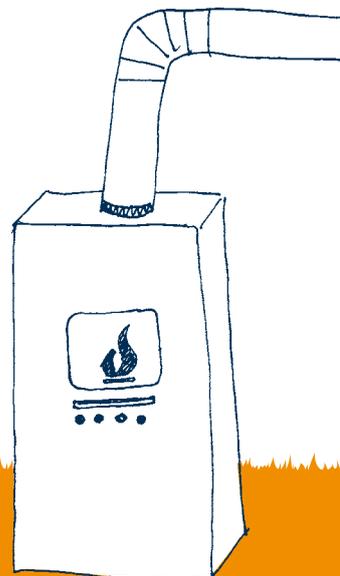


Unterrichtseinheit

# ERDGAS UND SONNE IN DER GRUNDSCHULE



Hartmut Oswald  
Unterrichtseinheit  
ERDGAS UND SONNE IN DER GRUNDSCHULE

erstellt im Rahmen des Projektes  
„Effiziente Nutzung von Erdgas und  
erneuerbaren Energiequellen an Schulen“  
mit freundlicher Unterstützung von  
GASAG und Energiewirtschaftsstelle

IMPRESSUM  
Herausgeber Unabhängiges Institut für Umweltfragen (UfU) e. V.  
Fachgebiet Klimaschutz & Bildung  
Autor Hartmut Oswald  
unter Mitarbeit von Liliane van Dyck, Meike Rathgeber,  
Malte Schmidthals  
Gestaltung und Illustration Rimini Berlin, Franziska Morlok  
Druck agit-druck GmbH  
gedruckt auf 100% Recycling-Papier

1. Auflage, Berlin 2006  
Alle Rechte vorbehalten.  
© Unabhängiges Institut für Umweltfragen (UfU) e. V.,  
Greifswalder Str. 4, 10405 Berlin, www.ufu.de

ISBN 3-935563-13-2  
Bestell-Nr. KS-31

<b>INHALT</b>	
<b>VORWORT</b>	
<b>MODUL 1: KLIMASCHUTZ</b>	
3	1.1 Umfang und Probleme der heutigen Energienutzung
5	1.2 Der Treibhauseffekt
7	1.3 Klimaschutz als globale Herausforderung
8	1.4 Wege aus dem Treibhaus
9	1.5 Klimaschutz im schulischen und privaten Umfeld
10	Hinweise zur Durchführung von Modul 1
<b>MODUL 2: ENERGETISCHE NUTZUNG VON ERDGAS</b>	
16	2.1 Woher kommt und was ist Erdgas?
17	2.2 Bedeutung für den Klimaschutz
17	2.3 Erkundung, Förderung und Transport
19	2.4 Anwendungsgebiete
19	2.5 Energieverbrauch einer Schule und mögliche Einsparung durch Erdgas
20	Hinweise zur Durchführung von Modul 2
<b>MODUL 3: ENERGIESPAREN IN DER SCHULE</b>	
28	3.1 Energierundgang und Auswertung
29	3.2 Energiesparendes Verhalten
30	3.3 Temperaturmessungen und Optimierung der Raumtemperaturen
33	Hinweise zur Durchführung von Modul 3
<b>MODUL 4: ERNEUERBARE ENERGIEQUELLEN UND IHRE NUTZUNG AN SCHULEN</b>	
42	4.1 Erneuerbare Energiequellen im Überblick
43	4.2 Solarenergienutzung an Schulen
46	Hinweise zur Durchführung von Modul 4
<b>55 WEITERFÜHRENDE LITERATUR</b>	



# MODUL1: KLIMASCHUTZ

[Umfang: 4 – 6 Unterrichtsstunden oder 1 Projekttag]

## 1.1 Umfang und Probleme der heutigen Energienutzung

### HINTERGRUNDINFORMATIONEN

Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts nutzten die Menschen neben der Muskelkraft von Mensch und Tier fast ausschließlich die regenerativen Energiequellen Sonne, Wind, Wasser und Biomasse (v. a. Brennholz). Erst die technologische Entwicklung seit Beginn der industriellen Revolution ermöglichte die Nutzung fossiler Energieträger (Kohle, Erdöl und Erdgas) in großem Maßstab. Meilensteine dieser Entwicklung waren die Erfindung der Dampfmaschine, die Entwicklung von Motoren für alle erdenklichen Einsatzgebiete und die Nutzung der Elektrizität sowie seit Mitte des 20. Jahrhunderts der Kernenergie für die Stromerzeugung. Dadurch wurden völlig neue technische Möglichkeiten eröffnet: Gegenüber den herkömmlichen technischen Antrieben durch Wind, Wasser und Muskelkraft erhöhte sich die Leistung der Maschinen zur Verrichtung verschiedenster Arbeiten um Größenordnungen (z. B. vom Pferdefuhrwerk zur Dampflok um den Faktor 100 bis 1000). Als Folge davon kam es zu einem sprunghaften Anstieg der Produktion und des Energieverbrauchs.

Welches Ausmaß unser Energiekonsum inzwischen erreicht hat, lässt sich durch folgende Zahlen veranschaulichen: Der Primärenergieverbrauch (Verbrauch an Energierohstoffen) der Bundesrepublik lag 2002 bei  $14,319 \text{ PJ} = 14,319.000.000.000.000 \text{ J}$ .  
 [zu Energie und Leistung sowie ihren Einheiten siehe Kasten auf Seite 7]

Diese Energiemenge entspricht dem Energiegehalt von rund 500 Mio. Tonnen Steinkohle. Ein Zug, der diese Menge transportieren würde, wäre 100.000 km lang – 2,5 mal der Erdumfang! Der Weltenergiebedarf liegt nochmals beim 30-fachen und betrug 417 EJ im Jahr 2000.

## Exkurs: Physikalische Grundlagen

### ENERGIE UND LEISTUNG

Als Energie (gebräuchliche Formelzeichen: E oder W) bezeichnet man die Fähigkeit von Körpern, Arbeit zu verrichten (bzw. eine äußere Wirkung hervor zu rufen). Bei der Verrichtung von Arbeit wird Energie von einem Körper auf einen anderen übertragen oder in andere Energieformen umgewandelt. Arbeit kann somit als eine spezielle Energieform angesehen werden. Beide Größen können deshalb auch mit demselben Formelzeichen bezeichnet und in denselben physikalischen Einheiten angegeben werden.

Einheiten: Joule (J), Kilojoule (kJ)

Wattsekunden (Ws), Kilowattstunden (kWh)

Umrechnung:  $1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$ ,  $1 \text{ kWh} = 3.600 \text{ kJ}$

Kilowattstunde (kWh) ist die Einheit, die auf der Stromrechnung angegeben wird. Mit einer Kilowattstunde kann man einen Eimer (10 Liter) Wasser zum Kochen bringen, 5 Minuten Auto fahren oder ca. 10 Stunden fernsehen. Ein Haushalt verbraucht im Jahr ungefähr 3.000 kWh Strom und 10.000 kWh Wärme. Eine kWh Strom kostet ca. 20 Cent, eine kWh Wärme ca. 5 Cent.

Leistung (L oder P) ist Arbeit (oder Energie) pro Zeiteinheit oder momentan verrichtete Arbeit.

Definition:  $L = E / t$  (für  $E = \text{const.}$ )

Einheiten: Joule pro Sekunde (J/s), Watt (W)  $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$

In Watt wird beispielsweise die Leistung von Lampen angegeben: Glühlampen haben zumeist 40, 60 oder 100 W Leistung, Energiesparlampen etwa 10 bis 20 W und Leuchtstoffröhren, wie sie in Schulen zum Einsatz kommen, 60 W. Bei Autos wird die maximale Leistung angegeben: Diese liegt bei Kleinwagen bei ca. 50 kW (50 Kilowatt = 50.000 Watt) und reicht bei leistungsstarken Autos bis zu ca. 500 kW.

### EINHEITENVORSÄTZE

Da die im Energiesektor anzutreffenden Energien und Leistungen sich über viele Zehnerpotenzen erstrecken, werden folgende Einheitenvorsätze verwendet:

Einheitenvorsatz	Faktor
E (Exa)	$1.000.000.000.000.000 = 10^{18}$
P (Peta)	$1.000.000.000.000.000 = 10^{15}$
T (Tera)	$1.000.000.000.000 = 10^{12}$
G (Giga)	$1.000.000.000 = 10^9$
M (Mega)	$1.000.000 = 10^6$
k (kilo)	$1.000 = 10^3$
m (milli)	$0,001 = 10^{-3}$

Der Energiebedarf wird heute überwiegend aus endlichen Energiequellen (Kohle, Erdöl, Erdgas und Uran) gewonnen [siehe Bild 1.1]. Die Folge ist, dass die Ressourcen bereits in wenigen Jahrzehnten erschöpft sein werden [siehe Bild 1.2].

Die fossilen Energieträger (Kohle, Erdöl und Erdgas) haben mit 82,8 % den größten Anteil am Energieverbrauch. Diese enthalten Kohlenstoff (C), der zur Energiegewinnung (z. B. zum Heizen oder für die Stromerzeugung) verbrannt wird. Dazu wird Sauerstoff (O<sub>2</sub>) gebraucht und es entsteht Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>). Die chemische Reaktionsgleichung dafür lautet:



Das Kohlendioxid reichert sich in der Erdatmosphäre an und verursacht den so genannten Treibhauseffekt [siehe Kap. 1.2]. Hinzu kommt, dass nur ungefähr ein Drittel der Energie von den Verbrauchern tatsächlich genutzt wird. Der größte Teil geht auf den verschiedenen Umwandlungsstufen bis zur Nutzung durch den Endverbraucher verloren.

Auf Grund der genannten Probleme (Energieverschwendung, Endlichkeit der Ressourcen und Treibhauseffekt) ist heute klar, dass tiefgreifende Änderungen in unserem Umgang mit Energie notwendig sind.

Bild 1.1: Energiequellen für Deutschland (2005)  
Quelle: eigene Darstellung nach BMWA, Energiedaten 2006

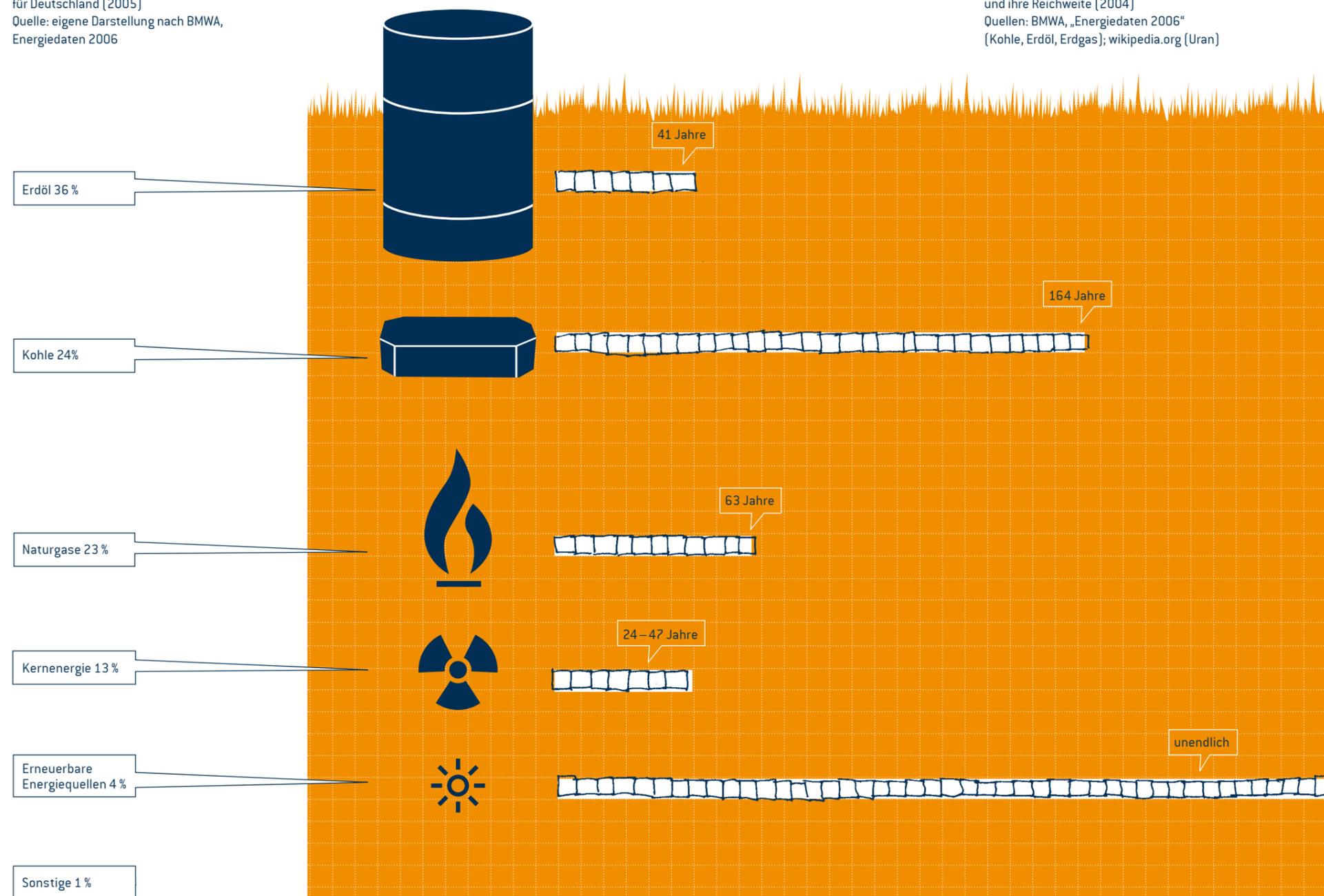
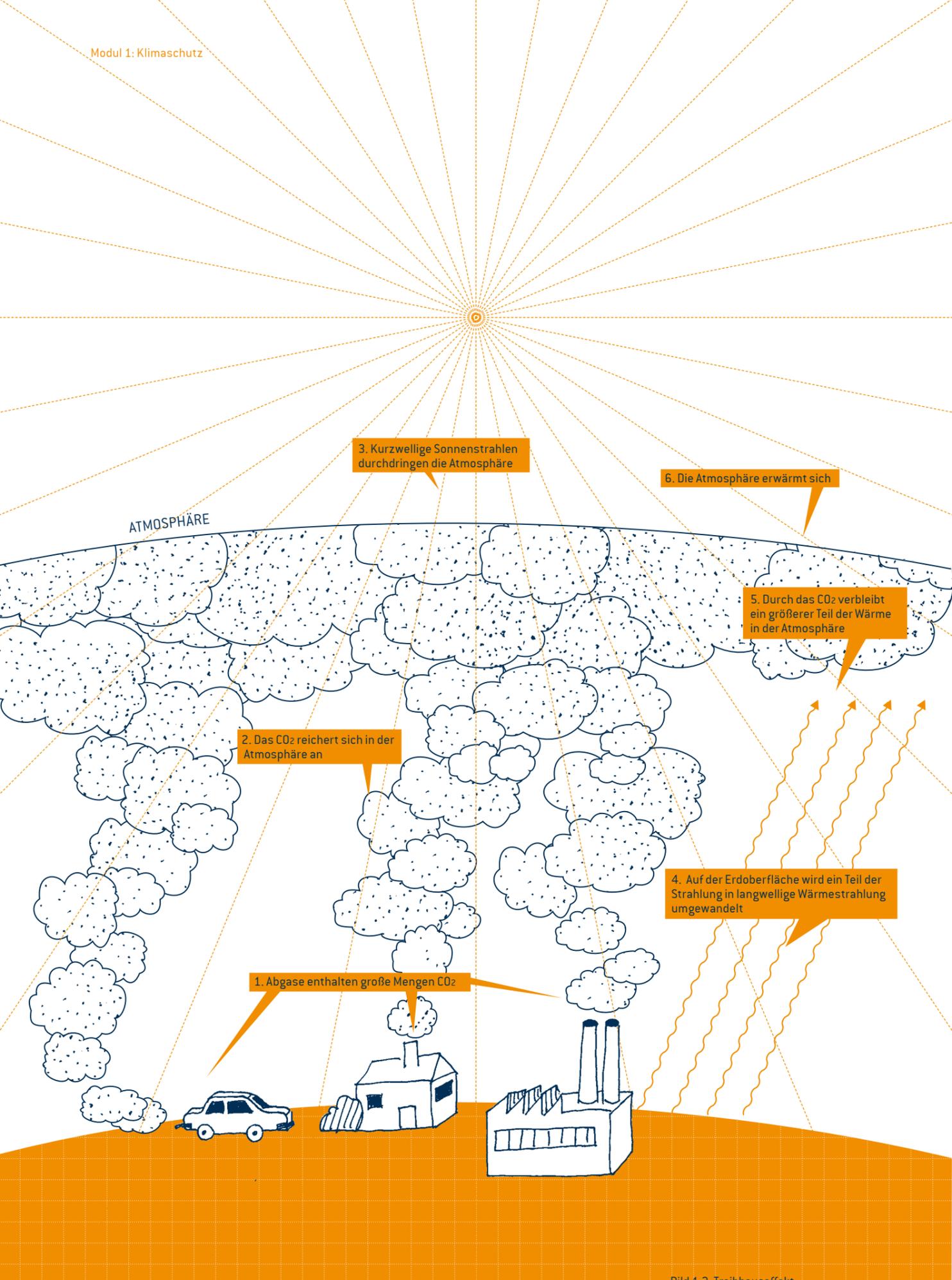


Bild 1.2: Energiereserven der Welt und ihre Reichweite (2004)  
Quellen: BMWA, „Energiedaten 2006“ [Kohle, Erdöl, Erdgas]; wikipedia.org [Uran]



## 1.2 Der Treibhauseffekt

Der Strahlungshaushalt der Erde befindet sich in einem natürlichen Gleichgewicht, d. h. es wird genauso viel Energie von der Erde abgestrahlt, wie auf sie einstrahlt. Wenn das nicht so wäre, würde sich die Erde insgesamt abkühlen oder aufheizen. Allerdings ist dieses Gleichgewicht langfristigen Veränderungen durch Klimaschwankungen (z. B. während der Eiszeit) unterworfen.

Ein Teil der einfallenden Sonnenstrahlung wird in der Atmosphäre (z. B. an den Wolken) und auf der Erdoberfläche (besonders auf mit Eis oder Schnee bedeckten Flächen) reflektiert und in den Weltraum zurück gestrahlt. Der Rest wird in der Atmosphäre oder auf der Erdoberfläche aufgenommen und in langwellige Wärmestrahlung umgewandelt und als solche wieder von der Erde in das All abgestrahlt.

Das Temperaturniveau auf der Erdoberfläche wird neben der einfallenden Strahlung von der Zusammensetzung der Atmosphäre (siehe Tabelle 1.1) beeinflusst. In der Atmosphäre befinden sich auch einige Gase, die die Wärmestrahlung aufnehmen und damit die Wärmeabstrahlung der Erde verringern (sog. klimarelevante Spurengase oder Treibhausgase). Ein Teil der Energie wird deshalb zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre hin und her gestrahlt. Dies wird auch als natürlicher Treibhauseffekt bezeichnet. Ohne ihn läge die mittlere Temperatur der Erdoberfläche bei -18 °C (statt bei +15 °C) und die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht wären sehr groß, so dass Leben, wie wir es kennen, auf der Erde nicht möglich wäre.

Unsere heutige Lebensweise erfordert einen Energieverbrauch in historisch nie da gewesenen Ausmaß. Durch die damit verbundene Emission von so genannten Treibhausgasen, vor allem Kohlendioxid, haben wir Menschen seit Beginn der Industrialisierung vor rund 200 Jahren die Zusammensetzung der Atmosphäre verändert, was einen Temperaturanstieg auf der Erdoberfläche zur Folge hat. Dieses Phänomen wird auch als zusätzlicher oder anthropogener (menschengemachter) Treibhauseffekt bezeichnet.

Nach den Erkenntnissen des International Panel of Climate Change (IPCC), einem internationalen Zusammenschluss von auf dem Gebiet der Klimaforschung tätigen Forschungsinstituten, hat die Konzentration des wichtigsten Treibhausgases Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in der Erdatmosphäre seit 1750 um 31 % zugenommen und mit über 360 ppm (Millionstel Anteile) ein Niveau erreicht, das zumindest in den letzten 420.000 Jahren und wahrscheinlich auch während der letzten 20 Millionen Jahre nicht überschritten wurde. Auch die gegenwärtige Zunahmerate ist in den letzten 20.000 Jahren ohne Beispiel.

Auf Grund dessen ist bis zum Ende des 21. Jahrhunderts mit einem Temperaturanstieg um 1,4 bis 5,8 °C zu rechnen. Bereits jetzt sind ein Temperaturanstieg von 0,4 bis 0,8 °C gegenüber dem vorindustriellen Wert und erste Auswirkungen wie die Zunahme von Dürren, Hochwasserkatastrophen usw. sowie das Abschmelzen der Pole und Gletscher zu verzeichnen.

Eine weitere Zunahme dieser Tendenzen sowie der Anstieg des Meeresspiegels gelten als sicher. Dies würde dazu führen, das immer größere Gebiete durch Überflutung und die Ausbreitung von Wüsten unbewohnbar werden. Infolgedessen ist weltweit mit einer Zunahme der Verteilungskämpfe um die immer knapper werdenden nutzbaren Flächen und Ressourcen sowie einer wachsenden Zahl von Umwelt- und Klimaflüchtlingen zu rechnen.

GAS	ANTEIL
Stickstoff N <sub>2</sub>	78 %
Sauerstoff O <sub>2</sub>	21 %
Kohlendioxid CO <sub>2</sub>	0,036 %
Sonstige	<1 %

Tabelle 1.1: Chemische Zusammensetzung der Erdatmosphäre (ohne den zwischen 0 und 3 % schwankenden Wasserdampfgehalt)

Bild 1.3: Treibhauseffekt

### 1.3 Klimaschutz als globale Herausforderung

Auf Grund dieser absehbaren Folgen des Klimawandels wurde auf der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung (UNCED) in Rio de Janeiro 1992 die Klimarahmenkonvention verabschiedet. Zugleich ist der Klimaschutz ein wichtiges Handlungsfeld der ebenfalls in Rio verabschiedeten Agenda 21. Seitdem gab es einige Nachfolgekongressen, auf denen die internationale Klimaschutzpolitik abgestimmt und länderspezifische Ziele für die Reduzierung des Ausstoßes (fachsprachlich: Emissionen) von Treibhausgasen (Kyoto 1997) festgelegt wurden.

