

Regenerative Energien – die Zukunft ist sonnig!

In diesem Leitfaden erhalten Sie einen Überblick über den inhaltlichen und didaktischen Zusammenhang der Medien des Medienpakets „Regenerative Energien – die Zukunft ist sonnig!“

1 Didaktisch-pädagogische Hinführung

Das Thema regenerative bzw. erneuerbare Energien ist längst in der Schule angekommen. Bildungsstandards und z. T. auch Lehrpläne sehen die Behandlung des Themas in den unterschiedlichsten Klassenstufen und Fächern vor.

Das vorliegende Medienpaket bietet viele Schnittstellen zum Unterricht in Geografie, Physik und Chemie. Es unterstützt die Lehrkraft bei der Einführung dieses hochaktuellen Themas im Unterricht und liefert eine erste Übersicht zu den regenerativen Energieträgern.

Zur Vertiefung des Themas im Unterricht findet man zwei weitere Medienpakete auf dem Medienportal der Siemens Stiftung, die die regenerativen Energieträger im Detail behandeln:

- „Solarthermie und Photovoltaik – Energien mit Zukunft“
- „Wasser und Wind – traditionelle Energielieferanten neu entdeckt“

Zur Einarbeitung und als schnelle Referenz kann der Lehrkraft der Leitfaden „Regenerative Energien“ dienen, der das gesamte Thema fundiert und doch kompakt zusammenfasst.

Die Medien des Pakets können einzeln und völlig unabhängig voneinander streng nach Fachbezug eingesetzt werden. Doch lebendiger wird der Unterricht sicher im Zusammenhang. Anhand der Bedeutung für das Leben der Schülerinnen und Schüler besteht so die Chance, das Interesse am fachlichen Detail zu wecken. Zu diesem Zweck empfiehlt sich die Erarbeitung des Themas in folgenden Schritten:

- Einstieg: Was sind regenerative bzw. erneuerbare Energien?
- Warum brauchen wir regenerative Energien?
(Knappheit fossiler Energien, Klimawandel, Energieknappheit als Menschheitsproblem)
- Welche regenerativen Energieträger gibt es?
(Biomasse, Wasserkraft, Windkraft, Solarthermie, Photovoltaik, Erdwärme)
- Die Sonne als unerschöpfliches Energiereservoir für unsere Zukunft!
- Nachbereitung

Auf Grundlage dieser Einführung können die Schülerinnen und Schüler den Bogen zu Themen aus dem Bereich der physikalischen, chemischen und biologischen Grundlagen der verschiedenen Energieträger schlagen.

2 Einstieg: Was sind regenerative bzw. erneuerbare Energien?

Regeneration heißt wörtlich „Wiederherstellung“. Das gibt es streng genommen nicht, denn Energie lässt sich weder erzeugen, noch verbrauchen, noch erneuern, sondern nur umwandeln.

Dennoch ist die Sprachregelung, bestimmte Energieträger als „erneuerbar“ zu bezeichnen, korrekt. Ein regenerativer Energieträger erneuert sich also sozusagen von selbst. Man spricht deshalb auch von erneuerbaren Energien. Das Grundprinzip der Nutzung regenerativer Energieträger besteht darin, dass aus Prozessen, die in der Umwelt ununterbrochen stattfinden (z. B. Sonnenein-

strahlung) Energie abgezweigt und der technischen Verwendung zugeführt wird. Dabei werden die Ressourcen nicht stärker beansprucht, als Energie zu ihrer Regeneration nachfließt.

Es muss den Schülerinnen und Schülern klar sein, dass der Begriff „regenerative Energien“ nicht der Energieerhaltung widerspricht. Die Energie in einem abgeschlossenen System bleibt zwar konstant. Aber in das offene System Erde fließt ständig Sonnenenergie nach, die durch die lange Lebensdauer der Sonne nach menschlichem Maßstab unerschöpflich ist.

Der Begriff „regenerative Energieträger“ entstand deshalb im Gegensatz zu den fossilen und nuklearen Energieträgern, die in absehbarer Zeit durch den Menschen verbraucht sein werden.

Nachfolgend sind die Medien aus dem Medienpaket genannt, die zur Erarbeitung dieses Kapitels eingesetzt werden können.

