

Perspektiven der globalen



Energieversorgung



In Zusammenarbeit mit der Shell Deutschland Oil GmbH

BAUSTEINE
FÜR EINEN ZEITNAHEN UNTERRICHT

Vorwort



Die Welt ist an einem Scheideweg angelangt, die Energie- und Ressourcenfrage spielt dabei eine zentrale Rolle. „Energie ist Leben“ lautete das Motto einer Weltenergiekonferenz. Dies gilt im buchstäblichen Sinne für zwei Milliarden Menschen in Entwicklungsländern, für die der Zugang zu moderner Energie eine Voraussetzung ist zur Überwindung von Armut und für mehr Lebensqualität. Energie ist Segen und Fluch zugleich. Durch verschwenderischen Energieeinsatz in den reichen Ländern können sich die Risiken der Energieversorgung weiter verstärken. Ohne eine Änderung der derzeitigen Trends besteht Anlass zur Sorge, dass Klimaveränderungen, Risiken durch Unfälle sowie Konflikte um Öl und Erdgas zunehmen. Die Weltgemeinschaft muss die Weichen daher in eine nachhaltigere Richtung stellen. Dieser Appell zum maßvollen Umgang mit Energie richtet sich an Unternehmen, an Politiker, aber auch an jeden Einzelnen von uns. Die Energiefrage ist im doppelten Wortsinne eine Überlebensfrage.

Die Energiewende, der Prozess des Umsteuerns in eine Effizienz- und Solarenergiewirtschaft, wird Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Deshalb müssen wir heute an den Lösungen für morgen arbeiten. Dies auch, weil der Energiehunger selbst der reichsten Länder noch immer ungebändigt scheint. Bei den drei größten Verbrauchern der Welt, Nordamerika, Europa und Ostasien, wird die Ölnachfrage ohne eine neue Energiepolitik weiter anwachsen. Die Ölimportabhängigkeit würde damit weiter steigen und mit dem wachsenden Nachholbedarf bevölkerungsreicher Schwellenländer konkurrieren. China ist, nach den USA, bereits heute der zweitgrößte Ölverbraucher der Welt.

Beim Übergang in die erneuerbaren Energien sollten die Industrieländer vorangehen, damit

auch die Schwellen- und Entwicklungsländer Fehlentwicklungen beim Naturverbrauch vermeiden und eine Zuspitzung des Klimawandels noch in diesem Jahrhundert ausbleibt. Die Indizien häufen sich, dass wir auch einen schnellen Klimawandel ernst nehmen und energischer dagegen steuern müssen.

Hierfür sind Vorreiterrollen und positive Beispiele entscheidend. Wenn ambitionierte Länder, Unternehmen, Kommunen, aber auch Schulen, Schüler und Eltern sowie mutige Pioniere mit guten Beispielen vorangehen, dann wird der träge Geleitzug der internationalen Klimakonferenzen schneller auf Kurs gebracht. Vor diesem Hintergrund übernehmen auch Großunternehmen mit ihren Energieinvestitionen eine große Verantwortung. Immerhin 14 der 100 größten Konzerne in der Welt stammen aus dem Energiesektor. In den „Top Ten“ sind vier Energiekonzerne vertreten.

Daher ist es gut, dass Unternehmen wie Shell heute schon das nachfossile Zeitalter in ihren Unternehmensplanungen berücksichtigen. Aber auch die Verbraucher müssen Verantwortung übernehmen. Durch ihre Kaufentscheidungen wird mit bestimmt, ob umweltfreundliche Kraftstoffe, energiesparende Fahrzeuge, Niedrigenergie-Häuser oder hocheffiziente Haushaltsgeräte ihren Markt finden oder nicht. Die „unsichtbare Hand“ des Marktes kann die globalen Herausforderungen nicht allein bewältigen.

Die dauerhafte und sichere Bereitstellung von Energiedienstleistungen braucht den vorsorgenden Staat, eine engagierte Zivilgesellschaft, kreative Ingenieure, qualifizierte Arbeitnehmer und verantwortungsbewusste Energieunternehmen, um die drei Säulen eines zukunftsfähigen Energiesystems national wie international aufzubauen: Einsparen, Effizienzsteigerung und Erneuerbare Energien. In diesem Sinne gilt es, die Zukunft der Energiefrage für eine breite Öffentlichkeit transpa-

renter zu machen und sie nicht nur in Expertenzirkeln zu behandeln, sondern sie auch in den Schulen und in der Ausbildung zum Thema zu machen. Diese Unterrichtsmaterialien sind dafür ein ausgezeichnetes Beispiel, denn wir wissen, dass es Lösungen gibt.

