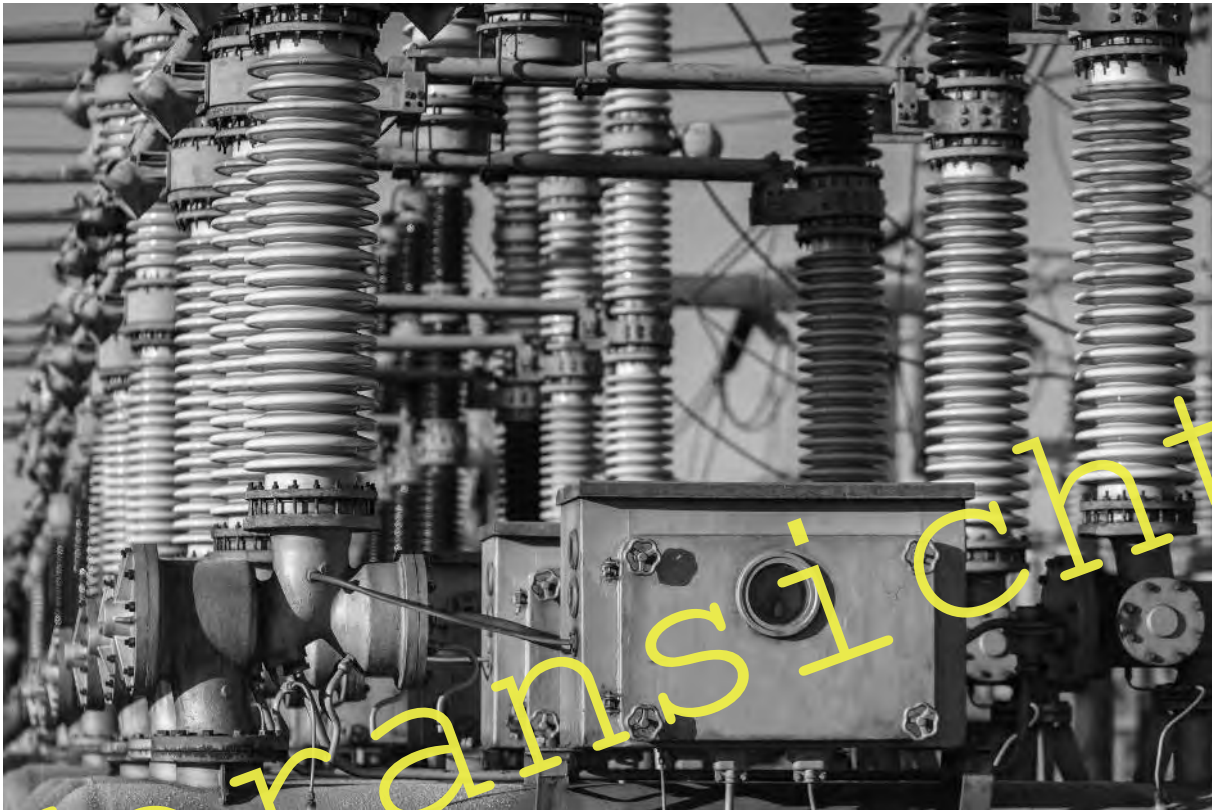


## Ampere, Volt und Ohm – ein Einstieg in die Elektrizitätslehre

Günther Lohmer, Leverkusen

Illustrationen von: S. Timmer, S. Völker und O. Wetterauer



I/D

Abb. 1: Hochspannungsgerät einer alten elektrischen Nebenstelle Foto: dzmitrock87/Fotolia.com

Strom, Spannung und Widerstand – mit diesen drei Begriffen und den zugehörigen Formeln lassen sich schon viele Aufgaben aus dem Bereich der Elektrizitätslehre im 8./9. Schuljahr lösen. Vermitteln Sie Ihren Schülern, dass diese Begriffe grundlegend – auch für unseren Alltag – sind.

### Der Beitrag im Überblick

<p><b>Klasse:</b> 8/9</p> <p><b>Dauer:</b> 10–12 Stunden</p> <p><b>Ihr Plus:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Binnendifferenzierung</li> <li>✓ Experimente zum Selbermachen</li> </ul>	<p><b>Inhalt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leiter und Nichtleiter</li> <li>• Arten der Stromerzeugung</li> <li>• Wirkungen von Strom</li> <li>• Strom selbst gemacht – die Zitronenbatterie</li> <li>• Die Funktionsweise eines Dynamos</li> </ul>
--	--

## Fachliche und didaktisch-methodische Hinweise

Mit dem Thema *Elektrizität* kommen Ihre Schüler täglich in Berührung. Bereits kurz nach dem Aufstehen bedienen sie zahlreiche elektronische Geräte. So schalten sie beispielsweise das **Licht** im Zimmer an, benutzen einen **Wasserkocher** für die Teezubereitung und hören Musik mit dem **Smartphone**. Obwohl wir Strom nicht sehen können, ist er in unserem Leben allgegenwärtig. Selbst in unserem Körper fließen winzige Ströme zwischen den einzelnen **Nervenzellen** und übertragen Informationen. Wenn der Strom im Alltag fehlt, stellen wir schlagartig fest, wie stark unser modernes Leben auf eine **funktionierende Elektrizitätsversorgung** ausgerichtet ist. Was Strom aus naturwissenschaftlicher Sicht eigentlich ist, wie er entsteht und welche Stromwirkungen es gibt, erfahren Ihre Schüler in dieser Unterrichtseinheit.

I/D

### Ablauf

Den Einstieg in das Thema Elektrizitätslehre bildet ein **Brainstorming** „Wozu wir Strom benötigen ...“. Drei Beispiele finden Sie auf den Abbildungen zu Material **M 1**. Ihre Schüler tragen zusammen, wo im Alltag das Thema „Elektrizität“ eine Rolle spielt. Das Brainstorming regt Ihre Schüler an, sich mit dem Thema Elektrizität zu beschäftigen. Beispielsweise mit den Fragen „Was ist Strom und wie wird er erzeugt?“ bzw. mit der Frage „Wie funktioniert ein Dynamo?“. Damit sammeln die Schüler die ersten Vorkenntnisse rund um das Thema Elektrizität.

In Material **M 1** lernen die Schüler außerdem, was Strom aus physikalischer Sicht ist. Material **M 2** thematisiert den Unterschied zwischen Leitern und Nichtleitern. Dabei wird auch der atomare Aufbau der Materie betrachtet. Auf der Farbfolie (**M 2**) und in Material **M 4** geht es um die verschiedenen Arten der Stromerzeugung. Eine Übersicht zeigt die unterschiedlichen Verfahren. Wann Gleich- bzw. Wechselstrom vorliegt, ist Inhalt von Material **M 5**. Die unterschiedliche Wirkung von Strom wird in Material **M 6** unter anderem anhand der Wärmewirkung sowie der magnetischen Wirkung des elektrischen Stroms vorgestellt. Zwei praktische Versuche führen Ihre Schüler mit den Experimenten in **M 7** und **M 8** durch. Einen Bezug zum Alltag der Schüler liefert Material **M 9**. Auf diesem Arbeitsblatt erfahren die Schüler, wie ein Dynamo funktioniert, und reflektieren ihr Wissen rund um die Stromerzeugung. Im weiteren Verlauf lernen sie die drei elektrischen Grundgrößen Spannung (**M 10**), Stromstärke (**M 11**) und Widerstand (**M 12**) kennen. In welcher Relation diese drei Grundgrößen in einem Stromkreis zueinander stehen, erfahren sie mit dem Ohm'schen Gesetzes in (**M 13**). Auf spielerische Art und Weise können die Lernenden ihre erworbenen Kenntnisse anhand des Kreuzworträtsels (**M 14**) überprüfen und eventuelle Wissenslücken durch Kombinationsgabe schließen.

