



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

UMWELTFREUNDLICH ENERGIE ERZEUGEN



**HANDREICHUNG
für Lehrkräfte**

IMPRESSUM

- Herausgeber:** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit (*BMUB*)
Referat Z II 5 · 11055 Berlin
E-Mail: ZII5@bmub.bund.de · Internet: www.bmub.bund.de
- Sebastian Kauer, Tim Schmalfeldt, Anna Fischer
(*Überarbeitung 2013*), Peter Wiedemann/Zeitbild,
Sabine Preußner, Annette Jensen (*Auflage 2008*)
- Redaktion:** BMUB Referat ZG II 2 Umweltbildung,
Deutsche Bundesstiftung Umwelt (*Überarbeitung 2013*)
BMUB Referat ZG II 3; Frank J. Richter, Zeitbild Verlag
und Agentur für Kommunikation GmbH (*Auflage 2008*)
- Fachliche Durchsicht:** BMUB Referat E I 1 Grundsatzangelegenheiten und
ökonomische Fragen der Energiewende
Uta Weiß, ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung
Heidelberg GmbH, Sabine Preußner, Achim Kittelmann,
Dieter Seifried (*Überarbeitung 2013*)
- Wissenschaftliche Beratung:** Prof. Dr. Gerhard de Haan, Freie Universität Berlin,
Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie,
Arbeitsbereich Erziehungswissenschaftliche
Zukunftsforschung, Dr.-Ing. Joachim Nitsch, Deutsches
Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (*DLR*), Institut für
Technische Thermodynamik (*Auflage 2008*)
- Gestaltung:** Zeitbild Verlag und Agentur
für Kommunikation GmbH, Berlin
- Abbildungen:** Alle Abbildungen von Zeitbild soweit nicht anders gekennzeichnet.
- Stand:** Dezember 2013, 3. überarbeitete Auflage

Inhalt

0. Hinweise zur Verwendung der Unterrichtsmaterialien	5
0.1 Vorbemerkungen zur Neuauflage	
0.2 Lehrplananbindung	
0.3 Lernziele und Kompetenzen	
0.4 Bildungsstandards	
0.5 Lernpfade und Projektideen	
0.6 Hintergrund: Erneuerbare Energien 2008 bis 2013	
1. Kapitel: Warum brauchen wir erneuerbare Energien? 1	7
1.1 Woher kommt die Energie?	
1.2 Warum brauchen wir erneuerbare Energien?	
2. Kapitel: Erneuerbare Energien im Überblick	20
2.1 Welche erneuerbaren Energiequellen gibt es?	
2.2 Sonnenenergie: Strom aus der Sonne	
2.3 Sonnenenergie: Wärme aus der Sonne	
2.4 Windenergie: Der Windkreislauf	
2.5 Wasserkraft: Der Kreislauf des Wassers	
2.6 Bioenergie: Energie aus Biomasse	
2.7 Energie aus dem Erdinneren: Geothermie	
3. Kapitel: Das Energiesystem der Zukunft	31
3.1 Erneuerbare Energien im Mix	
3.2 Was muss das Stromnetz leisten?	
3.3 Unsere Welt	
3.4 Energieverbrauch	
3.5 Solarenergie	
3.6 Windenergie	
3.7 Wasserkraft	
3.8 Bioenergie	
3.9 Geothermie	
4. Kapitel: Erneuerbare Energien in der Diskussion	38
4.1 Was ist die Energiewende?	
4.2 Die Energiewende: Gut oder schlecht oder ...?	
4.3 Wollen wir wirklich sparen?	
4.4 Lebensstil und Energieverbrauch: Was ist gerecht?	
4.5 Das Weltspiel	
4.6 bis 4.11 Länderporträts	
5. Kapitel: Die Energiewende zu Hause.....	48
5.1 Persönlicher Energieverbrauch und CO ₂ -Bilanz	
5.2 So viel Strom verbrauch ich doch gar nicht!	
5.3 Sektoren des Energieverbrauchs	
5.4 Wie grün ist „grüner“ Strom?	
5.5 Der Stromspar-Check	
5.6 Erneuerbare Energien in meinem Alltag	

6. Kapitel: Erneuerbare Energien in der Praxis	55
7. Kapitel: Erneuerbare Energien im Experiment	57
7.1 Sonnenenergie und Wärmestrahlung	
7.2 Der Solarofen	
7.3 Strom aus Sonnenlicht	
7.4 Windkraft: Der optimale Rotor	
7.5 Das Aufwindkraftwerk	
7.6 Wasserkraft: Das Wasserrad	
7.7 Biogas: Brennstoff aus Biomasse	
7.8 Wärmedämmung	

Wie in allen gesellschaftlichen Bereichen gilt es auch in der Bildung, die unterschiedlichen Sichtweisen von Frauen und Männern zu berücksichtigen. Dies floss zum einen in die inhaltliche Konzeption dieser Materialien ein; zum anderen wurden bevorzugt geschlechtsneutrale Formulierungen verwendet oder beide Geschlechter gleichberechtigt erwähnt. Wo dies aus Gründen der Lesbarkeit unterbleibt, sind ausdrücklich stets beide Geschlechter angesprochen.

0.1 Vorbemerkungen zur Neuauflage

Die vorliegenden Unterrichtsmaterialien des Bundesumweltministeriums zum Thema „Erneuerbare Energien“ für die Sekundarstufe sind eine Überarbeitung der Fassung, die im Jahr 2008 erschienen ist. Seitdem hat sich in diesem Themenfeld sehr viel bewegt. Der zentrale Begriff heute ist die Energiewende. Es herrscht ein breiter gesellschaftlicher Diskurs darüber, der zum Teil sehr kontrovers geführt wird.

Wichtige Aspekte sind unter anderem die Finanzierbarkeit der Energiewende, die Wirtschaftlichkeit und Förderung einzelner Formen der erneuerbaren Energien, der Netzausbau sowie die Versorgungssicherheit. Zudem wirkt es sich auf die Debatte aus, dass die zunehmende Bedeutung der erneuerbaren Energien Folgen für die großen Energieversorger hat. Sie verlieren an Einfluss; Kraftwerkseigner erzielen durch die niedrigen Börsenpreise für Strom niedrigere Erlöse, vorhandene Kraftwerke sind zudem teilweise nicht ausgelastet.

Die Schwerpunkte in der Diskussion sind heute anders als vor nur sechs Jahren; viele neue Fragen haben sich ergeben. Viele grundlegende Fragen sind jedoch genauso relevant wie 2008. Unterrichtsmaterialien mit dem Anspruch, das Themenfeld umfassend abzubilden, müssen all dies berücksichtigen.

Für die Überarbeitung hat die Redaktion zunächst die Entwicklung des Themenfeldes in den vergangenen Jahren nachgezeichnet (siehe Abschnitt 0.6 Erneuerbare Energien 2008 – 2013). Vor diesem Hintergrund wurde dann die Frage gestellt, welches Sachwissen und welche Kompetenzen Schüler/-innen der Klassenstufen 7 bis 10 besitzen sollten, um sich eine dem Alter angemessene, fundierte eigene Position zu erarbeiten.

Auf diese Weise sind zentrale Begriffe und Fragen der Energiewendediskussion in die Materialien eingeflossen. Gleichzeitig wurde in weiten Teilen das Konzept der ursprünglichen Materialien beibehalten, das Themenfeld auf der Grundlage einer – im weiteren Sinne – naturwissenschaftlichen Auseinandersetzung mit einzelnen Formen erneuerbarer Energien zu bearbeiten.

Die Funktionsweise der erneuerbaren Energieträger berührt alle Naturwissenschaften. Erneuerbare Energien sind zudem vor dem Hintergrund des Klimawandels zu betrachten. Außerdem bedarf ihr Einsatz (kommunal-)politischer wie gesamtgesellschaftlicher Entscheidungsprozesse. Daher wurde das Material dezidiert fächerübergreifend angelegt und verbindet Natur- und sozialwissenschaftliche Aspekte.

Insgesamt wurden die Sachinformationen in den Texten der Originalausgabe sowie alle Daten und Zahlen überprüft und aktualisiert. Die Aufgabenstellungen wurden zum Teil angepasst. Einzelne Inhalte wurden vollständig neu konzipiert. Die Handreichung für Lehrkräfte wurde vollständig überarbeitet und erweitert.

0.2 Lehrplananbindung

Das Thema Energie ist eines der wichtigsten Themen in den Lehr- und Rahmenplänen, wenn Fragen der Nachhaltigkeit behandelt werden. Hält man sich das breite Spektrum der Handlungsfelder nachhaltiger Entwicklung vor Augen, dann sticht die Energiethematik neben den Themen Ökosysteme und Umweltbelastungen besonders hervor.

Eine Durchsicht der Lehr- und Rahmenpläne für die Fächer Physik, Biologie und Chemie ergibt bezüglich des Themas Energie für die Sekundarstufe I ab der 6./7. Klassenstufe eine große Themenfülle, wobei es zwischen den Bundesländern deutliche Unterschiede bei der Auswahl der zu behandelnden Aspekte gibt. Das Fach Physik dominiert bei der Energiethematik. Sie ist darüber hinaus jedoch auch im Chemieunterricht und im Fach Biologie zu finden. Im letztgenannten Fach sind in diesem Zusammenhang vor allem die Umweltbelastungen von besonderer Bedeutung, die durch das Verbrennen von Erdöl und Kohle verursacht werden. Auch Vergleiche zwischen verschiedenen Energieträgern finden Eingang in den Unterricht.

Erneuerbare Energien, der Klimawandel, der Zusammenhang zwischen dem Verbrauch von fossilen Ressourcen wie Öl, Gas oder Kohle und globalem wie nationalem Wirtschaftswachstum, die Nutzung verschiedener Energieträger im Bereich von Verkehr und Industrie, die Not der Armen dieser Welt, wenn es um Energiegewinnung geht – das sind Themen, die sich vor allem in Erdkundelehrplänen und in der Arbeitslehre, aber auch in anderen Fächern (Politik, Sozialkunde, Ethikunterricht, Religion) finden.

Konzentriert man sich auf jene Themen der Lehrpläne, die sich an der Schnittstelle zwischen naturwissenschaftlicher Betrachtung des Gewinnens beziehungsweise Nutzens von Energie und gesellschaftlichen, politischen und technischen Fragen bewegen, also fächerverbindend oder übergreifend ausgelegt sind, dann lassen sich drei Schwerpunkte ausmachen:

1. Probleme fossiler Energieträger
2. Energiebilanzen / Energie sparen
3. Regenerative Energien

Diese Schwerpunkte sind in den folgenden Materialien in vielfältiger Form präsent. Dabei wurde auch mit Blick auf die gesellschaftliche Bedeutung der Energiewendediskussion der Schwerpunkt auf die regenerativen Energien gelegt.

Zu 1. Probleme fossiler Energieträger

Mit der Darstellung fossiler Brennstoffe, der Berechnung von Brennwerten, der Präsentation von Nutzungsformen und Lagerstätten geht in den Lehrplänen in aller Regel sogleich die Aufforderung einher, sich mit den Problemen der Nutzung fossiler Energieträger auseinanderzusetzen. Dabei steht die Beschäftigung mit der Braun- und Steinkohle sowie dem Erdöl deutlich im Vordergrund. Erdöl zum Beispiel wird als fossiler Rohstoff identifiziert, der eine erhebliche wirtschaftliche Bedeutung hat, zugleich aber eine endliche Ressource ist, deren Verbrennung zum Klimawandel beiträgt und die zudem aufgrund der Verteilung der Lagerstätten auf der Welt immer auch Anlass für Konflikte bietet.

Zu 2. Energiebilanzen / Energie sparen

Energiebilanzen zeigen, welche Energiedienstleistungen welchen Anteil an der Nutzung einzelner Energieträger haben: Welcher Verbrauch lässt sich beim Heizen von Wohnraum, im Individual- und Güterverkehr, in der Produktion und Kommunikation identifizieren? Welche Vor- und Nachteile hat eine zentrale Bereitstellung und Verteilung von Energie gegenüber einer dezentralen? Wie viel Energie benötigt man für Herstellung, Verpackung, Lagerung und Transport von Waren? Wo entstehen wie viel Abgase beziehungsweise wie viel Abwärme?

Nicht nur diese Fragen führen laut Lehr- und Rahmenplänen zum Unterrichtsthema „Energiebilanzen“. Dazu gehören auch globale und regionale Energieszenarien: Die Entwicklung des Weltenergieverbrauchs ist wichtig; Zusammenhänge zwischen Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch werden gestiftet. Das leitet schließlich zu dem umfangreichen Themenfeld Energiesparen über. Durch das Messen des Verbrauchs und durch die Erfassung von Wirkungsgraden sollen unnötige Verluste vermieden und der Energiebedarf soll gesenkt werden. Zudem geht es um die Optimierung von Wirkungsgraden und die Rückgewinnung von Energie.

Zu 3. Regenerative Energien

Wenn in den Lehr- und Rahmenplänen regenerative Energien vorgestellt werden, dann dominiert darin die Behandlung der Solarenergie. Neben den technischen Grundlagen und Wirkungsgraden von Solarzellen, Solarkollektoren und Photovoltaikanlagen werden aber auch andere regenerative Energiequellen genannt und erläutert: Windenergie, Biogas- und Wasserkraftanlagen sind in diesem Zusammenhang zu finden.

Auch der Einsatz der regenerativen Energien als Wärmeenergien in Haushalten und bei der Erzeugung von Kraftstoff für Fahrzeuge sowie Statistiken zur aktuellen Nutzung von Primärenergieträgern und regenerativen Energiequellen sind Unterrichtsgegenstand.

Oftmals finden sich in den Lehr- und Rahmenplänen detaillierte Darstellungen der physikalischen, chemischen und biologischen Abläufe bei der Gewinnung von regenerativer Energie und der bei der Energieumformung angewandten Verfahren. Diese Aspekte sind in den folgenden Materialien daher eher in den Hintergrund gerückt, zugunsten der Darstellung von positiven Effekten, die sich mit der Nutzung regenerativer Energieträger verbinden.

Wer die folgenden Materialien durchsieht, wird feststellen, dass damit – unter Berücksichtigung der Vorgaben der Lehr- und Rahmenpläne – wesentliche Felder des naturwissenschaftlichen Unterrichts der Sekundarstufe I zur Thematik Energie abgedeckt werden. Aber auch für den Unterricht in den gesellschaftswissenschaftlichen Fächern beziehungsweise für fächerübergreifende Ansätze finden sich Vorschläge.

0.3 Lernziele und Kompetenzen

Was sind die wichtigsten Themen der Zukunft? Gleichgültig, wer in den vergangenen Jahren diese Frage stellte: Fachleute, die sich mit globalen Entwicklungsprozessen beschäftigen, sind sich hinsichtlich der Antworten schnell einig. Zu den herausragend wichtigen Themen gehören der steigende Energiekonsum und die damit verbundenen ökologischen, ökonomischen und sozialen Herausforderungen.

Es ist daher selbstverständlich, dass Kinder und Jugendliche ein Anrecht darauf haben, sich mit dieser Thematik auseinanderzusetzen. Schließlich geht es um ihre Zukunft und ihre Fähigkeit, nicht nur die Problemlagen der Nutzung fossiler Energieträger analysieren zu können, sondern auch zu wissen, welche Leistungsfähigkeit in den erneuerbaren Energien stecken, wo man sie anwenden kann und wie künftige Entwicklungen auf diesem Feld aussehen könnten. Man muss die Alternativen zum Erdöl, zur Kohle und zu anderen fossilen Energieträgern ebenso wie zur Atomkraft differenziert bewerten können, um mögliche Wege für eine zukunftsfähige Energieversorgung beurteilen zu können.

Welche Kompetenzen können die Schülerinnen und Schüler im Zuge der Auseinandersetzung mit den Problemen fossiler Energieträger, mit regenerativen Energien und der Energiewende erwerben?

- Die Schülerinnen und Schüler können verschiedene Darstellungen über den zukünftigen weltweiten Energieverbrauch auswerten und deren Stärken und Schwächen darstellen und beurteilen.
- Die Schülerinnen und Schüler können die wesentlichen Aussagen verschiedener Zukunftsszenarien und -prognosen über den Klimawandel, insbesondere in Hinblick auf die Bedeutung der Verbrennung fossiler Energie wiedergeben. Sie sind mit daran geknüpften Handlungsempfehlungen und -strategien so weit vertraut, dass sie diese in ihren Argumentationssträngen nutzen können.
- Die Schülerinnen und Schüler können ihnen präsentierte Problemlagen der Energienutzung daraufhin analysieren, welche Fachwissenschaften, Informationspfade und Akteure zurate gezogen werden müssen, um das Problem angemessen analysieren sowie Gegenmaßnahmen in Gang setzen zu können.
- Den Schülerinnen und Schülern sind die Phänomene der Rückkopplung, der Spätfolgen und des zeitverzögerten Auftretens von Folgen der Verbrennung von fossilen Energieträgern bekannt. Sie können die damit verbundenen Problemlagen benennen. Sie beschreiben die von Wissenschaft und Politik im Kontext der Suche nach Alternativen (Stichwort: Energiewende) praktizierten Reaktions- und Antizipationsformen und können sie kritisch würdigen.
- Die Schülerinnen und Schüler können Problemlagen nicht nachhaltiger Energiegewinnung unter Zuhilfenahme von Kreativmethoden, normativen Vorgaben und persönlichen Wertentscheidungen sowie forschendem Lernen so bearbeiten, dass sie in Modelle nachhaltiger Energiegewinnung (Stichwort: Energiewende) überführt werden.
- Die Schülerinnen und Schüler können Beziehungen zwischen Energieverbrauch, Schadstoffeintrag und der sozialen Lage in Entwicklungsländern auf der einen und dem nationalen Schadstoffeintrag und Energieverbrauch sowie der damit verbundenen sozialen Lage auf der anderen Seite darstellen.
- Die Schülerinnen und Schüler sind in diesem Zusammenhang fähig, sich mit Ansichten und Argumentationen anderer Kulturen in Hinblick auf die Ursachen des Klimawandels vertraut zu machen

- und diese Ansichten sowie Argumentationen in ihren Darstellungen und Bewertungen des Klimawandels zu würdigen und zu nutzen.
- Anhand der Darstellung praktischer Möglichkeiten zeigen sich die Schülerinnen und Schüler in der Lage, sich für eine verstärkte Nutzung regenerativer Energiequellen gemeinsam mit anderen einzusetzen.
 - Die Schülerinnen und Schüler können die Resultate ihrer Recherchen und Simulationen zur künftigen Nutzung erneuerbarer Energien für externe Gruppen (zum Beispiel Eltern, Lehrkräfte, Bürgerinnen und Bürger einer Fußgängerzone) präsentieren.
 - Die Schülerinnen und Schüler sind in der Lage, Empathie für die potenziell vom Klimawandel stark betroffenen Länder und Menschen zu entwickeln.
 - Die Schülerinnen und Schüler sind befähigt, für lokale und regionale Maßnahmen zum Einsatz erneuerbarer Energien zu argumentieren. Sie können unter Zuhilfenahme von internationalen Vereinbarungen und Konventionen, unter Rekurs auf religiöse oder ethische Normen und Werte für die Belange des Klimaschutzes plädieren.
 - Die Schülerinnen und Schüler können Aktivitäten und Lernfortschritte aus der Beschäftigung mit der Thematik erneuerbare Energien benennen, die sie motivieren, die erworbenen Kenntnisse, Problemlösungsstrategien und Handlungskonzepte zu erweitern und anzuwenden.
 - Die Schülerinnen und Schüler können den mit ihren Lebensstilen verbundenen Energieverbrauch in Hinblick auf die Konsequenzen für die Umwelt und soziale Gerechtigkeit erfassen und darlegen.

0.4 Bildungsstandards

Ende 2004 sind die Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz für den mittleren Bildungsabschluss bezüglich der Fächer Chemie, Biologie und Physik in Kraft getreten, die nach wie vor gelten. Sie sind für alle Bundesländer verbindlich und legen fest, welche Kompetenzen Schülerinnen und Schüler erreichen sollen. Zudem dienen sie als Grundlage für die Entwicklung von Leistungstests. Deshalb soll der Bezug des vorliegenden Materials zu den erneuerbaren Energien zu den Bildungsstandards im Folgenden deutlich gemacht werden. Die Bildungsstandards der naturwissenschaftlichen Fächer unterscheiden zwischen den Kompetenzbereichen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung.

Bildungsstandards Biologie

In Hinblick auf die Bildungsstandards Biologie der Kultusministerkonferenz für den mittleren Bildungsabschluss werden im Kompetenzbereich Fachwissen die Schwerpunkte „Schülerinnen und Schüler beschreiben Wechselwirkungen zwischen Biosphäre und anderen Sphären der Erde“, „kennen und verstehen die grundlegenden Kriterien von nachhaltiger Entwicklung“ sowie „kennen und erörtern Eingriffe des Menschen in die Natur und Kriterien für solche Entscheidungen“ mit dem Material zu den erneuerbaren Energien insbesondere dort berührt, wo es um die Probleme fossiler Energieträger und die Bedeutung erneuerbarer (Bildungsstandards: „regenerativer“) Energien geht.

Im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung wird besonders das Feld des Erklärens von dynamischen Prozessen in Ökosystemen mithilfe von Modellvorstellungen und die Beurteilung der Aussagekraft von Modellen durch das Material zu den erneuerbaren Energien angesprochen. Im Kompetenzbereich Kommunikation kann die Kompetenz, „idealtypische Darstellungen, Schemazeichnungen, Diagramme und Symbolsprache auf komplexe Sachverhalte“ anwenden zu können, mit dem vorliegenden Material eine Konkretisierung erfahren.

Bezüglich der Bewertungskompetenz sollen die Schülerinnen und Schüler die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in ein Ökosystem (hier: durch Energiegewinnung mithilfe fossiler Energieträger) beschreiben und beurteilen lernen. Sie sollen zudem Ökosysteme unter den Aspekten der Naturerhaltung und der Nutzung durch den Menschen analysieren und beurteilen sowie die gesundheitlichen und ökologischen Konsequenzen von Stoffströmen (hier: Ausstoß von Treibhausgasen) bewerten können. Zudem diskutieren sie Handlungsoptionen einer umwelt- und naturverträglichen Teilhabe im Sinne der Nachhaltigkeit (Reduktion der Emission von Treibhausgasen, Einsatz erneuerbarer Energien).

Bildungsstandards Physik

Insbesondere bezüglich der Bildungsstandards Physik für den mittleren Bildungsabschluss ist das Thema erneuerbare Energien sehr anschlussfähig. So wird im Kompetenzbereich Fachwissen darauf eingegangen, dass Energie aus erschöpfbaren und regenerativen Quellen gewonnen wird. In diesem Zusammenhang werden auch der Transport und die Nutzung von Energie behandelt (beispielsweise: Wirkungsgrad, Generator, Motor, Abwärme et cetera).

In Bezug auf die Standards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung geht es unter anderem um die Auswahl und Auswertung von Informationen aus verschiedenen Quellen, die Entwicklung von Modellvorstellungen, einfache Mathematisierungen und darum, eine Aufgabe oder ein Problem angemessen zu bearbeiten und empirische Ergebnisse auf ihre Gültigkeit hin zu überprüfen. Dieses wird in dem Material zum vorliegenden Thema mehrfach aufgegriffen.

Starke Bezüge finden sich auch zu den Kompetenzbereichen Kommunikation und Bewertung. Recherchen, Austausch und Diskussion von Erkenntnissen gehören ebenso zu den zu erwerbenden Kompetenzen wie das Bewerten von Chancen und Grenzen physikalischer Sichtweisen bei inner- und außerfachlichen Kontexten, der Vergleich zwischen alternativen technischen Lösungen unter Berücksichtigung physikalischer, ökonomischer, sozialer und ökologischer Aspekte sowie die Risikobewertung von Alltags-handeln.

Bildungsstandards Chemie

Die Bildungsstandards der Chemie werden mit dem Material zum Thema erneuerbare Energien ebenfalls mehrfach angesprochen. So wird im Kompetenzbereich Fachwissen der Bereich chemische Reaktionen, die energetische Betrachtung von Stoffumwandlungen und der Bereich der Stoffkreisläufe in Natur und Technik, zum Beispiel mit dem Thema Energiegewinnung aus Biomasse, angesprochen. Hinsichtlich des Speicherns von Energie lassen sich chemische Umwandlungsprozesse analysieren. Dieses ist ebenfalls eine Anforderung der Bildungsstandards zur Chemie an die Schülerinnen und Schüler.

Im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung wird das ganze Spektrum der Kompetenzen berührt. Dieses reicht von der Entwicklung von Fragestellungen, die mithilfe chemischer Erkenntnisse und Untersuchungen beantwortet werden können, bis hin zur Recherche relevanter Daten und der Verknüpfung gesellschaftlicher Entwicklungen mit den Erkenntnissen der Chemie.

Im Kompetenzbereich Kommunikation sollen die Schülerinnen und Schüler die Fähigkeit erwerben, Informationen zu erfassen, adressatengerecht zu veranschaulichen und für die eigene Argumentation zu nutzen (dies betrifft besonders die Argumentationen für den Einsatz erneuerbarer Energien und die Diskussion um die Probleme der Nutzung fossiler Energieträger). Zudem soll Teamarbeit gelernt werden – auch dieses ist für die Durchführung der Untersuchungen und Bearbeitung der Fragestellungen im Material zu den erneuerbaren Energien ausdrücklich verlangt.

Der Kompetenzbereich Bewertung wird vor allem bezüglich dessen berührt, dass die Schülerinnen und Schüler „gesellschaftsrelevante Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven“ diskutieren und bewerten sollen (dazu finden sich etliche Arbeitsblätter und Aufgabenstellungen im Material). Hinzu kommt, dass Fragestellungen daraufhin erkannt werden sollen, ob und wie sie mit anderen Unterrichtsfächern verknüpft sind. Die Funktionsweise der erneuerbaren Energieträger berührt nicht nur alle Naturwissenschaften. Erneuerbare Energien sind zudem vor dem Hintergrund des Klimawandels zu betrachten. Außerdem bedarf ihr Einsatz kommunaler politischer wie gesamtgesellschaftlicher Entscheidungsprozesse. Daher wurde das Material dezidiert auf die Verbindung zwischen Naturwissenschaften, Erdkunde und sozialwissenschaftlichen Fächern ausgelegt.

0.5 Lernpfade und Projektideen

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Schulpraxis nur selten genügend Raum lässt, das Material vollständig und/oder in der angebotenen Reihenfolge einzusetzen. Daher wurde bei der Konzeption darauf geachtet, dass Teilinhalte möglichst modular verwendbar sind und in Form individueller Zusammenstellungen oder einzeln eingesetzt werden können.

Die folgenden Projektideen sollen als Anregungen dienen, je nach individuellen Anforderungen geeignete Materialien aus dem Heft auszuwählen und im Rahmen eines Projekts zu bearbeiten. Einige der Ideen werden auch im Arbeitsheft für Schüler/-innen im Kapitel 9: Reflexion vorgestellt.