Die Zahl guter Praxisbeispiele und die Märkte für erneuerbare Energien sind weltweit rasch gewachsen. Die Energie-Enquetekommission des Deutschen Bundestages hat im Jahr 2002 eine offensive Langfriststrategie zur CO₂-Reduktion von 80 Prozent (bis 2050) formuliert. Eine solche Strategie wäre meines Erachtens mit vertretbaren volkswirtschaftlichen Zusatzkosten finanzierbar und sie könnte uns allen eine vielfache Dividende bringen:

- global, weil die Verringerung des Energieumsatzes, die Schonung der Ressourcen und die Förderung der erneuerbaren Energien wichtige Beiträge für eine gerechte Weltordnung sind;
- ökonomisch, weil sie neue und wichtige Märkte erschließt;
- sozial, weil die Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz sowie die Förderung solarer Technologien neue, qualifizierte Arbeitsplätze schaffen;
- ökologisch, weil die natürlichen Lebensgrundlagen geschont und die Kosten für Umweltschäden gesenkt werden.

Energie betrifft uns alle, am meisten aber die Jugend dieser Welt – höchste Zeit, ihr mehr Aufmerksamkeit zu schenken.

Prof. Dr. Peter Henicke
Präsident des Wuppertal Instituts



Heute in Gang setzen, was uns morgen bewegt

1. Einleitung

- Klimaschutz ist nicht mehr aufschiebbar _____ KV 01
- Der Aufbau der Erdatmosphäre _____ KV 02
- Die Ursachen des Treibhauseffektes _____ KV 03

2. Energie und Umwelt

- Das Kyoto-Protokoll : Klimaschutz als globale Aufgabe _____ KV 04
- Wege kosteneffizienten Klimaschutzes – „Flexible Instrumente“ und CO₂-Vermeidungskosten _____ KV 05
- Der deutsche Sonderweg der Selbstverpflichtung _____ KV 06

3. Energie – Treibstoff für die Zukunft

Die Shell Energieszenarien

- Einflussfaktoren auf die Entwicklung der Energieversorgung _____ KV 07
- Szenario 1: „Dynamics as usual“ _____ KV 08a
- Szenario 2: „Spirit of the coming age“ _____ KV 08b
- Ausblick _____ KV 09
- Wege zur nachhaltigen Energieversorgung _____ KV 10

4. Erneuerbare Energien

- Was sind erneuerbare Energien? _____ KV 11-14
- Solarenergie: Da strahlt die Sonne! _____ KV 15-16
- So heizt uns die Sonne ein _____ KV 17-19
- Photovoltaik: Die Sonne als Stromlieferant _____ KV 20
- Wie funktioniert eine Solarzelle? _____ KV 21
- So entsteht eine Solarzelle _____ KV 22-24
- Wie wird die Photovoltaik eingesetzt? _____ KV 25-27
- Biomasse – Energie aus Pflanzen _____ KV 28-29
- Windenergie: Es geht voran! _____ KV 30
- Wasserkraft: Energie im Fluss _____ KV 31
- Geothermie: Bohren nach Energie _____ KV 32
- Wasserstoff – Speichermedium der Zukunft _____ KV 33-34

5. Fazit

- Wie sieht die Energieversorgung morgen aus? _____ KV 35-36

Einsatzrahmen

Die vorliegende Arbeitsmappe richtet sich an Lehrerinnen und Lehrer der Sekundarstufen I und II. Die Lose-Blatt-Sammlung zum Thema „Perspektiven der globalen Energieversorgung“ bietet Texte und Graphiken, die in verschiedenen Unterrichtsfächern eingesetzt werden können. Das Thema mit seinen vielfältigen Verknüpfungen eignet sich jedoch besonders für eine fächerübergreifende Behandlung in Physik, Erdkunde, Wirtschaftslehre, Biologie, Sozialkunde, Religion und Ethik. Die Lose-Blatt-Sammlung kann als Hintergrundinformation für den Lehrer oder auch als Kopiervorlagen für die Schülerinnen und Schüler eingesetzt werden. Die Folien vermitteln einen Einblick in wichtige Problemkreise.

Die Sequenzen 1 und 2 der Mappe enthalten grundlegende Fachinformationen zur Problematik des Klimaschutzes, die im Erdkunde-, Physikunterricht und in den sozialwissenschaftlichen Fächern verwendet werden können. Aufbauend auf die Endlichkeit der derzeitigen Primärenergieträger und die Umweltbelastung bei der Energienutzung werden in der 3. Sequenz die Grundsätze einer nachhaltigen Energieversorgung entwickelt, die ökonomische, ökologische und soziale Aspekte berücksichtigen. Die Shell Energie-Szenarien bis zum Jahr 2050 zeigen mögliche Entwicklungen für eine zukünftige Energieversorgung auf und bieten die Möglichkeit, über technische Maßnahmen hinaus das Problem einer globalen Verantwortung in Religion und Ethik zu behandeln. Ausführliche Texte und Graphiken zu erneuerbaren Energien in der 4. Sequenz erläutern Funktionsprinzipien und Einsatzmöglichkeiten verschiedener Techniken – von der Stromerzeugung mit der Solarzelle, dem Einsatz von Biomasse bis zur hochaktuellen Nutzung von Wasserstoff als Energieträger. Neben praxisorientierten Fachinformationen zu den modernen Technologien für den naturwissenschaftlichen Unterricht findet man in dieser Sequenz auch Übersichten über die derzeitigen Anteile der erneuerbaren Energien am Energiemarkt sowie deren technische und wirtschaftliche Potentiale. Die Vision in der 5. Sequenz soll Jugendliche zu einem selbständigen Nachdenken über die Perspektiven der globalen Energieversorgung anzuregen.

