

Stromnetze – Hintergrundinformationen

Lehrerinformation

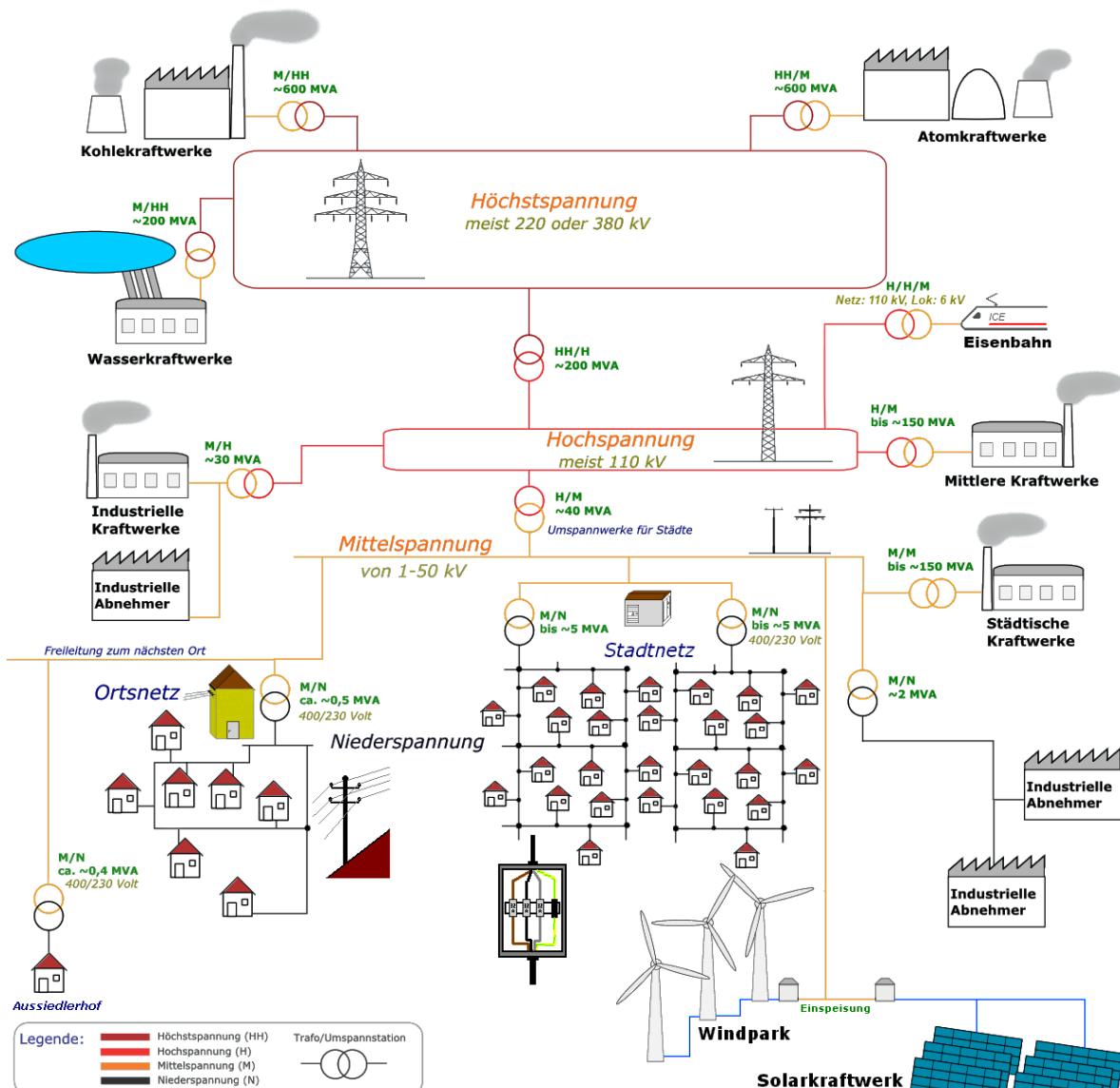


1/8

Hintergrund-Information für Lehrpersonen

Energie beschäftigt Deutschland, Europa, die Welt!