### Bezug zum Alltag

In Material **M 4** erfahren die Schüler, auf welche unterschiedliche Art Strom erzeugt werden kann. Material **M 9** beschreibt die Funktionsweise eines Dynamos.

### Stärkung der sozialen Kompetenz und nachhaltiges Lernen

Schülerversuche in Kleingruppen stärken die soziale Kompetenz der Lernenden und sorgen dafür, dass der Unterrichtsinhalt nachhaltig haften bleibt. **Verständnisfragen** gepaart mit **Rechercheaufgaben** sichern den dauerhaften Lernerfolg. Ihre Schüler benutzen Fachbegriffe, argumentieren wissenschaftlich und stellen Wenn-dann-Beziehungen auf. Ferner ziehen sie selbstständig ihr Vorwissen aus dem Unterricht zur Problemlösung heran. Bei der Durchführung der Experimente im Team dokumentieren Ihre Schüler ihre Arbeitsergebnisse in Form von Protokollen.

## Materialübersicht

⌚ V = Vorbereitungszeit    SV = Schülerversuch    Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt

⌚ D = Durchführungszeit    LV = Lehrerversuch    Fo = Folie    LK = Lernkontrolle

<b>M 1</b>	<b>Ab</b>	<b>Unsichtbar und dennoch vorhanden – Strom</b>
<b>M 2</b>	<b>Ab</b>	<b>Leiter oder Nichtleiter – eine Frage des atomaren Aufbaus</b>
<b>M 3</b>	<b>Fo</b>	<b>Strom kann auf unterschiedliche Art und Weise erzeugt werden – erkennst du wie?</b>
<b>M 4</b>	<b>Ab</b>	<b>Verschiedene Arten der Stromerzeugung</b>
<b>M 5</b>	<b>Ab</b>	<b>Gleichstrom oder Wechselstrom?</b>
<b>M 6</b>	<b>Ab</b>	<b>Die Wirkung von Strom</b>
<b>M 7</b>	<b>SV</b>	<b>Der einfache Stromkreis – Reihen- und Parallelschaltung</b>
⌚ V: 10 min	<input type="checkbox"/>	Je Gruppe 1 Flachbatterie 4,5 V
⌚ D: 15 min	<input type="checkbox"/>	Je Gruppe 2 Glühlämpchen (3,5 V, 200 mA = 0,7 W)
	<input type="checkbox"/>	2 Fassungen für die Glühlämpchen
	<input type="checkbox"/>	Je Gruppe 4 Kabel als Verbindungsdrähte
	<input type="checkbox"/>	Ggf. Schraubendreher für den Anschluss bei der Fassung
<b>M 8</b>	<b>SV</b>	<b>Strom selbst gemacht – der Bau einer Zitronenbatterie</b>
⌚ V: 10 min	<input type="checkbox"/>	Je Gruppe 2 Zitronen
⌚ D: 15 min	<input type="checkbox"/>	Je Gruppe 2 verzinkte Nägel, Länge 80 mm
	<input type="checkbox"/>	Je Gruppe 3 Kupferdrahtstücke, Länge 80 mm, Durchmesser 1,5 mm
	<input type="checkbox"/>	Je Gruppe eine rote LED
	<input type="checkbox"/>	1 Spannungsmessgerät (Voltmeter)
<b>M 9</b>	<b>Ab</b>	<b>Durch Reibung entsteht Strom – der Dynamo</b>
<b>M 10</b>	<b>Ab</b>	<b>Warum fließt ein Strom? – Die elektrische Spannung</b>
<b>M 11</b>	<b>Ab</b>	<b>Die Stromstärke</b>
<b>M 12</b>	<b>Ab</b>	<b>Der elektrische Widerstand</b>
<b>M 13</b>	<b>Ab</b>	<b>Das Ohm'sche Gesetz</b>
<b>M 14</b>	<b>LEK</b>	<b>Rund um die Elektrizitätslehre – teste dein Wissen!</b>

Die Erläuterungen und Lösungen zu den Materialien finden Sie ab Seite 29.

### Minimalplan

Die Zeit ist knapp?

Dann verzichten Sie auf die Farbfolie (**M 3**) und das Material **M 4**.

Auf die Experimente (**M 7** und **M 8**) sollten Sie nicht verzichten, weil z. B. der Bau einer Zitronenbatterie den Lernenden Spaß machen wird. Aber das Rätsel (**M 14**) können Sie Ihren Schülern als Hausaufgabe geben.

## M 1 Unsichtbar und dennoch vorhanden – Strom

Für manche Menschen besitzt elektrischer Strom einen geheimnisvollen Reiz. Man sieht und hört ihn nicht und dennoch ist er da. Was ist elektrischer Strom überhaupt?

### Merke:

Von **elektrischem Strom** spricht man, wenn sich **Elektronen** in einem **Leiter** in eine bestimmte Richtung bewegen. Sie bilden dann einen **Stromkreis**.

### Was sind Elektronen?

Zum Verständnis der Elektronenbewegung betrachten wir den Aufbau von Atomen.

Ein **Atom** besteht im Inneren, dem sog. **Kern**, aus **Protonen** und **Neutronen**. Die Protonen sind positiv geladen, die Neutronen besitzen keinerlei Ladung. Um den Atomkern herum existiert eine Hülle, die mit sog. **Elektronen** besetzt ist. Diese sind negativ geladen und bewegen sich ständig um den Atomkern. Besitzt ein Atom gleich viele Protonen wie Elektronen ist es neutral geladen.

Elektronen können sich unter bestimmten Umständen aus der Atomhülle lösen und sich als Elektronenstrom in einem Leiter bewegen.



Abb. 2: Ein Hochspannungsmast  
© Peruze Demirci/iStock/Getty Images Plus

I/D

### Aufgaben

1. Wann spricht man von elektrischem Strom?
2. Welche elektrischen Teilchen müssen fließen, damit ein elektrischer Strom entsteht?



### Wozu wir Strom benötigen ... – einige Beispiele



Abb. 3: Kühlschrank  
© Michael Bührke/pixelio.de



Abb. 4: Waschmaschine  
© Luise Pfefferkorn/pixelio.de



Abb. 5: Toaster  
© Thinkstock/Creatas



## M 2 Leiter oder Nichtleiter – eine Frage des atomaren Aufbaus

Ob ein Stoff ein Leiter oder ein Nichtleiter ist, hängt von seinem atomaren Aufbau ab. Lies den folgenden Text aufmerksam durch und beantworte dann die Fragen am Ende des Textes.

### Elektrische Leiter

Als **elektrische Leiter** gelten Stoffe, die über frei bewegliche geladene Teilchen verfügen. Hierzu zählen Metalle, Salzlösungen, Salzschnmelzen, Säuren, Laugen und Graphit.

### Metalle:

Die „**charakteristische Metallbindung**“ basiert auf den **Anziehungskräften** zwischen den Metallionen und den frei beweglichen Elektronen. Die Metalle stehen in der **ersten, zweiten und dritten Hauptgruppe des Periodensystems** und haben ein, zwei oder drei Valenzelektronen auf der äußersten Schale. Aufgrund der geringen Zahl an Valenzelektronen gibt ein Metallatom diese relativ leicht ab, da zwischen den Außenelektronen und den Atomkernen nur eine geringe Anziehungskraft besteht.