Didaktische Vorbemerkungen

Für die Behandlung der globalen Perspektiven der Energieversorgung reicht eine Sachanalyse im traditionellen Fachunterricht nicht aus. Umwelterziehung ist deshalb in den letzten Jahren zu einem wesentlichen Bestandteil der fächerübergreifenden Bildungs- und Erziehungsaufgaben in den Lehrplänen geworden.

Übergeordnete Lernziele können dabei sein: sich durch Sachwissen eine begründete eigene Meinung zu bilden, Zielkonflikte zwischen Ökonomie und Ökologie sowie deren Lösungsmöglichkeiten zu erkennen, über ethisch verantwortbare Zukunftsgestaltung nachzudenken und eigenes umweltbewusstes Handeln anzuregen.

Im engeren Sinn werden folgende Lernziele avisiert:

- Historische Entwicklung und globale Energieverteilung erkennen und bewerten.
- Den Schutz der Erdatmosphäre als ein globales Ziel begreifen.
- Technische Möglichkeiten der erneuerbaren Energien erfassen und zukünftige Potentiale einschätzen.
- Eigene Zukunftsperspektiven entwickeln.

Methodische Anregungen

Bei den Überlegungen zum Thema wurden zwei Abstufungen der Arbeitsformen gewählt: Die Arbeitsaufträge sollen im einfachsten Fall zum Nachdenken über die Kopiervorlage oder die Folie anregen. Umfangreichere Aufträge erschließen das Material genauer; hier empfiehlt sich die Gruppenarbeit, wobei die Präsentation der Ergebnisse für die Mitschüler (z. B. Gestaltung einer Informationstafel) ebenso wichtig ist wie eine Zusammenfassung aller Resultate durch den Lehrer.

Recherchen zu einem Teilaspekt sind aufwendiger und erfordern vertiefte Auseinandersetzung sowie Kreativität und Eigeninitiative. Die Aufgaben zielen auf Befragungen vor Ort zur Nutzung erneuerbarer Energien oder auf eine persönliche Jahresenergiebilanz. Es können verschiedene Informationsquellen (Internet, Prospekte von Herstellern, Informationen der lokalen Energieversorgungsunternehmen, etc.) genutzt werden. Diese offene Unterrichtsform ist gekennzeichnet durch Selbstständigkeit und eigene Entdeckungen.

Auch wenn die vorliegenden Materialien als Basis für eine sachlich fundierte Auseinandersetzung im Fachunterricht eingesetzt werden kön-

nen, eignet sich die komplexe Thematik besonders für fächerübergreifende Unterrichtsansätze, die zusätzlich handlungsorientiertes Lernen und Eigeninitiative fördern. Denkbare Realisierungen sind:

- Lockere Kooperation verschiedener Fächer
- Gemeinsames Projekt oder Studientag zum Thema

Gerade um der scheinbaren Ohnmacht gegenüber globalen Problemen entgegenzuwirken, empfiehlt es sich, abstrakte Zahlenwerte des Energiebedarfs vorstellbar zu machen und Änderungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Hilfreich sind dabei Grundvorstellungen wie der jährliche Energiebedarf pro Kopf, eine persönliche Energiebilanz, etc.

Soweit möglich, sollte an lebensnahe Beispiele aus dem Alltag angeknüpft werden (Energieversorgung der Schule, Solaranlagen in der Umgebung, etc.). Idealerweise könnten die Informationen der Mappe zu den erneuerbaren Energien durch eigene Experimente aus dem Bereich Physik – z. B. mit dem Shell-Wasserstoff-Koffer – ergänzt werden.

Hintergrundinformationen zu den Folien

Folie 1: Von der Sonne trifft Sonnenstrahlung auf die Obergrenze der Atmosphäre. Das Einstrahlungsspektrum reicht vom UV über das sichtbare Licht bis zur Wärmestrahlung im nahen Infrarot; davon wird ein Teil an der Stratosphäre reflektiert, der Rest gelangt auf die Erdoberfläche. Die dadurch erwärmte Erde strahlt Energie als Wärmestrahlung im langwelligen Infrarot ab. Klimawirksame Spurengase in der Atmosphäre absorbieren einen Großteil dieser Infrarot-Strahlung und strahlen einen Teil wieder zurück zur Erde, ein anderer Teil gelangt in den Weltraum. Ohne die Rückstrahlung würde die Jahresmitteltemperatur auf der Erde nur bei -18 Grad statt +15 Grad liegen.

