



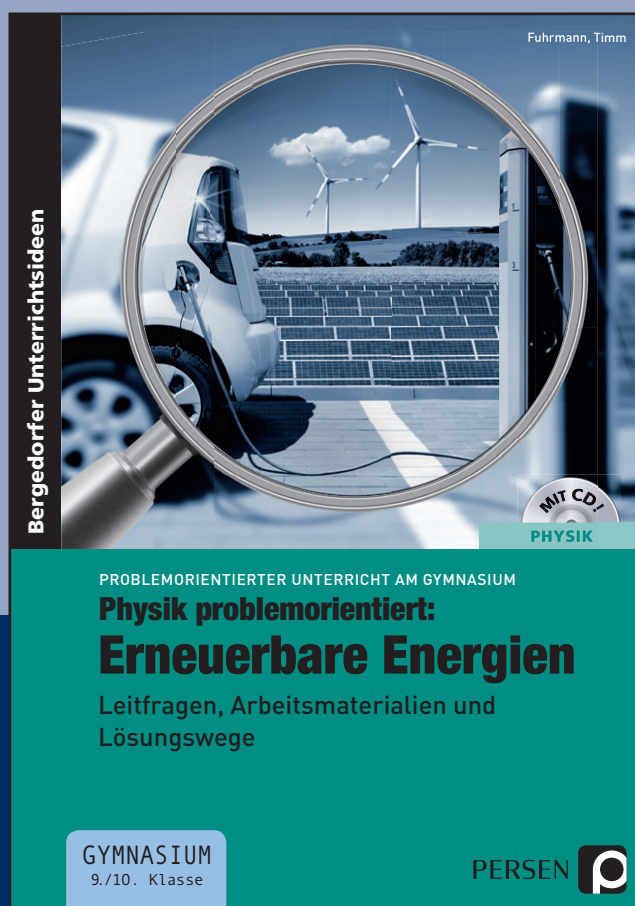
DOWNLOAD

Timm Fuhrmann

Windenergie

Material zu erneuerbaren Energien im
problemorientierten Physikunterricht am
Gymnasium

Downloadauszug
aus dem Originaltitel:



Das Werk als Ganzes sowie in seinen Teilen unterliegt dem deutschen Urheberrecht. Der Erwerber des Werkes ist berechtigt, das Werk als Ganzes oder in seinen Teilen für den eigenen Gebrauch und den **Einsatz im eigenen Unterricht** zu nutzen. Die Nutzung ist nur für den genannten Zweck gestattet, **nicht jedoch für** einen schulweiten Einsatz und Gebrauch, für die Weiterleitung an Dritte (einschließlich, aber nicht beschränkt auf Kollegen), für die Veröffentlichung im Internet oder in (Schul-)Intranets oder einen weiteren kommerziellen Gebrauch.

Eine über den genannten Zweck hinausgehende Nutzung bedarf in jedem Fall der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Verlages.

Verstöße gegen diese Lizenzbedingungen werden strafrechtlich verfolgt.

**Download
zur Ansicht**

1. Problemorientierung, was ist das?

Das Unterrichtskonzept der Problemorientierung lehnt es prinzipiell ab, „Fertigkost zu verabreichen“¹; sie will die Lernenden vielmehr eigene Einsichten gewinnen lassen, zu denen sie durch eigenes Suchen und Forschen gelangen. Somit erfordert problemlösendes Denken im Unterricht einen Lernvorgang, der methodisch aufgebaut ist. Dietrich Dörner charakterisierte ein Problem mit der folgenden Beschreibung: „Ein Individuum steht einem Problem gegenüber, wenn es sich in einem inneren oder äußeren Zustand befindet, den es aus irgendwelchen Gründen nicht für wünschenswert hält, aber im Moment nicht über die Mittel verfügt, um den unerwünschten Zustand in den wünschenswerten Zielzustand zu überführen.“² Ein Problem ist somit immer durch drei Komponenten gekennzeichnet:

1. Unerwünschter Ausgangszustand
2. Erwünschter Endzustand und
3. Barriere, die die Transformation des Anfangszustandes in den Endzustand im Moment verhindert.³

Der Gebrauch des Begriffes „Problem“ verweist auf eine die Komplexität betreffende Abgrenzung vom Begriff „Frage“. „Ein Problem ist keine einfache, auf einen Sachverhalt bezogene Frage, sondern konstituiert sich durch die Verbindung verschiedener dem Fragenden verknüpfbar erscheinender Sachverhalte (Fragestellungen) und ihrer Benennung eben als Problem.“⁴ Fragen sind somit Teilaspekte eines Problems.

Ein Wille, die Barriere zwischen dem unerwünschten Anfangszustand und dem erwünschten Endzustand durch eigene Denkleistung zu überwinden, entsteht jedoch nur, wenn das Problem und dessen Lösung für die Person als wichtig erscheinen. Dies setzt zuerst einmal voraus, dass der Lernende auf den unerwünschten Anfangszustand aufmerksam gemacht wird. Dem Lehrer kommt damit die Aufgabe zu, „die Realität der Ausgangslage so in ihren Wahrnehmungshorizont zu rücken, dass ihr Denken herausgefordert wird. Das Thema soll sie nicht als Schüler⁵, sondern als Mensch berühren. Der Druck soll so stark sein, dass sie von sich aus nach einer Lösung suchen.“⁶

Zu Beginn des Lern- und Denkprozesses steht somit noch nicht fest, wie die Unterrichtsteilnehmer die Barriere zur Problemlösung überwinden können. Die Lernenden stellen sich eine Leitfrage und leiten daraus resultierende Unterfragen oder Informationsdefizite ab, die sie zu beantworten beziehungsweise auszugleichen versuchen. Mit den Antworten zeichnet sich die Problemlösung immer klarer ab, bis sie das Problem (vorläufig) zufriedenstellend lösen können.

Durch die Lösung der Probleme fördern die Schüler ihre innere Unabhängigkeit und sie gewinnen eine positive Grundeinstellung zum selbstständigen Denken und fassen Mut, sich mit weiterführenden Fragen zu beschäftigen und selbst aktiv zu werden. Damit weckt problemlösendes Denken die Bereitschaft zum selbstständigen Urteilen und Handeln.

Bei der Suche nach Lösungen erkennen die Lernenden, dass sie ohne Wissen die Probleme nicht lösen können. Sie spüren die Notwendigkeit, Grundwissen zu erwerben und sich ein Repertoire an Begriffen und Verfahren zum Durchdenken von Problemen und Problemlösungen zu erarbeiten.⁷ Setzen sich die Schüler beim problemlösenden Denken selbstständig mit Wissen auseinander, dann erhöht sich außerdem die Wahrscheinlichkeit, dass dieses Wissen langfristig gespeichert wird, erheblich.

¹ Uffermann, Uwe: Problemorientierter Geschichtsunterricht. In: Bergmann, Klaus [u. a.] (Hrsg.): Handbuch der Geschichtsdidaktik, 5. überarbeitete Auflage. Seelze-Velber 1997, S. 282.

² Dörner, Dietrich: Problemlösen als Informationsverarbeitung. Stuttgart 1979, S. 10.