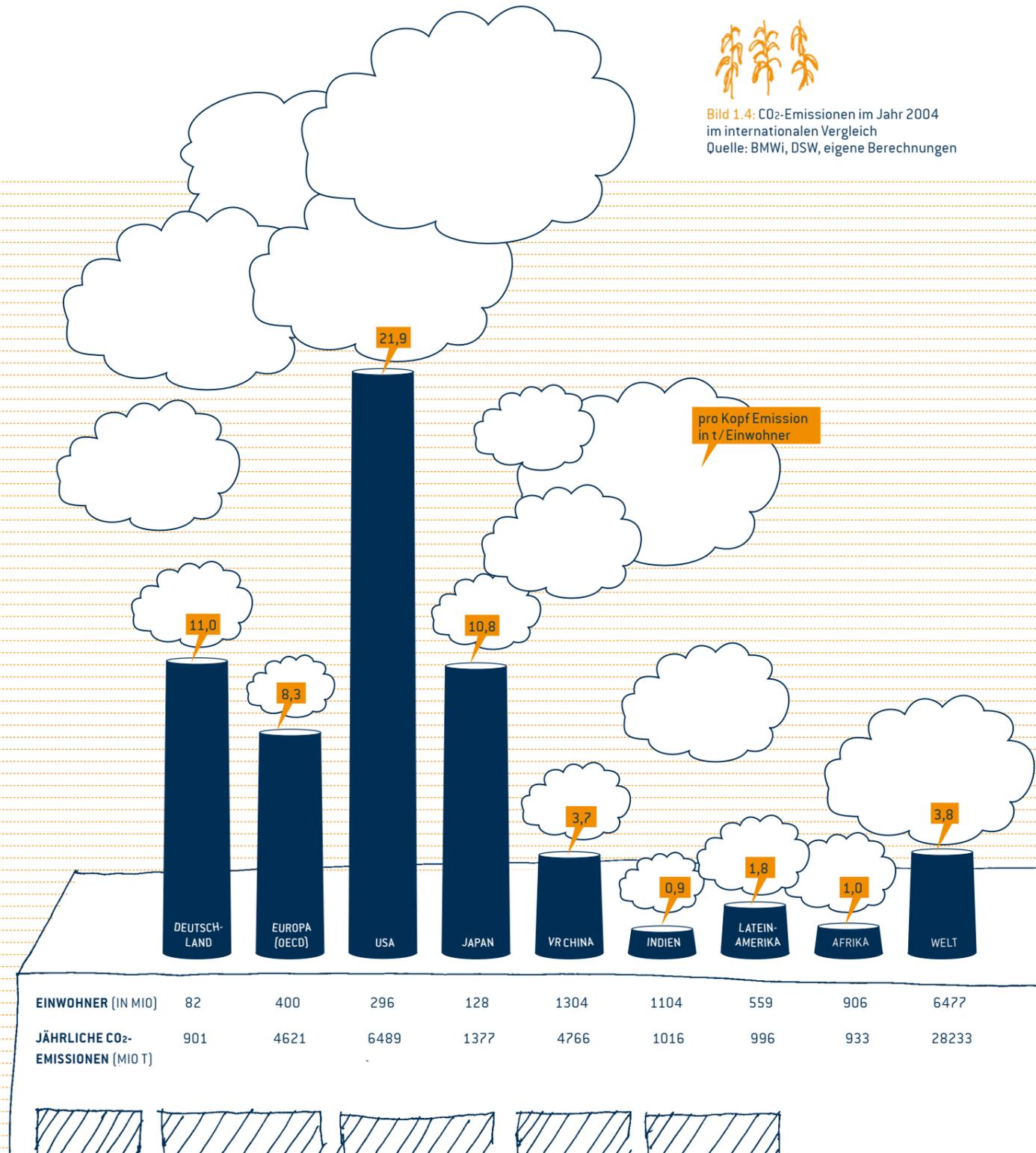
Dabei müssen vor allem die Industrieländer, die bei nur einem Viertel Bevölkerungsanteil ungefähr drei Viertel der Ressourcen in Anspruch nehmen (siehe Bild 1.4), besondere Anstrengungen unternehmen, um die Lebensgrundlagen für künftige Generationen auf der Erde zu erhalten.

Auf der Grundlage des Berichtes der Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages beschloss die Bundesregierung bereits Anfang der neunziger Jahre eine Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland bis zum Jahr 2005 um 25 bis 30 Prozent, bezogen auf das Basisjahr 1987 anzustreben. Dieses Ziel wurde um ca. 7 % verfehlt. Darüber hinaus wurden auf der Vertragsstaatenkonferenz in Kyoto im Jahr 1997 konkrete Klimaschutzziele für die teilnehmenden Staaten festgelegt. Dabei verpflichtete sich die Bundesrepublik zu einer Verringerung des Ausstoßes klimarelevanter Gase um 21 Prozent (gerechnet in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) bis zum Jahr 2010.

Langfristig, d. h. bis zum Jahr 2050, stehen die Industrieländer vor der Aufgabe, die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 80 % zu reduzieren, damit insgesamt eine Halbierung erreicht werden kann, was zur Stabilisierung des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Erdatmosphäre und zur Begrenzung der negativen Auswirkungen des Klimawandels notwendig ist.



Bild 1.4: CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2004 im internationalen Vergleich  
Quelle: BMWi, DSW, eigene Berechnungen



## 1.4 Wege aus dem Treibhaus

Aus der Analyse der gegenwärtigen Probleme (Energieverschwendung, Endlichkeit der Ressourcen und Treibhauseffekt) lassen sich folgende drei Hauptstrategien zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und zur nachhaltigen Umgestaltung des Energiesektors ableiten:

1. **Energieeinsparung**
2. **Effiziente Energienutzung**
3. **Energieträgerwechsel und Nutzung erneuerbarer Energiequellen**

**Energieeinsparung** umfasst alle Maßnahmen, die auf die Verringerung des Bedarfs an Nutzenergie beim Endverbraucher gerichtet sind. Damit werden natürlich auch die Verluste auf den vorgelagerten Umwandlungsstufen vermieden und die entsprechende Primärenergie eingespart. Der Einzelne kann hier vor allem durch energiesparendes Verhalten, z. B. durch richtiges Lüften, Absenkung der Raumtemperaturen, Vermeidung von Stand-by-Verlusten usw., einen Beitrag leisten.

**Effiziente Energienutzung** ist dagegen direkt auf die Verringerung der Verluste bei der Energieumwandlung gerichtet. Bei jeder Energieumwandlung treten Verluste auf, die jedoch in ihrer Höhe begrenzt werden können. Meist handelt es sich dabei um technische Maßnahmen, wie Kraft-Wärme-Kopplung zur Stromerzeugung oder Brennwertnutzung bei der Heizung. Der Einzelne kann jedoch auch Einfluss nehmen, z. B. durch den Kauf energiesparender Heizungen und Geräte (Energiesparlampe statt Glühbirne).

Beim **Energieträgerwechsel** geht es sowohl um den Ersatz kohlenstoffreicher Energieträger durch kohlenstoffärmere (z. B. Heizöl durch Erdgas) als auch um die **Nutzung erneuerbarer Energiequellen**, wodurch endliche Energieträger eingespart werden und der CO<sub>2</sub>-Ausstoß verringert wird oder ganz entfällt. Die Umstellung einer Kohle- oder Ölheizung auf Erdgas oder die Anschaffung einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung oder zur Stromerzeugung sind beispielhafte Maßnahmen für diesen Bereich (siehe auch Module 3 und 4).

Angesichts des Treibhauseffektes wirbt die Atomwirtschaft in den letzten Jahren wieder verstärkt für die Nutzung der Kernkraft zur Stromerzeugung. Diese bietet jedoch keinen Ausweg, weil dadurch andere Probleme erzeugt werden, insbesondere

- das nicht auszuschließende Risiko eines Unfalls mit verheerenden Folgen,
- die ungelöste Frage der Endlagerung der radioaktiven Abfälle, die noch über tausende von Jahren für Lebewesen gefährlich sind,
- die Gefahr der militärischen Nutzung des spaltbaren Materials und
- die knappen Uranreserven (siehe Bild 1.2), weshalb die Kernkraft ohnehin nur einen geringen Beitrag zur Energieversorgung leisten könnte, der jedoch besser durch Energieeinsparung erreicht werden kann.

Die nachhaltige Umgestaltung des Energiesektors stellt eine große Herausforderung für die nächsten Jahrzehnte dar und bietet gerade auch den heutigen Schülern eine interessante berufliche Perspektive.

## 1.5 Klimaschutz im schulischen und privaten Umfeld

Jeder Einzelne hat vielfältige Möglichkeiten, die durch ihn verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verringern und damit zum Klimaschutz beizutragen. Nachfolgend sind beispielhafte Maßnahmen für den schulischen und privaten Bereich aufgeführt:

### HEIZUNG UND WARMWASSERBEREITUNG

1. Oft kann die Raumtemperatur reduziert werden: 20 °C sind in Wohn- und Unterrichtsräumen im allgemeinen ausreichend. Dies ist gesünder als überheizte Räume und spart 6 % Heizenergie pro Grad Temperaturabsenkung.
2. Lüftung durch dauerhaft angekippte Fenster kostet Energie! Durch kurzes und kräftiges Lüften (ca. 5 min) wird verbrauchte Luft ausgetauscht, aber die Abkühlung der wärmespeichernden Wände, Möbel usw. vermieden.
3. Temperaturabsenkung bei Warmwasserspeichern auf 45 bis 50 °C und Abschaltung bei Abwesenheit ab einem Tag spart Energie. (Achtung: Wegen Legionellengefahr nicht für größere Warmwasserspeicher, z. B. an Schulen, geeignet!)
4. Stromheizungen und alte Heizkessel fressen Energie und Geld. Bei der Erneuerung sollte wenn möglich Brennwerttechnik eingesetzt und die Sonnenenergie genutzt werden. Dafür gibt es Fördermittel vom Staat!
5. Geschirrspüler und Waschmaschinen lassen sich an die Warmwasserleitung anschließen. Für die Erwärmung des Wassers wird dadurch der ökologisch ungünstige und teure Energieträger Strom durch einen anderen ersetzt (außer bei Stromheizung).

### ELEKTRIZITÄT

6. Die Stand-by-Verluste elektrischer Geräte lassen sich durch Netzabschaltung vermeiden. Deshalb: Stecker ziehen, schaltbare Steckdosenleiste oder spezielle, im Elektrofachhandel erhältliche Vorschaltgeräte nutzen!
7. Die volle Auslastung elektrischer Haushaltsgeräte (Waschmaschine, Geschirrspüler) bei Benutzung spart Strom und Wasser.
8. Schon bei der Anschaffung elektrischer Haushaltsgeräte kann Strom gespart werden, indem die Energieeffizienzklasse A gewählt wird. Auch bei eventuell höheren Anschaffungskosten wird über die Lebensdauer des Gerätes durch die geringeren Betriebskosten in der Regel auch bares Geld gespart.
9. Mit Energiesparlampen reduziert sich der Stromverbrauch gegenüber Glühbirnen um 4/5. Die höheren Anschaffungskosten amortisieren sich schnell durch die eingesparten Energiekosten und die höhere Lebensdauer.

### VERKEHR

10. Manche Wege können statt mit dem Auto besser zu Fuß bzw. mit Fahrrad oder öffentlichen Verkehrsmitteln erledigt werden. Unter Umständen bringt dies neben einer Senkung der Benzinkosten auch eine Erhöhung der Lebensqualität.
11. Durch die Umrüstung oder die Anschaffung eines Pkw mit Erdgasantrieb oder durch Biokraftstoffe lassen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen drastisch senken.
12. Die Entdeckung der Urlaubsparadiese in der Nähe, statt in ferne Länder zu fliegen, trägt neben dem Klimaschutz auch zur Erhöhung des Bruttoinlandsproduktes bei!



## Hinweise zur Durchführung von Modul 1

### LERNZIELE

Für das Verständnis dieses Kapitels ist eine gewisse Vorstellung über den Unterschied zwischen Energie und Leistung, insbesondere über die Rolle des Faktors Zeit, erforderlich. Die Begriffe Energie und Leistung und die zugehörigen Maßeinheiten werden eingeführt.

Darüber hinaus erfahren die Schüler, dass Leistungen und Energien in einem weiten Größenspektrum vorkommen. Dazu eignet sich der Vergleich der Leistungen verschiedener Anlagen und Geräte. Das Thema bietet sich an zur Einführung von Zehnerpotenzen und Einheitenvorsätzen.

Die Schüler erfahren etwas über die historische Dimension des Energieverbrauchs und entwickeln eine Vorstellung vom gegenwärtigen Energieverbrauch in Deutschland. Sie lernen die wichtigsten Primärenergiequellen kennen und erfahren, dass der größte Teil unserer Energie aus fossilen Energiequellen stammt.

Es wird vermittelt, dass die fossilen Energieträger Kohlenstoff enthalten, welches zur Energiegewinnung mit Sauerstoff zu Kohlendioxid verbrennt. Dazu lernen sie die entsprechende chemische Gleichung kennen. Sie erfahren, dass sich die fossilen Energieträger in ihrem Kohlenstoffanteil unterscheiden und deshalb bei der Verbrennung auch unterschiedlich viel Kohlendioxid freisetzen.

Die Schüler lernen die Ursachen und die Folgen des Treibhauseffektes kennen und erfahren, wie viele CO<sub>2</sub>-Emissionen wir Menschen durch unseren Energiekonsum verursachen. Sie beschäftigen sich mit den Möglichkeiten zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

## Aufgaben

### AUFGABE 1.1

Wie heißt die Maßeinheit für  
a) die elektrische Leistung  
b) die elektrische Energie

### AUFGABE 1.2

Ordne folgende Energieverbraucher bzw. -erzeuger nach ihrer Leistung!  
Auto, Fahrraddynamo, Armband-Uhr, Wohnungsheizung, Wasserkocher, modernes großes Heizkraftwerk (z. B. Berlin-Mitte), PC, Leuchtstoffröhre, Atomkraftwerk, ICE, Windkraftanlage, Schulheizung

#### Ergebnis:

1. Atomkraftwerk (1 GW)
2. modernes großes Heizkraftwerk, z. B. Berlin-Mitte (300 MW)
3. ICE (10 MW)
4. Windkraftanlage (1,5 MW)
5. Schulheizung (500 kW)
6. Auto (50 kW),
7. Etagenheizung (10 kW)
8. Wasserkocher (2 kW)
9. PC (200 W)
10. Leuchtstoffröhre (56 W)
11. Fahrraddynamo (3 W)
12. Armband-Uhr (mW)

evtl. weitere Beispiele aus dem Erlebnisbereich der Schüler ergänzen, zur Messung der elektrischen Leistung von Geräten:

siehe Modul 3

### AUFGABE 1.3

Wie viele Windräder werden benötigt, um dieselbe Leistung wie ein Atomkraftwerk zu erzeugen? (Windrad: 1 MW, Atomkraftwerk: 1 GW)

Wie viele Wasserkocher, Lampen bzw. Energiesparlampen können mit einem Windrad von 1 MW Leistung gleichzeitig betrieben werden? (Wasserkocher: 1 kW, Lampe: 100 W, Energiesparlampe 20 W)

**Ergebnisse:** 1.000 Windräder, 1.000 Wasserkocher, 10.000 Lampen bzw. 50.000 Energiesparlampen

Weitere Beispiele sind möglich und können auch von den Schülern „entdeckt“ werden.

### AUFGABE 1.4

Eine Windkraftanlage erzeugt im Jahr 3.000 MWh Elektroenergie. Ein Haushalt verbraucht pro Jahr 3.000 kWh Elektroenergie. Wie viele Haushalte kann die Windkraftanlage versorgen?

**Ergebnis:** 1.000 Haushalte

Weitere Beispiele sind möglich und können auch von den Schülern „entdeckt“ werden.

### AUFGABE 1.5

Stelle den unterschiedlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß eines Einwohners für die verschiedenen Länder bildhaft dar! (z. B. als Säulendiagramm oder als rauchende Schornsteine oder als Modell aus Knete mit 1 cm pro t CO<sub>2</sub>) (siehe Arbeitsblatt)

### AUFGABE 1.6

Wie können wir es schaffen, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß bis zum Jahr 2050 um 80 % (4/5) zu senken?

**alternativ:** Schreibe eine Geschichte darüber, wie es mit der Energie im Jahr 2050 sein wird: Woher kommt dann unsere Energie, wie werden wir leben?

## Experimente



### KERZENVERSUCH

Abdeckung einer brennenden Kerze mit einem Becherglas führt zum Erlöschen  
-> Sauerstoffverbrauch und Kohlendioxidstehung bei der Verbrennung

### TREIBHAUSEFFEKT

Unterschiedliche Erwärmung der Luft in zwei Styropor-Kästen, von denen einer mit einer Folie oder einer Glasplatte abgedeckt ist, Lichtquelle: Sonne oder Lampe, Messung mit zwei Digitalthermometern  
-> Folie bzw. Glasplatte behindert die Wärmeabstrahlung (Treibhauseffekt), Erläuterung der Analogie zur Wirkung des CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre

### KLIMABALLON (Ausleihe beim UfU e. V. möglich)

Aufpumpen eines Ballons mit dem Volumen des täglichen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes eines Einwohners der BRD (V = 15 m<sup>3</sup>, d = 3 m)  
-> abstrakte Zahlen zu CO<sub>2</sub>-Ausstoß werden physisch und visuell erfahrbar gemacht, Dauer des Aufpumpens: 1 bis 2 Stunden

**alternativ:** Darstellung des Volumens mit Umzugkartons



## Unterrichtsmaterialien

Die nachfolgenden Unterrichtsmaterialien beinhalten Literatur, Foliensätze, Videos, CDs, Experimentierkästen. Da es zum Thema Klimaschutz nur wenige spezifische Materialien für die Grundschule gibt, wurden in die Übersicht auch solche für die Sekundarstufe aufgenommen, die sich auch für Jüngere eignen oder LehrerInnen einen guten Überblick über das Thema bieten.

### Energie: Ursprung, Formen, Nutzung

Der Bildband widmet sich dem Thema Energie in all seinen Facetten. Themen sind die Formen von Energie, Energieerhaltung, Thermodynamik, Energiegewinnung (fossile Energien, Kernenergie, erneuerbare Energien, Photosynthese, Energie aus Nahrung), die Stromerzeugung (Dampfkraft, Wind und Wasser, Sonnenenergie) sowie die Bedeutung der Erneuerbaren Energie. Das Buch ist sehr umfassend mit Bildern und Zeichnungen versehen.

Autoren, Herausgeber: Challoner, Jack; Gerstenberg-Verlag, Preis: 12,90 Euro

### Energie als Eine-Welt-Frage

Mit Hilfe des Foliensatzes wird der Energieverbrauch der Industrienationen als globales Problem dargestellt, da die Entwicklungsländer trotz höherer Bevölkerungsanteile weniger Chancen zur Nutzung von Energie als Grundlage ihrer wirtschaftlichen Entwicklung erhalten.

Herausgeber: EUROSOLAR e.V., Kaiser-Friedrich-Str. 11, 53113 Bonn, [www.eurosolar.org](http://www.eurosolar.org), Preis: Kostenlos für Schulen

### Perspektiven der globalen Energieversorgung

Anhand der Folien und der Begleiterläuterungen soll in einer Unterrichtseinheit die Nutzung der Energie als globales Problem thematisiert werden. Als Lösungsmöglichkeit der Treibhausproblematik wird die Nutzung der erneuerbaren Energien dargestellt.

Autoren, Herausgeber: Bube, Walter et al.; Zeitbild-Verlag GmbH, Corneliusstr. 6, 80469 München, Preis: Kostenlos für Lehrer

### Jugend mit unendlicher Energie

Die Mappe mit 17 losen Blättern und vier Folien ist als Informationsmaterial zu einer Umweltbildungskampagne des BMU konzipiert worden. Die Informationsblätter thematisieren sowohl die erneuerbaren Energien als auch die Themen Reserven und Ressourcen, Treibhauseffekt, Energieverbrauch und Klimaschutz. Jedes Blatt hat Aufgabenstellungen.

Autoren, Herausgeber: Zeitbild Verlag GmbH, Kaiserdamm 20, 10057 Berlin, [www.zeitbild.de](http://www.zeitbild.de), Preis: kostenlos

### Klima sehen, Klima verstehen, Klima schützen

Bei dem Material handelt es sich um eine Ausstellung und Materialien zum Klimaschutz. Die CD beinhaltet Materialien (Informationen, Arbeitsblätter, Folien) zum Thema Klimaschutz und stellt Erfahrungen auch im Bereich EE aus Schulen dar.

Autoren, Herausgeber: Deutsche Energie Agentur GmbH (dena), Chausseestr. 128a, 10115 Berlin, [info@deutsche-energie-agentur.de](mailto:info@deutsche-energie-agentur.de), [www.deutsche-energie-agentur.de](http://www.deutsche-energie-agentur.de)

### Modulares Schulinformationssystem Energie (MSE)

#### Modul „Der Treibhauseffekt“

Der Ordner besteht aus einem Textteil mit Sachinformationen und didaktischen Hinweisen, Folien (Kopiervorlagen), Arbeitsblättern und Informationen.

Autoren, Herausgeber: Graf, Ulrich et al.; Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung im VKU (ASEW), Volksgartenstr. 22, 50677 Köln, [www.asew.de](http://www.asew.de), Preis: 12 Euro

### Modulares Schulinformationssystem Energie (MSE)

#### Modul „Woher kommt unsere Energie“

Der Ordner besteht aus einem Textteil mit Sachinformationen und didaktischen Hinweisen, Folien (Kopiervorlagen), Arbeitsblättern und Informationen.

Autoren, Herausgeber: Graf, Ulrich et al.; Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung im VKU (ASEW), Volksgartenstr. 22, 50677 Köln, [www.asew.de](http://www.asew.de), Preis: 10 Euro

### Treibhauseffekt

VHS-Kassette mit ca. 20 Minuten Spieldauer, Lehrerbegleitheft und mit Arbeitsblättern. Ausgehend von fiktiven Nachrichten im Jahre 2044 wird auf mögliche Folgen von klimatischen Veränderungen durch den Treibhauseffekt hingewiesen.

Hagemann & Partner, Bildungsmedien Verlagsgesellschaft mbH, Karlstraße 20, 40210 Düsseldorf, Tel 0211.1 79 27 00, Fax 0211.17 92 70 70, [www.hagemann.de](http://www.hagemann.de), Preis: 42,40 Euro

### Unsere Atmosphäre in Gefahr – Schadstoffe, Treibhauseffekt, Ozonloch

VHS-Kassette von 2002 mit ca. 12 Minuten Spieldauer und Lehrerbegleitheft. Das Video beschreibt die verschiedenen Schichten der Erdatmosphäre und untersucht die Quellen und Auswirkungen unterschiedlicher Schadstoffe.

Hagemann & Partner, Bildungsmedien Verlagsgesellschaft mbH, Karlstraße 20, 40210 Düsseldorf, Tel 0211.1 79 27 00, Fax 0211.17 92 70 70, [www.hagemann.de](http://www.hagemann.de), Preis: 42,40 Euro

### Der Klimawandel

von Stefan Rahmstorf und Hans Joachim Schellnhuber  
Was ist unter Klimawandel zu verstehen, und welche Faktoren sind für das Klima verantwortlich? Zwei renommierte Klimaforscher geben einen kompakten und verständlichen Überblick über den derzeitigen Stand unseres Wissens und zeigen Lösungswege auf.

Beck'sche Reihe 2006, 144 S., 25 Abb., 2 Tabellen, Paperback EUR 7,90, ISBN 3-406-50866-92006

### INTERNETSEITEN

[www.pik-potsdam.de](http://www.pik-potsdam.de)  
[www.aktion-klimaschutz.de](http://www.aktion-klimaschutz.de)  
[www.klimabuendnis.org](http://www.klimabuendnis.org)  
[www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)



## Exkursionsziele

Ab und zu gibt es Ausstellungen zum Thema Klimaschutz, z. B. von der Deutschen Energieagentur (dena) oder dem Klimabündnis. Der Treibhauseffekt lässt sich auch sehr gut an Gewächshäusern demonstrieren. Dafür empfiehlt sich ein Besuch z. B. im Botanischer Garten oder in der Biosphäre Potsdam.