Folie 2: Der jährliche Primärenergiebedarf pro Kopf – angegeben in Tonnen Steinkohleeinheiten (t SKE) – erlaubt einen Vergleich verschiedener Regionen der Erde: In Deutschland beträgt dieser Wert derzeit etwa sechs t SKE, in Nordamerika liegt er fast doppelt so hoch, in Südostasien dagegen nur bei einem Zwanzigstel unseres Bedarfs.

Folie 3: Der weltweite Primärenergiebedarf wächst seit 1860 nahezu exponentiell. Die beiden Szenarien zeigen denkbare Entwicklung – aufgeschlüsselt nach Energieträgern. Für beide Szenarien gelten gleiche Ausgangsbedingungen: Ein Wachstum der Weltbevölkerung auf ca. 9 Milliarden Menschen, eine Vervierfachung der Weltwirtschaftsleistung und eine Verdoppelung bis Verdreifachung des Weltenergiebedarfes. Die dargestellten Szenarien gehen von einem deutlichen Ausbau der erneuerbaren Energien und von der Erschließung unerforschter Energiequellen aus, die fossilen Energieträger decken aber auch in Zukunft einen großen Teil des prognostizierten Bedarfs ab.

Folie 4: Die erneuerbaren Energien lassen sich aus drei Primärquellen ableiten: Der Strahlung der Sonne, die aus den Fusionsprozessen gespeist wird, dem Erdwärmestrom, der aus Kernspaltungsprozessen im Erdinneren stammt, sowie der Massenanziehung von Mond, Sonne und Erde – Ursache der Gezeitenenergie.

Folie 5: Die mittlere jährlich durch die Sonne auf einen Quadratmeter horizontale Fläche eingestrahlte Energiemenge in kWh erlaubt eine Abschätzung der Potentiale von Sonnenenergienutzung in unterschiedlichen Regionen der Erde. Hierzulande beträgt dieses solare Angebot ca. 1.000 kWh/m².

Folie 6: Entscheidend für die Funktion der Silizium-Solarzelle ist die Grenzschicht des pn-Übergangs. Licht, das durch die Oberseite eindringt, erzeugt Elektronen-Loch-Paare, die aufgrund des elektrischen Feldes der Grenzschicht getrennt werden können. Elektronen sammeln sich an der Vorderseite, die positiven Ladungen an der Rückseite. Durch die Metallkontakte können die erzeugten Ladungen als Strom zum Verbraucher geleitet werden. Ob ein Elektronen-Loch-Paar erzeugt und an die Oberfläche gelangt, hängt u.a. vom Ort der Absorption des Lichts und von den Rekombinationsmöglichkeiten im Siliziumkristall ab.

Folie 7: Für solare Stromversorgungssysteme sind drei Anwendungstypen möglich: Netzferne, netzfreie sowie netzgekoppelte Anlagen (siehe hierzu Kopiervorlagen 25-27).

Folie 8: In vielen Entwicklungsländern liegt die jährlich eingestrahlte Sonnenenergie bei ca. 2.000 kWh/m². Mehr als Dreiviertel der Haushalte besitzen keinen Anschluss ans Stromnetz. Der Bedarf an Licht wird hauptsächlich durch Kerosinlampen gedeckt, Radios und Fernseher werden mit Batterien oder Diesel-Stromaggregaten betrieben. Mit dem Solar Control System lässt sich für diesen vergleichsweise geringen Bedarf eine kostengünstige netzferne Energieversorgung aufbauen.

Folie 9: Das Biomasse-Heizkraftwerk versorgt die Haushalte in Ostritz-St. Marienthal mit Fernwärme. Circa 80-100 t Holzabfall werden an einem Wintertag über ein computergesteuertes Förderbandsystem aus dem Silo einem Kessel zugeführt und verbrannt. Die Asche fällt durch einen Rost, die entstandene Wärme wird in das städtische Fernwärmenetz eingespeist. Ein Elektrofilter sorgt für eine fast vollständige Reinigung der freigesetzten Rauchgase. Im zweiten Teil der Anlage wird bei Bedarf durch Verbrennung von Rapsöl Energie erzeugt.

Lösungen zu den Arbeits- und Rechercheaufträgen

Folie 1: siehe Kopiervorlage 3.

Folie 2: Industrieländer verbrauchen mehr als die Hälfte der Primärenergie. Große regionale Variationen im Energieverbrauch: Von 0,4 t SKE (Südasien) bzw. 0,5 t SKE (Afrika) bis 11,1 t SKE (USA und Kanada). In der Zukunft steigender Bedarf der Schwellen- bzw. Entwicklungsländer, v. a. in China, Indien und Brasilien. Reduzierung des Energieverbrauches ist in den entwickelten Industrieländern nötig und wird erwartet, da hier die Mechanismen einer effizienteren Energienutzung wirken. Mögliche Einflussfaktoren auf die Entwicklung der Energieversorgung – siehe auch Kopiervorlage 7.

Folie 3: Szenario „Spirit“: Revolutionärer Umbruch, schnelle Verbreitung neuer Technologien, Gesellschaft offen für Innovationen, strebt nach mehr Mobilität, Freiheit und Unabhängigkeit. Szenario „Dynamics“: Evolutionäre Entwicklung, Weiterentwicklung konventioneller Technologien/ Energieträger durch Effizienzverbesserung), Schutz von Umwelt und Gesundheit genießen hohe gesellschaftliche Priorität.

