

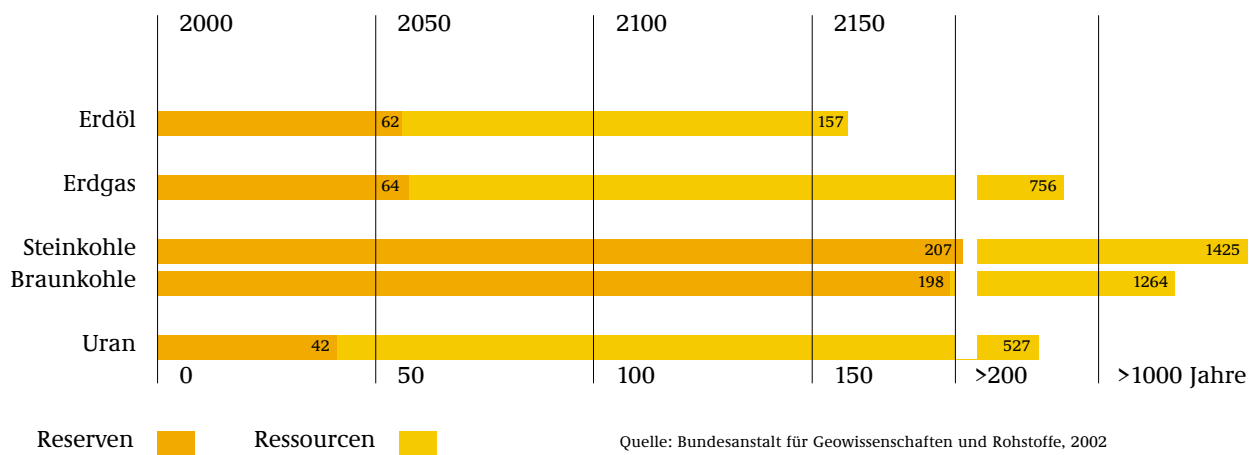
# WELTENERGIE: RESERVEN UND RESSOURCEN

Energie ist der Motor unseres Lebens. Jährlich verbrauchen die Einwohner der Bundesrepublik die Energiemenge von rund 500 Millionen Tonnen Steinkohleeinheiten. Dies entspricht der Energie, die bei der Verbrennung von sechs Millionen Waggons voller Steinkohle entstehen würde – aneinander gereiht ein Zug von 75.000 Kilometern Länge. Jeder Bürger unseres Landes verbraucht also pro Jahr durchschnittlich mehr Energie, als in sechs Tonnen Steinkohle stecken.

Wenn man diese Zahlen auf die Weltbevölkerung hochrechnet, wird deutlich, wie groß der Energiehunger der Menschheit ist. Und dieser Bedarf wird zur Zeit im Wesentlichen durch drei Energieträger gedeckt: Erdöl, Kohle und Erdgas. Diese zählen zu den fossilen Brennstoffen, was frei übersetzt „von urweltlicher Herkunft“ bedeutet. Diese drei Energieträger sind im Verlauf von Jahrmillionen durch unterschiedlichste Prozesse aus Biomasse entstanden. Damit ist die gesamte durch Pflanzen und Tiere anfallende bzw. erzeugte organische Substanz gemeint. Stoffe, für deren Entstehung Ewigkeiten benötigt wurden, werden jetzt in wenigen Jahren verbraucht.

Deshalb ist die Frage nach der Reichweite dieser Rohstoffe von zentraler Bedeutung für die gesamte Weltbevölkerung. Nach heutigem Wissensstand sind als Erstes bei den Erdölvorkommen Engpässe zu erwarten. Experten rechnen bereits ab dem Jahr 2015 mit einer Verknappung des Angebots.

## WIE LANGE REICHEN DIE NICHT ERNEUERBAREN ENERGIEN NOCH?



Bei den **Reserven** handelt es sich um Vorkommen, die nach heutigem Stand technisch und wirtschaftlich auch gewinnbar sind. Zu den **Ressourcen** zählen jene Lagerstätten, die derzeit wirtschaftlich oder technisch nicht gewinnbar sind. So enthalten die Zahlen bei Erdöl und Erdgas auch so genannte nichtkonventionelle Lagerstätten wie Ölschiefer, Teersand oder Methangasknollen auf dem Meeresgrund, deren Abbau heute zum Teil sehr teuer oder technisch kaum machbar ist. Das kann sich durch eine Verbesserung der Fördertechnik ändern, aber auch dann bleibt ihre Nutzung aus Umweltsicht sehr problematisch.

Auf der anderen Seite wird die Produktionsmenge keineswegs gleich bleiben. Schon heute zeigt sich, dass die Nachfrage in vielen Ländern Asiens durch die zunehmende Motorisierung stark ansteigt. Darstellungen dieser Art sind deshalb immer mit Unsicherheiten behaftet, denn sie beschreiben den augenblicklichen Kenntnisstand.

Aber trotz aller Innovationen: Der Trend ist eindeutig und nicht umkehrbar.



### AUFGABE

1. Entwickelt ein Szenario: Welche konkreten Folgen wird eine Verknappung des Angebotes an fossilen Energieträgern haben? Welche Bereiche des Alltags werden davon betroffen sein?
2. In welchen Regionen der Welt liegen die derzeit wichtigsten Lagerstätten für fossile Energierohstoffe? Beurteilt diese Situation im Hinblick auf den globalen Umweltschutz und die weltpolitische Stabilität!
3. Ist die Atomenergie eine zukunftsweisende Alternative? Beschafft euch Informationen und beschreibt die Vor- und Nachteile der Atomenergie aus wirtschaftlicher, ökologischer und gesellschaftspolitischer Sicht! Skizziert die Grundzüge des Atomausstiegsprogramms der Bundesregierung!

# TREIBHAUS ERDE

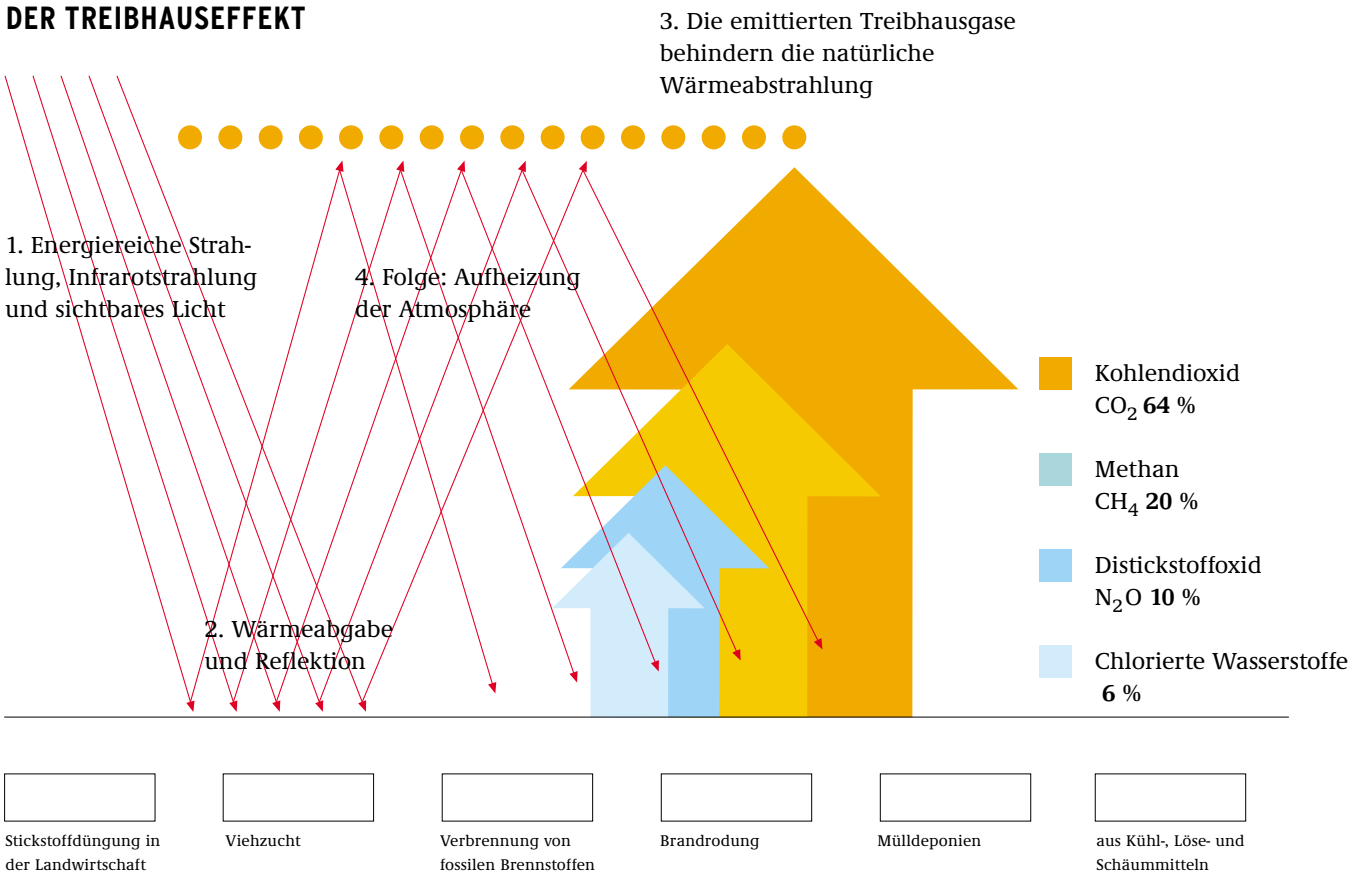
Wahrscheinlich wird es gar nicht die Erschöpfung der natürlichen Ressourcen sein, die uns zu einem Umdenken über unseren Umgang mit Energie zwingen wird. Vielmehr ist es die erschöpfte Aufnahmefähigkeit der Umwelt für die Abfallprodukte der Energienutzung, die ein entschlossenes Handeln notwendig macht.

Die Erde ist ein Treibhaus. In der Atmosphäre in winzigen Mengen vorkommende Treibhausgase lassen die Sonnenstrahlen passieren, verhindern aber, dass die reflektierte Strahlung ins All zurückweicht. Leben auf der Erde ist von dieser schützenden Funktion der Treibhausgase abhängig. Die wichtigsten Treibhausgase sind Wasserdampf (H<sub>2</sub>O), Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O), Methan (CH<sub>4</sub>) und Ozon (O<sub>3</sub>). Ohne sie würde die Durchschnittstemperatur auf minus 18 Grad Celsius sinken. Klimaforscher sprechen daher auch von einem natürlichen Treibhauseffekt.

