgeräten beschreiben (<b>Spannung</b>, <b>Stromstärke</b>, <b>Leistung</b>)</p> <p><b>Kriterien für nachhaltigkeitsfördernde und -hemmende Handlungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgreifen von Leistung als Energieumsatz pro Zeit</li> <li>• Deduktive oder induktive Erarbeitung von <math>P = U \cdot I</math>, z.B. über Glühlampen und Handgeneratoren</li> </ul>
---	--	---

## Bildquellennachweis

**U1.1** Getty Images RF (Miles Ertmann/Radius Images), München; **7.1** Getty Images (Riser/Donald C. Landwehrle), München; **8.1** ICS Festival Service GmbH, Wacken; **8.2** Peter Anselment, Stuttgart; **8.3** Klett-Archiv (Zuckerfabrik Digital), Stuttgart; **8.4** Klett-Archiv (D. Orgas, Leipzig), Stuttgart; **10.1** Imago (Brockes), Berlin; **12.1** Mauritius Images (Mark Medcalf/Alamy), Mittenwald; **14.1** Imago (Team 2), Berlin; **16.1** ALLSTAR Picture Library (Constantin Film), Frankfurt am Main; **18.1** VISUM Foto GmbH (Sven Picker), Hannover; **23.1** www.MUMMENSCHANZ.com, Altstätten; **24.1** Imago, Berlin; **24.3; 24.4** Michael Wagner, Kornthal-Münchingen; **26.1** Institut für Spionage GmbH, Oberhausen, www.topsecret-oberhausen.de; **26.2** Klett-Archiv, Stuttgart; **29.1** Thinkstock (iStock), München; **29.2a; 29.2b; 29.2c; 29.2d** Klett-Archiv, Stuttgart; **31.3a; 31.3b** Klett-Archiv (Fabian H. Silberzahn), Stuttgart; **32.1** Philippa Leathers: Schwarzhase © der deutschen Ausgabe: 2013 Gabriel Verlag in der Thienemann-Esslinger Verlag GmbH, Stuttgart; **35.1** plainpicture GmbH & Co. KG, Hamburg; **41.1** iStockphoto, Calgary, Alberta; **42.1** shutterstock (Jorg Hackemann), New York, NY; **42.4** Klett-Archiv (Zuckerfabrik Digital), Stuttgart; **44.1** iStockphoto (spxChrome), Calgary, Alberta; **44.2** Klett-Archiv (Zuckerfabrik Digital), Stuttgart; **44.3** Michael Wagner, Kornthal-Münchingen; **47.1** Johanna Wurm, Donnerskirchen; **51.1** Fotolia.com (dvoevnore), New York; **51.2a; 51.2b** Klett-Archiv, Stuttgart; **51.3a; 51.3b; 53.1** Klett-Archiv (Zuckerfabrik Digital), Stuttgart; **57.1** Fotolia.com (GAP artwork), New York; **58.3** Klett-Archiv (Zuckerfabrik Digital), Stuttgart; **60.1** www.swpic.ch/Stephan Wicky, Birrwil; **63.1** shutterstock (Anna Omelchenko), New York, NY; **71.1** Getty Images (stone/Earth Imaging), München; **72.1** Fotolia.com (Maxim Pavlov), New York; **74.1** Project Photos, Walchensee; **78.1** Action Press GmbH (AUFWIND), Hamburg; **81.1** Michael Wagner, Kornthal-Münchingen; **82.5** Klett-Archiv Stuttgart; **84.1** Thermalquellen Brigerbad AG, Brigerbad; **86.1** shutterstock (amskad), New York, NY; **88.1** Mauritius Images (Alamy), Mittenwald; **88.2** LEYBOLD®/LD DIDACTIC GmbH, Hürth; **88.4** Avenue Images GmbH (Getty Images/Photodisc Red/PNC), Hamburg; **89.5** Klett-Archiv (Florian Karsten), Stuttgart; **90.1** By Attribution details., CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2725031>, siehe \*1; **90.3** Peter Anselment, Stuttgart; **97.1** plainpicture GmbH & Co. KG (Heidi Friauf), Hamburg; **98.1** Alamy stock photo (Tom Hanslien/LOOP IMAGES), Abingdon, Oxon; **99.5a; 99.5b** Klett-Archiv (Harald Köhncke), Stuttgart; **100.1** Caro Fotoagentur (Eckelt), Poznan; **100.2** Klett-Archiv (Klaus Hell), Stuttgart; **100.3** Klett-Archiv (Zuckerfabrik Digital), Stuttgart; **105.1** www.dns-design.de/Katrin Schäflein; **111.1** iStockphoto (mbbirdy), Calgary, Alberta; **116.1** Elfriede König, Fellbach; **120.1** Fritz Himmelmann Elektromotoren GbR, Mülheim an der Ruhr; **124.13** Klett-Archiv (Zuckerfabrik Digital), Stuttgart; **131.1** EnBW AG, Karlsruhe; **132.1** Mauritius Images (Reiner Elsen), Mittenwald; **132.2** Wilhelm Schröder GmbH & Co. KG, Lüdenscheid; **133.5** Klett-Archiv (Manfred Grote), Stuttgart; **134.1** Frank von Kuhlberg, Tübingen; **141.1** Klaus Hartmann, Dortmund; **149.1** Getty Images (The Image Bank/Geir Pettersen), München; **150.4** Harald Köhncke, Hannover; **151.1** Daimler AG, Stuttgart; **151.2** Klett-Archiv (Jens Werlein), Stuttgart; **151.3** Klett-Archiv (Manfred Grote), Stuttgart; **157.1** Getty Images (Harry How), München; **158.1** Picture-Alliance (dpa/Michel Pissotte), Frankfurt; **160.1** iStockphoto (fotogrund), Calgary, Alberta; **167.1** Picture-Alliance (dpa/Bernd Thissen), Frankfurt; **168.1** Picture-Alliance (Aflo/Toshio Hoshi), Frankfurt; **168.3** Klett-Archiv (Toni Wiedemann), Stuttgart; **170.1** Peter Ginter, Lohmar; **172.1** Mauritius Images (Alamy), Mittenwald; **175.1** Picture-Alliance, Frankfurt; **177.1** ADAC, München; **181.1** Science Photo Library (NASA), München; **183.6** PantherMedia GmbH (omgimages), München

