

ENERGIEQUELLEN, INSBESONDERE ERNEUERBARE ENERGIEN

- Das ist noch ein wichtiges Kapitel.

Wärme-kraftwerke



1 Ein modernes Wärmekraftwerk

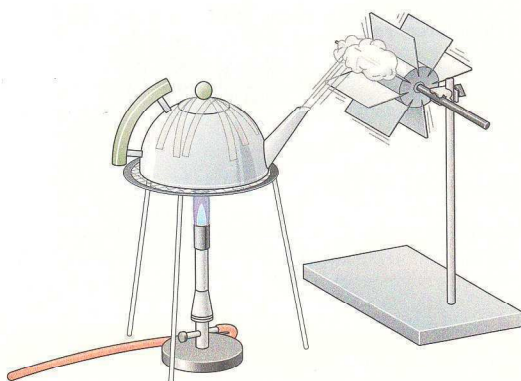
Ein Modellversuch

Aus der Luft betrachtet sieht ein modernes Wärmekraftwerk ziemlich kompliziert aus (▷ B 1). Kühltürme, Schornsteine und viele Gebäude sind über ein großes Gelände verteilt. Doch die Funktionsweise eines solchen Kraftwerks kannst du dir mithilfe eines einfachen Modellversuches verdeutlichen.

In einem Teekessel wird Wasser mit einem Brenner erwärmt (▷ B 2). Das Wasser beginnt zu sieden und geht in den gasförmigen Zustand über. Der Wasserdampf wird auf ein kleines Turbinenrad geleitet und versetzt es in Drehung. Das Turbinenrad ist mit einem Dynamo verbunden, der die gewünschte Elektrizität erzeugt.

Die Funktionsweise eines Wärmekraftwerks

Die im Modellversuch beschriebenen Abläufe findest du auch in einem Wärmekraftwerk wieder – nur in einer ausge-



2 Das Modell eines Wärmekraftwerks

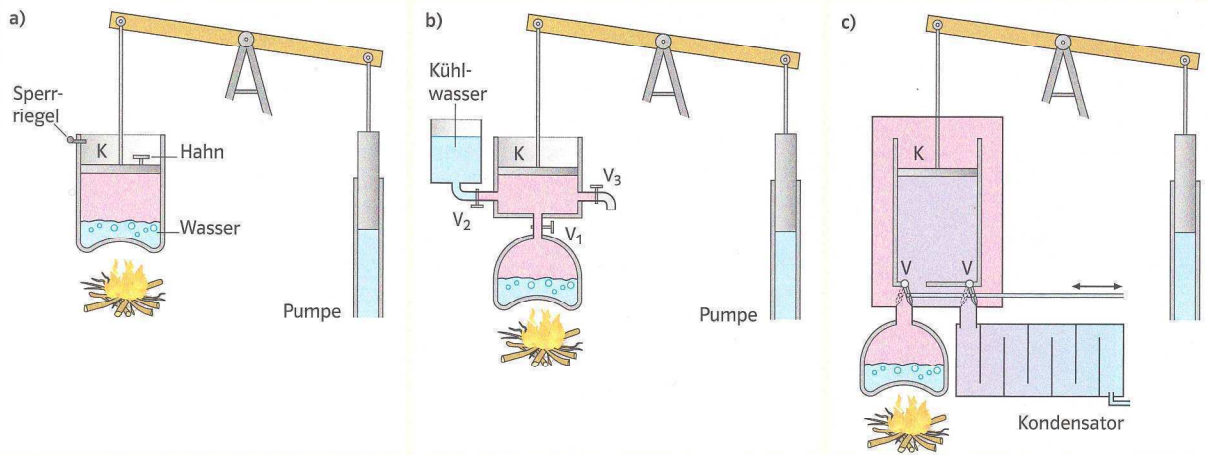
reifteren Technik. Als Brennstoff dienen Braunkohle, Steinkohle, Erdöl oder Erdgas. In einem Kernkraftwerk wird Uran als Brennstoff verwendet. Bei der Verbrennung dieser Stoffe bzw. durch die Spaltung des Urans wird sehr viel Wärme frei.

Im Dampferzeuger wird dadurch Wasser erwärmt (▷ B 3). Es beginnt unter hohem Druck zu sieden. Der dabei entstehende über 500 °C heiße Wasserdampf wird auf eine Turbine geleitet. Hier erfolgt die Umwandlung der Wärmeenergie des Dampfes in Bewegungsenergie. An die Turbine ist ein Generator angeschlossen, der die Bewegungsenergie in elektrische Energie umwandelt.

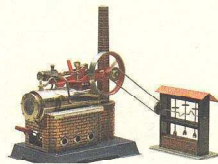
Der „abgearbeitete“ Dampf aus der Turbine kühlt sich im Kondensator ab. Es entsteht wieder flüssiges Wasser, das zurück in den Dampferzeuger geleitet wird. So entsteht ein geschlossener Kreislauf.

Damit der Wasserdampf kondensiert, wird er von außen gekühlt. Früher verwendete man zur Kühlung überwiegend Flusswasser. Viele ältere Kraftwerke stehen deshalb an den großen Flüssen. Allerdings wurde das Flusswasser dadurch zu stark erwärmt. Heute übernehmen Kühltürme diese Aufgabe. Du kannst sie schon von weitem erkennen, sie sind ein typisches Merkmal eines Wärmekraftwerks (▷ B 1).

▶ In einem Wärmekraftwerk wird Wasserdampf zur Erzeugung der elektrischen Energie verwendet. Das Wasser durchläuft dabei einen geschlossenen Kreislauf.



B1 Denis Papin 1690 (a), Thomas Newcomen 1712 (b), James Watt 1765 (c)



B2 Spielzeug-Dampfmaschine mit Hammerwerk

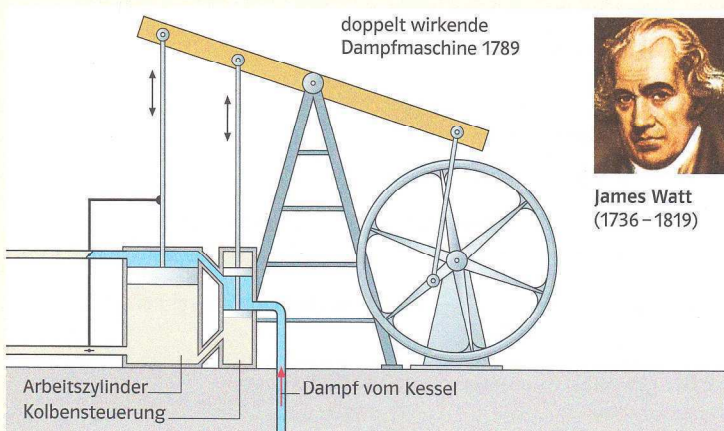
Ende des 17. Jahrhunderts bemühten sich viele Physiker in England um die Entwicklung von Maschinen zum Abpumpen des in Bergwerkstollen eindringenden Grundwassers. Die erste einsatzfähige entwickelte Thomas Newcomen.

1690 konstruierte **Denis Papin** eine Maschine, in der ein Kolben K in einem Zylinder durch heißen Wasserdampf nach oben bewegt wird. In der höchsten Position hält ein Sperrriegel den Kolben. Das Feuer wird gelöscht. Nach Abkühlung drückt der Luftdruck den Kolben nach unten. Dabei wird das Pumpengestänge gehoben und Arbeit verrichtet.