Stromnetze sind entscheidend, um die Verbraucher mit elektrischer Energie zu versorgen. Dazu werden Leitungen vom **Stromerzeuger** (Kraftwerk, Solar- und Windkraftanlagen) zu den Kunden, den **Verbrauchern**, benötigt. Sie transportieren als Stromnetze verschiedene, festgelegte Spannungen; (beim Wechselstrom sind zudem auch die Frequenzen festgelegt).



Bildquelle: Stromnetz, de.wikipedia.org

Über **Hochspannungsleitungen** sind die Stromnetze der Dörfer und Städte und der Fabriken mit den Kraftwerken verbunden. Die Stromstärke ist dabei relativ niedrig, die Spannung hingegen hoch. In Nähe der Nutzer transformiert man in mehreren Schritten die Spannung auf den benötigten Wert herab (z.B. 230 V).

Stromnetze – Hintergrundinformationen

Lehrerinformation



2/8

Bruttostromerzeugung nach Energieträgern

Bruttostromerzeugung nach Energieträgern im Jahr 2008 verschiedener Länder^[3] ([Link nicht mehr abrufbar](#))

Energieträger	Deutschland Schwerpunkt: Kohle		Frankreich ¹ Schwerpunkt: Kernenergie		Norwegen Schwerpunkt: Wasserkraft		China Schwerpunkt: Kohle	
	Strommenge in TWh	Anteil in %	Strommenge in TWh	Anteil in %	Strommenge in TWh	Anteil in %	Strommenge in TWh	Anteil in %
Kohle	278,5	43,6 %	19,8	3,4 %	2,2	1,5 %	2785,74	78 %
Kernenergie	148,8	23,3 %	440,3	72,7 %	0	0	82,14	2,3 %
Erdgas	83,0	13,0 %						
Windkraft	40,2	6,3 %	0	0	0	0	13,0	0,36 %
Mineralölprodukte	10,5	1,6 %						
Wasserkraft	19,6	3,1 %	63,4	11 %	140,5	98,5 %	628,58	17,6 %
übrige Energieträger	58,1	9,1 %	50,9	8,9 %	0	0	62,14	1,74 %
Summe	639,1	100 %	574,4	96 %	142,7	100 %	3571,46	100 %
CO ₂ -Ausstoß in g/kWh ^[5]	604		61		0,1		≈1000	

Anmerkung: Für die nichteingerahmten Felder liegen keine Informationen vor, sie wurden gleich Null gesetzt.

Bruttostromerzeugung nach Energieträgern im Jahr 2010 in Deutschland

Energieträger	Strommenge (TWh)	Anteil
Braunkohle	147,0	023,7%
Kernenergie	140,5	022,6%
Steinkohle	116,0	018,7%
Erdgas	084,5	013,6%
Mineralölprodukte	007,5	001,2%
Wasserkraft	019,7	003,2%
Windkraft	036,5	005,9%
Biomasse	028,5	004,6%
Photovoltaik	012,0	001,9%
Müllverbrennung [Anm. 1]	004,8	000,8%
Übrige Energieträger	023,2	003,7%
Summe	621,0	100,0%
<i>regenerativer Anteil</i>	102,3	016,5%

1. ↑ erneuerbarer Anteil

Stromnetze – Hintergrundinformationen

Lehrerinformation



3/8

Deutschland

Zurzeit sind vier Netzbetreiber in Deutschland. Sie haben sich zum deutschen Netzregelverbund zusammengeschlossen.

- Amprion (vormals RWE Transportnetz Strom GmbH), umfasst heute das frühere Netz der RWE und der VEW,
- EnBW Transportnetze AG, umfasst das Netz der früheren Badenwerk AG und der EVS (Energie-Versorgung Schwaben AG),
- TenneT TSO GmbH (vormals E.ON Netz GmbH, jetzt im Besitz der niederländischen Tennet), umfasst heute das frühere Netz von PreussenElektra und der Bayernwerk AG, und
- 50Hertz Transmission (vormals Vattenfall Europe Transmission GmbH), umfasst heute das frühere Netz der VEAG, der BEWAG und der HEW. 50Hertz wurde im März 2010 an einen australischen Investmentfonds und Elia, den belgischen TSO, verkauft. Damit ist die Idee der Bundesregierung, die vier deutschen TSO in einen einzigen zu vereinigen, hinfällig.

Gemäß Verband der Netzbetreiber (VDN), eine Unterorganisation des Verbands der Elektrizitätswirtschaft (VDEW), waren in Deutschland im Jahre 2003 557.000 Transformatoren installiert.