\*1 Lizenzbestimmungen zu CC-BY-4.0 siehe: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>

Die Bildquellen zu den Fotos auf den Kopiervorlagen befinden sich jeweils unten auf den entsprechenden Seiten.

**Sollte es in einem Einzelfall nicht gelungen sein, den korrekten Rechteinhaber ausfindig zu machen, so werden berechtigte Ansprüche selbstverständlich im Rahmen der üblichen Regelungen abgegolten.**

Die Autoren und Berater des Unterrichtswerks **Impulse Physik** sind:

Wilhelm Bredthauer, Klaus Gerd Bruns, Dr. Oliver Burmeister, Martin Donat, Daniela Eberhard, Oliver Fechtig, Christian Feldmann, Manfred Grote, Ulrich Janzen, Walter Jordan, Jürgen Kleischmann, Reiner Kohl, Harald Köhncke, Pascal Märkl, Matthias Riekert, Norbert Schell, Ute Schlobinski-Voigt, Sven Stötzer, Christine Wächter, Christian Wolf, Peter Wojke, Dr. Frank Zimmerschied.

Autoren der Arbeitsblätter:

Heinz-Willi Bladt, Federico Burisch, Heinz Joachim Ciprina, Bodo Cramer, Georg Heinrichs, Reiner Kohl, Wolfgang Kugel, Detlef Müller, Dr. Michael Neffgen, Norbert Nuscher, Johannes Opladen, Uwe Petzschler, Jürgen Reimers, Dr. Helmut Schmöger (†), Dr. Peter Siebert, Sven Stötzer, Dr. Klaus Weber, Oliver Wegner

**Hinweise zu den Versuchen** Vor der Durchführung eines Versuchs müssen mögliche Gefahrenquellen besprochen werden. Die geltenden Richtlinien zur Vermeidung von Unfällen beim Experimentieren sind zu beachten.

Da Experimentieren grundsätzlich umsichtig erfolgen muss, wird auf die üblichen Verhaltensregeln und die Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz nicht bei jedem Versuch gesondert hingewiesen.

1. Auflage

1 5 4 3 2 1 | 2021 20 19 18 17

Alle Drucke dieser Auflage sind unverändert und können im Unterricht nebeneinander verwendet werden. Die letzte Zahl bezeichnet das Jahr des Druckes.

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis §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. Fotomechanische oder andere Wiedergabeverfahren nur mit Genehmigung des Verlages.

Auf verschiedenen Seiten dieses Bandes befinden sich Verweise (Links) auf Internet-Adressen.

Haftungshinweis: Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle wird die Haftung für die Inhalte der externen Seiten ausgeschlossen. Für den Inhalt dieser externen Seiten sind ausschließlich die Betreiber verantwortlich. Sollten Sie daher auf kostenpflichtige, illegale oder anstößige Inhalte treffen, so bedauern wir dies ausdrücklich und bitten Sie, uns umgehend per E-Mail davon in Kenntnis zu setzen, damit beim Nachdruck der Verweis gelöscht wird.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2017. Alle Rechte vorbehalten. [www.klett.de](http://www.klett.de)

Redaktion: Michael Wagner

Einbandgestaltung: normaldesign GbR, Maria und Jens-Peter Becker, Schwäbisch Gmünd.

Satz: B2 Büro für Gestaltung, Andreas Staiger, Stuttgart; typotext, Mühlacker.

Grafiken: Federico Burisch, Mannheim; Alfred Marzell, Schwäbisch Gmünd; Jörg Mair, München; Andreas Staiger, Stuttgart; Werner Wildermuth, Würzburg

Druck: AZ Druck und Datentechnik GmbH, Kempten/Allgäu.

Printed in Germany.

ISBN: 978-3-12-772905-4

