

# HANDREICHUNG FÜR LEHRKRÄFTE



# INFORMATIONEN FÜR LEHRKRÄFTE

Reise in die Zukunft Seite 1/1



Die Titelgeschichte dient zur Einführung und als Rahmenhandlung für die Unterrichtseinheiten zum Themenfeld erneuerbare Energien. Hierfür wurden vier Identifikationsfiguren entwickelt, um die Schülerinnen und Schüler anzuregen, sich fantasievoll mit den Themen Energie, Energieerzeugung und erneuerbare Energien zu beschäftigen.

Die Schülerinnen und Schüler gehen mit den vier jugendlichen Helden auf eine Reise in das Jahr 2030 und entdecken dort die Zukunft der Energieerzeugung. Sie müssen erkennen, dass auch die Zukunft kein Schlaraffenland bereithält und Energie immer noch wertvoll und teuer ist. Sie wird aufwendig mithilfe erneuerbarer Energieträger erzeugt, auch Energie sparen ist nach wie vor ein wichtiges Thema.

Darüber hinaus begleiten die vier Helden weitere Themen der Bildungsmaterialien, wie zum Beispiel Klimaschutz und Klimapolitik sowie Umwelt und Gesundheit mit den Unterthemen Lärm und Lärmschutz, Schutz von Badegewässern und Qualität der Innenraumluft.

## DIE GESCHICHTE

Felix darf mit seiner Mutter ins Jahr 2030 reisen. Als er seinen Freunden Viona, Manuel und Aysche per SMS einen Hilferuf aus der Zukunft schickt, reisen die drei natürlich sofort hinterher. Dort treffen sie zum Beispiel auf Saranchimeg und Sergio, aber auch auf Professor Technikgeil, der sie auf die Internationale Raumstation mitnimmt. Ihre Suche nach Felix führt sie in ein hypermodernes Haus und in eine europäische Energiemanagementzentrale. Sie hören von Solarzeppelinen, Streetsailorn und SunZeros. Vieles kommt ihnen aber auch vertraut vor, und so finden sie sich ziemlich schnell in der Zukunft zurecht. Ob sie am Ende Felix und seiner Mutter helfen können?

## VERLAUFVORSCHLAG

Lassen Sie Ihre Schülerinnen und Schüler die Geschichte als Vorbereitung auf die Behandlung des Themas erneuerbare Energien lesen. Sie können die einzelnen Kapitel der Titelgeschichte auch als Verbindung zu den entsprechenden Unterrichtseinheiten nutzen. Oder ziehen Sie die Geschichte als Vorlage heran, für die Entwicklung eines Szenarios zur zukünftigen Energieversorgung durch Ihre Schülerinnen und Schüler. Auch eine Diskussionsrunde in Ihrer Klasse zu den in der Geschichte angesprochenen Zukunftstechniken ist möglich.



Der konkreten Nutzung erneuerbarer Energien vorgelagert ist das Verständnis, dass in der Natur Energieströme existieren, die sich erneuern und die, teilweise bereits seit Jahrtausenden, zur Energiegewinnung genutzt werden. In dieser Unterrichtseinheit geht es darum, den Schülerinnen und Schülern das Erkennen solcher Energieströme zu erleichtern und daraus abzuleiten, dass diese zur Lösung von Umwelt- und Energieproblemen der Zukunft beitragen.

## LEHRPLANANBINDUNG

- Solarenergie und ihre Grundlagen
- Fast alle Energie stammt von der Sonne: Entstehung der Primärenergieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas), regenerative Energiequellen (Biomasse, Wind, Wasser, Licht)
- Energieträger: regenerative Energieträger
- Produktion im ökologischen Kreislauf: Einsatzmöglichkeiten regenerativer Energien
- Erneuerbare und fossile Energieträger
- Pflanzen als Energie- und Rohstofflieferanten der Zukunft
- Regenerative Energiequellen: Wärme und Licht, Nutzung des Sonnenlichts zur Wärme- und Stromerzeugung, Energiegewinnung durch Wind und Wasser
- Einblick in die Energietechnik: regenerative Energiequellen

## VERLAUFVORSCHLAG

Folgende Frage ist vorab zu klären:

- Was versteht man unter „erneuerbaren Energien“ und was ist der Unterschied zu fossilen Energien?
- Brainstorming und Erstellung einer Mindmap: natürliche Energieströme
- Danach teilt sich die Klasse in Arbeitsgruppen. Die Arbeitsgruppen bearbeiten die natürlichen Energieformen und die Möglichkeiten zu ihrer Nutzung.
- Die Infoblätter können von den Arbeitsgruppen ebenfalls genutzt werden.
- Im anschließenden Plenum trägt jede Arbeitsgruppe ihr Ergebnis vor. Es werden Ergänzungen der Mitschüler einbezogen.
- Das Dossier wird mit Bildern und Beispielen aus der Praxis ergänzt und mit einer Stellungnahme der Klasse versehen.
- Gemeinsam erarbeitet die Klasse ein Zukunftsszenario: Wie werden natürliche Energieströme im Jahr 2030 genutzt?
- Das Dossier könnte z. B. als Wandzeitung o. ä. präsentiert werden.

## MATERIAL

### Arbeitsblätter

- Sonnenwärme
- Fotovoltaik
- Wind
- Wasser
- Biomasse
- Erdwärme

### Ergänzende Informationen

- Infoblätter
- Pressespiegel

## LÖSUNGEN UND HINWEISE ZU DEN AUFGABEN AUF DEN ARBEITSBLÄTTERN

### Arbeitsblatt 1: Energie aus der Zukunft

1. Sonnenwärme, Windkraft, Wasserkraft, Biomasse, Erdwärme
2. Fotovoltaik, Solarthermie, Windkraftanlage, Wasserkraftwerk, Biomasseheizkraftwerk, Erdwärmekraftwerk

### Arbeitsblatt 2: Sonnenwärme

1. Der Hohlspiegel muss schräg unter dem Wasserrohr so platziert werden, dass sein Fokus direkt auf dem Rohr liegt. Dann lassen sich aus den Strahlen mehrere Wärmepunkte gewinnen.
2. Solche hohen Temperaturen braucht man, um richtig heißes Wasser oder sogar Dampf zu erzeugen.
3. Diese Technik wird zum Beispiel bei Solarkochern genutzt, mit denen man sogar in unseren Breiten Tee kochen oder Würste grillen kann. Aber auch das Parabolrinnenkraftwerk nutzt diese Technik

### Arbeitsblatt 3: Strom aus der Sonne

1. Beim Platzieren der Blitze die Straßenlaternen nicht vergessen!
2. Solar-Panels können sehr gut auf den Dächern, aber auch auf dem Lärmschutzwall platziert werden.
3. Da diese Flächen nicht ausreichen: Sollten Solar-Panels auch auf der Wiese am Fluss aufgestellt werden? Sollte man auf landwirtschaftliche Nutzung verzichten?

### Arbeitsblatt 4: Windenergie

1. Der Wind weht immer vom Hoch zum Tief.
2. Die Windkraftanlage wird am besten an der Küste platziert, da dort ein stetiger Wind weht.

### Arbeitsblatt 5: Windenergie

1. Die Ballons werden entsprechend der Windrichtung von Hoch zu Tief getrieben; d. h. der jeweils ganz rechte und linke Ballon bewegen sich vertikal. Der Ballon in der Mitte bewegt sich kaum. Der Ballon mit den Punkten wird sich vermutlich sehr schnell bewegen; er wird von den am Berg aufsteigenden Winden emporgetragen und wird links außerhalb des Bildes landen. Der oberste Ballon wird zunächst nach rechts getrieben und steigt dann sogar noch weiter empor – er wird wohl am weitesten fliegen.
3. Das Windrad könnte am besten auf der rechten Seite des Berges platziert werden. Zwar würde es auch zwischen Wald und Siedlung arbeiten können, jedoch würde es dort möglicherweise zu Nutzungskonflikten kommen.

### Arbeitsblatt 6: Wasserkraft

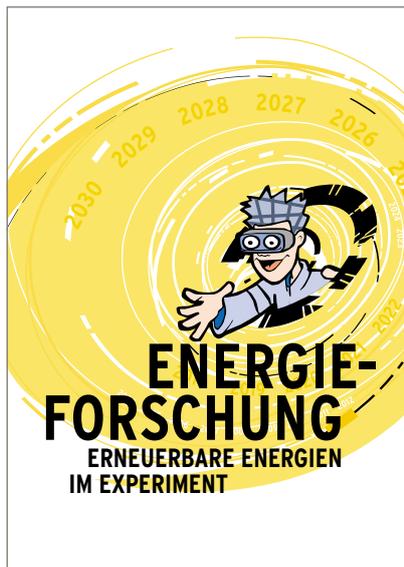
1. Für den vollständigen Kreislauf fehlt die Verdunstung vom Wasser in Richtung Wolke.

### Arbeitsblatt 7: Wasserkraft

1. Die richtigen Begriffe von oben nach unten: Niederschlag – Verdunstung – Wasserfall – Quelle – Sickerwasser – Grundwasser
2. Wasserkraft lässt sich am Wasserfall nutzen, aber auch am Fluss – der hier jedoch angestaut werden müsste.
3. Das Wasser erhält immer wieder neu seine Energie von der Sonne.

### Arbeitsblatt 8: Biomasse

1. Rapsöl kann man tanken – Wasser wird nicht heiß in Schilfrohren – Bienen sorgen für Kerzenwachs – Aus feuchtem Holz lässt sich kein Strom gewinnen – Aus Kuhmist lässt sich Biogas gewinnen, das zur Stromerzeugung dient.