Zur Einstimmung:

Medium: Übersichtsgrafik „Energieträger regenerativ“

Eine erste Einführung, die den Schülerinnen und Schülern den Begriff „regenerativer Energieträger“ sowohl am Beispiel nachwachsender Biomasse als auch an der Reichweite fossiler und regenerativer Energieträger im Vergleich zur Lebensdauer des Menschen illustriert:

Medium: Grafik und Diagramm „Was sind regenerative Energieträger?“

Zur Vorbereitung für die Lehrkraft:

Medium: Leitfaden „Regenerative Energien“

Informationsquellen für Lehrer und Schüler (z. B. für Referate):

Medien: Sachinformation „Energieträger im Überblick“
Linkliste „Regenerative Energien“

3 Warum brauchen wir regenerative Energien?

Bereits Ende der 1970er Jahre kam nach dem Bericht des Club of Rome (1972) und der ersten Ölkrise (1974) die Forderung nach verstärkter Nutzung regenerativer Energien auf. Sie wurde jedoch noch von weiten Kreisen der Politik und Wirtschaft als „Ökospinnerei“ belächelt. Durch den Klimawandel, das ungebrochene Wachstum der Weltbevölkerung, die weltweit steigende Industrialisierung, dem damit steigenden Energiebedarf und die immer knapper und teurer werdenden Vorräte an fossilen Energieträgern hat sich dies mittlerweile geändert. Heute ist man sich einig: verstärkte Nutzung – und letztlich die vollständige Umstellung auf regenerative Energien – wird schon in wenigen Jahrzehnten zur Überlebensfrage für die Menschheit.

3.1 Knappheit fossiler und nuklearer Energieträger

Nach optimistischer Schätzung aus dem Jahr 2005 reichen die Vorräte, je nach Energieträger, noch 40 bis 190 Jahre. Bei diesen Hochrechnungen wurde allerdings der starke Anstieg in Schwellenländern wie China und Indien nicht berücksichtigt. Zudem gehen diese Schätzungen davon aus, dass die steigenden Energiepreise auch den Abbau heute nicht abbauwürdiger Vorkommen wirtschaftlich machen. Dies setzt jedoch eine ständig wachsende zahlungsfähige (!) Nachfrage voraus. Dies ist eine eher unwahrscheinliche Annahme – denken wir nur an die „Stahl- und Kohlekri-

se“ 2007, der dann die globale Finanzkrise von 2008/2009 folgte. Es könnte also bereits in 15 bis 20 Jahren zu erheblichen Verknappungen kommen.

Zunächst wird der prozentuale Anteil der verschiedenen Primärenergieträger an der weltweiten Energieversorgung betrachtet. Die Verbrauchsverteilung der fossilen Energieträger zeigt die Abhängigkeit von Kohle, Erdöl und Erdgas.

Medium: Diagramm „Weltweiter Verbrauch fossiler Energieträger“

Dann stoßen die Schülerinnen und Schüler anhand des derzeit fast exponentiell wachsenden Energiebedarfs auf das Problem der Energieverknappung:

Medium: Diagramm „Zukünftiger weltweiter Primärenergiebedarf“

Dies lässt sich nun mit den Reichweiten der fossilen und regenerativen Energieträger vergleichen:

Medium: Diagramm „Wie lange reichen unsere Energieträger?“

Als vertiefende Informationsquelle für Lehrer und Schüler (z. B. für Referate) kann eine Sachinformation dienen:

Medium: Sachinformation „Energieträger im Überblick“

3.2 Regenerative Energieträger im Kampf gegen Treibhauseffekt und Klimawandel

Der Ausstoß von Treibhausgasen, wie z. B. Kohlendioxid aus der Verbrennung von fossilen Energieträgern, muss schnellstens abgesenkt werden, denn jede Temperatursteigerung erhöht den Energiebedarf für Kühlung (Klimaanlagen und Lebensmittel). Hier kann der schnelle Ausbau regenerativer Energien und damit der Ersatz fossiler Energieträger eine entscheidende Rolle spielen.