³ Vgl.: Ebenda.

⁴ Uffermann, Uwe: Problemorientierter Geschichtsunterricht, S. 282.

⁵ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird innerhalb dieser Publikation die männliche Form verwendet. Selbstverständlich sind jedoch immer Schülerinnen und Schüler, Lehrerinnen und Lehrer usw. gemeint.

⁶ Breit, Gotthard: Problemorientierung. In: Sander, Wolfgang (Hrsg.): Handbuch politische Bildung. Bonn 2005, S. 109.

⁷ Vgl.: Aebli, Hans: Zwölf Grundformen des Lehrens. Stuttgart 1983, S. 306.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass problemlösendes Denken nicht stattfinden kann, wenn die Antwort auf die „offene Frage“ auf der Hand liegt und sich deshalb niemand der Anstrengung des Denkens unterziehen muss! „Die Kunst des Lehrers besteht darin, seinen Schülern eine Aufgabe anzubieten, die ihr Denken herausfordert, sie aber weder über- noch unterfordert.“¹

Frank Lauenburg

2. Besonderheiten der Problemorientierung im Fach Physik

In der Bearbeitung von Problemen, die nicht nur eine wissenschaftliche, sondern auch eine gesellschaftliche Bedeutung haben, liegt die Relevanz der Physik begründet: „Stellen Sie sich eine Physik ohne Problemorientierung vor. Wie arm und wertlos wäre die Physik?“² Es ist demnach der Stellenwert einer echten Problembearbeitung, der auch das Unterrichtsfach Physik kennzeichnen sollte. Es gilt auf der Ebene des Physikunterrichts Lücken zu überwinden, Widersprüche zu beseitigen oder komplizierte Sachverhalte zu vereinfachen.³ Auch wenn die Bildungspläne voll sind mit Themen, die sich für eine Problemorientierung wirklich anbieten, bleibt die Gestaltung eines problemorientierten Unterrichts eine pädagogische Herausforderung. Man braucht an dieser Stelle vor allem eines: eine gute Aufgabekultur. Ohne den Begriff der Aufgabekultur im Allgemeinen zu erläutern, ergeben sich diese „guten“ Aufgaben in Hinblick auf eine echte Problemorientierung im Physikunterricht unter anderem dann, wenn sie einen kognitiven Konflikt hervorrufen. Das kann ganz konkret bedeuten, dass eine bestimmte Aufgabe so gestellt wird, dass sie für die Schüler einen Konflikt eröffnet, da sie bisherige Annahmen infrage stellen müssen. Ist ein solcher Konflikt eröffnet, dann erlebt der Schüler ein „echtes“ Problem, welches sein eigenes Lernen in Bewegung setzen wird.⁴ In ausreichend vielen Studien hat sich gezeigt, dass diese Form der Aufgabekultur noch immer nicht zum selbstverständlichen Repertoire des Physikunterrichts gehört. Weiterhin spielen naturwissenschaftliche Arbeitsweisen nur eine geringe Rolle, die Lehrkräfte unterrichten oft stofforientiert und der Unterricht ist zu selten durch Schülerarbeitsphasen gekennzeichnet.

Echte Problemstellungen provozieren eine Lernumgebung, die den Schülern vielfältige Kompetenzen abverlangt. Es ist dann die besondere Herausforderung, im Physikunterricht den Schülern eine solche Lernumgebung zu eröffnen und sie bei der Problemlösung zu unterstützen.

Worauf wurde bei der Erstellung der Aufgaben in diesem Band besonders geachtet?

1. die Auswahl eines eindeutigen und realitätsrelevanten Kontextes
2. die eindeutige Darbietung/Darstellung der Problemstellung durch die Einstiegsmaterialien
3. ein umfangreiches Angebot von Arbeitsmaterialien (Texte, Daten, Bilder, etc.)
4. die Formulierung eindeutiger Aufgaben in den einzelnen Arbeitsmaterialien durch die Verwendung von Operatoren
5. die Bereitstellung von Lernhilfen (z. B. Hinweise, Informationskästen etc.)

Werden diese Punkte berücksichtigt, werden die Schüler gefordert, aktiv-konstruktiv, selbstverantwortlich und durch Kooperation untereinander Antworten auf die ausstehenden Fragen zu finden. J. Leisen postuliert die folgende Aussage für Schüler, die in einer problemorientierten Lernumgebung gearbeitet haben:

„Wir haben nun Antworten auf Fragen, die sich uns im Unterricht und in den Aufgaben stellten. Wir haben Anregungen erhalten für die Bewältigung relevanter Aufgaben. Wir haben Neues erfahren, das uns in unserem Denken und Handeln weiterhilft, und wir haben neue Fragen, auf die wir Antworten suchen.“⁵

¹ Vgl. u. a.: *Breit, Gotthard*: Problemlösendes Denken zu leicht gemacht. In: Politische Bildung, Heft 3, S. 92–99.

Grammes, Tilmann: Problemorientiertes Lernen. In: Mickel, Wolfgang (Hrsg.): Handbuch zur politischen Bildung. Bonn 1999, S. 206–211.

² Vgl. *Leisen, Josef*: Problemorientierter Unterricht und Aufgabekultur. In: Physik Methodik. Berlin 2007, S. 82.

³ Ebd.

⁴ *Aebli, Hans*: Zwölf Grundformen des Lehrens. Stuttgart 1987, S. 277.

⁵ Vgl. *Leisen, Josef*: Problemorientierter Unterricht und Aufgabekultur. In: Physik Methodik. Berlin 2007, S. 83.

Es bleibt noch anzumerken, dass sich eine echte Problemorientierung auch durch die Inhalte des Physikunterrichts häufig anbietet. Viele fachliche Inhalte und Aspekte, wie beispielsweise die Nutzung der Windenergie, werden ohnehin auf gesellschaftlicher Ebene kontrovers und konfliktreich diskutiert. Ein problemorientierter Unterricht in Hinblick auf diese Thematik ist daher gut möglich. Weitere geeignete Themenkomplexe finden sich in jedem Bildungsplan.

3. Sachkommentar „Erneuerbare Energien“

Die Bundesregierung möchte das Zeitalter der Erneuerbaren Energien so bald wie möglich erreichen. Mit einem Blick auf den aktuellen Energiemix in Deutschland wird schnell klar, dass die Energiewende die deutsche Energieversorgung komplett umgestalten wird. Die Ziele, die sich die Bundesregierung gesetzt hat, sind ehrgeizig: Bis zum Jahr 2025 soll der Energieanteil aus Sonne, Wind und Co. auf bis zu 45 Prozent ausgebaut werden.¹

Nicht nur Deutschland beschäftigt sich mit einer solchen Umstellung. Längst wird auch international die Problematik thematisiert, dass aktuell immer noch ein großer Teil der Energie aus fossilen Energieträgern gewonnen wird. Dennoch kommt Deutschland in Hinblick auf die Energiewende eine besondere Rolle zu: Die ganze Welt schaut auf Deutschland und darauf, ob hier die Energiewende gelingt.² Deutschlands Vorhaben in Sachen Rohstoffwende ist international einzigartig, „(...) zumindest für ein industrielles Schwergewicht seines Kalibers.“³

Deutschland und der Rest der Welt stehen demnach vor der Herausforderung, die aktuell bestehenden Emissionen, die das Weltklima negativ beeinflussen, zu senken und echte Alternativen zu finden.