Diese Betreiber sind Mitglieder im UCTE und somit auch am europäischen Verbundsystem beteiligt. Auch auf europäischer Ebene sind verschiedene Gesellschaften in dem Verband Europäischer Übertragungsnetzbetreiber verbunden.

Die Bundesnetzagentur beobachtet und überwacht sie. Sie eröffnete am 19. Juli 2011 ein 'Verfahren zur Ermittlung des notwendigen Netzausbaubedarf'. Die Übertragungsnetzbetreiber haben der Bundesnetzagentur drei verschiedene Szenarien vorgelegt, die wahrscheinliche Entwicklungen in den Bereichen Erneuerbare Energien, konventionelle Energien sowie Energieverbrauch und Last darstellen. Erstellt wird ein 10-Jahresnetzentwicklungsplan. Dieser hat angesichts des beschlossenen deutschen Atomausstiegs und der steigenden von der Küste ins Binnenland fließenden Strommengen besondere Bedeutung. Am eingeleiteten Verfahren gibt es Kritik, da die Szenarien der Netzbetreiber Möglichkeiten zur stärkeren Steuerung von dezentraler Erzeugung und Speicherung nicht berücksichtigen.

In **Europa** wird die elektrische Energie als Hochspannungs-Wechselstrom (Frequenz 50 Hz, in der Regel mit einer Spannung bis zu 400 kV) in einem Verbundnetz übertragen. In geringer Distanz zum Verbraucher erfolgt dann die Transformation in „Niederspannungen“ von 230 V und 400 V.

Weltweit kennt man aber auch andere Spannungen oder Frequenzen (bis über 1 MV Hochspannung in Asien, beim Niederspannungsbereich 120 V und 240 V und Netzfrequenzen von 60 Hz, insbesondere in den USA).

Überall werden jedoch **hohe Spannungen** eingesetzt, um grosse elektrische Leistung über weite Strecken zu transportieren. So kann man unnötige Verluste vermeiden, denn bei Hochspannung treten nur wenige Stromwärmeverluste ein. Hohe Spannungen sind ausserdem leichter zu schalten als hohe Stromstärken, man kann auch schlankere Kabel verwenden.

In den **Kraftwerken** stehen riesige **Generatoren**, die Wechselspannungen von etwa 20 000 V erzeugen und elektrische Ströme von 100 000 A entstehen lassen können. Das Antreiben der Generatoren kann durch **Wasser**, das eine Turbine durchströmt, erfolgen. Dazu muss ein Höhenunterschied vorliegen. Viele Kraftwerke funktionieren auch Generatoren die durch heissen **Wasserdampf** betrieben werden, der unter hohem Druck eine Dampfturbine durchströmt, die einen Generator antreibt. Zur Dampferzeugung braucht es **Hitze**. Sie wird durch Verbrennen von Kohle, Erdöl, Erdgas, Abfall oder durch Kernspaltung erzeugt.

Stromnetze – Hintergrundinformationen

Lehrerinformation



Wesentlich ist, dass es sich beim Auftreten von elektrischem Strom **nicht um ein „Fliesen“** im eigentlichen Sinne handelt, sondern um einen Prozess oder Vorgang. Es „fließt“ also kein Strom in der Glühlampe (man kann der Einfachheit halber dennoch beim umgangs-sprachlichen Begriff „Fliesen“ bleiben, wenn man dabei die Wirkungen des elektrischen Stroms differenziert:

Als **primäre magnetische Wirkung** kann man z.B. das um einen unter Strom stehenden Leiter entstandene Magnetfeld ansehen. Die Bewegung eines Elektromotors kann dagegen stellt die **sekundäre magnetische Wirkung** dar. In ähnlicher Weise kann die Erwärmung eines unter Strom stehenden Leiters als **primäre Wärmewirkung** bezeichnet werden. Die Lichtwirkung bei einem Glühlämpchen ist dann die **sekundäre Wärmewirkung**.

Stromnetze – Hintergrundinformationen

Lehrerinformation



Schülerwissen eher bescheiden

Leider sind viele Vorstellungen zur Elektrizität sind bei der Mehrheit der Schüler in Mittel-, Ober- und Sekundarschulstufe falsch.