Seit einiger Zeit drehen nun die Menschen an der Klimaschraube. Die in immer größeren Mengen weltweit freigesetzten Treibhausgase verstärken den natürlichen Treibhauseffekt. Dieser Prozess wird als zusätzlicher oder anthropogener (= menschengemachter) Treibhauseffekt bezeichnet. Neben Industrie, Landwirtschaft, Verkehr und den privaten Haushalten trägt vor allem die Energieerzeugung zu diesem Effekt bei. Die derzeit wichtigsten Energieträger Kohle, Erdöl und Erdgas enthalten fossilen Kohlenstoff. Bei ihrer Verbrennung wird daher immer Kohlendioxid freigesetzt, was den Treibhauseffekt verstärkt. Auch die menschlich erzeugten halogenierten Kohlenwasserstoffe (Treib- und Kühlmittel) zerstören nicht nur die Ozonschicht, sondern tragen auch zum Treibhauseffekt bei.

Die negativen Folgen rücken seit einigen Jahren immer stärker ins Blickfeld. Nicht nur die weltweite Durchschnittstemperatur wird steigen. Auch die bereits jetzt zu beobachtende Häufung von Naturkatastrophen muss als ernstes Warnzeichen bewertet werden.

## DER TREIBHAUSEFFEKT



## AUFGABE

1. Ergänzt die Darstellung und ordnet die Treibhausgase den jeweiligen Verursachern zu!
2. Beschreibt die Folgen des zusätzlichen Treibhauseffektes für die Umwelt und die Menschen!

# SO VIEL ENERGIE VERBRAUCHE ICH DOCH GAR NICHT!

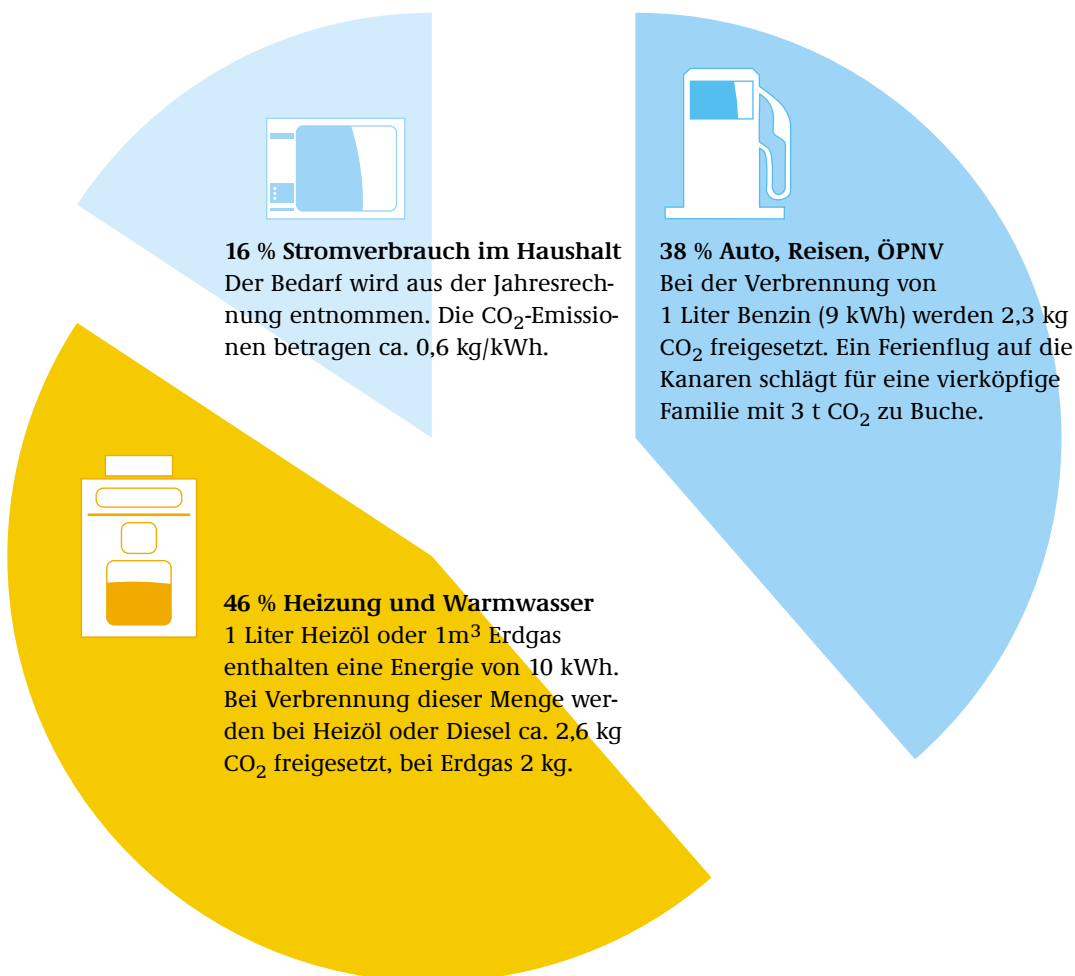
Der Weltenergieverbrauch steigt unaufhörlich. Die Schere zwischen Industrie- und Entwicklungsländern klappt dabei immer weiter auseinander. Derzeit verbrauchen 20 Prozent der Weltbevölkerung in den Industrieländern 70 Prozent der kommerziellen Energieträger. Dagegen müssen sich 33 Prozent der Weltbevölkerung in der ärmsten Gruppe mit 4 Prozent begnügen. Weltmeister im Pro-Kopf-Verbrauch sind die Nordamerikaner, die gleichzeitig durchschnittlich 16 t CO<sub>2</sub> pro Jahr erzeugen. Der Durchschnittseuropäer bringt es auf 9 t, die Chinesen erzeugen derzeit lediglich 1 t CO<sub>2</sub> pro Kopf.

Die privaten Haushalte, also jeder Einzelne von uns, verbraucht Energie und ist damit für den Ausstoß einer ganz bestimmten Menge an CO<sub>2</sub> verantwortlich. Aber warum ist das so viel?

Stellen wir uns einmal die Familie Müller vor. Müllers bewohnen mit zwei Kindern ein Einfamilienhaus. Ihr Jahresenergieverbrauch beträgt 2.400 Liter Heizöl, 4.000 kWh Strom und 1.350 Liter Benzin fürs Auto; der Ferienflug auf die Kanaren darf auch nicht vergessen werden. Daraus ergibt sich eine familienspezifische Emissionsbilanz:

## CO<sub>2</sub>-EMISSIONSBILANZ FAMILIE MÜLLER

Gesamtemission 16.000 kg Kohlendioxid pro Jahr



### AUFGABE

1. Interpretiert die Grafik zur CO<sub>2</sub>-Emissionsbilanz der Familie Müller!
2. Ermittelt euren persönlichen Jahresenergiebedarf in t SKE und die dazugehörige Menge an freigesetztem CO<sub>2</sub>, indem der Jahresverbrauch des Haushalts durch die Anzahl der Personen dividiert wird (1 t SKE entspricht etwa einer Energie von 8.000 kWh).

# DAS KYOTO-PROTOKOLL: KLIMASCHUTZ ALS GLOBALE AUFGABE

1992 wurde auf der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (UNCED) in Rio de Janeiro, dem „Erdgipfel“, von mehr als 150 Staaten und der Europäischen Union (EU) die Klimarahmenkonvention (KRK) unterzeichnet. Ziel ist es, eine durch Treibhausgase hervorgerufene gefährliche Störung des Klimasystems zu verhindern.

Die Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention verabschiedeten deshalb auf ihrer dritten Konferenz Ende 1997 in Kyoto, Japan, das so genannte Kyoto-Protokoll. Die Industrieländer verpflichten sich darin, den Ausstoß von Treibhausgasen um insgesamt 5,2 % bis zum Jahr 2012 überprüfbar zu senken. Das betrifft Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O) sowie die Emissionen von teilhalogenierten Kohlenwasserstoffen (H-FKW), perfluorierten Kohlenwasserstoffen (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>), die so genannten Kyotogase.

In einer Reihe von Nachfolgekongressen (1998–2001) wurden verschiedene Wege zu diesen Zielen vereinbart. Dazu gehört die Möglichkeit für Industriestaaten, ihre Wälder als Kohlenstoffspeicher (CO<sub>2</sub>-Senken) anrechnen zu lassen – und zwar bis zu 3,5 Prozentpunkten ihrer Reduktionsverpflichtung. Dazu zählen aber nur Wälder, die zusätzlich und gezielt angelegt wurden. Außerdem kann ein Land seine Verpflichtungen auch erfüllen, indem es von anderen Ländern, die ihr Soll übererfüllen, Emissionszertifikate erwirbt (Emissionshandel). Schließlich können sich Industriestaaten im Rahmen des „Clean Development Mechanism“ Investitionen in klimafreundliche Technologien in Entwicklungsländern auf ihr Reduktionsziel anrechnen lassen. Die Kernenergie wurde von dieser Regelung ausgenommen.

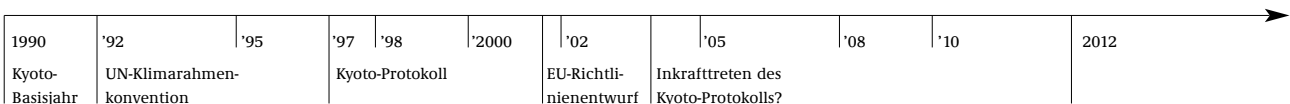
Das Kyoto-Protokoll tritt in Kraft, wenn es von mindestens 55 Unterzeichnerstaaten ratifiziert wurde und damit zugleich mindestens 55 Prozent der Treibhausgasemissionen aus den Industriestaaten (Bezugsjahr 1990) abgedeckt werden. Zum jetzigen Zeitpunkt haben es 120 Staaten ratifiziert, die zusammen 44,2 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen abdecken.

Die US-Regierung unter George W. Bush verkündete im März 2001 den Ausstieg der USA aus dem Kyoto-Protokoll und begründete dies mit den schädlichen Auswirkungen auf die US-Wirtschaft. Im Februar 2002 präsentierte die Bush-Administration ihr neues Klimaschutzprogramm, das jedoch keine konkreten Verpflichtungen und Reduktionsziele enthält. Die Reduktion von Treibhausgasemissionen wird von der wirtschaftlichen Entwicklung abhängig gemacht. Von den EU-Staaten und den Umweltorganisationen wurde das Programm als völlig unzureichend kritisiert.

Die EU und Japan ratifizierten das Kyoto-Protokoll im Frühjahr 2002. Die Industriestaaten, mit Ausnahme der USA, zeigen hierdurch ihren Willen zu verpflichtenden und konkreten Maßnahmen im Klimaschutz. Russland gilt jetzt als entscheidender Faktor, da das Protokoll nur in Kraft treten kann, wenn Russland ebenfalls ratifiziert.