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

Unter diesen Gesichtspunkten eignen sich Experimente mit Erdwärme und Wasserkraft nicht für das vorliegende Material und wurden deshalb bewusst ausgespart. Für diese Formen der erneuerbaren Energien muss auf Betriebsbesichtigungen verwiesen werden. Unternehmen aus diesem Sektor, die sich zur Zusammenarbeit mit Schulen bereit erklärt haben, finden Sie zum Beispiel unter [http://dokumente.unendlicheenergie.de/mitmachen\\_projektpartner.php4](http://dokumente.unendlicheenergie.de/mitmachen_projektpartner.php4).

Die methodische Inszenierung sieht vor, dass die Klasse als Forschungsgruppe folgende Fragen beantworten soll:

- Welche erneuerbaren Energien gibt es und wie können sie praktisch genutzt werden?
- Wie viel Energie wird damit in Deutschland heute bereits erzeugt und wie viel CO<sub>2</sub> wird damit eingespart?
- Kann man Wärme länger speichern und damit Energie und noch mehr CO<sub>2</sub> einsparen?

## LEHRPLANANBINDUNG

- 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, Fotovoltaik 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
- Wärmedämmung: Beispiele

# INFORMATIONEN FÜR LEHRKRÄFTE

Energieforschung Seite 2/4

## VERLAUFVORSCHLAG

- Vorab mit der Klasse einen Überblick über die erneuerbaren Energien erarbeiten und im Anschluss erläutern, dass sich die folgenden Experimente auf Solarthermie, Fotovoltaik, Biomasse und Windenergie beziehen. Generelle Einsparung von Energie als wichtigen Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Reduktion erarbeiten und Wärmedämmung als eine Möglichkeit dazu entwickeln. Siehe dazu auch weitere Kapitel des Bildungsservice des BMU, besonders „Energie aus der Zukunft“ das grundlegende Fragen zum Vorhandensein natürlicher Energieströme und deren Nutzung behandelt.

### - HINWEIS:

Experimente mit Erdwärme und Wasserkraft sind mit einfachen Mitteln und begrenztem Zeitumfang nicht realisierbar. Dies sollte bei der folgenden Aufteilung der Klasse in Arbeitsgruppen berücksichtigt werden. Es besteht jedoch die Möglichkeit, dennoch Gruppen für diese Energieformen einzuteilen und ihnen Rechercheaufträge zu „ihren“ Energien zuzuweisen. Während die anderen Gruppen experimentieren, würden diese Gruppen dann z. B. im Internet recherchieren und ihre Ergebnisse dann ebenfalls vortragen.

- Die Klasse wird in Gruppen aufgeteilt, es folgt Stationenlernen mit Experimenten zu einzelnen Formen erneuerbarer Energien.

#### **Tipp:**

Hinweise zum Stationenlernen und zu anderen kooperativen Lernformen finden Sie auf den Internetseiten des BLK-Programms „21“ – Bildung für eine nachhaltige Entwicklung ([www.blk21.de](http://www.blk21.de)).

- Da die Experimente mit vergleichsweise einfachen Mitteln durchgeführt werden können, bietet es sich an, Boxen (z. B. aus Schuhkartons o. ä.) vorzubereiten. Darin finden die Schülerinnen und Schüler alle benötigten Materialien sowie die Experimentieranleitungen.

#### **Tipp 1:**

Selbstverständlich können die Boxen auch von den Schülern selbst vorbereitet werden, z. B. als Hausaufgabe.

#### **Tipp 2:**

Sollten die benötigten Materialien nicht vorrätig sein, finden Sie bei den Versuchsbeschreibungen gegebenenfalls Hinweise, wo Sie diese beschaffen können.

- Die Stationen werden in Gruppen bearbeitet.
- Die Gruppen tragen ihre Arbeitsergebnisse im Plenum vor.
- Die Arbeitsergebnisse werden dokumentiert und z. B. auf einer Wandzeitung dargestellt.

## MATERIALIEN

### **1. Experimentiersets bestehen jeweils aus:**

- Materialliste
- Experimentiervorschlägen
- Aufgabenstellungen

### **Es gibt sieben Sets zu folgenden Themen:**

- Solarthermie 1 (Absorption)
- Solarthermie 2 (Solarkocher)
- Fotovoltaik
- Biomasse 1 (Brennbarkeit von Holz)
- Biomasse 2 (Holzvergasung)
- Windkraft
- Wärmedämmung

### **2. Erläuterungen zu den Experimenten**

### **3. Daten und Fakten**

## 1. SOLARTHERMIE - ABSORPTION

### Vorteile:

- Es wird kein Messinstrument benötigt.
- Der Versuchsaufbau aus allgemein verfügbaren Materialien ist sehr übersichtlich.

### Lernziele:

1. Schwarze Oberflächen absorbieren das Sonnenlicht stärker als blanke (oder weiße) Flächen und erhitzen sich in der Sonne daher stärker.
2. 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.
3. 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.

## 2. SOLARTHERMIE - SOLARKOCHER

### Besonderheiten:

- Die Methode zur Erzeugung von Heißwasser mittels Sonnenenergie wird in drei Schritten immer weiter verbessert.
- Wenn mehrere Schüler beteiligt sind, können alle drei Versuchsteile parallel durchgeführt werden.
- Es kann ein Wettbewerb durchgeführt werden, wer am schnellsten hohe Temperaturen erreicht.

### Lernziele:

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

## 3. FOTOVOLTAIK

### Vorteile:

- Für den ersten Teil des Experiments werden keine Messinstrumente benötigt.

### Teil 1: Leistung und Leistungsanpassung von Solarzellen

#### Lernziele:

1. Solarzellen wandeln Sonnenlicht in Strom um.
2. Zwei Solarzellen können doppelt so viel Leistung abgeben wie eine Zelle, egal wie sie verschaltet werden.
3. Die Solarzelle (bzw. die Solarmodule, welche sich aus vielen Solarzellen zusammensetzen) muss zu dem Stromverbraucher passen, damit sie ihre maximal mögliche Leistung erbringen kann.

### Teil 2: Die Strom-Spannungs-Kennlinie der Solarzelle (I-U-Kennlinie)

#### Lernziele:

1. Der Kurzschlussstrom IKS einer Solarzelle ist proportional zur Einstrahlung.
2. Die Leerlaufspannung  $U_0$  einer Solarzelle ist nur geringfügig abhängig von der Einstrahlung.
3. Mithilfe der I-U-Kennlinien können die Strom- und Spannungswerte bestimmt werden, bei welchen Solarzellen (oder Schaltungen aus Solarzellen) ihre maximale Leistung abgeben. Näherungsweise liegt dieser Punkt bei 75 % des Wertes für  $U_0$ . An diesen Punkt müssen die angeschlossenen Geräte angepasst werden. Bei schlechter Anpassung wird beispielsweise ein Elektromotor kaum arbeiten oder ein Widerstand in einem Wasserkocher nicht heiß werden.

## TEILWEISE ABSCHATTUNG VON FOTOVOLTAIK-ANLAGEN

### Lernziele:

1. In der einen Richtung ist der Strom durch die FV-Zelle durch die solare Einstrahlung begrenzt. Im Dunkeln ist er praktisch null, auch dann, wenn von außen eine Spannung angelegt wird (z. B. durch eine noch unverschattete Solarzelle). Die Solarzelle wirkt dann wie ein nahezu unendlich großer Widerstand für diese Stromrichtung. Die Abschattung von nur einer Zelle in einer Reihenschaltung macht daher die Leistung aller anderen Zellen zunichte.
2. In der Gegenrichtung kann nahezu beliebig viel Strom durch die Zelle fließen, vorausgesetzt, dass die Spannung, die angelegt wird, größer als die von der momentanen Einstrahlung abhängige Leerlaufspannung ist. Für diese Stromrichtung wirkt die Solarzelle im Dunkeln wie ein sehr kleiner Widerstand. In einer Parallelschaltung wirkt die Abschattung nur einer Zelle wie ein Kurzschluss, durch den der Solarstrom aus den übrigen Zellen nutzlos abgeleitet wird.
3. Im Dunkeln verhält sich eine Solarzelle wie das elektronische Bauteil Diode: In der einen Richtung wird Strom durchgelassen, in der anderen Richtung gesperrt.
4. Ein paradox erscheinendes Ergebnis des Versuchs ist: Die Erweiterung einer Solaranlage durch eine zusätzliche, aber ungünstig platzierte Zelle ist möglicherweise nicht nur nutzlos, sondern sogar schädlich. In FV-Anlagen, bei denen eine größere Anzahl von Zellen sowohl in Reihe als auch parallel geschaltet sind, muss durch geeignete Maßnahmen (Einbau von Dioden) verhindert werden, dass aufgrund von Verschattung einzelner Zellen (z. B. durch Schornsteine, Bäume etc.) die Leistung der Gesamtanlage zu stark beeinträchtigt wird.

## 4. BIOMASSE I: HOLZ ENTWÄSSERN

### Lernziele:

1. Frisches Holz enthält viel Wasser, Nadelholz bis 60 %, Laubholz bis 50 %.
2. Der Heizwert von trockenem Holz ist höher als von frischem.

## 5. BIOMASSE II: HOLZVERGASER

### Lernziele:

1. Wenn Holz erhitzt wird, entstehen brennbare Gase.
2. Nachdem das Gas entwichen ist, verbleibt Holzkohle. Sie wurde früher von den Köhlern für die Schmiede hergestellt, da sie mit sehr hoher Temperatur verbrannt werden kann.

## 6. DAS AUFWINDKRAFTWERK - AUS SONNE ENTSTEHT WIND

### Lernziele:

1. 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.
2. 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.
3. In Aufwindkraftwerken kann Strom gewonnen werden, indem von der Windturbine im Aufwindturm ein Generator angetrieben wird.

## 7. EXPERIMENT: WÄRMEDÄMMUNG

### Vorteile:

- Es wird kein Messinstrument benötigt.
- Die benötigten Materialien sind einfach zu beschaffen.