I. Das Energielabor (naturwissenschaftlich-technischer Schwerpunkt)

Die Ausgangsfrage lautet: Wie funktioniert die Erzeugung von nutzbarer Energie aus erneuerbaren Quellen? Die Schüler/-innen führen in Gruppen Experimente durch und dokumentieren ihre Ergebnisse und Erfahrungen. Sie nutzen die Ergebnisse zum Beispiel, um die Grundlagen erneuerbarer Energien in einer Ausstellung vorzustellen. Dafür fertigen sie Poster an, bauen Modelle auf und entwickeln Mitmachexperimente für die Ausstellungsbesucher.

Ziele

Die Schüler/-innen verstehen naturwissenschaftliche Grundlagen der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. Sie führen Experimente durch und präsentieren deren Ergebnisse.

Materialien

- Kapitel 1 und 2: ausgewählte Arbeitsblätter zum Einstieg
- Kapitel 7

Hinweise zur Umsetzung

- Zum Einstieg können einzelne oder mehrere Arbeitsblätter der Kapitel 1 und 2 dienen. Zunächst erarbeitet die Klasse einen Überblick über die erneuerbaren Energien. Zu diesem Zweck kann insbesondere das Blatt 2.1 verwendet werden.
- Je nach Auswahl der durchzuführenden Experimente muss ausreichend Zeit eingeplant werden. Es bietet sich an, die Experimente auf mehrere Gruppen zu verteilen und/oder im Rahmen eines Projekttages beziehungsweise einer Projektwoche durchzuführen.
- Die Versuche können als Stationen im Klassenraum aufgebaut und von den Schülern in Kleingruppen nach und nach durchgeführt werden.
- Da die Experimente mit vergleichsweise einfachen Mitteln durchgeführt werden können, bietet es sich an, Boxen (zum Beispiel aus Schuhkartons oder Ähnlichem) vorzubereiten. Darin finden die Schülerinnen und Schüler alle benötigten Materialien sowie die Experimentieranleitungen.
- Ein Experiment mit Erdwärme ist mit einfachen Mitteln und begrenztem Zeitumfang nicht realisierbar. Dies sollte bei der Aufteilung der Klasse in Arbeitsgruppen berücksichtigt werden. Es besteht jedoch die Möglichkeit, dennoch eine Gruppe für diese Energieform einzuteilen und ihr Rechercheaufträge zu „ihrer“ Energie zuzuweisen. Während die anderen Gruppen experimentieren, würde diese Gruppe dann zum Beispiel im Internet recherchieren.
- Die Schüler/-innen legen zu den Experimenten ein Lerntagebuch oder Portfolio an, um ihre Ergebnisse zu dokumentieren.
- Insbesondere die Experimente zum Aufwindkraftwerk und Solarofen erfordern umfangreiche Vorarbeiten.
- Vor allem das Solarofen-Experiment zeigt eindrucksvolle Effekte. Der Bau und die Verbesserung eines Solarofens kann auch als eigenes Projekt herausgelöst und zum Beispiel im Technikunterricht durchgeführt werden. Ein Solarofen kann zu verschiedenen Unterrichts- und anderen schulischen Zwecken (zum Beispiel Schulfeste) über das Projekt hinaus immer wieder verwendet werden.
- Nach Abschluss der Experimente werden die Arbeitsergebnisse im Plenum vorgestellt.
- Die Arbeitsergebnisse werden dokumentiert und zum Beispiel für eine Ausstellung aufbereitet.

II. Das Energiekonzept für die Schule (naturwissenschaftlich–technischer oder ökonomischer Schwerpunkt)

Die Schüler/-innen ermitteln, welchen CO₂-Ausstoß die Energieversorgung der eigenen Schule verursacht und wie man den Energieverbrauch im Gebäude senken kann. Sie tragen Informationen und Beispiele zu verschiedenen Technologien zusammen und versuchen, die Maßnahmen umzusetzen. Die Recherchen und der Weg bis zur Umsetzung der Ideen werden dokumentiert, zum Beispiel in einem Projektblog beziehungsweise Recherchetagebuch im Internet.

Ziele

Die Schüler/-innen

- verstehen den Zusammenhang zwischen Energiekonsum und Klimawandel,
- reflektieren das eigene Konsumverhalten,
- beurteilen die Rolle des Energiesparens für den Klimaschutz und die Energieversorgung aus erneuerbaren Energien,
- lernen (technische) Möglichkeiten des Energiesparens beziehungsweise der Energieversorgung kennen,
- planen technische Anlagen beziehungsweise Projekte,
- diskutieren (technische) Sachverhalte und
- präsentieren diese in medialer Form.

Materialien

- Kapitel 1 sowie Arbeitsblatt 3.1 zum Einstieg
- Kapitel 5
- Kapitel 7 (Auswahl, zum Beispiel 7.1., 7.2, 7.4, 7.7, 7.8)

Hinweise zur Umsetzung

- Die Frage, wie sich Klimaschutz in Schulen umsetzen lässt, umfasst viele Teilaspekte und bietet eine große Spannweite von Ansätzen für den Unterricht. Je nach Möglichkeiten kann der hier skizzierte Vorschlag als Projekt umgesetzt werden; alternativ können einzelne Teile herausgegriffen werden.
- Falls möglich, sollte das Projekt langfristig angelegt werden, zum Beispiel in Form einer Energie-AG, und zu Beginn eine ergebnisoffene gemeinsame Ideensammlung und Recherche durchgeführt werden.
- Es bietet sich an, zunächst von den Schülern/-innen selbst auszugehen und zu thematisieren, wie ihr eigenes Verhalten (in der Schule) mit Energieverbrauch zusammenhängt. Im nächsten Schritt wird die Frage auf die Schule insgesamt und das Schulgebäude übertragen.
- Eine gute Ausgangsbasis für die Recherchen ist die Broschüre „Klimaschutz to go – Was geht an Schulen?“ mit gut verständlichen Kurzinformativen und Verweisen auf die wichtigsten Anlaufstellen und Initiativen für Schulen. Sie wird herausgegeben vom Bundesumweltministerium und ist online erhältlich unter <http://www.klima-sucht-schutz.de/service/multimedia-center/broschueren-und-faltblaetter>.
- Einen Überblick sowie darüber hinaus weitere Unterrichtsmaterialien bietet auch der „Energiesparclub“ unter <http://www.energiesparclub.de> > Der Club > Energiesparclub für Schulen.
- Im Anschluss werden die verschiedenen Aspekte des Energieverbrauchs an Schulen näher untersucht. Es bieten sich verschiedene Messungen und Berechnungen an, zum Beispiel mithilfe von Messgeräten für den Stromverbrauch, die den Verbrauch einzelner Geräte wie Kopierer oder Beamer bestimmen lassen. Adressen von Schulen, die eine Klimakiste mit Messgeräten und Materialien verleihen, finden sich unter <http://klima.bildungsent.de/aktion-klima/klimakiste-und-mehr/>.
- Nach Ermittlung der Strom- und Heizkosten können der Pro-Kopf-Verbrauch der Schüler/-innen sowie die CO₂-Bilanz der Schule in diesen Bereichen ermittelt werden. Die Daten sollten langfristig gesammelt und verglichen werden; so werden Erfolge messbar.
- Die Ergebnisse können in Form von Diagrammen beziehungsweise Infografiken aufbereitet werden.
- Neben einfachen Verhaltensänderungen (zum Beispiel energiebewusstes Lüften und Heizen) und einzelnen Sparmaßnahmen (zum Beispiel bei der Beleuchtung) können umfangreichere Ziele angestrebt werden, zum Beispiel die Installation eigener Photovoltaikanlagen an der Schule. Einen Leitfaden dazu sowie Informationen über die Nutzung solcher Anlagen für pädagogische Zwecke

bietet das UfU-Institut unter dem Titel „Solarsupport“ im Internet unter <http://www.ufu.de/de/solar-support.html>.

- Schulen mit Energiesparprojekten kommen für eine Teilnahme beim „Energiesparclub“ (<http://www.energiesparclub.de>) oder bei „fifty/fifty“ infrage. Beim Energiesparclub können Schulen ein eigenes Energiesparkonto anlegen, ein effektives Werkzeug zur Verringerung des Verbrauchs. Bei „fifty/fifty“ wird die Hälfte der eingesparten Energiekosten vom Schulträger direkt an die beteiligten Schulen ausgezahlt. Informationen über die Voraussetzungen finden sich unter <http://www.fifty-fifty.eu/mitmachen.html>. Informationen über weitere Anreizsysteme, Beispiele und Kontakte bietet auch der Bundesverband Schule Energie Bildung e.V. unter <http://www.schule-energie-bildung.de>.
- Umfangreichere Maßnahmen können als Anlass genommen werden, Projektmanagementmethoden und Teamarbeit zu üben. Tipps dazu finden sich im Arbeitsheft für Schüler/-innen in Kapitel 9.
- Der Fortschritt des Projekts und die gemeinsam entwickelten Fragen und Ergebnisse können in Form eines Projektstagebuchs im Internet dokumentiert werden. Eine einfache technische Basis dafür sind sogenannte Blogs. Es gibt fertig installierte Blogs, die lediglich eine Anmeldung erfordern, um mit der Arbeit beginnen zu können. Sie können kostenlos zum Beispiel unter wordpress.de oder blogspot.de eingerichtet werden.
- Das Internet bietet sich zudem zum Austausch mit Energie- und Klimaschutzprojekten an anderen Schulen an. Interessante Schulprojekte finden sich zum Beispiel unter <http://www.klimaschutzschule-natlas.de>.

III. Energiekonsum, Klimafolgen und globale Gerechtigkeit (Schwerpunkte Wirtschaft/ Wirtschaftsgeografie, Religion/Ethik, Politik)

Die Schüler/-innen gehen der Frage nach, wie Lebensstile und Konsummuster in Deutschland mit dem globalen Klimawandel zusammenhängen. Sie stellen Vergleiche mit anderen Ländern an und erörtern, wie gerecht die global extrem ungleiche Verteilung von Wohlstand ist, insbesondere vor dem Hintergrund des Klimawandels. Abschließend entwickeln sie Ideen für Handlungsansätze und dokumentieren sie, zum Beispiel in Form einer Broschüre.

Ziele

Die Schüler/-innen

- können den Zusammenhang zwischen Lebensstil, Energieverbrauch und Klimawandel erklären,
- analysieren und vergleichen verschiedene Lebensstile und Konsummuster weltweit,
- erläutern das Konzept der Tragfähigkeit der Erde am Beispiel des Energiebedarfs,
- reflektieren eigene Konsumgewohnheiten,
- erörtern Möglichkeiten des Einsatzes für weltweite Gerechtigkeit.

Materialien

- Arbeitsblatt 3.4 (Energieverbrauch weltweit)
- Kapitel 4, Arbeitsblatt 4.3 ff sowie Handreichung: Gerechtigkeitsmodelle
- Kapitel 5

Hinweise zur Umsetzung

- Zur Einführung in die Problematik der weltweiten Ungleichverteilung eignet sich das Weltspiel aus Kapitel 4.
- Anhand der Porträts aus Kapitel 4 stellen die Schülerinnen und Schüler Familien aus verschiedenen Erdteilen vor. Sie vergleichen die unterschiedlichen Bedürfnisse an Wohnung, Besitz, Energieeinsatz, Verkehr, Lebensmitteln. Sie berücksichtigen aber auch die Produktivität und Leistung in diesen Ländern. Aus diesen Vergleichen entwickeln sie Ideen, nach welchen Modellen Gerechtigkeit beurteilt werden könnte (Leistungs-, Verteilungs- und Zugangsgerechtigkeit).
- Im nächsten Schritt errechnen die Schüler ihre persönlichen Werte von Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß. Sie stellen fest, dass ihre Werte sehr hoch liegen und somit eigentlich „ungerecht“ sind.
- Nun geht es darum, wie jede/r persönlich Gerechtigkeit herstellen könnte. Anhand eines beispielhaften Tagesablaufs wird deutlich, dass in praktisch allen persönlichen Lebensbereichen Energie verbraucht wird.
- In der Diskussion werden Lebensbereiche definiert (Haushalt, Verkehr, Freizeit, Urlaub, Ernährung, Konsum, Schule, Arbeit et cetera). Die Klasse teilt sich in Arbeitsgruppen auf. Jede Arbeitsgruppe

erarbeitet für die einzelnen Lebensbereiche Vorschläge und Strategien zur Verminderung von Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß.

- Insbesondere der Bereich Konsum und Konsumprodukte bietet viele Ansätze für Energieeinsparung wie zum Beispiel die Langlebigkeit von Produkten, ihre umweltverträgliche Herstellung oder das Thema Entsorgung. Ein weiterer wichtiger Bereich sind zum Beispiel die Heizkosten und ihre Relation zur Wohnfläche.
- Abschließend werden die Vorschläge in der Klasse diskutiert, abgestimmt und beispielsweise zu einem Ratgeber für Jugendliche: „Tipps: Klimagerecht leben“ zusammengestellt.

IV. Energiekonsum und die Umwelt (Schwerpunkte Wirtschaft, Gesellschaft)

Die Schüler/-innen gehen der Leitfrage nach: Was können Menschen wie du und ich eigentlich tun, um beim Energieverbrauch auf Klimaschutz zu achten? Sie recherchieren, wie Energieverbrauch und Klimawirkung zusammenhängen, wie die Stromversorgung in Deutschland organisiert ist und vergleichen verschiedene Energiequellen. Auf dieser Grundlage stellen sie in einer leicht verständlichen Ratgeberbroschüre zusammen, was jeder/jede Einzelne tun kann. Ein Beispiel ist die Broschüre „10 Klimatipps für den Alltag“ (unter <http://www.klimaschutz.de> > Suche nach „10 Klimatipps“).

Ziele

Die Schüler/-innen

- können den Zusammenhang zwischen Lebensstil, Energieverbrauch und Klimawandel erklären,
- reflektieren eigene Konsumgewohnheiten,
- erörtern Möglichkeiten und Grenzen des persönlichen Handelns beim Klimaschutz.

Materialien

- Kapitel 1
- Gegebenenfalls Kapitel 2, ausgewählte Arbeitsblätter
- Arbeitsblätter 3.1, 3.2
- Kapitel 5

Hinweise zur Umsetzung

- Die Lehrkraft stellt der Klasse das Projekt eines Schulratgebers zum Thema „Deine Energie und die Umwelt“ vor. Gemeinsam wird eine Redaktion zusammengestellt. Diese soll den Ratgeber eigenverantwortlich konzipieren, schreiben und layouten. Die einzelnen Redaktionsmitglieder bekommen bestimmte Funktionen wie Reporter/-in, Autor/-in, Recherchen, Layout et cetera.
- In einem ersten Brainstorming sammelt die Klasse gemeinsam Ideen und Fragen für die Inhalte. Geeignete Themen sind zum Beispiel „Was ist grüner Strom?“, Energiesparen im Haushalt, Lebensstil und Energie, klimafreundlich reisen.
- Die Redaktion erstellt einen Themenplan, verteilt Aufgaben und macht einen Zeitplan. Recherchen und Erstellung der Inhalte sollten in kleinen Teams erfolgen; zum Austausch der Ergebnisse und zur Arbeitsorganisation werden regelmäßige Redaktionssitzungen eingeplant.
- Die Redaktion sollte zudem festlegen, für welche Zielgruppe der Ratgeber gedacht ist und wie diese am besten anzusprechen ist.
- Für erste Recherchen bieten sich Onlinerecherchen in aktuellen Medienberichten an, zum Beispiel mithilfe von Google News. Für tiefere Recherchen und das Überprüfen von Fakten werden geeignete Quellen gesucht.
- Entwürfe für Beiträge sollten von anderen Gruppen gegengelesen oder in einer Redaktionssitzung besprochen werden. Dabei wird erörtert, ob sie verständlich sind und die vereinbarten Zielgruppen ansprechen.
- Nach Fertigstellung wird der Ratgeber offiziell vorgestellt, zum Beispiel bei einer kleinen Veranstaltung in der Schule oder sogar im Rahmen einer Art Pressekonferenz. Auch lokale Medien können informiert werden.
- Die Resonanz wird im Anschluss ausgewertet. Die Klasse diskutiert, was nach dem Schulratgeber folgen kann, damit die Veröffentlichung keine „Eintagsfliege“ bleibt. So könnte sich ein Projekt anschließen, um die Schule mit „grünem Strom“ zu versorgen (siehe Lernpfad II). Oder es werden eine Ausstellung oder Infostände über Stromgewinnung und CO₂-Minderung konzipiert, gegebenenfalls mit Experimenten (siehe Lernpfad I).

V. Politik, Gesellschaft und die Energiewende

Die Schüler/-innen gehen der Frage nach, wie eine zukunftsfähige Energieversorgung gestaltet werden kann. Sie erarbeiten die Merkmale für eine nachhaltige Energieversorgung und recherchieren die heute bekannten Ansätze. In einem Rollenspiel vertiefen sie einzelne Aspekte des Themas sowie unterschiedliche Wahrnehmungen und Interessen der beteiligten Akteure beziehungsweise gesellschaftlicher Gruppen. Auf der Grundlage des Rollenspiels entwickeln sie eigene Lösungsansätze für Konflikte im Themenfeld.

Ziele

Die Schüler/-innen

- erfahren Pro- und Kontraargumente für erneuerbare Energien und können diese einordnen,
- entwickeln Verständnis für unterschiedliche Positionen,
- erörtern Möglichkeiten und Grenzen des persönlichen und politischen Handelns beim Klimaschutz.

Materialien

- Einstieg: Arbeitsblätter 4.2, 4.1
- Arbeitsblätter 3.1, 3.2
- Arbeitsblatt 5.3
- gegebenenfalls Kapitel 1

Hinweise zur Umsetzung

- Zum Einstieg empfiehlt es sich, einen aktuellen Aspekt der Energiewendediskussion aufzugreifen und/oder einen Aspekt mit regionalem Bezug. Beispiele sind örtliche Netzausbauprojekte (Hochspannungstrassen) oder Erneuerbare-Energien-Anlagen wie Biogasanlagen; geeignet können auch aktuelle Diskussionen sein, die in den Medien großen Raum einnehmen – zum Beispiel anlässlich von Gesetzesvorhaben.
- Die Klasse erhält die Aufgabe, die Medienberichterstattung zu diesem Aspekt zu analysieren. Dabei werden mithilfe einer Mindmap Akteure, ihre Interessen, die vorgebrachten Argumente und die wichtigsten Konflikte identifiziert. Anregungen dafür enthält die Handreichung zu den Arbeitsblättern 4.1 und 4.2.
- Gegebenenfalls erarbeitet sich die Klasse Grundlagenwissen zur Problematik der CO₂-Emissionen durch die Verwendung fossiler Energieträger sowie die Rolle erneuerbarer Energien als Lösungsmöglichkeit.
- Abschließend entwickelt die Klasse Lösungsmöglichkeiten für die Ausgangssituation. Dies kann in Form eines Rollenspiels geschehen: Dabei kann ein Schlichtungsverfahren simuliert werden, wenn es zum Beispiel um Bauvorhaben geht; bei politischen Diskussionen kann ein Gesetzgebungsverfahren oder die Tagung eines Beratungs- oder Fachleutegremiums (Enquete-Kommission) nachgestellt werden. Dabei übernehmen Gruppen von Schülern/-innen die Rollen einzelner Akteure.
- Je nach Anlass kann das Ergebnis veröffentlicht werden: Zum Beispiel kann die Klasse eigene Lösungsmöglichkeiten mittels der örtlichen Medien in die Diskussion über ein Streitthema mit regionalem Schwerpunkt einbringen.

0.6 Hintergrund: Erneuerbare Energien 2008 bis 2013

Dass sich seit der Auflage von 2008 viel getan hat im Bereich „Erneuerbare Energien“ (eE), zeigt ein Blick zurück: Im Sommer 2008 steigt der Ölpreis erstmals auf ein Rekordniveau von 147 Dollar pro Barrel. Die Furcht geht um, das Erdöl werde knapp. Parallel entspinnt sich eine Diskussion um „Peak Oil“ – also die Frage, wann das globale Ölfördermaximum erreicht und damit das Ende des fossilen Zeitalters eingeläutet wird. Dies trägt dazu bei, dass der Suche nach alternativen Energiequellen erhöhte Aufmerksamkeit zuteil wird, denn mit einem Ausbau der eE kann die Unabhängigkeit von Energieträgerimporten gesteigert werden.¹ Ebenfalls 2008 sorgt der ehemalige US-Vizepräsident Al Gore für Aufsehen mit seiner Forderung, dass die USA ihren Elektrizitätsbedarf binnen zehn Jahren aus regenerativen Energiequellen

¹ Quelle: Adelphi Consult und Wuppertal Institut: Die sicherheitspolitische Bedeutung erneuerbarer Energien: Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Endbericht, Berlin 2007

beziehen sollen. Derweil sind in Deutschland schon über 300.000 Menschen im Sektor der erneuerbaren Energien beschäftigt.

Ausbau der erneuerbaren Energien trotz Wirtschaftskrise (2009–2010)

Durch den Ausbruch der Finanz- und Wirtschaftskrise im September 2008 rücken Forderungen wie die von Al Gore zunächst wieder in den Hintergrund. Das „Krisenjahr 2009“ steht im Zeichen der globalen wirtschaftlichen Rezession. Dennoch wird die installierte Leistung der eE in Deutschland laut dem Bundesverband Erneuerbare Energien (BEE) 2009 um 5.400 Megawatt erhöht. Der Anteil der eE am gesamten Endenergieverbrauch liegt damit bei 10,6 Prozent gegenüber 9,5 Prozent im Jahr 2008. Im Januar 2009 tritt eine Neufassung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) in Kraft: Es legt fest, dass der Anteil der eE im Strombereich bis 2020 auf mindestens 30 Prozent verdoppelt werden soll. Mit dem Klima- und Energiepaket der EU² werden ab dem Sommer 2009 zudem verbindliche Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen und zum Ausbau der erneuerbaren Energien in der EU festgelegt. Ihr Anteil am Endenergieverbrauch soll demnach in ganz Europa bis 2020 auf 20 Prozent erhöht werden.

Im April 2010 wird der erste Offshore-Windpark Deutschlands („Alpha Ventus“) vor der Insel Borkum eröffnet. Die Offshore-Windkraft spielt für den Umstieg auf eine Stromversorgung aus eE eine wichtige Rolle. Sie soll künftig einen deutlichen Beitrag zur Deckung des Gesamtenergiebedarfs leisten und soll deshalb massiv ausgebaut werden. Wegen hoher Kosten und Verzögerungen im Netzausbau stecken viele Offshore-Projekte zwar bis heute in der Krise, doch die Ausbauziele für Offshore-Windparks sind nach wie vor hoch: Bis 2030 sollen 25 Gigawatt Offshore-Windleistung in Nord- und Ostsee installiert werden.

Im Oktober 2010 beschließt die Bundesregierung das „Energiekonzept 2050“³, in dem ein konkreter Weg in das „regenerative Zeitalter“ – mithin eine Stromversorgung, die ausschließlich auf eE setzt – beschrieben wird. Das Konzept sieht vor, dass die eE bis 2050 einen Anteil von 80 Prozent am Endenergieverbrauch haben sollen und dieser gleichzeitig bis 2050 um 50 Prozent gegenüber 2008 sinken soll. Zeitgleich verabschiedet der Bundestag eine Laufzeitverlängerung für deutsche Kernkraftwerke. Die Kernkraft soll demnach eine Rolle als „Brückentechnologie“ zum regenerativen Zeitalter einnehmen. Kritiker werten dies als „Ausstieg vom Atomausstieg“, der im Jahr 2000 beschlossen worden war.

Fukushima und die Energiewende (2011)

Am 11. März 2011 lösen das schwerste Erdbeben in Japans Geschichte und der darauf folgende Tsunami eine Katastrophe im Kernkraftwerk Fukushima aus, bei der große Mengen radioaktiver Strahlung freigesetzt werden. Die Risiken der Kernenergie werden in großer Eile neu bewertet und ein Moratorium zur Kernenergie in Deutschland wird beschlossen. Die sieben ältesten Anlagen werden für die Zeit des Moratoriums sofort vom Netz genommen.

Die anschließenden Beschlüsse zur „Energiewende“⁴ sind eine direkte Reaktion auf diese Nuklearkatastrophe: Im Sommer 2011 beschließt die Bundesregierung eine Reihe von Maßnahmen, um den grundlegenden Umbau der Energieversorgungssysteme zu beschleunigen. Die entscheidenden Elemente dieser Energiewende sind: die Forcierung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen, der Ausbau des bestehenden Stromnetzes und der Aufbau eines „Smart Grids“, die Bereitstellung höherer Speicherkapazitäten sowie ein erneuter Ausstieg aus der Kernkraft, der den vollständigen Verzicht auf Atomenergie ab 2022 vorsieht.

Die Energiewende gilt als Projekt von „historischem Ausmaß“. Neue Paragraphen verändern das Energiewirtschaftsgesetz, das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das Bundesbaurecht, das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz und das Energie- und Klimafondsgesetz.

In der Folge geraten nach und nach einzelne Aspekte des Vorhabens in die Diskussion; im Mittelpunkt stehen vor allem die Versorgungssicherheit, die Bezahlbarkeit von Strom, und – daran anschließend – die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland.

² Das Bundesumweltministerium bietet auf seiner Website eine Übersicht über die einzelnen Rechtsakte im Rahmen des Energie- und Klimapakets der EU. Kurzlink: <http://www.bmub.bund.de/N44444>

³ Die Dokumentation der Beschlüsse findet sich unter <http://www.bundesregierung.de/energiewende> im Bereich „Service“.

⁴ Siehe <http://www.bundesregierung.de/energiewende> im Bereich „Service“.

Umsetzung und Kosten der Energiewende (2012)

Der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung erreicht schon im Jahr 2011 die 20-Prozent-Marke – vor allem die Photovoltaik wird mit 7.500 Megawatt massiv ausgebaut. Das ist einerseits zu begründen mit einem Preisverfall bei Solaranlagen infolge von Überkapazitäten und dem Angebot preisgünstiger Module aus chinesischer Produktion, andererseits mit einer gesunkenen Einspeisevergütung im Rahmen des EEG, die sich jedoch langsamer vollzog als der Preisverfall bei den Photovoltaikanlagen. Der Deutsche Bundestag beschließt daraufhin Veränderungen bei den Einspeisetarifen. Die Vergütungen für Solaranlagen werden massiv gekürzt. Diese Änderungen treten zum 1. Januar 2012 in Kraft. Seither wird über weitere Reformen diskutiert, vor allem in Bezug auf die sogenannte EEG-Umlage und die mit ihr verbundenen Ausnahmeregelungen.