Untersuchungen der letzten Jahre zeigen folgende Erkenntnisse:

Legt man Schülern die üblichen Materialien wie Drähte, Lämpchen, Batterien u. ä. vor oder zeigt man elektrische Phänomene und Vorgänge, und lässt sie dann Prognosen abgeben oder Erklärungen formulieren so sind die Resultate eher bedenklich.

Beispiel „Stromkreis“

- Etwa $\frac{3}{4}$ der befragten Schüler waren der Meinung, dass das Lämpchen leuchten würde, wenn die Verbindung zwischen Batterie und Lämpchen **mit einem Kabel** hergestellt würde.
- Nach der **Demonstration**, dass dies nicht der Fall ist, suchten diese Schüler die Ursache weitgehend in defekten oder ungeeigneten Materialien (Batterie kaputt/verbraucht, Lämpchen kaputt, Kabel verstopft, Anschlussklemmen zu dünn u. ä.)
- Nach Demonstration der funktionierenden Schaltung mit **zwei Verbindungskabeln** boten fast alle Schüler (85%) die Erklärung an, dass durch ein Kabel zu wenig Strom/Elektrizität zum Lämpchen kommt, bei zwei Kabeln reicht es zum Leuchten.
- Oft führt der eher selbstentdeckend durchgeführte Unterricht zu einer **Zweizuführungs-vorstellung**: Von beiden Batterieklemmen aus fließt von beiden Seiten durch die Kabel Elektrizität zum Lämpchen. Von den Schülern, die anfangs **keine Stromkreisvorstellung** geäußert hatten, erklärt niemand den Misserfolg „mit einem Kabel“ und den Erfolg „mit zwei Kabeln“ bzw. mit einer „Stromkreis-vorstellung“. Diese Vorstellung ist offensichtlich extrem unplausibel, die Zweizuführungsvorstellung – in allen möglichen Varianten – als spontane Erklärung dagegen sehr einleuchtend.
- Häufigste Meinungen:

Zweizuführungsvorstellung: Fast Schüler sind der Meinung: Durch beide Anschlüsse fließt die gleiche „Substanz“ in gleicher Menge zum Lämpchen. Oder: Aus den beiden Batterieanschlüssen fließt jeweils eine unterschiedliche Substanz zum Lämpchen. – Eine Stromkreisvorstellung, bei der die gleiche Elektrizitätsmenge vor und hinter dem Lämpchen durch das Kabel in die gleiche Richtung fließt, ist sehr selten vorhanden.

Verbrauchsvorstellung: Fast Schüler sind der Meinung, dass im Lämpchen der Strom ganz oder teilweise verbraucht oder verändert wird. Hinter dem Lämpchen fließt demnach ein geringerer Strom als in der Hinleitung, wobei sich als Variante auch die Qualität der Substanz verändert haben kann.

Zweisubstanzvorstellung: Die Vorstellung, irgendetwas Substanzartiges kommt von der Batterie zum Lämpchen, bewirkt dort etwas (das Leuchten des Lämpchens), ohne dass das substanzartige Etwas verbraucht oder wenigstens irgendwie umgewandelt wird, ist für viele Schüler unglaubwürdig, denn sie haben oft erhebliche Schwierigkeiten, die Stromkreisvorstellung und die Erhaltung der Elektrizität zu akzeptieren.

Stromnetze – Hintergrundinformationen

Lehrerinformation



6/8

Möglichkeiten für den Unterricht:

Führt man eine **Unterrichtseinheit zur Elektrizitätslehre** durch und will man vermeiden, dass die Schüler am Ende ausgereifte, hartnäckige **Fehlvorstellungen** haben, die späteres, aufbauendes Lernen erschweren oder sogar blockieren, müssen die **physikalischen Grundideen** in einer für die Schüler nachvollziehbaren Weise vermittelt werden.

Selbstverständlich müssen dazu Elemente offenen Umgangs mit Materialien, spielerische Zugänge usw. ausgewogen mit Phasen etwas engerer Führung bei der Diskussion der schwierigen physikalischen Ideen kombiniert werden.

Beispiel:

Die Verknüpfung von **Stromstärke** bzw. hindurch fließender **Elektrizitätsmenge** mit der beobachtbaren Intensität von Vorgängen (Leuchten eines Lämpchens, Drehzahl eines E-Motors, Ablenkung einer Magnetnadel) ist für alle Schüler plausibel und kann als grundlegende Vorstellung zur Konstruktion weiterführender, akzeptierbarer Argumentketten verwendet werden.