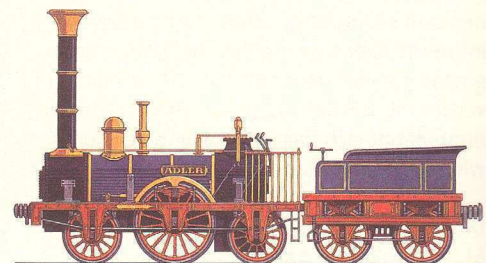
1712 verbesserte **Thomas Newcomen** diese Idee, indem er das Wasser nicht mehr direkt im Zylinder erhitze. Er ließ heißen Dampf durch ein Dampfventil V_1 in den Zylinder strö-

men. Der Kolben wurde gehoben. Dann wurde das Ventil V_1 verriegelt. Durch Einströmen von Kühlwasser durch das Ventil V_2 konnte der Wasserdampf schnell gekühlt und kondensiert werden, sodass der Kolben durch den äußeren Luftdruck nach unten bewegt wurde. Es brauchte nicht mehr der gesamte Wasservorrat gekühlt zu werden. Durch Ventil V_3 wurde das kondensierte Wasser abgelassen.

1765 gelang es **James Watt**, Ausdehnung und Abkühlung in getrennten Bereichen durchzuführen. Er ließ Auf- und Abwärtsbewegung durch den heißen Wasserdampf ausführen, indem dieser abwechselnd, durch Ventile gesteuert, in den Bereich unter und über dem Kolben strömte. Der im jeweils vorangegangenen Arbeitsgang benutzte Dampf strömte in einen Extrazylinder, den Kondensator, und konnte schnell abkühlen und kondensieren. Dadurch brauchte der Kolben bei der Aufwärtsbewegung nur gegen einen geringeren Druck als den Luftdruck verschoben zu werden.



B3 Nachbildung der Dampfmaschine von James Watt

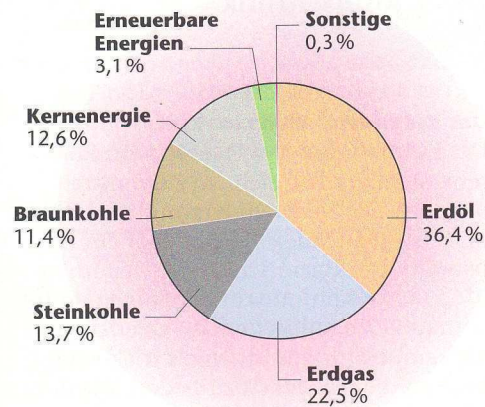


B4 Für die erste deutsche Eisenbahnverbindung von Nürnberg nach Fürth (7.12.1835) wurde eine Dampflokomotive aus England importiert. Die „Adler“ erreichte 40 km/h.

Primärenergie, Sekundärenergie, Nutzenergie



1 Erdöl – eine der wichtigsten Energiequellen



4 Primärenergieverbrauch in Deutschland (2005)

Woher kommt unsere Energie?

Ständige Verfügbarkeit von Wärme und Licht, Erleichterung unserer Arbeit, komfortabler Austausch von Nachrichten, rasche, sichere Fortbewegung, ... – all das sind Wünsche, die sich der Mensch heute erfüllt hat.

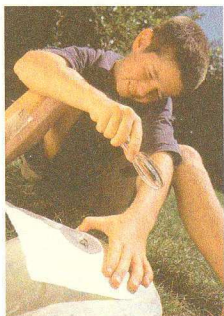
Die Maschinen und Geräte, die bei der Erfüllung dieser Wünsche helfen, haben eines gemeinsam: Sie benötigen Energie. Woher nehmen wir diese Energie?

Primärenergien

Jede Art von Energie hat ihren Ursprung in der Natur. Diese ursprünglichen, natürlichen Energieformen bezeichnet man als Primärenergien. Man kann drei Gruppen von Primärenergiequellen unterscheiden.

1. Unerschöpfliche Energiequellen

Die wichtigste Energiequelle für die Erde ist die Sonne (▷ B2). An einem wolkenlosen Junitag beträgt die maximale Strahlungsleistung zur Mittagszeit ungefähr 1 kW/m^2 . Diese Größe ist jedoch – abhängig von Ort, Wetterlage, Tages- und Jahreszeit – starken Schwankungen unterworfen.



2 Gebündelte Sonnenstrahlen können Papier entzünden.

Eine weitere im erdgeschichtlichen Maßstab unerschöpfliche Energiequelle ist die Erdrotation (▷ B3). In Verbindung mit der Sonne sowie der Anziehungskraft zwischen Erde und anderen Himmelskörpern verursacht die Erdrotation Wellen, Gezeiten und Winde. Schließlich steht uns die geothermische Energie aus dem Erdinneren (Erdwärme) zur Verfügung.

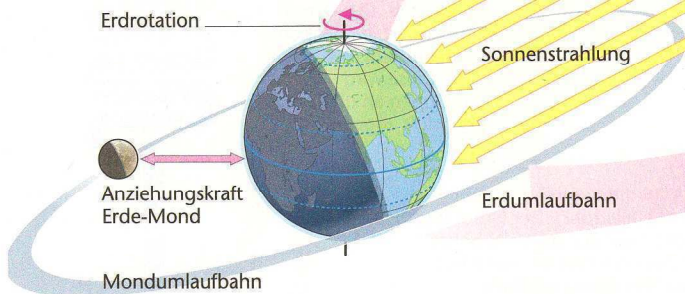
2. Regenerative Energiequellen

Heute werden verstärkt so genannte „regenerative“ Energiequellen genutzt, deren Vorräte sich ständig erneuern. Dazu gehören Windenergie, Gezeitenenergie, Biomasse und Wasserkraft (Laufwasser, Meerwasser). Doch auch sie beziehen ihre Energie im Wesentlichen aus den in absehbaren Zeiträumen nicht versiegenden Quellen Sonne, Erdwärme und Erdrotation.

Die regenerativen Energiequellen sind zwar unerschöpflich, doch sie stehen uns nicht ohne weiteres zur Verfügung. So ist z. B. die Windenergie nur dort sinnvoll nutzbar, wo der Wind regelmäßig und stark weht, also an Meeresküsten und auf den Gipfeln von Bergen. Hohe Anlage- und Nutzungskosten, eine derzeit noch nicht ausgereifte Technik oder Unbeständigkeit in der Erzeugung sind Gründe dafür, dass wir diese Energiequellen heute nur ergänzend zu den fossilen Energiequellen nutzen.

3. Fossile Brennstoffe

Die fossilen Brennstoffe Kohle, Erdöl (▷ B1) und Erdgas bilden eine wichtige Grundlage unseres hohen Lebensstandards. Aber die begrenzten Vorräte, die in vielen Millionen Jahren entstanden sind,



3 Das System aus Sonne, Erde und Mond stellt eine unerschöpfliche Energiequelle dar.

müssen geschont werden. Deshalb unternimmt man große Anstrengungen, um die Nutzung der regenerativen Energieträger zu verbessern. Dazu sind neue, kostengünstigere Techniken erforderlich. Gleichzeitig müssen wir lernen, mit Energie sparsamer umzugehen. Verbrauchsärmere Motoren, bessere Gebäudeisolierung oder veränderte Lebensgewohnheiten können helfen, die fossilen Energiereserven zu schonen.