### Lernziele:

Eine gute Wärmedämmung hat folgende Eigenschaften:

1. Das verwendete Wärmedämmmaterial leitet die Wärme schlecht (siehe Tabelle). Es ist typischerweise sehr leicht.
2. Es dürfen keine Wärmebrücken vorhanden sein. (Das sind Stellen, an denen, meist aus konstruktiven Gründen, die Wärmedämmung schlechter ist als an den übrigen Stellen.)
3. Je dicker eine wärmebrückenfreie Wärmedämmung ist, desto besser isoliert sie.



## LEBENSSTIL, ENERGIEVERBRAUCH UND 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 CO<sub>2</sub>-Ausstoß derzeit auf der Welt verteilt sind. Die Industriestaaten der Triade Nordamerika-Japan-Europa mit 20 Prozent der Weltbevölkerung verbrauchen mehr als 70 Prozent der kommerziellen Energieträger.

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 folgenden 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. Abschließend gilt es, diese Erkenntnisse in konkrete Tipps für das persönliche Handeln umzusetzen.

### LEHRPLANANBINDUNG

- 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 usw., 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 Nutzung von Kohle; Rekultivierung/Weltenergieverbrauch; Energiesituation in Deutschland
- Umweltprobleme durch Erdöl und seine Produkte; Maßnahmen zu ihrer Bewältigung, u. a. umweltbewusstes Autofahren
- Probleme infolge der Energienutzung; CO<sub>2</sub>-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 bzw. 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

# INFORMATIONEN FÜR LEHRKRÄFTE

Was ist gerecht? Seite 2/3

- 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)
- Energieeinsparung; Möglichkeiten eigenen Handelns; Anknüpfen an die Erfahrungswelt der Schüler und Schülerinnen, z. B. Umgang mit Haushaltsgeräten

## VERLAUFVORSCHLAG

1. Einführung in die Problematik Bevölkerungsdichte und Energieverbrauch weltweit. Zuerst erarbeiten die Schülerinnen und Schüler die Relationen. Dazu eignet sich das Stuhlspiel. Die Schülerinnen und Schüler ermitteln mithilfe einer Tabelle, welcher Anzahl von Schülerinnen und Schülern in der Klasse die Bevölkerungszahl der einzelnen Kontinente entspricht. Sie stellen dann fest, dass z. B. nur zwei Mitschüler Europa repräsentieren, jedoch mehr als zwölf Asien etc. Anschließend werden die Relationen beim Energieverbrauch anhand der in der Klasse vorhandenen Stühle dargestellt. Sehr sinnfällig wird deutlich, dass die „Nordamerikaner“ es sich auf mehreren Stühlen bequem machen können, die vielen „Asiaten“ hingegen mit vergleichsweise wenigen Stühlen auskommen müssen.
2. Einführung von Gerechtigkeitsmodellen durch Berücksichtigung von Kultur, Klima- und Wohnsituation. Dazu 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 Produktivität und Leistung in diesen Ländern. Aus diesen Vergleichen versuchen sie unterschiedliche Modelle von Gerechtigkeit (Leistungs-, Verteilungs- und Zugangsgerechtigkeit) zu entwickeln.
3. Im nächsten Schritt errechnen die Schüler ihre persönlichen Werte von Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoß anhand einer Tabelle. Sie stellen fest, dass ihre Werte sehr hoch liegen und somit eigentlich „ungerecht“ sind.
4. Nun geht es darum, wie jeder persönlich Gerechtigkeit herstellen könnte. Anhand eines beispielhaften Tagesablaufs wird deutlich, dass in praktisch allen persönlichen Lebensbereichen Energie verbraucht wird. Durch Diskussion werden Lebensbereiche definiert (Haushalt, Verkehr, Freizeit, Urlaub, Ernährung, Konsum, Schule, Arbeit etc.). Die Klasse teilt sich in Arbeitsgruppen auf. Jede Arbeitsgruppe erarbeitet für die einzelnen Lebensbereiche Vorschläge und Strategien zur Verminderung von Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoß.  
**Tipp:** Falls die Klasse nicht von selbst darauf kommt: Der gesamte Bereich Konsum und Konsumprodukte bietet viele Ansätze für Energieeinsparung wie zum Beispiel die Langlebigkeit von Produkten, ihre umweltverträgliche Herstellung, das Thema Entsorgung usw. Ein weiterer wichtiger Bereich sind zum Beispiel die Heizkosten und ihre Relation zur Wohnfläche.
5. Abschließend werden die Vorschläge in der Klasse diskutiert, abgestimmt und beispielsweise zu einem Ratgeber für Jugendliche: „50 Tipps: KlimaGerechtLeben“ zusammengestellt.

## MATERIALIEN

1. Verschwender und Habenichtse – Energieverteilung weltweit
2. So leben Menschen weltweit – Was ist gerecht?
  - a. Äthiopien
  - b. USA
  - c. Japan
  - d. Indien
  - e. Mexiko
  - f. Albanien
3. Hintergrund: Gerechtigkeitsmodelle
4. Ich bin doch keine Dreckschleuder!?
5. Der Lifestyle-Energiecheck

## WAS IST GERECHTIGKEIT?

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

Die Egalitaristen vergleichen und bewerten eine Verteilungssituation von Gütern (z. B. 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 etc.).

Diese beiden Denkschulen 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 wieder. Wie im Wirtschaftsleben gibt es aber auch hier Leistungsmonopole (z. B. ein Film- oder Fußballstar), die der Markt sehr hoch bewertet, andere dagegen gar nicht (etwa Straßenmusikanten).

### **Bedürfnisgerechtigkeit:**

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 z. B. 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 etc. nicht wieder weggenommen werden dürfen.



Die heutige weltweite Energieversorgung beruht auf Prämissen, die zumindest mittelfristig in Frage stehen. Zum einen wird Energie hauptsächlich aus der Verbrennung fossiler Energieträger gewonnen. Dies schädigt bereits heute das Klima – da sind sich die Forscher weitestgehend einig. Zudem ist die Reichweite dieser Energieträger, vor allem von Erdöl und Kohle, zwar umstritten, aber in jedem Fall begrenzt. Des Weiteren wird sich der jetzige Zustand wohl auf Dauer kaum halten lassen, dass in aufstrebenden Industrieländern wie China oder Indien nur ein Bruchteil des Pro-Kopf-Verbrauchs an Energie im Vergleich zu den etablierten Regionen anfällt. Und nicht zuletzt sind die Vorkommen fossiler Energieträger geografisch zum Teil stark konzentriert. Dies führt unter anderem zu politischen und im Gefolge zu wirtschaftlichen Verwerfungen.

Das Hauptproblem künftiger Energieversorgungsmodelle liegt im noch ungebremsen 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, d. h. die hier 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 diese fast komplementär sind: Wo viel Sonne ist, da wird kaum Energie gebraucht und umgekehrt. Ähnliches gilt auch für andere erneuerbare Energieträger.

Ein weltweites Verbundsystem erneuerbarer Energien mit Stromleitungen und Wasserstoffpipelines, die ganze Kontinente verbinden – das klingt nach Zukunftsmusik. Dennoch wird an der Ablösung der Welt-Kohlenwasserstoff-Energiewirtschaft durch die Welt-Wasserstoff-Energiewirtschaft bereits intensiv geforscht und gearbeitet. Unter dem Titel „Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation TREC“ existieren bereits detaillierte Pläne zu einer Energievernetzung des Mittelmeerraums.

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 usw., Einzelwirkungen, Wirkungszusammenhänge)
- Rohstoff- und Energievorräte, Energiegewinnung

# INFORMATIONEN FÜR LEHRKRÄFTE

Energiernetz der Zukunft Seite 2/3

- 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; CO<sub>2</sub>-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 umwelt-schonende Energieversorgung als Forschungs- und Entwicklungsaufgabe; Vermeidung von Umweltproblemen durch vorausschauendes Planen und Forschen
- Verteilung des Energieverbrauchs (Energiebedarf von Verbrauchergruppen, Weltenergieverbrauch), Energiesparmaßnahmen (Energiereserven)

## VERLAUFVORSCHLAG

Im Raum wird eine große Weltkarte angebracht. Sollte diese nicht vorliegen, nutzen Sie bitte die Vorlage in den Arbeitsblättern. Drucken Sie diese Vorlage auf eine Folie aus und projizieren Sie die Vorlage dann mithilfe des Overheadprojektors an die Tafel oder eine andere geeignete Oberfläche. Dann die Umriss einfach nachzeichnen – fertig!

Die Klasse teilt sich in Arbeitsgruppen und bearbeitet je eine der Teilaufgaben

- Solarenergie
- Windenergie
- Wasserkraft
- Biomasse
- Erdwärme
- derzeitiger Energieverbrauch

Wichtiger Hinweis zum Arbeitsblatt Sonnenenergie:

Die Karte gibt die sogenannte globale Solareinstrahlung wieder, die die direkte und diffuse Strahlung umfasst und vor allem für photovoltaische Nutzung, solare Warmgewinnung und in der großtechnischen Stromerzeugung für Aufwindkraftwerke relevant ist. In der Tabelle wird lediglich die installierte Leistung von Photovoltaikanlagen aufgeführt. 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, wozu auch Aufwindkraftwerke gehören.

## INFORMATIONEN FÜR LEHRKRÄFTE

Energienetz der Zukunft Seite 3/3

- Jede Arbeitsgruppe ermittelt die geografische Verteilung der jeweiligen Energieträger auf der Welt mithilfe von (vereinfachten) Satellitenbildern 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.
- 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.

