

# ENERGIEBEREITSTELLUNG IM WANDEL

Sonne, Wind, Wasser, Biomasse, Erdwärme – nahezu unendlich und grenzenlos verfügbar, erneuerbar, sauber und umweltfreundlich – warum nicht gleich so?

Sachsen zählt zu den größten Braunkohleregionen. Etwa 13 Milliarden Tonnen Braunkohle lagern in Nochten und Reichwalde. Damit wird das KW Boxberg unmittelbar versorgt. Auch in Brandenburg und anderen Regionen Deutschlands stehen uns noch große Lagerstätten an Kohle zur Verfügung. Die Klimaschutzziele, aber auch Interessen der Anwohner\*innen von potentiellen Lagerstätten und Kraftwerken sprechen gegen einen weiteren Ausbau und für einen zeitnahen Rückbau der Kohleverstromung. Es gibt daher keine Alternative zu einem Energiemix aus Erneuerbaren Energieträgern, effizienten Anlagen wie Gas- und Dampf-Kombikraftwerken und Effizienzmaßnahmen.

## ZIELE

Die Schüler\*innen kennen die Vor- und Nachteile moderner Energiewandler. Sie erlangen ein Bewusstsein zu den Problematiken wie Einflüsse auf natürliche Lebensräume, Raumnutzungskonflikte, Stromüberschüsse durch Wind und Sonne, Beeinträchtigungen von Anwohner\*innen. Sie können Kenntnisse über Energieumwandlung und Leistung auf neue Sachverhalte beziehen.

## LEHRPLANANBINDUNG

**GY 9. Klasse, Physik: Lernbereich 2:** Energieversorgung

**GY 9. Klasse, Chemie, Lernbereich 3:** Erdöl und Erdgas – organische Stoffgemische

**GY 11. Klasse, Chemie, Lernbereich 4:** Energie bei chemischen Reaktionen

**GY 11. Klasse, Geographie, Lernbereich 2:** Atmosphärische Prozesse

## ZEITBEDARF

3 UE

## MATERIAL UND PRAKTISCHE VORBEREITUNG

Anlage 1: Fragebogen entsprechend Anzahl der Schüler\*innen zu kopieren

Anlage 2: „Erneuerbare Energie – Thesen für die Diskussion mit Perspektivenwechsel“ in 2er-Gruppen mit Perspektivenwechsel – Kopien in der Anzahl der Diskussionsgruppen

Anlage 3: „Erneuerbare Energie – Hintergrundinformation für Diskussion“ entsprechend Anzahl der Schüler\*innen zu kopieren

Film „Wissenswertes Energiewende“ (9 min.)

<https://www.youtube.com/watch?v=KWlh2EBbx8s> (zuletzt aufgerufen am 4.10.2019)

Beamer

## INHALTLICHE VORBEREITUNG

Fossile Energieträger stehen nach wie vor hoch im Kurs. Braunkohle hat für die Region/Sachsen große Bedeutung. In Deutschland beträgt der Kohleanteil unter den Primärenergieträgern derzeit etwa 40 %. Der Absatz der Kohle in Sachsen ist gesichert, die Energiebereitstellung ist im Vergleich zu anderen Energieträgern derzeit am günstigsten. Das zählt selbstverständlich nur, wenn lediglich die Produktion betrachtet wird, denn bei Anwendung einer Lebenszyklusanalyse zeigt sich, dass die Kohlegewinnung und Kohleverstromung hohe externe Kosten und Folgekosten durch den Einfluss auf die Klimaerwärmung hervorruft. Dessen ist sich auch die Expertenkommission zum Kohleausstieg bewusst: die Auswirkungen auf den Klimawandel, die landschaftlichen Eingriffe für den Abbau sowie die gesundheitlichen Gefahren der Stickstoffemissionen machen Kohle zu einem kritischen Energieträger.