## KLIMASCHUTZPOLITIK: ZIELE UND MEILENSTEINE

mind. - 5 % Kyotogase bis 2012	Welt
- 8 % Kyotogase bis 2012	Europäische Union
- 21 % Kyotogase (2008 – 2012)	Deutschland



### AUFGABE

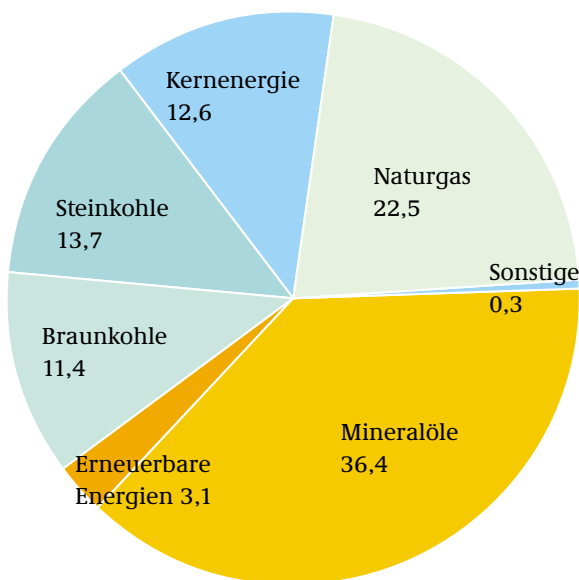
1. Verfolgt die aktuelle Entwicklung der Weltklimapolitik. Stellt hierzu einen Pressespiegel zusammen. Stellt dabei auch den aktuellen Stand der Ratifizierung des Kyoto-Protokolls vor!  
(<http://www.unfccc.int/resource/kpthermo.html>)
2. Auch die Kommunen haben Möglichkeiten zu eigenständigen klimapolitischen Aktivitäten. Hierfür gibt es eine zunehmende Zahl von Beispielen. So hat die südniedersächsische Gemeinde Jühnde beschlossen, für die Strom- und Wärmeversorgung ausschließlich heimische Quellen zu nutzen. Informiert euch über dieses Beispiel (<http://www.bioenergiedorf.de>) und recherchiert in eurer Heimat, in welcher Form klimapolitische Beschlüsse, Konzepte und Ergebnisse vorliegen!

# DIE ERNEUERBAREN KOMMEN!

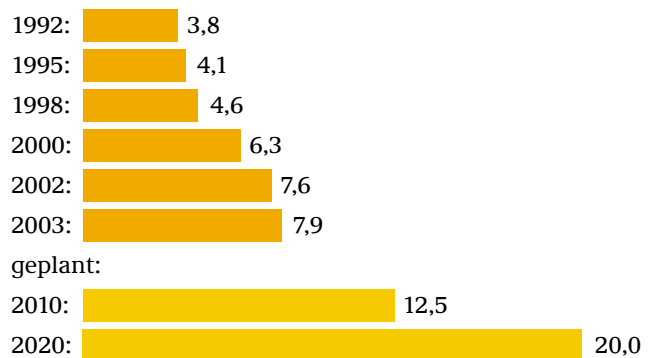
In Deutschland wurden Ende 2003 knapp 3,1 Prozent der Primärenergie und 7,9 Prozent des elektrischen Stroms aus erneuerbaren Energien gewonnen. Auf die Wasserkraft entfallen 3,5 Prozent, auf die Windenergie 3,1 Prozent. Der Beitrag der Biomasse zur Stromversorgung ist mit 1,2 Prozent (inklusive 0,3 Prozent aus dem biogenen Anteil an der thermischen Müllverwertung) sehr gering. Die Solarenergie steuert sogar nur 0,06 Prozent bei. Geothermie sorgt vor allem für Wärme, es existieren in Deutschland bislang noch keine Strom erzeugenden Anlagen. Einige Projekte sind jedoch in Vorbereitung, und im November 2003 wurde in Neustadt-Glewe das erste geothermische Kraftwerk eingeweiht. Unter den erneuerbaren Energien haben bei der Stromerzeugung die Wasserkraft mit etwa 46 Prozent und die Windkraft mit rund 41 Prozent (Stand 2003) die Nase vorn.

Der Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Primärenergieverbrauch ist noch gering, wie das Diagramm zeigt. Das liegt daran, dass die erneuerbaren Energien in den Bereichen Verkehr (Anteil 0,9 Prozent) und Wärmeerzeugung (Anteil 4,1 Prozent) beim Verbrauch bislang nur eine geringe Rolle spielen. Die Bundesregierung hat sich als Etappenziel für 2010 eine Steigerung auf einen Anteil von 12,5 Prozent am Stromverbrauch und 4,2 Prozent am gesamten Primärenergieverbrauch gesetzt. Mittelfristig sollen die jeweiligen Anteile bis 2020 auf 20 Prozent bzw. 10 Prozent steigen. Als langfristiges Ziel wurde beschlossen, dass der Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch mindestens bei 50 Prozent liegen soll.

## STRUKTUR DES PRIMÄRENERGIEVERBRAUCHS 2002 (IN PROZENT)



## ANTEIL ERNEUERBARER ENERGIEN AM STROMVERBRAUCH (IN PROZENT)



Quelle: Bundesumweltministerium (Stand: Januar 2004)

Die Umweltbilanz kann sich schon jetzt sehen lassen. Durch die erneuerbaren Energien wurden 2003 rund 53 Mio. t CO<sub>2</sub> vermieden. Um die angestrebten Klimaschutzziele in Deutschland zu erreichen, müssen die neuen und innovativen Energietechnologien jedoch zunächst mit politischer Hilfe aus dem Nischendasein herausgeführt werden.



### AUFGABE

1. Stellt eine Übersicht von Anbietern von „Ökostrom“ zusammen. Was wird unter diesem Begriff verstanden und wie erzeugen die Anbieter nach eigenen Angaben ihren Strom? Bietet eurer regionales Energieversorgungsunternehmen eine solche Alternative an?

# ERNEUERBARE ENERGIEN: WER WEISS BESCHIED?

Die erneuerbaren Energien genießen in der Gesellschaft insgesamt eine hohe Wertschätzung. So befürworten 96 Prozent der Bevölkerung nach einer repräsentativen Umfrage des Meinungsforschungsinstituts TNS Emnid die Aussage: „Sonnenenergie muss noch viel stärker genutzt werden.“ Zwei Drittel sprechen sich dafür aus, dass noch mehr Windräder aufgestellt werden. Das sind zwei Beispiele, die eine positive Grundeinstellung zu den neuen Energieträgern zum Ausdruck bringen. Dennoch existieren auch falsche Vorstellungen. Viele von ihnen halten sich jahrelang, obwohl Wissenschaft und Praxis längst das Gegenteil bewiesen haben. Dieser Test zeigt, wer sich mit den erneuerbaren Energien wirklich auskennt!

6

NEU  
NEUER  
ERNEUERBAR

## 1. KANN EINE UNUNTERBROCHENE STROMVERSORGUNG („GRUNDLAST“) NUR DURCH ATOM- UND KOHLEKRAFTWERKE GELEISTET WERDEN?



ja



nein

Befürworter konventioneller Energieerzeugung nennen immer wieder das Argument, Sonnen- und Windenergie seien nicht grundlastfähig, weil Sonne und Wind nicht ständig zur Verfügung stehen würden. Dabei ist es natürlich unrealistisch, dass in ganz Deutschland irgendwann völlige Windstille herrschen könnte (siehe auch die Windkarte auf Arbeitsblatt 15). Außerdem werden ohnehin niemals nur einzelne Energiearten den gesamten Strom bereitstellen. Gleichzeitig hat die große Trockenheit im Sommer 2003 gezeigt, dass auch Kern- und Kohlekraftwerke vor Umwelteinflüssen nicht geschützt sind: Zahlreiche wichtige Kohle- und auch Kernkraftwerke – etwa am Neckar oder am Rhein – mussten wegen zu niedrigem Wasserstand oder zu warmem Wasser abgeschaltet bzw. gedrosselt werden. Eine Neuorganisation der Energieversorgung steht deshalb ohnehin bevor: Statt weniger Großkraftwerke wird in Zukunft ein Netz aus vielen kleinen dezentralen Kraftwerken operieren, deren Energiebasis die in der Region dominierenden und verfügbaren Energieträger sind. In diesem Mix werden erneuerbare Energien einen wichtigen Platz einnehmen, und dies tun sie häufig bereits heute schon.

## 2. IST SOLARSTROM FÜR DIE ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT WERTLOS, WEIL ER NUR ANFÄLLT, WENN DIE SONNE SCHEINT?



ja



nein

Erstens liefern Photovoltaik-Anlagen Strom nicht nur bei direktem Sonnenschein, sondern auch bei hellem, bedecktem Himmel. Zweitens besteht gerade tagsüber im Stromnetz hoher Bedarf, und Solarstrom, der ins Stromnetz eingespeist wird, trägt zur Deckung der Lastspitzen in der Mittagszeit bei. Es geht auch nicht darum, allein mit Solarstrom Kohlekraftwerke zu ersetzen. Solarstrom vermindert jedoch den CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Jede kWh Solarstrom, die ins Netz eingespeist wird, spart beim Ersatz von Kohlestrom ca. 1 kg CO<sub>2</sub> ein! Und schließlich ist ein Energiemix aller erneuerbaren Energien zum Ersatz von Kraftwerken geeigneter als eine einzige Technik. So liefert Sonne Energie vorwiegend an Sommertagen, Wind im Winterhalbjahr. Auch der Biomasse kommt zukünftig eine hohe Bedeutung zu, denn sie ist speicherbar und kann die Zeiten mit weniger Wind und Sonne überbrücken. Schließlich müssen fossile Kraftwerke nicht kurzfristig vollständig ersetzt werden, aber ihr Anteil muss wegen der notwendigen Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes langfristig geringer werden.

### 3. SCHAFFT WINDKRAFT WIRKLICH NEUE ARBEITSPLÄTZE?

ja

nein

7

NEU  
NEUER  
ERNEUERBAR

40.000 Menschen sind hier zu Lande durch die Windkraft bereits in Lohn und Brot – Tendenz steigend. Allein durch den geplanten Bau von Windparks im Meer (so genannte Offshore-Anlagen) könnten noch einmal 20.000 Arbeitsplätze hinzukommen. Für alle erneuerbaren Energien ergibt sich sogar gegenwärtig ein Beschäftigungseffekt von 135.000 Jobs. Im Vergleich mit der fossil-nuklearen Energiewirtschaft bringt ein auf regenerativen Energien beruhendes System ein Vielfaches an Beschäftigung. Zudem leistet die Windkraft eine Wertschöpfung, die im Zeitalter der Globalisierung vor allem nationale und regionale Früchte trägt. In Dänemark ist die Windenergieindustrie z. B. bereits die drittgrößte Exportbranche; sie liegt noch vor der traditionellen Fischereiindustrie. Auch deutsche Spitzentechnologie ist weltweit begehrt. Sie steht bereits in Ländern wie Brasilien, China oder Indien – mit allen positiven Auswirkungen auf die inländische Wirtschaft und den Arbeitsmarkt. Und da Windkraftanlagen durchschnittlich zu 80 Prozent aus Stahl bestehen, sichern sie auch in dieser Branche Arbeitsplätze.