Alle Energie von der Sonne

Die chemische Energie, die in den fossilen Energieträgern Kohle, Erdöl, Erdgas, Torf oder Holz gespeichert ist, hat ihren Ursprung in der Energie der Sonne. Diese Brennstoffe entstanden vor Millionen von Jahren aus den Überresten von Pflanzen und Tieren. Diese wiederum waren erst durch die Energie der Sonne lebensfähig, die sie für ihre Wachstumsprozesse benötigten.

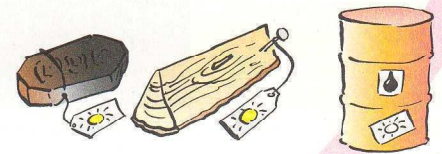
Sekundärenergien

Um die Primärenergien für unsere Zwecke nutzbar zu machen, werden sie zum größten Teil in Sekundärenergieformen umgewandelt (> B4). So gewinnt man aus Erdöl die Sekundärenergieträger Heizöl, Dieseldieselmotoren oder Benzin und aus Kohle Koks, Briketts oder Brenngase. Aus Erdwärme oder Biomasse kann Fernwärme gewonnen werden. Und praktisch aus jeder Primärenergieform lässt sich elektrische Energie erzeugen.

Nutzenergie

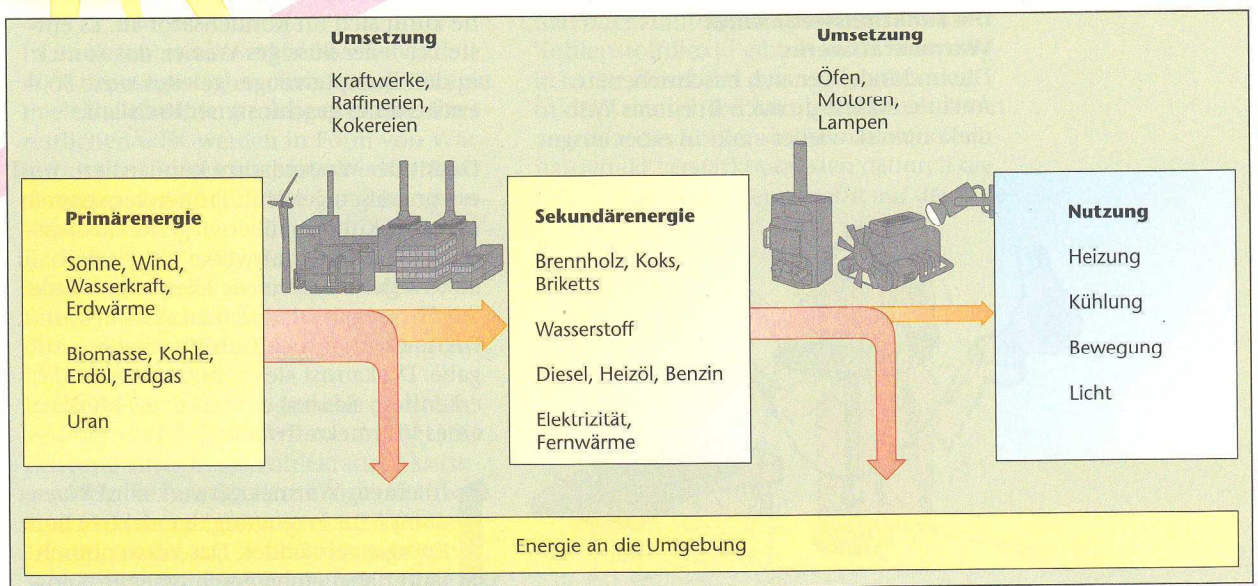
Bei der Nutzung durch den Menschen erfolgen weitere Umwandlungsprozesse, die Sekundärenergie wird dabei in Nutzenergie umgewandelt. Wichtige Formen der Nutzenergie sind Wärme, Licht oder Bewegungsenergie.

Jede Art von Energie hat ihren Ursprung in der Natur. Man unterscheidet Primärenergie, Sekundärenergie und Nutzenergie.



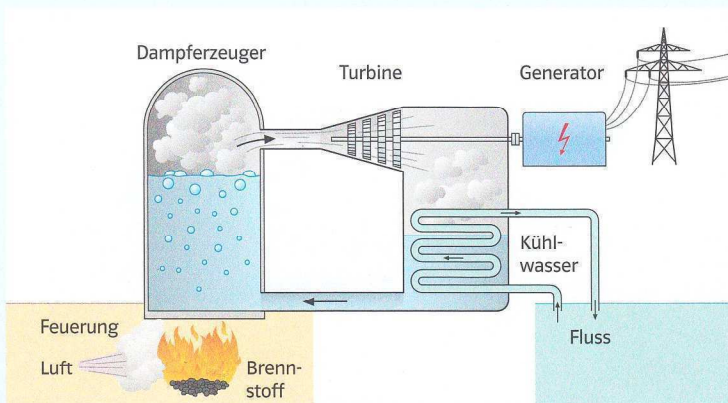
Aufgaben

- 1 Mit welchem Brennstoff wird bei dir zu Hause geheizt? Welche Vor- und Nachteile hat die Nutzung dieses Energieträgers gegenüber anderen?
- 2 Was könntest du gemeinsam mit deiner Familie tun, um Energie zu sparen?
- 3 Du nutzt täglich elektrische Energie, z. B. beim Trocknen deiner Haare mit einem Haartrockner. Erkläre, wieso auch diese Energie ihren Ursprung in der Natur hat.



4 Die Umwandlung von Primärenergie in Nutzenergie

Kraftwerke



B1 Prinzip eines Kraftwerks mit chemischen Brennstoffen

Wie wird elektrische Energie bereitgestellt?

In Deutschland werden jährlich rund 440 Mrd. kWh elektrische Energie bereitgestellt. Das sind 22% des Gesamtbedarfs an Energie. Elektrische Energie ist sauber und bequem nutzbar und kann durch Drähte gut überall hin transportiert werden. Der größte Teil wird in Kraftwerken aus fossilen Brennstoffen oder aus spaltbarem Uran gewonnen. B1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Kraftwerkes.

Elektrische Energie Elektrische Energie kann man aus den verschiedensten Energiequellen entnehmen. Häufig verwendet man eine Turbine, d. h., es wird zunächst als Zwischenschritt aus der jeweiligen Energieform Bewegungsenergie erzeugt. Mithilfe dieser Bewegungsenergie wird ein Generator angetrieben, der elektrische Energie erzeugt, ähnlich einem Fahrraddynamo. Wie sieht diese Umwandlung in elektrische Energie konkret aus? Welche Möglichkeiten hierfür gibt es und welche werden hauptsächlich genutzt?

Elektrische Energie „aus Feuer“ Kohle, Erdöl und Erdgas sind sogenannte **fossile Energieträger**. Sie sind während der vergangenen Millionen Jahre entstanden und werden seit ca. 200 Jahren von den Menschen systematisch aus der Erde abgebaut. In großen Kraftwerken werden sie verbrannt. Aus der inneren Energie (genauer: der chemischen Energie), die beim Verbrennen frei wird, wird über Flüssigkeitskreisläufe Wasserdampf erzeugt. Mit dem Wasserdampf wird dann eine große zum Generator gehörende Turbine angetrieben. Das Prinzip zeigt B1.