Der Film zeigt konkret die Vor- und Nachteile der erneuerbaren Energieträger (EE) auf. Zudem ergänzt er die notwendigen Maßnahmen im Bereich Energieeffizienz und Netzoptimierung. Die Vielfalt der Maßnahmen und der aktuelle Energiemix werden hier anschaulich dargestellt.

Im Anhang befinden sich Thesen zum mehr oder weniger intensiven Einsatz von Erneuerbaren Energieträgern bzw. zum konventionell fortgeführten Einsatz von Kohle zur Bereitstellung von Elektrizität. Fakten zur Windkraftnutzung und anderen EE ergänzen die Informationssammlung.

## DURCHFÜHRUNG

1. **Startrunde (10 min):** Die Lehrkraft fragt in die Runde, ob die Schüler\*innen heute bereits Energie genutzt haben bzw. mit ihr in Kontakt getreten sind. Durch die Antworten der Schüler\*innen werden die Energieformen und der Energieumwandlungsprozess an Hand eines Beispiels wiederholt. Die Schüler\*innen werden ebenso danach gefragt, woher die von ihnen genutzte Energie stammt bzw. welche Primärenergieträger sie kennen. Die Lehrkraft notiert die Primärenergieträger an der Tafel und sortiert fossile (konventionelle) und erneuerbare Energieträger.
2. **Film Energiewende (10 min):** Die Lehrkraft weist auf die Fragen auf der Tafel/auf dem Flipchart hin. Es gibt auch die Möglichkeit, die Fragen aus dem Anhang 1 bereits vorab auszuteilen.
  - Welche Zahlen und Fakten sind Euch in Erinnerung geblieben?
  - Warum ist die Energiewende so bedeutend?
  - Und was bedeutet sie?
  - Welche Erneuerbaren Energieträger gibt es?
  - Warum sind Pflanzen/Biomasse im Vergleich zu Kohle CO<sub>2</sub>-neutral?
  - Was bedeutet Energieeffizienz? (Erkläre die Energieumwandlungskette an Hand eines Beispiels. Notiere die Energieformen.)
  - Nenne ein Beispiel für den effizienten Einsatz von Energie.
  - Nenne drei Energiesparmaßnahmen (Haushalt, Schule, Verkehr).
  - Nenne ein Beispiel für einen Konflikt zwischen der Nutzung Erneuerbarer Energieträger und dem Naturschutz.

## Zusatzfragen (ab Klasse 9)

- *Das Prinzip der Konsistenz bedeutet im Sinne der Nachhaltigkeit, dass man naturverträgliche Technologien einsetzt, welche die Stoffe und die Leistungen der Ökosysteme nutzen ohne sie zu zerstören. (Zitat <https://www.relaio.de/wissen/suffizienz-konsistenz-und-effizienz-drei-wege-zu-mehr-nachhaltigkeit/>) Der Begriff beinhaltet keine Verringerung des Energieverbrauchs. (Dieser Idealzustand kann natürlicherweise nur annähernd erreicht werden, da prinzipiell jede Technologie einen Eingriff darstellt.) Nenne ein Beispiel für Konsistenz im Sinne der Energiewende.*
- Welche Lösungen gibt es für das (vorübergehende) Ungleichgewicht zwischen bereitgestellter Energie und Energiebedarf?
- Welche Vorteile und Nachteile bieten Erneuerbare Energieträger?

Die Schüler\*innen sehen den Film mit einem Augenmerk auf die formulierten Fragen und machen sich Notizen. Da der Film sehr schnell abläuft und bestimmt viele Fragen beim ersten Mal nicht sofort beantwortet werden konnten, könnte der Film ein zweites Mal gezeigt werden. Diese Zeit lässt sich dann ideal bei der Auswertung des Filmes abziehen, da die Auswertung damit zielgerichteter erfolgt.