### 4. KANN DIE WASSERKRAFT ÜBERHAUPT WEITER AUSGEBAUT WERDEN UND KOMMT SIE NICHT IN KONFLIKT MIT DEM NATURSCHUTZ?

ja

nein

Wasserkraft ist in Deutschland eine der ältesten Formen der Energieerzeugung überhaupt. Die meisten deutschen Kraftwerke liegen – wegen des erforderlichen Gefälles – im Süden Deutschlands (z. B. an Rhein, Neckar, Donau, Iller, Lech und Isar). Neue Wasserkraftwerke werden kaum noch errichtet, obwohl hier noch Potenzial besteht. Vor allem ältere Wasserkraftwerke können jedoch erheblich ausgebaut werden, etwa durch die Reaktivierung und umweltschonende Modernisierung bereits bestehender Anlagen. Dieses Potenzial wird auf 500 bis 800 MW Leistung geschätzt. Hinzu kommt, dass moderne Wasserkraftwerke so gestaltet werden, dass die Turbinen kaum eine Gefahr für Fische darstellen. Auch mit Umgehungsgewässern und Fischtrepfen hat man – wie beim Kraftwerk Ruppoldingen an der Aare/Schweiz – sehr gute Erfahrungen gemacht, so dass Naturschutzbedenken weitgehend ausgeräumt werden können.

### 5. BELASTET DIE VERBRENNUNG VON BIOMASSE DIE ATMOSPHERE NICHT ZUSÄTZLICH?

ja

nein

Die Verbrennung, Vergasung oder Vergärung nachwachsender Biomasse zur Energienutzung setzt Kohlendioxid frei. Sie stellt jedoch keine zusätzliche Belastung des Klimas dar, weil nur das CO<sub>2</sub> abgegeben wird, das von der Pflanze zuvor aus der Luft aufgenommen wurde. Der Entzug von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre durch die Pflanzen und die Freisetzung von CO<sub>2</sub> bei der Verbrennung heben sich in der Bilanz auf – vorausgesetzt, dass vernünftig gewirtschaftet wird und es keinen Raubbau am Wald gibt. Wenn Biomasse also fossile Brennstoffe ersetzen kann, bedeutet dies insgesamt eine Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

# SOLARTHERMIE - GANZ SCHÖN HEISS

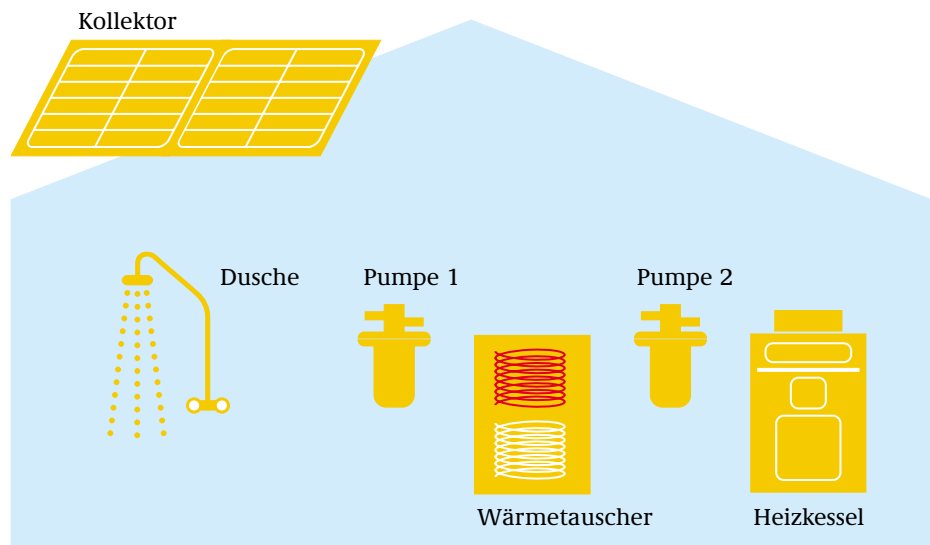
Die Nutzung der Sonnenwärme, die so genannte Solarthermie, ist heute bereits eine technische Selbstverständlichkeit. Solarthermische Anlagen können sowohl zur Stromerzeugung als auch zur kombinierten Erzeugung von Strom und Prozesswärme („Kraft-Wärme-Kopplung“) und sogar – über eine Meerentsalzungsanlage – zur Trinkwasserproduktion eingesetzt werden. Als Standorte kommen dafür allerdings nur heiße Zonen südlich des 40. Breitengrades in Betracht.

Solarthermische Kraftwerke, wie zum Beispiel so genannte Parabolrinnenkraftwerke, versorgen etwa in Kalifornien jährlich 150.000 Menschen mit Strom. Auch mit Solarturmkraftwerken, Solar Dishes (Solar-„Schüsseln“) oder den bis zu 1.000 Meter hohen Aufwindkraftwerken lässt sich heute bereits im großen Maßstab Energie erzeugen.

Mit Sonnenkollektoren kann die Strahlung der Sonne auch in unseren Breiten zur Erzeugung von Wärme genutzt werden. Sie lassen sich auf jedem Hausdach installieren. Solche Anlagen kosten heute etwa 850 Euro pro Quadratmeter Kollektorfläche und haben eine Lebensdauer von ca. 20 Jahren. Eine vierköpfige Familie benötigt zur Erwärmung ihres Wassers üblicherweise eine Dachfläche von 5 bis 6 Quadratmetern. Für die Heizung werden größere Kollektorflächen mit üblicherweise bis zu 16 Quadratmetern eingesetzt. Insgesamt sind in Deutschland mehr als 5,5 Millionen Quadratmeter Kollektorfläche installiert, durch die 2.750 GWh an Energie aus fossilen Brennstoffen eingespart werden. Diese Menge entspricht 275 Millionen Litern Heizöl.

Selbst im Norden Deutschlands sind Anlagen zur Erzeugung von Solarwärme wirtschaftlich einsetzbar, wenn eine nach Süden oder Südwesten ausgerichtete Dachfläche vorhanden ist. Schätzungen geben an, dass 800 Quadratkilometer Dachfläche und weitere 500 Quadratkilometer an Südfassaden, Parkplätzen oder an Straßenböschungen Sonnenkollektoren tragen könnten. Mit dieser Kollektorfläche könnte die Hälfte des heutigen Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasser gedeckt werden!

## PRINZIP EINER SOLARTHERMIE-ANLAGE



## AUFGABE

1. Ergänzt die Zeichnung und verbindet die Elemente der Anlage richtig!
2. Findet eine Sonnenkollektor-Anlage in eurer Region! Informationen bekommt ihr bei Händlern in eurer Nähe (<http://www.solarserver.de/branche/regional.html>). Sprecht mit Besitzern von Sonnendächern, ob sie euch Messdaten geben können. Tragt in eine Tabelle ein, wie viel Wärme von der Solaranlage in jedem Monat geliefert wird! Sind die Sonnenkollektoren mit einem anderen Heizsystem verbunden? Wie viel Sonnenwärme liefert die Anlage im Winter, wenn es dunkel und kalt ist?
3. Eine Sonnenkollektor-Anlage im Test: Ihr sollt herausfinden, was diese kostet. Dazu müsst ihr den Energieversorger und die Handwerkskammer befragen. Als Ergebnis eurer Recherche füllt ihr die folgende Tabelle aus:

Typ der Sonnenkollektor-Anlagen:	Welcher Handwerker installiert die Anlage?	Was kostet die Sonnenkollektor-Anlage insgesamt?	Wie viel Wärme liefert die Sonnenkollektor-Anlage?	Wann sind die Kosten der Sonnenkollektor-Anlage eingespielt (Amortisationszeit)?

# PHOTOVOLTAIK - DIE SONNE MACHT DAS LICHT AN

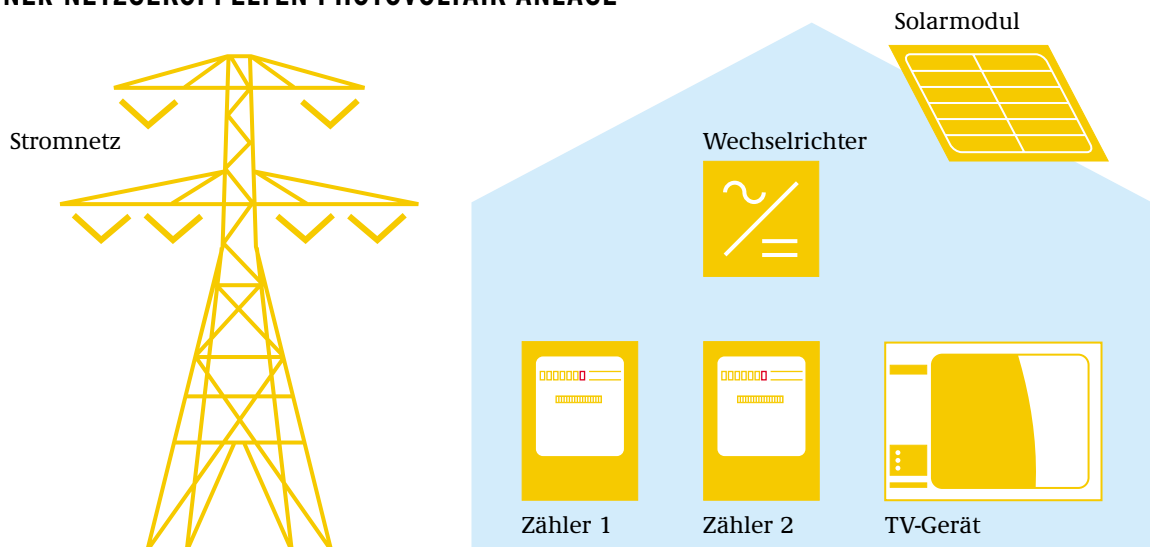
Siliziumzellen erzeugen aus Sonnenenergie auf direktem Wege elektrische Energie. Dies geschieht ohne Abgase, ohne Brennstoffverbrauch, ohne Lärm, ohne bewegte Teile, also wartungsfrei. Zwischen drei und fünf Jahre müssen solche Solarzellen in Deutschland arbeiten, um die energieintensive Herstellung wieder reinzuholen. Dann aber ist jede erzeugte Kilowattstunde Strom ökologisch gesehen kostenfrei und umweltfreundlich. Ende 2001 waren in Deutschland Photovoltaik-Anlagen mit einer Gesamtleistung von ca. 175 MW am Netz, Ende 2003 bereits 400 MW.

Für Photovoltaik-Anlagen ist in den letzten 20 Jahren die Nachfrage drastisch gestiegen. Die Herstellungskosten konnten damit deutlich reduziert werden. Im Jahre 1985 kostete Strom aus Photovoltaik-Anlagen noch etwa 1,50 Euro pro kWh. Heute liegen diese Kosten zwischen 0,60 Euro bei großen netzgekoppelten Anlagen und 0,90 Euro bei dezentralen Kleinanlagen. Für eine Hausanlage muss man mit Kosten von etwa 6.000 bis 9.000 Euro pro Kilowatt installierter Leistung rechnen. Hausbesitzer müssen diese Kosten allerdings nicht allein tragen. Sie können staatliche Zuschüsse und zinsgünstige Kredite beantragen.

Die Photovoltaik trägt zwar noch in geringem Maße zur bundesdeutschen Stromversorgung bei. Weil aber die Strahlungsenergie die weitaus ergiebigste erneuerbare Energiequelle ist, hat sie – zusammen mit solarthermischen Anlagen – die größten Ausbaupotenziale. Um diese zu nutzen, müssen ihre Kosten aber noch weiter deutlich sinken.