### MATERIALIEN

- Arbeitsblätter zu den Teilaufgaben mit Karten und Daten



Die erfolgreiche Entwicklung der erneuerbaren Energien in den letzten Jahren war von einer ganzen Reihe von Einflüssen bestimmt. Zu den besonders wichtigen zählen dabei einerseits kommerzielle Aspekte, also Fragen der Wettbewerbsfähigkeit der regenerativ erzeugten Energie gegenüber der konventionell – also fossil – erzeugten. Aber auch ideelle Aspekte wie zum Beispiel die Akzeptanz in der Öffentlichkeit spielen eine große Rolle.

Am Beispiel von Menschen, die mit ihrem Verhalten die erneuerbaren Energien beim Durchbruch unterstützt haben, lassen sich die besonderen Chancen engagierten Handelns auch Einzelner sehr gut verdeutlichen. Es lässt sich daran auch zeigen, dass solches Engagement nicht auf bestimmte gesellschaftliche oder soziale Gruppen beschränkt sein muss – auch Schulen können zum Katalysator zukunftsweisender Technologien in ihren Gemeinden werden. Nicht zuletzt lassen sich diese Beispiele auch auf andere Felder sozialen Handelns übertragen.

Mit dieser Unterrichtseinheit wird zugleich an den bei Schülerinnen und Schülern verbreiteten Starkult angeknüpft, der hier aufgegriffen und hinterfragt wird, indem interessante und positive Alternativen für „Superstars“ angeboten werden.

## LEHRPLANANBINDUNG

- Möglichkeiten und Grenzen der Technik im Umweltschutz; Energieeinsparung und umweltschonende Energieversorgung als Forschungs- und Entwicklungsaufgabe; Vermeidung von Umweltproblemen durch vorausschauendes Planen und Forschen
- rationelle Verwendung von Energie
- Bauen und Wohnen: energiesparende Technologie
- Energieeinsparung; Möglichkeiten eigenen Handelns
- Pflanzen als Energie- und Rohstofflieferanten der Zukunft
- Regenerative Energiequellen: Wärme und Licht, Nutzung des Sonnenlichts zur Wärme- und Stromerzeugung, Energiegewinnung durch Wind und Wasser
- Ressourcen sichern heißt Arbeit sichern: nachwachsende Rohstoffe/Energien

## VERLAUFVORSCHLAG

Die Klasse teilt sich in Gruppen und erhält je ein Arbeitsblatt mit dem Porträt von besonders interessanten Pionieren der erneuerbaren Energien:

- Georg Salvamoser
- Bernhard Aloysius Wobben
- Arno Strehler
- Wolfgang Dotzler
- Uschi McCready und Peter Westermayr
- Ursula und Michael Sladek
- Umwelt-AG des Gymnasiums Erfstadt-Lechenich

Die Gruppen stellen „ihre Stars“ der Klasse vor und diskutieren im Anschluss folgende Fragen:

- Was ist das Besondere an diesen Menschen?
- Was macht sie zu „Stars“?
- Gibt es Ähnlichkeiten mit Menschen, die in anderen Bereichen Tolles geleistet haben, z. B. bei Umweltschutz, Sozialengagement, Hilfe für Entwicklungsländer etc.?
- Was unterscheidet diese „Stars“ von solchen aus den Medien?

Die Schülerinnen und Schüler erforschen, wer in ihrer Stadt oder Gemeinde zu den Pionieren der erneuerbaren Energien gehört. Dazu sprechen sie z. B. das Bürgermeisteramt, den örtlichen Energieversorger oder die örtlichen Medien an. Sie stellen Porträts dieser Pioniere zusammen und stellen diese der Klasse vor.

Die Klasse stimmt darüber ab, ob einer oder mehrere Kandidaten „Superstars“ der erneuerbaren Energien sind und versuchen, in den regionalen Medien einen Bericht über „ihren“ Superstar zu platzieren.

## MATERIALIEN

- Arbeitsblätter mit Porträts von Pionieren der erneuerbaren Energien
- Handreichung



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. Diese Unterrichtseinheit behandelt den „grünen Strom“, also den Strom, der aus erneuerbaren Energiequellen wie Wind, Wasser oder Biomasse gewonnen wird. Die Jugendlichen sollen unter Anleitung der Lehrkraft einen Ratgeber für ihre Mitschülerinnen und Mitschüler über „grünen Strom“ herstellen. Dabei lernen sie, journalistisch zu arbeiten und erfahren, dass diese Art der Stromproduktion die Umwelt entlasten kann.

## 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
- Die Versorgung unserer Schule: Versorgung mit elektrischer Energie
- Probleme infolge der Energienutzung; CO<sub>2</sub>-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, z. B. Umgang mit Haushaltsgeräten

## VERLAUFVORSCHLAG

- Die Lehrkraft schlägt der Klasse das Projekt eines Schulratgebers „Grüner Strom“ vor und stellt gemeinschaftlich eine Redaktion zusammen. Diese soll den Ratgeber eigenverantwortlich konzipieren, schreiben und layouten.
- Die einzelnen Redaktionsmitglieder bekommen bestimmte Funktionen zugewiesen (Interviewer, schreibender Redakteur, Zuständiger für Internetrecherchen, Layouter etc.).
- Die Lehrkraft sollte bei der inhaltlichen Diskussion stets auf den tatsächlichen Nutzen für die Umwelt hinweisen und diesen kritisch hinterfragen: Im normalen deutschen Strommix sind bereits etwa 10 % Strom aus erneuerbaren Energiequellen enthalten. Das Angebot ist deutlich größer als die Nachfrage. Kommt es lediglich zu einer Herauslösung und Umverteilung von Strommengen aus diesem Reservoir, entsteht kein zusätzlicher Nutzen für die Umwelt (Nettonutzen). Zugleich muss eine mögliche Doppelförderung (durch das Erneuerbare Energien Gesetz [EEG], Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz [KWKG] oder ähnliche in- bzw. ausländische Förderinstrumente) ausgeschlossen werden, um einen Nutzen über die Wirkung bereits bestehender Förderinstrumente hinaus zu erzielen. Ein zusätzlicher Nutzen für die Umwelt liegt insbesondere dann vor, wenn der zu liefernde Strom aus neuen, erstmalig im Lieferzeitraum in Betrieb genommenen Anlagen (Neuanlagen) kommt und weder über in- noch ausländische Förderinstrumente unterstützt wird.

Weitere Informationen dazu finden Sie zum Beispiel unter [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de)

- Die Redaktion erstellt einen Zeitplan, bis wann der Ratgeber fertig sein soll, wann die regelmäßigen Redaktionssitzungen stattfinden und welche Zwischenziele zu diesen Sitzungen erreicht werden sollen.
- Die Arbeitsblätter und der Pressespiegel können als Anregung in die Redaktionsarbeit mit einbezogen werden.
- Nach Fertigstellung des Schulratgebers: offizielle Vorstellung der Publikation in der Klasse oder sogar in der Schule im Rahmen einer Art Pressekonferenz. Auch lokale Medien können informiert werden.
- Diskussion in der Klasse, was nach dem Schulratgeber folgt, damit seine Veröffentlichung keine „Eintagsfliege“ bleibt. Sollte die Gruppe die Schulleitung davon überzeugen, die gesamte Schule mit „grünem Strom“ zu versorgen (soweit noch nicht geschehen)? Finden sich Jugendliche, die Infostände über Stromgewinnung und CO<sub>2</sub>-Minderung dekorieren und in der Aula ausstellen?

## MATERIALIEN

### Arbeitsblätter:

- Gib CO<sub>2</sub> keine Chance!
- Wie grün ist grün wirklich?
- Den Stromgürtel enger schnallen
- Ökostrom-Quiz

## ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

- Pressespiegel



Der Verkehr – und insbesondere der Straßenverkehr – führt zu vielfältigen Umweltproblemen. Trotz technischer Innovationen ist der Straßenverkehr nach wie vor einer der Hauptverursacher der Luftverschmutzung. Die steigenden Kohlendioxid-Emissionen aus dem Verkehrsbereich (CO<sub>2</sub> entsteht bei der Verbrennung von Benzin und Diesel) tragen wiederum maßgeblich zum Klimawandel bei. Umweltschutzmaßnahmen werden oft durch das wachsende Verkehrsaufkommen „überkompensiert“, nicht nur in Hinblick auf das wachsende Verkehrsaufkommen in den sogenannten Schwellenländern China, Indien, Brasilien etc., sondern auch bei uns zu Hause.

Nach einer Studie der Internationalen Energieagentur IEA wird der Weltölbedarf von heute 75 Mio. Barrel pro Tag im Jahr 2030 auf über 120 Mio. Barrel pro Tag ansteigen. Dabei wird der Anteil des Verkehrs an diesem Bedarf von heute 55 Prozent auf dann 64 Prozent steigen. Dies kann nicht ohne Auswirkungen auf das gesamte System der Energieversorgung und auf das Klima bleiben.

Die Klasse soll sich mithilfe dieser Unterrichtseinheit der Problematik bewusst werden und erforschen, welche Potenziale der Einsatz erneuerbarer Energien für die Ersetzung fossiler Energieträger als Treibstoff bereithält. Dazu werden für eine Anhörung Informationen gesammelt und abschließend vergleichend bewertet.