3. **Auswertung des Filmes in 2er oder 3er Teams (20 min):** Die Schüler\*innen tauschen sich zu den Fragen aus, beantworten im Idealfall die Fragen gemeinsam und halten ihren Wissenszuwachs aus dem Film in Hinblick auf die Fragen aus dem Fragebogen fest. Die Lehrkraft unterstützt bei Fragen und Unklarheiten.
4. **Die Fragen werden** durch die Teams eine nach der anderen in der Klasse **beantwortet**. Die anderen Teams sind aufgefordert durch ihre Antworten und Beispiele zu ergänzen. **(20 min)**
5. **Diskussion mit Perspektivenwechsel (50 min):** Auf Basis der Thesen aus Anhang 2 und der Hintergrundinformationen aus Anhang 3 diskutieren jeweils 2 Schüler\*innen miteinander zu den genannten Thesen. Nach 25 Minuten wird die Perspektive gewechselt.

6. Die Schüler\*innen **teilen ihre Erfahrungen** aus den beiden Perspektiven mit den Gesprächspartner\*innen und verfassen daraus in Stichworten die Rohfassung für einen kurzen Artikel für die Schülerzeitung bzw. das Lokalblatt. **(25 min)**  
Hintergrundinformationen aus den weiteren Anhängen dienen den Schüler\*innen zur Weiterbearbeitung der Thematik.

## KOMPETENZERWERB

### ERKENNEN

Die Schüler\*innen verfügen über Wissen zur Endlichkeit fossiler Energieträger und deren Auswirkungen auf den Klimawandel. Sie erkennen die Vorzüge und Kritikpunkte erneuerbarer Energieträger.

### BEWERTEN

Die Schüler\*innen können die globalen Auswirkungen des energetischen Einsatzes fossiler Rohstoffe auf den Klimawandel bewerten. Sie können die Vor- und Nachteile des Baus neuer Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energietechnologien aus verschiedenen Perspektiven kritisch gegenüberstellen.

### HANDELN

Die Schüler\*innen können ihren Wissenserwerb kritisch in zukünftigen Diskussionen sowie Entscheidungsfindungsprozessen einsetzen. Sie können ihren Wissenserwerb und die Diskussionsergebnisse in einem Artikel für die lokale Presse nutzen.

## WEITERBEARBEITUNG

Das Unterrichtsbeispiel *Die fossile Energiefalle* ([www.bne-sachsen/themen](http://www.bne-sachsen/themen)) geht im Detail auf die Nutzung von Kohle in Sachsen ein.

Vielseitige Informations- und Aktionsmöglichkeiten über <https://www.igwindkraft.at/> (Lehrer\*innen, ältere Schüler\*innen) sowie <https://wilderwind.at/> (bis Klasse 7)

Die Schüler\*innen verfassen einen Artikel für die Schülerzeitung bzw. das Lokalblatt. Die Grundlage hierfür kann das Werk aus dem Projektunterricht sein. Aktuelle und

weiterführende Informationen können beispielsweise auf <http://www.saena.de/themen/erneuerbare-energien-0.html> recherchiert werden.

## HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRKRÄFTE

*Was uns morgen antreibt – Energie im 21. Jahrhundert* Unterrichtsmaterial der SAENA zum download oder auch als Klassensatz kostenfrei bestellbar bei

<http://www.saena.de/angebote/unterrichtsmodule.html>

<https://www.igwindkraft.at/>

<http://www.saena.de/themen/erneuerbare-energien-0.html>

<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>

[abgerufen am 20.06.2019]

## QUELLE

Konzipiert von *Birgit Benesch-Jenkner* als Teil des sächsischen Umsetzungsprojektes zum Orientierungsrahmen für den Lernbereich globale Entwicklung.