Bis 2010 rechnen Experten mit einer Halbierung der heutigen Kosten für Photovoltaik-Anlagen. Mit der weiteren Miniaturisierung wird zudem immer weniger Strom zum Betrieb elektronischer Geräte benötigt. Die Bandbreite für den Einsatz der Photovoltaik ist bereits heute enorm und wird sich weiter vergrößern: Vom Taschenrechner über Spielekonsolen bis hin zu Raumstationen und ganzen Photovoltaik-Kraftwerken reichen die Anwendungsmöglichkeiten. Von besonderem Interesse ist auch die Versorgung abgelegener Dörfer in Ländern mit wenig ausgebauter Energieversorgung, wie zum Beispiel Entwicklungsländern.

## PRINZIP EINER NETZGEKOPPELTEN PHOTOVOLTAIK-ANLAGE



## AUFGABE

1. Ergänzt die Zeichnung und verbindet die Elemente richtig!
2. Eure Gruppe hat den Auftrag, die Zahl und die Leistung der im Stadtteil bzw. in der Gemeinde vorhandenen Photovoltaik-Anlagen festzustellen. Dafür gibt es zwei unterschiedliche Wege:
  - a) Dachflächen absuchen: Ihr verteilt euch in Zweiergruppen, die jeweils alle Dächer eines Stadtviertels nach Photovoltaik-Anlagen absuchen und die Ergebnisse notieren.
  - b) Recherche beim Bauamt oder der Energieberatung: Hier könnt ihr weitere Informationen bekommen. Interviewt die Hausbesitzer und fragt sie nach der installierten Leistung und ihren Gründen für die Nutzung der Sonnenenergie!
3. Planung einer Photovoltaik-Anlage: Mit der Hilfe von interaktiven Computerprogrammen lassen sich Photovoltaik-Anlagen für den Hausgebrauch gut planen. Besorgt euch das Programm „SolarCraft“ (Informationen bei: <http://www.umweltschulen.de> oder über: Energiewende Verlag, Freilassing bzw. <http://ixx.com/solarcraft/>). Plant eine Photovoltaik-Anlage für eure Schule oder ein anderes Gebäude!

# GEOTHERMIE - DIE POWER AUS DER TIEFE

Als Jules Verne seinen Abenteuerroman „Reise zum Mittelpunkt der Erde“ schrieb, stellte er mit dieser Reiseroute eine Reihe von Naturgesetzen auf den Kopf. Dabei ist bekannt, dass die Temperaturen steigen, je tiefer man in das Erdinnere vordringt: Durchschnittlich pro 100 m Tiefe um 3 Grad Celsius. Im Erdkern erreicht sie vermutlich 5.000 Grad. Diese Wärme zu nutzen, ist das Ziel der Geothermie. Sie gehört weltweit zu den ergiebigsten erneuerbaren Energiequellen. Die technische Nutzbarkeit hängt von den geologischen und hydrogeologischen Bedingungen am Standort ab. In einigen deutschen Regionen sind diese ausgesprochen günstig.

Zur energetischen Nutzung der Geothermie werden an unterschiedlichen Orten Forschungen durchgeführt und Verfahren entwickelt. Einige sollen hier vorgestellt werden.

## Oberflächennahe Geothermie

Schon die ersten hundert Meter lassen sich geothermisch nutzen, obwohl hier nur Temperaturen von 8 – 12 Grad Celsius herrschen. Es wird allerdings eine so genannte Wärmepumpe benötigt, um diese Temperaturen für die Wärmeversorgung zu nutzen. Im nordrhein-westfälischen Werne-Fürstenhof entsteht zur Zeit Europas größte komplett mit Erdwärme beheizte Wohnanlage.





## Hydrothermale Geothermie

Bei der hydrothermalen Geothermie werden heiße Tiefenwässer gefördert, über einen Wärmetauscher geleitet und in den Heizungskreislauf eingespeist. Anschließend wird das Wasser über eine zweite Leitung wieder in die Tiefe gebracht. Diese Technologie erfordert hohe Investitionen in die Bohrtechnik, da die Fördertiefen zwischen 1.000 und 2.000 Metern liegen. Beim Neubau des Servicegebäudes für die Technische Hochschule in Aachen wird diese zukunftsweisende Energietechnik eingesetzt.

## Hot-Dry-Rock (HDR)-Verfahren

Bei diesem Verfahren wird das Gestein über Bohrungen bis zu 6.000 Metern Tiefe erschlossen. Zwischen den Bohrungen werden durch Wasserdruck winzige Fließwege von 1 mm Stärke aufgebrochen und vorhandene Risse aufgeweitet. Dadurch entsteht ein unterirdischer Wärmetauscher, in dem Wasser erhitzt und nach oben gefördert wird, wo es Turbinen antreibt. Die besondere Bedeutung des HDR-Verfahrens liegt in der Stromerzeugung, da hier Wasser dauerhaft in ausreichender Menge vorhanden ist und mit der notwendigen Temperatur (über 100 Grad Celsius) zirkulieren kann. In Bad Urach (Baden-Württemberg) soll ein geothermisches Pilotkraftwerk mittels HDR-Verfahren bereits Anfang 2005 umweltfreundlichen Strom ans Netz liefern.

## GEOTHERMIE-VORKOMMEN IN DEUTSCHLAND

-  Becken mit hydrothermalen Energieressourcen
-  Becken mit potenziellen hydrothermalen Energievorkommen
-  Becken ohne nachgewiesene hydrogeothermale Energievorkommen
-  Grundgebirge ohne oder unter geringer Sedimentbedeckung

Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2002): Erneuerbare Energien und nachhaltige Entwicklung (S. 75)



## AUFGABE

1. Beschafft euch Informationen über die verschiedenen Verfahren der Geothermie und stellt diese durch anschauliche Beispiele aus dem In- und Ausland vor! (<http://www.geothermie.de>)
2. Auch das neue Schwimmbad in Arnsberg wird mittels Erdwärme beheizt. Welches Verfahren kommt hier zum Einsatz?

# WINDENERGIE - DEUTSCHLAND ROTIERT

11

NEU  
NEUER  
ERNEUERBAR

Wind wird seit Jahrtausenden von den Menschen genutzt. Segelschiffe beherrschten vor der Erfindung der Dampfmaschine die Weltmeere, Windräder trieben Wasserpumpen zur Be- oder Entwässerung an und Windmühlen mahlten das Getreide. Seit den 90er Jahren kehrt diese Technologie in modernisiertem Gewand zurück. In keinem anderen Land stehen mehr Windkraftanlagen als in Deutschland. Nach einer aktuellen Meldung des Bundesverbandes Windenergie waren Ende September 2003 über 14.600 Anlagen mit einer Leistung von 13.407 MW installiert.

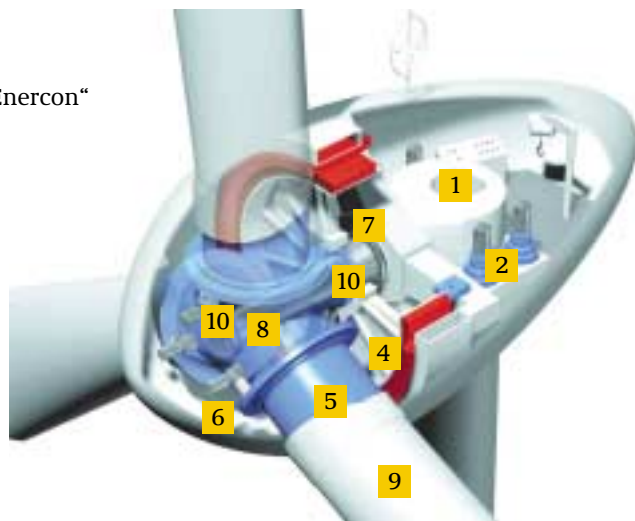
## EINE LEICHTE BRISE REICHT AUS

Windkraftträder funktionieren – anders als frühere Windmühlen – nach dem Auftriebsprinzip: Beim Vorbeiströmen an den Flügeln der Anlage erzeugt der Wind einen Auftrieb – ähnlich wie bei einem Flugzeug. Dadurch rotieren die Flügel und nutzen damit bis zu 60 Prozent der Energie des Windes. Bereits bei einer Windgeschwindigkeit von ca. 3 m/s (diese entspricht Windstärke 2, einer „leichten Brise“) beginnt die Anlage zu arbeiten. Interessant dabei: Verdoppelt sich die Geschwindigkeit, verachtfacht sich die Leistung. Die Höchstleistung des Windrades hängt dabei von der durchströmten Rotorfläche und nicht von der Anzahl der Flügel ab. Die überwiegende Zahl der Windkraftanlagen hat drei Flügel, weil sie die mechanischen Belastungen besser aushalten, von den meisten Menschen als optisch ausgeglichener empfunden werden (im Gegensatz zu einem oder zwei Flügeln) und die Geräusentwicklung niedriger ist.

## DIE WINDKRAFTANLAGE

Querschnitt durch die Windkraftanlage „E-66“ von „Enercon“

- |                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| 1 Maschinenträger  | 6 Blattverstellmotor |
| 2 Azimutmotor      | 7 Achszapfen         |
| 3 Generator Stator | 8 Rotornabe          |
| 4 Generator Rotor  | 9 Rotorblatt         |
| 5 Blattadapter     | 10 Hauptlager        |



Quelle: Enercon GmbH, Aurich

Die größten Türme haben – inklusive der Flügel – eine Höhe von bis zu 130 Metern. Generell gilt: Je höher der Turm, desto gleichmäßiger strömt der Wind, da er nicht von der Bodenfläche abgelenkt wird und desto höher sind somit auch die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten. Die technische Entwicklung dieser erneuerbaren Energie geht übrigens schnell voran: Hatte ein Windrad 1987 eine Leistung von weniger als 50 kW, so waren es 2001 rund 1,3 MW, also mehr als das Zwanzigfache. Die derzeit größte Anlage leistet 3 MW und kann damit an guten Windstandorten jährlich über 1.800 Haushalte versorgen.

Standorte im Binnenland werden für den Ausbau der Windenergie immer wichtiger. Der Trend könnte sich aber in einigen Jahren umkehren. In Nord- und Ostsee sind 30 Windparks in der offenen See, so genannte Offshore-Anlagen, in der Planung. Solche Parks mit bis zu 200 Anlagen erreichen bereits die Leistung von Kernkraftwerken und könnten im Jahr 2030 15 Prozent des deutschen Stromverbrauchs decken. Zusammen mit den Anlagen im Binnenland kommen Experten auf eine Größenordnung von 30 Prozent des Stromverbrauchs. Der Ausbau von Offshore-Windparks ist daher ein vorrangiges Ziel der Bundesregierung.

Wie andere Energieanlagen auch erzeugen Windkraftanlagen zum Beispiel Geräusche oder können das Landschaftsbild dominieren. Im Vergleich etwa zu Kraftwerken fallen hierbei zumindest keine Schadstoffemissionen an. Störungen der Vogelwelt konnten hingegen noch nie nachgewiesen werden. Seit 2001 ist im Übrigen eine Umweltverträglichkeitsprüfung für Windparks ab drei Anlagen vorgeschrieben.