Die Kosten des Netzausbaus und der Anstieg des Strompreises sind 2012 die beherrschenden Themen im Bereich der Energiepolitik. Die Frage, inwieweit der Ausbau der eE für die gestiegenen Stromkosten verantwortlich zeichnet, wird vor allem im Herbst 2012 breit diskutiert. Dessen ungeachtet steigt der Anteil der eE an der Stromerzeugung in Deutschland laut der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) im Jahr 2012 weiter – auf knapp 23 Prozent. Die Windkraft hat unter den „Alternativen“ an der Stromerzeugung den größten Anteil von 34 Prozent, die Photovoltaik einen Anteil von 21 Prozent, die Biomasse liegt bei etwa 30 Prozent.⁵ Im Zusammenhang mit den Kosten der Energiewende wird nun in der Öffentlichkeit zunehmend diskutiert, wie sinnvoll es sei, teure Offshore-Windparks zu bauen, wenn es noch ungenutzte Flächen für Windparks an Land gibt, die zu geringeren Kosten Strom produzieren können.

Ausblick: Energieeffizienz und Netzausbau – Finanzierung vorausgesetzt (2013)

Immer wieder äußern sich Fachleute auch dahingehend, größeres Gewicht auf das Thema „Energiesparen“ zu legen; in Deutschland gebe es enormes Potenzial für Effizienzsteigerungen.⁶

Eine der größten Herausforderungen der Energiewende in den kommenden Jahren ist die Finanzierung. So muss das Stromnetz aus- beziehungsweise umgebaut werden. Zudem regt sich innerhalb der Bevölkerung Widerstand gegen den Bau neuer Hochspannungsleitungen. Diese Konflikte mit Bürgerinitiativen, mit der sich auch die Betreiber von Windkraftanlagen konfrontiert sehen, werden sich in den nächsten Jahren tendenziell noch verstärken.

⁵ Erneuerbare Energien 2012. Daten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2012 auf der Grundlage der Angaben der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), Berlin 2012

⁶ Kurze einführende Informationen bietet das Bundesumweltministerium auf seiner Website, Kurzlink: <http://www.bmub.bund.de/P235>

1 Warum brauchen wir erneuerbare Energien?

1.1 Woher kommt die Energie?

Lernziele

Die Schüler/-innen

- informieren sich über grundlegende Begriffe zum Thema Energie,
- können wichtige Energieträger und Primärenergien nennen,
- lernen den Grundsatz der Energieerhaltung kennen.

Möglicher Verlauf

Als Einstieg bietet es sich an, die zentrale Frage vor der Bearbeitung des Blattes zu stellen. „Woher kommt die Energie?“ wird an der Tafel/am Smartboard notiert. Zur Veranschaulichung der Frage kann zum Beispiel ein kleiner Elektromotor aufgebaut und angeschaltet werden; alternativ können am Smartboard Fotos von Formen der Energienutzung gezeigt werden (ein Motor, ein Heizkörper ...).

Die Schüler/-innen sammeln ihre Ideen auf Karten, gegebenenfalls in Gruppen oder Partnerarbeit. Anschließend werden die Ergebnisse der gesamten Klasse zu einer Mind-Map sortiert.

Hintergrund

Eine detaillierte Darstellung des Bundesumweltministeriums schlüsselt die Primärenergiequellen auf, ihre Erscheinungsformen, die natürlichen und technischen Wege der Energieumwandlung sowie Sekundärenergien (Energieträger) für den Bereich der erneuerbaren Energien.

Erneuerbare Energiequellen

Primärenergiequelle	Erscheinungsform	Natürliche Energieumwandlung	Technische Energieumwandlung	Sekundärenergie
Sonne	Biomasse	Biomasse-Produktion	Heizkraftwerk/Konversionsanlage	Wärme, Strom, Brennstoff
	Wasserkraft	Verdunstung, Niederschlag, Schmelzen	Wasserkraftwerk	Strom
	Windkraft	Atmosphärenbewegung	Windenergieanlage	Strom
		Wellenbewegung	Wellenkraftwerk	Strom
	Solarstrahlung	Meeresströmung	Meeresströmungskraftwerk	Strom
		Erwärmung der Erdoberfläche und Atmosphäre	Wärmepumpen	Wärme
			Meereswärmekraftwerk	Strom
		Solarstrahlung	Photolyse	Brennstoff
			Solarzelle, Photovoltaik-Kraftwerk	Strom
	Kollektor, solarthermisches Kraftwerk	Wärme, Strom		
Mond	Gravitation	Gezeiten	Gezeitenkraftwerk	Strom
Erde	Isotopenzerfall und Restwärme aus Erdentstehung	Geothermik	Heizwerk, Heizkraftwerk	Wärme, Strom

Erneuerbare Energien beziehen ihre Kraft vor allem aus der Sonnenstrahlung, aber auch aus dem Isotopenzerfall und der Restwärme der Erdentstehung im Erdinneren sowie der Gravitationskraft zwischen Erde und Mond.

Quelle: Bundesumweltministerium, Erneuerbare Energien – Innovationen für eine nachhaltige Energie-zukunft (2011)

Lösungen

1. a) zum Beispiel: Autofahren, Bahnfahren, Gütertransporte (motorisierter Verkehr); Kochen, Heizen, Kühlen, Trocknen, Beleuchten (Technik im Haushalt); Fernsehen, Computernutzung, Telefonieren (Medien/Kommunikation, elektronische Geräte); Bohren, Sägen, Pressen, Betreiben von Maschinen (Industrie/Produktion) und so weiter
b) zum Beispiel Benzin, Diesel, Biodiesel, Heizöl, Gas (Erdgas, Biogas), Holz (für Verbrennungsmotoren und Wärme); elektrischer Strom (für Elektromotoren, Kommunikationselektronik)
c) zum Beispiel Wind-, Wasser- und Sonnenenergie, Erdwärme (Geothermie), Energie aus Kohle (Braunkohle, Steinkohle), Erdgas, Biomasse
2. Es bieten sich Beispiele aus dem Alltag an, zum Beispiel:
 - Autofahren: Energieträger Benzin oder Diesel; Primärenergie: Erdöl. Umwandlungsverluste bei der Herstellung der Kraftstoffe in Raffinerien (Energieaufwand für Produktionstechnik) sowie bei der Verbrennung im Motor (Wärme).
 - Kochen mit Strom: Energieträger elektrischer Strom; Primärenergie: alle Arten von Primärenergie möglich. Umwandlungsverluste bei der Stromerzeugung (Wärme bei der Nutzung von Dampf für Turbinen, Reibungsverluste beim Antrieb von Generatoren durch zum Beispiel Wind oder Wasser, geringer Wirkungsgrad von Photovoltaikmodulen) sowie Umspann- und Transportverluste
 - weitere Beispiele: Kochen mit Gas, Aufladen des Handys, Computernutzung, Heizen der Wohnung, Duschen...

1.2 Warum brauchen wir erneuerbare Energien?

Lernziele

Die Schüler/-innen

- beschreiben den Zusammenhang zwischen der Nutzung fossiler Energieträger und dem Klimawandel,
- können wichtige Folgen des Klimawandels benennen,
- können das Problem der Endlichkeit konventioneller Energieträger erläutern.

Hinweise zur Umsetzung

Zum Einstieg kann die Frage „Warum brauchen wir erneuerbare Energien?“ zur Diskussion gestellt werden. Als Impuls können zum Beispiel Fotos verwendet werden, die Formen der Energieerzeugung oder des -verbrauchs zeigen, zum Beispiel das Foto der Windenergieanlage auf dem Arbeitsblatt (eine Vielzahl von weiteren geeigneten digitalen Fotos, die ohne urheberrechtliche Probleme im Unterricht einsetzbar sind, findet sich unter dem Stichwort „Windenergie“ bei <http://commons.wikimedia.org>). Die Klasse sammelt Ideen zu den Fragen, wie das Motiv mit der Energieversorgung zusammenhängt und welche Probleme es in diesem Zusammenhang geben könnte. Zum Sammeln der Ergebnisse kann eine Mind-Map erstellt werden. Auch Science-Fiction-Szenarien können in Form von Bildern oder Videos zum Einstieg präsentiert werden. So finden sich zum Beispiel zahlreiche Videos zum „Warp-Antrieb“ aus der Serie Star Trek in Online-Videoportalen.

Die Bearbeitung der Aufgaben kann zum Teil auf Gruppen aufgeteilt werden.

Erweiterung

Im Anschluss an die Aufgabe 1 auf dem Arbeitsblatt können zum Beispiel folgende Aufgaben bearbeitet werden:

2. Nimm die Abbildung 57 zur weltweiten Nutzung von Energierohstoffen und Energiequellen aus dem Datenteil (Kapitel 8, Seite 80) zu Hilfe. Beschreibe, was darauf zu sehen ist. Überlege, warum die Linien so verlaufen.
3. Recherchiere, welche Folgen Klimaveränderungen auf der Erde haben können. Nutze dafür zum Beispiel die Informationen unter <http://www.bmu-kids.de> > Themen > Klimaschutz.
4. Überlege, wie sich die Linien in Abbildung 57 in Zukunft entwickeln sollten, damit das Klima möglichst gut geschützt wird.

Lösungen

1. Tabelle:

Energieträger/ -quelle	Woher stammt er/ sie?	Endlich oder nicht endlich?	Welche Gefahren werden genannt?
Kohle	fossiler Brennstoff, aus Pflanzenresten	begrenzte Menge auf der Erde vorhanden	gefährdet durch CO ₂ - Emissionen das Klima
Erdöl	fossiler Brennstoff, aus Pflanzenresten	begrenzte Menge auf der Erde vorhanden	gefährdet durch CO ₂ - Emissionen das Klima
Gas	fossiler Brennstoff, aus Pflanzenresten	begrenzte Menge auf der Erde vorhanden	gefährdet durch CO ₂ - Emissionen das Klima
Uran	Bergbau	begrenzte Menge auf der Erde vorhanden	Gefahr von Unfällen
erneuerbare Energien	Wind, Wasser, Sonne, Biomasse, Erdwärme	praktisch unbegrenzt verfügbar	keine

Gegebenenfalls können folgende im Text nicht genannten Probleme zur Sprache kommen: Bei Uran / Kernenergie die bisher ungelöste Endlagerproblematik, bei den fossilen Energieträgern (insbesondere Kohle) die Luftbelastung.

- Die Grafik zeigt, dass der Energieverbrauch weltweit seit 1965 insgesamt stark gestiegen ist. Auch der Verbrauch jedes einzelnen Rohstoffs sowie die Nutzung erneuerbarer Energien steigen. Ursache ist, dass durch die allgemeine Entwicklung unserer Gesellschaft der Bedarf an Energie steigt. Zum Beispiel gibt es mehr elektrische und elektronische Geräte in den Haushalten, immer mehr Warenproduktion, immer mehr Transporte. Auch der Wärmebedarf steigt, unter anderem wegen der wachsenden durchschnittlichen Wohnfläche.
- Die Quelle <http://www.bmub-kids.de/themen/klimaschutz/> nennt als Folgen der Klimaerwärmung unter anderem steigende Meeresspiegel, mehr Wetterextreme, Ernteeinbußen sowie das Verschwinden von Tier- und Pflanzenarten, die sich nicht anpassen können.
- Die Anteile der fossilen Brennstoffe müssen immer kleiner werden, damit CO₂-Emissionen vermieden werden. Damit genügend Energie vorhanden ist, müssen die Anteile der erneuerbaren Energien entsprechend größer werden. Die Nutzung der Kernkraft verursacht zwar keine CO₂-Emissionen, kann aber wegen der Gefahr von Unfällen kein Ersatz für die Erneuerbaren sein.

2 Erneuerbare Energien im Überblick

Das Kapitel veranschaulicht in einfacher Form die grundlegenden Mechanismen der Nutzung verschiedener Formen erneuerbarer Energien.

Die Bearbeitung der einzelnen Energien kann in arbeitsteiliger Gruppenarbeit erfolgen oder als Stationenlauf beziehungsweise Lerntheke, wobei alle Schüler/-innen alle Arbeitsblätter bearbeiten.

Alternativ können einzelne Arbeitsblätter im Rahmen einer umfassenderen Auseinandersetzung mit einer Form der erneuerbaren Energien verwendet und zum Beispiel durch Experimente ergänzt werden.

2.1 Welche erneuerbaren Energiequellen gibt es?

Ziele

Die Schüler/-innen

- können die Grundlage erneuerbarer beziehungsweise regenerativer Energien erklären,
- können die Begriffe Primärenergie und Sekundärenergie anwenden.

Hinweise zur Umsetzung

Das Foto der Erde eignet sich gut als Impuls für die Sammlung von Ideen zum Einstieg. Es kann für die Projektion per Beamer oder die Präsentation auf dem Smartboard von der Internetseite der NASA heruntergeladen werden. Die Adresse lautet <http://visibleearth.nasa.gov>, das Motiv findet sich in der Sammlung „Blue Marble“.

Alternativ können andere Fotomotive gezeigt werden (zum Beispiel Windenergieanlagen, heiße Quelle), oder die Lehrkraft stellt eine Form der erneuerbaren Energien experimentell vor (zum Beispiel Stromerzeugung mittels Fotozelle).

Ideen zu Aufgabe 1 können zum Beispiel in Form einer Mind-Map gesammelt werden.

Lösungen

1. Sonne: Wetter, Wind, Wasserkreislauf (Hinweis darauf sind die Wolkenwirbel); lässt Pflanzen wachsen (Hinweis: grüne Flächen auf den Kontinenten), wärmt die Erdoberfläche (Hinweis: Wüsten). Bewegung des Mondes: Gezeiten (Hinweis: die Meere). Erdwärme: macht sich in Form von Vulkanen und heißen Quellen bemerkbar, zum Beispiel am Rand von Kontinentalplatten (kein direkt sichtbarer Hinweis auf dem Foto. Stichworte: Kontinente, Gebirge)
2. Siehe die folgenden Arbeitsblätter in Kapitel 2
3. Treibstoffe können nur indirekt der Primärenergiequelle Sonnenenergie zugeordnet werden. Sie lassen sich aus Biomasse gewinnen (zum Beispiel Biogas, Biodiesel, Ethanol aus Zucker). Eine weitere Möglichkeit ist die Gewinnung von Wasserstoff mittels Elektrolyse, wobei der nötige Strom mittels erneuerbaren Energien erzeugt werden kann.

2.2 Sonnenenergie: Strom aus der Sonne

Ziele

Die Schüler/-innen

- gewinnen Einsicht in die Stromerzeugung aus Sonnenenergie,
- erkennen wichtige Vor- und Nachteile der Photovoltaik.

Hinweise zur Durchführung

Die Lehrkraft kann gegebenenfalls das Vorgehen bei der Bearbeitung der Zeichnung an einem Beispiel demonstrieren.

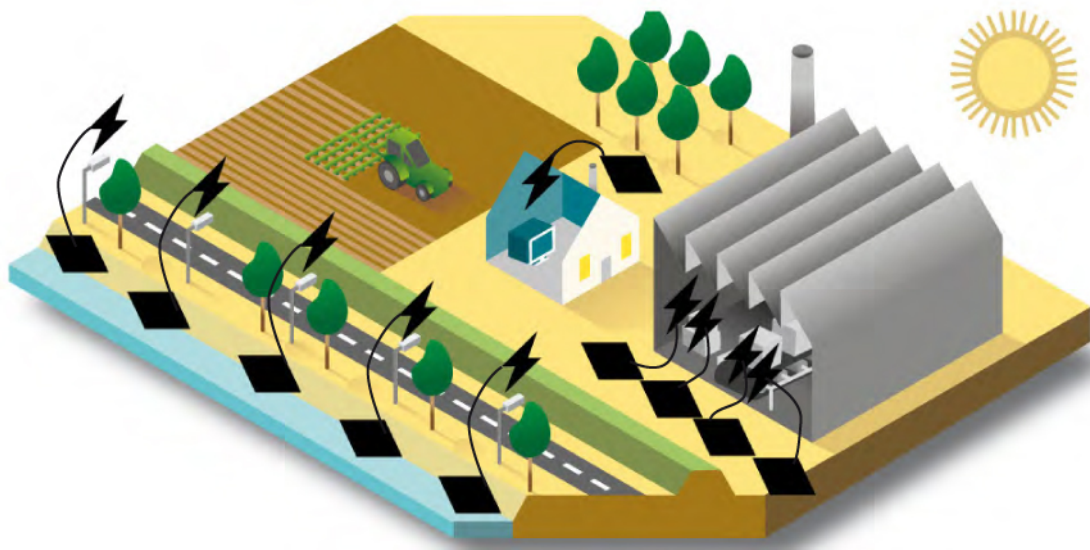
Erweiterung

Im Anschluss an die Aufgaben 1 bis 3 auf dem Arbeitsblatt kann zum Beispiel folgende Aufgabe bearbeitet werden:

4. Stell dir vor, es würde noch viel mehr Strom mithilfe von Photovoltaik erzeugt werden. Das hieße für deine Zeichnung, dass noch mehr Module platziert werden müssten. Überlege, welche Folgen das hätte, und benenne die Vor- und Nachteile.

Lösung

1. Fertige Skizze (Beispiel)



2. Mögliche Flächen (in Klammern Vor- und Nachteile): Wiese (bedingt geeignet: zwar ist die Fläche frei, aber die Module könnten die Natur/das Landschaftsbild beeinträchtigen); Fläche neben Gebäuden (bedingt geeignet: zwar ist die Fläche frei, aber es können keine weiteren Gebäude errichtet werden); Dächer (gut geeignet: Flächen sind frei, und es gibt keine konkurrierende Nutzung). Ungeeignet: Ackerfläche, Straße
3. Die Kabel verlaufen immer direkt zwischen Modulen und Verbrauchern, das heißt, es gibt sehr viele Kabel und Kabelverbindungen in den verschiedensten Richtungen. Diese Art der Verbindung ist anfällig für Ausfälle: Wenn ein Modul nicht funktioniert, erhält der angeschlossene Verbraucher keinen Strom. Stattdessen könnten alle Erzeuger Strom in ein zentrales Netz einspeisen, an das alle Verbraucher angeschlossen sind.
4. Es könnten mehr Verbraucher versorgt werden. Der Flächenverbrauch wäre noch größer.

2.3 Sonnenenergie: Wärme aus der Sonne

Ziele

Die Schüler/-innen

- entwickeln Verständnis für die Bündelung von Strahlen,
- erkennen Vorteile der Gewinnung von Energie aus der Sonne.

Hintergrund

Das Arbeitsblatt veranschaulicht die Funktionsweise eines sogenannten Flachkollektors, eines Typs von Solarkollektoren, der häufig auch von privaten Haushalten genutzt wird. Flachkollektoren werden meist verwendet, um Wasser für den täglichen Bedarf oder für die Heizung zu erwärmen.

Es gibt weitere Arten von Solarkollektoren für verschiedene Anwendungsbereiche. Das Bundesumweltministerium hat umfassende Informationen in einer Broschüre zusammengefasst, die kostenlos im Internet erhältlich ist:

Bundesumweltministerium, Erneuerbare Energien – Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft (2011), S. 89 ff.

Bestellung oder PDF-Download unter <http://bmub.bund.de/publikationen>

Wichtige weitere Anwendungsbereiche im Überblick:

Wärme für industrielle Prozesse

In Vakuumröhrenkollektoren liegen die Wärmeabsorber in gläsernen, beinahe luftleeren Röhren. Dadurch geht weniger Wärme als beim Flachkollektor an die umgebende Luft verloren. Dieser Kollektortyp wird mit einem durchlaufenden Wärmeträgerrohr gebaut, sogenannte „heat pipes“, in denen ein wärmeempfindliches Medium beim Erwärmen verdampft, aufsteigt, seine Wärme an einen Kondensator außerhalb des Rohres abgibt und wieder zum Anfang des Kreislaufs fließt, um erneut Wärme aufzunehmen.

Durch die erreichbaren hohen Temperaturen eignen sich Vakuumröhrenkollektoren auch für die Bereitstellung von Wärme für industrielle Prozesse, die sogenannte Prozesswärme. Die für höhere Temperaturen notwendige Systemtechnik ist heute noch relativ teuer. Das Potenzial ist allerdings groß. Prozesswärme zwischen 20 und 100 Grad Celsius kann kurzfristig stark ausgebaut werden. In der nahen Zukunft werden Temperaturen bis 250 Grad Celsius erreichbar sein. Eine der weltweit knapp 100 Pilotanlagen versorgt eine Brauerei im bayerischen Eichstätt mit sonnenerhitztem Wasser.

Stromerzeugung in solarthermischen Kraftwerken

Seit über 20 Jahren beweisen solarthermische Kraftwerke ihre Einsatzfähigkeit und sind in Regionen mit ausreichend hoher direkter Sonneneinstrahlung eine erprobte Alternative zu fossilen Kraftwerken. Seit 2006 wird auch in Europa Strom mit solarthermischen Kraftwerken erzeugt. Allein in Spanien sind knapp 1.000 Megawatt im Bau oder bereits in Betrieb; mehr als 2.000 Megawatt Leistung sind darüber hinaus in Planung.

In solarthermischen Kraftwerken werden die Sonnenstrahlen mit Brennsiegeln, sogenannten konzentrierenden Spiegelsystemen, gebündelt. Sie erhitzen eine Flüssigkeit, die ihrerseits die Wärme in einem Wärmetauscher abgibt. Dort wird Wasserdampf erzeugt, der dann eine Turbine antreibt. Diese Kraftwerke bestehen also aus einem innovativen Teil zur solaren Wärmeerzeugung und einem konventionellen Teil zur Stromerzeugung.

Die Anlagen können zur reinen Stromerzeugung oder zur Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt werden, also zur Erzeugung von Strom und Prozesswärme. So kann ein solarthermisches Kraftwerk gleichzeitig Elektrizität, Kälte (über eine Absorptionskältemaschine), industriellen Prozessdampf und sogar Trinkwasser (über eine Meerwasserentsalzungsanlage) erzeugen und dabei bis zu 85 Prozent der geernteten Solarwärme in Nutzenergie verwandeln.

Als Standorte für solarthermische Kraftwerke kommen hauptsächlich die sonnenreichen Zonen der Erde südlich des 40. Breitengrads infrage, da lediglich der direkte Anteil der Sonnenstrahlung gebündelt werden kann. Der hohe Anteil diffuser Strahlung und die insgesamt niedrigere Einstrahlung erschweren den wirtschaftlichen Einsatz in Ländern wie Deutschland. Deshalb verstärkt Deutschland die Kooperation mit den nordafrikanischen Ländern und unterstützt Initiativen, die den Bau von solarthermischen Anlagen in Nordafrika zur Deckung des eigenen nationalen Strombedarfs sowie zum Export nach Europa anstreben.

Parabolrinnenkraftwerke

Bei diesem Konzept wird das Sonnenlicht durch parabolisch gekrümmte, bis zu sechs Meter breite und 150 Meter lange Spiegel auf ein Absorberrohr konzentriert. Das Öl in dem Absorberrohr wird dabei auf etwa 400 Grad Celsius erhitzt. Die absorbierte Wärme wird mit dem Thermoöl abgeführt und über einen Wärmeübertrager zur Dampferzeugung genutzt. Der so erzeugte Dampf dient zum Antrieb eines konventionellen Dampfturbinen-Generators.

Solarturmkraftwerke

Beim Solarturmkraftwerk wird die Sonnenstrahlung durch ein Feld einzeln nachgeführter Spiegel, sogenannter Heliostaten, auf die Spitze eines Turmes konzentriert. Bei diesem Konzept werden Temperaturen über 1.000 Grad Celsius erreicht. In der Turmspitze befindet sich ein Absorber, der die Strahlung in Wärme umwandelt und an einen Wärmeträger abgibt. Dieser treibt dann eine Turbine an.

Quelle: Bundesumweltministerium, Erneuerbare Energien – Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft (2011), S. 89 ff.

Hinweise zur Umsetzung

Zum Einstieg kann nach Alltagserfahrungen gefragt werden: Wer hat bereits erlebt, wie die Sonne Oberflächen stark erhitzt? Dabei können bereits Vermutungen angestellt werden, unter welchen Umständen die Hitze besonders groß wird (zum Beispiel schwarze Flächen, Hinweis auf Lupe als Brennglas).

Lösungen

1. 1) Sonnenstrahlung 2) Abdeckung aus Glas 3) Absorber 4) Isolierung 5) isolierte Leitung mit erwärmtem Wasser 6) Warmwasserspeicher 7) Leitung mit erwärmtem Wasser 8) Neigungswinkel
2. Eigenschaften: Neigungswinkel und Ausrichtung werden so gewählt, dass die Sonne möglichst senkrecht auf den Absorber scheint. Bauteile: Glasabdeckung verringert Abstrahlverluste, Absorber nimmt möglichst viel Strahlungsenergie auf, Rückwand ist isoliert, Leitungen für Warmwasser sind außerhalb des Kollektors isoliert
3. Vorteile: umweltfreundlich, Sonne ist kostenlos. Nachteile: funktioniert nur, solange die Sonne scheint; geeignete Flächen werden benötigt, um die Kollektoren aufzustellen, Investitions- und Wartungskosten

Erweiterungsaufgaben

Ergänzend kann das Thema Stromerzeugung mittels Solarenergie behandelt werden. Dabei können im Anschluss weitere Aufgaben bearbeitet werden:

1. Recherchiere im Internet zum Thema Solarkraftwerk. Nutze dafür zum Beispiel die Internetseite <http://www.weltderphysik.de>. Beschreibe in Stichworten die Funktionsweise eines Solarkraftwerks. Du kannst dazu auch eine Skizze anfertigen. Nutze die Abbildung auf diesem Blatt als Vorbild.
2. Erläutere, was ein Solarkraftwerk vom oben beschriebenen Solarkollektor unterscheidet.

Lösungen

1. Die Energie der Sonnenstrahlen wird mithilfe von Spiegeln in einem Punkt gebündelt und erzeugt große Hitze. Solche hohen Temperaturen braucht man, um heißes Wasser oder sogar Dampf zu erzeugen. Heißes Wasser kann zum Heizen genutzt werden; mittels Dampf können Turbinen zur Stromerzeugung angetrieben werden.
2. Der beschriebene Flachkollektor kann Wasser so weit erwärmen, dass es für den täglichen Bedarf im Haushalt oder zum Heizen benutzt werden kann. Ein Solarkraftwerk ist eine größere Anlage, die vor allem zur Stromerzeugung dient. Dabei werden ebenfalls Solarkollektoren verwendet. Allerdings sind diese Kollektoren anders aufgebaut und ermöglichen es, wesentlich höhere Temperaturen zu erreichen. Denn für die Stromerzeugung wird Wasserdampf benötigt.

2.4 Windenergie: Der Windkreislauf

Ziele

Die Schüler/-innen

- lernen Ursachen für die Entstehung von Wind kennen,
- lernen die Möglichkeit zur Gewinnung von Windenergie kennen,
- können mögliche Standorte für Windenergieanlagen (WEA) bewerten.