B2 Windkraftanlage

Mit dem gleichen Prinzip wird auch die Elektrizität in **Kernkraftwerken** erzeugt. Hier findet keine chemische Verbrennung statt, sondern es wird die bei der Kernspaltung freiwerdende Energie (Kernenergie) über die innere Energie des Wasserdampfs in elektrische Energie umgewandelt. Trotz ihrer enormen Energieausbeute dürfen die Gefahren der Kernenergie nicht verharmlost werden. Denn zum einen müssen mehrstufige Schutzvorkehrungen

getroffen werden, damit bei einem Störfall keine Radioaktivität austreten kann. Darüber hinaus müssen die nicht verwendbaren anfallenden radioaktiven Stoffe gelagert werden. In Deutschland geschieht dies in geologischen Formationen, die mehrere hundert Meter unter der Erdoberfläche liegen. Wichtig ist, dass diese wasserundurchlässig und erdbebensicher sind.

Elektrische Energie „aus Wind“ Diese Form der Energiegewinnung ist sehr einfach. Der Wind treibt die großen Rotorblätter der **Windkraftanlagen** an, durch die wiederum der Generator betrieben wird (→ B2).

Elektrische Energie „aus Wasser“ Wasserkraftwerke nutzen den natürlichen Wasserkreislauf aus. Sie werden in vier Kategorien unterteilt: **Laufwasserkraftwerke**, die das Gefälle an Flüssen nutzen. **Speicherkraftwerke** nutzen Wasser hoch gelegener natürlicher Seen oder künstlicher Talsperren. Mit **Pumpspeicherkraftwerken** wird der Bedarf zu Spitzenlastzeiten abgedeckt. In **Gezeitenkraftwerken** wird die Wasserbewegung von Ebbe und Flut genutzt, in **Wellenkraftwerken** die Wellenbewegung allgemein.

Somit gibt es Kraftwerke, die erneuerbare („regenerative“) Energie benutzen, z. B. **Solar-, Wasser-, Wind- und Geothermiekraftwerke**.

Jeder Kraftwerkstyp hat bestimmte Standortvoraussetzungen, Vor- und Nachteile. Diese zeigt die folgende Seite für einige Kraftwerkstypen, die nicht fossile Energieträger nutzen.

Energiequellen und Art der Nutzung	Standortvoraussetzungen	Vorteile	Nachteile
<p>Laufwasserkraftwerke (Wasser) nutzen das strömende Wasser des Flusses</p>		<p>genügend Gefälle, ausreichende Wassermenge</p>	<p>niedrige Fallhöhe des Wassers ist ausreichend Probleme durch schwankende Wasserhöhen sind möglich</p>
<p>Speicherkraftwerke (Wasser) nutzen die Energie von aufgestautem Wasser z. B. bei Talsperren</p>		<p>geeignete Geländeformen: Höhenunterschiede</p>	<p>kurzfristige Abgabe großer Energiemengen für Spitzenbedarf ist möglich der Bau ist ein großer Eingriff in die Landschaft, möglicher Wassermangel bei Trockenzeiten</p>
<p>Gezeitenkraftwerke (Wasser) nutzen in engen Meeresbuchten die Wasserströmung beim Steigen und Fallen des Wassers (Ebbe und Flut)</p>		<p>hoher Tidenhub, geeignete Buchten oder Flussmündungen</p>	<p>Großanlagen möglich Energie nur zeitweise verfügbar, technisch aufwendig, hoher Verschleiß durch Salzwasser</p>
<p>Sonnenkollektoren (Sonne): Die Sonnenenergie erhitzt Wasser und Kollektoren, z. B. für Warmwasser zum Duschen</p>		<p>hohe Sonnenscheindauer, in den Tropen und Subtropen besonders gut geeignet</p>	<p>unerschöpflich, wichtig in Gebieten, die nicht an die Stromversorgung angeschlossen sind Energie nicht immer verfügbar, Stromerzeugung technisch sehr aufwendig, großer Flächenbedarf bei Großanlagen</p>
<p>Solarzellen (Sonne): direkte Umwandlung von Licht in elektrische Energie („Fotovoltaik“)</p>			
<p>Windkraft: Windrad (Rotor) treibt einen Generator zur Stromerzeugung an</p>		<p>gleichmäßig starke Winde (Küsten, Ebenen, Berggipfel)</p>	<p>nicht immer verfügbar, geringe Leistung, große Windanlagen beeinträchtigen das Landschaftsbild</p>
<p>Geothermiekraftwerke: Nutzung der Energie im Erdinneren (Heißdampf, Heißwasser) für Heizung oder Stromerzeugung</p>		<p>Vulkangebiete, Schwächezonen der Erdkruste (z. B. Norditalien, Kalifornien)</p>	<p>gleichmäßige Energieabgabe günstige Standorte schwer vorhersagbar bzw. ermittelbar</p>

Regenerative Energien – Wasser- und Windkraft



1 Ein Wasserkraftwerk



- Rotorblattverstellung
- Bremsvorrichtung
- Generator
- Getriebe

Was sind eigentlich „regenerative Energien“?

Zur Erzeugung elektrischer Energie werden große Mengen an Kohle, Erdöl und Erdgas verbrannt. Diese Energieträger können sich in überschaubarer Zeit nicht neu bilden, sie gehören zu den **erschöpflichen Energiequellen**.

Es gibt andere Energieträger, die sich unter dem Einfluss der Sonne ständig erneuern. Das Wasser einer Talsperre wird immer wieder aufgefüllt und kann zur Stromerzeugung genutzt werden. Die Wasserkraft ist eine Quelle erneuerbarer und somit regenerativer Energie.

Bei der Nutzung regenerativer Energie werden weniger Schadstoffe freigesetzt, sie gilt deshalb als umweltfreundlicher als die Energie, die aus fossilen Brennstoffen gewonnen wird.

Alles fließt – Wasserkraft

Das Prinzip eines Wasserkraftwerks ist einfach: Das Wasser eines hochgelegenen Stausees (▷ B 1) oder eines Flusses wird durch Rohrleitungen auf eine in geringerer Höhe angebrachte Turbine geleitet. Diese wird in Bewegung gesetzt und treibt einen Generator zur Stromerzeugung an. Wasserkraftwerke geben während des Betriebes keine Schadstoffe ab. Zudem wandeln sie bis zu 90% der Lageenergie des Wassers in elektrische Energie um und erzeugen wenig unerwünschte Abwärme. Die Wasservorräte in den Stauseen und den Flüssen sind in Deutschland allerdings zu gering, um die Wasserkraft weiter ausbauen zu können. In anderen Ländern wie Norwegen oder der Schweiz hat die Wasserkraft einen höheren Anteil an der Stromerzeugung als in Deutschland.