Es geht um Alternativen, die unseren Bedarf an elektrischer Energie decken, die bezahlbar und wirklich nachhaltig sind. Im Zuge der Energiewende sind schon oft Wege bestritten worden, die nur scheinbar die schädlichen Emissionen senken.

Ein Beispiel:

Wird der Wasserstoff für ein Fahrzeug mit Brennstoffzellenantrieb mit dem herkömmlichen Dampfreformierungsverfahren hergestellt, hat das Auto im Endeffekt keine gute Emissionsbilanz. Auch wenn es beim Fahren keine schädlichen Abgase emittiert, so waren die CO₂-Emissionen bei der Wasserstoffherstellung durch das genannte Verfahren recht hoch. Demnach kann hier nicht von einer klimaneutralen Technologie⁴ gesprochen werden.

Im Zuge der Energiewende geht es also auch darum, genau hinzuschauen und echte Alternativen zu erkennen. Das folgende Material macht es sich zum Ziel, dass sich Schüler mit möglichen Alternativen vertiefend und kritisch auseinandersetzen können. Dazu wurden die Inhalte angemessen aufbereitet, um Schülern den Zugang zu dieser komplexen Thematik zu erleichtern. Dabei wird immer wieder der Industriestandort Deutschland fokussiert, um auch die besondere Rolle Deutschlands auf internationaler Ebene zu beachten.

Inhaltlich setzt das Arbeitsheft dazu folgende Schwerpunkte:

1. Windenergie – eine bundesweite Option in Deutschland?
2. Brennstoffzellen in Autos: Warum fahren wir nicht schon längst mit dieser Technologie?
3. Wieso setzen wir nicht viel stärker auf Solarenergie?

¹ Vgl. „Energiewende“, auf der Homepage der Bundesregierung unter: <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/Energiekonzept/0-Buehne/ma%C3%9Fnahmen-im-ueberblick.html> [letzter Zugriff: 31.05.2015]

² Vgl. Willenbacher, Matthias: Mein unmoralisches Angebot an die Kanzlerin, Breisgau 2013.

³ Hockenos, Paul: The Energiewende, in: Die Zeit, Nr. 47/2012.

⁴ Vgl. Hamann, Alexandra u. a.: Die große Transformation: Klima – Kriegen wir die Kurve?, Berlin 2013.

Lehrerhinweise

1. Einführung ins Thema

Windenergie ist in Deutschland die am weitesten verbreitete alternative Energiequelle. Der Zubau von Windenergieanlagen wird unter anderem durch den Bundesverband WindEnergie (BWE) dokumentiert. Es ist festzustellen, dass seit 2010 der Zubau von Windenergieanlagen mit jedem Jahr zunimmt. Ende 2014 standen knapp 25.000 Windenergieanlagen in Deutschland, 2015 wurden im ersten Halbjahr 422 neue Windenergieanlagen (Offshore) in Betrieb genommen.

Da seit den 1990er-Jahren zunächst vor allem an Standorten mit guten Windverhältnissen Windanlagen errichtet wurden, befinden sich die meisten Anlagen in den küstennahen Regionen Norddeutschlands.

Zwar wird inzwischen mithilfe einer weiterentwickelten Technologie zunehmend auch im Binnenland und in Gebirgsregionen erfolgreich Windenergie erzeugt. Dennoch zeigt sich bei der Verteilung der Windanlagen noch immer ein Nord-Süd-Gefälle.¹

2. Vorbereitung der Einheit

Vor Durchführung der Unterrichtseinheit sollten Sie sich den geplanten Ablauf einprägen. Es kann dabei hilfreich sein, wichtige Frageimpulse auf Karteikarten zu notieren und bereitzuhalten. Die Materialien sollten entsprechend der Klassengröße vervielfältigt werden.

3. Die Fragestellung entdecken

Zu Beginn der Einheit sollen die Schüler die eigentliche Problemstellung entdecken und nachvollziehen können. Sie als Lehrer sind dabei gefragt, um ...

- **Impulse zu geben**

Präsentieren Sie das „Einstiegsmaterial Windenergie“ – beispielsweise ganz ohne Worte als stummen Impuls. Sie können den Schülern die unterschiedlichen Aussagen aber auch vorstellen oder einen Schüler laut vorlesen lassen. Es ist nun Aufgabe der Schüler, sich spontan zu dem Einstiegsmaterial und dem sich daraus ergebenden Problem zu äußern.

- **Fragen zu stellen/weiterzuentwickeln**

Sollten die Schüler die Problemstellung nicht eigenständig erfassen, so können Sie Frageimpulse einsetzen. Mögliche Hilfsimpulse an die Schüler könnten beispielsweise lauten:

- „Vergleichen Sie die Expertenmeinung mit der Statistik.“
- „Welche Frage ergibt sich für euch, nachdem ihr beide Quellen miteinander verglichen habt?“
- „Passt die Aussage des Experten zu der Statistik?“ / „Widersprechen die Meinung und die Statistik einander?“
- „Sind die Windenergieanlagen laut Statistik gleichmäßig verteilt?“

- **die Problemstellung eindeutig herauszustellen**

Mithilfe des Einstiegsmaterials sollten Schüler nun eine Problemfrage entwickeln. Natürlich lässt sich der genaue Wortlaut nicht planen, denn die Schüler sollten die Frage selbst formulieren. Sie könnte jedoch in etwa folgendermaßen lauten:

Möglichkeit 1: „Windenergie – eine bundesweite Option in Deutschland?“

Möglichkeit 2: „Warum sind die Windenergieanlagen nicht gleichmäßig über Deutschland verteilt?“

¹ Vgl. WindMonitor, ein Projekt des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES): Ausbaustand der Bundesländer. URL: http://windmonitor.iwes.fraunhofer.de/windmonitor_de/1_wind-im-strommix/1_energiewende-in-deutschland/6_Ausbaustand_der_Bundeslaender/

- **Vermutungen und erste Ideen der Schüler zu sichern**

Die Schüler werden verschiedene Vermutungen haben, wie es zu der Diskrepanz zwischen Expertenmeinung und Statistik kommt. Diese Vermutungen sollten unbedingt an der Tafel beziehungsweise auf dem Whiteboard fixiert werden, damit sie nach der Problembearbeitung überprüft werden können. Mögliche Schülervermutungen könnten zum Beispiel folgendermaßen lauten:

- „Vielleicht hat man bisher vor allem in Norddeutschland Windanlagen errichtet, weil dort mehr Wind weht.“
- „Windenergieanlagen im Süden lohnen sich bestimmt nicht. Ansonsten hätte man doch schon mehr gebaut.“
- „Nur in einigen Teilen Deutschlands zu bauen, reicht wahrscheinlich auf Dauer nicht aus, um den bundesweiten Energiebedarf zu decken. Darum sollten in den Bundesländern, die bisher hinterherhinken, mehr Windenergieanlagen geplant werden.“