Mithilfe eines interaktiven Infomoduls kann z. B. im Geografieunterricht der Unterschied zwischen dem „natürlichen“ und dem anthropogenen Treibhauseffekt erklärt werden. Im Physikunterricht kann auf Energieerhaltung und Strahlungsgleichgewicht eingegangen werden, im Chemieunterricht auf die Energieabsorption verschiedener Moleküle:

Medien: Infomodul mit Animation „Treibhauseffekt vom Menschen verursacht?“
Sachinformation: „Treibhauseffekt und Klimawandel“
Grafik: „Abfälle und Emissionen beim Betrieb von Kraftwerken“
Sachinformation: „Abfälle und Emissionen beim Betrieb von Kraftwerken“
Sachinformation: „Woher kommen die Treibhausgase?“

Anhand des Vergleichs der Kohlendioxidemission von Kraftwerken mit fossilen oder regenerativen Energieträgern (Bau, Brennstoffversorgung und Betrieb) wird der Vorteil der regenerativen Energien deutlich. Bei der Kernkraft ist allerdings das Entsorgungsproblem der radioaktiven Abfälle nicht berücksichtigt!

Medium: Diagramm „Kohlendioxidemissionen von Kraftwerken“

Betrachtet man nun die Zielvorgaben des Kyoto-Protokolls zur Kohlendioxidemission bis 2012 und die erreichten Werte im Jahr 2008, können die Schülerinnen und Schüler erkennen, welche großen Anstrengungen noch nötig sind.

Medium: Infomodul „Entwicklung der Treibhausgasemissionen“

In der Sachinformation zum Treibhauseffekt finden die Lehrkräfte sowie die Schülerinnen und Schüler vertiefende erdkundliche, physikalische und chemische Informationen zu diesem Phänomen.

Medium: Sachinformation „Treibhauseffekt und Klimawandel“

Im Chemieunterricht kann man mit einem einfachen Versuch zeigen, wie viel Kohlendioxid der Mensch mit jedem Atemzug produziert:

Medien: Experimentieranleitung „Kohlendioxid im Atem und im Klassenzimmer“
Handreichung „Kohlendioxid im Atem und im Klassenzimmer (Lehrerinfo)“
Lösungsblatt „Kohlendioxid im Atem und im Klassenzimmer (Lösung)“

3.3 Energieknappheit als Ursache weltweiter Armut

Die Produktion von Lebensmitteln ist mit einem enormen Verbrauch von Energie verbunden. Eine Grafik macht die enorme Energieverschwendung bei der Lebensmittelproduktion aufgrund des Lebensstandards in den reichen industrialisierten Ländern deutlich. Doch wie ist die Situation in den weniger entwickelten Ländern der Welt?

Medien: Interaktive Grafik „Energiefresser Nahrungsmittelproduktion“ (Bild)
Sachinformation „Futter und Lebensmittel aus regenerativer Energie, Luft und Wasser“

In vielen Gegenden der Entwicklungsländer leben noch große Teile der Bevölkerung als sich selbst versorgende Kleinbauern. Hier kommt es zu einem Teufelskreis der Armut: Das gesamte zum Kochen verwendete Heizmaterial stammt aus Biomasse, von der mehr verbraucht wird als nachwächst. Die dadurch ausgelöste Versteppung und Desertifikation senkt den Ertrag von Ackerbau und Viehzucht. Zur Neuaufforstung bzw. zur Stabilisierung der Agrarproduktion wäre Süßwasser nötig, für dessen Förderung und Aufbereitung jedoch die Energie fehlt. In den reichen Industrieländern kann durch Energiesparen, z. B. durch Einsatz von Küchenherden mit Energieverbrauchsstandard A+, einiges erreicht werden. Doch hungerleidenden Menschen, die auf Haiti oder in der Sahelzone gerade ihre letzten Vegetationsreste verheizen, kann man schlecht Energiesparen propagieren. Hier sollte als Ersatz für den bereits überstrapazierten regenerativen Energieträger „Biomasse“ die Solarthermie und Photovoltaik genutzt werden.

Die Schülerinnen und Schüler können erkennen, dass traditionelle Biomasse, wie z. B. Holz oder Dung, als ausschließliche Energiequelle in vielen Teilen der Welt zu einem Teufelskreis der Armut führt. Der Einsatz neuer regenerativer Energien kann hier einen wertvollen Beitrag zur Verbesserung der Energieversorgung und damit zu einem Ausstieg aus der Armut leisten.