Die Nase im Wind – Windkraftwerke

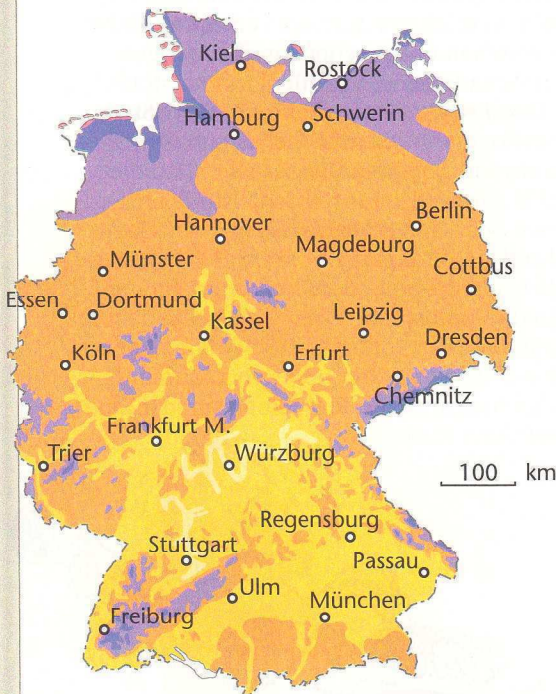
Wind gibt es fast überall und die Idee, ihn zu nutzen, ist nicht neu. Seit vielen hundert Jahren treibt die Energie des Windes Mühlen und Segelboote an.

Zunehmend wird die Windenergie auch zur Erzeugung von elektrischer Energie eingesetzt. In modernen Windkraftanlagen treibt der Wind einen Rotor an, der – häufig über ein Getriebe – mit einem Generator verbunden ist (▷ B 2).

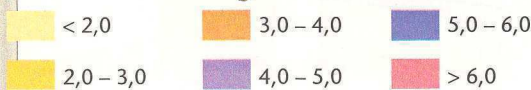
Die elektrische Energie, die ein Windkraftwerk erzeugt, ist stark abhängig von der Geschwindigkeit des Windes. Man geht davon aus, dass die mittlere Windgeschwindigkeit ca. 4 m/s betragen muss, damit ein Windkraftwerk wirtschaftlich arbeitet.

An den Küsten ist diese Bedingung erfüllt. Landeinwärts nimmt die durchschnittliche Windgeschwindigkeit generell ab (▷ B 3). Deshalb müssen im Binnenland höher gelegene Standorte gewählt werden, um die erforderlichen Windgeschwindigkeiten zu erreichen.

2 Eine Windkraftanlage



100 km



3 Mittlere Windgeschwindigkeiten in Deutschland (in m/s)

Regenerative Energien – Solar- und Brennstoffzellen

Auf der Sonnenseite – Solarzellen

Taschenrechner sind standardmäßig damit ausgerüstet. Geräte mit einem geringen Strombedarf werden häufig durch Solarzellen versorgt. Sie erzeugen während des Betriebes keine belastenden Schadstoffe und gelten daher als umweltfreundliche Spannungsquellen.

Eine einzelne Solarzelle liefert nur eine geringe Spannung und eine geringe Stromstärke. Um höhere Leistungen zu erzeugen, schaltet man viele Solarzellen zu einem **Modul** zusammen. Durch mehrere Module kann ein Haushalt mit Elektrizität versorgt werden (\triangleright B 3).

Kein Licht, keine Elektrizität?

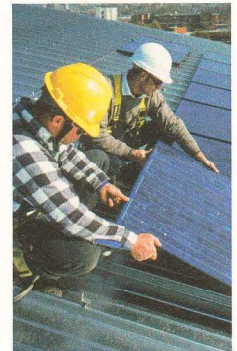
Eine Solarzelle wandelt die Energie des Sonnenlichts direkt in elektrische Energie um (\triangleright V 1a). In der Nacht oder an einem bewölkten Tag können Solarzellen keine oder nur sehr wenig Elektrizität erzeugen. Wir verlangen jedoch zu jeder Tages- und Nachtzeit eine zuverlässige Elektrizitätsversorgung.

Gibt es eine Möglichkeit, die in den Sonnenstunden des Tages erzeugte elektrische Energie zu speichern, um sie bei Dunkelheit wieder abzugeben? Batterien sind dazu zu schwer und zu teuer. Man kann aber mithilfe des elektrischen Stromes Wasser in die Gase Wasserstoff und Sauerstoff zerlegen (\triangleright V 1b). Wasserstoff lässt sich für längere Zeiten speichern. Bei Bedarf wird er verbrannt und durch die entstehende Wärme kann wieder elektrische Energie gewonnen werden. Das „Abfallprodukt“ dieser Verbrennung ist vor allem Wasser, die Umwelt wird nur wenig belastet. Auch die Verbrennungsmotoren von Autos lassen sich mit dem umweltfreundlicheren Wasserstoff betreiben.

Elektrizität aus Wasserstoff – Brennstoffzellen

Brennstoffzellen erzeugen Elektrizität aus Wasserstoff und Sauerstoff, indem sie die chemische Energie des Wasserstoffs direkt in elektrische Energie umwandeln (\triangleright V 1c). Bei dieser Reaktion entsteht nur reines Wasser. Dabei arbeiten Brennstoffzellen wirkungsvoller, leiser und umweltfreundlicher als konventionelle Kraftwerke. Brennstoffzellen gibt es für viele Aufgaben und Leistungen: Sie können sowohl Mobiltelefone als auch ganze Häuser mit Elektrizität versorgen.

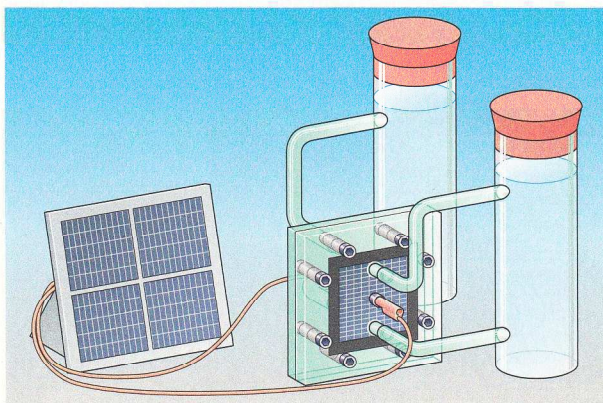
Die ersten Elektroautos fahren bereits mit Brennstoffzellen. Vielleicht ist die Zeit nicht mehr fern, in der Autos nur noch Wasserdampf ausstoßen und jedes Haus seine eigene Elektrizität durch Brennstoffzellen erzeugt.



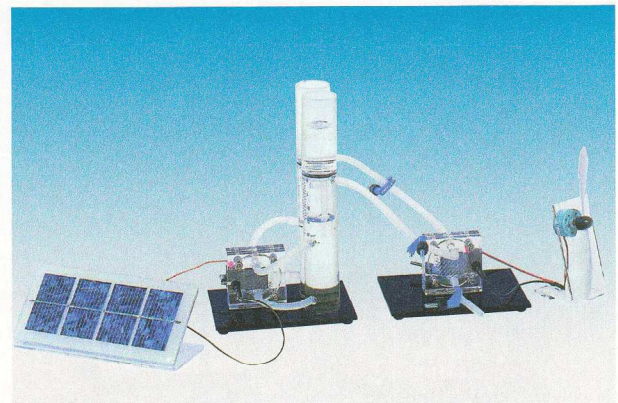
3 Montage von Solarmodulen

Versuch

- 1 a) Schließe an eine Solarzelle einen kleinen Elektromotor an. Stelle eine helle Lichtquelle vor die Solarzelle und beobachte den Elektromotor.
 - b) Tausche den Elektromotor gegen einen Elektrolyseur aus. (Ein Elektrolyseur ist eine Vorrichtung zur Zerlegung des Wassers in Wasserstoff und Sauerstoff.) Beleuchte die Solarzelle etwa 5 Minuten mit der Lichtquelle und beobachte die Vorgänge im Elektrolyseur (\triangleright B 1).
 - c) Verbinde die beiden Gastanks des Elektrolyseurs über zwei kleine Schläuchen mit einer Brennstoffzelle. Schließe die Brennstoffzelle an den Elektromotor an.
- Was kannst du beobachten, wenn du die Gaszufuhr öffnest (\triangleright B 2)?