## Arbeitsblatt Modul 1: Klimaschutz

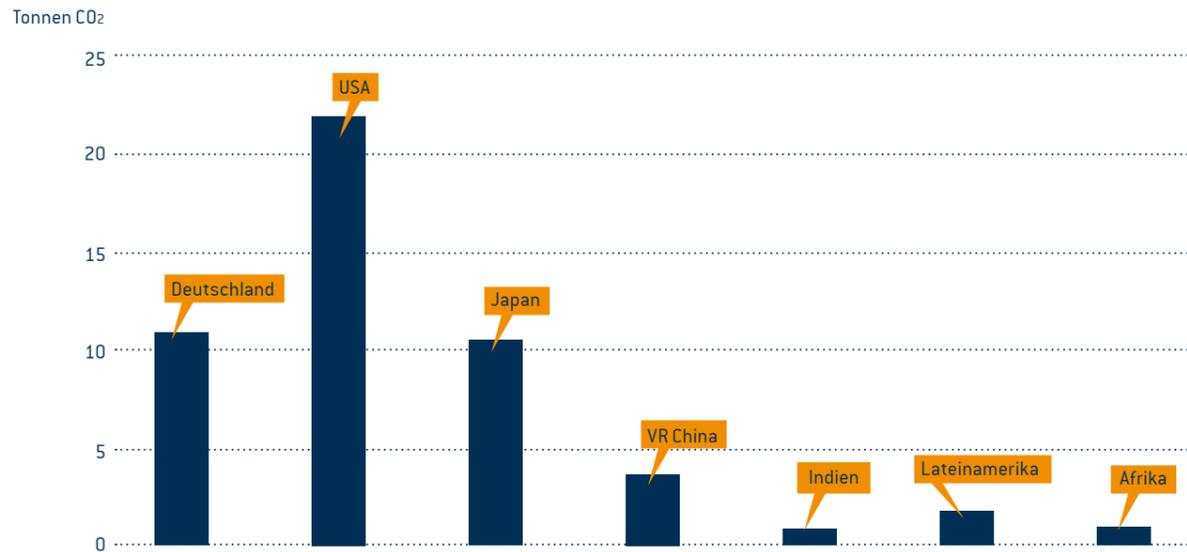
Markiere Deutschland, USA, Japan, VR China, Indien, Lateinamerika und Afrika auf der Weltkarte. Nimm dazu einen Atlas zu Hilfe. Übertrage anschließend die dazu gehörigen Säulen in ihrer Größe mit Lineal und Bleistift auf die Weltkarte.

Besprecht, was es bedeuten würde, wenn alle Einwohner Chinas (1304 Mio.) die gleichen pro Kopf-CO<sub>2</sub>-Emissionen wie die Deutschen (82 Mio.) hätten.

## Arbeitsblatt Modul 1: Klimaschutz

Weltkarte zur Eintragung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes pro Einwohner

CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN PRO KOPF





# MODUL 2: ENERGETISCHE NUTZUNG VON ERDGAS

(Umfang: 4 – 6 Unterrichtsstunden oder 1 Projekttag)

## 2.1 Woher kommt und was ist Erdgas?

### HINTERGRUNDINFORMATIONEN

Erdgas ist vor Millionen Jahren aus pflanzlichen und tierischen Überresten (Fossilien) entstanden und gehört deshalb wie Kohle und Erdöl zu den fossilen Energieträgern. Es werden zwei unterschiedliche Entstehungsarten unterschieden: die Entstehung aus Kohle und die Entstehung aus Plankton (siehe Bild 2.1).

Durch den in den tieferen Gesteinsschichten herrschenden hohen Druck kam es zum Aufsteigen des Erdöls und des Erdgases durch Poren und Spalten in höhere Gesteinsschichten. In porösen Schichten, die von undurchlässigen Schichten bedeckt waren, sogenannten Erdgasfallen, konnten sich die Stoffe sammeln und die heutigen Lagerstätten bilden. Aufgrund des Dichteunterschiedes befindet sich dabei das Erdgas immer über dem Erdöl.

Erdgas besteht überwiegend aus Methan, aber auch aus anderen gasförmigen Verbindungen. Beim Methanmolekül sind um ein zentrales Kohlenstoffatom vier Wasserstoffatome tetraederförmig angeordnet. Die chemische Formel lautet deshalb  $\text{CH}_4$ .

Bei der Verbrennung (Reaktion mit Sauerstoff,  $\text{O}_2$ ) entstehen Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) und Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Außerdem wird bei der Reaktion Energie frei. Deshalb wird Erdgas als Energieträger verwendet.

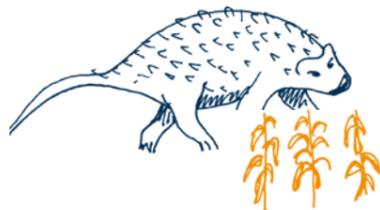
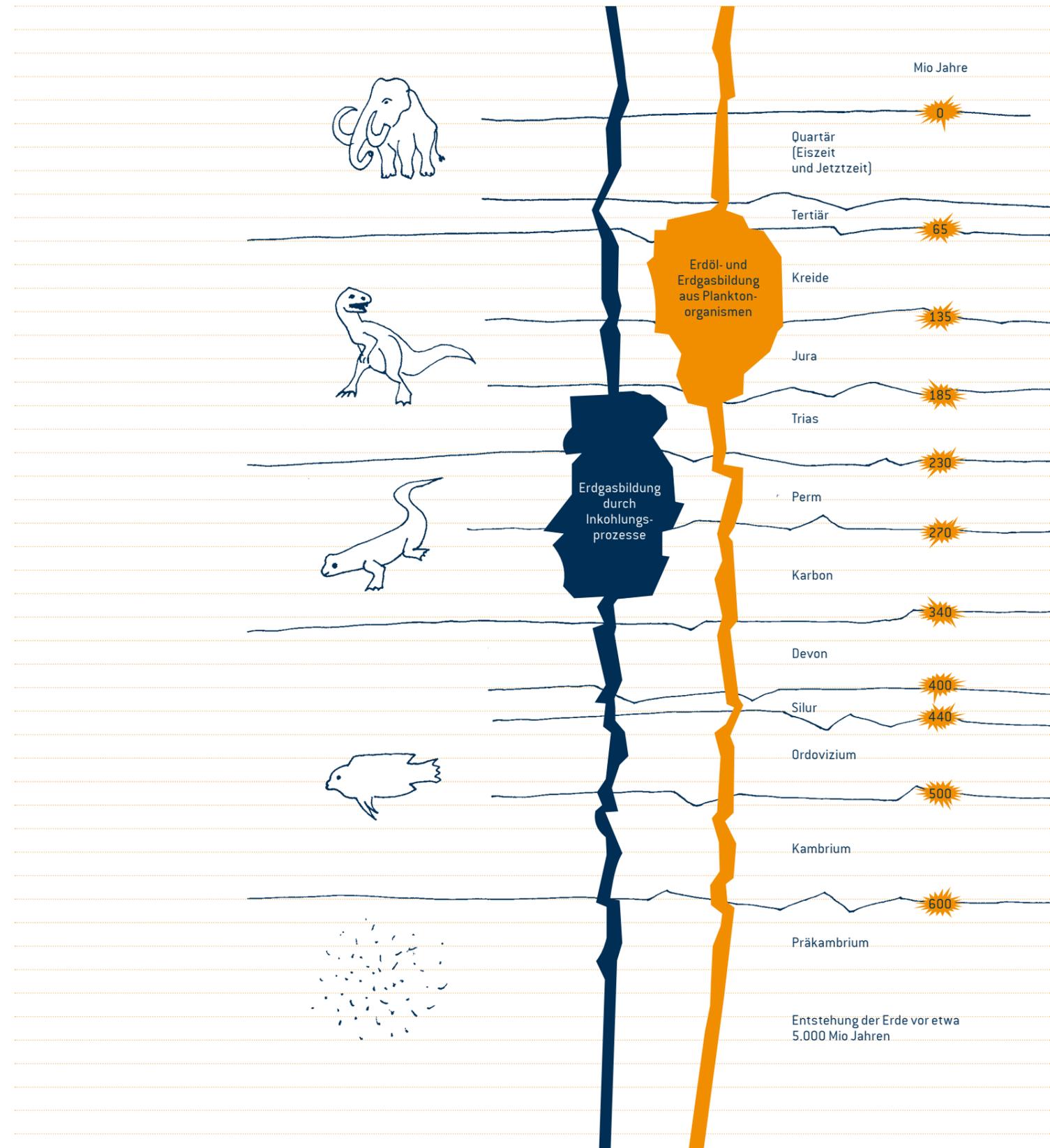


Bild 2.1: Entstehung von Erdgas  
Quelle: Erdgas Information Essen / Leipzig



## 2.2 Bedeutung für den Klimaschutz

Unter den fossilen Energieträgern (Kohle, Erdöl und Erdgas) ist das Erdgas derjenige mit dem geringsten Kohlenstoffanteil (im Verhältnis zum Wasserstoff) und demzufolge auch mit der geringsten CO<sub>2</sub>-Emission pro Energieeinheit bei der Verbrennung (siehe Bild 2.2).

Dies resultiert aus dem im Vergleich zu Kohle und Erdöl günstigeren Verhältnis von Wasserstoff zu Kohlenstoff: Beim Methan kommen auf ein Kohlenstoffatom vier Wasserstoffatome. Demgegenüber ist bei Erdöl und Kohle der Kohlenstoffanteil höher, weshalb bei der Verbrennung auch der CO<sub>2</sub>-Anteil größer ist als beim Erdgas.

Ein weiterer Vorteil des Erdgases gegenüber Kohle und Erdöl ist, dass bei seiner Verbrennung weniger klassische Schadstoffe wie Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe, Staub und Ruß entstehen, die unter anderem den sauren Regen und gesundheitliche Schäden hervorrufen können. Wegen seiner im Vergleich zum Erdöl längeren Reichweite (vgl. Bild 1.2) und seiner relativ günstigen Klima- und Umwelteigenschaften stellt das Erdgas eine wichtige Übergangsenergie bei der nachhaltigen Umgestaltung des Energiesektors dar, während das Erdöl auf Grund seiner zunehmenden Verknappung bereits in naher Zukunft als Energieträger an Bedeutung verlieren wird.

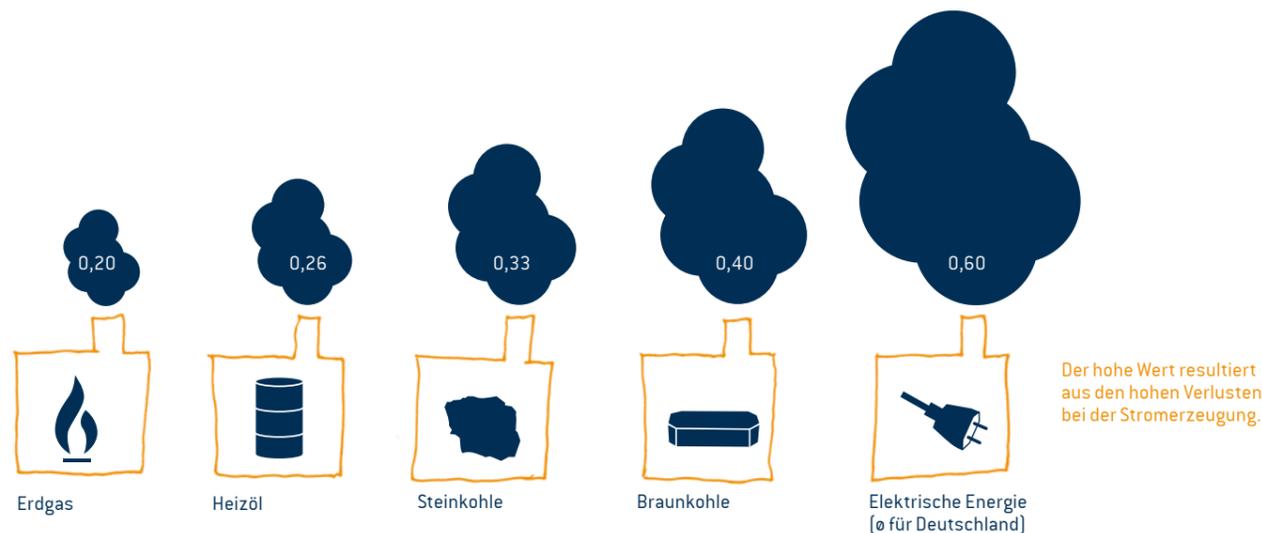


Bild 2.2: Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen fossiler Energieträger  
Quelle: Energieträger Erdgas, Verl. Moderne Industrie, 1994

## 2.3 Erkundung, Förderung und Transport

Erdgaslagerstätten befinden sich sowohl an Land als auch in den Meeren in einigen hundert bis 7.000 m Tiefe. Deutschland deckte im Jahr 2002 seinen Bedarf aus eigenen Quellen (25 %) sowie durch Einfuhr aus der Nordsee (Niederlande: 17 %, Norwegen: 24 %), aus Russland und den anderen GUS-Staaten (31 %) und aus sonstigen Quellen (4 %), siehe Bild 2.3.

Für die Erkundung von Erdgaslagerstätten werden, bevor eine teure Bohrung durchgeführt wird, verschiedene Methoden und Verfahren eingesetzt:

- Aerologie (Luftbild-Technik),
- Geologie (Oberflächen- und Bodenuntersuchungen),
- Geophysik (elektrische, gravimetrische und seismische Messungen)

Davon besitzt die Reflexionsseismik heute besondere Bedeutung. Dabei werden durch Vibratoren oder Sprengungen auf dem Lande bzw. Luftpulser auf See starke Schallwellen (seismische) erzeugt, die sich in den unterschiedlichen Gesteinsschichten verschiedenartig ausbreiten und brechen. Dies kann von speziellen Schallempfängern (Geo- oder Hydrophonen) registriert und daraus Rückschlüsse auf mögliche Lagerstätten im Untergrund gezogen werden.



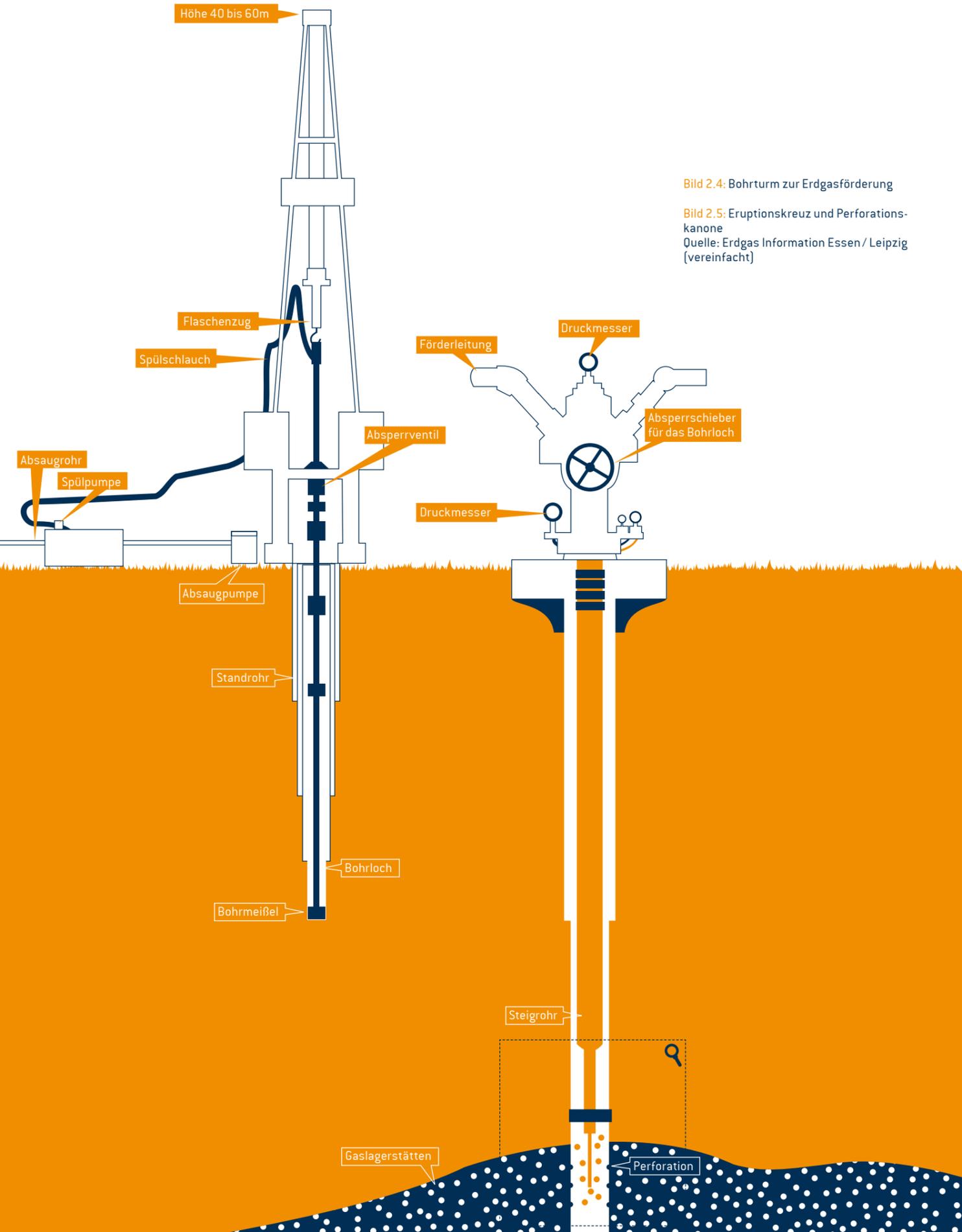
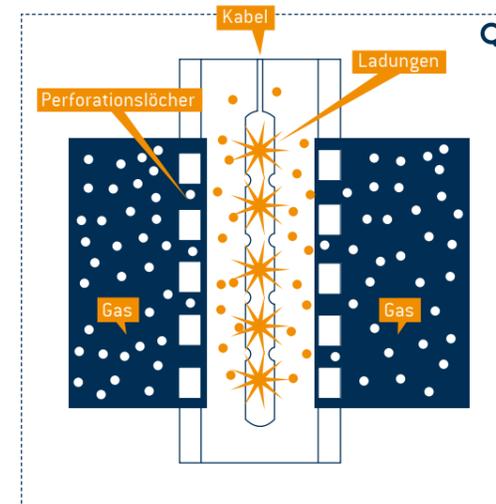


Bild 2.4: Bohrturm zur Erdgasförderung

Bild 2.5: Eruptionskreuz und Perforationskanone  
Quelle: Erdgas Information Essen / Leipzig (vereinfacht)



Bei positivem Befund, wird als nächstes eine Erkundungsbohrung niedergebracht. Bei dem weit verbreiteten Rotary-Bohrverfahren wird ein Bohrmeißel durch ein drehbares Hohlgestänge in den Boden getrieben. Begonnen wird mit einem Durchmesser von ca. 76 cm bis zu einer gewissen Tiefe. Dann wird das Bohrloch durch die Einzementierung von Futterrohren stabilisiert und die Bohrung mit dem nächst kleineren Bohrer fortgesetzt. Die Bohrung verjüngt sich somit teleskopartig bis auf ca. 18 cm [siehe Bild 2.4].

Erweist sich die Lagerstätte als ergiebig genug für eine wirtschaftliche Förderung, wird zunächst ein sogenanntes Eruptionskreuz gegen das unkontrollierte Austreten von Gas und Öl am Bohrloch errichtet [siehe Bild 2.5]. Nach Verrohrung und Zementierung der Bohrung müssen diese auf der Höhe der Lagerstätte durchlässig gemacht werden. Zu diesem Zweck werden mittels einer Perforationskanone Löcher in die Rohre und den Zement gesprengt, durch die das Gas in den Förderstrang gelangen kann. Durch den in der Tiefe herrschenden hohen Druck steigt das Gas von allein nach oben, bis sich der Überdruck abgebaut hat. Zur Steigerung der Ausbeute werden künstliche Gesteinsrisse zur Verbesserung der Fließbedingungen geschaffen. Auf diese Weise lassen sich heute bis zu 75 % der in den Lagerstätten befindlichen Erdgases fördern. Zur Erdöl- und Erdgasförderung im Meer werden riesige Bohr- und Förderinseln eingesetzt. Die in der Nordsee verwendete Bohrinsel Troll, die 1993 die Förderung aufgenommen hat, besitzt eine Höhe von 369,4 m (vom Meeresboden bis zur Bohrturmspitze), ein Gewicht von 22.500 t und hat eine Produktionskapazität von ca. 89 Mio. m<sup>3</sup> pro Tag. Das würde reichen, um rund 1.000 Schulen oder 100.000 Wohnungen ein Jahr lang zu beheizen.

Der Transport des Erdgases zu den Verbrauchern erfolgt in der Regel durch Pipelines. Beim Transport über große Seestrecken werden auch spezielle Tankschiffe eingesetzt, die das Erdgas in flüssiger Form bei -162 °C transportieren. Im Zielhafen wird das Erdgas entladen, verdampft und in das Erdgasleitungssystem eingespeist. Bis zum Verbraucher durchläuft das Erdgas diverse Regel- und Speichereinrichtungen. Druckregelanlagen sorgen für den optimalen Transport und Betriebsdruck des Erdgases im Netz. Speicher dienen der Bevorratung und dem Ausgleich der jahreszeitlich bedingten sowie kurzfristigen (tageszeitbedingten) Schwankungen der Erdgasnachfrage. Dabei kommen unterirdische Kavernen- (durch Auslaugen von Salzhorsten künstlich geschaffene Hohlräume) und Porenspeicher (oftmals ehemalige Lagerstätten) zum Einsatz. Darüber hinaus gibt es oberirdische Kugelgasbehälter.

## 2.4 Anwendungsgebiete

Der überwiegende Teil des Erdgases wird zur Energiegewinnung genutzt: für Heizung und Warmwasserbereitung, zur Erzeugung von Prozesswärme für die Industrie sowie zur Stromerzeugung. Moderne Heizkraftwerke nutzen die in den Brennstoffen gespeicherte Energie durch die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Fernwärme (Kraft-Wärme-Kopplung) besonders gut aus. Mit Erdgas als Energieträger erreichen sie heute elektrische Wirkungsgrade von über 50%. Das heißt, mehr als die Hälfte der Energie des Brennstoffes wird in elektrische Energie umgewandelt. Die restliche Energie (Abwärme) wird außerdem für die Wärmeversorgung von Gebäuden verwendet. Damit stellen Heizkraftwerke auf Erdgasbasis eine wesentlich effizientere sowie schadstoff- und CO<sub>2</sub>-ärmere Alternative zu zentralen Großkraftwerken auf der Basis von Braun- oder Steinkohle dar, deren Abwärme zumeist nicht oder nur zu geringen Anteilen genutzt werden kann, weil es nicht genügend Abnehmer dafür gibt.

Für kleinere Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, sogenannte Blockheizkraftwerke (BHKW), können Gasmotoren verwendet werden. Bis ein ausreichendes Angebot von Wasserstoff aus erneuerbaren Energiequellen vorhanden ist, kann Erdgas auch in Brennstoffzellen, die bald in Autos, Heizungen u. a. zum Einsatz kommen werden, für die effiziente Erzeugung von Strom und Wärme eingesetzt werden.

Neben Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen stehen heute hoch effiziente Brennwertkessel sowie Gas-Wärmepumpen für die Heizung und Warmwasserbereitung zur Verfügung. Brennwertkessel nutzen die eingesetzte Energie besser aus als herkömmliche Heizkessel, weil sie zusätzlich einen Großteil der im Abgas enthaltenen Abwärme nutzen.