4. Unterfragen beziehungsweise Informationsdefizite festhalten

Sobald die Problemfrage festgelegt und die Vermutungen schriftlich fixiert worden sind, sollten Sie die Schüler darauf hinweisen, dass sich aus der Problemstellung weitere Unterfragen ergeben beziehungsweise zusätzliche Informationen für die Beantwortung der Problemfrage benötigt werden: „Bevor ihr die Frage nach geeigneten Standorten für Windenergieanlagen in Deutschland beantworten könnt, müsst ihr weitere Informationen einholen. Nennt Informationen, die ihr noch beschaffen müsst, oder formuliert Unterfragen, die für die Beantwortung eurer Problemfrage notwendig sind.“ Die daraufhin von den Schülern erstellte Liste gilt es ebenfalls zu notieren. Diese Aufgabe kann ein Schüler übernehmen (oder Sie schreiben selbst mit). Die Schüler könnten zum Beispiel folgende Informationen einholen wollen:

- Gründe für die Bevorzugung des Standorts Norddeutschlands („Warum wurde Norddeutschland bisher als Standort bevorzugt?“)
- Gründe für eine Verteilung von Windkraftanlagen über ganz Deutschland („Was spricht dafür, deutschlandweit Windanlagen zu errichten?“)
- Grundlegende Informationen zu Aufbau und Funktionsweise einer Windenergieanlage („Wie funktioniert eine Windenergieanlage?“)
- Faktoren, von denen die Leistungskraft einer Windanlage abhängt („Von welchen Faktoren ist die Leistungskraft einer Windkraftanlage abhängig?“)

Sie sollten sich soweit wie möglich zurückhalten, wenn nötig jedoch eingreifen und gegebenenfalls dafür sorgen, dass irrelevante Informationen als solche identifiziert werden („Erkläre, inwiefern diese Information euch bei der Problemlösung helfen könnte.“) und notwendige Informationen in die Liste aufgenommen werden („Kann einer von euch dem Rest der Klasse erklären, wie eine Windkraftanlage funktioniert?“).

Auch das methodische Vorgehen sollten die Schüler selbst bestimmen dürfen. So sollten sie selbst entscheiden, ob sie allein oder arbeitsteilig mit einem Partner oder einer Gruppe arbeiten möchten. Auch sollten sie die Materialien frei auswählen dürfen.

Es ist davon auszugehen, dass die Schüler vorschlagen werden, Material zu den vorher notierten Unterfragen/benötigten Zusatzinformationen zu beschaffen (weitere Expertenmeinungen, Statistiken, Informationstexte etc.), beispielsweise mithilfe einer Internetrecherche oder dem Besuch der Schulbibliothek. Dies ist ein geeigneter Zeitpunkt, um die Materialübersicht auszuteilen. So sehen die Schüler auf einen Blick, welches Arbeitsmaterial ihnen im Klassenraum bereits zur Verfügung steht. Die Schüler sollten darauf hingewiesen werden, dass sie die Problemfrage auf ihrem Übersichtsblatt notieren sollten.

Sie sollten mit den Schülern vor Beginn der Problembearbeitungsphase auch vereinbaren, ob, und wenn ja, zu welchem Zeitpunkt zusätzliche Internet- oder Bibliotheksrecherchen durchgeführt werden dürfen.

5. Ansprechpartner in der Problembearbeitungsphase sein

Während die Schüler sich mit dem Material auseinandersetzen und damit das herausgearbeitete Problem bearbeiten, sollten Sie sich zurücknehmen und die Rolle des Beobachters einnehmen. Bei Fragen vonseiten der Schüler sollten Sie aber als Ansprechpartner zur Verfügung stehen und gegebenenfalls Denkimpulse geben.

6. Ergebnisse sichern

Die Lösungen der einzelnen Aufgabenstellungen können an einer zentralen Stelle im Klassenraum ausgelegt werden und so während der Problembearbeitungsphase zur Selbstkontrolle eingesetzt werden.

7. Die Problemlösung herbeiführen

Zur Ergebnissicherung halten die Schüler ihre Ergebnisse auf dem Arbeitsblatt zur „Problemlösung“ stichwortartig fest und tauschen sich dann nach der Think-Pair-Share-Methode vor dem abschließenden Unterrichtsgespräch zunächst mit einem Partner, dann mit einer Kleingruppe aus. Im Rahmen des Unterrichtsgesprächs sollte die Problemstellung mit allen Schülern gemeinsam noch einmal neu verhandelt werden. Wichtig ist in dieser abschließenden Phase, dass man erneut auf die Vermutungen der Schüler schaut und diese anhand der Schülerergebnisse entweder bestätigt oder widerlegt. Die wichtigsten Ergebnisse sollten schriftlich fixiert werden.

8. Das Thema vertiefen

Der Einsatz der weiterführenden Vertiefungsaufgabe ist optional, festigt das neu erworbene Wissen jedoch noch einmal und ermöglicht eine noch tiefere Auseinandersetzung mit der Thematik. Die Vertiefungsaufgabe kann entweder als Abschluss der Unterrichtseinheit im Klassenraum zum Einsatz kommen oder als vertiefende Hausaufgabe dienen.

Einstieg

Ein Experte sagt:

„Windenergieanlagen sollten über ganz Deutschland verteilt werden, damit optimal Windenergie gewandelt werden kann.“

Anzahl Windenergieanlagen 2014

Bundesland	Windenergieanlagen
Schleswig-Holstein	3.228
Hamburg	54
Bremen	84
Niedersachsen	5.616
Mecklenburg-Vorpommern	1.742
Berlin	2
Brandenburg	3.319
Sachsen	857
Sachsen-Anhalt	2.603
Thüringen	727
Nordrhein-Westfalen	3.037
Rheinland-Pfalz	1.472
Hessen	820
Saarland	113
Baden-Württemberg	396
Bayern	797

(Quelle: BWE/VDMA 2015)

Materialübersicht

Problemfrage: _____

Material	Notizen/Bemerkungen
Material 1: Der Aufbau einer Windenergieanlage	
Material 2: Wie viel Windenergie wird hier gewandelt?	
Material 3: Beste Bedingungen für Windenergieanlagen	
Material 4: Die Leistung einer Windenergieanlage berechnen	
Material 5: Onshore- und Offshorewindparks	