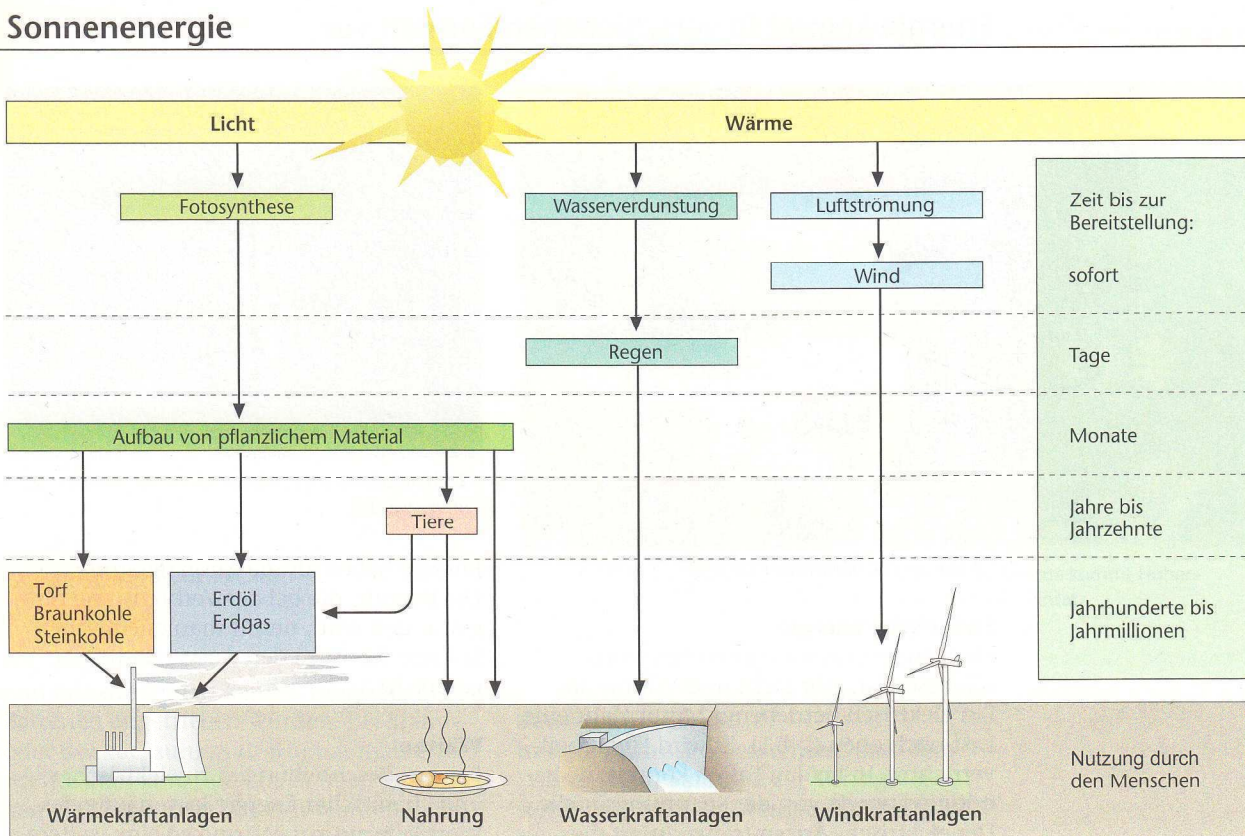


1 Versuchsaufbau zu V1b



2 Versuchsaufbau zu V1c

Sonnenenergie



1 Sonnenenergie ist die Grundlage unserer Existenz.

Die Sonne als Energiequelle

Wenn wir das Wort Sonne hören, denken wir an Urlaub, Strand und Meer. Erst in zweiter Linie betrachten wir die Sonne als Energiequelle, ohne die kein Leben auf der Erde möglich ist.

Von den Pflanzen wird die Sonnenenergie zur Photosynthese benötigt. Dabei produzieren sie Zucker, Stärke und Sauerstoff. Nur Pflanzen können die Sonnenenergie in Nahrung für Tiere und Menschen umwandeln. Somit erhalten Tiere und Menschen über die Nahrungsaufnahme Energie, die einst von der Sonne kam. Die Sonnenenergie ist somit die Grundlage für die Lebensprozesse der Pflanzen und Tiere.

Gespeicherte Sonnenenergie

Vor ca. 350 Millionen Jahren waren die Pflanzen aber auch noch Ausgangsstoff für einen anderen Prozess. Pflanzen starben ab und wurden von Wasser, Schlamm und Erde bedeckt. Kleinste Lebewesen wandelten das Pflanzenmaterial in Torf um. Mit zunehmendem Druck und steigender Temperatur entstand dann aus dem Torf zuerst Braunkohle und schließlich Steinkohle.

Meerestiere und Pflanzen bildeten vor 500 Millionen Jahren auch die Grundlage für Erdöl und Erdgas.

Die Ausgangsstoffe sanken zum Meeresboden und bildeten im Laufe der Zeit mehrere Schichten. Sie wurden von Sand und Ton zugedeckt. Unter Luftabschluss zersetzten Bakterien die Stoffe in fauligen Schlamm. Unter hohem Druck und hoher Temperatur entstanden im Laufe der Zeit Erdöl und Erdgas.

Somit ist die Entstehung von Kohle, Erdöl und Erdgas der Sonne zu verdanken.

Indirekte Nutzung der Sonnenenergie

Die Energie des Windes und des Wassers gehen ebenfalls auf die Sonne zurück. Aufgrund der Sonneneinstrahlung verdunstet Wasser und fällt schließlich als Niederschlag wieder auf die Erde. Die Energie des strömenden Wassers kann in Wasserkraftanlagen genutzt werden. Die Sonne erwärmt Land- und Wasseroberflächen unterschiedlich stark, dadurch entstehen Winde. Windkraftanlagen nutzen diese Energie aus.

Bild 1 gibt dir einen Überblick über die beteiligten Prozesse.

Aufgabe

- 1 Erkläre in eigenen Worten die Zusammenhänge der Grafik (> B 1).

Brennpunkt

Solarmobile und Wasserstoffantrieb



1 Fahrzeuge mit Solarantrieb

Der Antrieb von Autos mit Sonnenenergie

Bei Solarautos (▷ B 1) wandeln Solarzellen die Sonnenenergie direkt in elektrische Energie um. Damit lassen sich ein Elektromotor betreiben oder Batterien aufladen. Ohne Batterien geht es auch beim Solarmobil nicht. Sie werden dann gebraucht, wenn keine Sonne scheint oder wenn ein höherer Energiebedarf besteht, z. B. bei großen Steigungen oder bei höherer Belastung.

Reine Solarfahrzeuge spielen heute noch keine Rolle im Straßenverkehr. Vor allem Hobby-Bastler und Tüftler widmen sich ihrer Entwicklung.