Folie 5: Jährliche Einstrahlung von 1.000 kWh/m² entspricht 100 l Öl.

Folie 7: Netzfrei: Seezeichen, Boot. Netzfern: Versorgung einer Klinik, Betrieb einer Wasserpumpe. Zaun bei Bohrturm. Netzgekoppelt: Dächer mit Solarmodulen, Tankstelle.

Folie 8: Jahresverbrauch pro Person: Heizung 5.000 kWh, Strom 1.000 kWh, Individualverkehr Auto 5.000 kWh. Gesamtbedarf pro Kopf und Tag: 30 kWh. Dazu 140 kWh für Nutzung von Industrieprodukten, Dienstleistungen und öffentlichem Verkehr. Nur 2 kWh Bedarf pro Haushalt im Entwicklungsland. Energiebedarf beträgt 1,76 kWh. Batterie muss mehr als das Vierfache speichern, wenn man Verluste mit einbezieht.

KV 1: Nach den Überlegungen der Klimaforscher aber wird es schon bald dazu kommen, dass die Flüsse in besonders heißen Sommern überhaupt nicht mehr fließen oder ganz trocken fallen. Was das für das Leben in den Flüssen bedeutet, lässt sich ohne viel Fantasie ausmalen. Schon heute kommt es häufig vor, dass Fische massenhaft sterben. Auch verschlechtert sich die Badequalität der brandenburgischen Seen. In solchen Situationen kauft das Land Brandenburg bisher Wasser aus Sachsen und leitet es über die Spree in die anderen märkischen Flüsse. Aber auch in Sachsen wird das Wasser knapp. F.A.Z. vom 14. Juli 2003 (gekürzt)

KV 10: Jahresverbrauch einer vierköpfigen Familie von 2.000 l Heizöl entspricht Energie von 20.000 kWh für Heizung und Warmwasser, dazu Jahresverbrauch von 4.000 kWh elektrischer Energie und 20.000 kWh bei 20.000 km mit dem Auto. Pro Person/Jahr ergibt sich ein Energieeinsatz von 11.000 kWh oder 1,4 t SKE. CO₂-Emissionen betragen 500 x 3 kg + 1.000 x 0,6 kg + 500 x 2,2 kg = ca. 3.200 kg.

KV 11: Wichtigste erneuerbare Energie ist Wasserkraft – vor allem in Schweden und Österreich sowie in Deutschland; es folgt Windenergie, die insbesondere in Deutschland stark angewachsen ist. Auch in südlichen Ländern nur geringe Nutzung von Sonnenenergie.

KV 15: Lösung: Speicherung der E. (Elektrische Energie in Akkus oder durch Elektrolyse in Form von Wasserstoff; Wärme in sehr großen Warmwasserspeichern mit günstigem Verhältnis vom Volumen zur Oberfläche).

KV 16: Der Preis für 1m² Modulfläche liegt bei 500,- Euro. Bei PV-Anlage zusätzlich Kosten für Wechselrichter und Installation, ca. 8.000,- Euro pro 10 m²-Anlage. Bei 10 %-Wirkungsgrad lassen sich pro m² Fläche jährlich ca. 100 kWh elektrische E. gewinnen, in 20 Jahren also 2.000

kWh. Ohne Zins-Preis von 0,40 Euro/kWh, mit Zins 0,80 Euro/kWh. Für das Jahr 2004 werden die Kosten mit weniger als 0,25 Euro/kWh angegeben. Die avisierte Entwicklung (0,05 Euro/kWh) geht von deutlich günstigerer Serienfertigung und verbessertem Wirkungsgrad von Solarzellen aus. Beim Einsatz in der Raumfahrt betrug der Preis ca. 10,- Euro/kWh.

KV 21: Entsprechungen: Silberdrähte – Vorderseitenkontaktgitter; blaue Farbe – Antireflexschicht; rückseitige Metallschicht – Rückseitenkontakt.

KV 23: Modul mit Leistung von 50 Wp kostet 250,- Euro (5 Euro/Wp); entspricht in etwa den angegebenen 4,5 US \$/Wp.

KV 25: Zusammenschaltung mehrerer Zellen; eine Serien-Schaltung erhöht die Spannung, eine Parallel-Schaltung die Stromstärke.

KV 26: Keine Netzanbindung; geringer Energiebedarf; Einstrahlung ist doppelt so hoch und gleichmäßiger. Preisgünstige Versorgung mit relativ kleinen netzfernen Anlagen.

KV 27: Bei jährlich eingestrahelter Energie von 1.000 kWh/m² braucht man eine Fläche von 35m². Aufgrund jahreszeitl. Schwankungen kann Bedarf oft nicht gedeckt werden. Bsp.: Einstrahlungsintensität beträgt an trübem Tag nur 50 W/m², somit elektrische Leistung bei 35m² nur 175 W. I Überschüsse werden ins Netz eingespeist und vergütet; bei Unterdeckung wird Energie vom Netz bezogen.