Hinweise zur Umsetzung

- Je nach örtlichen Gegebenheiten Einstieg anhand von realen Standorten von Windenergieanlagen in der Umgebung
- Alternativ: Einstieg über eigene Erlebnisse mit Wind. Wo oder bei welchen Wetterereignissen haben die Schüler/-innen besonders starken Wind erlebt?

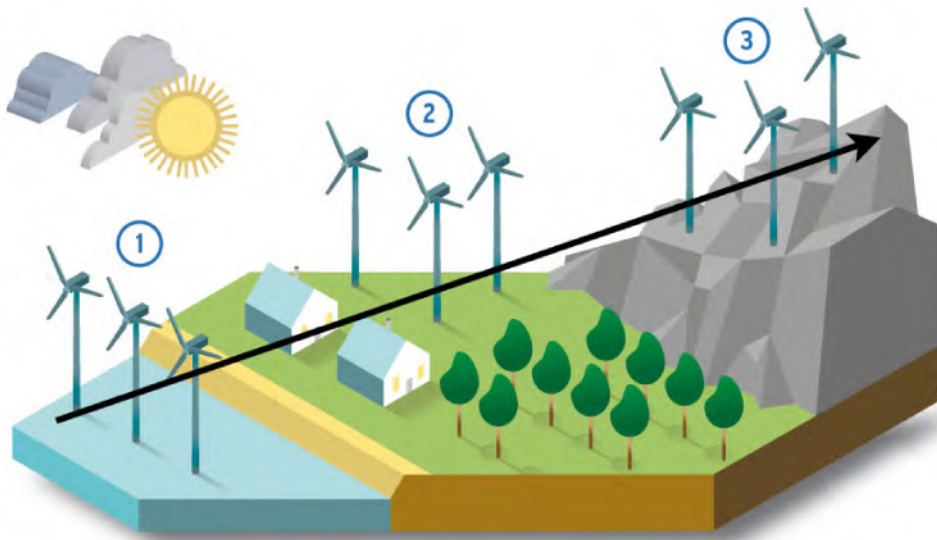
Erweiterung

Im Anschluss an die Aufgaben 1 und 2 auf dem Arbeitsblatt kann zum Beispiel folgende Aufgabe bearbeitet werden:

- Suche im Internet nach Informationen über ein umstrittenes Windenergieprojekt, zum Beispiel einen Windpark. Recherchiere dafür zum Beispiel in Medienberichten, zum Beispiel mithilfe der News-Suche einer Suchmaschine wie Bing oder Google. a) Beschreibe das Projekt kurz in eigenen Worten. b) Finde und markiere es auf einer Deutschlandkarte c) Sammle Pro- und Kontra-Argumente aus den Medienberichten und ordne sie in einer Tabelle den Bereichen Wind, Baukosten und Umweltschutz zu. d) Stell dir vor, du müsstest als Schlichter/-in zwischen Gegnern und Befürwortern vermitteln. Überlege, was du den Parteien vorschlagen könntest – zum Beispiel bestimmte Umweltschutzmaßnahmen. Recherchiere dazu gegebenenfalls im Internet, zum Beispiel unter <http://www.wind-ist-kraft.de>.

Lösungen

1. Windrichtung:



2. Bewertung der Standorte:

Standort	Wind	Umweltschutz	Baukosten
1. Meer	stark, gleichmäßig	Meerestiere könnten gestört/gefährdet werden	schwierig, WEA mitten im Meer zu bauen; alles muss mit Schiffen geliefert werden, Verankerung unter Wasser am Meeresboden = teuer, schwierige Bedingungen für Wartung

2. flaches Land	Verwirbelungen durch Hindernisse möglich, geringere Windgeschwindigkeiten	Landschaft wird verbaut, Vögel und Wildtiere könnten gestört/gefährdet werden	WEA kann leicht an Standort gebracht werden = kein besonderer Aufwand, nicht besonders teuer
3. Berg/Anhöhe	keine Hindernisse	Landschaft wird verbaut, Vögel und Wildtiere könnten gestört oder gefährdet werden	je nach Standort/Schwierigkeit, WEA an Standort zu bringen; gegebenenfalls müssen Straßen gebaut werden, weite Wege für den Anschluss ans Netz

3. Lokale/regionale Projekte bieten sich an. Eine Variante: fiktives Projekt, fiktive Standorte bewerten. Wegen des Umfangs auch für Gruppenarbeit geeignet. Mehrere Gruppen in einer Klasse.

2.5 Wasserkraft: Der Kreislauf des Wassers

Ziele

Die Schüler/innen

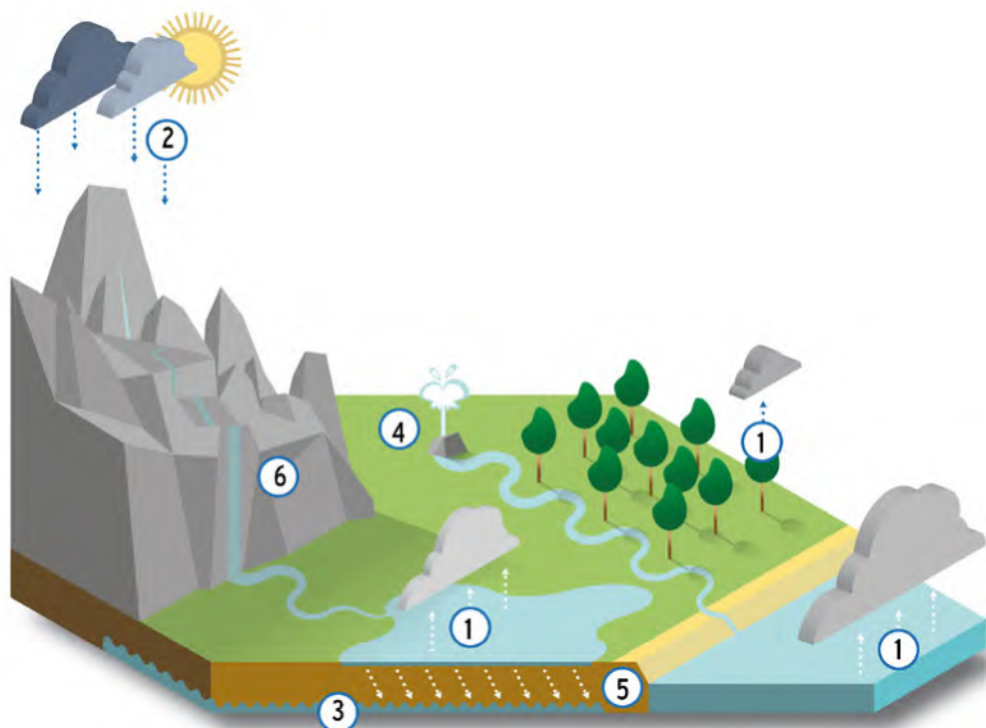
- wiederholen und festigen wichtige Begriffe zum Wasserkreislauf,
- können Orte identifizieren, die eine Wasserkraftnutzung ermöglichen.

Hinweise zur Umsetzung

- Einstieg zum Beispiel über Schilderung eigener Erfahrungen mit der Kraft des Wassers (Wellen am Meer, reißende Bäche, Treibgut und fortgeschwemmte Erde nach Hochwasser et cetera)

Lösungen

1.



2. Für die Energiegewinnung sehr gut geeigneter Standort: Abfluss eines Stausees (große Fallhöhe und damit hohes Arbeitspotential (hoher Druck); regelbare und möglicherweise große Wassermenge). Bedingt geeignet: Fluss (möglicherweise große, aber schwankende Wassermenge, geringe Fließgeschwindigkeit); Bach (geringe, schwankende Wassermenge). Nicht geeignet: Quelle (zu wenig Wasser), Binnensee (keine Bewegung). Aus Sicht des Umweltschutzes ist die Stromerzeugung aus Wasserkraft in der Regel mit erheblichen Eingriffen in die Natur verbunden, am sichtbarsten ist dies bei Stauseen. Auch an Flüssen muss das Wasser gestaut werden; die Uferlandschaften vor und nach der Staustufe verändern sich. Zudem wird wandernden Fischarten der Weg versperrt. Die Folgen können zum Beispiel durch Fischtreppe gemildert werden.
3. Speicherkraftwerke können dazu dienen, die schwankende Stromerzeugung aus Sonne und Wind auszugleichen. Denn je nach Wetter können diese Formen der erneuerbaren Energien zu viel oder zu wenig Strom liefern. Solange mehr Strom produziert wird als verbraucht, wird dieser genutzt, um Wasser in das höher gelegene Reservoir des Speicherkraftwerks zu pumpen. Wenn Wind und Sonne zu wenig Energie liefern oder der Verbrauch besonders hoch ist, wird das Wasser aus dem Reservoir genutzt, um Strom zu erzeugen.
4. Fachleute sehen in Deutschland begrenzte Möglichkeiten, mehr Wasserkraft zu gewinnen; vor allem, weil die meisten geeigneten Standorte schon genutzt werden. Viele der vorhandenen Wasserkraftwerke könnten jedoch modernisiert werden. Auf dieser Weise wären an vielen Standorten deutliche Leistungssteigerungen möglich.

2.6 Bioenergie: Energie aus Biomasse

Lernziele

Die Schüler/-innen

- entwickeln ein Verständnis für die energetische Nutzung von Biomasse,
- informieren sich über Nutzungskonflikte und sind in der Lage, die Problematik zu bewerten.

Hinweise zur Durchführung

Das Arbeitsblatt ermöglicht einen spielerischen Einstieg in das Thema Energiegewinnung aus Biomasse und leitet zu den Kontroversen in diesem Themenfeld über. Den Schwerpunkt bilden Recherchen zum Anbau von Energiepflanzen und zur damit verbundenen Problematik.

In vielen ländlichen Regionen sind große Raps- und Maisfelder ein vertrautes Bild. Dieses Detail aus dem Lebensumfeld kann zum Einstieg genutzt werden: Die Klasse sammelt Ideen, warum Raps und Mais angebaut werden. Die Lehrkraft informiert darüber, dass diese auch als „Energiepflanzen“ gelten. Nachfolgend werden die Aufgaben des Arbeitsblattes bearbeitet. Dies kann auch in Gruppenarbeit geschehen.

Erweiterung

Im Anschluss an die Aufgaben 1 und 2 auf dem Arbeitsblatt kann zum Beispiel folgende Aufgabe bearbeitet werden:

3. Überlege anhand deiner Ergebnisse aus der Aufgaben 2, was für oder gegen die Verwendung der einzelnen Formen der Biomasse spricht. Ergänze die Tabelle um eine weitere Spalte mit deiner Bewertung. Du kannst dort auch Bedingungen formulieren in der Form: Eignet sich nur, wenn ...

Lösung

1. Richtig: Aus Raps kann man Öl machen, aus Kuhmist kann man Strom erzeugen, mit Mais kann man heizen, Essensreste und Küchenabfälle kommen ins Kraftwerk, manche Autos brauchen Zuckerrohr zum Fahren.

2. bis 3.

Form der Biomasse	Wie entsteht sie?	Wie wird sie genutzt?	Bewertung
Raps	wird auf Feldern angebaut	für Öl, Tierfutterherstellung	bedingt geeignet wegen negativer Auswirkungen auf die Umwelt; ethische Bedenken, da als Nahrungsmittel geeignet
Kuhmist	bei der Viehhaltung	Dünger	gut geeignet, da keine konkurrierende Nutzung
Mais	wird auf Feldern angebaut	Nahrungsmittel für Menschen und Tiere	bedingt geeignet wegen negativer Auswirkungen auf die Umwelt; ethische Bedenken, da als Nahrungsmittel geeignet
Essensreste und Küchenabfälle	Abfall aus Restaurants, private Haushalte, Lebensmittelherstellung	gegebenenfalls Tierfutter	gut geeignet, da keine konkurrierende Nutzung
Zuckerrohr	wird auf Feldern angebaut	Zuckerherstellung (Nahrungsmittel)	bedingt geeignet wegen negativer Auswirkungen auf die Umwelt; ethische Bedenken, da als Nahrungsmittel geeignet
Holz	wächst in Wäldern	Baumaterial, Papier	geringe Verfügbarkeit; wertvoller Rohstoff

Mögliche Bedingungen für die Nutzung aus Biomasse:

- Pflanzen müssen aus nachhaltigem Anbau stammen; zum Beispiel sollen Umweltbelastungen vermieden werden
- konkurrierende menschliche Bedürfnisse müssen abgewogen werden; falls Pflanzen als Nahrungsmittel benötigt werden, hat dies Vorrang

Erweiterungsaufgabe

Ergänzend können Recherchen zum Thema Energiepflanzen durchgeführt werden.

Recherchiere, a) welche Formen von Biomasse extra für die Energieerzeugung angebaut werden, b) wie groß der Aufwand für den Anbau von Energiepflanzen ist, c) was mögliche Folgen für die Umwelt sein könnten und d) was die Nachfrage nach Energierohstoffen in Entwicklungs- und Schwellenländern auslösen könnte. Nutze für die Recherchen die Internetseite <http://energiepflanzen.fnr.de> oder die Informationen des Umweltbundesamtes unter <http://www.uba.de> > Themen > Klima und Energie > Erneuerbare Energien > Bioenergie. Ergänze deine Tabelle um eine Spalte und notiere dort deine Ergebnisse in Stichworten.

Lösung

Form der Biomasse	Aufwand und Umweltfolgen
Raps	Anbau und Ernte erfordern Energieeinsatz, Gefahr von Monokulturen
Kuhmist	kaum Aufwand, keine negativen Umweltfolgen
Mais	Anbau und Ernte erfordern Energieeinsatz, Gefahr von Monokulturen
Essensreste und Küchenabfälle	kaum Aufwand, keine negativen Umweltfolgen
Zuckerrohr	Anbau und Ernte erfordern Energieeinsatz, Gefahr von Monokulturen
Holz	Holzeinschlag bei nachhaltiger Nutzung nur begrenzt möglich

2.7 Energie aus dem Erdinneren: Geothermie

Ziele

Die Schüler/-innen

- lernen die Möglichkeiten der Energiegewinnung mittels Geothermie kennen,
- können die grundlegende Funktionsweise eines Geothermiekraftwerks erklären.

Hinweise zur Umsetzung

Das Arbeitsblatt eignet sich für einen spielerischen ersten Einblick in die Thematik. Es sollte in eine umfassendere Beschäftigung mit dem Thema eingebettet werden. Als Ergänzung eignen sich unter anderem Filmdokumentationen zum Thema Erdwärme, die in der Regel sehr eindrucksvolle Beispiele aus Regionen zeigen, in denen Erdwärme eine wichtige Rolle spielt (heiße Quellen in Island et cetera).

Damit die spielerische Umsetzung gelingt, sollte sich die Lehrkraft vorab mit den Regeln und den Anweisungen für beide Teams vertraut machen.

Ziel des Spiels ist es, die auf der Lösungskarte (siehe unten) eingetragenen Erdwärmequellen möglichst „kostengünstig“ anzuzapfen.

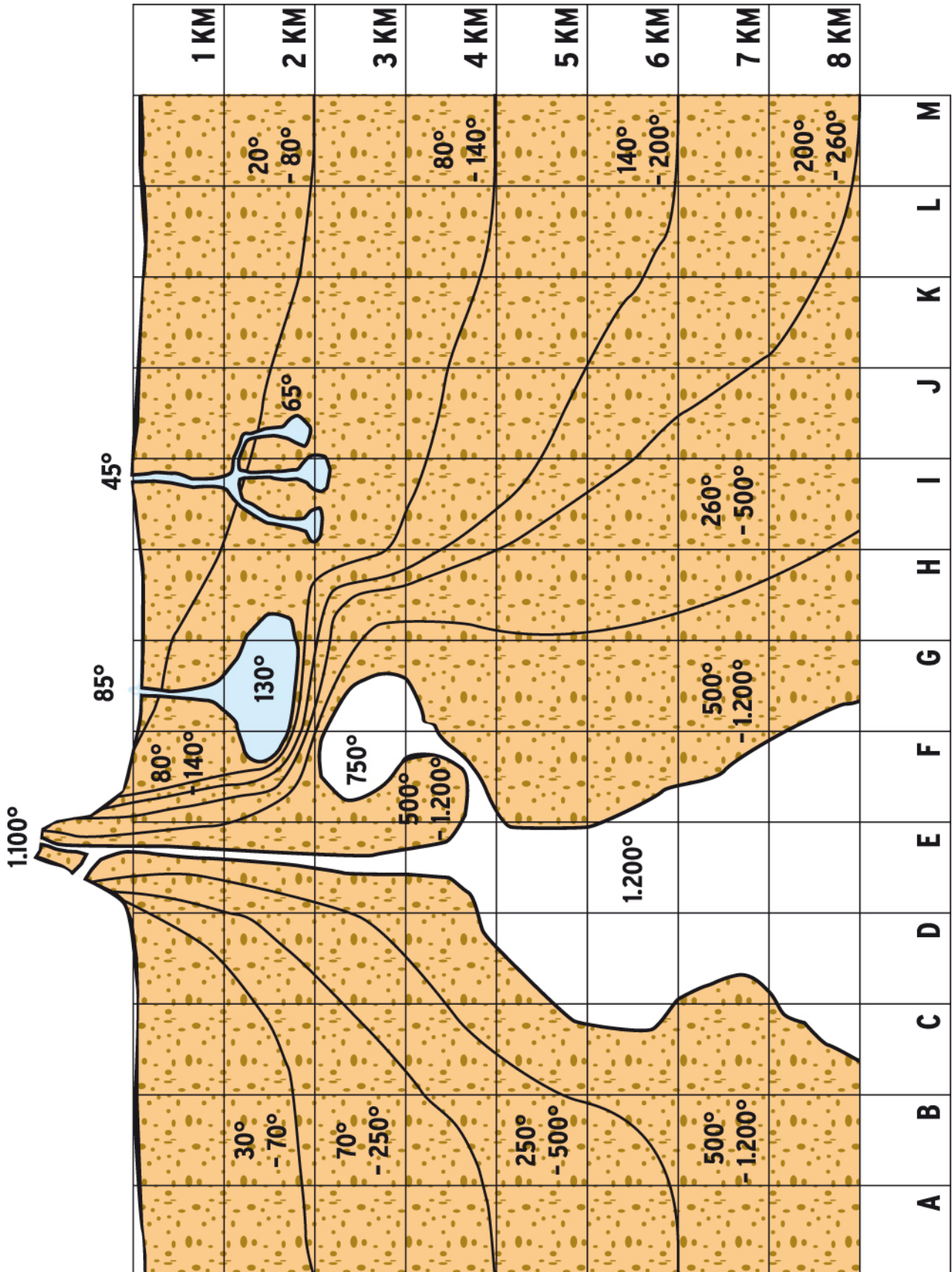
Die Klasse kann in Gruppen aus möglichst vier Schülern/Schülerinnen eingeteilt werden. In jeder Gruppe bilden jeweils zwei Schüler/-innen ein Technik- und ein Wissenschaftsteam.

Das Spiel wird so lange gespielt, bis die erste Gruppe entweder alle Quellen gefunden oder ihr Budget aufgebraucht hat.

Erweiterungsaufgabe

Recherchiert zum Thema Geothermie im Internet. Beschreibt, welche Alternativen es dazu gibt, sehr tief zu bohren oder heiße Quellen anzuzapfen.

Karte mit Lösungen für das Technikteam



3 Das Energiesystem der Zukunft

Hintergrund dieses Kapitels

Das Hauptproblem künftiger Energieversorgungsmodelle liegt im noch ungebremsten weltweiten Energiehunger. Dabei handelt es sich um ein Problem von weltweiter Dimension, das auch nur global gelöst werden kann. Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz sind die Voraussetzungen, um hier überhaupt zu Fortschritten zu kommen. Erst dann können Visionen vom weltweiten Ausbau der erneuerbaren Energien überhaupt in den Bereich des Machbaren gelangen.

In den vorliegenden Materialien soll dennoch das Thema der weltweiten Verfügbarkeit erneuerbarer Energieträger verfolgt werden. Es ist jedoch zu betonen, dass in der Realität natürlich nur die Verbindung von Ökologie und Ökonomie Chancen auf Verwirklichung hat, das heißt, die im Verlauf des Kapitels vorgestellte Idee eines weltweiten Energieversorgungsnetzes auf Basis erneuerbarer Energien ist aus heutiger Sicht natürlich sehr utopisch.

Gleichwohl fallen erneuerbare Energieträger weltweit in breiterer Verteilung an. Vergleicht man zudem die räumliche Anordnung des Energieverbrauchs und zum Beispiel der Möglichkeiten zur Erzeugung von Solarenergie, so fällt auf, dass hier beinahe Gegensätze herrschen: Wo viel Sonne ist, da wird kaum Energie gebraucht und umgekehrt. Ähnliches gilt auch für andere erneuerbare Energieträger.

Ein weltweites Verbundsystem erneuerbarer Energien, das ganze Kontinente verbindet – das klingt nach Zukunftsmusik. Dennoch wird an der Ablösung der Welt-Kohlenwasserstoff-Energiewirtschaft bereits intensiv geforscht und gearbeitet. Unter dem Titel „Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation (TREC)“ existieren bereits Pläne zu einer Energievernetzung des Mittelmeerraums. TREC hat auch das Konzept des Desertec-Projekts entwickelt.

In der vorliegenden Unterrichtseinheit sollen die Schülerinnen und Schüler erkennen, wie die einzelnen erneuerbaren Energieträger weltweit verfügbar sind, und herausfinden, wo auf der Erde die meiste Energie verbraucht wird. Mit diesen Erkenntnissen entwerfen sie ein weltweites Versorgungsnetz für erneuerbare Energien.

Lehrplananbindung

- Energieversorgung und rationeller Einsatz von Energie: globaler Energiebedarf; biologische und fossile Energiequellen (Bilanzen; Nutzung von Primärenergiequellen; regenerierbare Energiequellen)
- erneuerbare und fossile Energieträger
- Pflanzen als Energie- und Rohstofflieferanten der Zukunft
- Einblick in die Energietechnik: regenerative Energiequellen
- ökologische Konsequenzen der Nutzung fossiler Brennstoffe
- Energieträger: Umweltproblematik, Art und Ausmaß von Umweltbelastungen (lokale bis weltweite Auswirkungen menschlicher Eingriffe auf Luft, Wasser, Boden, Klima und so weiter; Einzelwirkungen; Wirkungszusammenhänge)
- Rohstoff- und Energievorräte, Energiegewinnung
- Entwicklung des Energiebedarfs der Bundesrepublik Deutschland und der Weltgemeinschaft, weltweite Energievorräte
- Energieträger und die Auswirkungen ihrer Verwendung auf die Umwelt
- Rekultivierung/Weltenergieverbrauch, Energiesituation in Deutschland
- Probleme infolge der Energienutzung, CO₂-Problematik bei fossilen Energieträgern, Verfügbarkeit regenerativer Energien
- globale und regionale Energieszenarien: Entwicklung des Weltenergieverbrauchs, Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch
- Energieversorgung im europäischen Verbund
- Möglichkeiten und Grenzen der Technik im Umweltschutz, Energieeinsparung und umweltschonende Energieversorgung als Forschungs- und Entwicklungsaufgabe, Vermeidung von Umweltproblemen durch vorausschauendes Planen und Forschen
- Verteilung des Energieverbrauchs (Energiebedarf von Verbrauchergruppen, Weltenergieverbrauch), Energiesparmaßnahmen (Energiereserven)

3.1 Erneuerbare Energien im Mix

Lernziel

Die Schüler/-innen

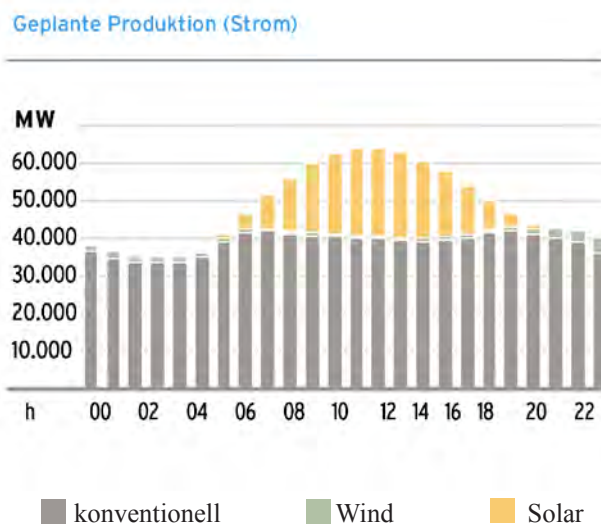
- informieren sich zu Grundlagen des Aufbaus des Stromnetzes,
- lernen den Begriff „Energimix“ kennen, bewerten und anwenden,
- erfahren Grundlagen der Spannungsumwandlung.

Hinweise zur Umsetzung

Hinweis zu Aufgabe 3: Die Zeichnung kann mangels Zahlengrundlage nur qualitativ sein, das heißt, sie zeigt keine konkreten Werte, sondern nur deren Entwicklungstendenz.

Lösungen

1. Die blauen Balken in Abbildung 11 zeigen, wie die Stromproduktion aus Photovoltaik im Tagesverlauf schwankt. Die Kurve lässt sich mit der Stärke des Tageslichts erklären. Nachts wird kein Strom erzeugt. Je stärker die Sonneneinstrahlung im Tagesverlauf, desto mehr Strom wird erzeugt. Die grünen Balken in Abbildung 11 zeigen, wie die Stromproduktion aus Windkraft an einem bestimmten Tag schwankt. Die Schwankungen werden durch die wechselnde Windstärke verursacht. Am Beispieltag war der Wind gegen Mittag am schwächsten und wurde bis in den Abend und die Nacht hinein immer stärker.
2. Das Bild zeigt öffentlichen Verkehr und Straßenverkehr, Wohnhäuser, Lichter, eine Baustelle. Naheliegende Beispiele sind: Beleuchtung, Transport, Bauen/Betrieb von Maschinen beziehungsweise Produktion, Wohnen/Privathaushalte: Kochen, Heizen, Licht et cetera.
3. Der Energiebedarf folgt den Aktivitäten der Menschen, ist also nachts gering (nur Straßenbeleuchtung, Heizungen, Kühlgeräte ...). Tagsüber während der üblichen Arbeitszeiten ist er am größten, da alle Arten des Verbrauchs zugleich auftreten. Der typische Verlauf, tagesaktuell angepasst an Verbrauchsdaten und Jahreszeit, ist auf der Internetseite der europäischen Strombörse EEX in Leipzig abrufbar (siehe Abbildung).