Durch die Abgabe der Außenelektronen verbleibt ein unvollständiges Atom, ein sog. **Atomrumpf**. Es entstehen **Metallionen mit positiver Ladung** und **frei bewegliche Elektronen**. Bewegen sich die frei beweglichen Elektronen zusammen in eine Richtung, so sagt man: „Es fließt ein Strom durch den Leiter.“ Die Leitfähigkeit von Metallen sinkt mit steigender Temperatur. Dies liegt daran, dass bei Wärme die Atomrümpfe stärker schwingen und den freien Elektronen den Weg „versperren“.

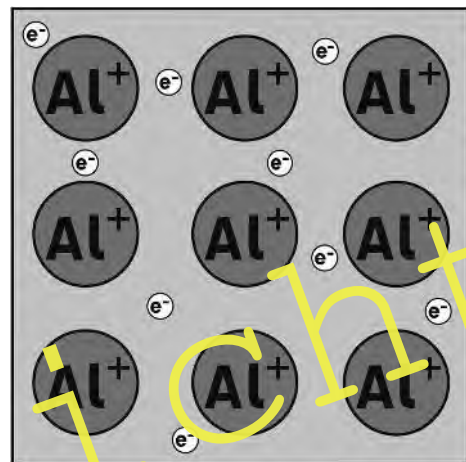


Abb. 6: Atomrümpfe von Aluminium und frei bewegliche Elektronen

### Salzlösungen und Salzschnmelzen:

Im festen Zustand bilden Salze **Kristalle**. Die Kristallstruktur verhindert, dass sich die im Salz enthaltenen Ionen frei bewegen können. Sie haben im Kristallgitter einen festen Platz. Deshalb sind Salze im festen Zustand Nichtleiter. Salzlösungen sowie Salzschnmelzen hingegen sind flüssig. In diesem Fall können sich die Ionen frei bewegen. Deshalb kann ein Strom fließen, wenn man eine Spannung an die Salzlösung oder Salzschnmelze anlegt. Die Kationen bewegen sich zur Kathode und die Anionen zur Anode. (Kationen sind positiv, Anionen negativ geladen.)

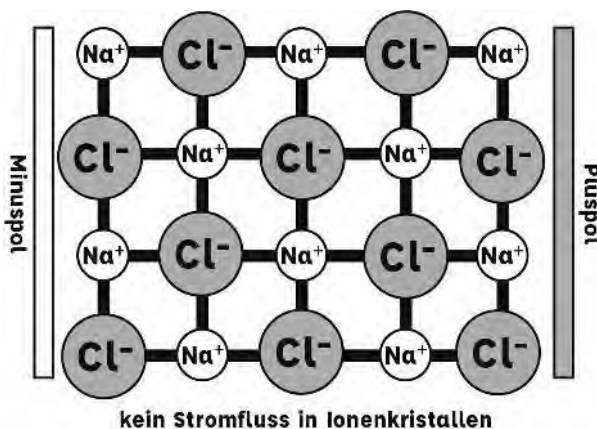


Abb. 7: Atomarer Aufbau von Kochsalz

Grafiken 6–8: S. Timmer

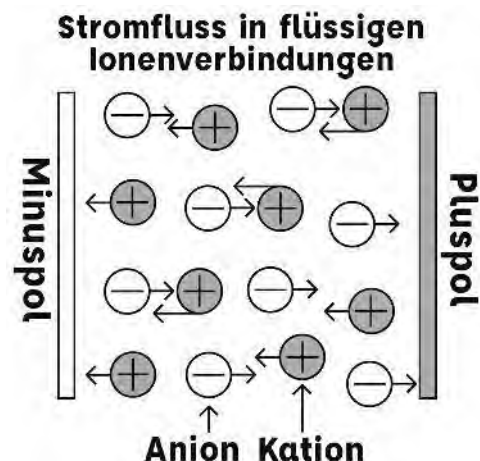


Abb. 8: Ionenbewegung im elektrischen Feld

**M 3 Strom kann auf unterschiedliche Art und Weise erzeugt werden – erkennst du wie?**



Abb. 11 © ZU\_09 / Getty Images Plus



Abb. 12 © Space Images / Blend Images / Getty Images Plus



Abb. 13 © Wesley Hitt/Digital Vision/Getty Images Plus



Abb. 14 © picture-alliance/dpa

Übersicht

I/D

## M 4 Verschiedene Arten der Stromerzeugung

*Elektrischer Strom kann auf unterschiedliche Art und Weise erzeugt werden.*

*Beim Durchlesen des Textes lernst du **drei verschiedene Verfahren zur Stromerzeugung** kennen. Beantworte im Anschluss die Fragen am Ende des Textes.*

### Stromerzeugung mithilfe von Wärmekraftmaschinen

Wärmekraftmaschinen wandeln Wärme in kinetische Energie um.

Die erste Wärmekraftmaschine war die Dampfmaschine, die 1712 von **Thomas Newcomen** (1664–1729) erfunden und Jahre später durch **James Watt** (1736–1819) verbessert wurde. Diese Art von Wärmekraftmaschinen hatte allerdings einen schlechten sog. „**Wirkungsgrad**“. Die allererste Dampfmaschine hatte einen Wirkungsgrad von 1 %, das bedeutet, dass nur ein Prozent der thermischen Energie in kinetische Energie umgewandelt werden konnte.



Abb. 15: In einer alten Dampflok wird z. B. Kohle verbrannt, um sie anzutreiben.

© jerges/Getty Images Plus

Praktisch wurde die für diese Dampfmaschinen geförderte Kohle somit fast vollständig für ihren Betrieb verbraucht. Die modernen Vertreter von Wärmekraftmaschinen mit einem höheren Wirkungsgrad sind **Dampf-** beziehungsweise **Gasturbinen**. Sie besitzen einen Wirkungsgrad zwischen 45 % und 60 %. Diese werden heute zur Stromerzeugung in Kraftwerken eingesetzt.

Bei Kraftwerken, die **Dampfturbinen** zur Stromerzeugung nutzen, wird Wasser mithilfe von fossilen Brennstoffen zu Wasserdampf erhitzt. Dabei spielt die **Änderung des Aggregatzustands** des Wassers eine entscheidende Rolle. Der erzeugte Dampf hat eine Temperatur zwischen 300 °C und knapp 600 °C und steht unter hohem Druck (180 bar und 250 bar, sog. **Heißdampf**). Der überhitzte und unter Druck stehende Dampf wird auf die Schaufelräder der Turbine geleitet. Er gibt einen Teil seiner zuvor aufgenommenen Energie in Form von Bewegungsenergie ab und treibt dadurch ein oder mehrere sich schnell drehende Schaufelräder an. Er leistet somit Arbeit – dabei sinken nach und nach sein Druck und seine Temperatur. Die kinetische Energie der Turbine wird mithilfe eines **Generators**, der an der Turbine befestigt ist, in elektrische Energie umgewandelt. Aus physikalischer Sicht ist hierbei das Wasser beziehungsweise der Wasserdampf das klassische Arbeitsmittel.

**Gasturbinen** verwenden keinen Wasserdampf. Als Arbeitsmittel dienen in diesem Fall sehr **heiße Abgase**. Diese entstehen, indem die Außenluft mithilfe eines Kompressors auf 20 bis 30 bar verdichtet wird. Die verdichtete Luft gelangt in eine Brennkammer und wird zusammen mit **Erdgas** verbrannt. Die dabei entstehenden Abgase erreichen eine Temperatur von bis zu 1500 °C. Sie werden auf die Schaufelräder der Turbinen geleitet und setzen diese in Bewegung. Auch hier wird kinetische Energie mithilfe des angeschlossenen Generators in elektrische Energie umgewandelt. Da die Temperatur der Abgase nach dem Passieren der Turbine immer noch sehr hoch ist, nutzt man sie oftmals, um Wasser in Wasserdampf umzuwandeln und damit Dampfturbinen anzutreiben. Somit nutzt man die im Erdgas gespeicherte Energie zweimal. In diesem Zusammenhang spricht man von einem **Gas- und Dampf-Kombikraftwerk**.