## ANLAGE 1: FRAGEBOGEN ENERGIEWENDE/ERNEUERBARE ENERGIE/ENERGIEEFFIZIENZ

1. Welche Zahlen und Fakten sind Euch in Erinnerung geblieben?
2. Warum ist die Energiewende so bedeutend?
3. Und was bedeutet sie?
4. Welche Erneuerbaren Energieträger gibt es?
5. Warum sind Pflanzen/Biomasse im Vergleich zu Kohle CO<sub>2</sub>-neutral?
6. Was bedeutet Energieeffizienz? (Erkläre die Energieumwandlungskette an Hand eines Beispiels. Notiere die Energieformen)
7. Nenne ein Beispiel für den effizienten Einsatz von Energie.
8. Nenne drei Energiesparmaßnahmen (Haushalt, Schule, Verkehr).
9. Nenne ein Beispiel für einen Konflikt zwischen der Nutzung Erneuerbarer Energieträger und dem Naturschutz.

### Zusatzfragen

- I. *Das Prinzip der Konsistenz bedeutet im Sinne der Nachhaltigkeit, dass man naturverträgliche Technologien einsetzt, welche die Stoffe und die Leistungen der Ökosysteme nutzen ohne sie zu zerstören. Der Begriff beinhaltet keine Verringerung des Energieverbrauchs. (Dieser Idealzustand kann natürlicherweise nur annähernd erreicht werden, da prinzipiell jede Technologie einen Eingriff darstellt.) Nenne ein Beispiel für Konsistenz im Sinne der Energiewende.*
- II. Welche Lösungen gibt es für das (vorübergehende) Ungleichgewicht zwischen bereitgestellter Energie und Energiebedarf?
- III. Welche Vorteile und Nachteile bieten Erneuerbare Energieträger?

Hinführende Ergänzungen und Lösungsvorschläge für die Zusatzfragen:

- I. Konsistenz-Strategien erfordern keine Verringerung des Energieverbrauchs oder von Materialflüssen, sondern es geht vielmehr darum, diese naturverträglich zu gestalten. Theoretisch ließe sich mit konsistentem Wirtschaften ein flächendeckender Wohlstand auf hohem Konsumniveau erreichen, der dabei noch die Umwelt schont. Diese Aussichten verhelfen Konsistenz-Strategien zu einem hohen Ansehen und einer breiten Zustimmung in der Bevölkerung. In der Tat tragen Konsistenz-Strategien einen wichtigen Teil zu einer nachhaltigen Entwicklung bei. **Im Bereich der erneuerbaren Energien sind erste Konsistenz-Ansätze bereits erfolgreich.** (Zitat <https://www.relaio.de/wissen/suffizienz-konsistenz-und-effizienz-drei-wege-zu-mehr-nachhaltigkeit/>)
- II. Im Unterrichtsbeispiel „Energiespeicher der Zukunft – „Saubere Energie“ jederzeit verfügbar machen sind aktuell eingesetzte Speichertechnologien und die Sektorkopplung näher erklärt. ([www.bne-sachsen/themen](http://www.bne-sachsen/themen))

## ANLAGE 2: ERNEUERBARE ENERGIE – THESEN FÜR DIE DISKUSSION MIT PERSPEKTIVENWECHSEL

Soweit den Schüler\*innen ein Internetzugang zur Verfügung steht, recherchieren sie in weiteren Unterrichtsstunden zusätzlich zu den Hintergründen ihrer Thesen auf <https://windfakten.at/>

5 THESEN
<b>PRO WINDKRAFTNUTZUNG</b>
Windkraft ist sauber und leise. <i>(mehr Hintergründe auch auf windfakten.at)</i>
Windkraft ist CO <sub>2</sub> -neutral.
Windkraft ist eine ideale Ergänzung im modernen Energiemix aus verschiedenen Erneuerbaren Energieträgern.
Schon in wenigen Monaten hat sich die Produktion einer Windenergieanlage energetisch amortisiert.
Anlagen auf dem Meer nutzen den Wind optimal.