Ein weiteres Einsatzgebiet stellen Fahrzeugantriebe dar: Erdgasfahrzeuge finden heute mehr und mehr Verbreitung. Ein Netz von Erdgastankstellen befindet sich im Aufbau. Dem gegenüber hat die Verwendung als Leuchtmittel in Gaslaternen zur Straßenbeleuchtung an Bedeutung verloren.

Neben der energetischen Verwendung wird Erdgas – allerdings in weit geringerem Maße – auch als Rohstoff in der chemischen Industrie eingesetzt (z. B. zur Herstellung von Wasserstoff und Ethin).

## 2.5 Energieverbrauch einer Schule und mögliche Einsparung durch Erdgas

Die Energieverbrauchsdaten (Strom und Wärme) für die eigene Schule sind den Energierechnungen zu entnehmen. Diese sind in der Regel beim Schulträger zu bekommen, denn der ist auch für die Bezahlung zuständig.

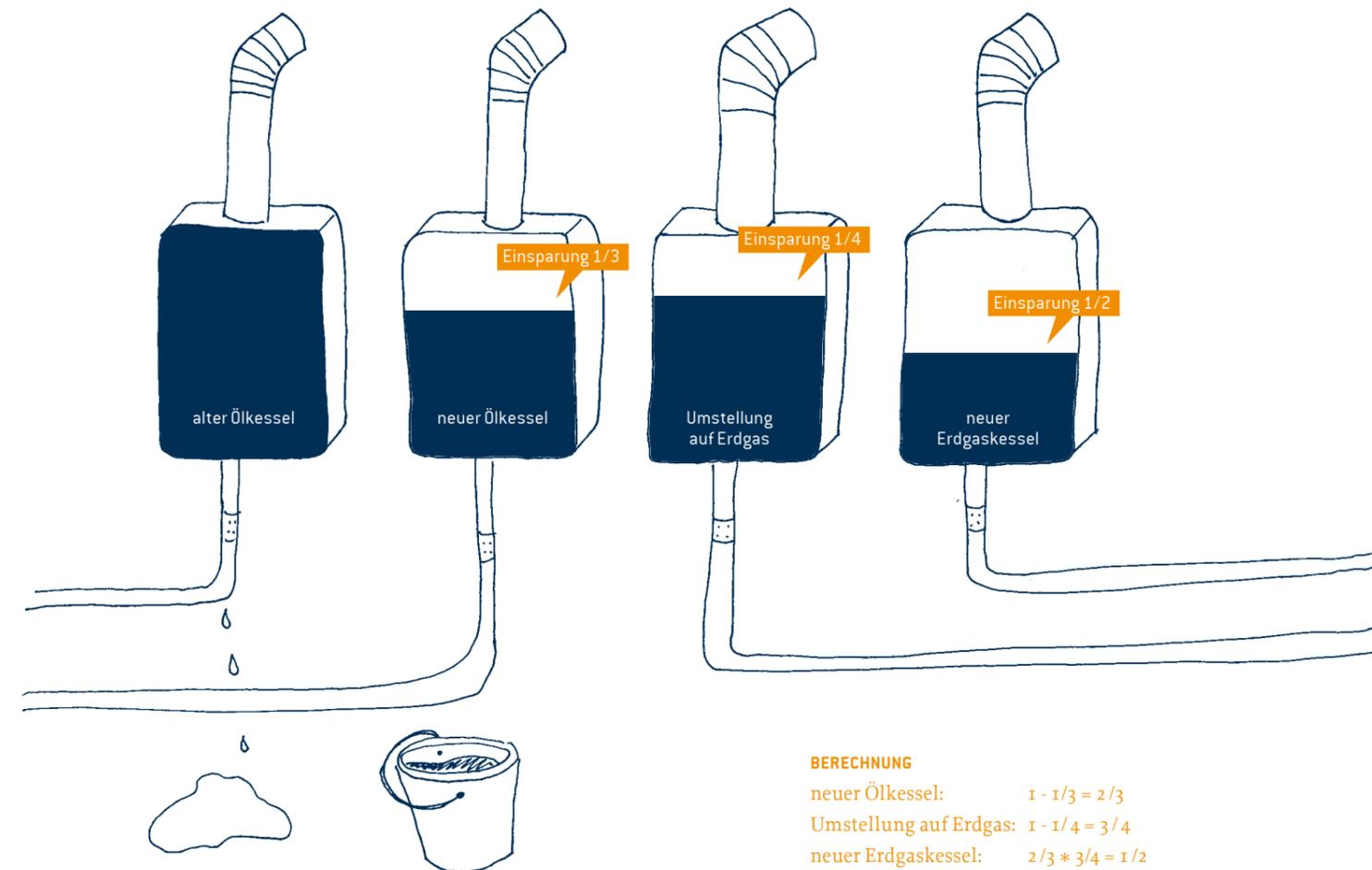
Eine durchschnittliche Schule (ca. 500 Schüler) verbraucht ca. 1.000.000 kWh Wärme und 100.000 kWh Strom pro Jahr. Bei Energiekosten von rund 5 Cent pro kWh (Wärme) bzw. 20 Cent/kWh (Strom) liegen die Energiekosten damit bei jährlich 70.000 Euro.

Mit den in Bild 2.2 aufgeführten CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren entspricht dies einem jährlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 200.000 kg bei Erdgas- bzw. 260.000 kg bei Ölheizung. Für den Stromverbrauch kommen noch 60.000 kg CO<sub>2</sub> dazu, insgesamt ergeben sich also 260.000 bzw. 320.000 kg CO<sub>2</sub>.

Um diese Menge zu veranschaulichen, kann man den Wert über die Dichte von 1,98 kg / m<sup>3</sup> in ein Volumen umrechnen. Dabei erhält man 130.000 bzw. 160.000 m<sup>3</sup>. Dies entspricht einer Kugel mit 63 m bzw. 67 m Durchmesser. Darin hätte die gesamte Schule, inklusive eventuell vorhandener Turnhalle und vielleicht auch noch der Schulhof Platz! Analog können die Berechnungen auch für die eigene Schule durchgeführt werden (siehe Aufgabe 2.2).

Durch Energieträgerumstellung und den Einsatz moderner Technik können im Bereich der Schulheizung oft große Einsparungen (max. ein Drittel durch moderne Technik und ein Viertel durch Energieträgerumstellung von Öl auf Erdgas, in Kombination sogar die Hälfte: Verbrauch =  $2/3 * 3/4 = 1/2$ , Anwendungsbeispiel für Bruchrechnung (siehe Bild 2.6).

Bild 2.6: CO<sub>2</sub>-Einsparung durch Erneuerung der Schulheizung



**BERECHNUNG**

neuer Ölkessel:  $1 - 1/3 = 2/3$

Umstellung auf Erdgas:  $1 - 1/4 = 3/4$

neuer Erdgaskessel:  $2/3 * 3/4 = 1/2$

## Hinweise zur Durchführung von Modul 2

### LERNZIELE

Die Schüler erfahren, dass Erdgas vorwiegend aus Methan besteht, dass Methan ein Gas ist und aus welchen Atomen es besteht. Sie lernen, dass bei der Verbrennung von Methan Energie freigesetzt wird, die für verschiedene Zwecke genutzt werden kann.

Darüber hinaus erfahren Sie, dass bei der Verbrennung von Erdgas im Vergleich zu den anderen fossilen Energieträgern Erdöl und Kohle weniger CO<sub>2</sub> freigesetzt wird, weshalb der Ersatz von Kohle- und Ölheizungen durch Erdgasheizungen zum Klimaschutz beiträgt.

Die Schüler werden informiert über die Erkundung, die Förderung, den Transport und über die Verwendung des Erdgases. Am Beispiel ihrer Schule lernen sie, wie man den Energieverbrauch, die Energiekosten und die CO<sub>2</sub>-Emissionen ermittelt und die möglichen Einsparungen durch einen Energieträgerwechsel hin zum Erdgas und die Erneuerung der Schulheizung abschätzen kann.

## Aufgaben

### AUFGABE 2.1

- Was ist Erdgas und wie ist es entstanden?
- Welche Vorteile hat Erdgas gegenüber Erdöl und Kohle als Energieträger?
- Wofür kann man Erdgas verwenden?

### AUFGABE 2.2

Warum ist die Verbrennung von Erdgas besser für das Klima als die Verbrennung von Kohle oder Erdöl?

### AUFGABE 2.3

Wie viel CO<sub>2</sub> kann durch eine moderne Erdgasheizung gegenüber einer alten Ölheizung eingespart werden? Stelle das Ergebnis grafisch dar (als Torte).

**Berechnungsgrundlagen und Lösung:** siehe Kapitel 2.5

**AUFGABE 2.4** (geeignet als Miniprojekt mit Unterstützung durch die Lehrkraft)

Ermittle an Hand der Energierechnungen (Wärme und Elektrizität) den Energieverbrauch, die Energiekosten und die CO<sub>2</sub>-Emissionen deiner Schule!

**Berechnungsgrundlagen:** Wärme- und Stromverbrauch für ein volles Kalenderjahr (365 Tage), siehe Energierechnungen, anfordern beim Schulamt (Schulverwaltung); Umrechnung in CO<sub>2</sub> an Hand von Bild 2.2; Energiekosten können der Energierechnung entnommen werden (ca. 5 Cent / kWh Wärme und 20 Cent / kWh Strom)

(Wenn die Rechnungen nicht erhältlich sind, kann mit 500.000 bis 1.500.000 kWh / Jahr für Wärme und mit 50.000 bis 150.000 kWh / Jahr für elektrische Energie – je nach Größe der Schule – gerechnet werden, **siehe auch Kapitel 2.6**)

### AUFGABE 2.5

Wie viel Energie, CO<sub>2</sub> und Geld kann deine Schule / eine Musterschule durch den Ersatz des alten Heizkessels durch einen neuen Erdgaskessel einsparen?

**Berechnungsgrundlagen:** Ergebnis von Aufgabe 2.4 und **siehe Kapitel 2.5**

## Experimente

### KERZENVERSUCH

Abdeckung einer brennenden Kerze mit Becherglas führt zum baldigen Erlöschen

--> Zur Verbrennung ist Luft / Sauerstoff notwendig.

Reaktionsgleichung:  $C + O_2 \rightarrow CO_2 + \text{Energie!}$

### STADTGASERZEUGUNG AUS KOHLE

Erhitzung eines mit Kohle gefüllten Reagenzglases mit einem Bunsenbrenner führt zur Entstehung eines Gases, das mit einem Streichholz entzündet werden kann

--> So wurde früher Stadtgas erzeugt.

### GASLATERNE

Erhitzung des Leuchtkörpers einer Gaslaterne

(sog. Glühstrumpf) mit einem Bunsenbrenner

--> Erdgas kann man nutzen für die Beleuchtung

### GASHERD

Zubereitung einer Mahlzeit am Gasherd

--> Erdgas kann man nutzen zum Kochen

### GASHEIZUNG

Besichtigung eines Gas-Heizkessels

--> Erdgas kann man nutzen zum Heizen

### ERDGASAUTO

Besichtigung, ggf. Probefahrt mit einem Erdgasauto

--> Erdgas kann man nutzen zum Auto fahren



## Unterrichtsmaterialien

### Erdgas – Energie aus der Natur

Das Begleitheft zum Wandernden Museum der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel informiert kompakt über alle Aspekte zum Thema Erdgas von der Entstehung über die Erkundung und Förderung bis hin zur Verwendung und ökologischen Parametern.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Wanderndes Museum, Heinrich-Hecht-Platz 6, 24118 Kiel, Tel 0431.8 80 26 42, Fax 0431.8 80 26 46

### Erdgas-Magazin, Infoposter zu den Themen:

Nr. 1: Entstehung, Lagerung von Erdgas

Nr. 2: Förderung, Transport von Erdgas

Nr. 3: Lieferung, Einsatz von Erdgas

Jeweils 8 Seiten Hintergrundinformationen mit Abbildungen und ein Poster zum Thema, geeignet für die Primarstufe Bundesverband der Gas- und Wasserwirtschaft, Reinhardtstraße 14, 10117 Berlin, Tel 030.28 04 10, Fax 030.28 04 15 20

### Entstehung von Bodenschätzen (Video)

In dem Video wird die Entstehung verschiedener Bodenschätze, darunter Kohle, Erdöl und Erdgas in je einem Kurzbeitrag beschrieben.

FWU Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht gGmbH Postfach 1261, 82026 Grünwald, Tel 089.6 49 71, Fax 089.64 9 73 00

## Arbeitsblatt Modul 2: Erdgas

Finde 10 Wörter zu dem Thema Erdgas.

Die Wörter kannst du waagrecht und senkrecht finden.

Viel Glück!

E	R	D	G	A	S	O	P	H	M	K	F	C	S	C	H	T	M	K
S	F	A	S	L	A	P	I	C	F	O	S	S	I	L	I	E	N	O
L	C	L	Z	W	U	L	O	T	K	R	E	D	F	Ö	M	A	A	J
K	S	Z	N	M	E	T	H	A	N	Ü	L	N	Ü	P	G	S	K	B
H	X	E	K	J	R	J	W	H	X	T	F	G	O	E	H	F	Z	W
Z	R	W	Ä	F	S	A	S	K	S	S	A	S	T	R	O	M	T	C
E	Ü	S	A	I	T	X	Z	C	E	J	M	H	J	D	A	H	F	V
Q	L	Y	G	B	O	H	R	I	N	S	E	L	I	Ö	Q	X	D	Y
Ä	U	G	I	U	F	V	M	F	E	W	K	O	H	L	E	V	H	S
O	J	Z	K	T	F	M	K	A	R	A	Z	P	K	Ö	S	B	I	G
Z	M	P	F	W	L	Ö	E	S	G	D	N	N	H	F	L	A	K	H
H	G	O	U	A	Ü	N	A	W	I	H	J	Ä	W	R	Q	T	Z	O
W	Ä	R	M	E	D	A	Y	P	E	T	I	U	R	R	G	N	K	L

## Exkursionen

### Erdöl und Erdgas aus deutschen Quellen

Das Video beschreibt die verschiedenen Stufen der Erschließung und Förderung von Erdgas und Erdöl. Es wendet sich an Zuschauer ohne Vorkenntnisse und ist für alle Altersgruppen geeignet.

WEG – Wirtschaftsverband Erdöl- und Erdgasgewinnung e. V.,  
Brühlstr. 9, 30169 Hannover, Tel 0511.12 17 20, Fax 0511.1 21 72 10,  
www.erdoel-erdgas.de

### Broschüren zu verschiedenen Themen:

Erdgas – Erdöl: Entstehung, Suche, Förderung

Erdgas und Erdöl in Zahlen

Umweltschutz bei der Erdgasförderung

WEG – Wirtschaftsverband Erdöl- und Erdgasgewinnung e. V.,  
Brühlstr. 9, 30169 Hannover, Tel 0511.12 17 20, Fax 0511.1 21 72 10,  
www.erdoel-erdgas.de

### INFORMATIONEN- UND UNTERRICHTSMATERIALIEN ZUR ERDGASNUTZUNG THEMENHEFTE, ZUM TEIL MIT FOLIEN

Stichwort Methan,

Erdgas – ein Energieträger für das nächste Jahrtausend

ASUE – Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen  
Energieverbrauch e. V., Bismarckstr. 16, 67655 Kaiserslautern,  
Tel 0631.3 60 90 70, Fax 0631.3 60 90 70, www.asue.de

### Informationspaket „Energie im Unterricht – Erdgas“

Ordner mit Mappen zu verschiedenen Themen, bestehend aus  
Infobroschüre, Arbeitshilfen für den Unterricht und Folien  
Erdgas Information, Essen, Leipzig (2001)

Postfach 101714, 45017 Essen, Postfach 331, 04165 Leipzig  
Tel 0228.9 19 14 44, Fax 0228.9 19 14 99

### Energieträger Erdgas: Exploration, Produktion, Versorgung

Verlag Moderne Industrie, Landsberg, Lech (1994)

### INTERNETSEITEN

www.erdgasinfo.de

www.asue.de

www.gasag.de

www.vng.de

### 1. Besuch im Kundenzentrum des örtlichen Gasversorgers

In der Regel gibt es dort spezielle Angebote für Schulklassen.

### 2. Schule mit moderner Erdgasheizung

Wenn bekannt ist, dass die Schule eine neue Heizung erhalten soll, können sich die Schüler vorab in einer Schule mit neuer Erdgasheizung informieren, wie so etwas im Vergleich zu der alten eigenen Schulheizung aussieht. Eventuell finden sie dort auch Ansprechpartner, die über die Einsparung von Energie und CO<sub>2</sub> Auskunft geben können.

### 3. Besuch des Wandernden Museums

„Erdgas – Energie aus der Natur“

Diese Ausstellung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel besteht aus sehr anschaulichen Tafeln und Exponaten und informiert – zum Teil interaktiv – über alle Aspekte zum Thema Erdgas von der Entstehung über die Erkundung und Förderung bis hin zur Verwendung und ökologischen Parametern.

Die Ausstellung wird von der Universität Kiel verliehen und ist ab und zu auch in Berlin bei der GASAG zu sehen.

Informationen über Christian-Albrechts-Universität zu Kiel,  
Wanderndes Museum, Heinrich-Hecht-Platz 6, 24118 Kiel,  
Tel 0431.880 26 42 bzw. GASAG Kundenzentrum,  
Friedrichstr. 185 – 190, 10117 Berlin, Tel 030.78 20 11 30



### AUFLÖSUNG:

ERDGAS

METHAN

WÄRME

BOHRINSEL

FOSSILIEN

STROM

KOHLE

SAUERSTOFF

ENERGIE

ERDÖL

## Arbeitsblatt Modul 2: Ist-Zustand Schulheizung

Ermittlung des Energieverbrauchs, der Energiekosten und der CO<sub>2</sub>-Emissionen der bestehenden Schulheizung

### 1. ERFASSUNG VON DATEN DES VORHANDENEN HEIZKESSELS

Baujahr des Heizkessels .....

Baujahr des Brenners .....

Energieträger .....

### 2. BEURTEILUNG DER ERNEUERUNGSBEDÜRFTIGKEIT DES HEIZKESSELS

Kriterien:

1. Erneuerungsbedürftigkeit: bei Baujahr vor 1978 gegeben

ja     nein

2. CO<sub>2</sub>-Einsparung durch Energieträgerumstellung, z. B. von Heizöl auf Erdgas

ja     nein

### ERGEBNIS

Muss die Heizung erneuert werden?

Welche Energieträger kommen für die neue Heizung in Betracht?

Bei welchem davon entsteht am wenigsten CO<sub>2</sub>?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Arbeitsblatt Modul 2: Soll-Zustand Schulheizung

Ermittlung des Verbrauchs, der Kosten und der CO<sub>2</sub>-Emissionen für Ist- und Sollzustand sowie der erreichbaren Einsparungen

	Ist-Zustand	Soll-Zustand	Einsparung
Wärmeverbrauch (kWh / Jahr)			
Wärmekosten* (Euro / Jahr)			
Emissionsfaktor** (kg / kWh)			
CO <sub>2</sub> -Emissionen (kg / Jahr)			

### DIE CO<sub>2</sub>-EINSPARUNG ENTSPRICHT

einem Volumen von ..... m<sup>3</sup> (Dichte: 2 kg / m<sup>3</sup>)

bzw. .... Litern

bzw. .... Umzugskartons (84 Liter pro Karton)

### ANMERKUNGEN FÜR LEHRERINNEN

Die Verbrauchsdaten für den Ist-Zustand können entweder über den Hausmeister (Energiebuchhaltung)

oder über das Schulamt (Energirechnungen) ermittelt werden. Ggf. sind sie auf ein volles Jahr (365 Tage) hochzurechnen.

Der Sollzustand wird durch Bruchrechnung ermittelt: [siehe Bild 2.6](#)

In der Tabelle können ggf. schon die Werte, die von den Schülern nicht ermittelt werden können, vorgegeben werden.

\* wenn nicht bekannt, dann Multiplikation des Wärmeverbrauchs mit 0,05 Euro / kWh

\*\* [laut Bild 2.2](#)

# MODUL 3: ENERGIESPAREN IN DER SCHULE

[Umfang: 8 – 10 Stunden oder 2 Projektstage oder im Rahmen einer Arbeitsgemeinschaft im Winterhalbjahr]

## 3.1 Energierundgang und Auswertung

### HINTERGRUNDINFORMATIONEN

Dieses Modul befasst sich mit allgemeinen Regeln des Energiesparens und vertieft mit dem Wärmebereich, während eine genauere Betrachtung des Bereiches Elektroenergie (Beleuchtung und elektrische Geräte) nicht Gegenstand dieser Broschüre ist. Literaturhinweise dazu werden bei den Unterrichtsmaterialien gegeben.

Die energetische Untersuchung der eigenen Schule ist geeignet, das in den vorangegangenen Modulen erworbene Wissen im eigenen Umfeld praxisbezogen anzuwenden. Als Einstieg in das Thema bietet sich ein Energierundgang an, bei dem die SchülerInnen die Energieversorgung ihrer Schule kennen lernen und bereits erste Überlegungen anstellen, wo und wie Energie eingespart werden kann.

Es empfiehlt sich, den Energierundgang mit dem Hausmeister durchzuführen, da er in der Regel über die beste Kenntnis der haustechnischen Anlagen verfügt und für ihre Funktionsfähigkeit und die Bedienung verantwortlich ist.

Beim Energierundgang werden folgende Fragestellungen untersucht:

### HEIZUNG

- Welcher Energieträger wird verwendet?
- Welche Leistung und welches Alter besitzt der Heizkessel? Ist er erneuerungsbedürftig (siehe Kap. 2.6)?
- Welche Möglichkeiten der Heizungsregelung gibt es?
  - zentral (Nacht-, Wochenend- und Ferienabsenkung)
  - sowie dezentral (Thermostatventile an den Heizkörpern)
- Werden die Thermostatventile zur Temperaturregelung richtig genutzt? (Einstellung auf Solltemperaturen: 20°C entspricht im allgemeinen Stufe 3, 15°C Stufe 1)
- Bestehen Einsparmöglichkeiten im Bereich der Lüftung? (Vermeidung unnötig offenstehender Fenster und Türen, Stoßlüftung statt Dauerlüftung)

### WARMWASSERVERSORGUNG

- Erfolgt die Warmwasserbereitung zentral über die Schulheizung oder dezentral über Boiler oder Durchlauferhitzer an der Entnahmestelle?
- Welche /r Energieträger wird / werden dafür eingesetzt?
- Können ggf. einzelne Elektroboiler durch Verzicht auf warmes Wasser außer Betrieb genommen werden oder die Bereitstellungszeiten durch Zeitschaltuhren verringert werden?
- Könnte die Installation einer Solaranlage für die Warmwasserbereitung sinnvoll sein? (sinnvoll, z. B. für die Duschen in der Turnhalle, wenn diese weit vom Wärmezeuger entfernt ist, um die Rohrleitungsverluste zu verringern)

### BELEUCHTUNG

- Werden bereits überall Leuchtstoff- oder Energiesparlampen eingesetzt oder gibt es noch Glühlampen, die ersetzt werden können?
- Ist die Beleuchtung richtig ausgelegt? (Kontrolle mit einem Luxmeter: normale Unterrichtsräume 300 lux, Fachräume für Naturwissenschaften und Zeichnen 500 lux, Flure, Toiletten usw. 100 lux) Ggf. können überzählige Lampen durch Herausdrehen entfernt werden.  
Bei 1000 Betriebsstunden pro Jahr werden pro Leuchtstoffröhre (Leistung: 60 W)  $1000 \text{ h} \cdot 60 \text{ W} = 60 \text{ kWh}$  eingespart. Bei einem Strompreis von 20 Cent / kWh entspricht dies einer jährlichen Kostensenkung um 12 Euro. Die CO<sub>2</sub>-Einsparung beträgt mit dem Emissionsfaktor für Strom von 0,6 kg / kWh (siehe Bild 2.2) 7,2 kg.
- Sind die einzelnen Lichtbänder in den Klassenräumen getrennt schaltbar? Wenn ja, kann durch eine entsprechende Markierung der Lichtschalter die bedarfsgerechte Nutzung der Beleuchtung erleichtert werden?
- Wird das Licht in den Unterrichtsräumen während der großen Pausen und nach dem Unterricht abgeschaltet? Wie kann ggf. dafür Sorge getragen werden?
- Lassen sich tageslichtabhängige und -unabhängige Bereiche in Fluren, Treppenhäusern usw. getrennt schalten oder brennen die Lampen in Bereichen mit ausreichend Tageslicht auch tagsüber?