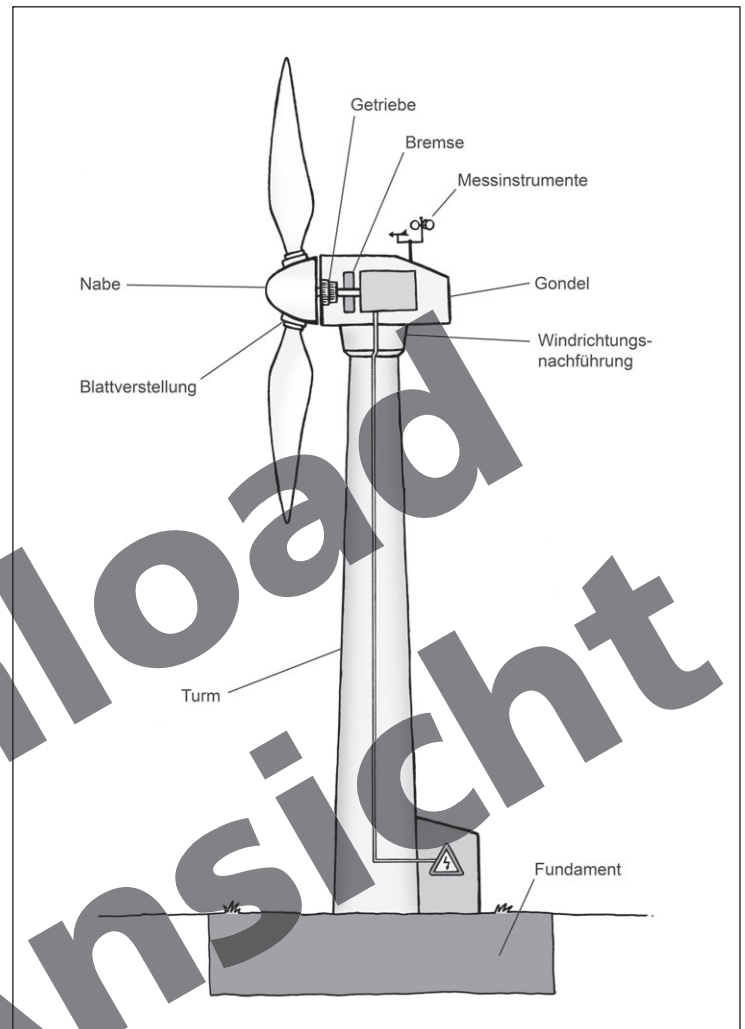
Material 1: Der Aufbau einer Windenergieanlage

1 Eine Windkraftanlage besteht aus einem hohen Turm, auf dem der sogenannte _____ montiert ist. An ihm sind die Rotorblätter angebracht. Der Turmkopf ist so gelagert, dass er um _____ drehbar ist. Durch eine Windrichtungsnachführung kann die Windenergieanlage jederzeit in die günstigste Position gebracht werden. Auch die Rotorblätter können bei vielen Anlagen individuell ausgerichtet werden. So ist eine hohe Leistung der Anlage möglich. Bei _____ können die meisten Anlagen durch eine _____

15 Bremsvorrichtung festgestellt werden. Im Turmkopf befindet sich, in direktem

Verbund mit den Rotorblättern, ein _____, der prinzipiell ähnlich funktioniert wie ein Fahrraddynamo. Der Generator hat die Aufgabe, die Energie des Windes (Bewegungsenergie) in _____ umzuwandeln. Die Energie gelangt dann über ein

20 Umspannwerk in das Stromnetz und wird auf die einzelnen „Verbraucher“ verteilt.



360° • Turmkopf • elektrische Energie • Sturmgefahr • Generator

Aufgaben

1. Vervollständige die Lücken im Text durch die Begriffe im Kasten. Orientiere dich dabei auch an der Abbildung.
2. Markiere die Rotorblätter, den Generator und den Netzanschluss in der Abbildung.

Material 2: Wie viel Windenergie wird hier gewandelt?



Hinweis: Als installierte Leistung bezeichnet man die Maximalleistung aller in einem Gebiet installierten Kraftwerke. Sie wird in Watt (W) beziehungsweise Megawatt (MW) angegeben.

(Quelle: AEE)

Aufgaben

1. Im Zusammenhang mit Windenergie fällt häufig das Stichwort „Nord-Süd-Gefälle“. Erläutere den Begriff anhand der Grafik.

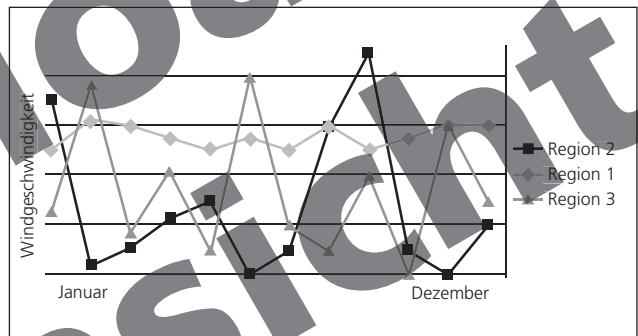
2. Wo wird besonders viel elektrische Energie aus Windenergie gewandelt? Notiere die Top 5 der Bundesländer.

Material 3: Beste Bedingungen für Windenergieanlagen

- Je stärker die Luftströmung ist, die die Rotorblätter der Windenergieanlage umgibt, desto mehr Bewegungsenergie kann in elektrische Energie gewandelt werden. Demnach müssen Windenergieanlagen so aufgestellt werden, dass die Rotoren einer möglichst gleichmäßigen und ausreichend starken Luftströmung ausgesetzt sind. Durch unterschiedliche Höhen der Türme kann man so an fast jedem Standort gute Erträge erzielen.
- In Mitteleuropa herrschen Winde vom Atlantik vor, die auf offener See oder an der Küste ihre Wirkung stark entfalten. Landeinwärts nimmt die Windgeschwindigkeit grundsätzlich ab. Dennoch können die Windstärken recht verschieden sein. Sie sind abhängig von der „Höhe über dem Meeresspiegel“ sowie von der Geländeform, der Bebauung und dem Bewuchs. Grundsätzlich darf die Faustregel gelten, dass es landeinwärts immer größerer Höhen bedarf, um auf ähnliche Windstärken wie an der Küste zu kommen.

Aufgaben

1. Für welchen der drei Standorte würdest du dich entscheiden, wenn du eine Windenergieanlage aufstellen müsstest? Begründe kurz schriftlich.



2. In den 800 Stunden im Jahr, in denen rund um die Nordsee Flaute herrscht, weht im Südschwarzwald zu 80 Prozent starker Wind. Erläutere unter Berücksichtigung der Faustregel, inwiefern dies als Argument für eine Verteilung der Windenergieanlagen über ganz Deutschland gelten kann.

Material 4: Die Leistung einer Windenergieanlage berechnen (1)

Wenn man überlegt, ob der Bau einer Windanlage an einem bestimmten Standort sinnvoll ist, kann man die mögliche Leistung einer Windenergieanlage berechnen. Dabei betrachtet man in einem ersten Schritt die Leistung des Windes (P), die zur Verfügung steht.

Hinweis: Die Maßeinheit für die Leistung ist Watt (W).

Aufgaben

1. Sichte die unten stehende Formelsammlung und lies die Erläuterungen durch. Bei Unklarheiten kannst du einen Partner fragen oder dich ggf. an deinen Lehrer wenden.