Medium: Schemagrafik „Energiearmut“

4 Welche regenerativen Energieträger gibt es?

Die Energieträger werden der Reihe nach gemäß ihrer kultur- und technikgeschichtlichen Bedeutung behandelt, beginnend mit dem ältesten Energieträger Biomasse und endend mit der modernen Photovoltaik.

4.1 Biomasse

Der älteste vom Menschen genutzte Energieträger überhaupt ist die Biomasse. Traditionell nutzte der Mensch seit der Entdeckung des Feuers zunächst nur die regenerative Biomasse in Form von Holz und später in holzarmen Steppengebieten auch den Dung seiner Haustiere als Brennmaterial.

Bei Biomasse wird solare Strahlungsenergie mithilfe von Pflanzen über den Prozess der Photosynthese in organische Materie umgewandelt. Somit ist Biomasse in Pflanzen gespeicherte Sonnenenergie. Aus der Biomasse werden derzeit weltweit ca. 10 % des Primärenergiebedarfs gedeckt. Doch dieser Prozentsatz ist nur bedingt steigerbar!

Detaillierte Informationen zur Biomasse findet man hier:

Medium: Leitfaden „Regenerative Energien“

Biomasse wird beispielsweise in Form von Holzschnitzeln und Holzpellets oder Biodiesel und Biogas genutzt.

Medium: Diagramm „Energieträger Biomasse“

Detaillierte Informationen zur Biomasse findet man hier:

Medien: Leitfaden „Regenerative Energien“
Sachinformation: „Ist Biomasse klimaneutral und nachhaltig?“
Sachinformation: „Klima- und Umweltbelastung durch die wichtigsten Energiepflanzen“

4.2 Wasserkraft

Mit Wasserkraft, auch als „Hydroenergie“ bezeichnet, wird die Strömungsenergie von fließendem Wasser bezeichnet, welche über Turbinen und damit gekoppelte Generatoren in mechanische bzw. elektrische Energie umgesetzt wird. Bereits vor über 4300 Jahren nutzte der Mensch u. a. in Mesopotamien (heutiger Irak) die Wasserkraft in Form von Schöpfrädern zur Bewässerung. Auch die Wasserkraft ist eine Form von in der Natur gespeicherter Sonnenenergie. Denn sie stammt letztlich aus dem von der Sonne bewirkten Kreislauf aus Verdunstung und Niederschlag. Hier betrachten wir nur die direkt genutzte mechanische „Wasserkraft“ als Energieträger. Wasser wird darüber hinaus als Wärmespeicher (Fernwärme, Geothermie) genutzt. Dagegen ist bei der Speicherung von elektrischer Energie in Form von Wasserstoff durch die Elektrolyse von Wasser nicht Wasser, sondern Wasserstoff der Energieträger.

Detaillierte Informationen zur Wasserkraft findet man hier:

Medium: Leitfaden „Regenerative Energien“

Ein Schaubild fasst die Bedeutung des Wassers als Energieträger zusammen, wobei nur Wellen, Tidenhub und Fließwasser der „Wasserkraft“ zugerechnet werden. Das Thermalwasser gehört zur Geothermie.

Medium: Übersichtsgrafik „Energieträger Wasser“

4.3 Windkraft

In Form von Windmühlen nutzt die Menschheit die Windenergie bereits seit ca. 1200 Jahren. Wenn die Erdoberfläche durch Strahlung erwärmt ist, werden die darüberstehenden Luftschichten erwärmt, bekommen Auftrieb und strömen nach oben. Gleichzeitig strömt seitlich aus weniger erwärmten Gebieten Luft nach, und diese Querströmung bezeichnet man als Wind. Die kinetische Energie der Luftbewegung des Winds kann nun mittels Windrädern in Rotationsbewegung umgesetzt werden. Allein Europas Windräder haben bereits jetzt eine Kapazität von rund 35.000 MW, das entspricht 35 großen Kohlekraftwerken.