### ELEKTRISCHE GERÄTE

- Welche elektrischen Geräte gibt es und welche Leistung haben sie (Messung mit einem Leistungsmessgerät)?
- Können überflüssige elektrische Geräte außer Betrieb genommen werden? (z. B. durch Zusammenlegen des Inhalts von zwei Kühlschränken)?
- Können Stand-by-Verluste durch Trennung der betreffenden Geräte vom Netz vermieden werden (z. B. durch Stecker ziehen oder Verwendung einer schaltbaren Steckerleiste)?

Diese Probleme detailliert zu untersuchen, bietet genügend Stoff für eine Energie-Arbeitsgemeinschaft. Deshalb müssen bei begrenzter Zeit Prioritäten gesetzt werden, z. B. Begutachtung der Schulheizung und Klärung der Frage, ob eine Erneuerung (evtl. verbunden mit einem Energieträgerwechsel) notwendig ist (siehe Kapitel 2.6).

Die Auswertung des Energierundganges erfolgt, indem die festgestellten Mängel in einer Liste (siehe Hinweise zu Modul 3) erfasst und die erforderlichen Maßnahmen sowie die Verantwortlichkeiten für die Umsetzung festgelegt werden. Dabei ist zu unterscheiden, wer jeweils für die Umsetzung der einzelnen Maßnahmen verantwortlich ist, d. h. welche Maßnahmen durch die Schüler selbst durchgeführt werden können und welche vom Hausmeister oder vom Schulträger umgesetzt werden müssen. Es empfiehlt sich dafür einen Maßnahmenkatalog anzulegen und diesen auch dem Hausmeister und der Schulleitung für die Übermittlung an die zuständige Fachbehörde zu übergeben und auf die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen zu dringen.





### 3.2 Energiesparendes Verhalten

Von den SchülerInnen und LehrerInnen selbst als den Gebäudenutzern können vor allem Maßnahmen im Bereich der Verhaltens- und Nutzungsänderungen umgesetzt werden, z. B.:

**WORAUF IST BEIM VERLASSEN EINES RAUMES (VOR ALLEM BEI UNTERRICHTSSCHLUSS) ZU ACHTEN?**

- Licht und elektrische Geräte ausschalten
- Fenster und Türen schließen
- evtl. Einstellung der Thermostatventile überprüfen

Dazu können kleine Hinweisschilder erstellt und an den Türen zur Erinnerung angebracht werden. Außerdem können die Schüler die Einhaltung dieser Regeln durch Rundgänge nach Unterrichtsschluss kontrollieren und Mängel in einer Tabelle erfassen. Über die Ergebnisse kann durch einen Aushang informiert werden. Möglich ist auch ein Wettbewerb um den Titel „Energiesparklasse“, der vielleicht mit einer kleinen Auszeichnung verknüpft werden kann. Motivierend kann sich auch die Vereinbarung einer finanziellen Beteiligung an den eingesparten Energiekosten (z. B. Teilnahme am Projekt fifty / fifty) auswirken.

### 3.3 Temperaturmessungen und Optimierung der Raumtemperaturen

Die Heizung hat die Funktion, die Wärmeverluste von Gebäuden, die durch die Lüftung und durch Wärmeleitung durch die Außenhülle entstehen, auszugleichen. Was nicht durch solare oder interne Wärmegewinne (Abwärme von Personen und Geräten) ausgeglichen wird, muss durch die Heizung nachgeliefert werden.

Neben technischen Maßnahmen wie Wärmedämmung und Optimierung der zentralen Heizungsregelung, für die der Schulträger verantwortlich ist, haben auch die Lehrkräfte und Schüler als Nutzer der Schulgebäude folgende Möglichkeiten, den Wärmeverbrauch zu minimieren:

- Verringerung der Lüftungswärmeverluste durch Vermeidung unnötig offenstehender Fenster und Türen so wie durch kurzes und kräftiges Lüften (Stoßlüftung) nach Bedarf statt Dauerlüftung
- Temperaturregelung über die Thermostatventile statt über die Fenster
- Einhaltung der vorgeschriebenen Raumtemperaturen (siehe Tabelle 3.1), denn jedes Grad Temperaturabsenkung bewirkt 5 bis 6 % Wärmeeinsparung!
- Tragen angemessener Kleidung

Darüber hinaus können die Gebäudenutzer Reparaturen defekter Thermostatventile anmahnen und den Schulträger benachrichtigen, wenn das Gebäude überheizt ist, damit dieser geeignete Maßnahmen ergreifen kann.

RAUMART	TEMPERATUR (IN °C)
Unterrichtsräume allgemein, sowie Lehrerzimmer, Bibliotheken,	20
Verwaltungsräume, Pausenhalle und Aula als Mehrzweckräume	18
Lehrküchen	
Werkräume (je nach körperlicher Beanspruchung)	15 – 20
Turnhallen, Gymnastikräume	20
Toiletten, Nebenräume,	15
Flure und Treppen	

Tabelle 3.1: Sollwerte für die Raumtemperaturen in Schulen  
Quelle: DIN 4701, Teil 2

Problematisch ist, dass Schulen i. allg. so beheizt werden, dass aus dem kältesten Raum keine Beschwerden kommen. Ist das Heizsystem nicht gut abgeglichen, führt das oft dazu, dass andere Räume überheizt sind, und – im ungünstigen Falle – die Fenster aufgerissen werden, um erträgliche Temperaturen zu erzeugen. Durch die Angleichung der Raumtemperaturen kann deshalb viel Energie und Geld eingespart werden.

Auch durch die Absenkung der Raumtemperaturen in den Nächten, an Wochenenden und in den Ferien lässt sich viel Energie sparen. Die Einhaltung der Raumtemperaturen lässt sich durch die Aufnahme eines räumlichen und eines zeitlichen Temperaturprofils überprüfen. Daraus lassen sich auch Schlussfolgerungen über mögliche Mängel oder Defekte sowie über die Optimierung der Heizungsregelung ableiten.

**ERMITTLUNG DES RÄUMLICHEN TEMPERATURPROFILS**

Zu einem festen Zeitpunkt (innerhalb einer Unterrichtsstunde) werden die Temperaturen in allen Räumen der Schule gemessen. Die Außentemperatur sollte am Tag der Messung nicht über 10 °C betragen. Die Durchführung der Messungen sollte durch eine Ankündigung auf einer Konferenz vorbereitet werden.

Für die Messungen werden ausreichend viele (ca. fünf) einfache, schnell ansprechende Digitalthermometer, die auf eine Dezimalstelle genau anzeigen, benötigt. In der Regel können sie beim zuständigen Energieversorger ausgeliehen werden.

Außerdem sollte ein Protokoll vorbereitet werden, in dem Spalten für die einzelnen Räume, die gemessenen Temperaturen und Bemerkungen über mögliche Einflüsse auf das Messergebnis (Anzahl der anwesenden Personen, offen stehende Fenster, evtl. auch Stellung der Thermostatventile, Sonneneinstrahlung usw.) vorgesehen sind. Außerdem sollten Datum und Uhrzeit der Messung und Außentemperatur erfasst werden (Protokollmuster siehe Anhang).

Für die Durchführung der Messungen werden die Schüler in Kleingruppen eingeteilt, die jeweils einen bestimmten Gebäudeteil übernehmen (z. B. eine Etage). Es wird sowohl in allen Unterrichtsräumen, Verwaltungs- und Pausenräumen, Aulen, Speiseräumen sowie Toiletten und Fluren gemessen. Die Gruppenmitglieder sind jeweils für spezifische Aufgaben zuständig, z. B.:

- kurze Information über den Grund der Messung an die in dem Raum befindliche Klasse
- Durchführung der Messung
- Zählung der anwesenden Personen und offenstehenden Fenster
- Kontrolle der Funktionstüchtigkeit und der Stellung der Thermostatventile
- Eintragung der Messwerte ins Protokoll (Bei möglicher Überforderung sollte die Anzahl der zu erfassenden Parameter entsprechend reduziert werden.)

Zur Vorbereitung der Auswertung empfiehlt es sich, einen Schulgrundriss zu besorgen, der alle Unterrichts- und sonstigen Räume auf den einzelnen Etagen enthält. Die gemessenen Temperaturen können dann in den Schulgrundriss eingezeichnet und die einzelnen Räume entsprechend ihrer Abweichung von der Solltemperatur farblich gekennzeichnet werden.

Wegen der besseren Übersichtlichkeit wird empfohlen, die farbliche Kennzeichnung der Nebenräume wegzulassen und nur die Räume zu kennzeichnen, die 20 °C haben sollten.

**FÜR DIE FARBLICHE KENNZEICHNUNG EMPFIEHLT SICH FOLGENDE SKALA**

TEMPERATURBEREICH	FARBE	BEWERTUNG
unter 20,0	blau	zu kalt
20,0 bis 21,9	grün	richtig
ab 22,0	rot	zu warm



**AUSSERDEM KÖNNEN NOCH FOLGENDE AUSWERTUNGEN VORGENOMMEN WERDEN**

- Ermittlung der Durchschnittstemperatur nach Raumarten
- Ermittlung der durchschnittlichen Temperaturüberschreitung
- Abschätzung der möglichen Heizenergieeinsparung, Wärmekostensenkung und Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf der Grundlage der Faustformel, dass jedes Grad Temperaturabsenkung 5 bis 6 % Wärmeeinsparung bewirkt (siehe Aufgaben 3.10 und 3.11).

**ERMITTLUNG DES ZEITLICHEN TEMPERATURPROFILS**

Die Aufnahme des zeitlichen Temperaturprofils dient der Kontrolle des zeitlichen Verlaufs der Raumtemperatur. Wie bereits erwähnt, kann durch die Absenkung der Raumtemperaturen in den Nächten, an Wochenenden und in den Ferien viel Energie eingespart werden. Außerdem kann man ermitteln, ob die einmalige Temperaturmessung bei der Aufnahme des räumlichen Zeitprofils repräsentativ war oder nicht.

Für die Aufnahme des zeitlichen Temperaturprofils wird entweder ein Temperaturschreiber oder ein Temperatur-Datenlogger benötigt, die eventuell bei dem zuständigen Energieversorger ausgeliehen werden können. Während bei dem Temperaturschreiber die Temperatur über einen mit einem Bimetall gekoppelten Stift mechanisch aufgezeichnet wird, erfasst und speichert der Datenlogger in Abständen elektronisch die Temperatur, die dann über eine Schnittstelle an einem Computer ausgelesen und ausgedruckt werden kann. In beiden Fällen erhält man eine Temperaturkurve, die für weitere Analysen geeignet ist.

Die Messung erfolgt in einem für das Temperaturverhalten des Gebäudes repräsentativen Raum. Wenn möglich, kann noch ein zweiter, z. B. ein besonders problematischer Raum dazu genommen werden. Die Messdauer sollte mindestens eine Woche betragen, damit Nacht- und Wochenendabsenkung erkennbar werden. Falls aus der Temperaturkurve keine Nacht- und Wochenendabsenkung (auf ca. 16 bis 18 °C) ersichtlich ist, deutet das darauf hin, dass die zentrale Temperaturregelung nicht funktioniert. In diesem Fall sollte der Hausmeister und die Schulleitung informiert werden, damit die erforderlichen Einstellungen oder Reparaturen vorgenommen werden können.

Aus der Temperaturkurve wird auch deutlich, wann die Nachtabsenkung beginnt, und man kann überlegen, ob sie schon eher beginnen kann.

Außerdem wird deutlich, wie sich die Temperatur tagsüber verhält. Wie auch beim räumlichen Temperaturprofil kann die mittlere Temperatur mit der Solltemperatur verglichen und eine Aussage über die mögliche Energieeinsparung – in diesem Fall jedoch nur für den einen Raum – getroffen werden.

Die Schlussfolgerungen für Maßnahmen zur Optimierung der Raumtemperaturen sollten in dem Maßnahmenkatalog (siehe 3.1) erfasst und die Umsetzung kontrolliert werden. Die SchülerInnen sollten in diesem Zusammenhang mit dem richtigen Umgang mit der Lüftung sowie mit der Funktionsweise und der Einstellung der Thermostatventile vertraut gemacht werden.

Wenn eine Erneuerung des Wärmeerzeugers vorgesehen ist, muss die zentrale Heizungsregelung ohnehin erneuert oder zumindest angepasst werden, sollte dabei – sofern nicht schon vorher vorhanden – eine Temperaturabsenkung in den Ferien, nachts und an den Wochenenden vorgesehen werden. Außerdem sollte die Gelegenheit gleich auch für die Nachrüstung von Thermostatventilen an den Heizkörpern genutzt werden, um die dezentrale Temperaturregelung (nicht über die Fenster!) durch die Gebäudenutzer zu ermöglichen.

## Hinweise zur Durchführung von Modul 3

**LERNZIELE**

Die Schüler lernen die Energieversorgung ihrer Schule kennen. Sie erfahren, welche Energieformen (Wärme und elektrische Energie) benötigt und wie sie bereitgestellt werden. Sie untersuchen, wie sie Energiesparen können und werden angehalten, dieses Wissen im Schulalltag anzuwenden. Durch Hinweisschilder, Aushänge usw. informieren sie auch die anderen Klassen und erreichen dadurch die Einbeziehung der ganzen Schule. Die Schüler lernen die Normtemperaturen in Schulen und überprüfen deren Einhaltung durch Temperaturmessungen (räumliches und zeitliches Temperaturprofil).

## Aufgaben

**AUFGABE 3.1**

Mit welchem Energieträger wird die Schule beheizt? Nenne drei Eigenschaften dieses Energieträgers!

**AUFGABE 3.2**

Mit welchem Messgerät wird die Temperatur gemessen? In welcher Maßeinheit wird die Temperatur angegeben?

**AUFGABE 3.3**

Welche Temperaturen sollen  
a) Unterrichtsräume,  
b) Nebenräume wie Treppen, Flure, Toiletten haben?

**AUFGABE 3.4**

Wie sollen die Thermostatventile eingestellt sein:  
a) in den Unterrichtsräumen,  
b) auf Treppen und Fluren?  
Wie lüftet man richtig?

**AUFGABE 3.5**

Wie heißt die Maßeinheit für die Beleuchtungsstärke? Mit welchem Messgerät wird die Beleuchtungsstärke gemessen?

**AUFGABE 3.6**

Bei der Überprüfung der Beleuchtungsstärke in einem Klassenraum wird festgestellt, dass drei Leuchtstoffröhren eingespart werden können. Wie hoch ist die jährliche Energieeinsparung, die Kostenreduzierung und die CO<sub>2</sub>-Einsparung?

**Berechnungsgrundlagen und Lösung:** siehe Kapitel 3.1, Beleuchtung

**AUFGABE 3.8**

Welche elektrischen Geräte gibt es in der Schule? Miss ihre Leistung und ordne sie, beginnend mit dem Gerät mit der größten Leistung!  
**alternativ:** Ordne die folgenden Geräte nach ihrer elektrischen Leistung, beginnend mit der größten Leistung ( ggf. Auswahl treffen, ohne Leistungsangabe)!

**Lösung:**

1. elektrischer Brennofen (mehrere kW)
2. Wasserkocher (1 bis 2 kW)
3. OH-Projektor (300 bis 500 W)
4. Computer (100 bis 300 W)
5. Leuchtstofflampe (ca. 60 W)
6. Radio (Zimmerlautstärke), 20 bis 50 W
7. Taschenrechner (mW-Bereich)

**AUFGABE 3.9**

Nenne drei / fünf Maßnahmen zur Energieeinsparung in der Schule!

**AUFGABE 3.10**

In einer Schule mit einem jährlichen Heizwärmeverbrauch von 800.000 kWh Heizenergie wurde festgestellt, dass die Raumtemperaturen im Mittel um 2 Grad abgesenkt werden können. Berechne an Hand der Faustformel, dass 1 Grad Temperaturabsenkung 5 % Wärmeeinsparung entspricht, die mögliche Wärmeenergie- und Kosteneinsparung sowie die CO<sub>2</sub>-Reduzierung!

**Berechnungsgrundlagen:** Wärmepreis: 5 Ct / kWh, CO<sub>2</sub>-Emission: 0,2 kg / kWh

**Ergebnis:** 80.000 kWh Wärmeenergie, 4.000 Euro Kosten, 16 t CO<sub>2</sub>

**AUFGABE 3.11**

Ermittle das Einsparpotential durch die Optimierung der Raumtemperaturen für die eigene Schule (analog zu 3.10)!  
**Berechnungsgrundlagen:** jährlicher Wärmeverbrauch, Wärmepreis (siehe Wärmerechnung, anzufordern beim Schulträger), durchschnittliche Temperaturüberschreitung (in den Unterrichtsräumen), CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor für den verwendeten Energieträger (siehe Bild 2.2).

## Experimente

### MESSUNG DER RAUMTEMPERATUR

Räumliche Verteilung: Messung in allen Räumen und Eintragung sowie farbliche Kennzeichnung im Schulgrundriss

--> Vergleich mit Normtemperaturen, Schlussfolgerungen für die Heizungsregelung

Zeitlicher Verlauf: Aufnahme der Temperaturkurve von einer Woche mit einem Datenlogger

--> Erkenntnisse über Einsparpotenzial durch Nacht- und Wochenendabsenkung

Messung der Beleuchtungsstärke: Messung mit einem Luxmeter

--> Vergleich mit Normwerten. Wo kann evtl. gespart werden und wie viel?

Messung der elektrischen Leistung (Stromverbrauch): Messung der Leistung von elektrischen Geräten und Eintragung in eine Tabelle

--> Was verbraucht wie viel, wo kann evtl. gespart werden?

## Exkursionen

### 1. Kundenzentrum der GASAG

Im Kundenzentrum der GASAG gibt es Verbraucher-Informationen zu allen Fragen der Erdgasnutzung und zahlreiche Anschauungsobjekte. Außerdem kann man Unterrichtseinheiten für Grund- und Oberschulen buchen, die in Kooperation mit dem UfU e. V. durchgeführt werden. Friedrichstr. 185 – 190, 10117 Berlin, Kontakt: Frau David-Graf, Tel 030. 78 72 11 20

### 2. Carl-Benz-Oberschule, Reinickendorf

Die Carl-Benz-Oberschule hat im Jahr 2004 eine neue Brennwert-Erdgasheizung erhalten. Im Chemieunterricht wurden dazu sowie zu den erneuerbaren Energiequellen und zu alternativen Fahrzeugantrieben eine Ausstellung mit Postern und Exponaten sowie zwei Filme erstellt. Heidenheimer Str. 53, 13467 Berlin, Kontakt: Frau Kipping, Tel 030.4 04 60 97, Fax 030.4 04 60 98

### 3. Askanische Oberschule, Berlin

An der Askanischen Oberschule werden bereits seit 1986 Energieprojekte durchgeführt, z. B. Energiedatenerfassung, die Energiesparwoche sowie Projekte zur thermischen und fotovoltaischen Solarenergienutzung. Die Schule hat eine moderne Erdgas-Heizung mit einem Brennwertkessel. Kaiserin-Augusta-Str. 19 – 20, 12103 Berlin, Kontakt: Jörg Eschner, Tel 030.75 60 26 79

### 4. Schulen aller Schultypen mit Erdgas-Heizung und Erfahrung mit Energieprojekten

Das UfU e.V. betreut seit 1994 Projekte zum Energiesparen und zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen an Schulen und kann lohnende Exkursionsziele in Ihrer Nähe benennen. UfU e. V., Greifswalder Str. 4, 10405 Berlin, Kontakt: Malte Schmidhals; Meike Rathgeber; Hartmut Oswald, Tel 030.42 84 99 32

## Unterrichtsmaterialien

### fifty/fifty – Hamburgs Schulen schalten auf Sparkurs

Material aus den Erfahrungen mit Energiesparprojekten in Hamburg. Viele Anregungen und Arbeitsblätter zur Einbindung in den Unterricht.

Projektgruppe fifty/fifty, c/o Gesamtschule Steilshoop, Gropiusring 43, 22309 Hamburg, Tel 040.4 28 63 49 60, Fax 040.4 28 63 49 55, <http://lbs.hh.schule.de/klima>

### Schüler sparen Energie – basisEnergie 5

Das vierseitige Faltblatt beschreibt die Bedeutung des Energiesparens am Beispiel Schule. Hierbei werden die Themen Energieverbrauch an der Schule und die Möglichkeiten für ein Energiesparprojekt an einer Schule behandelt.

BINE Informationsdienst, Fachinformationszentrum Karlsruhe, Mechenstraße 57, 53129 Bonn, Preis: kostenloser Download unter [www.bine.info](http://www.bine.info)

### Glühbert, Wolfram und Turbine auf den Spuren der Energie. Interaktiv lernen und Energie anwenden. Material für die Grundschule

Energieanwendung im Haushalt wird anschaulich und spielerisch vermittelt. EE ist nur eines der Themen, aber mit zentralem Stellenwert.

VWEW – Energieverlag GmbH, Rebstöcker Straße 59, 60326 Frankfurt a. M., Tel 069.30 43 16, Fax 069.30 43 59, [www.vwew.de](http://www.vwew.de), Preise: Hefte je nach Anzahl 3,45 Euro – 1,95 Euro, Interaktives Lernsystem auf CD-Rom: zwischen 29,80 und 20 Euro, 10 Spielhäuser 59,80 Euro, Beleuchtungssset für 10 Spielhäuser: 24,30 Euro, Figurensset 3,80 Euro

### Modulares Schulinformationssystem Energie (MSE): Modul „Die Energiesparschule“

Der Ordner besteht aus einem Textteil mit Sachinformationen und didaktischen Hinweisen, Folien (Kopiervorlagen), Arbeitsblättern und Informationen. Das Material ist geeignet für die Sekundarstufe I und II.

Autoren, Herausgeber: Graf, Ulrich et al.; Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung im VKU (ASEW), Volksgartenstr. 22, 50677 Köln, [www.asew.de](http://www.asew.de), Preis: 12 Euro

### Energiesparen an Berliner Schulen – Beste Praxis

Die Broschüre vermittelt das Know-how für die organisatorische Umsetzung von Energiesparprojekten mit finanziellem Anreiz an Berliner Schulen (alle Schulformen).