KV 29: Rapsmethylester (RME) war der erste Dieselmotortreibstoff aus Biomasse, der bis zur Marktreife entwickelt wurde. Ab 1990 weltweit erstmals Freigaben von Traktorenherstellern für den Betrieb mit Biodiesel. Heute wird in erster Linie RME produziert, die Produktion von Sonnenblumen- bzw. Altfettmethylester (SME, AME) erfolgt nur in kleinen Mengen. Biotreibstoffe können die klassischen Treibstoffe bisher nicht ersetzen, aber sinnvoll ergänzen.

KV 30: Eine Windkraftanlage produziert während einer 21-jährigen Nutzungszeit bis zu 50-mal soviel Energie wie für Herstellung, Betrieb und Entsorgung verbraucht wird. Bei einem konventionellen Kraftwerk beträgt der „Erntefaktor“ nur etwa 0,3 bis 0,4, da ständig Energie zugeführt werden muss.

KV 32: Deutschland gewinnt ca. 0,9 % der Primärenergie in geothermischen Anlagen (2002), insgesamt etwa 400 MWth Leistung, davon ca. 340 MWth in kleinen, dezentralen Systemen unter 100 kW. 24 größere Anlagen (Geothermische Heizzentralen) stellen den Rest. Mit heute bekannten Ressourcen der hydrothermalen Geothermie könnten etwa 29 % des deutschen Wärmebedarfs, mit oberflächennaher Geothermie noch einmal ca. 28% gedeckt werden. Im Tiefenbereich von 3.000 – 7.000 m steht zur Nutzung für das HDR-Verfahren unter der Fläche der Bundesrepublik soviel Energie zur Verfügung, dass Deutschland damit für ca. 10.000 Jahre komplett mit Strom und Wärme versorgt werden könnte.

KV 33: Elektrischer Wirkungsgrad bei Brennstoffzelle bis zu 70 %; Dieselmotoren bis max. 25 Prozent Wirkungsgrad. Temperaturdifferenz Motor/Umgebung beschränkt Wirkungsgrad von Verbrennungsmotoren, Brennstoffzelle unterliegt nicht thermodynamischer Beschränkung (Carnot-Prozess).

KV 34: Wasserstoff kann als Sekundärenergieträger langfristig die Rolle fossiler Energien übernehmen. In sonnenreichen Ländern durch Elektrolyse von Wasser produziert, kann H₂ über weite Distanzen transportiert werden. Bei Verbrennung entsteht ein geschlossener Kreislauf mit minimalen Schadstoffemissionen.



Literatur und Adressen

1. Literaturhinweis

- Shell Deutschland Oil GmbH (Hrsg.): „Globale Marktchancen für erneuerbare Energien“

2. Adressen

- BINE Bürger Informationszentrum Neue Energietechniken, Mechenstraße 57, 53129 Bonn, <http://www.bine.fiz-karlsruhe.de>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Referat Öffentlichkeitsarbeit, D-11055 Berlin, [http://www.bmu.de \(service\)](http://www.bmu.de(service))
- Shell Deutschland Oil GmbH, Abteilung Information und Presse, Überseering 40, 22297 Hamburg, <http://www.deutsche-shell.de>
- Deutscher Wasserstoffverband e.V., Unter den Eichen 87, 12205 Berlin, <http://www.dwv-info.de>
- Fraunhofer Institut für solare Energie-systeme (ISE), Oltmannsstraße 5, 79100 Freiburg, <http://www.ise.fhg.de>

Impressum

RERUM – herausgegeben vom Zeitbild-Verlag GmbH

Kaiserdamm 20, 14057 Berlin

Berlin, August 2004. Diese Ausgabe wurde in Zusammenarbeit mit der Shell Deutschland Oil GmbH erstellt.

Redaktion: Peter Wiedemann

Bildnachweis: Bayernwerk AG, Shell Deutschland Oil GmbH, Deutscher Wetterdienst, Informationszentrale der deutschen Elektrizitätswirtschaft, Gerhard Mester, Ulrike Heppel, Ernst Hürlimann, Stadt Ostritz – St. Marienthal, Vieweg-Verlag, Jupp Wolter.