Beispielhafter Verlauf der Stromproduktion an einem Sommertag
Quelle: Strombörse EEX¹

¹ <http://www.transparency.eex.com/de/>

4. Wichtigste Energiequellen:

Energiequelle	Leistung veränderlich oder nicht veränderlich	Begründung
Windenergie	veränderlich	wetterabhängig
Sonnenenergie	veränderlich	abhängig von Wetter, Tages- und Jahreszeit
Wasserkraft	wenig veränderlich	nutzt relativ stabile Strömung des Wassers (z. B. große Flüsse, Stauseen), jedoch gibt es jahreszeitliche Schwankungen
Geothermie	nicht veränderlich	nutzt stabile geologische Gegebenheiten
Biomasse	wenig veränderlich	nutzt gleichmäßigen chemischen Prozess

5. Einzelne veränderliche Energiequellen wie zum Beispiel Wind- oder Sonnenenergie können den Energiebedarf nicht decken, da sie nicht immer zur Verfügung stehen, wenn Energie benötigt wird. Es werden zusätzlich Energiequellen benötigt, die stabil Leistung liefern, und deren Leistung gegebenenfalls entsprechend dem Bedarf geregelt werden kann. Daher wird ein „Mix“ aus Energiequellen benötigt.

3.2 Was muss das Stromnetz leisten?

Ziele

Die Schüler/-innen

- lernen grundlegende Eigenschaften des Stromversorgungsnetzes in Deutschland kennen,
- können die Rolle verschiedener Technologien der Stromerzeugung im Stromnetz bewerten,
- erkennen die Bedeutung des Netzausbaus für ein Netz mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien.

Hinweise zur Umsetzung

Es bietet sich an, das Arbeitsblatt mit aktuellen Diskussionen beziehungsweise Projekten des Netzausbaus zu verknüpfen. Zum Einstieg kann der jeweils aktuelle Aspekt diskutiert werden, zum Beispiel in Form einer Auswertung von Medienberichten. Im Folgenden werden die Aufgaben bearbeitet; abschließend wird der aktuelle Anlass erneut thematisiert, eingeordnet und bewertet.

Das in Aufgabe 3 genannte Schaubild kann in Form einer sogenannten Concept-Map umgesetzt werden. Dabei können auch Fotos recherchiert und verwendet werden, um ein visuell ansprechendes Ergebnis zu erreichen.

Lösung

1. Geeignet sind verschiedenste Kombinationen, vorausgesetzt, sie umfassen eine Energiequelle mit hoher Leistung, die regelbar ist. Nur so kann der hohe Energiebedarf einer Stadt gedeckt werden und zudem die Stromproduktion an den schwankenden Bedarf angepasst werden.
2. a) Es würden 233 neue Windenergieanlagen benötigt. b) Es würden rund 21.700 Photovoltaikanlagen und rund 1.250 Biogasanlagen benötigt, wenn man von der jeweils durchschnittlichen Leistung der heute betriebenen Anlagen ausgeht. c) Das Netz würde komplexer, und es würden insgesamt mehr Leitungen benötigt, denn: Es müssten sehr viel mehr Stromerzeuger als derzeit mit dem Versorgungsnetz verbunden werden. Die Anlagen hätten insgesamt einen größeren Platzbedarf und müssten über größere Räume verteilt werden. Die Standorte und somit der Verlauf

der Leitungen wären stärker von natürlichen Bedingungen bestimmt, denn Windenergieanlagen sind an Standorte mit guten Windbedingungen gebunden, Photovoltaikanlagen an Standorte mit möglichst langer Sonnenscheindauer.

3. Besonders dicht ist das Netz in Ballungsräumen (NRW) sowie in Gebieten mit hoher Industriedichte und/oder großer Bevölkerung (Süddeutschland). Die Karte zeigt Leitungen, die im Meer enden, da im Zuge des Netzausbaus große Offshore-Windparks angeschlossen werden sollen.

3.3 Unsere Welt

Ziele

Die Schüler/-innen

- erkennen die weltweit ungleiche Verteilung von Energieressourcen und -verbrauch,
- bewerten die Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien in verschiedenen Regionen der Erde,
- können den Umbau der Energieversorgung in einen weltweiten Kontext einordnen.

Hinweise zur Umsetzung

Zum Einstieg kann das bekannte reale Projekt Desertec vorgestellt werden. Dies kann zum Beispiel mithilfe eines kurzen Films geschehen. Geeignete Ausschnitte aus Dokumentationen finden sich in Videoportalen beziehungsweise Mediatheken der Fernsehsender im Internet.

Die folgenden Arbeitsblätter zu verschiedenen Formen erneuerbarer Energien eignen sich für eine Gruppenarbeit. Dabei bearbeitet je eine Gruppe ein Arbeitsblatt.

- Im Raum wird eine große Weltkarte angebracht. Für die Präsentation auf einem Smartboard kann die digitale Vorlage aus Wikimedia Commons verwendet werden. Sie kann unter http://commons.wikimedia.org/wiki/Maps_of_the_world heruntergeladen werden.
- Jede Arbeitsgruppe ermittelt die geografische Verteilung der jeweiligen Energieträger auf der Welt mithilfe der Informationen auf den Arbeitsblättern und stellt deren Potenziale fest.
- Die Arbeitsgruppen zeichnen ihre Ergebnisse in die große Weltkarte ein und markieren gegebenenfalls Standorte für entsprechende Erzeugungsanlagen.
- Gemeinsam versucht die Klasse, ein Netzwerk zu entwickeln, das die Erzeugungsschwerpunkte mit den Verbrauchsschwerpunkten sinnvoll verknüpft.

Erweiterung

- Die Weltkarte kann im Rahmen einer Projektarbeit zu erneuerbaren Energien weiterentwickelt werden. Sie könnte beispielsweise ins Internet übertragen und mit entsprechenden Links und Informationen versehen werden.
- Insbesondere das Thema Windenergie eignet sich dafür, die Aufgaben auf die deutsche beziehungsweise europäische Ebene zu übertragen.

3.4 Energieverbrauch

Lösungen

1. Die Regionen mit starker Lichtabstrahlung markieren vor allem die Industrie- und Bevölkerungszentren der Industrie- und Schwellenländer. Regionen mit sehr schwacher Lichtabstrahlung umfassen zum einen unbewohnte bzw. sehr dünn besiedelte Gebiete (zum Beispiel Wüsten, Amazonasgebiet), zum anderen weite Teile der Entwicklungsländer (zum Beispiel große Teile von Afrika).
2. Regionen mit starker Lichtabstrahlung entsprechen Regionen, die einen hohen Energieverbrauch aufweisen.
3. Insbesondere in den Schwellenländern, aber auch in vielen Entwicklungsländern wird der Energiebedarf zunehmen.

3.5 Solarenergie

Hintergrund

Die Karte gibt die sogenannte globale Solareinstrahlung wieder, welche die direkte und diffuse Strahlung umfasst und vor allem für photovoltaische Nutzung, solare Wärmeengewinnung und in der großtechnischen Stromerzeugung für Aufwindkraftwerke relevant ist. Gerade im Bereich der Nutzung solarer Energie werden künftig weitere große Fortschritte erwartet – was die großtechnische Stromerzeugung angeht, allerdings weniger durch die Photovoltaik.

Photovoltaische Anlagen werden ihren Hauptnutzen bei dezentralen, kleineren „Insellösungen“ entwickeln. Eine billige großtechnische Erzeugung von Strom mit Anschluss an das Stromnetz ist weltweit eher durch große solarthermische Kraftwerke wie Parabolrinnenkraftwerke zu erwarten. Diese Kraftwerkstypen werden als konzentrierende Systeme bezeichnet. Sie nutzen nicht die globale Solarstrahlung, sondern nur die sogenannte Direktstrahlung. Praktisch alle kommerziell arbeitenden Kraftwerke dieses Typs befinden sich bisher in Kalifornien, USA.

Die Intention des Arbeitsblattes ist, den Schülerinnen und Schülern die Diskrepanz zwischen der vorhandenen Sonneneinstrahlung und ihrer tatsächlichen Nutzung bewusst zu machen. Dabei ist die Zusatzinformation über den tatsächlichen Einsatzbereich der Photovoltaik wichtig: Hauptnutzen der Photovoltaik ist der Einsatz in Form dezentraler Systeme zur Stromerzeugung und Insellösungen ohne Netzanschluss. Großtechnische Stromerzeugung wird eher durch solarthermische Kraftwerke stattfinden.

Lösungen

1. Geeignet sind Regionen mit starker Sonneneinstrahlung, das heißt vor allem in Äquatornähe.
2. Siehe Weltkarte
3. In den Beispielländern Italien und Deutschland ist der Anteil der Photovoltaik an der Stromerzeugung höher als in Ländern, die laut Karte ein höheres Potenzial haben. Dazu zählen zum Beispiel die USA, Australien, Mexiko.

Erweiterungsaufgabe

Im Rahmen der Energiewende-Diskussion wird insbesondere immer wieder thematisiert, wie effizient die Nutzung von Photovoltaik in Deutschland im Vergleich zu anderen Formen der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ist. Dies kann Anlass für vertiefende Recherchen zu diesem Thema sein.

Recherchiere, unter welchen Umständen die Nutzung von Photovoltaik in Deutschland sinnvoll ist. Nutze dazu zum Beispiel die Broschüre des Bundesumweltministeriums „Erneuerbare Energien – Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft“, die im Internet verfügbar ist.

3.6 Windenergie

Lösungen

1. Weltweit finden sich gute Bedingungen vor allem in Küstennähe.
2. Den höchsten Anteil weisen in der Tabelle die Länder Dänemark und Portugal auf; beides Länder mit im Verhältnis zur Fläche langen Küsten.
3. Überall dort, wo gute Windbedingungen herrschen und gleichzeitig Natur und menschliche Interessen nicht beeinträchtigt werden. Im dicht besiedelten Deutschland wird großes Potenzial bei Offshore-Windparks gesehen; für kleinere Anlagen herrschen zum Teil gute Bedingungen auf größeren Ebenen oder Anhöhen.

3.7 Wasserkraft

Daten und Informationen zur Wasserkraft weltweit bietet unter anderem die Internationale Energieagentur an. Zentrale Fakten und neuere Zahlen zu den auf der Karte gezeigten Potenzialen finden sich zum Beispiel in der Broschüre „Hydropower Essentials“ (2010), online verfügbar unter http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Hydropower_Essentials.pdf.

Erweiterung

Im Anschluss an die Aufgaben 1 und 2 auf dem Arbeitsblatt kann zum Beispiel folgende Aufgabe bearbeitet werden:

3. Recherchiere, welche technischen Möglichkeiten es zur Nutzung der Wasserkraft gibt. Nutze dafür zum Beispiel die Informationen des Umweltbundesamtes unter <http://www.uba.de> > Themen > Energie und Klima > Erneuerbare Energien > Wasserkraft. Notiere jeweils Vor- und Nachteile.

Lösungen

1. Laut Karte gibt es ein besonders großes, nicht ausgeschöpftes Potenzial in folgenden Regionen: Afrika, Südamerika, Russland, China, Südostasien.
2. Insbesondere in weniger entwickelten Ländern Afrikas und Südamerikas können die hohen Kosten für die Errichtung großer Wasserkraftwerke ein großes Hindernis darstellen.
3. Neben Kraftwerken an Flüssen und Stauseen gibt es auch verschiedene Formen von Gezeitenkraftwerken.

3.8 Bioenergie

Erweiterung

Im Anschluss an die Aufgaben 1 bis 3 auf dem Arbeitsblatt kann zum Beispiel folgende Aufgabe bearbeitet werden:

4. Überlege, was die Gründe dafür sein könnten, dass in manchen Regionen Biomasse nur wenig für die Stromerzeugung genutzt wird.

Lösungen

1. Pflanzenreste und -abfälle (zum Beispiel auch Pellets aus Holzresten), organische Abfälle (Essensreste, Abfälle aus der Nahrungsmittelproduktion), organische Abfälle aus der Tierhaltung. Biomasse ist demnach überall dort verfügbar, wo Landwirtschaft betrieben wird oder wo viele Abfälle anfallen (dicht besiedelte Regionen).
2. Die Liste enthält nur wenige Schwellenländer und keine Entwicklungsländer, dafür aber vergleichsweise kleine Industrieländer wie Schweden und Finnland. Dabei sollte Biomasse in bevölkerungsreichen und klimatisch günstig gelegenen Ländern wie Indonesien besser verfügbar sein.

3.9 Geothermie

Erweiterung

Im Anschluss an die Aufgaben 1 und 2 auf dem Arbeitsblatt können zum Beispiel folgende Aufgaben bearbeitet werden:

3. Überlege, wie die Erdwärme technisch nutzbar gemacht wird. Recherchiere dazu zum Beispiel im Internet auf der Seite der Deutschen Energie-Agentur <http://www.thema-energie.de> > Energie erzeugen > Erneuerbare Energien > Geothermie. Erkläre die Stromerzeugung aus Erdwärme und beschreibe Wege, um die Wärme gezielt zu nutzen.
4. In Deutschland spielt die oberflächennahe Geothermie eine zunehmend wichtige Rolle, auch für

private Haushalte. Umfassende Informationen dazu bietet das Umweltbundesamt im Internet an: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/geothermie>
Recherchiere auf der angegebenen Internetseite Möglichkeiten, Erdwärme aus geringeren Tiefen zu nutzen. Tipp: Verwende auch die Bildersuche einer Suchmaschine und die Suchbegriffe Erdwärmekollektor und Erdwärmesonde.

Lösungen

1. Gute Bedingungen finden sich vor allem entlang der Westküste Süd- und Nordamerikas, in Mittelamerika, im Osten Afrikas, in Süd- und Südosteuropa, in Südostasien sowie in Japan.
2. In der Tabelle finden sich außer Mexiko keine mittel- und südamerikanischen Länder, obwohl laut Karte vielerorts Potenzial vorhanden sein sollte. Außer Äthiopien wird zudem kein afrikanisches Land aufgeführt.
3. Mit tiefen Bohrungen werden heiße Gesteinsschichten erreicht. Wasser wird in die heißen Schichten gepumpt und durch eine weitere Bohrung wieder nach oben befördert. Je nach Temperatur kann auch Dampf erzeugt werden, der zur Stromerzeugung genutzt wird.
4. Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden erlauben es, auch die Wärme in geringen Tiefen zu nutzen. Sie liegt oft nur wenige Grad über der Außentemperatur. Mithilfe von Wärmepumpen können auf dieser Grundlage jedoch auch höhere Temperaturen erreicht werden.

4 Erneuerbare Energien in der Diskussion

Das Kapitel thematisiert zentrale Aspekte der deutschen Energiewende-Diskussion und verknüpft diese mit langfristigen Entwicklungen in der internationalen Klimapolitik sowie mit grundsätzlichen Fragen zum weltweiten Ressourcenverbrauch und zur globalen Gerechtigkeit.

Die Bedeutung der erneuerbaren Energien für die nachhaltige Entwicklung der gesamten Weltgemeinschaft wird besonders deutlich, wenn man sich bewusst macht, wie ungleich Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß derzeit auf der Welt verteilt sind.

Längst ist klar, dass dieses heutige System nicht zukunftsfähig ist. Allein mit Indien und China treten Industrienationen auf den Plan, die einen enormen Energiehunger haben und bereits heute die Weltenergiemärkte massiv beeinflussen. Sollten diese Länder den gleichen Weg gehen wie die „alten“ Industriestaaten bisher, sind die Folgen für die Energieversorgung und für das Klima kaum absehbar.

Die vorliegenden Materialien sollen dazu dienen, den Schülerinnen und Schülern diese Relationen bewusst zu machen. Sie sollen ihre eigene Lebensweise mit der von Familien in anderen Ländern vergleichen und gemeinsam über Fragen der Gerechtigkeit reflektieren.

Lehrplananbindung

Die folgende Übersicht umfasst beispielhafte Auszüge aus den Lehrplänen verschiedener Bundesländer.

- Fossile Brenn- und Rohstoffe: allgemeine Rohstoff- und Energiesituation/Werten der Nutzung
- Ökologische Konsequenzen der Nutzung fossiler Brennstoffe
- Energieträger: Umweltproblematik; Art und Ausmaß von Umweltbelastungen (lokale bis weltweite Auswirkungen menschlicher Eingriffe auf Luft, Wasser, Boden, Klima und so weiter, Einzelwirkungen, Wirkungszusammenhänge)
- Umweltaspekte der Nutzung von Elektroenergie
- Umweltbelastung durch Gewinnung und Transport, Verarbeitung und Verbrauch fossiler Energie
- Entwicklung des Energiebedarfs der Bundesrepublik Deutschland und der Weltgemeinschaft; weltweite Energievorräte
- Energieträger und die Auswirkungen ihrer Verwendung auf die Umwelt
- Rohstoffwirtschaft und ihre ökologischen Auswirkungen am Beispiel der Energierohstoffe: Abbau, Welthandel und ökologische Aspekte bei der Nutzung von Erdöl/ökologische Aspekte bei der Nutzung von Kohle; Rekultivierung/Weltenergieverbrauch; Energiesituation in Deutschland
- Umweltprobleme durch Erdöl und seine Produkte; Maßnahmen zu ihrer Bewältigung, unter anderem umweltbewusstes Autofahren
- Probleme infolge der Energienutzung; CO₂-Problematik bei fossilen Energieträgern; Risiken bei der Kernenergie; Verfügbarkeit regenerativer Energien
- Arbeitsentlastung und Energieverbrauch durch Haushaltsgeräte
- Wirtschaften im Haushalt: Ökologie: Langlebigkeit von Produkten; Energiebilanz; umweltverträgliche Produktion, Nutzung und Entsorgung
- Wege zur mündigen Verbraucherin beziehungsweise zum mündigen Verbraucher: Energieaufwand bei Herstellung und Transport von Waren
- Globale und regionale Energieszenarien: Entwicklung des Weltenergieverbrauchs, Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch
- Bauen und Wohnen: Energiekosten
- USA: ökologische Fragestellungen: Folgen der Überproduktion und des wachsenden Energiebedarfs
- Energieumsatz der Bundesrepublik Deutschland; Rolle der verschiedenen Energieträger
- Rationelle Verwendung von Energie
- Möglichkeiten und Grenzen der Technik im Umweltschutz; Energieeinsparung und umweltschonende Energieversorgung als Forschungs- und Entwicklungsaufgabe; Vermeidung von Umweltproblemen durch vorausschauendes Planen und Forschen
- Verteilung des Energieverbrauchs (Energiebedarf von Verbrauchergruppen, Weltenergieverbrauch), Energiesparmaßnahmen (Energiereserven)

4.1 Was ist die Energiewende?

Ziele

Die Schüler/-innen

- informieren sich über die Energiewende-Diskussion,
- lernen wichtige Rahmenbedingungen, politische Entscheidungen sowie deren Begriffe kennen, verstehen und können diese erklären.

Umsetzung

Zum Einstieg empfiehlt sich, einen aktuellen Aspekt der Energiewende-Diskussion aufzugreifen und diesen im weiteren Verlauf mit den Inhalten des Arbeitsblattes zu verknüpfen. Dazu eignen sich zum Beispiel die immer wieder auftretenden öffentlichen Debatten über den Strompreis, die Förderung von bestimmten Technologien wie der Photovoltaik, die Eröffnung von Offshore-Windparks et cetera.

Die Aufgaben eignen sich aufgrund ihrer Komplexität für Partner- oder Gruppenarbeiten beziehungsweise können zum Teil im Plenum diskutiert werden. So können zum Beispiel zum Einstieg in Aufgabe 1 Medienberichte gemeinsam diskutiert werden, anschließend folgt die weitere Bearbeitung in Gruppen.

Zum Abschluss sollten mögliche Lösungen für die identifizierten Konflikte thematisiert werden. Erste Ansätze können als Ergänzung zu Aufgabe 3 in der Gruppe entwickelt werden. Im Plenum folgt die abschließende gemeinsame Bewertung der Vorschläge.

Lösungen

1. Mind-Map (Beispiel): Wer hat ein Interesse an der Energieversorgung?

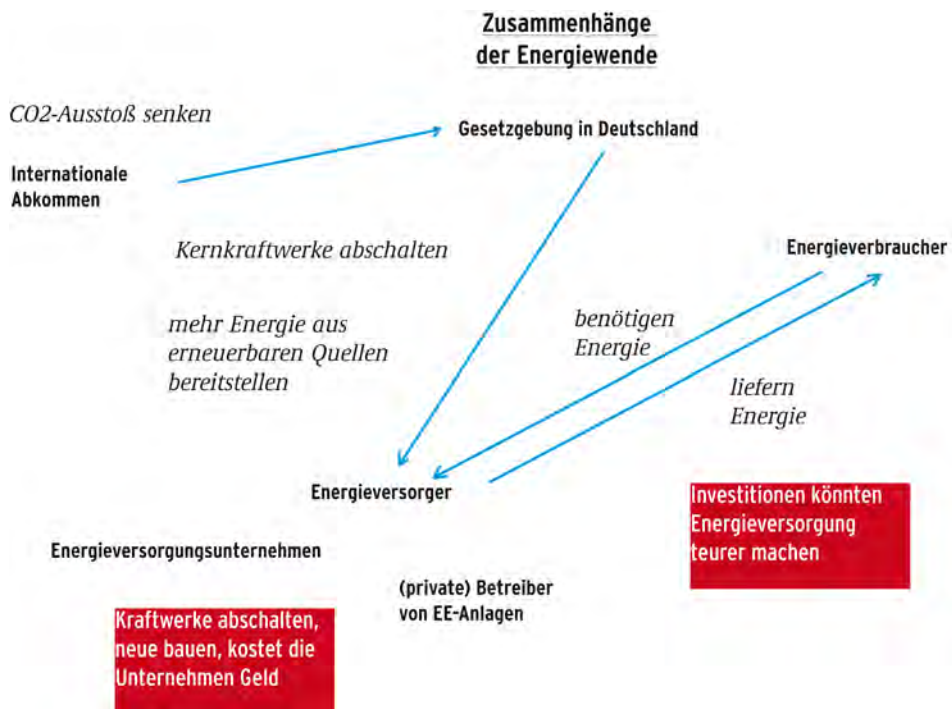


2. Concept-Map (Beispiele)

- Erster Schritt: in der Mind-Map Gruppen identifizieren (Beispiel)



- Zweiter Schritt: Beziehungen formulieren, Konflikte markieren (Beispiel)



Beispiele für weitere Konfliktthemen:

- Verbraucher (Privatleute und/oder Unternehmen) fordern von Politik strengere Klimaschutzvorgaben; Energieversorger sind wegen möglicher Kosten dagegen
 - Große Verbraucher fordern von Politik niedrigere Energiekosten, um wettbewerbsfähig zu bleiben
 - Politik in Deutschland fordert international strengere Klimaschutzvorgaben, damit Unternehmen in Deutschland keine Nachteile haben
3. Siehe oben, Beispiele für weitere Konfliktthemen

4.2 Die Energiewende: Gut oder schlecht oder ...?

Ziele

Die Schüler/-innen

- erfahren Pro- und Kontra-Argumente für die Energiewende und können diese einordnen sowie anwenden,
- entwickeln Verständnis für unterschiedliche Positionen,
- können Vor- und Nachteile der Energiewende abwägen.

Hintergrund

Das Themenfeld erneuerbare Energien umfasst zahllose Einzelaspekte. Gerade in der öffentlichen Debatte beziehungsweise in der Berichterstattung über die Energiewende rücken immer wieder einzelne Technologien oder konkrete Projekte in den Vordergrund. Gerade sie können anschaulich machen, wie sich der Umstieg auf erneuerbare Energien auswirken könnte. Dadurch eignen sich einzelne Beispiele auch als Werkzeuge der Diskussion – Stichworte: „Verspargelung“ durch Windenergie; „Teller oder Tank“ bei Biomasse. Das Arbeitsblatt zielt darauf, einzelne Kontroversen aufzugreifen und Argumentationsweisen zu hinterfragen. Zudem wird thematisiert, dass Bewertungen auch vom Grad der persönlichen Betroffenheit abhängen.

Hinweise zur Umsetzung

Neben den genannten Beispielen auf dem Arbeitsblatt eignen sich insbesondere Beispiele in der eigenen Region, um die Relevanz des Themas zu verdeutlichen. Gegebenenfalls kann die Berichterstattung regionaler Medien darüber für den Einstieg in den Unterricht genutzt werden; je nach örtlichen Gegebenheiten bietet sich auch der Besuch einer Informations- oder Diskussionsveranstaltung an. Auch mittels eines fiktiven Projekts kann der Bezug zum Lebensumfeld hergestellt werden (siehe Vorschlag unter Erweiterung).

Die verschiedenen Themen des Arbeitsblattes – Bioenergie, Windenergie und Netzausbau – können auch einzeln bearbeitet werden, verteilt auf die Schüler/-innen oder auf Gruppen. Die Aufgaben eignen sich für die Gruppenarbeit; die zu erstellende Tabelle kann zum Beispiel in Gruppenarbeit jeweils auf einem Poster angelegt werden.

Zum Abschluss können nach der Besprechung der Ergebnisse gemeinsam Vorschläge für Kompromisse zwischen Gegnern und Befürwortern entwickelt werden. Zum Beispiel: Beim Bau von Höchstspannungsleitungen oder Windenergieanlagen müssen bestimmte Auflagen beachtet werden.

Erweiterung

Sollte zu Beginn keine regionale Kontroverse thematisiert worden sein, kann im Anschluss an die Bearbeitung des Arbeitsblattes ein fiktives Projekt eingeführt und bewertet werden. Es sollte so gewählt werden, dass es eigene Interessen der Schüler/-innen berührt und mögliche Widersprüche besonders deutlich macht (zum Beispiel ein Windpark im örtlichen Naturschutzgebiet). Nachfolgend sollte thematisiert werden, wie die eigene Haltung von der persönlichen Betroffenheit abhängen kann (Hinweis auf den typischen „not in my backyard“-/ „nicht in meinem Vorgarten“-Effekt), und diskutiert werden, warum dies ein Problem darstellen kann. Je nach gewünschtem inhaltlichem Schwerpunkt kann zudem

die Frage bearbeitet werden, welche Rolle die Beteiligung der Betroffenen am Entscheidungs- und Planungsprozess für kontroverse Projekte spielen kann. Hinweise liefert das Beispiel der Suche nach einem Endlager für radioaktive Abfälle.

Umstrittene Projekte – ob real oder fiktiv – eignen sich als Thema für ein Rollenspiel.

Zudem können im Anschluss an die Aufgaben 1 und 2 auf dem Arbeitsblatt folgende Aufgaben bearbeitet werden:

3. Recherchiere im Internet nach weiteren Argumenten. Nutze dafür zum Beispiel die Internetseiten der oben genannten Organisationen. Ergänze deine Tabelle.
4. Wähle eine der genannten Technologien aus. Bewerte die Positionen von jeweils einem Kritiker und einem Befürworter. Überlege, ob sie grundsätzlich für oder gegen die jeweilige Technologie sind oder eine andere Haltung einnehmen. Beschreibe ihre Position kurz in eigenen Worten.