Autoren: Oswald, Hartmut; Schmidhals, Malte; Herausgeber: Unabhängiges Institut für Umweltfragen (UfU) e. V., Greifswalder Straße 4, 10405 Berlin, Tel 030.42 84 99 30, Fax 030.42 80 04 85, [www.ufu.de](http://www.ufu.de), Preis: 5,50 Euro

### Energ(W)ie sparen an Schulen

erstellt im Rahmen des SAVE-Programms der Europäischen Kommission (1999)

Die Broschüre befasst sich mit der Energieanalyse und der Umsetzung von Energiesparmaßnahmen an Schulen und enthält umfangreiche Checklisten möglicher Maßnahmen. Sie ist für die Sekundarstufe I und II konzipiert, aber auch für die Grundschule nutzbar, und ist auch in englischer Sprache erhältlich.

Autoren: Schmidhals, M.; Oswald, H.; Drack, A. Herausgeber: Öö. Umweltakademie; UfU, Linz; Berlin, Unabhängiges Institut für Umweltfragen (UfU) e. V., Greifswalder Straße 4, 10405 Berlin, Tel 030.42 84 99 30, Fax 030.42 80 04 85, [www.ufu.de](http://www.ufu.de), Preis: 5,50 Euro

### Energiesparen und erneuerbare Energiequellen an Schulen

Die Broschüre enthält 12 Unterrichtsvorschläge und eine umfangreiche Liste von Unterrichtsmaterialien zu verschiedenen Themen – vom Klimaschutz über energetische Untersuchungen bis hin zum Energiesparen und der Nutzung von erneuerbaren Energiequellen an der eigenen Schule

Autoren: Oswald, Hartmut u.a.; Herausgeber: Unabhängiges Institut für Umweltfragen (UfU) e.V. (2004), Greifswalder Straße 4, 10405 Berlin, Tel 030.42 84 99 30, Fax 030.42 80 04 85, [www.ufu.de](http://www.ufu.de), Preis: 5,50 Euro

### Energiesparkoffer „E.coach“

mit Messgeräten für Temperatur und Beleuchtung, Thermostatventil, Zeitschaltuhren und schaltbarer Steckdosenleiste und Ordner mit Anleitung zum Energiesparen in der Schule

E.coach, Intelligente Energienutzung GmbH Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe, Tel 05044.9 75 13, Fax 05044.9 75 66, [www.e-u-z.de/htm/body\\_e\\_coach.htm](http://www.e-u-z.de/htm/body_e_coach.htm)







# MODUL 4: ERNEUERBARE ENERGIEQUELLEN UND IHRE NUTZUNG AN SCHULEN

(Umfang: 8 – 10 Stunden bzw. zwei Projektstage und eine Exkursion oder im Rahmen einer Arbeitsgemeinschaft im Sommerhalbjahr)

## 4.1 Erneuerbare Energiequellen im Überblick

### HINTERGRUNDINFORMATIONEN

Unter erneuerbaren Energiequellen versteht man die Energiequellen, die – trotz Nutzung durch den Menschen – von der Natur immer wieder nachgeliefert werden, somit unerschöpflich sind.

Die wichtigsten sind

- Sonnenenergie,
- Bioenergie (z. B. Brennholz, Pflanzenöl, Biogas),
- Windkraft und
- Wasserkraft.

Große Potenziale besitzen auch

- Wellen-, Strömungs- und Gezeitenenergie,
- Umgebungswärme und
- Erdwärme.

Außer der Erdwärme und der Gezeitenenergie lassen sich alle anderen erneuerbaren Energiequellen auf die Sonne als ursprüngliche Energiequelle zurückführen. Mit entsprechenden Energiewandlern lassen sie sich in alle vom Menschen benötigten Energieformen umwandeln (siehe Bild 4.1).

Abgesehen von der zur Herstellung der Energiewandler notwendigen Energie bzw. der zum Betrieb notwendigen Hilfsenergie verursacht die Nutzung dieser Energiequellen keine CO<sub>2</sub>-Emissionen. Auch bei der Biomasse ist die CO<sub>2</sub>-Bilanz ausgeglichen, da bei der Verbrennung nur so viel Kohlendioxid entsteht, wie beim Wachstum der Pflanzen vorher der Atmosphäre entzogen wurde (Kohlenstoff-Kreislauf).

Wie Bild 4.2 zu entnehmen ist, haben die erneuerbaren Energiequellen insgesamt erst einen Anteil von rund 4 % am Primärenergieverbrauch (Stromerzeugung: 10 %) erreicht. Die Anteile der einzelnen erneuerbaren Energiequellen sind in Bild 4.3 dargestellt.

Obwohl die erneuerbaren Energiequellen bisher noch eine untergeordnete Rolle bei der Energieversorgung in Deutschland und weltweit spielen, wächst ihre Bedeutung, da sie langfristig die nicht erneuerbaren fossilen Energiequellen und die Atomenergie ersetzen müssen. Schon jetzt hat dieser Bereich ein hohes Wachstum zu verzeichnen.

### HINWEIS

Die Beschäftigung mit den erneuerbaren Energiequellen eignet sich hervorragend für Schülerprojekte. Alle hierfür wichtigen Informationen kann man im Internet und in Unterrichtsmaterialien finden (siehe Unterrichtsmaterialien am Ende des Moduls).

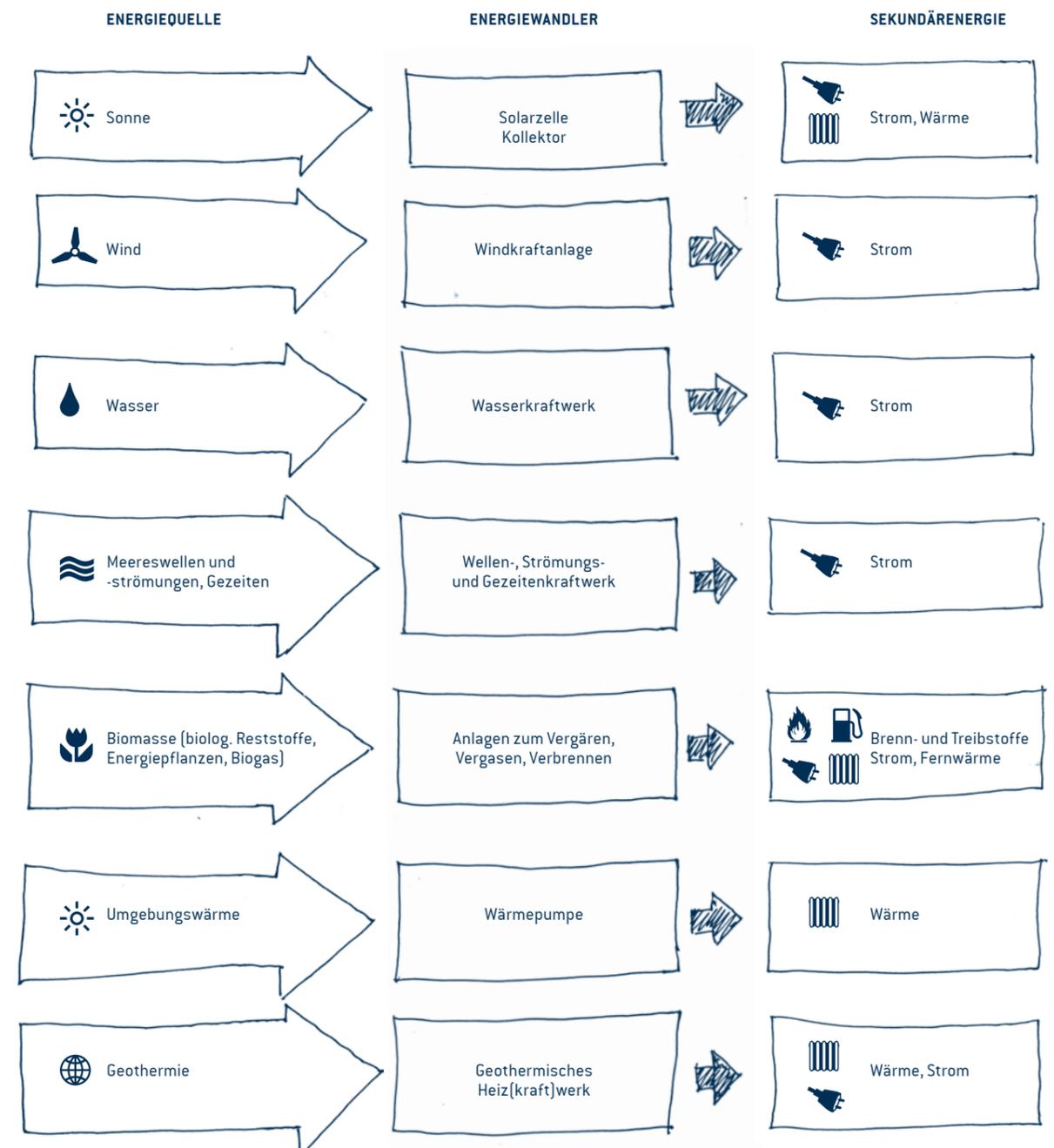


Bild 4.1: Erneuerbare Energiequellen und ihre Nutzung

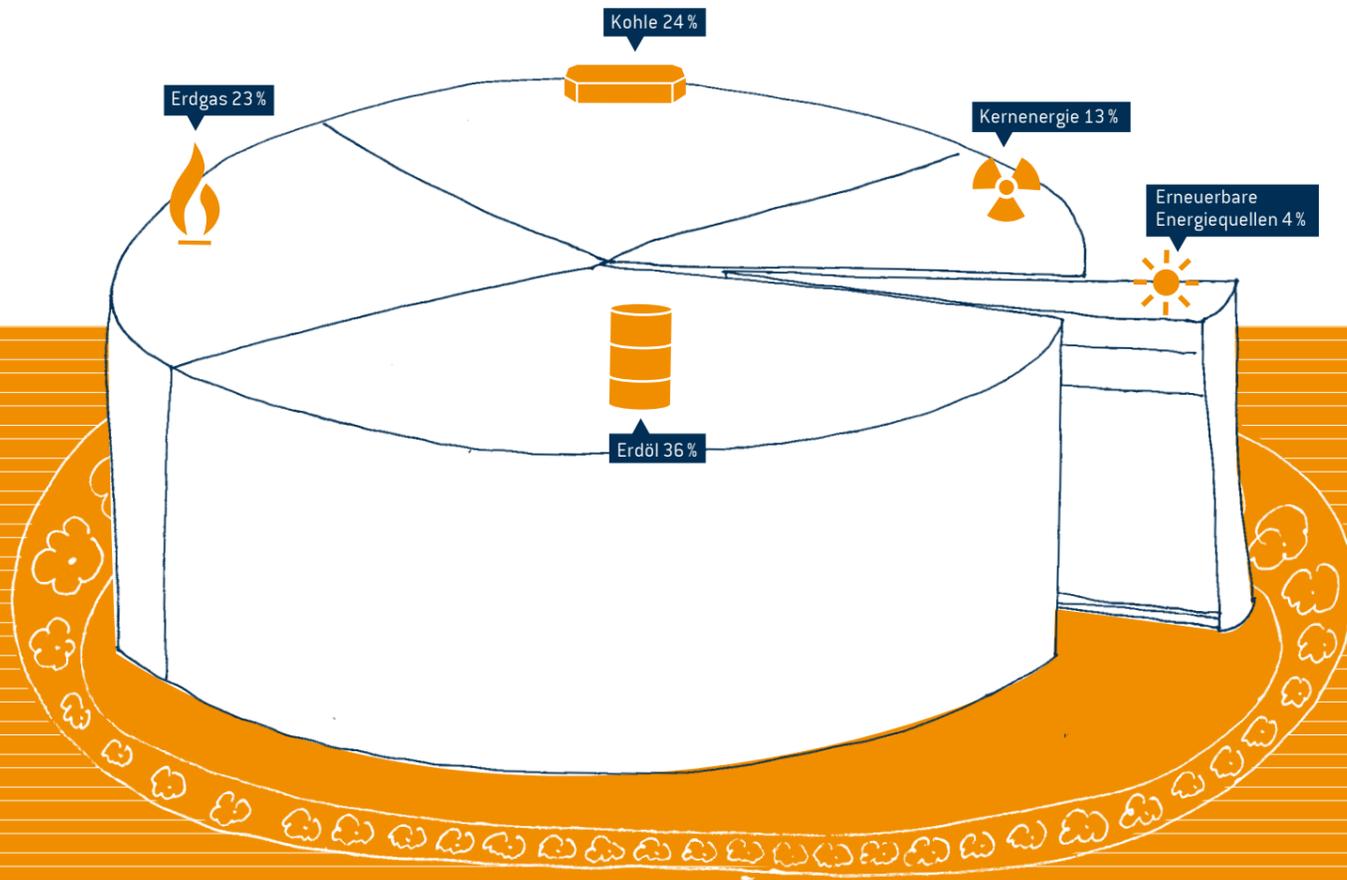


Bild 4.2: Struktur des Primärenergieverbrauchs im Jahr 2003  
Quelle: BMU, Umweltpolitik, Erneuerbare Energien in Zahlen (2005)

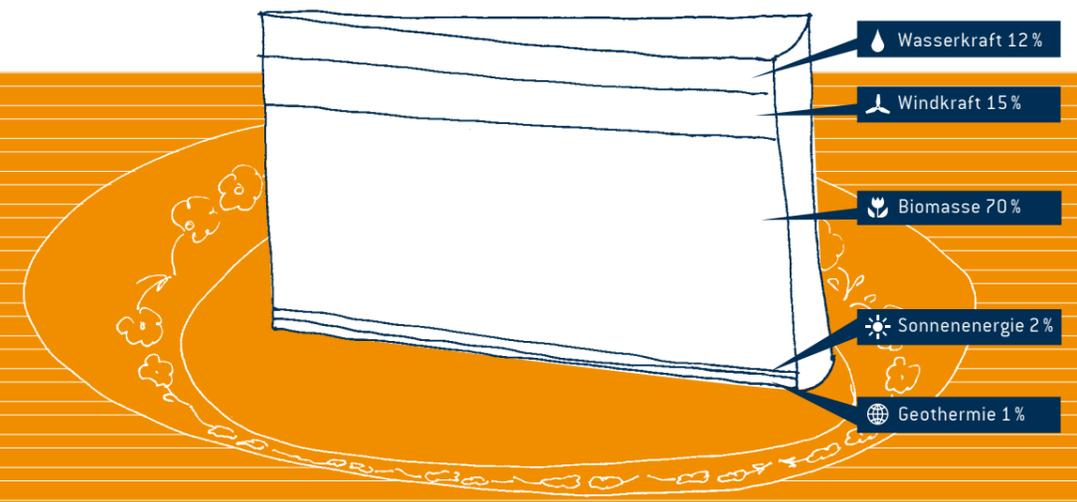


Bild 4.3: Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energiequellen im Jahr 2003  
Quelle: BMU, Umweltpolitik, Erneuerbare Energien in Zahlen (2005)

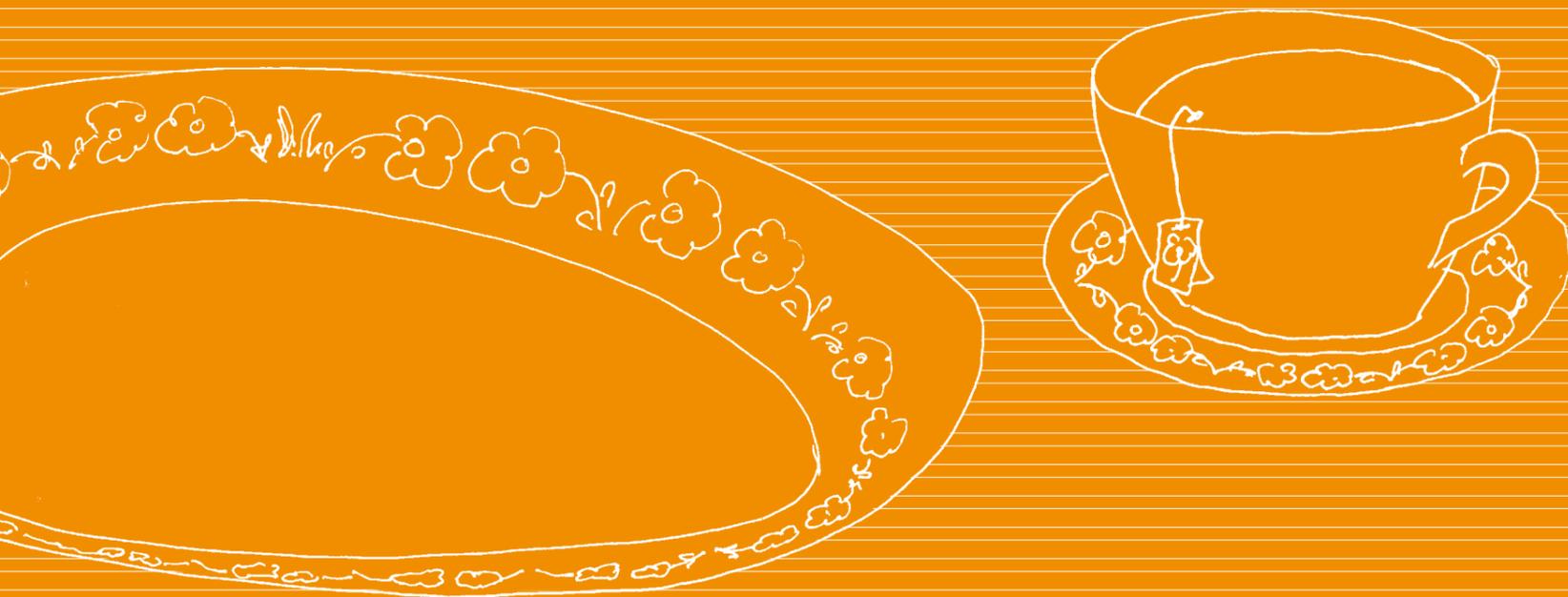
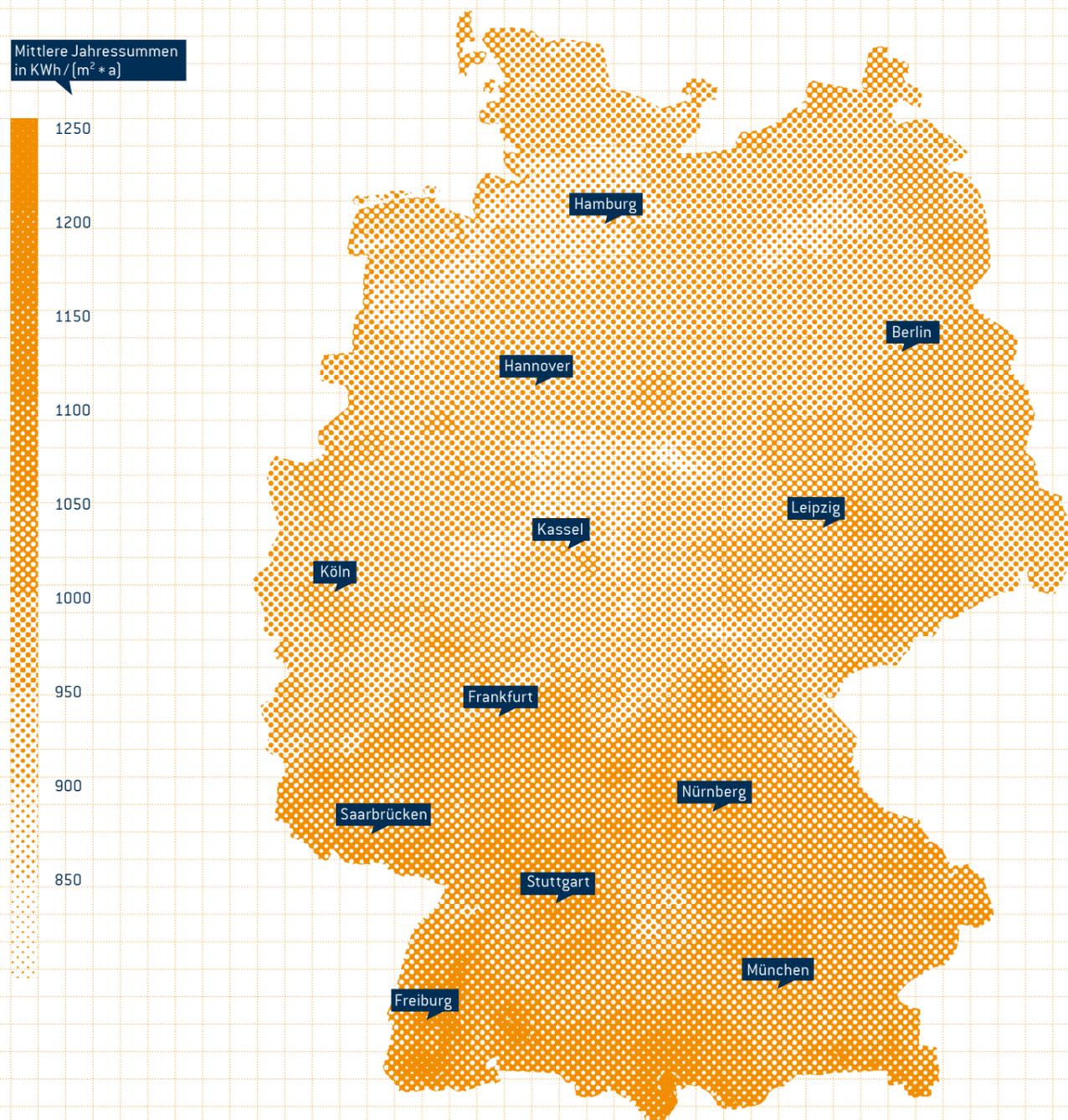


Bild 4.4: Solarstrahlung in Deutschland  
Quelle: Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS)



## 4.2 Solarenergienutzung an Schulen

Grundsätzlich kommen die meisten der in Bild 4.1 genannten erneuerbaren Energiequellen für die Nutzung an Schulen in Betracht: So kann z. B. eine Schule mit Bioenergie (z. B. Holzpellets) oder mit Erdwärme beheizt werden oder ein Windrad Strom in das Schulnetz einspeisen. Im Einzelfall hängt dies jedoch stark von den örtlich verfügbaren Ressourcen und der Wirtschaftlichkeit ihrer Nutzung ab. Eine Energiequelle ist jedoch an fast allen Schulen nutzbar: die Sonnenenergie. Sie bildet deshalb den Schwerpunkt dieses Moduls. Wie aus Bild 4.4 ersichtlich ist, liegt die mittlere jährliche Solarstrahlung in Deutschland bei 1000 kWh/m<sup>2</sup>.

Sofern geeignete Dach- oder Fassadenflächen (Ausrichtung Südost bis Südwest und unverschattet) vorhanden sind, kann die Sonnenenergie einen Beitrag zur Energieversorgung und zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen an Schulen leisten. Dabei kommen zwei Möglichkeiten ihrer Nutzung in Betracht: -- die Fotovoltaik (Stromerzeugung mittels Solarzellen) und -- die Solarthermie (Wärmeerzeugung mittels Kollektoren).

### FOTOVOLTAIK (SOLARZELLE)

Bei der Fotovoltaik wird Solarstrahlung mittels Solarzellen direkt in Elektrizität umgewandelt. Grundlage ist der lichtelektrische Effekt: Vereinfacht ausgedrückt wird dabei die Energie der einfallenden Solarstrahlung an Ladungsträger in der Solarzelle übertragen. Durch die anliegende Spannung entsteht ein Stromfluss (Gleichstrom), der entweder direkt genutzt oder nach Umwandlung in einen Wechselstrom ins Netz eingespeist werden kann (siehe Bild 4.5).