I/D



## M 4 Verschiedene Arten der Stromerzeugung – Blatt 2

### Stromerzeugung mithilfe von Windkraftanlagen

Windkraftanlagen verwandeln die kinetische Energie – auch Bewegungsenergie genannt – des Winds in elektrische Energie. Eine Windkraftanlage besteht aus Rotorblättern, die an einer Nabe befestigt sind. Bei Wind drehen sich die Rotorblätter und übertragen die Drehbewegung über die Nabe auf eine Antriebswelle. Diese ist an einen Generator angeschlossen, der die kinetische Energie in elektrische Energie umwandelt. Die Rotorblätter lassen sich verstellen, sodass man den Wind optimal ausnutzen kann.



Abb. 16: Windräder in Cumbria, England  
© M. Betts/DigitalVision/Getty Images Plus

Bei zu starkem Wind wird ihre Drehbewegung auf ein Limit begrenzt, um Beschädigungen an der Windkraftanlage zu vermeiden. Wichtig ist, dass die Antriebswelle, die mit dem Generator verbunden ist, fast durchgehend **mit der gleichen Drehzahl** läuft. Je nach Bauart erzeugt ein Windrad so eine Spannung von bis zu 690 Volt. Diese wird mithilfe eines **Transformators** auf 10 000 Volt transformiert, damit der erzeugte Strom in das Stromnetz eingespeist werden kann.

### Die permanenten Lieferanten – Wasserkraftwerke

Die Menschheit nutzt schon seit dem 2. Jahrhundert das Wasser zum Antrieb von Maschinen, und zwar mithilfe von **Wasserrädern**.

Heute verwendet man anstelle der Wasserräder **hochkomplexe Turbinen**, die in den Kraftwerken hinter den Stauseen an Generatoren zur Stromerzeugung angeschlossen sind. Die damit erzeugte Energie in Form von Strom treibt beispielsweise Motoren an.

Es gibt verschiedene Arten von modernen Wasserkraftwerken. Im Wesentlichen unterscheidet man zwischen **Laufwasserkraftwerken** und **Speicherkraftwerken**.

In Deutschland dienen überwiegend **Laufwasserkraftwerke** zur Stromerzeugung. Diese befinden sich in der Regel an Flüssen mit einer hohen Strömungsgeschwindigkeit und einem entsprechend großen Wasserdurchfluss. Das Wasser strömt in die flussaufwärts gelegene Seite des Kraftwerks und trifft dort auf eine Turbine. Diese kinetische Energie versetzt die Turbine in eine Drehbewegung.

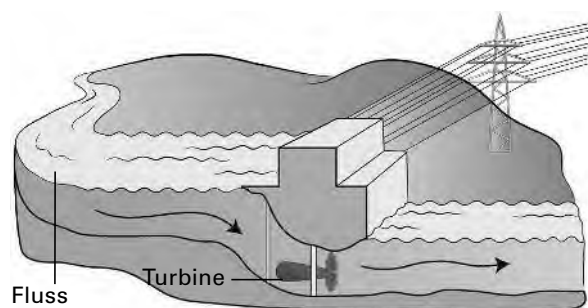


Abb. 17: Laufwasserkraftwerk, Grafik: O. Wetterauer

I/D



## M 4 Verschiedene Arten der Stromerzeugung – Blatt 4

Nun wird aus der potenziellen Energie des Wassers im Wasserspeicher kinetische Energie und diese mithilfe von Turbine und Generator wieder in elektrische Energie umgewandelt.

Die Umwandlung der einzelnen Energiearten verursacht Verluste. Der Wirkungsgrad von Pumpspeicherkraftwerken liegt bei ca. 77 %. Somit entsteht ein Stromverlust von 23 %. Dennoch sind solche Kraftwerke nötig, um große Mengen an Energie zu speichern und somit auf die Schwankungen von Angebot und Nachfrage reagieren zu können.



Abb. 20: Staumauer des Margaritzenstausees (Großglockner)/Österreich © D. Meyrl/Getty Images Plus

I/D

### Stromerzeugung mithilfe von Photovoltaikanlagen und Solaranlagen

Oft werden die Begriffe Photovoltaikanlagen und Solaranlagen synonym verwendet. Beide Anlagentypen wandeln die **Sonnenenergie** in elektrische Energie um. Der grundlegende Unterschied besteht darin, dass **Photovoltaikanlagen** die Sonnenenergie **ohne Umwege** in elektrischen Strom umwandeln. **Solaranlagen**, auch als Solarthermieanlagen bezeichnet, hingegen nutzen die Energie zur **Erwärmung eines Wärmeträgers**. Als klassischer Wärmeträger dient Wasser, welches zu Heizzwecken mithilfe der Solarthermieanlagen erwärmt wird. Große Solarthermieanlagen, die zur Stromerzeugung dienen, nennt man **solarthermische Kraftwerke**.

**Photovoltaikanlagen:** Photovoltaikanlagen wandeln auf direktem Wege die Primärenergie der Sonne in elektrischen Strom um. Sie bestehen aus mehreren **Solarzellen**, die aus dem Halbleitermetall **Silicium** hergestellt werden. Charakteristisch für Halbleiter ist die Eigenschaft, dass ihre Leitfähigkeit bei Energiezufuhr zunimmt. Sobald die energiereichen elektromagnetischen Wellen des Sonnenlichts auf eine Solarzelle treffen, führt dies zur Anregung der Elektronen innerhalb der Solarzelle. Diese setzen sich in Bewegung und ein Strom fließt. Weil Photovoltaikanlagen nur **Gleichstrom** produzieren, wandelt ein sog. Wechselrichter den erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom um. Dieser kann problemlos in das Stromnetz eingeleitet werden.

**Solarthermische Kraftwerke:** Solarthermische Kraftwerke nutzen die Primärenergie der Sonne zur Erzeugung von Strom. Sie bestehen aus mehreren **Spiegeln**. Diese sind so angeordnet, dass sie das einfallende Sonnenlicht in einem Punkt fokussieren und damit ein geeignetes Wärmemittel erhitzen. Es gibt unterschiedliche solarthermische Kraftwerksarten, wobei sich folgende drei Arten etabliert haben:

#### Parabolrinnenkraftwerke, Paraboloid- und Solarturmkraftwerke.

Je nach Bauart des Kraftwerkes kommen unterschiedliche Wärmemittel zum Einsatz. Klassische Wärmemittel sind **Luft**, **Salz**, **Dampf** und **Thermoöl**. Diese Wärmemittel werden durch die Fokussierung des Sonnenlichts mithilfe der Spiegel auf Temperaturen zwischen 300 °C bei Parabolrinnenkraftwerken und 1200 °C bei Paraboloidkraftwerken erhitzt. Die aus der Primärenergie erzeugte Wärme wird anschließend durch klassische Wärmekraftmaschinen in Form von Turbinen und daran angeschlossene Generatoren in Strom umgewandelt.