5 THESEN
<b>CONTRA WINDKRAFTNUTZUNG</b>
Moderne Windenergieanlagen machen die Anwohner*innen krank! Viel zu laut!
Es werden viel zu viele Windenergieanlagen erbaut und jede Anlagen benötigt auch Energie für ihre Herstellung.
In der Nacht weht kein Wind. Und die Sonne scheint auch nicht. Da brauchen wir Kohle!
Fledermäuse und Vögel sterben in den Rotorblättern. <i>(Hintergründe dazu auf windfakten.at)</i>
Wer braucht schon Strom auf dem Meer?

<b>5 Thesen ERNEUERBARE ENERGIEN EE</b>
<b>PRO</b>
Der Einsatz erneuerbarer Energieträger ist neben der Energieeffizienz, intelligenten Stromnetzen und natürlich dem Ändern unseres Konsumverhaltens die wichtigste Maßnahme für unser Wirken gegen den Klimawandel.
Photovoltaiknutzung ist CO <sub>2</sub> -neutral.
Strom von Photovoltaikanlagen ist eine ideale Ergänzung im modernen Energiemix aus verschiedenen erneuerbaren Energieträgern.
Die Bereitstellung von Strom aus erneuerbaren Energieträgern (EE) wie Sonne und Wind ist schon heute in ihren realen Kosten preiswerter als jene aus fossilen Brennstoffen. Wenn die Auswirkungen auf Umwelt, Gesundheit und die Entsorgung mit einbezogen werden, sind die EE die eindeutigen Sieger.
Bei der Nutzung erneuerbarer Energieträger sind wir nicht abhängig von Erdölpreisen und Gasimporten.

<b>5 Thesen ERNEUERBARE ENERGIEN EE</b>
<b>CONTRA</b>
Ohne Übergangstechnologien wie Gaskraftwerke und moderne Kohlekraftwerken ist die Energiewende nicht realisierbar.
Photovoltaikanlagen benötigen auch Energie für ihre Herstellung.
In der Nacht scheint keine Sonne. Da brauchen wir Kohle!
Strom aus Kohle ist viel billiger! Die EE machen unseren Strompreis nur unnötig hoch. Die Kohlekraftwerke können ja noch ein paar Jahre laufen, die Investition in neue EE-Anlagen kostet auch Geld und Energie.
Für die Herstellung von bestimmten Photovoltaikmodulen und speziellen Windkraftanlagen werden „Seltene Erden“ eingesetzt, die zu großen Teilen in China abgebaut werden. Da wird nicht immer auf die Einhaltung von Umweltstandards und guten Arbeitsbedingungen geachtet.

## ANLAGE 3: ERNEUERBARE ENERGIE – HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR DISKUSSION

### **Repowering von Windenergieanlagen WEA**

Alte WEA werden gegen neue mit höherer Leistung ausgetauscht. Der Standort bleibt zum Teil derselbe. Die Anlagen sind jedoch bis zu doppelt so hoch und haben auch dementsprechend längere Rotorblätter. Aufgrund von stärkerer Geräuscentwicklung und weiterem Schattenwurf (der Rotorblätter) ist es wichtig darauf zu achten, dass bestimmte Mindestabstände zur Wohnbebauung eingehalten werden. In Sachsen legt ein Regionalplan die geeigneten Aufstellorte für WEA fest.

### **Türme der WEA – moderne Türme sind bis 170 m hoch**

Je höher der Turm und je größer der Rotordurchmesser, desto mehr Energie liefert eine Anlage. Mit zunehmender Höhe steigt die Windgeschwindigkeit und die Strömung wird gleichmäßiger. Ideale Bedingungen sind auf dem Meer zu finden (off-shore).

### **Schall und Infraschall durch WEA**

Infraschall ist Schall auf sehr niedriger Frequenz (unter 16 Hertz). Infraschall ist eine alltägliche Erscheinung, die durch technische Quellen wie Motoren, Windböen und auch Meeresbrandung auftritt. Für WEA gilt, dass die jeweilige Regelung zum Abstand zur nächsten Bebauung unbedingt eingehalten werden muss, um eine Beeinträchtigung der Anwohner\*innen zu vermeiden.