Wasserstoff – eine saubere Alternative

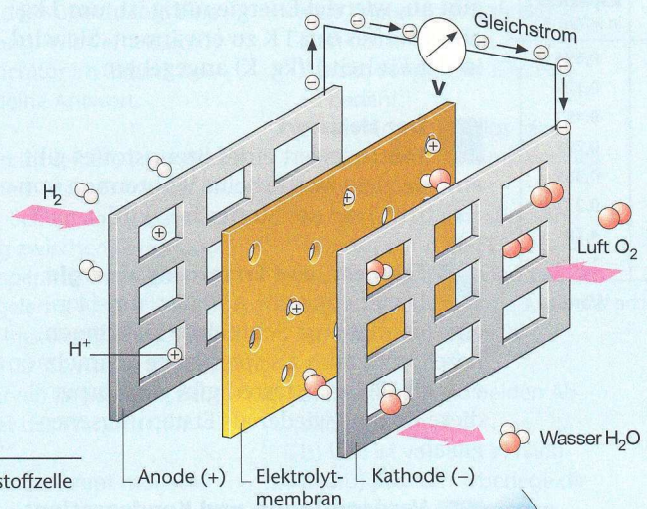
Eine in Zukunft denkbare Alternative ist ein Antrieb mit Wasserstoff. Brennstoffzellen-Aggregate (▷ B 2) erzeugen in einer chemischen Reaktion aus Wasserstoff (H_2) und dem in der Luft ent-

haltenen Sauerstoff (O_2) direkt elektrische Energie. Als einziges „Abgas“ entsteht dabei Wasserdampf (H_2O).

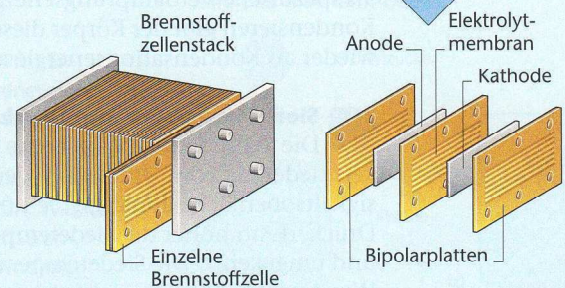
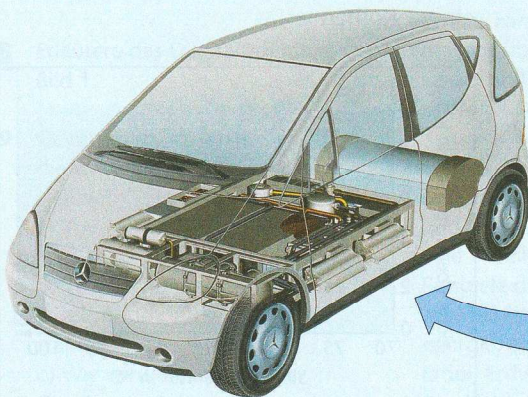
Das Hauptproblem heute ist die Speicherung des Wasserstoffs bzw. das Betanken des Autos. Wasserstoff lässt sich nur bei sehr tiefen Temperaturen und unter hohem Druck verflüssigen.

Die Wasserstofftechnik lässt sich gut mit der Solartechnik verbinden, mit deren Hilfe z. B. die Aufspaltung von Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff erfolgen kann. Der nötige Rohstoff Wasser steht in unbegrenzten Mengen zur Verfügung und der Schadstoffausstoß ist deutlich reduziert.

Eine weitere Technik scheint größere Zukunft zu haben: der Hybridantrieb (lat. hybrida: Mischling). Darunter versteht man einen Antrieb, der eine Kombination aus zwei Energiequellen nutzt, also z. B. einen Elektro- und einen Verbrennungsmotor.



2 Funktionsweise einer Brennstoffzelle



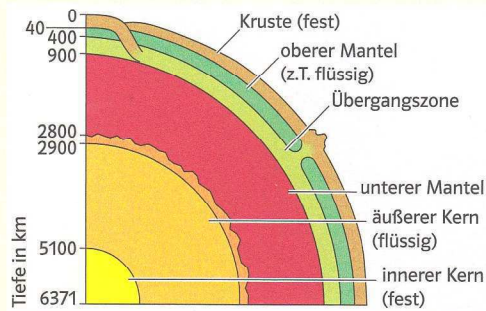
3 Mehrere Brennstoffzellen werden zu einem Stack zusammengefügt.



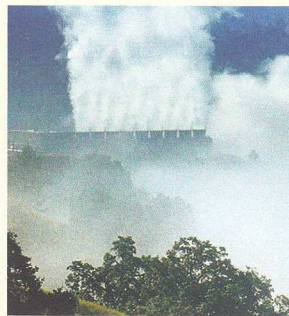
B1 Heiße Quellen

Schon unsere Vorfahren (Kelten, Germanen und Römer), erholten sich im warmen Wasser von Thermalquellen (→B1). Warum die Wärme aus der Erde nicht zum Heizen und zur Stromerzeugung nutzen?

Tatsächlich sind 99% der Erdkugel heißer als 1000 °C, der Erdkern (→B2) ist sogar 6 000 °C heiß! Unter unseren Füßen schlummert eine gewaltige Energiemenge: Zu einem Drittel stammt sie aus der Zeit der Planetenbildung vor etwa 4,5 Milliarden Jahren, zwei Drittel entstehen beim radioaktiven Zerfall natürlicher Stoffe in den Gesteinen von Erdmantel und Erdkruste – also aus der Energie von Atomkernen.



B2 Das Innere der Erde



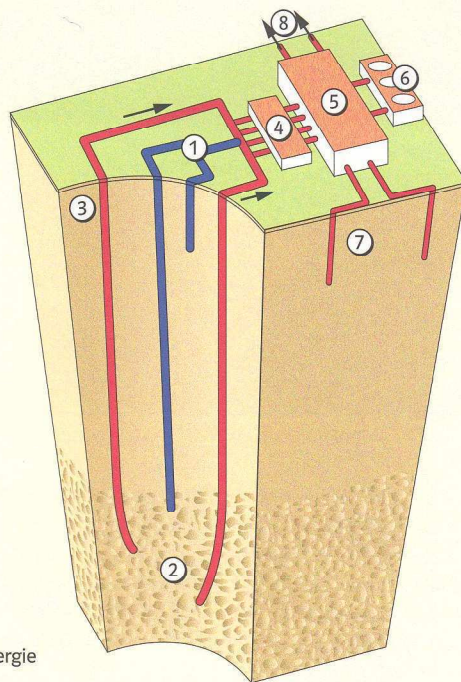
B3 Geothermiekraftwerk

Unsere Erde gibt ca. vier Mal mehr Energie aus ihrem Innern durch Strahlung in den Welt- raum ab, als die Menschheit in gleicher Zeit benötigt. Moderne Geothermiekraftwerke nutzen heißes Wasser aus tiefen Erdschichten direkt oder pressen kaltes Wasser in zer- klüftetes heißes Tiefengestein, wo es sich erhitzt und zurück an die Oberfläche gepumpt wird (→B4).

Allerdings ist das Gestein üblicherweise erst ab 3 000 m Tiefe über 100 °C heiß. So tiefe Bohr- löcher sind sehr teuer, sodass elektrische Energie aus einem Geothermiekraftwerk zur Zeit zwei- bis dreimal so viel kostet wie die eines Öl- oder Gaskraftwerks. Bei Karlsruhe sind ein Geothermiekraftwerk für 20 000 Haushalte und das Forschungszentrum geplant.