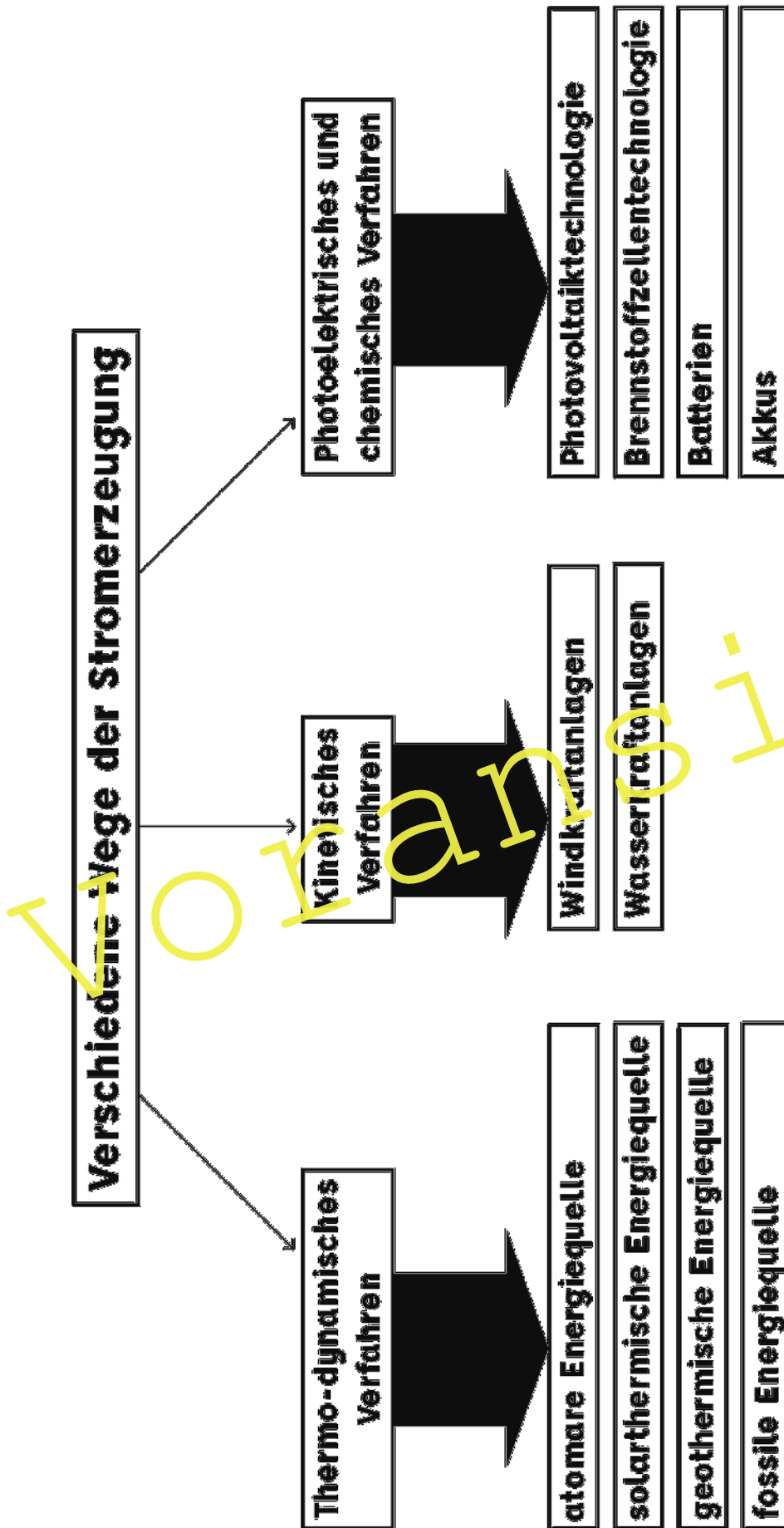


Abb. 21

## M 6 Die Wirkung von Strom

Der elektrische Strom kann seine Wirkung auf verschiedene Art und Weise zeigen.

### a) Die Wärmewirkung

Sicherlich ist dir die Wärmewirkung des elektrischen Stroms in deinem Alltag schon einmal begegnet. Sei es beim **Trocknen der Haare mithilfe eines Föns** oder beim **Kochen mit einem Elektroherd**. Auch **Bügeleisen**, **Wasserkocher**, **Durchlauferhitzer** und **Toaster** nutzen die Wärmewirkung des Stroms.

Doch wie entsteht die Wärmewirkung?

„Stromfluss“ heißt: Es bewegen sich Elektronen. Wenn diese durch einen elektrischen Leiter, beispielsweise durch einen Draht, fließen, dann treffen sie auf die Atome des Leiters.

Dadurch werden sie gebremst und verlieren einen Teil ihrer kinetischen Energie.

Aufgrund des **Energieerhaltungssatzes** geht die kinetische Energie nicht verloren, sondern wird von den Atomen des Drahtes aufgenommen. Dies hat zur Folge, dass die Atome in dem Draht in Bewegung geraten und die Temperatur im Draht steigt. Die bei der Umwandlung erzeugte Wärme nennt man **Joule'sche Wärme**. Wie stark sich ein Draht erhitzt, hängt beispielsweise von der Stromstärke und dem Durchmesser des Drahts ab.

**Merke:** Je höher die Stromstärke und je dünner der Draht, desto mehr Wärme entsteht.



### b) Die magnetische Wirkung

Ein klassisches Beispiel für die magnetische Wirkung von Strom ist der **Elektromagnet**. Er besteht aus einer oder mehreren **Spulen** und einem **Eisenkern** im Inneren der Spule. Die **Elementarmagneten** im Eisenkern sind im stromlosen Zustand unregelmäßig angeordnet, sodass sich ihre magnetische Wirkung nach außen hin aufhebt.

Sobald Strom durch die Spule fließt, entsteht ein **magnetisches Feld**. Dieses sorgt dafür, dass sich die Elementarmagnete im Eisenkern **geordnet ausrichten** und den magnetischen Effekt der Spule verstärken. Elektromagnete werden z. B. auf dem **Schrottplatz** zum **Heben von Lasten** eingesetzt. Auch **Klingelschalter** funktionieren mithilfe des Elektromagneten. Sobald man den Klingelknopf drückt, fließt ein Strom durch die Spule und erzeugt ein magnetisches Feld. Dadurch wird ein Eisenstück angezogen, welches gegen die Klingel drückt. Gleichzeitig wird dabei der Stromfluss unterbrochen, sodass kein Magnetfeld mehr existiert und das Eisenstück in die Ausgangsposition zurückkehrt. Dies geschieht mit einer hohen Geschwindigkeit, das Eisenstück bewegt sich hin und her und erzeugt den typischen Klingelton. Der Vorteil von Elektromagneten gegenüber Permanentmagneten besteht darin, dass Elektromagnete nach Abschalten des Stroms ihre magnetische Eigenschaft verlieren.



Abb. 23: Zum Bügeln nutzen wir die Wärmewirkung des elektrischen Stroms.

© andresr/E +/Getty Images Plus

I/D

### c) Die leuchtende Wirkung

Mithilfe von Strom kann eine leuchtende Wirkung erzeugt werden. Im Falle einer **Glühlampe** fließt der elektrische Strom durch einen **Metallfaden aus Wolfram**. Dieser ist zu einer **Glühwendel** gedreht. Der Strom sorgt dafür, dass sich der Wolframfaden bis zur Weißglut auf ca. 2500 °C erhitzt und **elektromagnetische Strahlung** in Form von **Licht** entsteht.