Druck: Brönnert & Daentler, Eichstätt

Bitte
ausreichend
frankieren

Experimentieren mit dem Solar-Wasserstoff-
Koffer der Shell Deutschland Oil GmbH

Antwort

Shell Deutschland Oil GmbH
Stichwort Experimentierkoffer
Abteilung Öffentlichkeitsarbeit
Suhrenkamp 71-77
22335 Hamburg

Bitte
ausreichend
frankieren

Schule:

Schultyp:

Zu Händen:

Straße, PLZ/Ort:

Kundennummer:

Unterrichtsfächer:

Stempel:

Antwort

Zeitbild Verlag GmbH
Reichenbachstr. 1
80469 München

Kostenlose Bestellung

Die Unterrichtsreihe RERUM kann kosten- und spesenfrei bestellt werden. Wir benötigen von der RERUM-Ausgabe „Perspektiven der globalen Energieversorgung“ weitere Exemplare:

1 2 5

Wir möchten als Neubonntag in Ihren kostenlosen Adressenverteiler aufgenommen und auch mit neuen Mappen beliefert werden.

ja nein

Ihre Meinung zu RERUM:

Den Inhalt beurteile ich:

sehr gut gut verbesserungswürdig

Das didaktische Konzept bewerte ich:

sehr gut gut verbesserungswürdig

Die graphische Gestaltung bewerte ich:

sehr gut gut verbesserungswürdig

Weitere Beurteilung:

Bestellung des Experimentierkoffers

Wir möchten den Experimentierkoffer der Shell Deutschland Oil GmbH zu den genannten Bedingungen bestellen:

Adresse der Schule:

Tel. / Faxnummer:

Ansprechpartner:

Gewünschter Zeitraum der Nutzung:

Unterricht praxisnah

Unterricht praxisnah gestalten – mit dem Experimentierkoffer der Shell Deutschland Oil GmbH

Der Solar-Wasserstoff-Koffer enthält eine komplette Solar-Wasserstoff-Anlage – bestehend aus Strahler, Solarmodul, Elektrolyseur, Brennstoffzelle und elektrischem Verbraucher. Das Modell veranschaulicht die Energiekette: photo-voltaische Stromerzeugung – elektrolytische Wasserstoffgewinnung – Umwandlung von Wasserstoff in Elektrizität (Brennstoffzelle). Eine Reihe von Experimenten wie die Wasserelektrolyse, Bestimmung von Strom-Spannungs-Kennlinien, Wirkungsgrad sowie Faraday-Gesetz werden ausführlich beschrieben.

Sie können den Solar-Wasserstoff-Koffer kostenfrei bei der Shell Deutschland Oil GmbH unter folgenden Bedingungen ausleihen: Die Nutzungsdauer an der Schule ist auf zwei Wochen begrenzt (jeweils von Montag bis Montag). Bei Verlust des Koffers oder einzelner Komponenten bzw. bei Beschädigung des Modells werden die entstehenden Kosten der Schule in Rechnung gestellt. Die Bestellung erfolgt mit der beiliegenden Antwortpostkarte unter Angabe der Schule, des Ansprechpartners sowie des Terminwunsches. Nach Eingang der Postkarte wird sich ein Mitarbeiter von Shell mit Ihnen wegen der Terminabstimmung in Verbindung setzen. Der abgestimmte Liefertermin wird Ihnen per Fax mitgeteilt, den Sie mit dem beiliegenden Antwort-Fax bestätigen. Zusendung und Abholung der Koffer werden von Shell organisiert.

Experimentieren mit dem Solar-Wasserstoff-Koffer der Shell Deutschland Oil GmbH



ABC zum Thema „Energie“

Agenda 21

Dieses langfristige Aktionsprogramm für das 21. Jahrhundert wurde von 178 Teilnehmerstaaten der „UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung“ 1992 in Rio de Janeiro beschlossen.

Biomasse

Zur Biomasse zählen alle Pflanzen und Tiere, ihre Abfall- und Reststoffe, die durch Umwandlung entstehenden Stoffe (Papier, Zellwolle), organische Rückstände des Mülls sowie das bei Umsetzungsprozessen entstehende Biogas. Holz wird traditionell weltweit in großem Umfang genutzt, Pflanzenöl findet z. B. als Biodiesel Anwendung.

Brennstoffzelle

In ihr wird chemische Energie direkt in elektrische Energie umgewandelt. In modernen Brennstoffzellen kann z. B. > *Wasserstoff* mit Sauerstoff flammenlos Wasser bilden und dabei mit einem Wirkungsgrad von bis zu 70 Prozent elektrische Energie erzeugen.

Energieträgermix

Prozentuale Aufteilung zwischen den verschiedenen Primärenergieträgern eines Landes. Neben den > *fossilen Energieträgern* Kohle, Erdöl und Erdgas wird seit einigen Jahren Kernenergie genutzt sowie je nach regionaler Gegebenheit auch > *erneuerbare Energien*.

Erneuerbare Energien

Als erneuerbar (regenerativ) werden jene Energiequellen bezeichnet, die praktisch unerschöpflich sind, weil sie sich selbst erneuern (Sonnenenergie, > *Biomasse*, *Wasserkraft*, *Windenergie*, *Erdwärme*, *Gezeitenenergie*). Aufgrund der Klimaproblematik gewinnen diese nicht-fossilen Energiequellen (> *Treibhauseffekt*) zunehmend an Bedeutung.

Fossile Energieträger

Hierzu zählen Kohle, Erdöl und Erdgas, die sich aus pflanzlichen bzw. tierischen Produkten über geologische Zeiträume gebildet haben. Seit Beginn der Industrialisierung wurden diese Energieträger intensiv genutzt. Ihre Reichweite ist endlich, die Nutzung ist klimawirksam, da bei der Verbrennung CO₂ freigesetzt wird.