Lehr-Lern-Untersuchungen zeigen auch, dass die **magnetische Wirkung** um stromdurchflossene Leiter für die Einführung der Stromkreisvorstellung recht überzeugend ist.

Lehrmaterial

Die Durchsicht von **Sachunterrichtsbüchern** zeigt, dass sehr oft keine akzeptablen physikalischen Erläuterungen angeboten werden, an die später als weiterführende Grundlage angeknüpft werden kann. Im Gegenteil wird den Schülern sogar eine ganze Reihe von Fehlkonzeptionen nahegelegt.

Steckdosen und Batterien werden durchweg als „**Stromquelle**“ bezeichnet. Die übliche Bedeutung von „Quelle“ verbunden mit der Alltagserfahrung, dass Haushaltsgeräte mit einem Kabel angeschlossen werden, erklärt, weshalb ca. 80 – 90% von in der Mittelstufe erwarten, dass das Birnchen leuchten wird, wenn es mit **einem Draht** mit der Batterie verbunden wird. Die Einführung des Begriffs „**Stromkreis**“ legt dann die Vorstellung von elektrischem Strom als einer in der Batterie gespeicherten Substanz nahe, die nach Anschluss in eine Zuleitung von dem Speicher, der Quelle, zum Birnchen fließt, und dort **verbraucht** wird. Eine Rückführung, wie sie in der Stromkreisvorstellung vorkommt, wäre nach dieser Vorstellung dann sinnlos. Formulierungen wie „Strom wird verschickt“, „Die Batterie liefert den Strom“, „Die Batterie hat noch Strom“, u. ä. finden sich häufig in Schulbüchern und passen nahtlos in das obige Schülerschema und verstärken es. „Die Batterie ist verbraucht“ oder „leer“ sind ebenfalls weit verbreitete Beschreibungen in Sachunterrichtsbüchern und liegen ebenfalls in der Richtung von Vorstellungen einer von der Batterie zum Gerät transportierten Substanz, die dort verbraucht wird.

Dass Schüler zur **Einordnung elektrischer Erscheinungen** eine Verbrauchsvorstellung heranziehen, ist sehr plausibel, da viele Phänomene bzw. Sprachmuster im Alltag („Im Winter verbrauchen wir viel mehr Strom“ u. ä.) einen solchen Aspekt enthalten. Solche Schemata reichen bei Schülern vom völligen Verschwinden der Substanz Strom im Birnchen bis zum Durchgang des elektrischen Stroms durch das Elektrogerät, wobei er sich jedoch dabei in seiner Eigenschaft verändert, indem er z.B. seine Kraft oder Fähigkeit, das Birnchen zum Leuchten zu bringen ganz oder teilweise verliert. Das Absinken der Helligkeit eines Birnchens bei Zuschaltung eines zweiten in Reihe wird von den Schülern in der Regel als Beleg für eine Verbrauchsvorstellung genommen.

Stromnetze – Hintergrundinformationen

Lehrerinformation



7/8

Eines der Ziele der Behandlung elektrischer Erscheinungen im Sachunterricht sollte sein, lernblockierende Vorstellungen wie das **Verbrauchsschema aufzulösen** oder nicht erst aufkommen zu lassen. In keinem Fall also sollten sie den Schülern nahegelegt werden. Denn werden im Unterricht die elektrischen Geräte als „**Stromverbraucher**“ bezeichnet, was eine recht typische Formulierung ist, ist das Ergebnis offensichtlich (es sind eher Stromnutzer).

Lehrtextpassagen wie die folgende sind sinngemäss häufig zu finden: „Der Strom wird im Kraftwerk in so grosser Menge erzeugt, dass eine ganze Gegend versorgt wird. Wenn der Strom einen weiten Weg bis zum Verbraucher zurücklegen muss, braucht er viel Kraft. Deshalb fliesst er als Starkstrom über dicke Überlandleitungen in die Wohngebiete. In der Nähe der Dörfer und Städte wird der Strom in Transformatorenstationen umgeformt. Er wird schwächer gemacht. Dann fliesst er in dünnen Drähten in die Häuser.“

Zunächst ist zu dieser Passage zu sagen, dass sie eine **physikalisch falsche Aussage enthält**: Die Verwendung der Hochspannung geschieht gerade, um eine möglichst geringe Stromstärke in den Überlandleitungen zu haben.