Neben der klassischen Glühlampe gibt es auch **Halogenlampen**. Sie besitzen genauso wie herkömmliche Glühlampen eine Glühwendel aus Wolfram. Durch Stromfluss erhitzt sich die Wendel bis zur Weißglut und leuchtet. Aufgrund der entstehenden Hitze darf im Glaskolben kein Sauerstoff enthalten sein, da die Wendel aus Wolfram ansonsten verbrennen würde. Die besondere Bauart von Halogenlampen mit kleinem **Quarzglaskolben** und einer gewickelten **Wolframwendel** hätte normalerweise nur eine sehr kurze Lebensdauer, weil die Glühwendel mit 2600 bis 2900 °C deutlich heißer wird als eine normale Glühbirne, die ca. 2500 °C erreicht. Bei den hohen Temperaturen in der Halogenlampe verdampft das Wolfram und bringt die Glühwendel zum Schmelzen, was sich nicht verhindern lässt. Allerdings besteht die Möglichkeit, dass sich das verdampfte Wolfram wieder an die Glühwendel anlagert. Hierzu füllt man Halogene in den Glaskolben. Die verdampfenden Wolframatomte verbinden sich mit den Halogenen zu **Wolframhalogenid**. Dieses ist bei Temperaturen von mehreren hundert Grad Celsius gasförmig und zerfällt an der deutlich heißeren Glühwendel in das freie Halogen und Wolfram. Das Wolfram lagert sich wieder an der Glühwendel an und der Prozess beginnt von vorne.

### d) Die chemische Wirkung

Die chemische Wirkung von Strom zeigt sich anhand der **Elektrolyse**. Als Elektrolyse bezeichnet man die Zersetzung von Stoffen mithilfe des elektrischen Stroms.

**Beispiel:** Elektrolyse von Wasser: Hierzu benutzt man zwei **Platinelektroden**, die in ein Gefäß mit Wasser eintauchen und an einer Gleichspannungsquelle angeschlossen sind. Durch Zugabe von **Salz** oder **Säure** wird die **Leitfähigkeit des Wassers erhöht**. Sobald Strom durch die Platinelektroden fließt, wird das Wasser in seine Bestandteile aufgespalten: Am positiven Pol bildet sich **Sauerstoff** und am negativen Pol **Wasserstoff**. Das Verhältnis Wasserstoff zu Sauerstoff beträgt 2:1.

Die Elektrolyse von Wasser besitzt eine **große wirtschaftliche Bedeutung**. Aufgrund der Begrenztheit der fossilen Brennstoffe könnte Wasserstoff aus der Elektrolyse eine **Alternative zu Benzin** sein. Entsprechende Langzeitstudien werden derzeit durchgeführt. Den für die Elektrolyse benötigten Strom möchte man zukünftig aus erneuerbaren Energien, z. B. durch **Solarzellen**, gewinnen.

### Aufgaben

1. Worauf beruht die Wärmewirkung des elektrischen Stroms?
2. Was sind die zwei wesentlichen Bestandteile eines Elektromagneten?
3. Was passiert mit einem Eisenkern, der von einer Spule umgeben ist, wenn durch die Spule Strom geschickt wird?
4. Aus welchem Material besteht der Glühfaden einer Halogenlampe?
5. Welche Strahlungsart wird beim Leuchten einer Lampe freigesetzt?
6. Wie bezeichnet man die Zersetzung von Stoffen mithilfe des elektrischen Stroms?



## M 9 Durch Reibung entsteht Strom – der Dynamo

Ein **Dynamo** ist ein kleiner elektrischer Stromgenerator. Er wandelt kinetische Energie in elektrische Energie. Die wichtigsten Teile eines Dynamos für die Stromerzeugung sind: ein **drehbarer Permanentmagnet** und **Drahtspulen**.

Es gibt unterschiedliche Arten von Dynamos für das Fahrrad, beispielsweise **Nabendynamos** und **Seitenläuferdynamos**. Beim Nabendynamo ist der Dynamo fest in das Vorderrad integriert, wohingegen der Seitenläuferdynamo am Rahmen des Fahrrads befestigt ist und per Feder an das Antriebsrad – vorne oder hinten – gedrückt wird.

Damit ein Dynamo elektrische Energie erzeugen kann, muss sich der Permanentmagnet innerhalb der Drahtspule drehen können. Jeder **Magnet** besitzt zwei **Pole**: einen **Nord-** und einen **Südpol**. Dazwischen liegt ein unsichtbares Magnetfeld, welches mit Eisenspänen sichtbar gemacht werden kann. Wenn sich der Dynamo dreht, bewegt sich der Permanentmagnet innerhalb der Drahtspulen. Dies versetzt die Elektronen in den Drahtspulen in Bewegung. Dadurch entsteht eine elektrische Spannung, die zu einem Stromfluss führt. Bei jeder halben Umdrehung wechselt der Strom innerhalb des Generators seine Fließrichtung, es entsteht Wechselstrom. Ein **Fahrraddynamo** ist demzufolge ein **Wechselstromgenerator**. Im Falle einer **Fahrradglühlampe** ist es egal, ob der Strom als Wechselstrom (Dynamo) oder als Gleichstrom (Batterie) zur Verfügung gestellt wird.



Abb. 29: Seitenläuferdynamo  
Foto: Philip Image/Fotolia.com



Abb. 30: Nabendynamo  
Foto: Ralf Geithe/Fotolia.com

### Hinweis:

Dass ein Dynamo kinetische Energie in elektrische Energie umwandelt, kannst du leicht feststellen. Sobald der Dynamo in Betrieb ist, muss du mehr in die Pedale treten, um deine Geschwindigkeit beizubehalten.

### Aufgaben

1. Nenne die wichtigsten Bauteile eines Dynamos für die Stromerzeugung.
2. Welches Bauteil rotiert in einem Dynamo?
3. Welches Bauteil rotiert in einem großen Stromgenerator?
4. Wodurch entsteht bei einem Dynamo eine elektrische Spannung?
5. Finde heraus, wer die elektromagnetische Induktion und das Induktionsgesetz entdeckt hat.



## M 10 Die elektrische Spannung – Blatt 2

### Für Experten – die elektrische Spannung im Detail:

Die elektrische Spannung  $U$  zwischen zwei Punkten, z. B. den Anschlüssen einer Spannungsquelle, ist ein Maß für die Arbeit  $W$ , die man aufbringen muss, um eine Ladung  $q$  von einem Punkt zum anderen zu verschieben. Die Formel zur Berechnung der Spannung aus den Größen Ladungsmenge und Arbeit lautet:

$$U = \frac{W}{q}$$

Die Spannungsquelle wandelt also Energie, z. B. chemische Energie, in elektrische Energie um. Die energiereichen Elektronen, welche den Minuspol der Spannungsquelle verlassen, wandern als Strom durch den Stromkreis. Dabei wandeln sie ihre Energie in eine andere Form, z. B. thermische Energie und Lichtenergie, um – die Glühlampe leuchtet. Die Elektronen wandern weiter zum Pluspol der Spannungsquelle. Je größer die Spannung, desto mehr Energie kann ein Elektron beim Fließen durch den Stromkreis abgeben.