Detaillierte Informationen zur Windkraft findet man hier:

Medium: Leitfaden „Regenerative Energien“

Ein schönes Beispiel für das große Potenzial der Windkraft ist diese Offshore-Anlage:

Medium: Foto „Offshorewindpark“

Eine weiterführende Unterrichtsidee oder ein interessantes Referatsthema: Wegen Lärm, Schattenwurf oder „Verschandelung“ der Landschaft werden Windräder oft abgelehnt. Warum werden dagegen Verkehrslärm, Straßen, Logistikzentren, Gewerbegebiete, Mobilfunkmasten oder Hochspannungsleitungen von den Kritikern der Windräder akzeptiert?

4.4 Sonnenwärme – Solarthermie

Bereits in der Steinzeit, noch vor der Erfindung des Feuers, nutzte der Höhlenmensch die im Gestein gespeicherte Sonnenwärme zum Schutz vor Auskühlung in der Nacht bzw. in kalten Jahreszeiten.

„Licht“ ist in Physik und Biophysik als der „sichtbare Anteil des elektromagnetischen Spektrums“ definiert. In der Solarthermie und Photovoltaik werden jedoch auch z. T. die unsichtbaren Anteile der Sonnenstrahlung genutzt. Dazu kommt, dass sich auch die Physik, Chemie und Technik der Energieumwandlung bei Wärme und Licht unterscheidet. Das Potenzial der Solarthermie ist groß: Würde in allen Haushalten eines Landes der gemäßigten Zone wie beispielsweise in Deutschland die gesamte Heizung und Warmwasserbereitung auf Solarthermie umgestellt, könnte die Gesamtemission von CO₂ dort um bis zu 20 % gesenkt werden und der Energieverbrauch eines einzelnen Haushalts um bis 70 %!

Detaillierte Informationen zur Solarthermie findet man hier:

Medium: Leitfaden „Regenerative Energien“ (PDF)

In allen südlicheren Ländern mit stärkerer Sonneneinstrahlung und längerer Sonnenscheindauer lohnt sich der Einsatz der Solarthermie auch zur Stromgewinnung:

Medium: Beschriftete Grafik „Solarthermische Kraftwerke“ (Bild)

4.5 Photovoltaik

Wird das Sonnenlicht mit sog. Solarzellen direkt in elektrische Energie umgewandelt, spricht man von Photovoltaik. Eine auf den ersten Blick faszinierende Möglichkeit, da die Photovoltaik theoretisch fast 100 % Wirkungsgrad erreichen könnte. In Deutschland z. B. würden beim heutigen Wirkungsgrad der Solarzellen (bis 24 %) ca. 1 % der Fläche des Landes genügen, um den gesamten Bedarf an elektrischer Energie der Industrie und aller privater Haushalte abzudecken. 10 % der Fläche würden für den Gesamtenergiebedarf Deutschlands reichen. Das heißt, aus Photovoltaikstrom könnte dann auch der gesamte Bedarf an Wärmeenergie (Prozesswärme in der Industrie; Heizen, Kochen und Warmwasser in den Haushalten) sowie der gesamte Energiebedarf des Verkehrs (Elektroautos!) gedeckt werden. Allerdings ist das nur eine theoretische Berechnung, die zeigen soll, welch riesiges Potenzial in der Photovoltaik auch in Ländern des gemäßigten Klimas steckt. Doch so utopisch ist der Vorschlag nicht, wenn man bedenkt, welch riesige Flächen allein in Form von Dächern, Hausfassaden und Fenstern zur Verfügung stehen. Technisch gesehen stehen jedenfalls für alle drei Anwendungsfälle schon heute sofort einsetzbare Lösungen zur Verfügung. (Für die Chemielehrkraft: Treibstoff für die Flugzeuge würde bei Umstellung auf Photovoltaik aus CO₂ und H₂ erzeugt.)

Detaillierte Informationen zur Photovoltaik findet man hier:

Medium: Leitfaden „Regenerative Energien“

Nicht nur im sonnigen Afrika, sondern auch in Mitteleuropa und den USA ist Solarstrom der regenerative Energieträger mit dem größten Zukunftspotenzial:

Medien: Foto „Solarzellen auf Hausdach“
Foto „Solarstromanlage auf Freifläche („Solarfeld“, „Solarpark“)

Durch die Umwandlung von überschüssigem Wind- und Solarstrom in Wasserstoff oder sogar Methan (Power to Gas) kann das bestehende Erdgasnetz zur Verteilung und Speicherung genutzt werden. Eine Grafik veranschaulicht das Power to Gas Verfahren. Beispielsweise können auch Fahrzeuge mit Brennstoffzellentechnik mit dem so gewonnenen Wasserstoff betrieben werden. Ein Foto zeigt eine Brennstoffzelle für (Schul-)Experimente.