Flach- und Röhren-Kollektor

Kollektoren wandeln die Strahlungsenergie der Sonne in Wärme. Zentrale Elemente sind

ein geschwätzter Absorber, der die Strahlungsenergie aufnimmt, und eine Wärmetauscherflüssigkeit für den Transport der Wärme.

Nachhaltige Entwicklung

„Sustainable development“ bedeutet, die Bedürfnisse der Gegenwart zu erfüllen, ohne dabei die Möglichkeiten nachfolgender Generationen einzuschränken, ihrerseits eigene Bedürfnisse zu befriedigen.

Photovoltaik

Darunter versteht man die direkte Erzeugung elektrischer Energie aus Sonnenlicht. In > *Solarzellen* aus Halbleitermaterialien (zumeist > *Silizium*) werden durch absorbiertes Licht freie Ladungen erzeugt; diese bewirken an der Zelle eine elektrische Spannung, so dass Gleichstrom durch einen angeschlossenen Verbraucher fließt.

Primärenergie

Energie, die in Energieträgern enthalten ist, wie wir sie in der Natur vorfinden. Dazu gehören fossile Brennstoffe, Kernbrennstoffe sowie verschiedene Formen der > *erneuerbaren Energien*. Die Energiewandlungskette beschreibt den Weg von der Primärenergie über die Endenergie bis hin zur Nutzenergie beim Verbraucher. Diese beträgt in Deutschland etwa ein Drittel der eingesetzten Primärenergie, weltweit ist es nur ein Zehntel.

Silizium

Grundmaterial für die moderne Halbleiterindustrie sowie für > *Solarzellen*. Silizium ist das zweithäufigste Element der Erdkruste und wird aus Quarzsand gewonnen.

Solarmodul

Ein Solarmodul (auch Solarpanel genannt) besteht aus mehreren (zumeist 36 bis 40) > *Solarzellen*, die miteinander verschaltet werden. Eine Solarstromanlage wiederum setzt sich aus mehreren Solarpanels zusammen.

Solarzelle (mono-, polykristallin, amorph)

In der Solarzelle findet die direkte Umwandlung von Licht in elektrische Energie statt. Monokristalline Solarzellen bestehen aus einem einzigen Siliziumkristall; polykristalline Solarzellen, die in der Herstellung wesentlich billiger sind, hingegen aus sehr vielen kleinen Kristallen. Amorphe Solarzellen, bei denen die Siliziumatome nicht in kristalliner Form, son-

dern willkürlich angeordnet sind, finden vor allem bei Kleingeräten wie Uhren oder Taschenrechnern Verwendung. Daneben befinden sich andere Solarzellen, die nicht auf Silizium basieren, in der Entwicklung bzw. sind bereits kommerziell verfügbar.

Steinkohleeinheit (SKE)

Die internationalen Einheiten für Energie sind das Joule (J) oder die Kilowattstunde (kWh). Im Bereich der Energiewirtschaft wird die SKE als vergleichendes Maß verwendet. 1 t SKE (1 Tonne Steinkohleeinheit) entspricht einem Energieinhalt von 29 GJ (Gigajoule = 109 J) oder etwa 8.000 kWh.

Treibhauseffekt

Durch Spurengase in der Erdatmosphäre wird die Wärmeabstrahlung der Erde vermindert. Der natürliche Treibhauseffekt aufgrund der vorhandenen Spurengase schafft mit einer Temperatur von ca. 15 Grad Celsius die Grundlage für das Leben auf der Erde. Die zunehmende Emission von Spurengasen bei der Nutzung fossiler Energien führt zu einer vom Menschen verursachten Temperaturerhöhung, dem so genannten anthropogenen Treibhauseffekt.

Wasserstoff

Wasserstoff ist ein brennbares Gas mit hohem Energiegehalt; es wird z. B. durch Elektrolyse aus Wasser gewonnen, gilt wegen der sehr sauberen Verbrennung als Energieträger der Zukunft. In der > *Brennstoffzelle* wird die im Wasserstoff gespeicherte chemische Energie direkt in Strom verwandelt.

Wattpeak

Die Spitzenleistung eines > *Solarmoduls* oder einer > *Solarzelle* wird in Wattpeak (Wp) angegeben. Das entspricht der elektrischen Leistung, die erreicht wird, wenn Solarstrahlung mit 1.000 W/m² senkrecht auf das Modul trifft und die Temperatur der > *Solarzellen* bei 25 Grad C gehalten wird.

Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad eines > *Solarmoduls* gibt das Verhältnis von erzeugter elektrischer Energie zur einfallenden Strahlungsenergie der Sonne an und hängt vom verwendeten Zelltyp ab: > *Monokristalline Solarzellen* erreichen zwischen 15 und 20 Prozent, die billigeren polykristallinen Solarzellen liegen bei 13-16 Prozent.