## LEHRPLANANBINDUNG

### 1. Probleme fossiler Energien

- Energieträger: fossile Brennstoffe
- Umweltprobleme durch Erdöl und seine Produkte; Maßnahmen zu ihrer Bewältigung, u. a. umweltbewusstes Autofahren

### 2. Regenerative Energien

- Regenerative Energiequellen (Biomasse, Wind, Wasser, Licht)
- Einsatzmöglichkeiten regenerativer Energien
- Kraftstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen: Biogas aus organischen Abfällen; eignen sich Bioalkohol und Biodiesel als Energieträger?
- Chemie und Elektrizität: Funktionsprinzip der Brennstoffzelle

# INFORMATIONEN FÜR LEHRKRÄFTE

Kann man Sonne tanken? Seite 2/4

## VERLAUFVORSCHLAG

1. In einem Brainstorming arbeitet die Klasse Möglichkeiten zur Verringerung des Verbrauchs an fossilen Treibstoffen im Verkehr aus, z. B.
  - a. Fahrgemeinschaften
  - b. weniger Individualverkehr, mehr ÖPNV
  - c. Sprit sparende Autos
  - d. Sprit sparende Fahrweise
  - e. Vermeiden unnötiger Fahrten
  - f. Muskelkraft als Motor: Rad fahren, zu Fuß gehen etc.
2. Am Ende sollen jedoch auch die beiden im Folgenden zu behandelnden technischen Möglichkeiten genannt werden, die auf erneuerbaren Energien basieren:
  - a. Ersetzung des fossilen Treibstoffs durch solchen aus nachwachsenden Rohstoffen
  - b. Ersetzung des Prinzips „Verbrennungsmotor“ durch den Brennstoffzellenantrieb
3. Die Klasse bildet dann zwei Arbeitsgruppen:
  - a. Arbeitsgruppe 1: das konventionelle Antriebssystem mit biogenen Treibstoffen  
Die Gruppe recherchiert, welche Möglichkeiten schon heute existieren, den herkömmlichen Antrieb mit CO<sub>2</sub>-neutralen Kraftstoffen aus Biomasse zu nutzen.  
Stichworte:
    - a) nachwachsende Rohstoffe als Alternative: Pflanzenöle als Biotreibstoffe (Biodiesel)
    - b) Restholz- und Biomassenutzung mit enzymatischer bzw. thermischer Hydrolyse
  - b. Arbeitsgruppe 2: das alternative Antriebssystem mit Wasserstoff  
Die Gruppe recherchiert, welche Potenziale bzw. Probleme der Brennstoffzellenantrieb in Kraftfahrzeugen bietet.  
Stichworte:
    - a) Wasserstoff als Energieträger (Hydrolyse)
    - b) Formen der Gewinnung von Wasserstoff aus erneuerbaren Energien
    - c) Wasserstoffspeicherung und -verteilung
    - d) der Brennstoffzellenantrieb (Funktion und Wirkungsweise)
4. Die Arbeitsgruppen stellen der Klasse die Ergebnisse ihrer Recherche vor und erläutern als „Fachleute“ ihre Befunde in Form einer Anhörung.
5. Die Schülerinnen und Schüler bewerten die vorgestellten Sachverhalte in Hinsicht auf die Möglichkeiten und Probleme der praktischen Umsetzung und tragen diese in Tabellen ein. Sie vergleichen die Vor- und Nachteile mit dem heutigen Zustand.
6. Abschließend wird abgestimmt, welches der vorgestellten Konzepte das beste Potenzial für eine umweltgerechte Form der Mobilität bietet, auch in Hinblick auf die zeitnahe Umsetzung.  
Stichworte: Klimaschutz, CO<sub>2</sub>-Reduktion bzw. CO<sub>2</sub>-Vermeidung

## MATERIALIEN

- Arbeitsblatt „Biogene Treibstoffe“
- Arbeitsblatt „Wasserstoff-/Brennstoffzellentechnologie“
- Bewertungsbogen
- Pressespiegel
- Linksammlung
- Lösungsblatt

# INFORMATIONEN FÜR LEHRKRÄFTE

Kann man Sonne tanken? Seite 3/4 Lösungen zum Arbeitsblatt

## KONVENTIONELLE KRAFTSTOFFE



	Konventionelle Kraftstoffe	Bewertung +/-
Ausgangsmaterial (ohne Bewertung)	fossiles Erdöl	
Abhängigkeit von knappen Rohstoffen	hoch	-
Infrastruktur	flächendeckend vorhanden	+
Verfügbarkeit jetzt	hoch	+
Verfügbarkeit zukünftig	niedrig	-
Preis jetzt	relativ gering	+
Preis zukünftig	steigend	-
Schadstoffemission am Fahrzeug	hoch	-
CO <sub>2</sub> -Bilanz	negativ	-

## BIOTREIBSTOFFE



	Biotreibstoffe	Bewertung +/-
Ausgangsmaterial (ohne Bewertung)	Pflanzenmaterial	
Abhängigkeit von knappen Rohstoffen	niedrig	+
Infrastruktur	vorhandene Infrastruktur kann genutzt werden	+
Verfügbarkeit jetzt	niedrig	-
Verfügbarkeit zukünftig	hoch	+
Preis jetzt	hoch	-
Preis zukünftig	fallend	+
Schadstoffemission am Fahrzeug	wie bei konventionellen Kraftstoffen	-
CO <sub>2</sub> -Bilanz	ausgeglichen	+

# INFORMATIONEN FÜR LEHRKRÄFTE

Kann man Sonne tanken? Seite 4/4 Lösungen zum Arbeitsblatt

## WASSERSTOFFTECHNOLOGIE/BRENNSTOFFZELLE



	Wasserstoff (Brennstoffzelle)	Bewertung +/-
Ausgangsmaterial (ohne Bewertung)	Wasserstoff a) aus regen. Energiequellen b) aus Erdgas	
Abhängigkeit von knappen Rohstoffen	a) niedrig b) hoch	+ -
Infrastruktur	kaum vorhanden	-
Verfügbarkeit jetzt	niedrig	-
Verfügbarkeit zukünftig	ungewiss	+/-
Preis jetzt	sehr hoch	-
Preis zukünftig	ungewiss	+/-
Schadstoffemission am Fahrzeug	keine	+
CO <sub>2</sub> -Bilanz	a) keine CO <sub>2</sub> -Emission b) negativ	+ -

Ziel modernen Lernens ist es, die Gesellschaft und das eigene Leben reflektiert, gut begründet, selbstbestimmt mit anderen gemeinsam gestalten zu können. Die Schule muss damit mehr leisten, als den Schülerinnen und Schülern beizubringen, in der Schule auf Anforderungen und im künftigen Leben auf Veränderungen bloß zu reagieren. Der Unterricht muss dazu dienen, Kompetenzen nicht nur für die Bewältigung der Zukunft, sondern auch für die selbsttätige Gestaltung der Zukunft zu erwerben. Fundamental ist daher der Erwerb von Kompetenzen, die sich nicht allein für die Bewältigung und selbstbestimmte Strukturierung des Alltags, sondern für die Gestaltung des Lebens in der Welt von morgen eignen.

Es verwundert daher nicht, dass die Themen erneuerbare Energien, biologische Vielfalt, Umwelt und Gesundheit, Wasser, die Nutzung von natürlichen Räumen, Abfälle und Wertstoffe sich als Unterrichtsgegenstände in modernen Lehr- und Rahmenplänen finden. Es sind wichtige Themen des heutigen Alltags und für die Gestaltung einer global lebenswerten Zukunft von zentraler Bedeutung.

Reicht es aber aus, die genannten Themen nur auf die Studententafel zu setzen? Welcher Anspruch wird an das Resultat des Lernens gestellt? Um dieses genauer zu klären, ist es sinnvoll, sich mit den Kompetenzen für die Gestaltung dieser Zukunft zu befassen. Nach einer Definition von F. E. Weinert bezeichnen Kompetenzen „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen (der willentlichen Steuerung von Handlungsabsichten und Handlungen unterliegenden; die Verf.) und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“. Kompetenzen sind damit in erster Linie Handlungsbefähigungen, nicht ein abstraktes Schulwissen. Die Fähigkeit, Probleme lösen zu können, wird dabei in engem Zusammenhang mit Normen, Wertvorstellungen, der Handlungsbereitschaft und – selbstverständlich – dem verfügbaren Wissen gesehen. Als Handlungsbefähigungen sind Kompetenzen an spezifische Gegenstände, Inhalte, Wissens- und Fähigkeitsbereiche gebunden.

Kompetenzorientierte Bildungskonzepte sind am Output orientiert, während konventionelle Lehrpläne und didaktische Ansätze am Input orientiert sind: Letztere stellen die Frage, mit welchen Gegenständen sich die Schülerinnen und Schüler beschäftigen sollen. Der Output-Ansatz hingegen fragt, über welche Problemlösungsstrategien, Handlungskonzepte und -fähigkeiten sie verfügen sollten. Erst von dort her bestimmt sich der Lerngegenstand. Er kann in gewissen Maßen abhängig gemacht werden von den Vorkenntnissen, Motivationen, lokalen wie individuellen Alltagsbezügen von Schülerinnen und Schülern – und damit das Sachinteresse der Lernenden ebenso steigern wie einen Kompetenzerwerb, der nicht in der Anhäufung von „trägem Wissen“ (Weinert) mündet.

Über welche Fähigkeiten und Fertigkeiten, sozialen und kulturellen Orientierungen sollen Kinder und Jugendliche zur Bewältigung und Gestaltung ihrer Zukunft verfügen? Welches Wissen sollen sie gemeinsam teilen? Diese Fragen leiten die Suche nach Unterrichtsinhalten, wenn von den Kompetenzen her gedacht wird. Der unter dieser Prämisse denkbare Katalog ist außerordentlich groß. Dennoch lassen sich einige wenige übergreifende Bildungsziele ausmachen, die bei Auswahl von Lerngegenständen helfen. In einer für die OECD verfassten Studie werden die Menschenrechte, das Ziel, eine gelebte Demokratie praktizieren zu können und den Kriterien für eine nachhaltige soziale, ökonomische und ökologische Entwicklung folgen zu können, genannt. Das Verfolgen der Menschenrechte, im Rahmen demokratischer Strukturen und im Sinne nachhaltiger Entwicklung zu handeln, bezeichnet drei übergreifende Bildungsziele, die für die Bestimmung von Kompetenzen Leitlinien bilden. Diese Aussagen sind von einigem Gewicht. Denn schließlich zeichnet die OECD auch verantwortlich für die PISA-Studien; und 2006 wurden die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler in den Naturwissenschaften erhoben.