Lösungen

Zu 1. und 2. Tabelle mit Argumenten und offenen Fragen (Beispiele)

Folgen der Energiewende	Argumente dafür	Argumente dagegen	Offene Fragen
Energie soll aus Biomasse erzeugt werden	- ersetzen fossile Energieträger		
- Treibhausgasemissionen werden reduziert	Anbau von Energiepflanzen in Ländern des Südens konkurriert mit Nahrungsmittelanbau	- Was spricht gegen Anbau in Ländern, in denen kein Hunger herrscht?	- Können andere Formen der Biomasse verwendet werden?
Neue Höchstspannungsleitungen sollen gebaut werden	- Stromerzeugung und Verbraucher liegen bei erneuerbaren Energien oft weiter auseinander als bisher und müssen verbunden werden - sichere Energieversorgung soll gewährleistet werden	- Eingriff in Natur - stören Menschen (z. B. Anwohner)	- Können Leitungen nicht so verlegt werden, dass sie keinen Schaden anrichten bzw. niemanden stören? - Wie viele neue Leitungen sind wirklich nötig - reichen auch weniger?
Elektrizität soll durch Windenergie erzeugt werden	- Treibhausgasemissionen (CO ₂) werden reduziert	- Eingriff in Natur/Lebensräume von Tieren	- stören Menschen (Erholungssuchende, Anwohner) - Können Anlagen nicht an Orten errichtet werden, wo die Eingriffe weniger schwer wiegen?

3. Die Internetseiten der zitierten Organisationen sind:

Fachagentur Nachhaltige Rohstoffe e.V.: <http://www.fnr.de>

Quelle für Textauszug:

<http://www.fnr.de/nachwachsende-rohstoffe/bioenergie/energiepflanzen/>

Greenpeace: <http://www.greenpeace.de>

Quelle für Textauszug:

http://www.greenpeace.de/themen/energie/erneuerbare_energien/artikel/biomasse-1/

Interessengemeinschaft Achtung Hochspannung: <http://www.achtung-hochspannung.de>

Quelle für Textauszug:

http://achtung-hochspannung.de/cms/front_content.php?idcat=4

50Hertz: <http://www.50hertz.com/de>

Quelle für Textauszug:

http://www.50hertz.com/de/file/50Hertz_SWKL-Info-Letter_1_Oktober_2013.pdf

Bürgerinitiative Windkraftfreier Soonwald: <http://www.windkraftfreier-soonwald.de>

Quelle für Textauszug:

<http://www.windkraftfreier-soonwald.de/wir-%C3%BCber-uns/>

Juwi: <http://www.juwi.de>

Quelle für Textauszug:

http://www.juwi.de/windenergie/hunsrueck_windpark_ellern.html

4.3 Wollen wir wirklich sparen?

Ziele

Die Schüler/-innen

- bewerten die Rolle des Energiesparens für die Energiewende,
- können den Begriff Effizienz erklären.

Hinweise zur Umsetzung

Als anschauliches Beispiel für die Effizienz beim Stromverbrauch bieten sich Lampen an. Zum Einstieg kann die Lehrkraft zum Beispiel eine der bis vor wenigen Jahren gebräuchlichen Glühlampen (falls noch vorhanden), eine LED-Lampe sowie eine Kompaktleuchtstofflampe („Energiesparlampe“) mitbringen. Im Plenum werden Ideen gesammelt, was die Gegenstände mit dem Thema Energiesparen zu tun haben. Der Begriff Effizienz kann mithilfe weniger Grunddaten der Lampen erklärt werden. Entscheidend sind die Leistungsaufnahme in Watt und die Lichtausbeute in Lumen. Die Effizienz lässt sich vergleichen, indem für die verschiedenen Lampentypen die Lichtausbeute in Lumen pro Watt errechnet wird.

Erweiterung

Im Anschluss an die Aufgaben 1 und 2 auf dem Arbeitsblatt können zum Beispiel folgende Aufgaben bearbeitet werden:

3. Entwirf eine Umfrage, um die Entwicklung des Energieverbrauchs in privaten Haushalten in den letzten Jahrzehnten zu untersuchen. Befrage zum Beispiel deine Eltern und Großeltern. Hinweis: Neben Strom brauchen Haushalte viel Energie für Heizung, warmes Wasser und Mobilität.
4. Im Jahr 2012 hatten erneuerbare Energien einen Anteil von 12,7 Prozent am Endenergieverbrauch in Deutschland. Berechne, welchen Anteil die erneuerbaren Energien im Jahr 2050 haben würden, wenn der Energieverbrauch wie geplant um 50 Prozent sinken würde. Nimm dabei an, dass von heute an keine weiteren Erneuerbare-Energien-Anlagen ans Netz gehen.

Zudem bieten sich Recherchen zu weiteren konkreten Beispielen aus dem Alltag an: Die Schüler/-innen stellen Fotos und Daten zu einzelnen Geräten zusammen und bereiten die technische Entwicklung sowie Informationen zur Effizienzsteigerung in Form von Postern auf (zum Beispiel für eine Ausstellung in der Schule). Beispiel: „Ein Kühlschrank – früher und heute“. Zahlen zum Energieverbrauch können als Balken veranschaulicht werden. Weitere geeignete Produkte sind unter anderem Fernseher.

Lösungen

1. a) Die Abbildung zeigt den Gesamtstromverbrauch pro Jahr von 1990 bis 2012 in Deutschland. Er steigt von 1990 kontinuierlich an, nur 2009 gibt es einen Knick (Grund ist die weltweite Wirtschaftskrise). Auch von 2011 bis 2012 sinkt der Verbrauch. Er liegt damit aber immer noch sehr deutlich über dem Wert von 1990.

- b) Eines der wichtigsten Ziele der Energiewende ist, Energie zu sparen. Der Verbrauch soll laut Bundesregierung bis 2050 sogar um die Hälfte sinken. Dass der Stromverbrauch steigt, ist ein Widerspruch dazu. Diese Entwicklung müsste umgekehrt werden.
2. Auch beim Strom ist in vielen Bereichen die Effizienz gestiegen. Bekannt sind zum Beispiel die Energieverbrauchsklassen bei Kühlgeräten. Die meisten verbrauchen heute weit weniger Energie als noch vor einigen Jahren. Auch LED- und Leuchtstofflampen brauchen weniger Strom als herkömmliche Glühlampen. Auch hier sind die Ansprüche der Haushalte gestiegen: Statt eines Kühlschranks haben viele Haushalte eine Kühl-Gefrier-Kombination. In Haushalten stehen durchschnittlich mehr Geräte wie Wäschetrockner, Spülmaschinen et cetera als früher.
 3. Es bietet sich an, nach folgenden Informationen zu fragen: Wohnungsgröße/Fläche pro Person (Hinweis auf Heizkosten), Zahl und Art der Elektro-Haushaltsgeräte (vor allem Geräte mit großem Verbrauch wie Wäschetrockner), Ausstattung mit Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik (zum Beispiel Zahl der Fernseher), Zahl der Autos pro Haushalt, Art der Urlaubsreisen (Fernreisen, Flüge).
 4. Maximal 25,2 Prozent

4.4 Was ist gerecht?

Ziele

Die Schüler/-innen

- erkennen die weltweit ungleiche Verteilung des Energieverbrauchs und können sie erläutern,
- können zum Thema zur Gerechtigkeit argumentieren,
- vergleichen und reflektieren den eigenen Lebensstil.

Hintergrund

Grundsätzlich lassen sich Vorstellungen von Gerechtigkeit in zwei große Denkschulen aufteilen: in die der Egalitaristen und die der Inegalitaristen.

Die Egalitaristen vergleichen und bewerten eine Verteilungssituation von Gütern (zum Beispiel Geld, Essen oder eben Energie), die mehrere Menschen betrifft. Man möchte nun erreichen, dass jedes Mitglied dieser Gruppe die gleiche Güteranzahl erhält oder beispielsweise die gleiche Menge Energie verbrauchen kann. Umstritten ist allerdings seit jeher, wann die Gleichverteilung greifen soll: bei der Verteilung von materiellen Ressourcen, von Freiheitsrechten oder von Chancen auf sozialen Aufstieg?

Die Inegalitaristen sind der Ansicht, dass einzelnen Personen ein bestimmtes Gut zusteht, sie also einen Anspruch darauf haben. Begründung: Manche Bedürfnisse eines Menschen besitzen einen sehr individuellen Charakter – etwa wenn es um Rechte, Privilegien, Leistungen, Verdienste oder Begabungen geht. In diesen Fällen wäre die Herstellung von Gleichheit nach Meinung der Inegalitaristen kein geeignetes Kriterium von Gerechtigkeit. Bezogen auf den Energieverbrauch würde ein Argument hier zum Beispiel lauten, dass Menschen generell unterschiedliche natürliche Bedingungen vorfinden und deshalb auch beim Energieverbrauch nicht gleichgesetzt werden können (kalte und warme Regionen et cetera).

Formen der Gerechtigkeit

Die beiden Denkschulen der Egalitaristen und Inegalitaristen finden sich auch in den verschiedenen Formen der Gerechtigkeit wieder.

- Leistungsgerechtigkeit: Sie bedeutet, dass jede Person für eine Leistung, die sie erbracht hat, eine angemessene Entschädigung erhält. Mit anderen Worten: Wer mehr leistet, soll auch mehr Lohn erhalten. Bewertungsgrundlage dafür, ob eine Person mehr oder weniger erhält, ist der Markt. Dieser gibt (wenn er nicht eingeschränkt wird) durch das Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage die Knappheit der unterschiedlichen Leistungen wider. Wie im Wirtschaftsleben gibt es aber auch hier Leistungsmonopole (zum Beispiel ein Film- oder Fußballstar), die der Markt sehr hoch bewertet, andere dagegen gar nicht (etwa Straßenmusikanten).

- Bedürfnisgerechtigkeit steht im Gegensatz zur Leistungsgerechtigkeit. Sie verlangt, den Bedarf eines Menschen (sein Existenzminimum, ein Leben in Würde) an bestimmten Gütern zu berücksichtigen. Schließlich sollen auch Alte, Kinder oder Behinderte ein Recht auf Leben haben, selbst wenn sie nicht dieselbe Leistung wie andere erbringen können.
- Verteilungsgerechtigkeit: Wenn in der öffentlichen Debatte von sozialer Gerechtigkeit die Rede ist, ist in der Regel die Verteilungsgerechtigkeit gemeint. Sie soll für eine Verteilung der Güter (der Einkommen, der Vermögen) unter maßvoller Berücksichtigung von Leistung und Bedarf mit dem Ziel des sozialen Ausgleichs sorgen. Welche Verteilung als gerecht oder ungerecht betrachtet wird, ist dabei Ergebnis eines politischen Prozesses und hängt von der Art eines Gutes ab.
- Chancengerechtigkeit: Chancengerechtigkeit verfolgt den Abbau von rechtlichen und sozialen Diskriminierungen, um zum Beispiel das Recht auf Arbeit, Bildung, Teilhabe am kulturellen Leben und Fortschritt oder gerechte Arbeitsbedingungen durchzusetzen.
- Besitzstandsgerechtigkeit: Diese Form von Gerechtigkeit geht davon aus, dass erworbene oder erarbeitete Ansprüche, Besitztümer, Titel et cetera nicht wieder weggenommen werden dürfen.

Der Gerechtigkeitsdiskurs in der Klimapolitik

Verschiedene Vorstellungen von Gerechtigkeit finden sich in konkreten Vorschlägen zur aktuellen Klimapolitik wieder. So wird diskutiert, ob die Industrieländer eine historische Klimaschuld haben. Die folgenden beiden Beispiele verdeutlichen die unterschiedlichen Positionen.

Chinesische Klimawissenschaftler haben 2009 im Vorfeld des Klimagipfels von Kopenhagen eine Studie zur Entwicklung des weltweiten CO₂-Ausstoßes vorgestellt. Die Ergebnisse wurden in der Presse folgendermaßen zusammengefasst:

„CO₂ ist in der Atmosphäre ein sehr langlebiges Gas. Die Frage stelle sich daher, [...] wie viel Kohlendioxid ein Land pro Kopf seiner Bevölkerung bereits emittiert hat. [...] Wer darf noch Kohle, Öl und Gas verbrennen, wer muss sich einschränken? Man muss den Autoren zugutehalten, dass sie ihr eigenes Land streng behandeln. China müsse sich einschränken, schreiben sie. Die entwickelten Länder allerdings wirtschaften der Rechnung der Wissenschaftler zufolge schon lange jenseits von Gut und Böse. Ihr Kontingent haben sie weit überschritten. Selbst wenn die westlichen Demokratien ihre Emissionen ab sofort auf Null reduzierten, sei das bei Weitem zu wenig, um die historische Klimaschuld abzutragen.“¹

Im Mai 2013 sagte Bundeskanzlerin Angela Merkel in einer Rede zum Thema Klimagerechtigkeit:

„Wir wissen im Grunde, dass langfristig, wenn wir uns die Weltbevölkerung anschauen, jeder Einwohner dieser Erde etwa zwei Tonnen CO₂ pro Jahr emittieren dürfte. Nun sind viele, die das hören, erst einmal sehr aufgeschreckt, wenn man davon spricht. [...] Weder die Europäer noch die Amerikaner noch China sind sehr begeistert davon. Denn sie alle emittieren schon mehr als zwei Tonnen CO₂ pro Jahr. Und das bedeutet im Grunde, man müsste jetzt schon mit dem Reduzieren beginnen. Wir Industrieländer akzeptieren das. Aber ein Land wie China sagt: Seht euch einmal bitte an, wie viele Jahrzehnte ihr eure CO₂-Emissionen erhöht habt; da können wir bei unserem wirtschaftlichen Niveau doch nicht schon jetzt anfangen zu reduzieren.“²

Hinweise zur Umsetzung

Das Arbeitsblatt thematisiert einen wichtigen Aspekt internationaler Klimapolitik. Die unterschiedlichen Auffassungen hierzu schlagen sich in den unterschiedlichen politischen Positionen nieder, die zum Beispiel bei den Weltklimakonferenzen der Vereinten Nationen deutlich werden.

Es bietet sich an, das Thema mit entsprechenden Anlässen zu verknüpfen – die jährlichen Weltklimakonferenzen, die Medienberichterstattung anlässlich der Veröffentlichung von Studien zum Klimawandel und Ähnliches.

1 Frank Drieschner: Die Suche nach der Klimagerechtigkeit, in: DIE ZEIT [...]. Online unter:

<http://www.zeit.de/wirtschaft/2009-12/klimaschutz-gerechtigkeit>

2 Online unter: <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Rede/2013/05/2013-05-06-merkel-petersberger.html>

Lösungen

1. Abbildung 23 zeigt die langfristige Entwicklung des CO₂-Ausstoßes in verschiedenen Ländern und Regionen. Die aktuellsten Werte der Regionen mit dem größten CO₂-Ausstoß sind um ein Vielfaches größer als die gezeigten Werte von Regionen mit geringerem CO₂-Ausstoß. Die Reihenfolge ist: 1. China, 2. USA, 3. Afrika, 4. Deutschland. Die Bilder am linken Seitenrand zeigen den jährlichen CO₂-Ausstoß pro Kopf in den gleichen Ländern. Die Rangfolge der Länder ist anders: 1. USA, 2. Deutschland, 3. China, 4. das afrikanische Land Mali. Auch hier unterscheiden sich die Spitzenwerte von dem Wert Malis sehr stark.
2. Bereits ab 1905 sind für die USA und Deutschland beträchtliche CO₂-Emissionen zu erkennen. Die Werte der USA steigen im gesamten 20. Jahrhundert an. Für China und Afrika ist erst seit 1950 ein deutlicher Anstieg zu erkennen. Die Emissionen Chinas steigen in den vergangenen Jahrzehnten immer steiler an und übertreffen zuletzt die der USA. Die Werte für Deutschland übertreffen im 20. Jahrhundert die des gesamten afrikanischen Kontinents. Erst in den vergangenen Jahrzehnten sinken die Werte Deutschlands und werden von den wachsenden Werten Afrikas übertroffen.
3. Zwar hat China insgesamt den größten CO₂-Ausstoß; beim Pro-Kopf-Ausstoß liegt es jedoch deutlich hinter Deutschland. Würde der jährliche Pro-Kopf-Ausstoß von CO₂ in China auf den deutschen Wert steigen, würde sich der Gesamtausstoß des Landes noch einmal stark erhöhen.

Erweiterung

- Die Klasse bewertet die Auffassung der westlichen Industrieländer, dass der CO₂-Ausstoß nicht pro Kopf, sondern je 1.000 Dollar Bruttoinlandsprodukt berechnet werden sollte.
- Rollenspiel: Die Klasse simuliert eine internationale Klimakonferenz. Verschiedene Gruppen übernehmen die Rolle von Delegationen aus Schwellenländern, Industrieländern et cetera. Als Ergebnis wird ein Beschluss zum Ressourcenverbrauch und CO₂-Emissionen verabschiedet.

4.5 Weltspiel

Ziele

Die Schüler/-innen

- erkennen die weltweit ungleiche Verteilung des Energieverbrauchs und können sie erläutern,
- können die Bedeutung des eigenen Energieverbrauchs einschätzen und lernen, damit bewusst umzugehen,
- vergleichen und reflektieren den eigenen Lebensstil.

Hinweise zur Umsetzung

Der große Vorteil des Spiels liegt darin, dass es einen sehr eindrucksvollen Effekt hat, der die weltweiten Unterschiede des Energieverbrauchs unmittelbar anschaulich macht. Um dies zu erreichen, sollte die Lehrkraft den Ablauf sehr klar kommunizieren und für einen flüssigen Ablauf sorgen. Um dies sicherzustellen, kann gegebenenfalls die Abfolge der Berechnungen verändert werden; gegebenenfalls kann die Lehrkraft auch Hilfestellung geben oder (Teil-)Ergebnisse vorgeben.

Das Spiel sollte in eine umfassendere Beschäftigung mit der Problematik von Treibhausgasemissionen beziehungsweise globaler Verteilungsgerechtigkeit eingebettet werden.

Lösungen

Die Personenzahl ist beispielhaft für eine Klasse mit 28 Schülern/Schülerinnen angegeben. Bei korrekter Rundung ergibt sich aus den Prozentwerten eine Gesamtzahl von 27 Schülern. Die 28. Person kann der größten Gruppe zugerechnet werden; damit wird das Ergebnis am wenigsten verzerrt.

Region	Bevölkerung in Mio.	Anteil an der Weltbevölkerung in %	Personen in deiner Klasse	Energieverbrauch in Mrd. Tonnen SKE	Anteil am Energieverbrauch in %	Stühle in deiner Klasse
Europa einschließlich Russland und Zentralasien	804	11,3	3	4,18	23,5	7
Nordamerika und Mexiko	466	6,6	2	3,89	21,8	6
Latein- und Zentralamerika einschließlich Karibik	496	7,0	2	0,95	5,3	1
Mittlerer Osten	313	4,4	1	1,09	6,1	2
Afrika	1.084	15,3	4	0,58	3,3	1
Asiatisch-pazifischer Raum	3.917	55,3	16	7,13	40,0	11
Gesamt	7.080		28			28

4.6 bis 4.11 - Länderporträts

Hinweise zur Umsetzung

Die Länderporträts können im Rahmen der Beschäftigung mit Klimagerechtigkeit Verwendung finden (siehe dazu Lernpfad in Abschnitt 0.5). Dazu stellen die Schülerinnen und Schüler die Familien aus den verschiedenen Ländern und Erdteilen vor. Sie vergleichen die unterschiedlichen Informationen zu Wohnung, Besitz, Energieeinsatz et cetera. Aus diesen Vergleichen versuchen sie, unterschiedliche Modelle von Gerechtigkeit (Leistungs-, Verteilungs- und Zugangsgerechtigkeit) zu entwickeln.

5 Die Energiewende zu Hause

Das Kapitel stellt einen Bezug zwischen den erneuerbaren Energien und dem unmittelbaren Lebensumfeld der Schülerinnen und Schüler her. Es vermittelt eine Vorstellung vom Energieverbrauch im Alltag und zeigt Möglichkeiten des Energiesparens auf sowie Optionen für private Haushalte, sich aus erneuerbaren Energien zu versorgen.

Die Materialien dieses Kapitels beziehungsweise Teile daraus können im Rahmen eines übergeordneten Projekts zusammengefasst werden: Die Schüler/-innen erstellen einen Ratgeber über den klimafreundlichen Umgang mit Energie. Hinweise dazu siehe Abschnitt 0.5 in dieser Handreichung.

Lehrplananbindung

- Energieversorgung und rationeller Einsatz von Energie: globaler und persönlicher Energiebedarf; biologische und fossile Energiequellen (Bilanzen); Nutzung von Primärenergiequellen; regenerierbare Energiequellen
- Energiedienstleistungen: Heizung, Verkehr, Produktion, Kommunikation, zentrale oder dezentrale Bereitstellung und Verteilung
- Versorgung der Schule: Versorgung mit elektrischer Energie
- Probleme infolge der Energienutzung; CO₂-Problematik bei fossilen Energieträgern; Risiken bei der Kernenergie; Verfügbarkeit regenerativer Energien
- Energiesparen: Energiemessungen an Haushaltsgeräten, Wirkungsgrad, Senkung des Energiebedarfs; Möglichkeiten eigenen Handelns; Anknüpfen an die Erfahrungswelt der Schüler und Schülerinnen, zum Beispiel Umgang mit Haushaltsgeräten

5.1 Persönlicher Energieverbrauch und CO₂-Bilanz

Ziele

Die Schüler/-innen

- bringen den eigenen Energieverbrauch mit dem CO₂-Ausstoß in einen Zusammenhang,
- vergleichen und reflektieren ihren Lebensstil.

Hinweise zur Umsetzung

Die Beispieldaten und einfachen Berechnungen ermöglichen einen Einstieg in die Beschäftigung mit dem eigenen CO₂-Fußabdruck und der Rolle des Konsums beziehungsweise Lebensstils für das Klima. Die Bearbeitung des Arbeitsblattes sollte eingebettet werden in die umfassendere Beschäftigung mit dem Klimawandel beziehungsweise mit klimabewusstem Konsum. Es kann im Rahmen der Auseinandersetzung mit Klimagerechtigkeit eingesetzt werden. Siehe dazu die Hinweise zu Lernpfaden in Abschnitt 0.5 dieser Handreichung.

Je nach gewünschtem Schwerpunkt kann optional eine weitere Aufgabe bearbeitet werden:

4. In der Tabelle werden Beispiele genannt, bei denen du direkt Energieträger nutzt – zum Beispiel Strom oder Benzin. Überlege, wie du möglicherweise indirekt CO₂-Emissionen verursachst, zum Beispiel bei Kleidung oder Lebensmitteln. Notiere jeweils zwei Beispiele aus den Bereichen und erläutere, warum „in ihnen“ CO₂ steckt.

Weitere Arbeitsmaterialien und Informationen zum Thema Konsum bieten die Unterrichtsmaterialien „Umweltfreundlich konsumieren“ und „Umweltfreundlich mobil“ des Bundesumweltministeriums, erhältlich unter <http://www.bmu.de/bildungsservice>. Vertiefende Materialien zum Thema CO₂ und Klima enthalten die Materialien „Klimaschutz und Klimapolitik“.

Das Umweltbundesamt bietet zudem einen Onlinerechner an, mit dessen Hilfe sich der persönliche CO₂-Ausstoß pro Jahr errechnen lässt. Der Rechner ist zugänglich unter http://uba.klimaktiv-co2-rechner.de/de_DE/page. Auch eine spezielle Version für Jugendliche ist verfügbar unter <http://www.klimaktiv.de>.

Lösungen

1. Das Wetter, Palmen und der Swimmingpool deuten auf einen Urlaub in einer Ferienanlage oder einem Hotel in einem warmen Land hin. Vermutlich stammt der abgebildete Mann aus einem Industrieland, weil sich die Menschen dort eher so einen Urlaub leisten können.
2. CO₂-Rechnung:

Durchschnittswerte		Werte für Familie Müller	
Art des Energieverbrauchs	CO ₂ -Ausstoß	Umfang (Anzahl, Dauer oder Länge)	CO ₂ -Ausstoß
Elektrischer Strom	0,6 kg/kWh	4.750 kWh	2.850 kg
Benzin fürs Auto	149 g/km	14.200 km	2.116 kg
Heizöl fürs Heizen und für Warmwasser	3 kg/l	2.130 l	6.390 kg
Flug nach Teneriffa	1.840 kg/Person	einmal hin und zurück mit 4 Personen	7.360 kg
Summe			18.716 kg

3. Sowohl für Lebensmittel als auch Kleidung gilt: CO₂-Emissionen werden zum Beispiel durch Transport und Herstellung verursacht. Beispiele Lebensmittel: 1) Transport von Obst und Gemüse 2) industrielle Herstellung von Fertiggerichten. Beispiele Kleidung: 1) Transport von Textilien aus Asien 2) hoher Energieaufwand beim Färben und Waschen der Stoffe bei der Herstellung.

5.2 So viel Strom verbrauche ich doch gar nicht!

Ziele

Die Schüler/-innen

- können den eigenen Lebensstil kritisch hinterfragen,
- erfahren eigene Einflussmöglichkeiten auf den Energieverbrauch,
- können ihr Konsumverhalten bewusst ändern.

Hinweise zur Umsetzung

Die Checkliste ermöglicht eine vertiefende Beschäftigung mit dem eigenen CO₂-Fußabdruck und der Rolle des Konsums beziehungsweise Lebensstils für das Klima und kann als Ergänzung zum Arbeitsblatt 5.1 verwendet werden. Siehe dazu auch die Hinweise zu Lernpfaden in Abschnitt 0.5 dieser Handreichung.

Lösungen

Lebensbereich	aus dem Beispieltext	ich selbst
Zu Hause	- Strom für die Stereoanlage	
- warmes Wasser zum Duschen		
- Strom für den Föhn		
- Strom für den Toaster		
- Wasser zum Teekochen		
- Strom für die elektrische Zahnbürste		
- Strom zum Essenwarmmachen		
- Strom für Laptop, Telefon, Fernseher		
Schule	- Strom für Beleuchtung und Küchengeräte in der Mensa	
Freizeit	- Beleuchtung und Warmwasser in der Sporthalle	
- Club: Beleuchtung und Musikanlage		
Unterwegs sein	- Treibstoff für Bus, Auto, Flugzeug	
ergänze:		
„Shoppen“	- Energie für die Herstellung von Produkten	

5.3 Sektoren des Energieverbrauchs

Ziele

Die Schüler/-innen

- können die größten Stromverbraucher und Einsparpotenziale zuordnen,
- können den persönlichen Stromverbrauch in diesem Kontext bewerten.

Hinweise zur Umsetzung

Der Blick auf die gesamtgesellschaftliche Ebene dient dazu, die eigene Stromnutzung sowie Einsparpotenziale bewerten zu können.