## AUFGABE

1. Untersucht die Situation der Windenergie in eurer Region (Anzahl der Anlagen in Betrieb und Planung, Ausweitung von Vorrangs- und Eignungsflächen, Akzeptanz in der Bevölkerung).
2. Untersucht, ob eure Schule durch Windenergie mit Strom versorgt werden könnte!

# WIND- UND SOLARPOTENZIALE DEUTSCHLANDS

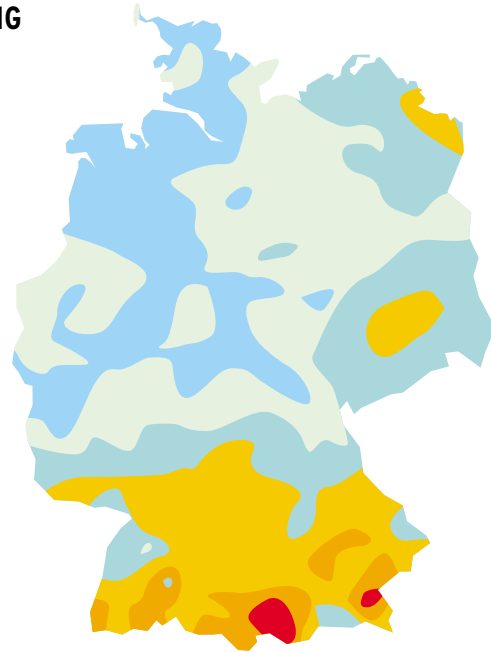
„Solarzellen funktionieren doch bei uns nicht. Wir haben viel zu wenig Sonne.“ Wer hat dieses Argument nicht schon mehrmals gehört – in Fernsehdiskussionen, aber auch in privaten Gesprächen. Dass die Sonne bei uns nicht so üppig scheint wie in südlichen Ländern, ist eine Tatsache. Da Solarzellen aber auch den so genannten „diffusen Anteil“ der Strahlung in Energie umwandeln können, lohnt sich die Photovoltaik auch in unseren Breiten.

12

NEU  
NEUER  
ERNEUERBAR

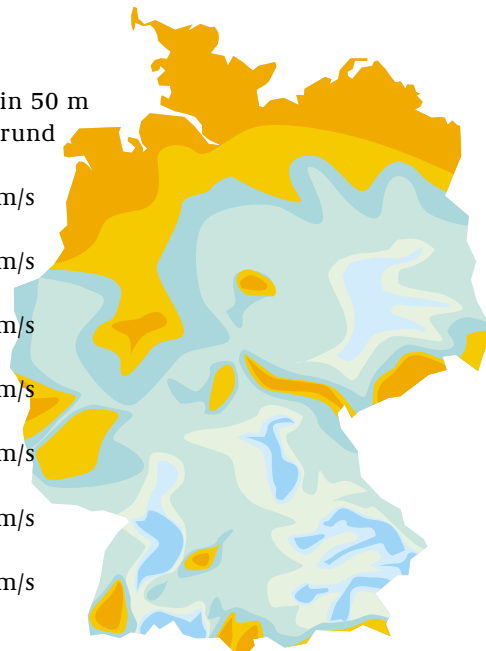
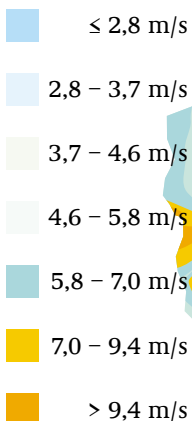
## DURCHSCHNITTLICHE JÄHRLICHE SONNENEINSTRALUNG

Die Strahlungsenergie nimmt von Norden nach Süden zu. Durchschnittlich liegt sie in Deutschland pro Quadratmeter bei 900 bis 1.200 kWh. Davon kann eine Solarzelle im Schnitt ein Zehntel in Strom umsetzen. An Fläche herrscht ebenfalls kein Mangel. Auf 1.000 km<sup>2</sup> Dachflächen, Fassaden, Lärmschutzwällen und sonstigen Flächen könnten 135 TWh pro Jahr erzeugt werden. Hochgerechnet wäre dies ein Drittel des gegenwärtigen Stromverbrauchs in Deutschland.



Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2002): Erneuerbare Energien und nachhaltige Entwicklung (S. 40)

Jahresmittel in 50 m  
Höhe über Grund



## WINDGESCHWINDIGKEIT

Für den Bau von Windkraftanlagen ist die genaue Kenntnis der Windverhältnisse am vorgesehenen Standort von zentraler Bedeutung. Die bundesweite Übersicht bietet nur eine erste Orientierung. Sie bestätigt im Grunde nur, was jeder weiß: Die stärksten Windgeschwindigkeiten werden an der Küste und auf Höhenzügen gemessen. Ein neues Verfahren des Deutschen Wetterdienstes erlaubt differenzierte Aussagen. Auf der Basis von digitalen topografischen Daten im 200-m-Raster wurden erstmalig flächendeckend die Windgeschwindigkeitsverteilungen für 10 m und 50 m über Grund berechnet und bereitgestellt. Der Deutsche Wetterdienst empfiehlt vor dem Bau zur Absicherung der Wirtschaftlichkeitsberechnung ein standortbezogenes Windenergie-Gutachten einzuholen.

Quelle: Deutscher Wetterdienst, Offenbach, <http://www.dwd.de/windkarten>



## AUFGABE

1. Erkundigt euch bei den zuständigen Behörden auf lokaler und / oder Länderebene nach Darstellungen des regionalen Wind- und Solarpotenzials!
2. Welche Flächen sind auf eurem Schulgelände für solare Nutzung geeignet und wie groß wäre die erzeugte Strommenge?

# WASSERKRAFT - ENERGIE IM (ÜBER-)FLUSS

Bereits die alten Griechen und Römer nutzten Wasserräder, um Mühlsteine anzutreiben. Und auch in unseren Breitengraden werden sie seit etwa 1.500 Jahren eingesetzt. 1880 wurde erstmals mit Wasserkraft Strom erzeugt. Das erste Wasserkraftwerk in Deutschland speiste, etwa zur gleichen Zeit, die heute lächerlich erscheinende Leistung von 44 kW ins öffentliche Netz. Und das alles mit einem sauberen Rohstoff, der überall auf der Welt reichlich vorhanden ist, und mit einer umweltfreundlichen Technik, die sich seit ihren Anfängen vor 3.000 Jahren wenig verändert hat.

Grundsätzlich unterscheidet man Speicher- und Laufwasserkraftwerke. Speicherkraftwerke nutzen das hohe Gefälle und die Speicherkapazität von Talsperren und Bergseen zur Stromerzeugung aus. Laufwasserkraftwerke befinden sich in Flüssen und Kanälen und nutzen deren Strömung, um Energie herzustellen. In der Regel haben die Flüsse in Deutschland



Laufwasserkraftwerk Rheinfelden (Rhein)

kein großes Gefälle und ihre Wassermenge unterliegt – je nach Jahreszeit – großen Schwankungen. Etwa 80 Prozent der Stromerzeugung aus Wasserkraft in Deutschland stammt aus Laufwasserkraftwerken, 14 Prozent aus Speicherkraftwerken und der Rest entfällt auf die Pumpspeicherkraftwerke.

Zunehmend gelingt es, auch Wasserkräfte zu nutzen, die bislang schwer beherrschbar waren. Mit so genannten Wellen- und Gezeitenkraftwerken wird versucht, aus Meeresbewegungen Strom zu erzeugen.

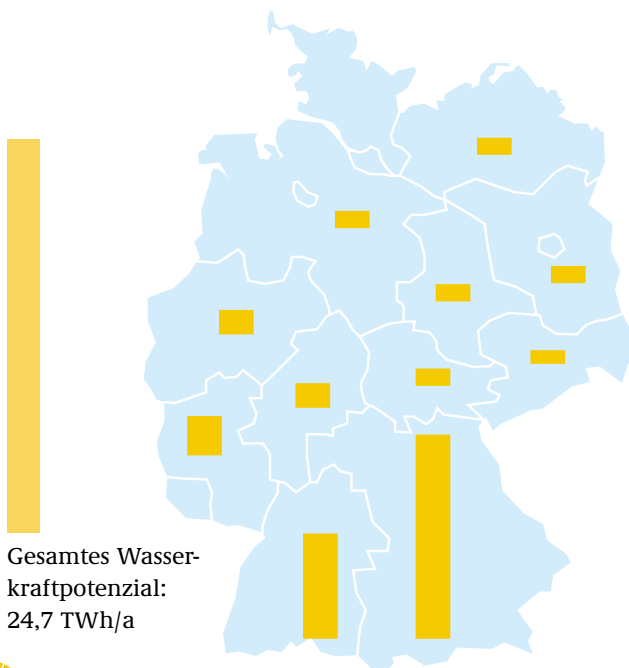
An der Mündung der Rance in Frankreich ist bereits seit rund 100 Jahren ein Gezeitenkraftwerk in Betrieb. Es besteht im Prinzip aus einer Barriere, die die Flussmündung vom offenen Meer abtrennt, ähnlich einer Staumauer. Ebbe bzw. Flut treiben dann die eingebauten Turbinen an.

Viel versprechend erscheint auch ein anderes Modell, das derzeit in Großbritannien erprobt wird. Riesige Rotorblätter werden dabei von der Strömung angetrieben, die durch das Auf und Ab der Gezeiten, den so genannten Tidenhub, entstehen. Die beiden Rotoren mit einem Durchmesser von bis zu 20 m sollen eine Leistung von ca. 500 bis 1.000 KW erbringen.

## WASSERKRAFT IN DEUTSCHLAND: DER SÜDEN POWERT

Deutschland gehört nicht zu den für die Wasserkraft besonders begünstigten Ländern. Ihre Nutzung konzentriert sich auf Bayern, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Sachsen und Sachsen-Anhalt. Da die Wasserkraft bereits sehr lange etabliert ist, können neue Standorte für Wasserkraftwerke in Deutschland kaum noch erschlossen werden. Jedoch bietet die Modernisierung bestehender Anlagen, verbunden mit modernen Maßnahmen zum Naturschutz, ein großes Potenzial. Es wird geschätzt, dass das Leistungsvolumen von zwei bis drei Kernkraftwerken – dies entspricht dem jährlichen Strombedarf von ca. 10 Millionen Deutschen – damit ersetzt werden könnte.

Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2002): Erneuerbare Energien und nachhaltige Entwicklung (S. 36)

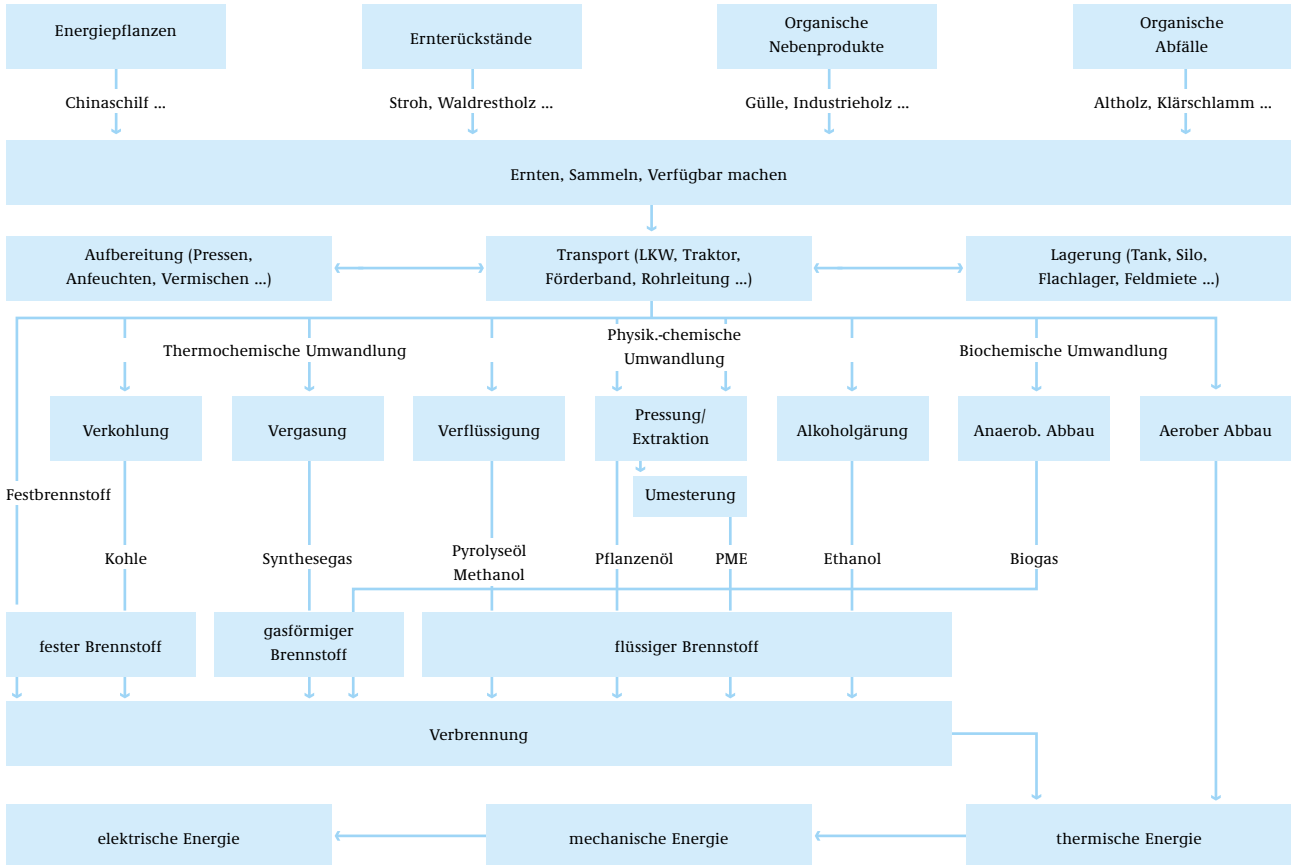


### AUFGABE

1. Forschungsauftrag Wasserkraftwerk: An Bächen und Flüssen finden sich manchmal historische Wassermühlen oder moderne Wasserkraftanlagen. Eure Aufgabe ist es, eine solche Anlage in eurer Region zu finden, mit dem Betreiber zu sprechen, die Anlage zu zeichnen oder zu fotografieren und die Wirkungsweise zu dokumentieren.

# BIOMASSE - DER DAUERBRENNER

Biomasse ist der älteste Energieträger überhaupt; die Verfeuerung von Holz ist eine der ursprünglichsten Kulturtechniken der Menschheit. Wenn von Biomasse heute im Zusammenhang mit der Energiegewinnung die Rede ist, werden dazu alle pflanzlichen und tierischen Stoffe einschließlich deren Umwandlungsprodukte und alle organischen Abfälle gezählt, die für die Erzeugung von Energie geeignet sind. Besonders unter dem Blickwinkel des Klimaschutzes ist die Nutzung von Biomasse eine attraktive Form der Energieerzeugung. Denn für die Bildung der Biomasse, zum Beispiel



das pflanzliche Wachstum, wird der Atmosphäre zunächst das Treibhausgas  $\text{CO}_2$  entzogen. Als Kohlenstoff wird es in der Biomasse gebunden. Bei der Verbrennung oder Verrottung der Biomasse wird es wieder in die Atmosphäre abgegeben. Bei der energetischen Nutzung wird also nur das  $\text{CO}_2$  freigesetzt, das zuvor beim Wachstum der Pflanzen der Atmosphäre entnommen wurde. Es verbleibt in einem Kreislauf und erhöht damit nicht die Kohlendioxidkonzentration, wie es bei der Verbrennung fossiler Energieträger der Fall ist.

Biomasse hat im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern einige interessante Besonderheiten. So liegt sie beispielsweise jederzeit in großen Mengen vor und kann – im Gegensatz zu Sonne oder Wind – gelagert und dann eingesetzt werden, wenn andere erneuerbare Energien nicht verfügbar sind. Ein großer Vorteil ist auch, dass bereits kleine und sogar transportable Anlagen eine sinnvolle Nutzung ermöglichen.

Zur Zeit trägt Biomasse mit etwa 1,5 Prozent zum deutschen Primärenergiebedarf bei. Ihr Anteil wird in Zukunft steigen, da auf diesem Gebiet erhebliche technische Verbesserungen erzielt worden sind. So schätzen Experten, dass allein die organischen Rest- und Abfallstoffe rund drei Prozent des heutigen Primärenergiebedarfs bereitstellen können.

Neben Rest- und Abfallstoffen bietet sich auch der gezielte Anbau von Biomasse an. Zählt man die dafür grundsätzlich nutzbaren Flächen – beispielsweise Anbauflächen, die zur Verringerung des Nahrungsmittelüberschusses in der EU stillgelegt werden – im Umfang von rund 2 Mio. ha in Deutschland hinzu, könnte Biomasse insgesamt einen Anteil von rund zehn Prozent zum derzeitigen Primärenergieverbrauch Deutschlands beitragen.



## AUFGABE

1. Welche Vorteile bietet Biomasse gegenüber fossilen Brennstoffen?
2. Warum bietet die Energiegewinnung aus Biomasse wichtige Perspektiven für die Landwirtschaft?
3. Recherchiert in eurer Region nach Anlagen der Bioenergienutzung und stellt diese vor!

# VOLL TANKEN - ABER BITTE SAUBER!

15

NEU  
NEUER  
ERNEUERBAR

## ÖLVORKOMMEN

Shell muss Schätzungen um 20 Prozent senken

(...) Vor allem in Nigeria und Australien seien die Vorkommen bei den Ölfeldern im derzeitigen Entwicklungsstand überschätzt worden. Gleichzeitig verringerte Shell die zum 31. Dezember 2002 bilanzierten Reserven um 3,9 Milliarden Barrel Öl, was rund 20 Prozent der gesamten als gesichert geltenden Ölreserven des Unternehmens ausmacht. Hintergrund für die Neubewertung seien unter anderem einige Tiefreservoir-Untersuchungen (depth reserve studies) im vierten Quartal 2003 gewesen.

Quelle: SPIEGEL ONLINE, 9.1.2004

Transport und Verkehr verbrauchten allein in Deutschland im Jahr 2000 55 Mio. t Kraftstoffe auf Rohölbasis, die letzten Endes als CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre geblasen wurden. Dabei soll der Verkehr durch die EU-Osterweiterung in Europa noch zunehmen. Und Experten schätzen, dass sich die Zahl der Kraftfahrzeuge allein durch die Motorisierung Chinas in den nächsten Jahren weltweit verdoppeln wird. Kraftstoffe werden nach wie vor hauptsächlich aus Erdöl gewonnen. Die größten und ergiebigsten Lagerstätten stehen deshalb nicht zufällig im Brennpunkt des Weltgeschehens. Die Endlichkeit dieser Ressourcen in Verbindung mit dem hohen Ausstoß an Treibhausgasen führt dazu, dass derzeit wieder verstärkt Alternativen gesucht werden.

Bevorzugt sucht man diese natürlich in Stoffen, die regional ausreichend vorhanden sind oder einfach gewonnen

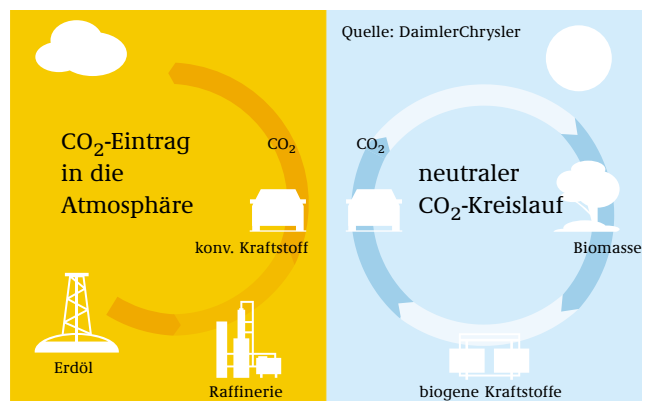
werden können. In unseren Breiten ist das zum Beispiel Biomasse: Holz, Gräser, Schilf, Pflanzen jeder Art – all das kann bei uns ausreichend erzeugt werden und es wächst immer wieder nach. Aber kann man daraus Kraftstoffe machen?

Und ob! Biodiesel kann heute direkt aus Raps-, Palm-, Kokosnuss- oder Sonnenblumenölen hergestellt werden, seine Leistung wird noch durch eine chemische Behandlung (Veresterung) verbessert. Der entstandene Kraftstoff kann (eventuell nach leichten Modifikationen am Fahrzeug) pur genutzt oder z. B. mit Diesel gemischt werden. Ein Nachteil ist, dass nur die besten Teile der Pflanze, nämlich die ölhaltigen, verarbeitet werden und der Anbau häufig in Intensivlandwirtschaft erfolgt.

## STROH ZU DIESEL

Alternative Verfahren setzen deshalb darauf, synthetische Kraftstoffe aus beliebiger Biomasse zu gewinnen. Das können Holzreste ebenso sein wie Schilf oder Stroh. Diese Biomasse wird je nach Verfahren biochemisch oder thermisch umgewandelt. Dabei entsteht hochwertiger Dieselmotorkraftstoff, z. B. so genanntes Biotrol, der in Zukunft von normalen Diesel-PKW's getankt werden könnte. DaimlerChrysler hat 2003 auf seinem Werksgelände eine Biotrol-Tankstelle eingerichtet und forscht daran, diese Technik alltagstauglich zu machen.