Formel	Erläuterung
$E = \frac{1}{2} mv^2$	Ein bewegter Körper besitzt kinetische Energie (E), auch Bewegungsenergie genannt. Er erhält sie aufgrund einer vorangegangenen Beschleunigung. Die kinetische Energie hängt von der Masse (m) und der Geschwindigkeit (v) des Körpers ab.
$P = \frac{E}{t} = \frac{1}{2} \cdot \frac{m}{t} \cdot v^2$	Die Leistung (P) ist gleich der Energie (E) pro Zeiteinheit.
$\frac{m}{t} = \rho V$	Die Masse (m) einer bestimmten Volumeneinheit (V) Luft pro Zeiteinheit (t) kann mithilfe der Dichte (ρ) der Luft berechnet werden.
$V = Av$ mit $A = \pi r^2$	Ein bestimmtes Volumen (V) an Luft umströmt die drei Rotorblätter. Um es noch genauer zu sagen: Die Luft strömt „durch“ eine Kreisfläche A. Die Form der Fläche ergibt sich durch die Bewegung der Rotorblätter.



2. Setze in die Formel für die Leistung (P) alle anderen Formeln entsprechend ein und notiere die „neue“ Formel hier:

P =

Material 4: Die Leistung einer Windenergieanlage berechnen (2)

Aufgaben

3. Berechne die jeweiligen Windleistungen der Windenergieanlagen 1 bis 4.

Hinweis: Die Dichte der Luft beträgt $1,22 \text{ kg/m}^3$.

Windenergieanlage 1

Standort: Fränkische Alb

durchschnittliche
Windgeschwindigkeit: $5,85 \text{ m/s}$

Rotordurchmesser: 70 m

Deine Rechnung:

Windenergieanlage 2

Standort: Saarland

durchschnittliche
Windgeschwindigkeit: $6,39 \text{ m/s}$

Rotordurchmesser: 70 m

Deine Rechnung:

Windenergieanlage 3

Standort: Oberpfalz

durchschnittliche
Windgeschwindigkeit: $6,29 \text{ m/s}$

Rotordurchmesser: 70 m

Deine Rechnung:

Windenergieanlage 4

Standort: Schwarzwald

durchschnittliche
Windgeschwindigkeit: $6,32 \text{ m/s}$

Rotordurchmesser: 70 m

Deine Rechnung:

4. Wie könnte man die Leistung von Windenergieanlage 1 steigern, auch wenn weiterhin mit dem genannten Durchschnittswert für die Windgeschwindigkeit zu rechnen ist? Belege deine Lösung mit einer Rechnung!

Rechnung:

Material 4: Die Leistung einer Windenergieanlage berechnen (3)

Bei der Konstruktion von Windenergieanlagen hat es im Laufe der Jahre deutliche Veränderungen gegeben. Diese Veränderungen haben die Leistungsfähigkeit der Windenergieanlagen beeinflusst:

	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Leistung (kW)	30	80	250	600	1.500	3.000	7.500
Rotordurchmesser (m)	15	20	30	46	70	90	126
Nabenhöhe (m)	30	40	50	78	100	105	135
Jahresenergieertrag (MWh)	35	95	400	1.250	3.500	6.900	ca. 20.000

(Quelle: Leistungssteigerung der Windkraftanlagen, in: Bundesverband WindEnergie e. V. (BWI) (Hrsg.): BWE-Marktübersicht. Windenergie in Deutschland 2011)

Aufgaben

5. Betrachte die Tabelle oben. Was hat sich bei der Konstruktion von Windenergieanlagen seit 1980 maßgeblich verändert?

6. Berechne nun mithilfe des Betzschen Gesetzes (Infokasten unten) die tatsächliche Leistung der Windenergieanlagen 1 bis 4.

Das Betzsche Gesetz

Das Betzsche Gesetz stammt von dem deutschen Physiker Albert Betz (1885–1968). Es besagt, dass eine Windenergieanlage maximal ca. 60 Prozent der kinetischen Energie des Windes tatsächlich umwandeln kann. Das liegt hauptsächlich daran, dass es an der Fläche, die von der Bewegung der Rotorblätter aufgespannt wird, zu einer Verringerung der Windgeschwindigkeit kommt.

Was bedeutet das für unsere bisherigen Rechnungen?

Dieser Leistungsbeiwert muss auf die bisherigen Ergebnisse angewendet werden. Die berechnete Leistung muss daher in allen Fällen mit dem Leistungsbeiwert (hier: 0,60) multipliziert werden.

Rechnung:

Material 5: Onshore- und Offshorewindparks



Offshorewindpark ist die Bezeichnung für eine Ansammlung mehrerer Windenergieanlagen im Küstenvorfeld der Meere.

Onshorewindpark ist die Bezeichnung für eine Ansammlung einzelner Windenergieanlagen an Land.



Ein Hauptargument für die Offshore-Windenergie ist, dass im Küstenvorfeld der Wind sehr gleichmäßig weht und hohe Windgeschwindigkeiten erreicht werden. Macht demnach ein Offshorewindpark nicht grundsätzlich mehr Sinn als ein Onshorewindpark?

Aufgabe

1. Überprüfe diese Fragestellung, indem du die Daten beider Tabellen miteinander vergleichst. Was stellst du fest?

Tabelle 1: Offshore-Windparkanlagen
(Stand: Oktober 2014)

Windpark (offshore)	Leistung des Parks (MW)
Alpha Ventus	60
Hooksiel	5
BARD Offshore 1	400
ENOVA Offshore Ems-Emden	4,5
Meerwind Süd/Ost	288
Riffgat	108

(Quelle: *Offshore-Windenergie.net*. Ein Projekt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.
URL: <http://www.offshore-windenergie.net/windparks/windparks-in-betrieb>)

Tabelle 2: Onshore-Windparkanlagen
(Stand: Mai 2015)

Windpark (onshore)	Leistung des Parks (MW)
Reußenköge	160
Stöben-Teuchern	138
Esperstedt-Obhausen	122
Biere-Borne	108

(Quelle: Wikipedia: „Liste der größten deutschen Onshore-Windparks“.

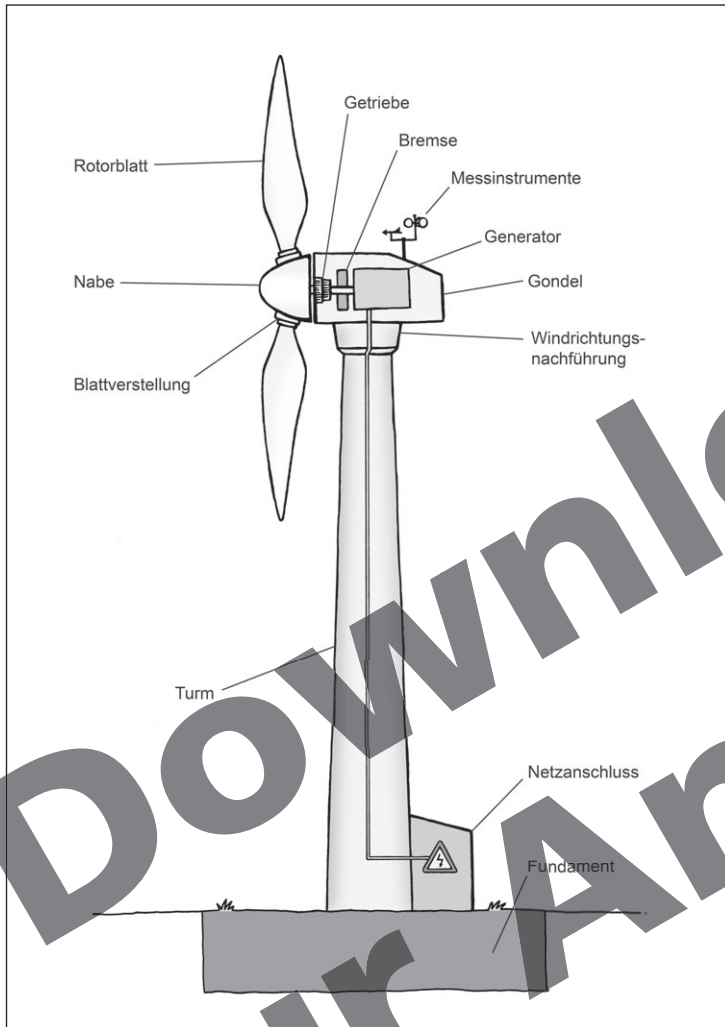
URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_gr%C3%B6%C3%9Ften_deutschen_Onshore-Windparks)