Lösung

1. Zuordnung der Werte zu den Segmenten des Kreisdiagramms

Industrie	223,0
Landwirtschaft	8,7
Verkehr	16,5
Öffentliche Einrichtungen	45,0
Haushalte	141,0
Handel und Gewerbe	74,8
zusammen	509,0

2. Gesamtstromverbrauch der Haushalte: 141 Terawattstunden = 141 Milliarden Kilowattstunden. Durchschnittlich 0,56 Kilogramm CO₂ pro Kilowattstunde beim derzeitigen Strommix verursachen CO₂-Emissionen von insgesamt 78,96 Millionen Tonnen. Diese Emissionen würden eingespart, wenn alle Haushalte auf „grünen Strom“ umsteigen würden.
3. Erfragt werden sollten zum Beispiel folgende Informationen: Wie wichtig ist den Befragten der Klimaschutz? Wird derzeit Ökostrom genutzt? Warum (nicht)? Falls nicht: Unter welchen Umständen könnten sich die Befragten vorstellen zu wechseln?

4. a) Sektor Verkehr: Treibstoffe; Sektor Industrie: Brennstoffe; Sektor Haushalte: Brennstoffe b) Strom macht etwa 22 Prozent des Endenergieverbrauchs aus. c) Die Möglichkeiten der CO₂-Einsparung durch die Nutzung von „Ökostrom“ sind auf den Anteil des Stroms am Energieverbrauch beschränkt. Um darüber hinaus CO₂-Emissionen zu vermeiden, müsste auch bei der Nutzung von Treibstoffen beziehungsweise Brennstoffen gespart werden (zum Beispiel weniger Verbrauch durch mehr Effizienz, Umstieg auf alternative Antriebe).

5.4 Wie grün ist grüner Strom?

Ziele

Die Schüler/innen

- können den Begriff „Ökostrom“ mit allen Aspekten inhaltlich verstehen,
- kennen grundlegende Eigenschaften des deutschen Strommarktes aus Sicht privater Verbraucher,
- können Stromanbieter kritisch hinterfragen,
- lernen Möglichkeiten zur bewussten Änderung des Konsumverhaltens kennen.

Hinweise zur Umsetzung

Beim Thema Strom bekommen die Schülerinnen und Schüler einen Alltagsbezug zu den erneuerbaren Energien. Stromverbrauch begegnen sie im elterlichen Haushalt, in der Schule, beim Benutzen des eigenen Handys oder des MP3-Players.

Die wenigsten Schüler/-innen wissen jedoch, welche Art von Strom zu Hause aus der Steckdose kommt – wer der Anbieter ist, was Strom kostet und welche Möglichkeiten private Haushalte haben, einen Tarif auszuwählen.

Die grundsätzliche Frage „Was kommt aus der Steckdose?“ eignet sich daher für den Einstieg ins Thema. Das Arbeitsblatt kann nach einer ersten Ideensammlung im Plenum bearbeitet werden.

Erweiterung

Als Erweiterung bieten sich eigene Recherchen der Schüler/-innen an:

5. Recherchiere im Internet, wie man den Stromanbieter wechseln kann. Nutze dazu zum Beispiel Portale zum Stromanbietervergleich wie <http://www.verivox.de>, <http://www.toptarif.de> oder <http://www.check24.de>. Vergleiche die Angebote für eine typische Familie. Du kannst annehmen, dass eine Durchschnittsfamilie 4.000 Kilowattstunden im Jahr verbraucht. Notiere und bewerte deine Erfahrungen beim Tarifvergleich. Achte dabei besonders darauf, welche Informationen du über die Herkunft des Stroms erhältst.

Zudem kann die Idee der „EcoTopTen“ vorgestellt und diskutiert werden – als ein weiterer Ansatz neben den Stromlabels. Mit den „EcoTopTen“ will das Öko-Institut in Freiburg für mehr Durchblick beim Ökostrom sorgen. Es veröffentlicht eine Empfehlungsliste, die im Internet zugänglich ist unter http://www.ecotopen.de/produktfeld_strom.php.

Lösungen

1.

Name des Labels/Website	Was ist das für eine Organisation?	Kriterien für Zertifikat (Auszüge)
ok-power http://www.ok-power.de	Das Label wird vergeben von EnergieVision e. V. Der Verein wird gemeinsam getragen von der Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen e. V. und dem Öko-Institut e. V. Ziel des Vereins: Umwelt- und Verbraucherschutz in der Energiewirtschaft fördern. Der Verein hat einen Beirat mit Vertretern der Wissenschaft, der Energiewirtschaft und aus Verbraucherschutzorganisationen.	Nur für Ökostromtarife, die nachweislich zum Ausbau erneuerbarer Energien führen. Mindestens ein Drittel des Stroms muss aus Anlagen kommen, die nicht älter als sechs Jahre sind, ein weiteres Drittel aus Anlagen, die nicht älter als zwölf Jahre sind. So wird konventionell erzeugter Strom Schritt für Schritt vom Markt verdrängt. Die Anlagen, aus denen der Strom stammt, müssen Umweltkriterien erfüllen: Zum Beispiel darf die Windkraftanlage nicht im Naturschutzgebiet liegen, Strom aus Deponiegas ist ausgeschlossen, da hier Schadstoffe freigesetzt werden können.
Grüner Strom http://www.gruenerstromlabel.de	Träger des Grüner Strom Label e. V. sind sieben Verbände, deren Zweck auf Umweltschutz, die Förderung erneuerbarer Energien und den sparsamen, effizienten und ressourcenschonenden Energieeinsatz ausgerichtet ist. Dazu gehören unter anderem der Bund für Umwelt und Naturschutz (BUND) sowie der Naturschutzbund Deutschland (NABU).	Anbieter verpflichten sich, mit einem festen Betrag je Kilowattstunde (kWh) den Ausbau erneuerbarer Energien zu fördern. Als erneuerbare Energie gilt Strom, der aus Solarstrahlung, Wind- und Wasserkraft (bei Pumpspeicherkraftwerken nur der durch natürliche Zuflüsse produzierte Strom), Biomasse (im Rahmen der in der Biomasseverordnung definierten Begrenzungen), Klärgas (nicht jedoch Deponiegas) und geothermischen Quellen erzeugt wird.
Geprüfter Ökostrom (TÜV Nord) http://www.tuev-nord.de/de/klimaschutz/Oekostrom_1645.htm http://www.tuev-sued.de	Dienstleistungskonzern im Bereich Technik; er bietet Beratung, Service, Prüfungen.	Das „Prüfzeichen bescheinigt, dass der angebotene Strom zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energien stammt, ... und die Bilanzierungsverfahren ebenso wie die Kommunikation an den Endkunden hohen Ansprüchen im Hinblick auf Nachvollziehbarkeit und Transparenz genügen.“ Mindestens ein Drittel des Stroms muss aus Erzeugungsanlagen stammen, die nicht älter als sechs Jahre sind, oder der Anbieter investiert einen fest definierten Betrag in den Bau neuer Anlagen.

Anmerkung zu EcoTopTen des Öko-Instituts in Freiburg (Kasten auf dem Arbeitsblatt):

Bei den EcoTopTen handelt es sich nicht um ein Qualitätslabel, sondern eine Empfehlungsliste. Auch hier können gegebenenfalls Informationen über die Organisation und die Kriterien gesammelt werden.

<p>EcoTopTen des Öko-Instituts in Freiburg http://www.ecotopten.de/produktfeld_strom.php</p>	<p>Herausgeber ist das Öko-Institut e. V. in Freiburg. „Das Öko-Institut ist eine der europaweit führenden, unabhängigen Forschungs- und Beratungseinrichtungen für eine nachhaltige Zukunft.“</p>	<p>Der Strom muss zu 100 Prozent aus EE-Anlagen stammen. Alle zulässigen Anlagen (zum Beispiel Wasser- oder Biomassekraftwerke) müssen ökologische Mindeststandards einhalten. Zum Beispiel sollen beim Bau die Eingriffe in die Natur vergleichsweise gering bleiben. Außerdem soll beim Betrieb die Entstehung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen minimiert werden. Zwei Drittel des Stroms müssen aus neuen und neueren Anlagen stammen.</p>
--	--	--

2. Alle Labels beinhalten konkrete Bedingungen für das Alter beziehungsweise den Neubau von EE-Anlagen. Diese unterscheiden sich im Detail. Die Labels ok-power und Grüner Strom nennen über die Art der genutzten erneuerbaren Energien hinaus Bedingungen bezüglich der Umweltverträglichkeit einzelner Anlagen.
3. Damit wird der Bau neuer Anlagen gefördert, die Gesamtkapazität steigt. Konventioneller Strom soll damit nach und nach ersetzt werden.
4. Keine vorgegebene Lösung
5. Eine typische Erfahrung ist, dass die Auswahl auf den ersten Blick unüberschaubar ist. In der Regel finden sich schnell Ökostromtarife, die nicht teurer sind als die Standardtarife der örtlichen Versorger. Beim näheren Hinsehen wird es komplizierter; die Details der Ökostromtarife sind bei den Wechselportalen oft nicht in Erfahrung zu bringen. Im Mittelpunkt steht der Preisvergleich.

5.5 Der Stromsparcheck

Ziele

Die Schüler/-innen untersuchen den persönlichen Stromverbrauch und ermitteln Einsparmöglichkeiten.

Hinweise zur Umsetzung

Der Stromverbrauch verschiedener Anwendungen ist ohne Vorkenntnisse schwer einzuschätzen. Dies kann für den Einstieg ins Thema genutzt werden. So können zunächst Vermutungen über die größten „Stromfresser“ in der Klasse gesammelt werden.

Diese können zudem praktisch überprüft werden durch eigene Messungen. Einige Stromversorger – und mancherorts auch Bibliotheken – verleihen Geräte, mit denen man den Stromverbrauch ganz einfach messen kann. Sie sind auch in Baumärkten erhältlich. Eine Schule in der Nähe, bei der eine Klimakiste voller Messgeräte ausgeliehen werden kann, findet sich hier: <http://klima.bildungscnt.de/dokumentationszentrum/>.

Hinweise zur persönlichen Energiebilanz und konkrete Energiespartipps liefert auch der Online-Stromsparcheck der Deutschen Energieagentur dena unter <http://stromsparcheck.stromeffizienz.de>. Vor der Nutzung im Unterricht sollte geprüft werden, ob alle erforderlichen Informationen vorliegen (zum Beispiel

Wohnfläche, Jahresstromverbrauch).

Lösungen

1. keine vorgegebene Lösung
2. Die Broschüre nennt unter anderem: Haushaltsgeräte wie Kühlschränke und Waschmaschinen sollten energiesparend und an die Erfordernisse angepasst sein (zum Beispiel kleiner Kühlschrank für kleinen Haushalt), die Geräte sollten energiesparend betrieben werden (zum Beispiel Kühlschrank nicht neben Herd aufstellen, keine heißen Speisen in Kühlschrank stellen, Waschmaschinen voll beladen), energiesparende Leuchtmittel verwenden, Unterhaltungselektronik wie Fernseher nicht auf Standby laufen lassen.
3. Je mehr Strom in einem Bereich verbraucht wird, desto größer sind dort die Einsparmöglichkeiten. Viel Strom wird vor allem dort gebraucht, wo Hitze nötig ist. Falls im Haushalt Wasser elektrisch erhitzt wird (im sogenannten Boiler), macht dies in der Regel den größten Teil des Stromverbrauchs aus. Viel Strom brauchen zudem Wäschetrockner. Das heißt, der Verzicht auf den Wäschetrockner oder der Umstieg auf eine effizientere Form der Warmwasseraufbereitung kann den Gesamtstromverbrauch bereits erheblich reduzieren. Es lohnt sich also, den Stromverbrauch im eigenen Haushalt genauer unter die Lupe zu nehmen. Neben den großen Energiefressern gibt es zahlreiche weitere, kleinere – und „Kleinvieh macht auch Mist“: zum Beispiel alte Fernseher im Stand-By-Modus sowie Geräte wie WLAN-Router, Kaffeemaschine, Stereo-Anlage, Transformatoren von Niedervolt-Halogen-Lampen, Computer....)

5.6 Erneuerbare Energien in meinem Alltag

Ziele

Die Schüler/-innen

- bewerten Auswirkungen des Energiesparens auf ihren persönlichen Alltag und ihr Konsumverhalten,
- können ein Szenario verstehen und entwickeln.

Hinweise zur Umsetzung

Das Arbeitsblatt setzt Grundkenntnisse zum Klimawandel, zu erneuerbaren Energien und zum Energiesparen voraus. Es kann als Teil beziehungsweise Abschluss einer umfassenderen Beschäftigung mit dem Themengebiet verwendet werden. Als Ausgangspunkt für den Stromverbrauch im Tagesverlauf können auch die Ergebnisse aus der Tabelle im Arbeitsblatt 5.2. „So viel Energie verbrauche ich doch gar nicht!“ genutzt werden.

Der Ansatz ist an die Szenariotechnik angelehnt und kann je nach gewünschtem Schwerpunkt und Zeitbudget leicht erweitert werden (siehe Erweiterung).

Hinweise zur Szenariotechnik und ein Beispiel finden sich unter anderem hier: <http://www.transfer-21.de/daten/materialien/Lernangebote/05Klimaschutz.pdf>.

Bei der Auswertung der Ergebnisse der Schüler/-innen sollten Handlungsoptionen thematisiert werden. Gegebenenfalls können diese auch Gegenstand einer Zusatzaufgabe sein:

4. Überlege, a) was die Person selbst tun könnte, um zu einer klimafreundlichen Zukunft beizutragen, und b) was sich noch verändern müsste.

Erweiterung

- Es können ergänzende Recherchen zur bisherigen Entwicklung des Energiebedarfs durchgeführt werden und zum Beispiel entsprechende Zahlen ermittelt werden. Gegebenenfalls können Diagramme zu den Daten erstellt werden.
- Die Szenarien können in Form von Bildern/Collagen anschaulich präsentiert werden.

6 Erneuerbare Energien in der Praxis

Hintergrund

In Deutschland arbeiten heute knapp zwei Millionen Menschen in der Umweltwirtschaft. Fachleute betrachten sogenannte „grüne“ Technologien als Wachstumsmotor für die Wirtschaft. Gut ausgebildete Fachkräfte sind in der Querschnittsbranche der grünen Technologien bereits heute besonders gefragt.

Fachleute gehen davon aus, dass der Bedarf weiter wachsen wird. Allein im Bereich der erneuerbaren Energien könnte die Zahl der Beschäftigten von rund 380.000 im Jahr 2011 auf 520.000 bis 640.000 im Jahr 2030 ansteigen, so eine im Auftrag des Bundesumweltministeriums erstellte Studie aus dem Jahr 2012. Insgesamt könnten bis zum Jahr 2025 eine Million Arbeitsplätze dazukommen, so das Ministerium.

Zu den „grünen“ Berufen zählen diejenigen, die direkt oder indirekt Auswirkungen auf den Umwelt- und Klimaschutz haben. Dabei geht es nicht nur um klassische Umweltberufe wie Wartungstechniker/-in für Windkraft oder Energieberater/-in. Zum Spektrum gehören auch Mechatroniker/-innen für Elektromobile oder Maurer/-innen und Energie- und Gebäudetechniker/-innen, die sich um die richtige Wärmedämmung oder die Installation von Photovoltaikanlagen kümmern. Auch Schornsteinfeger/-innen zählen dazu, denn sie prüfen zum Beispiel Heizungsanlagen auf optimale Funktion und minimierten Schadstoffausstoß und geben Tipps, wie der Energieverbrauch optimiert werden kann.

Um Berufsbilder und Technologiethemata mit den eigenen Interessen abzugleichen, ist die Auseinandersetzung mit möglichen Vorbildern hilfreich. Darüber hinaus empfehlen sich direkte Einblicke, wie sie persönliche Kontakte und reale Begegnungen ermöglichen.

Ziele

Die Schülerinnen und Schüler

- erhalten einen Einblick in Themen und Tätigkeitsfelder der Umweltbranche,
- gleichen Berufsbilder und Technologiethemata aus dem Bereich erneuerbare Energien mit den eigenen Interessen und Fähigkeiten ab,
- wenden selbstständig unterschiedliche Recherchestrategien an,
- bereiten Informationen auf und präsentieren diese.

Hinweise zur Umsetzung

Die Schüler/-innen recherchieren eigenständig Informationen zu Berufsbildern und praktischen Projekten im Bereich erneuerbare Energien. Die folgenden Hinweise sind eine gekürzte und bearbeitete Fassung von Unterrichtsmaterialien der Website „Umwelt im Unterricht“ des Bundesumweltministeriums. Weitere Informationen und Materialien wie zum Beispiel ein Rechercheleitfaden und Fotos finden sich dort unter dem Stichwort Berufsorientierung (<http://www.umwelt-im-unterricht.de> > Stichwörter A-Z).

Zum Einstieg kann die Lehrkraft als Impuls Bezeichnungen für „grüne“ Berufe an der Tafel beziehungsweise am Smartboard präsentieren. Alternativ können auch ausgewählte Fotos gezeigt werden (zum Beispiel Wartung von Windenergieanlagen).

Die Klasse überlegt gemeinsam: Was ist zu sehen? Wie hängen die genannten Tätigkeiten mit erneuerbaren Energien zusammen? Im Verlauf des Unterrichtsgesprächs fragt die Lehrkraft nach den Vorstellungen der Schüler/-innen über ihre späteren Berufe. Welche Ansprüche haben sie – und welche Rolle spielt dabei, ob die Berufe umweltverträglich sind oder sogar direkt dem Umwelt- und Klimaschutz nützen? Um die Assoziation zu fördern und die Ergebnisse gleichzeitig zu dokumentieren, kann während des Gesprächs eine Mind-Map erstellt werden: „Was sind meine Wünsche an meinen späteren Beruf?“

Die Klasse teilt sich in Gruppen und erhält je ein Arbeitsblatt mit dem Porträt von Menschen, die sich mit erneuerbaren Energien beschäftigen beziehungsweise in diesem Feld arbeiten.

Die Gruppen stellen die porträtierten Personen der Klasse vor und vergleichen deren Tätigkeiten und Interessen mit den eigenen Vorstellungen.

Im Anschluss recherchieren die Schüler/-innen in Gruppen zu verschiedenen Berufen ihrer Wahl. Die Recherche findet bei knappem Zeitbudget möglichst direkt in der Schule online statt. Alternativ zur Onlinerecherche können gedruckte Berufsbeschreibungen vorgelegt werden, aus denen die Gruppen Informationen zusammentragen.

Nach Möglichkeit sollte die Recherche jedoch über eine kurze Suche im Internet hinausgehen. Es bietet sich an, sie als Vorbereitung für einen Besuch in einem Unternehmen zu nutzen und den Gruppen aufzutragen, entsprechende Kontakte selbst vorzubereiten und herzustellen (siehe Erweiterung). Nach Abschluss der Recherche stellen die Gruppen ihre Ergebnisse vor und vergleichen sie mit den zuvor formulierten Wünschen. Welche Möglichkeiten sehen sie für sich, einen „grünen“ Job auszuüben?

Erweiterung

- Im Anschluss an die Recherche zum Berufsbild versuchen die Gruppen, Kontakte zu relevanten Unternehmen in der eigenen Region herzustellen und gegebenenfalls einen Besuch vorzubereiten. Sie recherchieren geeignete Kontakte und formulieren eine erste schriftliche Anfrage. Gegebenenfalls bereiten sie Fragen für einen nachfolgenden Anruf oder später für ein Gespräch vor Ort vor. Eine gute Möglichkeit zum Kennenlernen grüner Berufe oder Studiengänge ist auch der alljährliche Berufsorientierungstag Greenday, der immer am 12. November stattfindet: <http://www.greenday-deutschland.de>.

7 Erneuerbare Energien im Experiment

Experimente mit Formen der erneuerbaren Energien haben den großen Vorteil, dass sich ihr Zweck auch jüngeren Schülerinnen und Schülern leicht erschließt. Insbesondere die Nutzung der Energie von Sonne, Wind und Biomasse sowie der Nutzen von Wärmedämmung weisen viele Bezüge zur Lebenswelt auch von Jugendlichen auf. Nicht zuletzt sind praktische Anwendungen dieser Energienutzung heute auch im Alltag stärker präsent als je zuvor.

Die ausgewählten Experimente zeichnen sich dadurch aus, dass sie mit vergleichsweise einfachen Mitteln zu realisieren sind. Gleichwohl sind sie nicht trivial, sondern eignen sich zugleich als Vorbereitung zum einfachen wissenschaftlichen Arbeiten und zur Hypothesenbildung.

Die Anleitungen sind so konzipiert, dass sie auch in nicht-naturwissenschaftlichen Fächern umgesetzt werden können. Alle Experimente wurden durch die Redaktion getestet. Hinweise zu alternativen Materialien und praktische Tipps zur Durchführung finden sich bei den einzelnen Versuchsbeschreibungen.

Ein Experiment mit Erdwärme wurde bewusst ausgespart, da es nicht mit vertretbarem Aufwand umsetzbar wäre. Für diese Form der erneuerbaren Energien muss zum Beispiel auf eine Betriebsbesichtigung verwiesen werden.

Ergänzende Vorschläge zur Bearbeitung des Kapitels finden sich im Abschnitt 0.5 Lernpfade.

Lehrplananbindung

Auszüge aus Lehrplänen verschiedener Bundesländer

- Erzeugung und Speicherung von elektrischer Energie: Solarzellen, ...
- Solarenergie: Solartechnik (Kollektoren ...)
- Wärmeenergie: Solarzelle, Solarkollektor ...
- Produktion im ökologischen Kreislauf: Einsatzmöglichkeiten regenerativer Energien
- Pflanzen als Energie- und Rohstofflieferanten der Zukunft
- Regenerative Energiequellen: Wärme und Licht, Nutzung des Sonnenlichts zur Wärme- und Stromerzeugung, Energiegewinnung durch Wind
- Experimentelle Untersuchungen am Sonnenkollektor
- Solarzelle, Photovoltaik als regenerative Energiegewinnung
- Stromerzeugung aus Sonnenwärme, erneuerbare Energien
- Bauen und Wohnen: Energiekosten
- Rationelle Verwendung von Energie
- Wärmetransport: Beispiele aus Umwelt und Technik unter Beachtung rationaler Nutzung der Wärmeenergie
- Bauen und Wohnen: energiesparende Technologie

7.1 Solarthermie: Absorption und Emission von Wärmestrahlung

Hinweise zur Umsetzung

- Es wird kein Messinstrument benötigt.
- Der Versuchsaufbau aus allgemein verfügbaren Materialien ist sehr übersichtlich.
- Bei diesem Experiment sollte natürlich die Sonne scheinen! Es wird ein windgeschützter Platz mit direkter Sonneneinstrahlung benötigt, um das Experiment durchzuführen.

Hintergrund

Schwarze Oberflächen absorbieren das Sonnenlicht stärker als metallisch blanke (oder weiße) Flächen und erhitzen sich in der Sonne daher stärker. Zusätzlich zu den Wärmeverlusten durch Leitung oder Konvektion gibt es die Verluste durch Wärmestrahlung. Schwarze Oberflächen strahlen mehr Wärme ab als metallisch blanke Flächen. In Vakuumkollektoren gibt es fast nur noch diese Art des Wärmeverlustes.

Ein idealer Kollektorabsorber absorbiert die Solarstrahlung gut, strahlt aber auch, wenn er heiß ist, nur wenig Wärme ab. Es gibt Materialien, welche die für den Kollektor günstigen Eigenschaften des

geschwärzten (hohe Absorption) und des metallisch blanken Blechs (geringe Abstrahlung) vereinigen. Die Oberflächen heutiger Kollektorabsorber bestehen aus diesem Material, den sogenannten selektiven Schichten.

Auswertung

1. Innerhalb weniger Minuten werden die Wassertropfen kleiner und verschwinden dann vollständig. Grund ist, dass das Wasser in der Wärme der Sonne verdunstet. Zuerst verschwindet der Tropfen auf dem außen geschwärzten Teelicht, dann der auf dem außen und innen geschwärzten Teelicht und zuletzt der auf dem blanken Metall.
2. Die Tropfen verschwinden unterschiedlich schnell, weil die Teelichte die Wärmeenergie der Sonne unterschiedlich absorbieren beziehungsweise abstrahlen. Am wenigsten Wärmeenergie absorbiert das Teelicht mit der blanken Außenseite, daher verdunstet der Tropfen darauf zuletzt. Am schnellsten verdunstet der Tropfen auf dem Teelicht mit der geschwärzten Außen- und blanken Innenseite. Die Außenseite absorbiert die Energie gut, während die Innenseite nur wenig Energie wieder abgibt. Der Tropfen auf dem vollständig geschwärzten Teelicht verdunstet etwas langsamer, weil die schwarze Innenseite einen Teil der Wärmeenergie wieder abstrahlt.
3. Wasser erwärmt sich in Behältern mit schwarzen Oberflächen, die von der Sonne beschienen werden. Eine simple Anwendung ist die sogenannte Campingdusche. Dabei wird Wasser in einem einfachen schwarzen Behälter – zum Beispiel ein Kunststoffsack – erhöht in der Sonne aufgehängt, bis es sich erwärmt hat. Laut Angaben von Herstellern sind nach zwei bis drei Stunden Temperaturen von bis zu 50 Grad möglich. Aber auch für die Warmwasserversorgung in Gebäuden können Solarkollektoren eine wichtige Rolle spielen. Wasser fließt dabei durch Kollektoren, die meist auf Hausdächern installiert sind, und erwärmt sich dort. Anschließend wird es in die Wasserversorgung des Gebäudes eingespeist. Im Sommer lässt sich der Warmwasserbedarf von Privathäusern häufig komplett auf diese Weise decken.

7.2 Der Solarofen

Hinweise zur Umsetzung

- Im Experiment wird eine Methode zur Erzeugung von Heißwasser mittels Sonnenenergie in drei Schritten immer weiter verbessert.
- Der Versuchsaufbau ist relativ aufwändig.
- Anstelle der Kühlbox kann auch ein mit Dämmmaterial isolierter Karton verwendet werden.
- Bei ausreichend Zeit kann es sehr eindrucksvoll sein, den Aufbau weiter zu verbessern. Im Internet finden sich Bauanleitungen für Solaröfen, mit denen sich sogar Brötchen aufbacken lassen.
- Wenn mehrere Schüler beteiligt sind, können alle drei Versuchsteile parallel durchgeführt werden.
- Es kann ein Wettbewerb durchgeführt werden, wer am schnellsten hohe Temperaturen erreicht.
- Bei diesem Experiment sollte natürlich die Sonne scheinen! Es wird ein Platz mit direkter Sonneneinstrahlung benötigt, um das Experiment durchzuführen.

ACHTUNG: In Teilen des Versuchs kann das Wasser sehr heiß werden. Auf keinen Fall fest verschlossene Glasflaschen verwenden, da diese platzen könnten! Wenn sich die Kunststoffflaschen ausbeulen, sofort den Versuch beenden! Das Wasser wird dann etwa 80° C heiß sein. Vorsicht beim Anfassen und Öffnen der Flaschen!