Die Formulierungen, dass der Strom stärker bzw. schwächer gemacht wird, legt den Schülern die Vorstellung sehr nahe, dass dem Strom an sich eine Eigenschaft wie **Kraft oder Stärke** zukommt, die nichts mit Substanzmenge pro Zeit durch Leitungsquerschnitt zu tun hat. Diese Vorstellung tritt bei Mittelstufenschülern häufig auf und blockiert dort das Verständnis des Spannungsbegriffs.

Weiterhin wird in der Lehrtextpassage die Vorstellung erweckt, dass Strom im Sinne von Substanz bzw. Ladung zunächst einmal nicht existiert, sondern hergestellt werden muss. Ist er hergestellt, wird er verschickt, und zwar zum Verbraucher hin, und dort wird er zwangsläufig verbraucht.

Die Darstellung des **Kurzschlusses** erfolgt durchweg in der im Allgemeinen falschen Formulierung als geometrisch kürzerer Weg für den elektrischen Strom.

Der entscheidende Punkt, und zwar die Verbindung der beiden Batterieanschlüsse **ohne dazwischen liegendes Gerät**, wird nur selten vermutet.

Da in der Regel kein Zusammenhang hergestellt wird zwischen der Intensität der Erscheinung am Gerät (Temperatur, Helligkeit, Drehzahl eines Motors, magnetische Wirkung) und der elektrischen Stromstärke, kommt viele Schulbuchautoren leicht zu so unsinnigen Aussagen wie: „Da weiterhin Strom fliesst, erwärmen sich die Leitungsdrähte rasch“. Da nicht gesagt wird, dass sich bei einem Kurzschluss die elektrische Stromstärke im Leiter erhöht, muss sich der Schüler zwangsläufig fragen, warum vor dem Kurzschluss die Leitungsdrähte nicht genau so heiss geworden sind.

Ein ebenfalls verbreitetes Schema ist die Konstanz der elektrischen Stromstärke für eine bestimmte Batterie unabhängig von den angeschlossenen Geräten. Die elektrische Stromstärke wird also als eine Eigenschaft der Batterie betrachtet. Lehrtextformulierungen wie die folgende erzeugen oder verstärken solche Vorstellungen: „Du wirst in Versuchen einiges über Strom erfahren. Dazu verwendest du eine 4,5V-Flachbatterie, die nur einen schwachen Strom erzeugt. Du darfst die gleichen Versuche aber keinesfalls mit starkem Strom, wie er aus der Steckdose kommt, machen.“

Um sicherzustellen, dass die komplexeren Zusammenhänge der Elektrizität, wie sie bei Kraftwerken, Diskussionen über alternative Stromerzeugung und den Energievergleich mit anderen Energieträgern auftauchen, gilt es die Grundlagen zurechtzurücken und eventuell nochmals zu repetieren. Die wesentlichen Grundlagen werden auf der nächsten Seite aufgezählt.

Stromnetze – Hintergrundinformationen

Lehrerinformation



Grundlagen des Themas „Elektrizität“:

- Symbole für elektrische Geräte
- Elektrische Stromstärke
- Wirkungen des elektrischen Stroms
- Stromkreisvorstellung (Modelle)
- Regeln für die elektrische Stromstärke
- Elektrische Spannung
- Aufbau und Funktion der Glühlampe
- Elektrischer Widerstand
- Elektrizitätsleitung in Flüssigkeiten und Gasen
- Galvanisches Element "Taschenlampenbatterie"
- Elektromagnet
- Elektromotor: Erzeugung von Bewegung
- Elektrische Generatoren
- Elektromagnetische Induktion
- Gleich- und Wechselspannung
- Transformator
- Elektrizitätsversorgung
- Brennstoffzelle - eine neue Möglichkeit der Elektrizitätsversorgung
- Gefahren des elektrischen Stromes

Die nachfolgenden Lektionen befassen sich mit

„Netzwerke, der Weg in die Steckdose“

„Windkraft“

„Solarenergie“

„Klima“

„Energie aus Erdöl und Erdgas“

Es handelt sich um einführende Lektionen, die im Einzelfall zu einer Vertiefung mit entsprechenden Experimenten, mit Anschauungsmaterial, Diskussionen und Exkursionen anregen.