### **Moderne WEA produzieren Strom für 2.000 Haushalte**

Eine moderne WEA mit etwa 3 MW elektrischer Leistung erzeugt durchschnittlich so viel Strom wie 2.000 Haushalte (mit einem jährlichen Strombedarf von 3.500 kWh) im Jahr benötigen.

## **ERNEUERBARE IN SACHSEN**

2015 wurden je knapp 1.900 GWh Strom aus Wind und Biomasse ins Stromnetz eingespeist. Fast 1.400 GWh stammten in diesem Jahr aus Photovoltaik (PV)-Anlagen. Wasserkraft hat in Sachsen eine geringe Bedeutung. Bezogen auf den Bruttostromverbrauch wurde in dem genannten Jahr ein Anteil von 23 % erneuerbarer Energieträger erreicht.

## **Photovoltaik PV und andere EE in D**

2018 deckte die PV mit 46 TWh etwa 8,7 % des Nettostromverbrauchs in Deutschland. Alle EE zusammen betragen 43 % des Nettostrombedarfs. An sonnigen Tagen kann PV-Strom tatsächlich 45 – 60 % des Strombedarfs decken!

(Quelle: Fraunhofer ISE, 2019)

## **Kosten von PV-Strom im Vergleich zu Strom aus konventionellen Energieträgern**

Die externen Kosten durch Umwelt-, Klima- und Gesundheitsschäden werden aktuell nicht in den Kostenvergleich mit fossiler oder nuklearer Energiebereitstellung mit einbezogen. Die Behandlung von Abfällen und Abgasen wie auch die Flächenrenaturierung und der Transport der Energieträger müssten zusätzlich zum Einsatz des Brennstoffs mit berücksichtigt werden.

### **Biomasse**

In Sachsen gibt es derzeit über 500 Anlagen zur Stromerzeugung aus Biomasse. Da gibt es Biogasanlagen, die Gülle, Klärschlamm, Fette und Pflanzenreste verarbeiten. Zum Teil werden diese als Blockheizkraftwerke betrieben, die auf die Erzeugung von Wärme UND Strom ausgerichtet sind. Holz und Holzreststoffe können auch zur Bereitstellung von Dampf dienen, welcher in Turbinen zu Strom umgewandelt wird.

### **Wasserkraft**

Wasserkraftwerke sind in Sachsen selten (nur 5 % der Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern). In anderen Regionen haben sie große Bedeutung. Sie verfügen über eine lange Lebensdauer (bis zu 100 Jahren) und können bei Beachtung des Naturschutzes und in gemäßigter Dimensionierung sauberen Strom bereitstellen. Große Staudämme, die ganze Flussläufe oder sogar Landstriche verändern sind nicht nachhaltig.

### **E-Mobilität und EE**

E-Mobilität mit Batterien oder Wasserstoff stellt eine saubere Lösung für unseren Verkehr dar. Voraussetzung dafür ist, dass der Strom bzw. der Wasserstoff mithilfe erneuerbarer Energieträger gewonnen wurde. Sonst ist diese Lösung nicht klimafreundlich und verschiebt die Problematik nur.

### **WEA und Vogelschutz**

Tatsächlich geht die größte Gefahr für die Artenvielfalt vom Klimawandel aus. Jede Anlage zur Energiegewinnung ist mit Eingriffen in Natur und Umwelt verbunden. Daher ist auf die ideale Standortauswahl zu achten und Vogelschutz- sowie Naturschutzgebiete sind zu meiden. Vögel kollidieren leider in viel größerer Zahl mit anderen Bauwerken. Bei WEA kennt man laut Studien Werte von 7 verunglückten Vögeln / WEA und Jahr.