Hintergrund

Schwarze Gegenstände absorbieren das Sonnenlicht stärker als transparente Körper. Höhere Temperaturen führen zu höheren Wärmeverlusten. Um diese zu verringern, ist eine Wärmedämmung nötig. Auch die transparente Abdeckung des Solarkollektors wirkt als Wärmedämmung. Durch Spiegel und Reflektoren kann die Intensität der Sonneneinstrahlung verstärkt werden. Aber nur dann, wenn die Spiegel der Sonne nachgeführt werden.

Auswertung Teil 1

1. Das Wasser in der geschwärzten Flasche ist deutlich wärmer als die Umgebungstemperatur. Das Wasser in der ungeschwärzten Flasche erwärmt sich in der Regel kaum. (Hinweis: Je nach Untergrund und Umgebung kann sich auch der Inhalt der ungeschwärzten Flasche deutlich erwärmen, zum Beispiel, wenn sie auf dunklem Asphaltboden steht.)
2. Mit dieser einfachen Methode können noch keine besonders hohen Temperaturen erreicht werden. Das Wasser wird als warm empfunden und könnte sich zum Beispiel für einen Swimmingpool eignen. Für ein Bad in der Badewanne oder gar fürs Kochen wird es nicht heiß genug.

Auswertung Teil 2

1. Mit dieser Konstruktion werden wesentlich höhere Temperaturen als in Teil 1 erzielt.
2. Das schwarze Tonpapier absorbiert die Wärmeenergie der Sonne sehr gut. Ein Teil der Energie wird an den Flascheninhalt abgegeben und hilft, ihn aufzuwärmen. Der Dämmstoff, die Dämmung der Kühlbox und die Folienabdeckung verringern gleichzeitig die Wärmeabstrahlung an die Umgebung.

Auswertung Teil 3

1. Die Temperatur steigt in Vergleich zu Teil 2 noch etwas weiter an. Unter idealen Umständen kann das Wasser sogar bis zum Siedepunkt erhitzt werden!
2. Der Kollektor nutzt die Wärmestrahlung noch effizienter, da die Alufolie wie ein Spiegel die Sonnenstrahlen auf die Flasche lenkt.
3. Die Messwerte können je nach Versuchsbedingungen abweichen. In jedem Fall sollte deutlich werden, dass die Beschaffenheit des Absorbers sowie die Wärmedämmung von zentraler Bedeutung sind. In Teil 1 wird in der Regel ein sehr deutlicher Temperaturunterschied zwischen den Flaschen gemessen werden. Ebenfalls sehr deutlich sollte die Temperatursteigerung in Teil 2 ausfallen.
4. Wasser kann auch mithilfe elektrischer Energie oder mithilfe von Brennstoffen erhitzt werden. Zu den Vorteilen der Nutzung von Solarkollektoren gehört, dass dabei Brennstoffe oder Strom eingespart werden. Bei der Wärmeerzeugung für Gebäude können die Heizkosten deutlich sinken, und auch die Umwelt profitiert, weil keine fossilen Brennstoffe zur Energiegewinnung eingesetzt werden. Zu den Nachteilen gehört vor allem, dass die verfügbare Wärme von der Sonneneinstrahlung und somit zum Beispiel vom Wetter abhängig ist. Solarkollektoren werden daher in der Regel mit Warmwasserspeichern sowie anderen Wärmeerzeugern kombiniert, zum Beispiel mit einer Gasheizung. Ein Solarkollektor kann zudem nicht für alle Zwecke Warmwasser erzeugen: Zum Kochen zum Beispiel wird das Wasser nicht heiß genug; zudem sind Solarthermieanlagen nicht so mobil und flexibel wie zum Beispiel Gasbrenner.

7.3 Strom aus Sonnenlicht

Hinweise zur Umsetzung

- Das Experiment setzt die Kenntnis der Begriffe Reihen- und Parallelschaltung sowie der Leistung voraus.
- Es werden keine Messinstrumente benötigt; je nach Vorkenntnissen können die Experimente jedoch auch um Messungen von Stromstärke und -spannung erweitert werden.
- Sollten die benötigten Materialien nicht vorhanden sein, können die in verschiedenen Varianten im Handel erhältlichen Komplett-Sets verwendet werden („Solar-Experimentierkasten“).
- Bei Verwendung vorhandener Materialien muss darauf geachtet werden, dass die Bauteile zueinander passen (Spannung der Solarzellen und des Motors).
- Statt eines Motors können als Verbraucher auch Klangerzeuger oder Lampen verwendet werden. Wichtig ist, dass der Verbraucher verdeutlicht, wie sich die elektrische Energie auswirkt. Ein Motor mit Propeller ist dafür sehr gut geeignet.

Hintergrund

Solarzellen werden je nach Größe und Bedarf in Reihe und parallel geschaltet. Die Art der Verschaltung bestimmt, wie die Spannung oder Stromstärke verändert wird. Eine Reihenschaltung führt bei gleicher Stromstärke zu einer höheren Spannung, die Parallelschaltung bei gleicher Spannung zu einer höheren Stromstärke.

Die tatsächliche Leistung einer Solaranlage hängt von verschiedenen Faktoren ab und ist in der Regel geringer als ihre theoretische Kapazität. Maßgeblich ist die Einstrahlung. Demnach können Neigung und Ausrichtung zur Lichtquelle, Verschattung und Verschmutzung oder Schwankungen der Einstrahlung durch Wetter- oder jahreszeitliche Bedingungen die Leistung beeinträchtigen.

Eine Parallelschaltung ist fehlertoleranter: Wenn mehrere Solarzellen parallel geschaltet werden, können einzelne Zellen ausfallen; dennoch liefern die anderen Zellen weiterhin Strom. Wird dagegen eine Reihenschaltung am irgendeinem Punkt unterbrochen, funktioniert die gesamte Schaltung nicht mehr. Daher sind parallel geschaltete Solarmodule auch gegenüber Verschattung deutlich weniger empfindlich. Reihen- und Parallelverschaltung können kombiniert werden, um die Vorteile beider Systeme zu vereinen und Nachteile zu beseitigen. Man spricht dann von einer Paarmodulverschaltung.

Zwar ist die Herstellung von Solarzellen energieintensiv, doch hat die Technologie in den vergangenen Jahrzehnten rasante Fortschritte gemacht. Je nach Herstellungsverfahren brauchen die Zellen hierzu-lande nur noch zwischen 1,5 und vier Jahren, um die Energie zu produzieren, die für ihre Herstellung eingesetzt wurde.

Auswertung Teil 1: Reihenschaltung und Parallelschaltung

1. Der Propeller dreht sich jeweils schneller, wenn Solarzellen zu den Schaltungen hinzugefügt werden. (Hinweis: Je nach verwendeten Bauteilen kann es sein, dass mehrere Zellen nötig sind, um den Propeller in Bewegung zu setzen.) Die Drehbewegungen des Motors scheinen bei gleicher Zahl von Solarzellen gleich, egal bei welcher Schaltung. Das lässt darauf schließen, dass die Zellen gleich viel Leistung abgeben können, egal wie sie verschaltet werden.
2. Im Vergleich zu den üblichen Bauteilen für Schulversuche benötigen Haushaltsgeräte eine wesentlich höhere Leistung. Um einen oder mehrere Haushalte mit Strom zu versorgen, werden daher viele einzelne Zellen zu größeren Bauteilen zusammengeschaltet, zu sogenannten Modulen. Wichtig ist zudem, dass Haushalte mit Wechselspannung versorgt werden, Solarzellen dagegen Gleichspannung liefern. Sogenannte Wechselrichter sind daher Teil einer ins Stromnetz einspeisenden Solaranlage. Sie wandeln den Strom um.

Auswertung Teil 2: Abschattung

1. Je mehr Fläche abgedeckt wird, desto geringer wird die Leistung. Ab einem bestimmten Punkt stoppt der Motor. Bei einer Reihenschaltung muss nur eine Solarzelle abgedeckt werden, bis der Motor stoppt; denn dies stellt bei einer Reihenschaltung eine Unterbrechung des Stromkreises dar. Wird der Winkel der Solarzellen zur Lichtquelle verändert, wirkt sich dies ebenfalls auf die Leistung aus. Je flacher der Einfallswinkel des Lichts ist, desto geringer wird die Leistung. Am meisten Leistung liefern die Solarzellen, wenn das Licht senkrecht auf ihre Oberfläche trifft.
2. a) Photovoltaikanlagen müssen so platziert werden, dass sie nicht bedeckt werden oder im Schatten liegen. Sie sollten so zur Sonne ausgerichtet werden, dass die Sonnenstrahlen im Tagesverlauf möglichst senkrecht auf die Oberfläche treffen. Der Neigungswinkel des Kollektors muss entsprechend an den Winkel der eintreffenden Sonnenstrahlen angepasst werden. b) Die nutzbare Sonnenenergie ist abhängig vom Wetter beziehungsweise Klima sowie vom Stand der Sonne. Daher gibt es regionale und saisonale Unterschiede beim möglichen Ertrag.

7.4 Der optimale Rotor

Hinweise zur Umsetzung

- Das Experiment lässt sich mit einfachen Mitteln durchführen, sollte jedoch gut vorbereitet werden. Der Aufbau benötigt unter Umständen etwas Zeit und mehrere Versuche. Insbesondere der Rotor und die Drehachse müssen sorgfältig zusammengebaut werden.
- Das Experiment kann variiert werden: So können zum Beispiel ein Generator und einfache elektrische Verbraucher angeschlossen werden.
- Das Experiment kann auch in Form eines Wettbewerbs durchgeführt werden: Die Schüler/-innen erhalten keine Bauanleitung, sondern lediglich Materialien für den Bau eines Rotors. In Gruppen entwickeln sie Ideen für Rotoren und testen diese. Gegebenenfalls können die Gruppen auch im In-

ternet nach weiteren Beispielen für Rotoren suchen, diese nachbauen und die jeweiligen Vor- und Nachteile erörtern.

- Im Anschluss können verschiedene Standorte auf dem Schulgelände verglichen werden. Wo weht möglichst häufig ausreichend Wind, um ein Windrad anzutreiben?

Hintergrund

Windenergieanlagen spielen heute eine zentrale Rolle bei der Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen. Gleichzeitig ist das Grundprinzip leicht verständlich und kann im einfachen Experiment veranschaulicht werden.

Folgende Informationen des Bundesumweltministeriums sind für die vertiefende Diskussion moderner Windenergieanlagen relevant:

Moderne Windenergieanlagen nutzen das Auftriebsprinzip anstatt des Widerstandsprinzips. Dem Wind wird also nicht durch den Rotor ein Widerstand entgegengesetzt, sondern der Wind erzeugt beim Vorbeiströmen an den Flügeln einen Auftrieb, ähnlich wie beim Flugzeug. Dieser Auftrieb versetzt den Flügel in Rotation. Kann mit dem Widerstandsprinzip dem Wind maximal 12 Prozent der Energie entzogen werden, so sind es beim Auftrieb immerhin 59 Prozent. Im besten Fall erreichen moderne Windenergieanlagen heute schon einen Wirkungsgrad von 50 Prozent, damit sind sie also schon sehr nahe an der maximal möglichen Energieausbeute angelangt.

Man kann in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit vier unterschiedliche Betriebsphasen einer Windenergieanlage unterscheiden. Weht der Wind zu schwach, so reicht die in ihm enthaltene Energie nicht aus, die Reibungs- und Trägheitsmomente der Anlage zu überwinden, die Anlage steht still.

Ab einer gewissen Windgeschwindigkeit – je nach Anlagentyp bei rund 3 m/s – beginnt die Anlage zu arbeiten. Dabei nimmt die Leistung mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit zu. Eine Verdoppelung der Windgeschwindigkeit verachtfacht also die Leistung. Steigt nun die Windgeschwindigkeit weiter an, wird die maximale Nennleistung des Generators erreicht. Bei weiter wachsender Windgeschwindigkeit muss der Leistungsüberschuss weggeregelt werden. Bei modernen Anlagen werden dazu die Rotorblätter aus dem Wind gedreht. Die maximale Leistung der Anlage wird bestimmt von der durchströmten Rotorfläche und ist im Prinzip unabhängig von der Anzahl der Flügel.

(...) Der weitaus größte Teil der heute installierten Windenergieanlagen hat drei Rotorblätter, da so die mechanischen Belastungen am besten in den Griff zu bekommen sind. Drehende Dreiflügler werden von den meisten Menschen als optisch ausgeglichener empfunden als Ein- oder Zweiflügler. Die Flügel selbst bestehen meist aus Kunststoff und sind bei großen Anlagen über 60 m lang.

Aus: Erneuerbare Energien – Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft (2011)

Auswertung

1. Das Windrad dreht sich am schnellsten, wenn der Luftstrom direkt von vorne (in Richtung der Drehachse) auf den Rotor trifft. Varianten: Bei größerer Entfernung zwischen Fön und Windrad wird der auftreffende Luftstrom schwächer, der Rotor dreht sich langsamer beziehungsweise gar nicht mehr. Ist der Luftstrom zu stark, kann sich der Rotor verbiegen und dreht sich gegebenenfalls langsamer. Je nach Bauweise kann das Windrad umfallen oder beschädigt werden.
2. Die Drehachse wird in Windenergieanlagen als Antrieb für einen Generator genutzt. In historischen Windmühlen wurde ihre Drehung mechanisch übersetzt und für verschiedene Anwendungen genutzt: zum Beispiel zum Mahlen von Getreide, zum Sägen von Holz oder als Antrieb für Wasserpumpen.
3. Wichtigste Voraussetzung ist Windenergieanlage muss vor allem sollte den Luftstrom möglichst gut ausnutzen, um eine möglichst hohe Leistung zu erzielen. Der Rotor sollte horizontal drehbar montiert sein und sich an die Windrichtung anpassen.

7.5 Aufwindkraftwerk

Hinweise zur Umsetzung

- Die Zusammenstellung der Materialien sowie der Aufbau erfordern etwas Zeit. Insbesondere die Konstruktion und die Aufhängung des Propellers erfordern einige Sorgfalt.
- Die angegebenen Maße für die Styropor- und Plexiglasplatte orientieren sich an den handelsüblichen Maßen. Je nach Verfügbarkeit können auch andere Maße verwendet werden. Je größer die Kollektorfläche, desto stärker kann der Luftstrom im Kamin werden.
- Der Aufbau kann variiert werden: So kann als Basis auch ein Karton verwendet werden, über den eine Frischhaltefolie gespannt wird.
- Wichtige Merkmale des Aufbaus: An den Seiten müssen Öffnungen vorhanden sein, durch die Luft nachströmen kann. Die Luft sollte nach oben nur durch den Kamin entweichen können, daher müssen die Abdeckung und die Seitenwände gut abschließen.

Hintergrund

Bei einem Aufwindkraftwerk wird Luft unter einem riesigen Kollektordach aus Glas oder Kunststofffolie durch die Sonne erwärmt. Diese Luft strömt zu einem in der Mitte des Kollektordachs stehenden Kamin und steigt durch den Kamin auf. Aufwindkraftwerke sind technisch machbar, spielen jedoch in der Praxis bisher kaum eine Rolle. Das Experiment dient dazu, verschiedene physikalische Effekte zu verdeutlichen, die in der Natur sowie bei der technischen Nutzung erneuerbarer Energien generell eine Rolle spielen:

- Von der Sonne erwärmte Luft steigt auf. Was im Versuch im Schornstein geschieht, geschieht in der Natur in sogenannten Thermikschläuchen. Die Quellbewölkung (Kumuluswolken) entsteht aus solchen Thermikschläuchen. Bei Gewitterwolken reichen sie bis in sehr große Höhen.
- Am Boden (sowohl im Versuch als auch in der Natur) wird von der aufsteigenden Luft nachströmende Luft angesaugt. Dies macht sich in der Natur als Wind bemerkbar. In Gewitternähe frischt er böig auf. Im globalen Maßstab steigt am Äquator wärmere Luft auf und an den Polen kalte Luft ab. Die von den kühlen Gebieten zum heißen Äquator nachströmende Luft sorgt für die überregionalen Winde.
- In Aufwindkraftwerken kann Strom gewonnen werden, indem von der Windturbine im Aufwindturm ein Generator angetrieben wird.

Auswertung

1. Nach kurzer Zeit in der Sonne beginnt der Propeller sich zu drehen. a) Sobald keine Luft mehr durch den Kasten strömen kann, bleibt der Propeller stehen. b) Wird der Boden mit weißem Papier bedeckt, dreht sich der Propeller nicht mehr oder nur sehr viel langsamer.
2. Das schwarze Papier ist ein guter Absorber für die Wärmeenergie der Sonne. Bei Sonnenschein erwärmt sich die Luft darüber. Von der Sonne erwärmte Luft steigt auf, kühlere Luft strömt nach. Dadurch kommt es zu einem stetigen Luftstrom im Kamin.
3. Das Aufwindkraftwerk erzeugt selbst einen stetigen Luftstrom und ist nicht vom natürlichen Wind abhängig.
4. Der technische Aufbau ist sehr einfach. Aufwindkraftwerke benötigen lediglich ein Kollektordach aus Glas oder Kunststofffolie und arbeiten ausschließlich mit Luft. Sie benötigen keine Spiegelsysteme und kein Kühlwasser, was ein Vorteil in sonnenreichen Ländern ist, die bereits Probleme mit der Wasserversorgung haben. Auch diffuse Strahlung bei bedecktem Himmel reicht aus, um die Luft unter dem Kollektordach zu erwärmen und das Kraftwerk zu betreiben. Der Erdboden unter dem Kollektor kann als natürlicher Wärmespeicher dienen, sodass auch nach Sonnenuntergang Strom erzeugt werden kann. Aufwindkraftwerke sind dennoch auch vom Wetter abhängig und funktionieren am besten an einem Standort mit möglichst starker und stetiger Sonneneinstrahlung. Zudem benötigen sie eine große Fläche.

7.6 Wasserkraft

Hinweise zur Umsetzung

- Das Experiment lässt sich sehr unkompliziert umsetzen.

Hintergrund

Wasserkraft wird seit Jahrtausenden zur Energiegewinnung genutzt, die Technologie ist sehr ausgereift. Wasserkraftwerke nutzen die Bewegungs- und Lageenergie des Wassers, das immer in Richtung Meer abfließt. Die Energie des Wassers wird genutzt, um ein Rad in Drehung zu versetzen – zum Beispiel ein Turbinenrad. Die Rotation treibt Maschinen oder Generatoren an. Dieses Grundprinzip kann mithilfe des einfachen Experiments sehr anschaulich gezeigt werden.

Weltweit hat Wasserkraft nach der Biomasse den höchsten Anteil an der Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien. In Deutschland werden fast 90 Prozent des Stroms aus Wasserkraft in Bayern und Baden-Württemberg erzeugt, da es hier relativ viele Niederschläge und ein hohes Gefälle in den Mittelgebirgen und im Alpenvorland gibt.

Auswertung

1. Das Rad dreht sich weiter unten schneller als oben. Die Bewegungsenergie des Wassers lässt sich besonders gut nutzen, wo es eine große Fallhöhe gibt.
2. Voraussetzungen: Stetig verfügbare ausreichende Wassermenge mit hoher Lage- beziehungsweise Bewegungsenergie. Gute Voraussetzungen sind daher zum Beispiel ein Fluss oder der Ablauf aus einem Bergsee.
3. Wasserräder sind die Urform von Turbinen. Eine Turbine setzt die Bewegungsenergie von Gas oder Wasser in kreisförmige Bewegungen um, in Rotationsenergie. Einfache Wasserräder sind noch heute manchmal an historischen Mühlen zu sehen. Die Schaufeln eines Wasserrades tauchen entweder in das vorbeiströmende Wasser, oder Wasser trifft von oben auf die Schaufeln. Vorteil von Wasserrädern ist, dass ohne Regelung und mit stark schwankenden Wassermengen funktionieren. Die Leistung eines Wasserrads ist jedoch relativ gering. Als Turbinen werden Räder bezeichnet, deren Schaufeln speziell so geformt werden, dass die Kräfte des Wasserstrahls optimal umgewandelt werden. Manche ähneln Ventilatoren oder Schiffsschrauben. Es gibt verschiedene Bauformen. Welche eingesetzt wird, hängt unter anderem vom Druck des auftreffenden Wassers ab.

7.7 Biogas

Hinweise zur Umsetzung

- Das Experiment lässt sich sehr unkompliziert umsetzen.
- Auf der Oberfläche der Masse kann sich eine geschlossene Schicht bilden. Gegebenenfalls muss die Flasche nach einiger Zeit bewegt werden, damit Gas nach oben strömen kann.
- Das entstehende Gas entspricht in der Zusammensetzung nicht dem nutzbaren Biogas aus einer professionellen Anlage. Es ist in der Regel nicht brennbar.
- Es sollte behutsam mit den Materialien umgegangen werden, um Verschmutzungen von Kleidung und Räumen zu vermeiden.
- Nicht an der geöffneten Flasche riechen! Gegebenenfalls für eine gute Belüftung sorgen.

Hintergrund

Biogas kann in Kraftwerken verbrannt und zur Stromerzeugung, aber auch für die Wärmeversorgung eingesetzt werden. Biogas entsteht bei der Zersetzung von organischer Materie durch spezielle Methanbakterien. Dieser Prozess heißt Vergärung. Zwei wesentliche Voraussetzungen müssen für die Bildung eines energiereichen Gases erfüllt sein: Es müssen anaerobe Bedingungen herrschen, Sauerstoff muss also ausgeschlossen sein. Außerdem müssen die Temperaturen im Biogasreaktor den vorhandenen Bakterien angepasst sein. Die meisten Biogasanlagen arbeiten bei Temperaturen zwischen 30 und 37°C.

Die Bakterien zersetzen die organische Materie in mehreren Stufen. Endpunkte der Zersetzungskette sind die Gase Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2). Energetisch nutzbar ist der Methananteil im Biogas. Die Höhe des Methananteils hängt unter anderem von der eingesetzten Biomasse ab.

Eine detaillierte Dokumentation der in einer Biogasanlage ablaufenden Prozesse ist auf der Internetseite des Bayerischen Landesamtes für Umwelt erhältlich unter <http://www.lfu.bayern.de/abfall/biogashandbuch>.

Auswertung

1. Spätestens nach zwei bis drei Tagen beginnt der Ballon sich aufzublähen. Die Masse in der Flasche verfärbt sich und wird dunkler; teilweise bilden sich Blasen und oder Schaum.
2. Vor allem die Erde enthält Mikroorganismen. Diese ernähren sich von den organischen Substanzen in der Flasche sowie dem Zucker und erzeugen Gase (Gärung).
3. Manche Mikroorganismen erzeugen brennbare Gase, sogenanntes Biogas. Es kann zum Heizen oder zur Stromerzeugung verwendet werden.
4. Häufig verwendet werden a) tierische Ausscheidungen wie Kuhmist sowie organische Abfälle wie Essensreste b) sogenannte Energiepflanzen wie Mais. Letztere stehen in der Kritik, weil ihr Anbau in Monokultur geschieht und sie auch als Nahrungsmittel geeignet wären. Bei a) gibt es keine Bedenken; es handelt sich vielmehr um einen zusätzlichen Nutzen aus Abfällen.

7.8 Wärmedämmung

Hinweise zur Umsetzung

- Wegen der nötigen Abstände zwischen den Messungen braucht dieses Experiment etwas Zeit. Zudem muss gegebenenfalls Wartezeit überbrückt werden.
- Falls ein Wettbewerb durchgeführt wird, sollten die Temperaturkontrollen gleichmäßig erfolgen, da dafür die Dämmung kurzzeitig entfernt werden muss.
- Zum Einstieg können Ideen zu verschiedenen Methoden der Wärmedämmung gesammelt werden. Geeignete Fragen sind zum Beispiel: Wie funktioniert eine Thermoskanne? Wie werden Häuser gedämmt? Wie zieht ihr euch an, wenn es draußen eisig kalt ist? Wie sehen Tiere aus, die in der Kälte leben?

Hintergrund

Die Wärmedämmung spielt im Bereich der erneuerbaren Energien eine wichtige Rolle. Eine gute Dämmung hilft, Wärme dorthin zu bringen, wo sie benötigt wird, und Verluste zu vermeiden. Je effizienter die Energie ihrer Nutzung zugeführt wird, desto weniger Aufwand muss zur Energieerzeugung betrieben werden. Daher wird im Zusammenhang mit Wärmedämmung von Gebäuden manchmal von „passiver“ Nutzung der Energie gesprochen.

Gedämmt werden zum Beispiel Warmwasserleitungen oder die Rückseiten von Solarkollektoren. Gut gedämmte Wände und isolierende Fenster sorgen dafür, dass Wärme in Wohnräumen länger erhalten bleibt. So werden Kosten und Aufwand gespart, aber auch negative Folgen für die Umwelt – die zum Beispiel entstehen, wenn zum Heizen fossile Energieträger verwendet werden.

Auswertung Teil 1

1. Die Gläser kühlen unterschiedlich schnell ab, weil verschiedene Materialien eine unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit besitzen. Je schlechter die Leitfähigkeit, desto besser ist ein Material als Dämmmaterial geeignet.
2. Bei allen beheizten Räumen, die ans Freie oder unbeheizte Räume grenzen, kommt eine Dämmung in Frage – zum Beispiel von Wänden oder Dächern – oder die Verwendung von Isolierfenstern. Auch Warmwasserleitungen können isoliert werden.

Auswertung Teil 3

1. Die verschiedenen Farben zeigen Bereiche mit verschiedenen Oberflächentemperaturen. Die Farbwerte lassen sich mit der Skala rechts neben dem Bild Temperaturen zuordnen. Dunkelblau bedeutet eher kühl, Rot eher warm. Die verschiedenen Bereiche auf dem Bild lassen sich durch die Wärmeleitfähigkeit verschiedener Baustoffe beziehungsweise verschiedene Bauweisen erklären.

Hinweis: Anregungen und Beispiele für Aufgabe 2 finden sich unter <http://www.energiesparclub.de> > Energiesparclub für Schulen.

Erweiterung

Es bietet sich an, die Erkenntnisse im Anschluss auf den Alltag zu übertragen.

1. Recherchiere, wie viel Energie durchschnittliche Haushalte für Heizung und Warmwasser brauchen und welchen Unterschied eine gute Wärmedämmung ausmacht. Nutze dazu zum Beispiel Informationen des Umweltbundesamtes zum Thema „Energiesparen im Haushalt“ oder die Energieberatung der Verbraucherzentralen. Die Informationen sind im Internet erhältlich oder können in Form von Broschüren bestellt werden.

Die in der Aufgabe genannten Informationen finden sich im Internet unter:

<http://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/energiesparen-im-haushalt>

<http://www.verbraucherzentrale-energieberatung.de>