Die Kompetenzen, über die Kinder und Jugendliche verfügen sollten, um im Sinne der nachhaltigen Entwicklung handeln zu können, werden unter dem Begriff „Gestaltungskompetenz“ zusammengefasst. Mit Gestaltungskompetenz wird die Fähigkeit bezeichnet, Probleme nicht nachhaltiger Entwicklung zu erkennen und Wissen über nachhaltige Entwicklung anwenden zu können – das heißt, aus Gegenwartsanalysen und Zukunftsstudien Schlussfolgerungen über ökologische, ökonomische und soziale Entwicklungen in ihrer wechselseitigen Abhängigkeit ziehen und darauf basierende Entscheidungen treffen, verstehen und umsetzen zu können, mit denen sich nachhaltige Entwicklungsprozesse verwirklichen lassen.

Diese allgemeine Beschreibung von Gestaltungskompetenz weist enge Bezüge zur Definition von „Scientific Literacy“ auf, wie sie den PISA-Studien zugrunde liegen – auch der des Jahres 2006, in dem die Kompetenzen der Jugendlichen im Bereich Naturwissenschaften erhoben wurden. Sie lautet: „Naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen.“ In beiden Kompetenzdefinitionen geht es um Erkenntnisse, Wissen, das Verstehen von Phänomenen und Handlungen sowie um Entscheidungen, welche die Umwelt betreffen. Gestaltungskompetenz konzentriert sich darüber hinaus speziell auf Problemlösungsfähigkeiten und auf die Fähigkeit, aktiv und zukunftsorientiert handeln zu können.

Die Gestaltungskompetenz umfasst insgesamt acht Teilkompetenzen. Stellt man diese in den Zusammenhang mit (natur-)wissenschaftlichen und technischen Erkenntnissen und Problemen, wie sie in dem großen Paket der hier vorliegenden Materialien vorgestellt werden, dann ergibt sich folgendes Bild:

- 1. Die Kompetenz, vorausschauend zu denken,** mit Unsicherheit sowie mit Zukunftsprognosen, -erwartungen und -entwürfen – zum Beispiel hinsichtlich der künftigen Nutzung erneuerbarer Energien – umgehen zu können, bezeichnet die Teilkompetenz, über die Gegenwart hinausgreifen zu können. Entscheidend ist es, die Zukunft als offen und mithilfe innovativer Technologie gestaltbar begreifen zu können und aus dieser Haltung heraus verschiedene Handlungsoptionen aus gegenwärtigen Zuständen heraus zu entwickeln. Durch vorausschauendes Denken und Handeln können mögliche Entwicklungen für die Zukunft – wie etwa der Klimawandel – bedacht sowie Chancen und Risiken von aktuellen und künftigen, auch unerwarteten Entwicklungen thematisiert werden. Das bedeutet auf der Ebene der Lernziele:
  - Die Schülerinnen und Schüler sind mit verschiedenen Methoden der Zukunftsforschung zur (nicht) nachhaltigen Entwicklung vertraut (z. B. Energieszenarien; Prognosen zur Reduktion der Arten). Sie können die Methoden in Gruppenarbeit anwenden. Sie können die Stärken und Schwächen der Methoden beurteilen und darstellen.
  - Die Schülerinnen und Schüler können für im Unterricht bis dato nicht behandelte Problemfelder der Umweltveränderungen und Anwendungsgebiete von Umwelttechnik die verschiedenen Methoden der Zukunftsforschung sachangemessen auswählen.
  - Die Schülerinnen und Schüler können die wesentlichen Aussagen verschiedener Zukunftsszenarien und -prognosen, zum Beispiel zum Klimawandel, insbesondere in Hinblick auf Umweltrisiken, Armut und globale nicht nachhaltige Wirtschaftsentwicklungen wiedergeben. Sie sind mit daran geknüpften Handlungsempfehlungen und -strategien so weit vertraut, dass sie diese in ihren Argumentationssträngen wiedergeben können.
  - Die Schülerinnen und Schüler können auf der Basis von ihnen zur Verfügung gestellten Materialien und Informationspfaden über nicht nachhaltige oder problematische Entwicklungen – etwa im Hinblick auf den Landschaftsverbrauch durch Siedlungsmaßnahmen – in Projekten gemeinsam positive Szenarien technischer, sozialer, ökologischer und ökonomischer Veränderungen entwerfen, visualisieren und ebenso sachlogisch wie auf der Basis von Wertentscheidungen und Fantasieanteilen in Wort und Bild darstellen.
- 2. Die Kompetenz, interdisziplinär zu arbeiten.** Problemfelder nicht nachhaltiger Entwicklung und Perspektiven zukunftsfähiger Veränderungen sind heute nicht mehr aus einer Fachwissenschaft oder mit einfachen Handlungsstrategien zu bewältigen. Sie lassen sich nur noch durch die Zusammenarbeit vieler Fachwissenschaften, unterschiedlicher kultureller Traditionen und ästhetischer wie kognitiver und anderer Herangehensweisen bearbeiten. Für das Erkennen und Verstehen von Systemzusammenhängen und einen angemessenen Umgang mit Komplexität ist die Herausbildung entsprechender Fähigkeiten unverzichtbar. Sie werden durch die problem-

orientierte Verknüpfung von Natur- und Sozialwissenschaften, innovativem technischem Wissen und Planungsstrategien sowie fantasiegeleiteten Denkweisen und innovativen Zugangsmöglichkeiten gefördert. Das setzt interdisziplinäres, fächerübergreifendes Lernen voraus. Folgende Lernziele lassen sich daraus gewinnen:

- Die Schülerinnen und Schüler können komplexe Sachverhalte mithilfe integrierter natur- und sozialwissenschaftlicher Analyseverfahren beschreiben.
- Die Schülerinnen und Schüler können Problemlagen nicht nachhaltiger Entwicklung – zum Beispiel die Reduktion der Biodiversität – unter Zuhilfenahme von Kreativmethoden, normativen Vorgaben und persönlichen Wertentscheidungen sowie forschendem Lernen so bearbeiten, dass sie in Modelle nachhaltiger Entwicklung – dargestellt zum Beispiel anhand von Biosphärenreservaten – überführt werden.
- Die Schülerinnen und Schüler können ihnen präsentierte Problemlagen – etwa die Gefährdung des Süßwassers durch den Eintrag von Umweltgiften – daraufhin analysieren, welche Fachwissenschaften, Informationspfade und Akteure zurate gezogen werden müssen, um das Problem angemessen analysieren sowie Gegenmaßnahmen in Gang setzen zu können.

### 3. Die Kompetenz zu weltoffener Wahrnehmung, transkultureller Verständigung und Kooperation.

Gestaltungskompetenz impliziert die Fähigkeit, Phänomene in ihrem weltweiten Bindungs- und Wirkungszusammenhang erfassen und lokalisieren zu können. Diese Teilkompetenz zielt auf kontext- und horizonterweiternde Wahrnehmungen. Weil ein regionales oder nationales Gesichtsfeld zu eng ist, um Orientierung in einer komplexen Weltgesellschaft zu ermöglichen, müssen Wahrnehmungs- und Beurteilungshorizonte in Richtung auf eine globale Anschauungsweise hin überschritten werden. So ist etwa eine mitteleuropäische Sicht auf die Süßwasservorräte und -nutzung ganz anders gelagert als die Sicht von Nationen und Völkern in ariden oder auch semiariden Gebieten. Dies bedeutet für die Lernzielebene:

- Die Schülerinnen und Schüler können Beziehungen zwischen globalen Klimaveränderungen, Ressourcenverbräuchen, Schadstoffeinträgen, Wirtschaftsverflechtungen und der sozialen Lage in Entwicklungsländern auf der einen sowie den nationalen Schadstoffeinträgen und Ressourcenverbräuchen auf der anderen Seite darstellen.
- Die Schülerinnen und Schüler zeigen sich in der Lage, sich selbsttätig mit Ansichten und Argumentationen anderer Kulturen in Hinblick auf einzelne Aspekte der Nachhaltigkeit vertraut zu machen und diese Ansichten sowie Argumentationen in ihren Darstellungen und Bewertungen von Sachverhalten zu würdigen und zu nutzen. Was bedeutet es zum Beispiel, alte Autos und Altkleider nach Afrika zu exportieren?
- Sie sind ferner in der Lage, an Beispielen darzustellen, welche Auswirkungen das eigene Handeln sowie das ihrer Umgebung (Schule, Region) auf Ressourcenverbräuche, Schadstoffeinträge und die Verteilungsgerechtigkeit überregional und über längere Zeitläufe hinweg hat. Sie können darauf ein Konzept zur Stoffstromberechnung anwenden.
- Die Schülerinnen und Schüler sind mit Verfahren der Präsentation und Bearbeitung vertraut, in denen unterschiedliche Interessenlagen und Probleme aus der Perspektive unterschiedlicher Kulturen und Sinnbezüge zum Ausdruck kommen. Welche Argumentationen werden von sogenannten Entwicklungsländern vorgebracht, wenn sie aufgefordert werden, in Umwelttechnologie zu investieren oder Schadstoffemissionen zu reduzieren? Die Schülerinnen und Schüler können in diesem Zusammenhang einen Perspektivwechsel vollziehen, wichtige Punkte in den Perspektiven aus unterschiedlichen Kulturen erkennen, diese würdigen und verständigungsorientiert nutzen.