Solkraftwerke arbeiten nur bei Sonnenschein, Kernkraftwerke produzieren gefährlichen und schwer zu entsorgenden Abfall. Fossile Brennstoffe sind klimaschädlich und als Roh- stoffe für z. B. Kunststoffe und Medikamente zu wertvoll, als sie lediglich zu verheizen.

Die Energie aus der Erde ist umwelt- und klima- freundlich sowie unabhängig von Jahreszeiten und Wetter – ist sie die Energie der Zukunft? Hinderlich ist immer noch der enorme Aufwand, um die nutzbaren unterirdischen Ressourcen einer Region zu ermitteln.



- ① Injektionsbohrung mit Injektionspumpe
- ② Kluftsystem (Tiefe ca. 4000–5000 m, ϑ ca. 200 °C)
- ③ Produktionsbohrungen
- ④ Wärmetauscher
- ⑤ Turbinenhaus
- ⑥ Kühlung
- ⑦ Hochtemperatur-Untergroundspeicher für Überschussenergie
- ⑧ Verbraucher: Strom und thermische Energie

B4 Das Konzept des „Hot Dry Rock“-Geothermiekraftwerks in Bad Urach

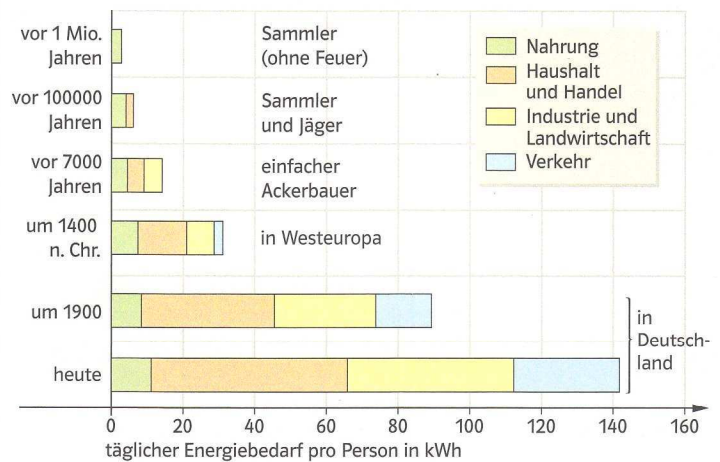
■ A1 Wie stark nimmt die Temperatur pro 100 m Tiefe mindestens zu?

■ A2 Manchmal bohrt man vergeblich bis in 4 000 m Tiefe. Überlege warum!

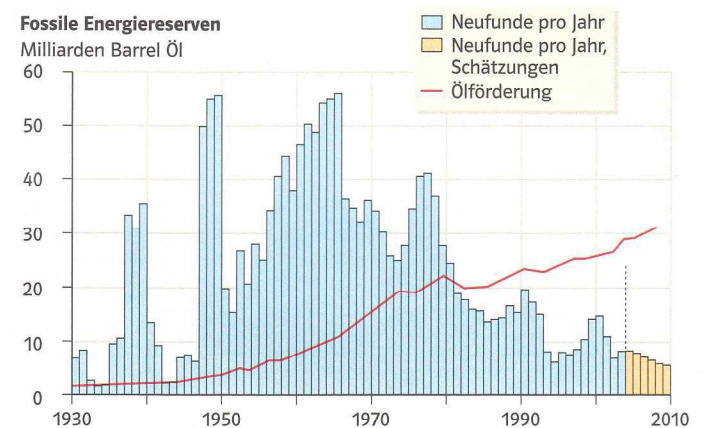
Energie in Reserve? Die in den fossilen Bodenschätzen der Erde gespeicherte Primärenergie wird seit vielen Jahrzehnten in technisch ausgereiften „thermischen Kraftwerken“ zur Erzeugung großer Mengen billiger elektrischer Energie genutzt, um unseren heutigen Energiehunger zu stillen (→ B1). Die bei der Verbrennung von Kohle und Öl im „Rauchgas“ enthaltenen umwelt- und gesundheitsgefährdenden Stäube und Abgase können mit modernen Filtern und Rauchgas-Waschanlagen fast vollständig unschädlich gemacht werden. Wie aber B2 zeigt, werden immer weniger Ölfelder neu entdeckt, obwohl immer mehr Öl gefördert wird. Bei gleich bleibendem Erdölverbrauch reichen die derzeit bekannten Lagerstätten noch ca. 40 Jahre, Erdgas etwa 70 Jahre. Nur die Kohlevorkommen decken noch über 200 Jahre den Bedarf. Experten befürchten aber, dass sich der Weltenergiebedarf in den nächsten 50 Jahren verdreifachen könnte. Man hofft zwar, mit großem Aufwand weitere Öl- und Gasvorkommen zu finden und bisher unrentable zu erschließen, doch dadurch wird auch der Preis dieser Energieträger in die Höhe schnellen.

Gefahr für das Klima? Ein weiteres zentrales Problem bei der Nutzung dieser Brennstoffe für Stromerzeugung, Verkehr und Heizung ist das bei ihrer Verbrennung entstehende Treibhausgas Kohlenstoffdioxid (→ B3). Dessen Konzentration ist in den vergangenen 150 Jahren um 25 % gestiegen. Durch den zusätzlichen Treibhauseffekt hat sich dadurch die mittlere Oberflächentemperatur der Erde schon um 0,5 °C erhöht. Bereits bei einer Erhöhung über 1,5 °C befürchten Klimaforscher weitreichende Änderungen des Erdklimas.

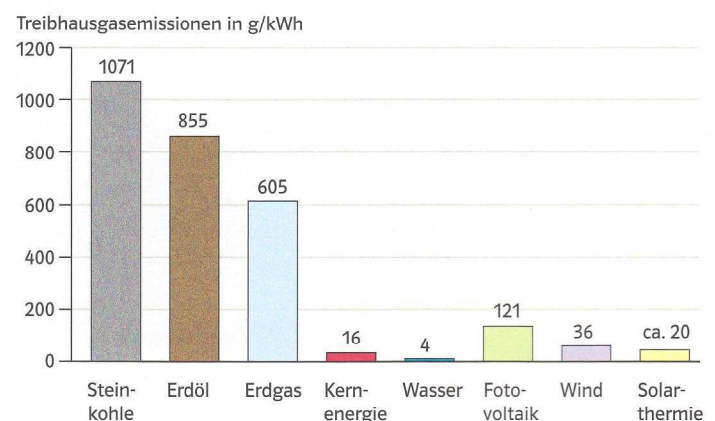
Sind Kernkraftwerke ein Ausweg? Die modernsten Kernkraftwerke der Industrienationen sind im Betrieb sicher. Ihr gefährlicher, radioaktiver Abfall muss allerdings sehr aufwendig entsorgt werden. Ohnehin reichen die Uranvorräte zum Betrieb der schon vorhandenen Reaktoren nur noch ca. 40 Jahre. Nur mit sehr teuer und schwer beherrschbarer Wiederaufbereitungstechnologie könnte der Vorrat auf 500 Jahre „gestreckt“ werden. Dabei würden aber größere Mengen des hochgiftigen und kernwaffenfähigen Schwermetalls Plutonium erzeugt, das dann sicher transportiert und gelagert werden muss.



B1 Energiebedarf früher und heute



B2 Neue Lagerstätten und Ölverbrauch



B3 Emission von Treibhausgas bei der Stromerzeugung