Solche biogenen Kraftstoffe sind in ihrer Herstellung derzeit deutlich teurer als herkömmliche, dafür entfällt bei ihnen die Mineralölsteuer. Zwar wird auch beim Verbrennen von Biokraftstoffen CO<sub>2</sub> freigesetzt, jedoch nur in dem Umfang, wie er beim Wachstum der Pflanzen zuvor der Atmosphäre entzogen wurde. Für den Klimaschutz bieten sie deshalb große Perspektiven. Autohersteller gehen davon aus, dass künftig bis zu 40 Prozent des Treibstoffbedarfs durch synthetische biogene Kraftstoffe gedeckt werden könnten. Nicht zuletzt erhofft sich auch hier die Landwirtschaft neue Impulse, so dass die gesamte Wirtschaft in Deutschland von diesen Fortschritten profitieren würde.



## AUFGABE

1. Erläutert die Vorteile von Biokraftstoffen gegenüber Treibstoffen aus fossilen Energieträgern!
2. Recherchiert in eurer Region, ob zum Beispiel bei Fuhrunternehmen bereits Biokraftstoffe eingesetzt werden und an welchen Tankstellen solche Kraftstoffe erhältlich sind! Vergleicht auch die Kosten gegenüber herkömmlichen Kraftstoffen!
3. Welche Perspektiven für die Landwirtschaft liegen im Ausbau der biogenen Kraftstoffe?

# WAS KOSTET ENERGIE WIRKLICH?



Der havarierte Öltanker „Prestige“, Quelle: dpa

Im November 2002 zerbrach der Öltanker „Prestige“ vor der nordspanischen Küste. Nach der Havarie des Öltankers wurden weite Teile der spanischen und französischen Atlantikküste vom ausgelaufenen Öl verschmutzt. Über eine viertel Million Vögel starben. Die Bilder der vielen verzweifelten freiwilligen Helfer sind noch in Erinnerung.

Das Institut für Wirtschaftswissenschaften in Galizien hat errechnet, dass der Unfall etwa 2,9 Milliarden Euro gekostet hat oder noch kosten wird. Nach neuesten Berechnungen verlor der gesunkene Havarist mehr als 63.000 seiner 77.000 geladenen Tonnen Schweröl. Der spanische Ölkonzern Repsol wird versuchen, das verbliebene Öl zu bergen. Das Leerpumpen wird zwischen 50 und 100 Millionen Euro kosten.

Die spanischen Autofahrer müssen aber nicht befürchten, dass die Kosten der Rettungsaktion auf die Benzinpreise aufgeschlagen werden. Dies ist in gewisser Weise typisch, da ein großer Teil der Kosten, die im Zusammenhang mit der Energieerzeugung entstehen, nicht in die betriebswirtschaftliche Preisberechnung einfließen. Wirtschaftswissenschaftler bezeichnen diese auch als externe Kosten, da sie von der Allgemeinheit getragen werden und nicht vom Verursacher. Zu diesen Kostenarten gehören vor allem Klimaschäden, aber auch der Aufwand bei Tankerhavarien, die Säuberung verschmutzter Gebiete sowie die politische und militärische Sicherung der Zugänge zu den Rohstoffen und vor allem Klimaschäden. Diese Summen sind bisher nur schwer zu quantifizieren. Würden sie jedoch bei der Preisgestaltung berücksichtigt, würde sich die Stromerzeugung aus Kohlekraftwerken nach Schätzungen der Deutschen Energie-Agentur um 2,5 bis 3,5 Cent pro kWh verteuern. Die Höhe der externen Kosten für Kernenergie sind dagegen nach wie vor umstritten. Die Schätzungen reichen je nach Bewertung der Unfallwahrscheinlichkeit von 1 – 2 Cent/kWh bis zu 31 Cent/kWh.

Durch die Nutzung regenerativer Energien werden externe Kosten weitgehend vermieden. Jede eingespeiste Kilowattstunde aus erneuerbaren Energien ergibt neben dem ökologischen Gewinn damit auch einen hohen volkswirtschaftlichen Nutzen. Einige wären bei dieser Betrachtungsweise bereits heute wirtschaftlich, andere könnten ab 2010, spätestens 2020 mit Strom aus fossilen Energieträgern konkurrieren.

## KOSTEN DER STROMERZEUGUNG VERSCHIEDENER NEUER KRAFTWERKE (CENT/kWh)

	heute	um 2010	um 2020	zusätzliche externe Kosten
Steinkohle-KW	3,5	3,6 – 3,8	4,0 – 4,2	2,5
Braunkohle-KW	3,0	3,2 – 3,4	3,4 – 3,6	3,8
Erdgas-KW	4,0	4,4 – 4,6	4,8 – 5,2	1,1
Windenergie	8,0 – 10,0	6,5 – 8,0	5,0 – 6,0	0,16
Biomasse	7,0 – 8,0	6,5 – 7,5	6,0 – 7,0	n. verfügbar
Erdwärme	n. verfügbar	10,0 – 12,0	8,0 – 10,0	n. verfügbar
Wasserkraft, mittelgroß	5,0 – 7,0	5,0 – 7,0	5,0 – 7,0	0,11
Solarthermische Kraftwerk in Südeuropa und Nordafrika	12,0 – 14,0	8,0 – 10,0	5,0 – 6,0	0,11
Photovoltaik, mittelgroß, in Deutschland	70 – 80	35 – 40	20 – 25	0,8

### AUFGABE

1. Recherchiert im Internet und in Pressearchiven nach Fallbeispielen, die die Belastung der Gesellschaft durch externe Kosten der Energieerzeugung verdeutlichen!
2. Beschafft euch bei eurem lokalen Energieversorgungsunternehmen Informationen über die Zusammensetzung der Energiepreise!

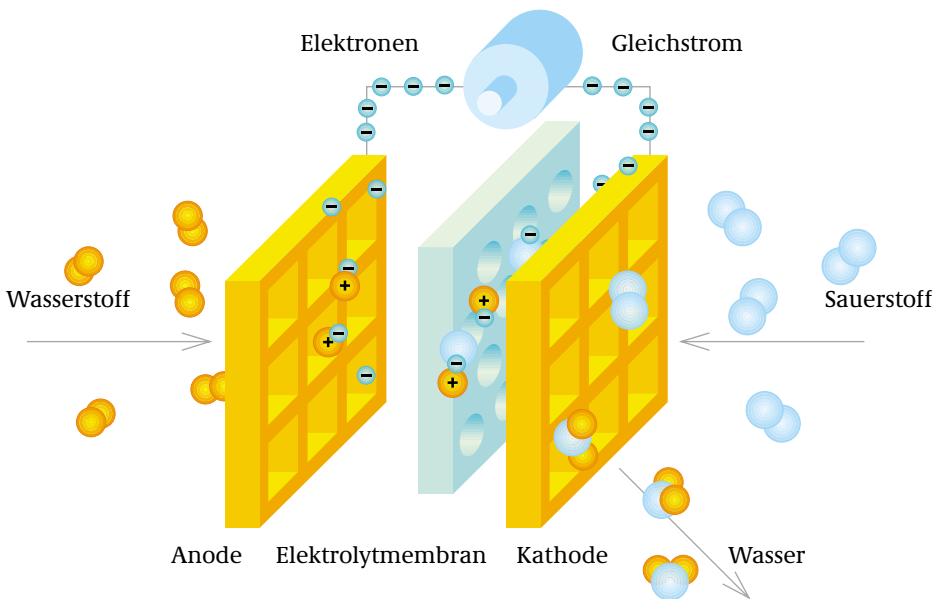
## DIE SONNE IM TANK - WASSERSTOFF ALS ENERGIETRÄGER

Eine Schwierigkeit der bisherigen Energiewirtschaft besteht darin, dass sich elektrischer Strom nur mit sehr hohem Aufwand, hohen Kosten und in relativ geringen Mengen speichern lässt. Mit dem Umbau hin zu einer dezentralen Energiewirtschaft auf Basis erneuerbarer Energien soll elektrischer Strom zunehmend unmittelbar dort eingesetzt werden, wo er erzeugt wird. Aber zum Beispiel große Windparks auf dem offenen Meer, so genannte Offshore-Anlagen mit bis zu 80 oder mehr Windkraftanlagen, werden bei entsprechendem Wind sehr viel Strom erzeugen, der vor Ort nicht verbraucht werden kann. Auf der Suche nach einer geeigneten Speichermöglichkeit rückt auch Wasserstoff in den Blick.

Als Speichermedium bietet er eine Reihe von Vorteilen: Er lässt sich emissionsfrei in Strom umwandeln, lässt sich speichern und ist praktisch universell anwendbar. Wasserstoff ist die Basis für hocheffiziente Zukunftstechnologien wie die Brennstoffzelle. Brennstoffzellen können Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser verbinden, wobei elektrische Energie entsteht, mit der künftig das Auto angetrieben oder Haushaltsstrom erzeugt werden kann. Bis zu 65 Prozent des eingesetzten Brennstoffs wandeln sie in Strom um. Dabei wird Wärme freigesetzt, die ebenfalls genutzt werden kann. Der benötigte Wasserstoff muss allerdings zuvor mit hohem Energieaufwand erzeugt werden. Brennstoffzellen werden gegenwärtig in Autos und in Laptops getestet; als kleine Kraftwerke für Gebäude sind sie bereits im Einsatz. In einigen europäischen Städten werden Stadtbusse von Mercedes-Benz mit Brennstoffzellenantrieb im täglichen Einsatz erprobt. Der dabei genutzte Wasserstoff wird zum Teil bereits vor Ort mit regenerativen Energien oder „grünem“ Strom aus Wasser hergestellt.

Überwiegend wird der in Brennstoffzellen eingesetzte Wasserstoff jedoch aus fossilem Erdgas gewonnen. Das ist nicht sehr effizient und auch teuer, da Erdgas auch direkt als Treibstoff genutzt werden kann. Bis zum massenhaften Einsatz von Brennstoffzellenfahrzeugen werden deshalb noch Jahre vergehen.

### WIRKUNGSWEISE EINER BRENNSTOFFZELLE



Für den Klimaschutz muss der genutzte Wasserstoff jedoch eine wichtige Bedingung erfüllen: Er muss mittels erneuerbarer Energien direkt aus Wasser hergestellt werden. Damit würde eine Art Kreislaufprozess möglich. Durch den Strom aus Photovoltaik-Anlagen oder anderen erneuerbaren Energien kann alkalisch versetztes Wasser elektrolytisch in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt werden. Mit Sauerstoff aus der Umgebungsluft kann dieser Wasserstoff später in einer Brennstoffzelle an einem beliebigen Ort (Haus, Auto, Laptop) wieder zur Energiegewinnung zusammengeführt werden. Als „Verbrennungsprodukt“ entsteht lediglich Wasser.

Aber bis zur solaren Wasserstoffwirtschaft ist es noch ein langer Weg. Sie wird zudem immer nur ein Teil des Energiesystems der Zukunft bleiben. Der größte Teil der regenerativ erzeugten Energie wird auch langfristig direkt verwendet werden, sei es als Wärme oder als Strom, der direkt in die elektrischen Netze eingespeist wird. Darüber hinaus wird Biomasse einen beachtlichen Teil des Brennstoffbedarfs decken. Und schließlich werden wir auf absehbare Zeit auch noch fossile Energien benötigen.