- 4. Partizipationskompetenzen.** Die Fähigkeit zur Teilhabe an der Gestaltung von nachhaltigen Entwicklungsprozessen ist für eine zukunftsfähige Bildung von fundamentaler Bedeutung. Das Bedürfnis nach Teilhabe an Entscheidungen, das Interesse an der Mitgestaltung der eigenen Lebenswelt wächst – jedenfalls in unserer Kultur: Am Arbeitsplatz, im zivilgesellschaftlichen Bereich (und nicht allein bei der Gestaltung der Freizeit) mitentscheiden und selbst bestimmen zu können – beides bekommt ein wachsendes Gewicht für eine eigenständige Lebensführung im emphatischen Sinne. Deutlich wird dieses Interesse an Mitgestaltung zum Beispiel im Feld „Umwelt und Gesundheit“. Immer mehr Menschen wehren sich gegen Schadstoffe in Innenräumen, Produkten und Lebensmitteln. Daraus leiten sich folgende Fähigkeiten ab:
- Die Schülerinnen und Schüler besitzen die Fähigkeit, mit Mitschülerinnen und Mitschülern, Lehrkräften und außerschulischen Partnerinnen und Partnern gemeinsame Nachhaltigkeitsziele – zum Beispiel bezüglich des Artenschutzes oder der Nutzung erneuerbarer Energien – zu formulieren. Sie sind in der Lage, für die gemeinsamen Ziele gemeinsam mit anderen öffentlich einzutreten.
  - Die Schülerinnen und Schüler können differente Positionen von Einzelnen, Gruppen und Nationen zu einzelnen Aspekten der Nachhaltigkeit – etwa hinsichtlich der Einrichtung von Naturschutzgebieten und des Schutzes bestimmter Arten – erfassen. Sie sind in der Lage, die Konflikte und Kontroversen gemeinsam mit ihren Mitschülerinnen und -schülern und anderen Akteuren in konstruktive Lösungsvorschläge zu überführen.
  - Anhand von praktischen Aktivitäten zeigen die Schülerinnen und Schüler die Fähigkeit, sich in ökologischen, ökonomischen oder sozialen Feldern der Nachhaltigkeit gemeinsam mit anderen regelmäßig zu engagieren. Das kann die Reduktion des Energie- und Wasserverbrauchs ebenso betreffen wie den Einsatz für die Vermeidung von Abfällen und das Engagement für einen sanften Tourismus oder Ideen zum nachhaltigen Wohnen in der Zukunft.
- 5. Planungs- und Umsetzungskompetenzen zu besitzen bedeutet,** Handlungsabläufe von den benötigten Ressourcen und ihrer Verfügbarkeit her unter den Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit zu taxieren, Netzwerke der Kooperation entwerfen zu können und die Nebenfolgen und mögliche Überraschungseffekte einzukalkulieren sowie ihr mögliches Eintreten bereits bei der Planung zu berücksichtigen. Entsprechende Lernarrangements thematisieren Rückkopplungen, Spätfolgen, Zeitverzögerungen, wie sie zum Beispiel in der Zerstörung der Ozonschicht oder dem Eintrag von Umweltgiften in Gewässer bekannt sind und offerieren ein entsprechendes Methodenrepertoire. Umsetzungskompetenzen umfassen die über Absichten und Planungen hinaus notwendigen tatsächlichen Handlungsinteressen – zum Beispiel das Engagement für die Einrichtung einer Fotovoltaikanlage auf dem Dach der Schule. Folgendes sollten die Schülerinnen und Schüler daher können:
- Die Schülerinnen und Schüler können unter Kriterien der Nachhaltigkeit die für Dienstleistungen, Produktion oder den laufenden Betrieb einer Einrichtung (zum Beispiel der Schule) benötigten Ressourcen (Wärmeenergie, Wasser, Bürobedarf, Putzmittel etc.) taxieren und auf dieser Basis Vorschläge für Optimierungen unterbreiten.
  - Die Schülerinnen und Schüler sind in der Lage, in Planungsprozessen auch mit Überraschungseffekten, Unsicherheiten und notwendigen Modifikationen umzugehen, indem auf diese Effekte und Situationen angemessen reagiert wird und die Planungsprozesse neu justiert werden – zum Beispiel steigende Verbräuche aufgrund von nachlassendem Engagement von Mitschülerinnen und Mitschülern, das Verfehlen von Einsparzielen durch kalte Winter.
  - Den Schülerinnen und Schülern sind in diesem Zusammenhang die Phänomene der Rückkopplung, der Spätfolgen und des zeitverzögerten Auftretens von Problemlagen bekannt. Sie können dafür Beispiele benennen und von Wissenschaft wie Politik in diesem Kontext praktizierte Reaktions- und Antizipationsformen beschreiben sowie kritisch würdigen. Dafür bieten die unterschiedlichen Reaktionen auf die Analysen zum Klimawandel in verschiedenen Nationen etliche gute Beispiele.

- Die Schülerinnen und Schüler sind in der Lage, auf der Basis ihrer erworbenen Planungskompetenzen ein Vorhaben erfolgreich umzusetzen. Sie entwickeln in dieser Hinsicht Aktivitäten, indem sie Planungsprozesse in Handlungskonzepte überführen und sie selbsttätig oder in Gemeinschaft mit anderen in die Handlungsphase überführen. Das Einsparen von Ressourcen, das Engagement für neue Heiztechniken und die Nutzung umweltfreundlicher Materialien bieten dafür zahlreiche Handlungsmöglichkeiten.
- Sie sind in der Lage, die Resultate ihrer nachhaltigen Planungsprozesse für unterschiedliche externe Gruppen (Eltern, Lehrkräfte, Bürgerinnen und Bürger in einer Fußgängerzone, jüngere Schülerinnen und Schüler) so zu präsentieren, dass es den Gruppen angemessen ist.

**6. Fähigkeit zur Empathie, zum Mitleid und zur Solidarität.** Alle Konzeptionen zur Nachhaltigkeit sind mit der Absicht versehen, mehr Gerechtigkeit befördern zu wollen, die immer auch einen Ausgleich zwischen Arm und Reich, Bevorteilten und Benachteiligten vorsieht und darauf abzielt, Unterdrückung zu minimieren oder abzuschaffen. Das ist nicht allein eine Sache der Moral. Dazu gehört auch, wissenschaftliche und technische Potenziale ausschöpfen zu wollen. Gerade dies ist bisher oftmals nicht der Fall. Viele neue Ideen für umweltfreundliche Techniken werden aufgrund eines kurzfristigen ökonomischen Kalküls oder aufgrund lieb gewonnener Gewohnheiten nicht angewendet. Sich für mehr Gerechtigkeit und die Nutzung innovativer Potenziale engagieren zu können, macht erforderlich, eine gewisse Empathie auszubilden, ein globales „Wir-Gefühl“. Bildung für eine nachhaltige Entwicklung zielt daher auf die Ausbildung individueller und kollektiver Handlungs- und Kommunikationskompetenz im Zeichen weltweiter Solidarität. Sie motiviert und befähigt dazu, für gemeinsame Probleme gemeinsame zukunftsfähige Lösungen zu finden und sich reflektiert für mehr Gerechtigkeit einzusetzen. Das beginnt zum Beispiel bei der Sammlung für einen Solarkocher, den Familien in semiariden Gebieten mit wenig Holzvorräten nutzen können, und setzt sich fort im Engagement für einen Walfang, der die Bestände schont und zugleich indigenen Völkern ihre traditionellen Fangrechte zuerkennt. Das heißt zum Beispiel:

- Die Schülerinnen und Schüler sind in der Lage, ihre Empathie für den Tierschutz, artgerechte Tierhaltung, den Erhalt von gefährdeten Arten sowie Ökosystemen und die Biodiversität zum Ausdruck zu bringen.
- Sie können für lokale und regionale Maßnahmen, die nicht nachhaltigen Entwicklungen entgegenwirken sollen – zu nennen ist hier zum Beispiel die Reduktion des Flächenverbrauchs für Siedlungszwecke –, ebenso argumentieren wie für einen nachhaltigen Wandel der sozioökonomischen und natürlichen Lebensbedingungen, indem sie etwa für mehr Windkraft, für Biosphärenreservate, für ein gerechtes wasserwirtschaftliches Management in semiariden und ariden Gebieten dieser Erde eintreten. Sie können ihre emotionalen Einstellungen zu den entsprechenden Sachverhalten zum Ausdruck bringen.
- Die Schülerinnen und Schüler können die Lage von Menschen, die in Armut leben, medizinisch oder in anderer Hinsicht unterversorgt sind, unterdrückt werden oder keine bzw. nur geringe Bildungschancen haben, ebenso rational argumentierend wie mithilfe emotional geprägter Ausdrucksformen beschreiben. Sie sind in der Lage, aufgrund der Kenntnis über innovative Techniken und nachhaltige Bewirtschaftung von Ressourcen Handlungsmöglichkeiten zur Verbesserung der Lage zu erörtern.
- Sie können unter Zuhilfenahme von internationalen Vereinbarungen und Konventionen, wie zum Beispiel der Klimakonvention, Konventionen zum Artenschutz, unter Rekurs auf religiöse oder ethische Normen und Werte, aber auch unter Nutzung von existenten wissenschaftlichen und künstlerischen Werken für die Belange dieser Menschen plädieren.