Um mehr Leistung zu erhalten, werden einzelne Solarzellen zu Solarmodulen zusammen geschaltet. Die maximale Leistung eines Solarmoduls wird in kWp (Kilowatt-Peak) angegeben. Mehrere Module werden wiederum zu einer Solaranlage kombiniert. Der Wirkungsgrad  $\eta$  (Energieausbeute) handelsüblicher Solarmodule liegt im Bereich von 6 bis 18 %, d. h. bei einer solaren Strahlungsleistung von 1000 W/m<sup>2</sup> an einem sonnigen Sommertag beträgt die elektrische Leistungen 60 W/m<sup>2</sup> bis 180 W/m<sup>2</sup>. Bei einer mittleren jährlichen Einstrahlung von 1000 kWh/m<sup>2</sup> ergibt sich eine jährliche Stromerzeugung von 60 bis 180 kWh pro Quadratmeter Modulfläche. Der Strom kann entweder direkt genutzt, gespeichert oder ins Netz eingespeist werden. Bei vorhandenem Stromnetz (wie z. B. an Schulen) ist die Netzeinspeisung die wirtschaftlich sinnvollste Variante. Nach dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) wird für den Solarstrom eine erhöhte Einspeisevergütung an den Anlagenbetreiber gezahlt, um der Fotovoltaik zum wirtschaftlichen Durchbruch zu verhelfen. An Schulen können Solaranlagen mit Fördermitteln und/ oder mit privatem Kapital über Beteiligungsmodelle (z. B. Bürgersolaranlagen) finanziert werden. Im Idealfall können die Schulen mit dem Anlagenbetreiber eine (geringe) finanzielle Beteiligung an der Einspeisevergütung oder aber Equipment zur pädagogischen Nutzung der Solaranlage (z. B. Anzeige des eingespeisten Stroms, Software zur Auswertung der Daten ...) aushandeln.

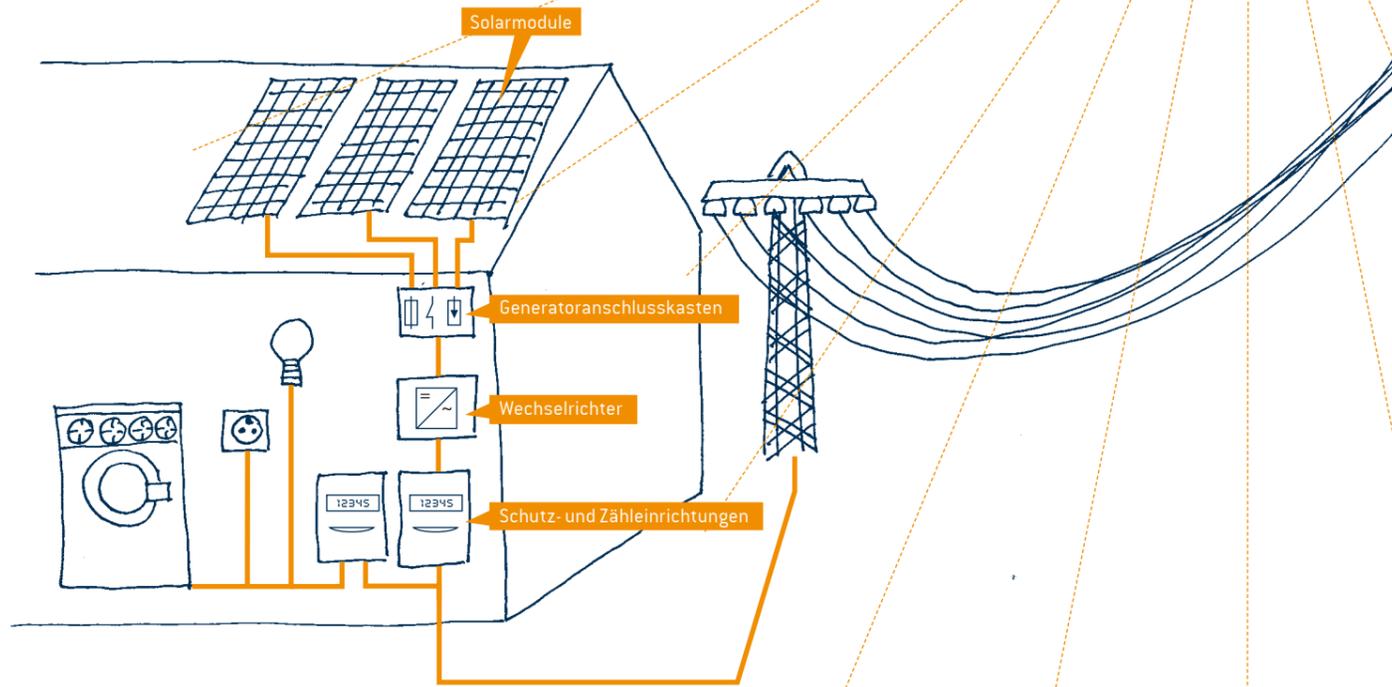
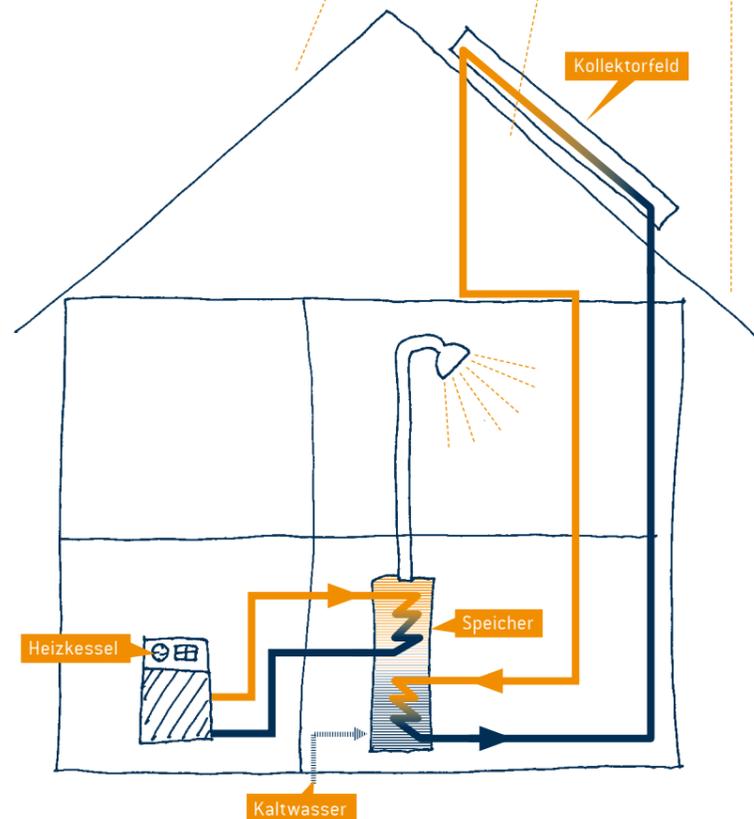


Bild 4.5: Fotovoltaikanlage  
Quelle: Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS)

Bild 4.6: Thermische Solaranlage  
Quelle: Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS)



**SOLARTHERMIE (SONNENKOLLEKTOR)**

Solarthermische Anlagen wandeln Sonnenlicht in Wärme um. Die einfachste Bauart sind einfache Absorber, z. B. in Form schwarzer Schläuche oder schwarzer Tanks, die oft in südlichen Ländern anzutreffen sind. In unseren Breiten werden zumeist Kollektoren verwendet, die mit etwas größerem technischen Aufwand höhere Wirkungsgrade erzielen. Es gibt verschiedene Bauarten von Kollektoren (Flachkollektoren und Vakuumröhrenkollektoren), die im Grundprinzip immer aus den vier Elementen Absorber, Wärmeüberträgersystem, transparente Abdeckung und Gehäuse mit Wärmedämmung bestehen.

Die Sonnenstrahlung tritt durch die transparente Abdeckung hindurch und fällt auf den Absorber. Dieser besteht aus einem Material, welches einen hohen Absorptionsgrad aufweist, um möglichst viel von der einfallenden Strahlung aufnehmen und in Wärme umwandeln zu können. Die Wärme wird dann an die in den Rohren des Wärmeüberträgersystems strömende Flüssigkeit abgegeben und zum Wärmespeicher transportiert, wo es im Bedarfsfall entnommen werden kann (siehe Bild 4.6). Im Handel erhältliche Kollektoranlagen erreichen heute Wirkungsgrade zwischen 30 und 60 % und erzeugen zwischen 300 und 600 kWh Wärme pro Quadratmeter und Jahr.

Thermische Solaranlagen können entweder nur zur Brauchwassererwärmung oder zusätzlich auch zur Heizungsunterstützung verwendet werden. In der Regel erfolgt die Einbindung in das Heizsystem, wobei die zentrale Steuerung sicherstellt, dass die Solarenergie vorrangig genutzt wird. Am weitesten verbreitet im Bereich der Privathaushalte sind Anlagen zur Brauchwassererwärmung. Eine Anlage zur Versorgung einer vierköpfigen Familie benötigt 4 bis 6 m<sup>2</sup> Kollektorfläche und kostet inklusive Einbindung in das Heizsystem 4.000 bis 6.000 Euro (ohne Fördermittel). Zumeist lohnt sich bereits heute die Anschaffung einer Solaranlage durch die Einsparung der Brennstoffkosten über die Lebensdauer von 20 Jahren.

Um Schulen komplett (Raumwärme und Warmwasser) mit Solarwärme zu versorgen, müssten sehr große Kollektorflächen installiert werden. Zur Beheizung müsste außerdem die Überschusswärme aus den Sommermonaten in riesigen Speichern für die Wintermonate aufgespart werden. Dies ist zwar technisch möglich, wird in der Praxis aber aus wirtschaftlichen Gründen nicht gemacht. Eher möglich ist es, thermische Solaranlagen für die ausschließliche Warmwasserbereitung an Schulen einzusetzen. Besonders wirtschaftlich ist dies dann, wenn dadurch die Schulheizung im Sommer abgeschaltet werden kann oder um die Leitungsverluste zu einer weit entfernten Zapfstelle (z. B. Duschen in der Turnhalle) zu senken. Die Größe der Solaranlage muss auf den Warmwasserbedarf abgestimmt sein: Sie sollte so ausgelegt werden, dass in den Sommermonaten (Mai bis August) der Warmwasserbedarf zu 100 % abgedeckt wird und nicht zugeheizt werden muss. Um die Leitungsverluste gering zu halten, sollte sie sich in der Nähe des Warmwasserspeichers befinden.





## Hinweise zur Durchführung von Modul 4

### LERNZIELE

Die Schüler lernen die wichtigsten erneuerbaren Energiequellen kennen und erfahren, wie die Energie umgewandelt werden kann und welche Energieformen dabei entstehen. Sie lernen die wichtigsten Vorteile gegenüber den fossilen Energieträgern und der Atomenergie kennen (Unerschöpflichkeit, CO<sub>2</sub>-Neutralität, Umweltfreundlichkeit).

Die Schüler erfahren, dass erst ein geringer Anteil unserer heutigen Energie aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen wird, dass sie aber langfristig den größten Anteil an der Energieversorgung haben werden.

Sie lernen die Möglichkeiten der Solarenergienutzung an Schulen kennen: Fotovoltaik (Solarzellen) und Solarthermie (Kollektoren) und können den Unterschied zwischen diesen Systemen hinsichtlich ihrer Wirkungsweise und der gewonnenen Energieform erklären.

Bei entsprechendem Leistungsniveau können sich die Schüler im Rahmen von Projektgruppen eingehender mit den verschiedenen Energiequellen befassen und kleine Modelle zur Veranschaulichung ihrer Funktionsweise bauen.

### SCHÜLERREFERATE

Die verschiedenen nicht erneuerbaren und erneuerbaren Energiequellen und ihre Nutzungsmöglichkeiten sollten zunächst mit Hilfe der Schülerinnen und Schüler in einem Tafelbild zusammengetragen werden:

### HINWEIS

Das Tafelbild ist dazu gedacht, zu Beginn der Beschäftigung mit dem Thema erneuerbare Energiequellen die Vorkenntnisse der Schüler abzufragen und systematisch einzuordnen. Bei der erstmaligen Erstellung mit Hilfe der Schüler kann es unvollständig bleiben und nach Behandlung des Themas ergänzt werden. (Sollen zu den einzelnen Schülerreferate vergeben werden, können die Namen an Hand des Tafelbildes den einzelnen Themen zugeordnet werden.)

Zu den einzelnen Energiequellen werden in Gruppenarbeit jeweils ein Poster erstellt und ein Referat vorbereitet. Anhand des Tafelbildes können den verschiedenen erneuerbaren Energiequellen (Sonnenenergie – Solarzellen / Kollektoren, Windkraft, Wasserkraft und Biomasse) Schülergruppen zugeordnet werden. Es empfiehlt sich, eine inhaltliche Gliederung für die Poster und Referate vorzugeben, z. B.:

- Welche Energieform wird genutzt?
- In welche Energieform /en wird/ werden sie umgewandelt?
- Welche Anlagen zur Nutzung der X-Energie gibt es und wie funktionieren sie? (bei Biomasse am Beispiel erläutern)
- Wo werden diese Anlagen eingesetzt?
- Bau eines kleinen Modells zur Veranschaulichung der Wirkungsweise (Windkraft, Wasserkraft, Fotovoltaik, Solarthermie – siehe Experimente).

Dafür sollten den Schülern geeignete Unterrichtsmaterialien zur Verfügung gestellt und sie auf geeignete Informationsquellen (siehe unten) hingewiesen werden. Die Referate sollten ca. 10 Minuten dauern. Mit anschließender Diskussion sind drei Vorträge pro Unterrichtsstunde realistisch.

ENERGIEQUELLE	ENERGIEWANDLER	NUTZBARE ENERGIE
Sonne	Solarzelle, Kollektor	Strom, Wärme
Wind	Windkraftanlage	Strom
Wasser	Wasserkraftwerk	Strom
Meereswellen und -strömungen, Gezeiten	Wellen-, Strömungs- und Gezeitenkraftwerk	Strom
Bioenergie (biolog. Reststoffe, Energiepflanzen, Biogas)	Anlagen zum Vergären, Vergasen, Verbrennen	Brenn- und Treibstoffe, Strom
Umgebungswärme	Wärmepumpe	Wärme
Erdwärme	Geothermisches Heiz(kraft)werk	Wärme

Tafelbild: Erneuerbare Energiequellen und ihre Nutzung

## Aufgaben

### AUFGABE 4.1

Welche Energiequellen gehören zu den erneuerbaren Energiequellen? Welche nutzbaren Energieformen können aus ihnen gewonnen werden? Womit wird die Energie umgewandelt? (siehe auch Arbeitsblatt Erneuerbare Energiequellen und ihre Nutzung)

### AUFGABE 4.2

Welche Vorteile haben die erneuerbaren Energiequellen gegenüber den fossilen Energiequellen und der Atomenergie?

### AUFGABE 4.3

Welche Energiequelle wird mit der Solarzelle genutzt und welche Energieform wird damit gewonnen?

### AUFGABE 4.4

Wie funktioniert ein Sonnenkollektor und welche Energieform wird damit gewonnen?

### AUFGABE 4.5

Welche erneuerbaren Energiequellen können an Deiner Schule genutzt werden? Male dazu ein Bild oder schreibe eine Geschichte darüber!

## Experimente

### SOLARBALLON

Ein mit Luft gefüllter Plastiksack wird in die Sonne gelegt und steigt bei ausreichender Temperatur  
--> Absorption (siehe unten), warme Luft ist leichter als kalte, Nutzung beim Aufwind-Kraftwerk

### ABSORPTIONSVERSUCH

Weißer und schwarzer Materialien werden der Sonne ausgesetzt  
--> unterschiedliche Erwärmung schwarzer und weißer Materialien

### SPIEGEL- ODER LINSENVERSUCH

Konzentration der Solarstrahlung auf einen Punkt  
--> Erwärmung des Gegenstandes im Fokus, Nutzung bei solarthermischen Kraftwerken

### SOLARTHERMIE (BAU EINES SONNENKOLLEKTORS)

Temperaturmessung in einem mit kaltem Wasser gefüllten, der Sonne ausgesetzten, dunklen (Garten-) Schlauch oder Topf  
--> Erwärmung des Wassers bei Sonneneinstrahlung

### FOTOVOLTAIK (BAU EINER KLEINEN FOTOVOLTAIKANLAGE)

Löten bzw. Zusammenstecken kleiner Solaranlagen aus Solarzellen (oder Zellbruch), einem kleinen Motor und einer Drehscheibe  
--> Sonnenlicht kann direkt in elektrische Energie umgewandelt werden

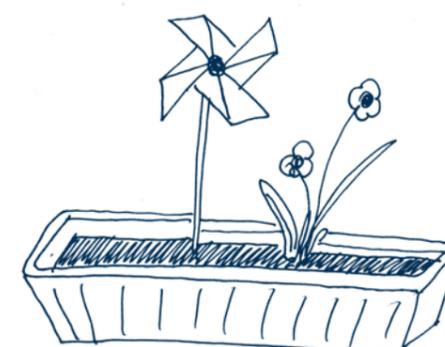
### WINDKRAFT (BAU EINES EINFACHEN WINDRADES ZUM PUSTEN ODER IN DEN WIND HALTEN)

Befestigung einer Welle (Nadel oder Nagel) an einem Holzstab  
Darauf drehbar gelagert ist ein Korben, der zur Befestigung der Windmühlenflügel (gefertigt aus Pappe oder Kunststoff) dient  
--> Wind kann zur Erzeugung einer Drehbewegung (und damit auch zur Stromerzeugung) genutzt werden

### WASSERKRAFT (BAU EINES EINFACHEN WASSERRADES)

Ausführung analog dem Windrad, Antrieb mit Wasserstrahl oder Wasserrinne  
--> Wasser kann zur Erzeugung einer Drehbewegung (und damit auch zur Stromerzeugung) genutzt werden

Im Handel erhältliche Experimentierkästen zur Solarenergie sind in der Übersicht der Unterrichtsmaterialien zu finden.



## Unterrichtsmaterialien

### Fotovoltaik-Experimentiersystem SUSE

SUSE ist ein Fotovoltaik-Experimentiersystem, das für den Einsatz im Physik-, Technik- und Umweltunterricht sowie in Arbeitsgemeinschaften entwickelt wurde. Es wird als Bausatz geliefert und von den Schülern zusammengesetzt. Neben Experimenten mit dem und Messungen am System selbst, kann es als Spannungsquelle für andere Schülerversuche genutzt werden.

Autor: Schanz, Wolf-Rüdeger; Niedersächsischen Lernwerkstatt für solare Energiesysteme (NILS) am Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH), Am Ohrberg 1, 31860 Emmerthal, nils@isfh.de, Preis: 74,50 Euro je Bausatz, Preisnachlässe bei größeren Bestellmengen

### Solar-Box, Construction 75

Fotovoltaik-Metallbaukasten mit ausführlicher Bauanleitung für verschiedene Modelle (Flugzeug, Windmühle...), inklusive Solarzelle und Elektromotor, Altersangabe: ab 8 Jahre Eichsfelder Technik eitech GmbH, Industriestr. 1, 37308 Pfaffschwende, Tel 036082.43 20, Fax 036082.43 236, www.eitech.de

### Solarstrom für Kids

ein vom Schul-LAB entwickeltes und von Ihren Schülern bei uns selbst aufzubauendes Experimentierset zum Hineinschnuppern, Ausprobieren, Lernen und Weiterentwickeln, ab 4. Klasse IGS Mühlenberg, Schul-Lab, Mühlenberger Markt 1, 30457 Hannover, Tel 0511. 16 84 95 11, Fax 0511.16 84 95 18, www.schul-lab.de

### Wärme von der Sonne

Mit dem Kosmos-Experimentierbaukasten „Wärme von der Sonne“ können zahlreiche Versuche zur Solarthermie durchgeführt werden wie z.B. die Grundlagen von Wärme, Wärmeleitung, -strahlung und Temperatur; die Nutzung von Sonnenkollektoren, Warmwasserspeicher, Thermosiphonkreislauf, der Aufbau einer kompletten solaren Warmwasseranlage, die solare Wasserentsalzung und der Bau eines Aufwindkraftwerkes. Das dazugehörige Handbuch für Pädagogen enthält alle Experimentieranleitungen.

Jugendwerkstatt Hameln, Diakonische Einrichtung, Hastenbecker Weg 10c, 31785 Hameln, Tel. 05151.6 09 77, Fax 05151.0 97 99, NILS am ISFH, Am Ohrberg 1, 31860 Emmerthal, Tel. 05151.99 93 04, nils@isfh.de (weitere Bau- und Experimentierkästen, auch zu Fotovoltaik, im Programm)

### Ökologie-Handbuch Grundschule

Das Handbuch beschreibt umfassend verschiedene Umweltthemen wie z. B. die erneuerbaren Energien. Seine Bedeutung ergibt sich aus der Darstellung von Unterrichtskonzeptionen für die Grundschule.

Autoren, Herausgeber: de Haan, Gerhard; BELTZ praxis, Bibliotheken, nicht über Buchhandel lieferbar

### Neue Physik – Das Energiebuch

Aufbauend an der Kritik der Physik, dass herkömmliche und nicht zukunftsfähige Technologien in dem Physikunterricht dominieren, haben die Autoren ein Physikbuch für die Klassen 5/6 geschrieben, bei der Technologien der erneuerbaren Energien im Vordergrund stehen. Das Buch ist nur als pdf-Download verfügbar.

Autoren: Falk, Gottfried; Herrmann, Friedrich, Abteilung für Didaktik der Physik, Universität, 76128 Karlsruhe, Tel 0721.60 83 360, Fax 0721.60 87 040, www-ftp.physik.uni-karlsruhe.de/ffdidaktik/kpk/material.html (Download der Kapitel), Preis: kostenloser Download möglich

### Naturwissenschaften: Energie

In dem Themenheft werden die verschiedenen Möglichkeiten zur Energiegewinnung und Energietechnik dargestellt. Der Schwerpunkt liegt auf den erneuerbaren Energien. Es ist für den fächerübergreifenden Einsatz konzipiert und enthält auch Beschreibungen für Experimente.

Autoren, Herausgeber: Bergstedt et al.; Cornelsen Verlag, www.cornelsen.de, Preis: 9,95 Euro

### Mensch – Natur – Technik: Themenheft Energie

Das Material umfasst ein Lehrer- und ein Schülerheft. Die Themen Energie, Energieumwandlung und -nutzung werden in sehr großer Breite unter besonderer Berücksichtigung der erneuerbaren Energien dargestellt. Es ist für den fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht konzipiert. Autoren, Herausgeber: PAETEC – Verlag für Bildungsmedien, Bouchéstr. 12, Haus 11, 12435 Berlin, Tel 030.53 31 18 27, Fax 030.53 31 18 28, www.paetec.de, Preis: 19,90 Euro für beide Hefte zusammen

### Jetzt Erneuerbare Energien nutzen

Das Heft des BMWA beschreibt auf 90 S. die Bedeutung der EE und stellt ausführlich ihre Nutzung in der Praxis vor. Themen sind Sonnenenergie, Wasserkraft, Biomasse, Umweltwärme und Geothermie. Eine Vielzahl von verständlichen Graphiken macht sie sehr anschaulich. Sie ist gut nutzbar zur Unterrichtsvorbereitung.