Aufgabe

2. Finde weitere Informationen über Onshore- und Offshorewindparks im Internet. Welche Informationen sollte man noch berücksichtigen, wenn man beide Arten von Windparks miteinander vergleicht? Begründe.

Material 1: Der Aufbau einer Windenergieanlage**Aufgabe 1**

Zeile 3: Turmkopf, Zeile 6: 360°, Zeile 13: Sturmgefahr, Zeile 17: Generator, Zeile 19: elektrische Energie

Aufgabe 2**Material 2: Wie viel Windenergie wird hier gewandelt?****Aufgabe 1**

Das Stichwort „Nord-Süd-Gefälle“ hängt mit der Verteilung der Windenergieanlagen über ganz Deutschland zusammen. Die Deutschlandkarte zeigt deutlich, dass im Norden zum aktuellen Zeitpunkt die meisten Windenergieanlagen stehen; die Anzahl der Anlagen nimmt in Richtung Süden tendenziell ab.

Aufgabe 2

1. Niedersachsen (NI)
2. Brandenburg (BB)
3. Schleswig-Holstein (SH)
4. Sachsen-Anhalt (ST)
5. Nordrhein-Westfalen (NRW)

Material 3: Beste Bedingungen für Windenergieanlagen**Aufgabe 1**

Region 1, da hier eine gleichmäßige Luftströmung vorherrscht.

Aufgabe 2

Landeinwärts bedarf es immer größerer Höhen, um auf dieselbe Windstärke wie an der Küste zu kommen. Die Mittelgebirgsregion zeichnet sich durch eine Vielzahl hoher Berge – teilweise mehr 1.000 Meter über dem Meeresspiegel liegend (z. B. der Feldberg mit 1.493 m Höhe) – aus und bietet sich darum als Standort für Windenergieanlagen an. Eine Flaute an der Nordsee könnte durch einen entsprechenden Windpark im Südschwarzwald in einem bestimmten Maß ausgeglichen werden.

Material 4: Die Leistung einer Windenergieanlage berechnen**Aufgabe 2**

$$P = \frac{1}{2} \rho \pi r^2 v^3$$

Aufgabe 3

WEA 1: 469.984,35 W

WEA 2: 612.517,32 W

WEA 3: 584.208,31 W

WEA 4: 592.607,35 W

Aufgabe 4

Ein Blick auf die Formel zeigt, dass der Durchmesser des Rotors eine wichtige Einflussgröße ist. Dieser ist beispielhaft in einer Rechnung zu ändern.

Musterrechnung:

Das Beispiel zeigt, wie der Durchmesser des Rotors Einfluss auf die Leistung nimmt. Der Radius (= die Hälfte des Durchmessers) ist nur jeweils einmal zu ändern, um in einer Rechnung diesen Effekt zu verdeutlichen.

$$\text{Beispiel: } P(1) = \frac{1}{2} \rho \pi (35 \text{ m})^2 v^3 \text{ im Vergleich zu } P(2) = \frac{1}{2} \rho \pi (45 \text{ m})^2 v^3$$

Rechnet man beide Beispiele mit $v = 5 \text{ m/s}$ und $\rho = 1,22 \text{ kg/m}^3$ durch, ergibt sich jeweils die folgende Leistung:

$$P(1) = 293.444,39 \text{ W und für } P(2) = 485.081,54 \text{ W}$$

Aufgabe 5

Sowohl der Rotordurchmesser als auch die Nabenhöhe wurden seit 1980 stark verändert. Durch den immer größer werdenden Durchmesser des Rotors und die zunehmende Nabenhöhe hat sich auch die Leistung der Windenergieanlagen erhöht.

Aufgabe 6

$$\text{WEA 1: } 469.984,35 \text{ W} \times 0,6 = 281.990,61 \text{ W}$$

$$\text{WEA 2: } 612.517,32 \text{ W} \times 0,6 = 367.510,39 \text{ W}$$

$$\text{WEA 3: } 584.208,31 \text{ W} \times 0,6 = 350.524,99 \text{ W}$$

$$\text{WEA 4: } 592.607,35 \text{ W} \times 0,6 = 355.564,41 \text{ W}$$

Material 5: Onshore- und Offshorewindparks**Aufgabe 1**

Auf Grundlage dieser ausgewählten Daten können keine allgemeingültigen Aussagen darüber getroffen werden, welche Form von Windparks grundsätzlich mehr Sinn macht. Die Leistungen der Offshorewindparks sind in den bereitgestellten Daten jedoch nur teilweise größer als die der Onshorewindparks; einige Offshorewindparks erbringen eine wesentlich geringere Leistung als die dargestellten Onshorewindparkanlagen. Demzufolge können die Offshorewindparks hier nicht zwangsläufig als Favorit gelten.

Aufgabe 2

Berücksichtigt werden sollten Informationen zu den Bau- und Wartungskosten der beiden Anlagentypen. Die Bau- und Wartungskosten sind für Offshorewindparks teilweise enorm hoch. Auch ist es eine technische Herausforderung, die elektrische Energie zum Festland zu transportieren und von dort aus im ganzen Land zu verteilen.

Onshorewindparks können an vielen Orten aufgestellt werden, was auch den Energietransport erleichtert. Oft ist hier aber auch mit Protesten von Anwohnern und Tierschützern zu rechnen.

Download
zur Ansicht

Problemlösung

Aufgaben

1. Sieh dir nun noch einmal die Problemfrage und dann deine Arbeitsmaterialien und Notizen an. Notiere deine Ergebnisse stichwortartig.
2. Tausche dich nun mit einem Partner aus. Stelle ihm deine Ergebnisse vor und lass dir von ihm seine Problemlösung erklären. Ergänzt eure Notizen gegebenenfalls anschließend.
3. Präsentiert eure Problemlösung nun dem Rest der Klasse und hört den Lösungsvorschlägen der anderen zu.
4. Einigt euch auf die wichtigsten Aspekte und haltet diese schriftlich fest.

Notizen

Lined area for taking notes, consisting of 18 horizontal lines. A large watermark 'Download zur Ansicht' is overlaid diagonally across the page.