- 7. Die Kompetenz, sich und andere motivieren zu können.** Sich überhaupt mit dem Konzept der Nachhaltigkeit zu befassen, es lebendig werden zu lassen und daraus alltagstaugliche, befriedigende Lebensstile zu schöpfen, setzt einen hohen Grad an Motivation voraus, sich selbst zu verändern und andere dazu anzustiften, dies auch zu tun. Bildung für eine nachhaltige Entwicklung zielt auf die Entfaltung der motivationalen Antriebe, derer wir bedürfen, um auch unter den komplexen Bedingungen einer zusammenwachsenden Welt ein erfülltes und verantwortungsbewusstes Leben führen zu wollen. Sich und andere motivieren zu können bedeutet, Kenntnisse über Handlungsmöglichkeiten zu besitzen, also innovative Umwelttechniken, Ressourcen schonende Lebensstile, naturverträgliche Formen der Mobilität und des Wirtschaftens zu kennen und für ihren Einsatz argumentieren zu können. Was bedeutet dies, umgesetzt in Lernziele?
- Die Schülerinnen und Schüler können Aktivitäten und Lernfortschritte aus Beschäftigung mit Themen der Nachhaltigkeit wie z. B. erneuerbare Energien, biologische Vielfalt, Raumnutzung und Raumgefährdung benennen, die sie motivieren, die erworbenen Kenntnisse, Problemlösungsstrategien und Handlungskonzepte umzusetzen und zu erweitern.
  - Die Schülerinnen und Schüler können ihr Engagement, ihre Problemlösungsfähigkeiten und ihre Wissensbestände in Bezug auf nachhaltige Entwicklungsprozesse und das Aufdecken nicht nachhaltiger Entwicklungen gegenüber Dritten darstellen, indem sie etwa über die Nutzung von Brennstoffzellen, Windkraft, Solartechnik und die Folgen des wachsenden Verbrauchs an Erdöl für die Energiegewinnung durch Ausstellungen und andere Präsentationen informieren.
  - Die Schülerinnen und Schüler zeigen im Unterrichtsverlauf eine gesteigerte Selbstwirksamkeitserwartung bezüglich der Möglichkeit, Strategien für nachhaltige Entwicklungsprozesse auch umzusetzen. Das heißt, sie sollten zum Beispiel nach einer längeren Beschäftigung mit den erneuerbaren Energien in höherem Maße von der Möglichkeit überzeugt sein, dass sie selbst zur „Energiewende“ beitragen können, als dies vorher der Fall war.
- 8. Die Kompetenz zur distanzierten Reflexion über individuelle wie kulturelle Leitbilder.** Eigene Interessen und Wünsche zu erkennen und kritisch zu prüfen, sich selbst im eigenen kulturellen Kontext zu verorten oder gar eine reflektierte Position in der Debatte um globale Gerechtigkeit zu beziehen, erfordert die Kompetenz zur distanzierten Reflexion über individuelle wie kulturelle Leitbilder. Es geht dabei zum einen darum, das eigene Verhalten als kulturell bedingt wahrzunehmen und zum anderen um eine Auseinandersetzung mit gesellschaftlichen Leitbildern. So gibt es gesellschaftlich favorisierte Lebensstile (das Ideal des freistehenden Einfamilienhauses im Grünen, die jährliche Flugreise in den Urlaub, das eigene Auto, die braune Sonnenbank-Haut), die unter Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit und der Gesundheit problematisch sind. Welche Kompetenzen sollten die Schülerinnen und Schüler im Zusammenhang mit dieser Teilkompetenz unter anderem besitzen?
- Die Schülerinnen und Schüler sind in der Lage, ihre Lebensstile und ihre familiäre sowie lokale Umwelt vor dem Hintergrund der Perspektive von Personen und Lebensverhältnissen aus Entwicklungsländern strukturiert darzustellen und zu bewerten. Das kann zum Beispiel über den Vergleich des Flächenverbrauchs für das Wohnen, das unterschiedliche Interesse an reparablen Geräten, die Vorbehalte gegenüber dem Einsatz von umweltschädlichen Chemikalien geschehen. Die Schülerinnen und Schüler zeigen vor diesem Hintergrund die Fähigkeit, die Grenzen der eigenen Lebensstile in Bezug auf ihre Generalisierbarkeit zu beschreiben.
  - Die Schülerinnen und Schüler können die mit ihren Lebensstilen verbundenen Handlungsabsichten im Hinblick auf die Konsequenzen für die Umwelt und soziale Gerechtigkeit erfassen und darlegen. Dazu eignen sich Themen aus dem Komplex Energienutzung ebenso wie die Reflexion über Freizeitinteressen, Kleidungsmoden, das Interesse am Tierschutz und am Handy ohne jeglichen Elektromog.

- Sie sind in der Lage, ihre Zukunftsentwürfe – zum Beispiel ihre Wohnwünsche, ihre Vorstellungen von Mobilität, Freizeitnutzung, Reiseziele – unter dem Blickwinkel von sozialer Gerechtigkeit, Berücksichtigung der Handlungsspielräume für künftige Generationen und ihrer potenziellen ökologischen Auswirkungen zu analysieren und können Handlungsoptionen benennen, um dabei sichtbar werdende Friktionen zwischen Nachhaltigkeit und Zukunftsentwürfen zu reduzieren.

Selbstverständlich kann es nicht Anspruch jedes Projektes oder gar jeder Schulstunde sein, alle Teilkompetenzen zu vermitteln. Sie geben den Horizont ab, vor dem sich die Auswahl von Inhalten, ihre Thematisierung und die methodische Ausgestaltung des Unterrichts bewegen sollten. Selbstverständlich wird man die Teilkompetenzen auch im Hinblick auf den Unterrichtsgegenstand weiter spezifizieren müssen. Dies geschieht im folgenden Material unter der Überschrift „Lernziele“.

## Literatur

- de Haan, G.: Zu den Grundlagen der „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ in der Schule. In: Unterrichtswissenschaft. Zeitschrift für Lernforschung, (1999), S. 252-280.
- de Haan, G.: Bildung als Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung. Kriterien, Inhalte, Strukturen, Forschungsperspektiven, in: Jürgen Kopfmüller (Hrsg.), Den globalen Wandel gestalten. Forschung und Politik für einen nachhaltigen globalen Wandel, Berlin 2003.
- OECD (Hrsg.), DeSeCo Strategy Paper. An Overarching Frame of References for a Coherent Assessment and Research Program on Key Competencies.  
[www.statistik.admin.ch/stat\\_ch/ber15/deseco/deseco\\_strategy\\_paper\\_final.pdf](http://www.statistik.admin.ch/stat_ch/ber15/deseco/deseco_strategy_paper_final.pdf)
- Weinert, F. E. (2000). Lehren und Lernen für die Zukunft – Ansprüche an das Lernen in der Schule. Pädagogische Nachrichten Rheinland-Pfalz, Heft 2-00, Sonderseiten 1-16.

## Was sagen die Lehr- und Rahmenpläne zum Thema erneuerbare Energien?

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. Dabei dominiert das Fach Physik. Die Energiethematik ist darüber hinaus 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.

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 auf der Schnittstelle zwischen naturwissenschaftlicher Betrachtung des Gewinnens bzw. 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 der Schwerpunkt auf die regenerativen Energien gelegt. In diesem Punkt erweisen sich nämlich auch neueste Schulbücher und Materialien oft als noch nicht ausgereift und differenziert genug. Diese Lücke wird mit den auf den folgenden Seiten näher charakterisierten Materialien geschlossen.

### 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.

Weit weniger Beachtung findet in den Lehr- und Rahmenplänen die Problematik der Nutzung von Kernenergie. Zwar finden sich in den Physiklehrplänen weiterhin Unterrichtseinheiten zu Kernspaltung, Kernfusion, zu Bauprinzipien von Kernreaktoren, zur Entsorgung und Aufbereitung von Brennstäben; insgesamt aber erfährt das Thema der Nutzung von Kernenergie heute weit weniger Beachtung als die Auseinandersetzung mit den Energiequellen Sonne, Wind und Wasser.

### 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 bzw. 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 umfänglichen Themenfeld Energiesparen über. Durch das Messen des Verbrauchs und durch die Erfassung von Wirkungsgraden sollen unnötige Verluste vermieden und der Energiebedarf 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 Fotovoltaikanlagen 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. Zum Thema Brennstoffzelle, in das aktuell große Hoffnung gesetzt wird, werden dagegen eher selten Hinweise gegeben.

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.

Was sind die wichtigsten Themen der Zukunft? Gleichgültig, wer in den letzten Jahren diese Frage stellte: Experten, die sich mit globalen Entwicklungsprozessen beschäftigen, sind sich hinsichtlich der Antworten schnell einig. Zu den Top-drei-Themen gehören der steigende Energiekonsum und die damit verbundenen ökologischen, ökonomischen und sozialen Probleme.

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. Denn nur mit Energiesparen ist niemandem geholfen. Man muss die Alternativen zum Erdöl, zur Kohle und anderen fossilen Energieträgern ebenso wie zur Atomkraft kennen, um aus der Falle des Zusammenhangs zwischen Wachstum, Wohlstand und wachsendem Verbrauch fossiler Brennstoffe herauszukommen.

**Welche Kompetenzen können die Schülerinnen und Schüler im Zuge der Auseinandersetzung mit den Problemen fossiler Energieträger und der Beschäftigung mit regenerativen Energien 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 und von Wissenschaft wie Politik in diesem Kontext praktizierte Reaktions- und Antizipationsformen beschreiben sowie 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 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.

# LERNZIELE

Themenkomplex Erneuerbare Energien Seite 2/2

- 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 (z. B. Eltern, Lehrkräfte, Bürgerinnen und Bürger einer Fußgängerzone) präsentieren.
- Die Schülerinnen und Schüler sind in der Lage, ihre Empathie für die Reduktion von Klimaschäden, potenziell vom Klimawandel stark betroffenen Ländern und Menschen zum Ausdruck zu bringen.
- 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.

## Was sagen die Bildungsstandards der Naturwissenschaften für den mittleren Bildungsabschluss zum Thema erneuerbare Energien?

Ende 2004 sind die Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz für den mittleren Bildungsabschluss bezüglich der Fächer Chemie, Biologie und Physik in Kraft getreten. 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.

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).

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 etc.). In Bezug auf die Standards im **Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung** geht es u. a. 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.

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 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.