Medien: Grafik „Power to Gas“
Foto „Brennstoffzelle für Experimente“

4.6 Tiefe Geothermie

Wörtlich bedeutet Geothermie „Wärmegewinnung aus der Erde“. Da die Wärme der Erdschichten bis ca. 30 m Tiefe vor allem durch die Sonneneinstrahlung und Gegenstrahlung von der Atmosphäre gegeben ist, wird diese Art der Wärme der Solarthermie zugeordnet. Mit „Geothermie“, oder besser mit „tiefer Geothermie“, meint man die Gewinnung von Wärme aus dem Erdinneren, die durch Bohrungen von bis zu mehreren tausend Metern Tiefe erschlossen werden muss. Mit den in den oberen 3.000 m der Erdkruste gespeicherten Wärmevorräten könnte theoretisch der derzeitige weltweite Energiebedarf für über 100.000 Jahre gedeckt werden. Doch für eine wirt-

schaftliche Erschließung dieser Erdwärme eignen sich derzeit nur sehr wenige Stellen der Erdkruste mit vulkanischen Wärmenestern („Hotspots“) in einigen hundert bis wenigen tausend Metern.

Detaillierte Informationen zur tiefen Geothermie findet man hier:

Medium: Leitfaden „Regenerative Energien“

Für Heizzwecke sind in den gemäßigten Zonen wie z. B. Nordamerika, Mitteleuropa und damit auch in Deutschland oberflächennahe und tiefe Geothermie ein guter Ersatz für Erdgas und Erdöl:

Medium: Übersichtsgrafik „Energieträger Erdwärme“

5 Die Sonne als unerschöpfliches Energiereservoir für unsere Zukunft

Bis auf die tiefe Geothermie ist die Urquelle sämtlicher regenerativer Energieträger auf der Erde die Sonne bzw. deren Strahlung. Die von der Sonne eingestrahlte Energie ist mit Abstand die größte Quelle des regenerativen Energieangebots. In der Rangfolge der regenerativen Energien folgen dann die Erdwärme (tiefe Erdwärme) und die Gezeitenenergie (Mondeinwirkung bzw. Erdrotation).

Die Sonne strahlt im weltweiten Durchschnitt pro Jahr eine Energiemenge von ca. $1,56 \cdot 10^{18}$ kWh ($5,6 \cdot 10^{24}$ J) auf die Erdoberfläche ein. Das ist mehr als das 10.000fache des Weltbedarfs an Primärenergie:

Medien: Beschriftete Grafik „Die Sonne – unsere Hauptenergiequelle“
Übersichtsgrafik „Fakten zur Sonnenenergie“

Der Energie liefernde Prozess der Kernfusion wird auf der Sonne noch ca. 5 Mrd. Jahre anhalten. Das könnte im Physik- oder ggf. Chemieunterricht vertieft werden:

Medium: Sachinformation „Kernfusion in der Sonne“

6 Nachbereitung

Zum Abschluss könnte die Lehrkraft mit der Klasse gemeinsam ein interaktives Arbeitsblatt zu den Vor- und Nachteilen der verschiedenen Energieträger durcharbeiten:

Medium: Interaktives Arbeitsblatt „Vor- und Nachteile Energieträger“

Auch anhand einer Unterrichtsidee mit der Fragestellung „Können wir unseren zukünftigen Energiebedarf mit Ökostrom decken“ kann das Thema als Rechercheauftrag bzw. in Gruppenarbeit nachbereitet werden.

Medium: Unterrichtsidee „Regenerative Energien – Energie der Zukunft“

Im Physik- oder Chemieunterricht kann das Thema auch experimentell vertieft werden.

Medien: Experimentieranleitung „B5 Wir bauen ein thermisches Sonnenkraftwerk (Schüleranleitung)“ mit Lehreranleitung und Lösungsblatt

Experimentieranleitung „B6 Erneuerbare Energien (Schüleranleitung)“
mit Lehreranleitung und Lösungsblatt