Autoren, Herausgeber: Meliß, Michael; Späte, Frank; BMWA Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Referat LP4 – Kommunikation, Internet, 10119 Berlin, www.bmwa.bund.de (1999), Preis: Kostenlos

### Sanfte Energie. Erfahrungen mit Wind, Wasser und Sonne

Die Broschüre stellt eines der wenigen Beispiele für die Behandlung des Themas Energie in der Grundschule dar. Die Broschüre enthält Bauanleitungen, Vorlesetexte, Erkundungsaufträge und Experimentierkarten.

Autoren, Herausgeber: Claussen, C.; Auer Verlag, Postfach 11 52, 86601 Donauwörth, www.auer-verlag.de, Preis: 16,80 Euro

### Informationen zum Thema Erneuerbare Energien

Der von der Allianzstiftung herausgegebene Foliensatz mit Begleitheft zu den erneuerbaren Energien stellt die verschiedenen Formen der EE und die Arten der Energiebereitstellung dar.

Autoren, Herausgeber: Allianz Umweltstiftung, Maria-Theresia-Straße 4a, 81675 München, info@allianz-umweltstiftung.de, www.allianz-umweltstiftung.de, Preis: Kostenlos

### Lebendes Lehrbuch Regenerative Energien

Das Lehrbuch umfasst Sachinformationen, die Vorstellung von Projekten sowie Unterrichtsbeispiele zu verschiedenen Themen der erneuerbaren Energien. Jedes Kapitel ist mit Unterrichtshinweisen und weiterführenden Referenzen sowie vielfach auch mit möglichen Experimentiermöglichkeiten unterlegt.

Autoren, Herausgeber: Natur & Kultur, Institut für ökologische Forschung und Bildung e. V., Steinbergerstraße 40, 50733 Köln, www.natur-kultur.de, Preis 15 Euro zzgl. 5,50 Euro Versand

### ILSE – Interaktives Lernsystem für erneuerbare Energie

Das Programm ILSE wurde 1996 – 1999 am Institut für Elektrische Energietechnik an der TU Berlin entwickelt. Es umfasst die vier Lernmodule Energiepolitik, Solarenergie, Fotovoltaik und Brennstoffzelle. Jedes der Module ist mit zahlreichen detaillierten Lerneinheiten unterlegt. Lernfragen, Grafiken, Animationen, Onlineberechnungen und Simulationen gestalten die Inhalte sehr ansprechend. Das Programm wird jedoch seit 2001 nicht mehr weiterentwickelt.

Autoren, Herausgeber: Quaschnig, Volker; Hanitsch, Rolf; Zehner, Mike; Institut für Elektrische Energietechnik an der der TU Berlin und FH München, http://emsolar.ee.tu-berlin.de/ffilse/index2.html

### Der Weg zum Solarzeitalter

Mit Hilfe eines Foliensatzes und Erläuterungen werden verschiedene Themen aus dem Bereich erneuerbare Energien erläutert.

Autoren, Herausgeber: Pietsch, Reinhard et al.; EUROSOLAR e. V., Kaiser-Friedrich-Str. 11, 53113 Bonn, www.eurosolar.org, Preis: 25 Euro für Schulen

### Energieeinsparung in Schulen in NRW

Das Material umfasst drei Bände: Band I „Handbuch Technik“ (anschauliche Einführung), Band II „Handbuch Organisation und Didaktik“ (Einbindung in den Unterricht und Kooperationen) und Band III „Handbuch Material“ (viele Folien und Arbeitsblätter). Alle Bände sind unabhängig vom Bundesland einsetzbar.

Energieagentur NRW, Projekt „EnergieSchule NRW“, Morianstr. 32, 42103 Wuppertal, www.ea-nrw.de, Preis: kostenlos

### Vom Sonnenlicht zur Stromversorgung – Schüler erleben handelnd das Zusammenspiel von Natur und Technik am Beispiel der Fotovoltaik

Die Unterrichtseinheit ermöglicht durch ihren handlungsorientierten Ansatz die praktische Auseinandersetzung mit physikalischen und technischen Fragestellungen. Sie gewährt erste Einblicke in die Nutzung erneuerbarer Energie. Zu den Unterrichtshinweisen enthält das Download 60 Seiten Arbeitsblätter und Geschichten.

Autorin: Tschötschel, Christine, Recklinghausen, c.tschoetschel@gmx.net, www.uni-muenster.de/Physik/TD/Uvortec/Versorgung/sonnenreise/titel-seite.htm, Preis: kostenlos als Download

### Lehrerinformationen Photovoltaik

Faltblatt zur Technik und dem Einsatz von Fotovoltaik.

Die Lehrerinformationen waren über viele Jahre eine beliebte Quelle für den Energieunterricht.

Autoren, Herausgeber: Arbeitskreis Schulinformation Energie, VWEW (1996), VWEW Energieverlag GmbH, Rebstockerstr. 59, 60326 Frankfurt/Main, www.vwew.de

Das Material ist z. Z. auch noch bei einigen Energieversorgungsunternehmen erhältlich.

#### Leitfaden für die Planung einer Projektwoche zum Thema Regenerative Energien

Der Leitfaden beschreibt die Planung und Durchführung einer Projektwoche. Dargestellt werden verschiedene Anwendungen von Sonnenenergie, Brennstoffzelle und Windkraft. Autoren, Herausgeber: Müller, Berit et al.; Energieseminar der TU-Berlin, Ernst Reuter Platz 1, 10587 Berlin, Preis: 5 Euro

#### Thermische Nutzung der Sonnenenergie – basisEnergie 4

Das vierseitige Faltblatt beschreibt die Solarstrahlung als Energiequelle, die Technik thermischer Solarsysteme sowie Zukunftsaussichten der Solarthermie. Die Broschüre kann im Unterricht für Schüler verwendet werden. Herausgeber: BINE Informationsdienst, Fachinformationszentrum Karlsruhe, Mechenstraße 57, 53129 Bonn, Preis: kostenloser Download unter [www.bine.info](http://www.bine.info)

#### Sonne erleben – Energie erfahren

Die Broschüre enthält Unterrichtsvorschläge für die Grundschule, die zumeist sehr praktisch orientiert sind und geeignet sind, um das abstrakte Thema Energie für die Altersklasse erfahrbar zu machen.

Herausgeber: Hessisches Umweltministerium (1998), Referat Öffentlichkeitsarbeit, Postfach 3109, 65021 Wiesbaden, kostenlos

#### Die neue Power – Erneuerbare Energien in Europa

In einer Reise durch Europa zeichnet der Film ein präzises Bild von den Möglichkeiten der Energienutzung aus Biomasse, Wind, Geothermie, Wasser und Sonne. Es werden Beiträge aus sieben Ländern gezeigt. Ab Juli 2004 auch als DVD erhältlich (Laufzeit 52 Min.)

Autoren: Fechner, Carl; Fitzke, Franz; Schatz, Jana; fechnerMEDIA GmbH, Schwarzwaldstraße 45, 78194 Immendingen, [www.fechnermedia.de](http://www.fechnermedia.de), Preis: 27 Euro

#### Die Sendung mit der Maus spezial: Wie aus Sand und Sonne Strom wird.

Ca. 30 Min zur Herstellung und Funktionsweise von Fotovoltaik für Kinder zwischen 5 und 10 Jahren

Autoren: unbekannt, WDR Sendung mit der Maus, 50614 Köln oder [maus@wdr.de](mailto:maus@wdr.de), Preis: noch nicht bekannt

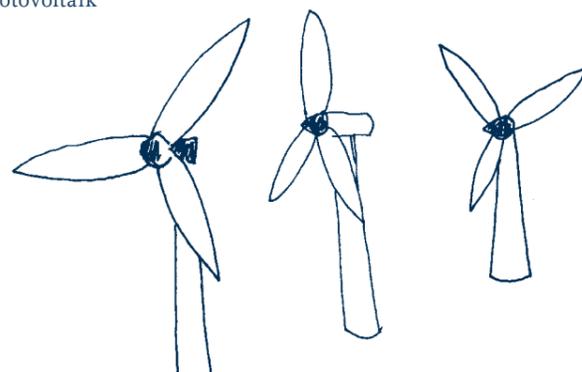
#### Das kleine Solar-Werkbuch

Das Buch veranschaulicht Solartechnik durch Experimente. Mit einfachen Mitteln und Alltagsmaterialien werden solarbetriebene Instrumente und Geräte zusammengebaut. Mit wenigen Bauelementen wie Dioden und einfachen Messinstrumenten werden komplexe Überwachungsanzeigen aufgebaut.

Autoren: Stempel, Ulrich; Franzis Verlag GmbH, Gruber Str. 46a, 85586 Poing, Tel 08121.950, Fax 08121.95 16 96, [info@franzis.de](mailto:info@franzis.de), [www.franzis.de](http://www.franzis.de), Preis: 12,68 Euro

#### INTERNETSEITEN

[www.die-erneuerbaren.de](http://www.die-erneuerbaren.de)  
[www.unendliche-energie.de](http://www.unendliche-energie.de)  
[www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de)  
[www.umweltbildung-erneuerbare-energien.de](http://www.umweltbildung-erneuerbare-energien.de)  
[www.dgs-solar.org](http://www.dgs-solar.org)



## Exkursionsziele (in Berlin)

#### 1. Grundschule im Grünen

Schwerpunkt Umwelt, Fotovoltaikanlage, Führung nach Voranmeldung möglich  
 Malchower Chaussee 2, 13051 Berlin (Hohenschönhausen),  
 Tel 030.96 24 85 95, Fax 030.96 24 85 96,  
[www.grundschule-im-gruenen.de](http://www.grundschule-im-gruenen.de), Ansprechpartnerin: Frau Freiberg

#### 2. Freie Montessori-Schule

Windkraft- und Fotovoltaikanlage, die im Unterricht genutzt werden  
 Köpenzeile 125, 12557 Berlin (Köpenick), Tel 030.76 76 37 50,  
 Ansprechpartner: Herr Eden

#### 3. Gartenarbeitsschule Wilmersdorf

Windkraftanlage und thermische Solaranlage, die auch pädagogisch genutzt werden  
 Dillenburg Str. 57, 14199 Berlin (Wilmersdorf),  
 Tel 030.9 02 92 28 28, Ansprechpartner: Herr Jäger

#### 4. Askanische Oberschule, Berlin „Energiesparen und Nutzung erneuerbarer Energiequellen“

An der Askanischen Oberschule werden bereits seit 1986 Energieprojekte durchgeführt, z. B. Energiedatenerfassung, die Energiesparwoche (siehe Nr. 88) sowie Projekte zur thermischen und fotovoltaischen Solarenergienutzung. Seit 2002 findet an der Schule ein Forschungsprojekt zur Solarwärmespeicherung unter Verwendung eines Latentwärmespeichers statt.

Kaiserin-Augusta-Str. 19–20, 12103 Berlin, Tel 030.75 60 26 79,  
[www.askanische-oberschule.de](http://www.askanische-oberschule.de), Kontakt: Jörg Eschner

#### 5. Max-Beckmann-Oberschule, Berlin „Solartec-AG“

Die Solartec-AG existiert seit 1987 und befasst sich mit den Möglichkeiten des Einsatzes regenerativer Energien, speziell der Solarenergie. Zuerst bauten die Schüler ein Solarauto, dann folgte eine solarbetriebene Umwälzpumpe für den Schulgarten und eine solarbetriebene Luftmessstation, bis schließlich der Schwerpunkt der Produktion auf den Bau von Solarbooten gelegt wurde. Insgesamt wurden bisher zwanzig Solarboote gebaut, wobei unterschiedliche Konzeptionen verwirklicht wurden.

Die Solartec-AG führte 1988, zusammen mit der Bewag, die Solarbootrennen in Berlin ein. Seit einigen Jahren organisiert die AG der MBO das Berliner Solarbootrennen allein.

Solartec M.B.O., Auguste-Victoria-Allee 37, 13403 Berlin,  
 Tel 030.4 13 40 81, [www.m-b-o.net](http://www.m-b-o.net), Kontakt: Norbert Wilms

#### 6. Robert-Blum-Oberschule, Berlin

Die Robert-Blum-Oberschule verfügt über eine thermische Solaranlage mit einem Display, über das der Energieertrag der Anlage angezeigt wird.  
 Kolonnenstr. 21, 10829 Berlin, Tel 75 60 71 72, [www.rbs.cidsnet.de](http://www.rbs.cidsnet.de),  
 Ansprechpartner: Herr Lang

#### 7. Solarlabor Berlin

Projektträger: HUTH SOLAR PERFORMANCE  
 Die Ausstellung zeigt verschiedene Möglichkeiten der Nutzung von Solarenergie und anderen erneuerbaren Energiequellen. An einigen Exponaten können Experimente durchgeführt werden.

Solarlabor Berlin im EnergieForum / Internationales Solarenergiezentrum, Stralauer Platz 33–34, 10243 Berlin, Tel 030.29 77 14 91,  
[www.solarlabor-berlin.de](http://www.solarlabor-berlin.de)

#### 8. Deutsches Technikmuseum Berlin (DTMB), Abteilung erneuerbare Energiequellen

Im Freigelände des DTMB befinden sich einige Exponate zu den erneuerbaren Energiequellen, an denen teilweise auch Experimente durchgeführt werden können. Es empfiehlt sich, bei der Anmeldung nachzufragen, welche Versuche gerade durchführbar sind.

Deutsches Technikmuseum Berlin (DTMB), Trebbiner Str. 9,  
 10963 Berlin, Tel 030.90 25 40

## Arbeitsblatt Modul 4: Erneuerbare Energiequellen und ihre Nutzung

Ergänze die fehlenden Begriffe!

Energiequelle	Energiewandler	Nutzbare Energie
Sonne		Strom
	Kollektor	
	Windkraftanlage	
	Wasserkraftwerk	
Holz		Wärme

## Arbeitsblatt Modul 4: Erneuerbare Energiequellen und ihre Nutzung

Finde 10 Wörter zu dem Thema Erneuerbare Energien.  
Du kannst die Wörter waagrecht und senkrecht finden.  
Viel Glück!

U	M	W	E	L	T	S	C	H	U	T	Z	G	R	G	M	P	Ö	S
Ä	U	I	J	H	G	S	A	X	V	E	B	E	S	P	Ü	O	W	I
A	Y	N	G	G	M	B	I	O	E	N	E	R	G	I	E	X	E	S
V	S	D	L	P	U	I	Z	Q	A	P	W	N	L	K	I	Ä	S	Z
Z	G	K	U	I	K	C	M	A	N	E	F	C	X	S	W	T	S	U
V	T	R	U	R	J	H	D	S	P	R	M	H	C	F	P	Ö	E	K
A	V	A	G	K	O	N	S	O	L	A	R	Z	E	L	L	E	D	Z
P	E	F	G	M	K	J	I	W	P	T	F	R	S	S	O	J	K	H
I	P	T	W	Q	D	G	K	L	P	U	K	N	W	Q	R	T	R	A
E	S	A	C	B	F	D	Z	A	Y	R	L	M	S	P	O	B	A	N
S	O	N	N	E	N	S	T	R	A	H	L	U	N	G	N	P	F	Q
Q	W	F	I	L	N	M	R	Z	U	I	O	Y	D	L	M	E	T	I
F	G	J	A	L	K	R	T	T	H	E	I	Z	K	Ö	R	P	E	R
A	E	R	N	E	U	E	R	B	A	R	E	E	N	E	R	G	I	E
W	Ä	R	M	E	E	N	E	R	G	I	E	I	Ö	P	W	F	N	T

- AUFLÖSUNG:  
 UMWELTSCHUTZ  
 WÄRMEENERGIE  
 HEIZKÖRPER  
 TEMPERATUR  
 SOLARZELLE  
 BIOENERGIE  
 WASSERKRAFT  
 ERNEUERBARE ENERGIE  
 WINDKRAFT  
 SONNENSTRAHLUNG

## Weiterführende Literatur und Links

### Informations- und Unterrichtsmaterialien zur Erdgasnutzung

ASUE – Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V., siehe [www.asue.de](http://www.asue.de)

### Erneuerbare Energien und nachhaltige Entwicklung

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2002)

### Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung

Reihe Umweltpolitik, BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2003)

### Erdgas – Energie aus der Natur, Ausstellungskatalog

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 6. Aufl., Wanderndes Museum, Kiel (1998)

### Mehr Zukunft für die Erde – Nachhaltige Energiepolitik für dauerhaften Klimaschutz

Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages, Economica Verlag Bonn (1995)

### Informationspaket Energie im Unterricht – Erdgas, Erdgas Information

Erdgas Information, Essen, Leipzig (2001)

### ASKA – Eine Schule spart Energie

Eschner, J.; Wolff, J.; Schulz, W.; ipn-Materialien, IPN Kiel (1991)

### Unterrichtseinheiten zum Energiesparen an Schulen:

--- Ist unsere Schule eine Sauna?

--- Die Energiesparwoche

--- Orientierung im Dschungel der Energiedaten

Eschner, J.; Oswald, H.; Berliner ImpulsE – ein Programm der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin (1999/2000)

### Modulares Schulinformationssystem Energie (MSE)

--- Der Treibhauseffekt

--- Woher kommt unsere Energie

--- Energiesparen im Haushalt

--- Die Energiesparschule

Graf, U.; Koch, V.; Spitzley, H.; ASEW, Köln (1997 – 2000)

### Energiesparen in der Schule

HEA, Arbeitskreis Schulinformation Energie, 2. Aufl., Energie-Verlag Heidelberg (1998)

### Energiesparen an Berliner Schulen – Beste Praxis

Oswald, H.; Schmidthals, M., Unabhängiges Institut für Umweltfragen (UfU) e. V., Berlin (2001)

### Energiesparen in der Schule

Reichert, K.; Seifried, D.; Öko-Institut Verlag, Freiburg im Breisgau (1997)

### Klimaschutzprojekte an Schulen

Schmidthals, M.; Oswald, H., Seminarskript, Unabhängiges Institut für Umweltfragen (UfU) e. V., Berlin (2000)

### Wie Energiesparen an Schulen

Schmidthals, M.; Oswald, H.; Drack, A.; Öö. Umweltakademie, Linz (1999)

### Energieträger Erdgas: Exploration, Produktion, Versorgung

Ueberhorst, S.; Die Bibliothek der Technik, Bd. 102, Verl. Moderne Industrie, Landsberg/Lech (1994), ISBN 3-478-93105-3

### fifty/fifty – Hamburgs Schulen schalten auf Spargang!

Umweltbehörde Hamburg – Energieabteilung, Hamburg (1996)

### LINKS

zum aktuellen Stand der Klimaschutzforschung

[www.ipcc.ch/pub/spm22-01.htm](http://www.ipcc.ch/pub/spm22-01.htm)

zum Nationalen Klimaschutzprogramm der Bundesregierung

[www.bmu.de/download/b\\_klimaschutzprogramm2000.htm](http://www.bmu.de/download/b_klimaschutzprogramm2000.htm)

zur energetischen Nutzung von Erdgas

[www.erdgasinfo.de](http://www.erdgasinfo.de)

[www.asue.de](http://www.asue.de)

[www.gasag.de](http://www.gasag.de)

[www.vng.de](http://www.vng.de)

zum Klimaschutz an Schulen

[www.die-erneuerbaren.de](http://www.die-erneuerbaren.de)

[www.unendliche-energie.de](http://www.unendliche-energie.de)

[www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de)

[www.umweltbildung-erneuerbare-energien.de](http://www.umweltbildung-erneuerbare-energien.de)

[www.dgs-solar.org](http://www.dgs-solar.org)

[www.powerado.de](http://www.powerado.de)

[www.hamburger-bildungsserver.de/klima](http://www.hamburger-bildungsserver.de/klima)

[www.ufu.de/sites/institut/klimaschutz/fifty/fifty.htm](http://www.ufu.de/sites/institut/klimaschutz/fifty/fifty.htm)

zur persönlichen CO<sub>2</sub>-Bilanz

[www.klimaschutz.de/kbklima/sdh.pdf](http://www.klimaschutz.de/kbklima/sdh.pdf)



### ZUM AUTOR

Hartmut Oswald, geb. 1964

Diplom-Physiker, Diplom-Wirtschaftsingenieur (FH)

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im UfU e. V.,

Fachgebiet Klimaschutz und Bildung

Unter Mitarbeit von Liliane van Dyck, Dagmar Hellwig,

Meike Rathgeber und Malte Schmidthals

Das UfU ist ein wissenschaftliches Institut und eine Bürgerorganisation. Es initiiert und betreut angewandt wissenschaftliche Projekte, Aktionen und Netzwerke, die öffentlich und gesellschaftlich relevant sind, auf Veränderung ökologisch unhaltbarer Zustände drängen und die Beteiligung der Bürger benötigen und fördern.

Das UfU wurde 1990 gegründet. Es verfügt über Büros in Berlin, Halle und Dresden. 15 Mitarbeiter und Konsulenten arbeiten in den Fachgebieten Klimaschutz und Bildung, Umweltrecht und Bürgerbeteiligung, Landschaftsökologie, Lärmschutz sowie in verschiedenen Projekten im In- und Ausland.

Die Arbeit des UfU ist mitgliederorientiert. Derzeit unterstützen etwa 200 Mitglieder mit ihrer Freizeit und ihren Mitgliedsbeiträgen die Arbeit des Instituts.

Das UfU ist eine gemeinnützige Einrichtung und vom Finanzamt für Körperschaften Berlin als besonders förderungswürdig anerkannt.

### SPENDENKONTO

Stadt- und Kreissparkasse Halle

BLZ 800 537 62

Kto 387 011 181

Unabhängiges Institut für Umweltfragen (UfU) e. V.

Greifswalder Str. 4, 10405 Berlin

Tel 030.42 84 99 32, Fax 030.42 80 04 85

[mail@ufu.de](mailto:mail@ufu.de), [www.ufu.de](http://www.ufu.de)

Angesichts der Auswirkungen unseres heutigen extrem hohen Energiekonsums auf Umwelt und Klima ist es wichtig, dass sich Schülerinnen und Schüler bereits in der Grundschule mit den Möglichkeiten einer klimaschonenden Energienutzung befassen. Dazu gehören insbesondere Energieeinsparung, effiziente Energienutzung, die Umstellung von Heizungen auf CO<sub>2</sub>-ärmere Energieträger und die Nutzung erneuerbarer Energiequellen. Die eigene Schule bietet vielfältige Möglichkeiten für eine praxisbezogene und handlungsorientierte Auseinandersetzung mit diesem Thema.

Diese Unterrichtseinheit wurde im Rahmen des Projektes „Effiziente Nutzung von Erdgas und erneuerbaren Energiequellen an Schulen“ entwickelt mit dem Ziel, die Erneuerung bzw. Umstellung von Heizungsanlagen auf Erdgas und die Nutzung der Solarenergie an Schulen pädagogisch vorzubereiten und zu begleiten. Sie eignet sich aber auch für Schulen, in denen Erdgas und / oder erneuerbare Energiequellen bereits genutzt werden.

Den inhaltlichen Schwerpunkt bildet die Fragestellung, welchen Beitrag die eigene Schule durch die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen zum Klimaschutz leisten kann. Die Schüler entwickeln dabei ein Verständnis für die Energieversorgung ihrer Schule und erfahren außerdem, wo und wie sie durch ihr Verhalten Energie einsparen können. Darüber hinaus lernen sie die erneuerbaren Energiequellen kennen und diskutieren über Nutzungsmöglichkeiten an ihrer Schule.

Die Unterrichtseinheit richtet sich vor allem an die 4. bis 6. Klasse. Sie umfasst vier Module, die jeweils Hintergrundinformationen, Hinweise zur Gestaltung der Unterrichtseinheit und zum Einsatz von Medien sowie Experimente, Aufgaben und Exkursionsvorschläge enthalten.