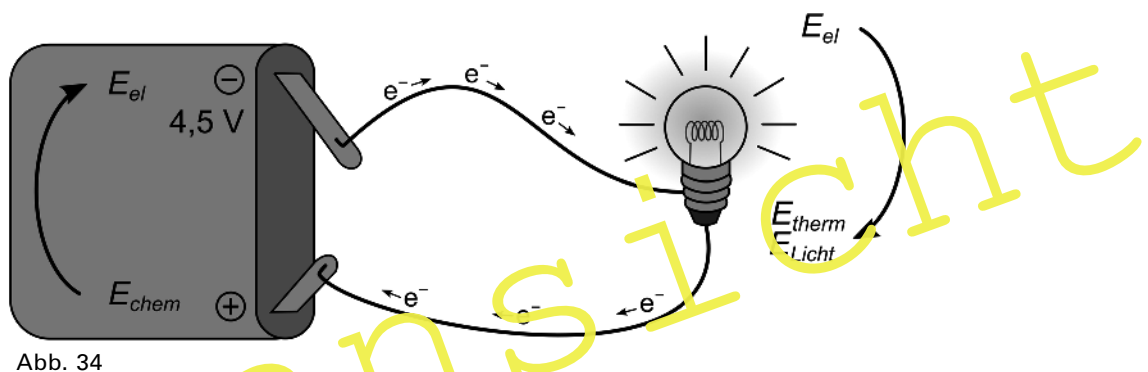


Abb. 34

### Ein Vergleich

Modellhaft kann die elektrische Spannung mit einem **Wasserkanister mit Auslaufhahn** verglichen werden. Die Ladungstrennung als Basis für die elektrische Spannung kann mit Befüllen des Wasserbehälters verglichen werden. In beiden Fällen ist **Arbeit** zu verrichten. Je mehr Arbeit investiert wird, desto mehr Wasser befindet sich in dem Wasserbehälter. Dies hat zur Folge, dass bei einem höheren Wasserstand mehr Druck (gleichbedeutend mit Kraft pro Fläche) auf den Wasserpartikeln lastet.



Abb. 35: Wasserkanister mit Auslaufhahn

© Matthew de Lange/iStock/Getty Images Plus

Beim Öffnen des Auslaufhahns steht bei einem höheren Wasserstand mehr Druck zur Verfügung. Den Druck kann man mit der elektrischen Spannung vergleichen. Die Höhe der elektrischen Spannung ist abhängig von der Höhe der für die Ladungstrennung aufgewendeten Arbeit. Steigt der Aufwand für die Ladungstrennung, steigt auch die elektrische Spannung.

## M 12 Der elektrische Widerstand

Fließt in einem Leiter Strom, so bewegen sich die Elektronen innerhalb des Leiters. Dabei stoßen sie auf Atome innerhalb des Leiters und werden in ihrer Bewegung gebremst. Sie geben einen Teil ihrer kinetischen Energie an die Atome des Leiters ab. Dadurch geraten diese in Schwingungen und der Leiter erwärmt sich. Je häufiger die beweglichen Elektronen abgebremst werden, desto stärker ist der **elektrische Widerstand** des Leiters.

Jedes elektrische Bauteil besitzt einen spezifischen Widerstand. Je geringer dieser ist, desto besser leitet das Bauteil den elektrischen Strom. Die Höhe des elektrischen Widerstands ist vom **Leitungsquerschnitt**, der **Länge** und von der **Temperatur** abhängig.

Leiter mit einem geringen Querschnitt haben einen großen elektrischen Widerstand. Zur gleichen Zeit können weniger Elektronen durchfließen als bei einem Leiter mit großem Querschnitt. Lange Leitungen erhöhen ebenfalls den elektrischen Widerstand. Die freien Elektronen stoßen bei ihrem Fluss durch einen langen Leiter mit mehr Atomen zusammen als in einer kurzen Leitung. Dies ist ein Problem bei der **Übertragung von Strom aus den Kraftwerken** zu den Haushalten mittels Hochspannungsleitungen. Bei sinkender Temperatur nimmt der elektrische Widerstand ab. Dies liegt daran, dass sich die bremsenden Atome bei niedrigerer Temperatur weniger bewegen. Demzufolge stoßen die freien Elektronen mit weniger Atomen zusammen und fließen ungebremster durch den Leiter.

**Merke:** Der Widerstand ist folgendermaßen definiert:

$$\text{Widerstand } R = \frac{\text{Spannung } U}{\text{Stromstärke } I}$$

Elektrische Widerstände werden häufig als **Bauteile in Elektrogeräten** eingesetzt.

Der elektrische Widerstand wird in der **Einheit Ohm ( $\Omega$ )** gemessen. Die Einheit ist nach dem deutschen Physiker **Georg Simon Ohm** (1789–1854) benannt. Sie gibt an, welche Spannung benötigt wird, damit eine definierte Stromstärke durch einen elektrischen Leiter fließen kann. Ein Widerstand von 1 Ohm bedeutet, dass bei einer elektrischen Spannung von 1 Volt die Stromstärke 1 Ampere beträgt.

### Wusstest du schon ...

... dass für die Energiewende in Deutschland sog. gekühlte Supraleitungen den Strom von Nord nach Süd transportieren sollen? Im Vergleich zu den herkömmlichen Erdkabeln benötigen sie deutlich weniger Platz. Allerdings müssen sie auf minus 250 °C gekühlt werden, damit sie praktisch keinen elektrischen Widerstand mehr besitzen und den Strom nahezu verlustfrei transportieren können. Ein erstes Pilotprojekt wurde durch einen Stromanbieter in Essen gestartet.

### Aufgaben

1. Wie lautet die Definition für den elektrischen Widerstand. In welcher Einheit wird er gemessen?
2. Wie verändert sich der elektrische Widerstand eines Metalls bei sinkender bzw. bei steigender Temperatur?

### Für Experten:

Recherchiere den Begriff *Supraleiter*.

I/D



**M 14 Rund um die Elektrizitätslehre – teste dein Wissen!**

Beantworte folgende Fragen und trage deine Antworten in die Felder des Kreuzworträtsels ein. (Ä = AE, Ö = OE, Ü = UE, ß = ss)

1. Nenne die Einheit, in der der Strom gemessen wird.
2. Die erste Wärmekraftmaschine wurde von Thomas Newcomen erfunden und war eine \_\_\_\_\_.
3. Wie nennt man die Stromart, die periodisch ihre Richtung wechselt?
4. Gib die Bezeichnung für positiv geladene Ionen an.
5. Wie lautet das Formelzeichen für die elektrische Stromstärke?
6. In welcher Einheit wird die elektrische Spannung angegeben?
7. Aus diesem Material werden Solarzellen hergestellt.
8. Wie lautet das Formelzeichen für den elektrischen Widerstand?
9. Nenne den Fachbegriff für die chemische Zersetzung von Stoffen durch Strom.
10. Wie lautet der Fachausdruck für „Bewegungsenergie“?
11. Gib das Formelzeichen für die elektrische Spannung an.
12. Welche Art von Strom produzieren Photovoltaikanlagen?
13. Bei einer Batterie gibt es einen Pluspol und einen \_\_\_\_\_.
14. Woraus besteht die Glühwendel in einer Glühlampe?
15. Nenne den Fachbegriff für die Elektronen, die sich auf der äußersten „Schale“ eines Atoms befinden und somit Bindungen mit anderen Atomen eingehen können.
16. In welcher Einheit wird der elektrische Widerstand angegeben?
17. Bei sinkender Temperatur nimmt der elektrische Widerstand eines Leiters \_\_\_\_\_.
18. Diese Kraftmaschine wird in modernen Kraftwerken zur Stromerzeugung eingesetzt.
19. Wie nennt man die negativen Ladungsträger in einem elektrischen Leiter?
20. Bei Wärme handelt es sich um \_\_\_\_\_ Energie.
21. Ein anderes Wort für Nichtleiter ist \_\_\_\_\_.
22. Wie nennt man negativ geladene Ionen?
23. Bei einer Batterie gibt es einen Minuspol und einen \_\_\_\_\_.
24. Dieses elektrische Bauteil wandelt Gleichstrom in Wechselstrom um.
25. Je dünner das Material, desto \_\_\_\_\_ ist der Widerstand.
26. In welcher Einheit wird die Ladungsmenge angegeben?
27. Gesucht wird eine besondere Form des Kohlenstoffs, die den Strom leitet.
28. Dieses Maschinenteil in einem Kraftwerk wandelt Bewegungsenergie in elektrische Energie um.
29. Wie lautet das Formelzeichen für die elektrische Ladung?
30. Nenne den Fachbegriff für folgenden mathematischen Zusammenhang:  
Der Quotient zweier voneinander abhängiger Messgrößen ist konstant.
31. Für welche physikalische Größe wird die Einheit „Hertz“ verwendet?

I/D



M 14 Rund um die Elektrizitätslehre – teste dein Wissen!



Voransicht

I/D

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38									
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52										

Abb. 37

## Erläuterungen und Lösungen

### M 1 Unsichtbar und dennoch vorhanden – Strom

1. Von elektrischem Strom spricht man, wenn geladene Teilchen sich in eine bestimmte Richtung bewegen. Sie wandern innerhalb eines Stromkreises von der einen Seite auf die andere.
2. Damit ein elektrischer Strom entsteht, müssen geladene Teilchen (Elektronen) fließen.

### M 2 Leiter oder Nichtleiter – eine Frage des atomaren Aufbaus

1. Als elektrische Leiter gelten Stoffe, die über frei bewegliche geladene Teilchen verfügen.
2. Zu den elektrischen Leitern zählen Metalle, Salzlösungen, Salzschnmelzen, Säuren, Laugen und Graphit.
3. Die Metallbindung basiert auf den Anziehungskräften zwischen den Metallionen (Atomrümpfen) und den frei beweglichen Elektronen.
4. Durch die Abgabe der Außenelektronen verbleibt ein unvollständiges Atom, ein sog. Atomrumpf. Es entstehen Metall-Ionen mit positiver Ladung und frei bewegliche Elektronen. Diese frei beweglichen Elektronen sind beim Anlegen einer elektrischen Spannung für den Stromfluss verantwortlich.
5. Die Leitfähigkeit von Metallen sinkt mit steigender Temperatur. Dies liegt daran, dass bei Wärme die Atomrümpfe stärker schwingen und den freien Elektronen das Durchkommen erschweren.
6. Im flüssigen Zustand leiten Salze den elektrischen Strom. In diesem Falle können sich die Ionen frei bewegen und der Strom kann fließen. Sobald an eine Salzschnmelze oder eine Salzlösung Spannung angelegt wird, fließen die Kationen zur Kathode und die Anionen zur Anode. Kationen sind positiv, Anionen negativ geladen.
7. Isolatoren haben weder frei bewegliche Elektronen noch Ionen als Ladungsträger. Aufgrund der fehlenden Ladungsträger leiten Isolatoren den Strom nicht.
8. Charakteristisch für Nichtleiter ist die Tatsache, dass ihre Elektronen fest an die Atome gebunden sind.
9. Nichtmetalle haben das Verlangen, Elektronen aufzunehmen. Demzufolge stehen keine freien Elektronen für den Stromfluss zur Verfügung.
10. Zu den klassischen Nichtmetallen des Periodensystems zählen u. a. die Elemente Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Phosphor und Schwefel.

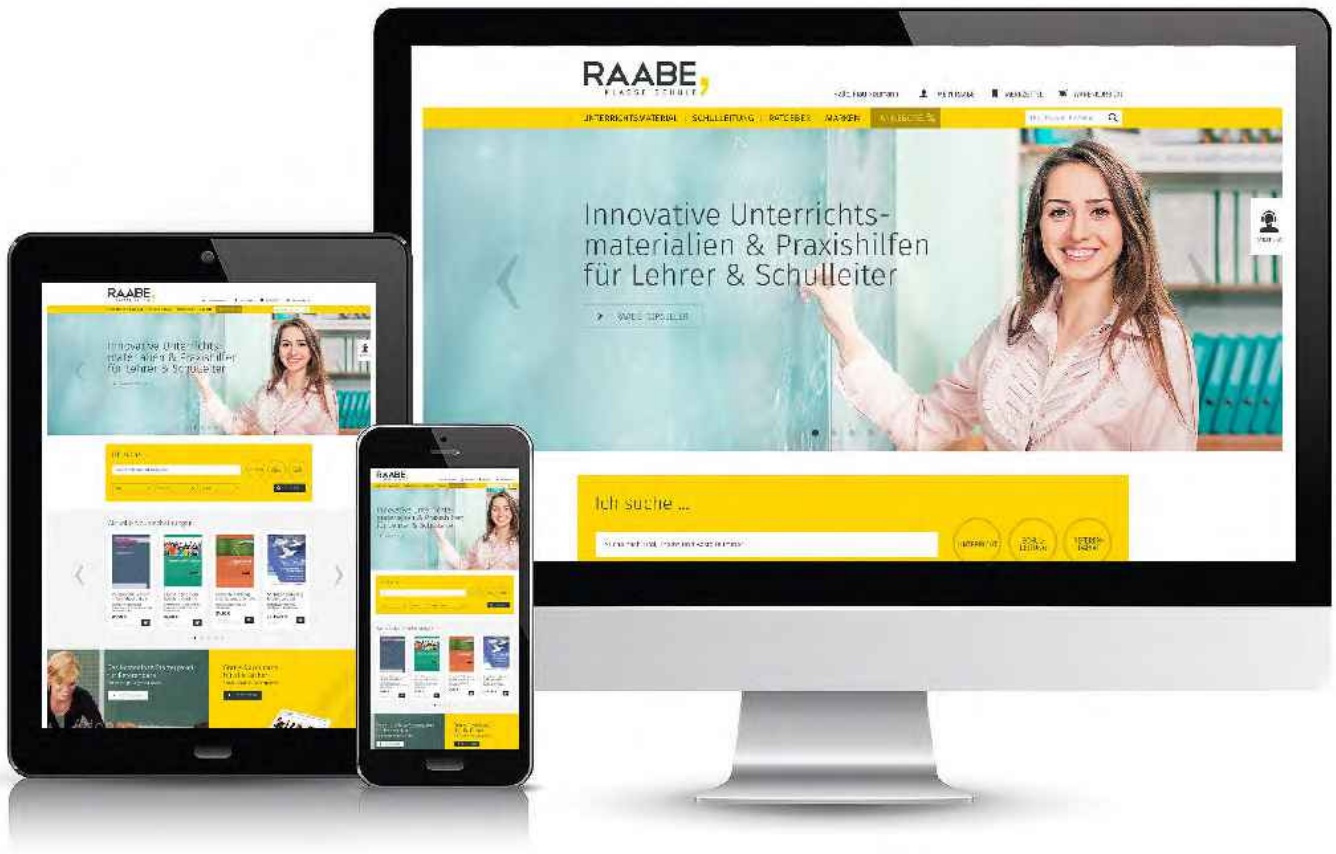
### M 3 Strom kann auf unterschiedliche Art und Weise erzeugt werden – erkennst du wie?

Auf den Fotos ist Folgendes dargestellt:

1. Montage der Rotorblätter an eine Windkraftanlage
2. Sonnenkollektoren auf einem Hausdach
3. Ein Wasserkraftwerk in USA/Arkansas/Beaver Lake Dam
4. Das französische Kernkraftwerk Cattenom, France, 01 Avril 2011

I/D

## Der RAABE Webshop: Schnell, übersichtlich, sicher!



### Wir bieten Ihnen:



Schnelle und intuitive Produktsuche



Übersichtliches Kundenkonto



Komfortable Nutzung über  
Computer, Tablet und Smartphone



Höhere Sicherheit durch  
SSL-Verschlüsselung

**Mehr unter: [www.raabe.de](http://www.raabe.de)**