Problemlösung

(Musterlösung)

Notizen

- Die Dokumentation der Windgeschwindigkeiten zeigt, dass sich Windenergieanlagen bundesweit lohnen.
- Den etwas stärkeren Wind an den Küsten kann man landeinwärts durch Höhe ausgleichen. Demnach finden sich viele günstige Regionen bundesweit. Ob ein Standort günstig ist, kann man mithilfe von Berechnungen herausfinden. Diese Berechnungen müssen jederzeit den aktuellen Wirkungsgrad berücksichtigen.
- Die Veränderungen im Bau von Windenergieanlagen können dabei helfen, regionale Besonderheiten auszugleichen.
- Ein direkter Abgleich der Leistungen von Off- und Onshorewindparks ergibt, dass Windparks auch „onshore“ Sinn machen. Dazu muss auch nicht zwangsläufig ein küstennaher Standort gewählt werden.

Download
zur Ansicht

Vertiefung: Zum Zusammenhang von Luftdruck und Leistung

In Hinblick auf die Faustregel, dass es landeinwärts immer größerer Höhen bedarf, um auf dieselbe Windstärke wie an der Küste zu kommen, könnte man annehmen, dass eine Windenergieanlage auf der Zugspitze durchaus Sinn macht. Die Zugspitze ist immerhin fast 3.000 m hoch. Hier hätte man doch durch eine enorme Höhe bestimmt einen Ausgleich in Hinblick auf die Windstärke erzielt. Ist diese Idee annehmbar?

Hinweis: Der Luftdruck in unserer Atmosphäre nimmt mit zunehmender Höhe rasch ab.

Aufgabe

1. Zugspitze versus Hamburg! Begründe mithilfe der Formel zur Berechnung der Windleistung einer Windenergieanlage, welcher Standort für einen Dreiflügler (siehe Abbildung unten) mehr Sinn machen würde! Nimm dabei an, dass sich die Windgeschwindigkeit nicht verändert. Berücksichtige auch die folgende und zusätzliche Information: Auf der Zugspitze ist eine deutlich geringere Luftdichte nachweisbar als in Hamburg.



Lösung zur Vertiefung

Aufgabe 1

Dadurch dass die Dichte der Luft mit zunehmender Höhe exponentiell abnimmt, nimmt auch der Druck ab. In Hinblick auf die Leistung einer Windenergieanlage ist der vorherrschende Luftdruck von Bedeutung. Sinkt der Luftdruck, verringert sich auch der Betrag der Leistung.

Hamburg eignet sich demnach besser für eine Windenergieanlage in Form eines Dreiflüglers. Die Zugspitze hingegen eignet sich nicht für eine solche Windenergieanlage. (Andere Bauarten, wie beispielsweise der H-Rotor, könnten jedoch Anwendung finden.)

**Download
zur Ansicht**

Literatur- und Quellenverzeichnis

1. Literaturangaben

Aebli, Hans: Zwölf Grundformen des Lehrens. Stuttgart 1983.

Breit, Gotthard: Problemorientierung. In: *Sander, Wolfgang* (Hrsg.): Handbuch politische Bildung. Bonn 2005, S. 109.

Ders.: Problemlösendes Denken zu leicht gemacht. In: Politische Bildung, Heft 3, S. 92–99.

Desertec Foundation (Hrsg.): Red Paper. Das Desertec Konzept im Überblick, Berlin 2009.

Dörner, Dietrich: Problemlösen als Informationsverarbeitung. Stuttgart 1979, S. 10.

Grammes, Tilmann: Problemorientiertes Lernen. In: *Mickel, Wolfgang* (Hrsg.): Handbuch zur politischen Bildung. Bonn 1999, S. 206–211.

Hamann, Alexandra; Zea-Schmidt, Lea und Reinhold Leinfelder: Die große Transformation: Klima – Kriegen wir die Kurve? Berlin 2013.

Hockenos, Paul: The Energiewende, in: Die Zeit, Nr. 47/2012.

Leisen, Josef: Problemorientierter Unterricht und Aufgabenkultur. In: Physik Methodik. Berlin 2007.

Ufflmann, Uwe: Problemorientierter Geschichtsunterricht. In: Bergmann, Klaus [u. a.] (Hrsg.): Handbuch der Geschichts-
didaktik, 5. überarbeitete Auflage. Seelze-Velber 1997.

Verne, Jules: Die geheimnisvolle Insel. Stuttgart/München 1989.

Willenbacher, Matthias: Mein unmoralisches Angebot an die Kanzlerin, Breisgau 2013.

2. Quellennachweise

2.1 Textquellen

(S. 3): *Bundesregierung* (Hrsg.): „Energiewende“. URL: <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/Energiekonzept/0-Buehne/ma%C3%9Fnahmen-im-ueberblick.html> [letzter Zugriff: 31.05.2015]

(S. 7): Anzahl Windenergieanlagen 2014 © BWE/VDMA 2015.

(S. 14): *Bundesverband WindEnergie e. V. (BWI)* (Hrsg.): Leistungssteigerung der Windkraftanlagen. In: BWE-Marktübersicht. Windenergie in Deutschland 2011.

(S. 15): *Offshore-Windparksanlagen* (Stand Oktober 2014). Zahlen übernommen von: Offshore-Windenergie.net. Ein Projekt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. URL: <http://www.offshore-windenergie.net/windparks/windparks-in-betrieb> [letzter Zugriff: 15.11.2014]

(S. 15): *Onshore-Windanlagen* (Stand: Mai 2015). Zahlen übernommen von: Wikipedia: „Liste der größten deutschen Onshore-Windparks“. URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_gr%C3%B6%C3%9Ften_deutschen_Onshore-Windparks [letzter Zugriff: 31.05.2015]

2.2 Bildquellen

(S. 10): Installierte Leistung Windenergie (2014): Deutschlandkarte © Agentur für Erneuerbare Energien (AEE)

(S. 15): Offshorewindpark © norman blue – Fotolia.com
Onshorewindpark © jorisvo – Fotolia.com

(S. 21): Dreiflügliger © Molgreen, lizenziert unter der Creative-Commons-Lizenz „Attribution-Share Alike 3.0 Unported“. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:20090620_l_xl_wiki_1726.jpg

Leider ist es uns trotz sorgfältiger Recherchen nicht möglich gewesen, alle Rechtsinhaber ausfindig zu machen. Für Hinweise sind Verlag und Herausgeber dankbar.



PERSEN Alles für ein leichteres Lehrerleben!

Weitere Downloads, E-Books und Print-Titel des umfangreichen Persen-Verlagsprogramms finden Sie unter www.persen.de

Hat Ihnen dieser Download gefallen? Dann geben Sie jetzt auf www.persen.de direkt bei dem Produkt Ihre Bewertung ab und teilen Sie anderen Kunden Ihre Erfahrungen mit.



Download
zur Ansicht

© 2016 Persen Verlag, Hamburg
AAP Lehrerfachverlage GmbH
Alle Rechte vorbehalten.

Das Werk als Ganzes sowie in seinen Teilen unterliegt dem deutschen Urheberrecht. Der Erwerber des Werks ist berechtigt, das Werk als Ganzes oder in seinen Teilen für den eigenen Gebrauch und den Einsatz im Unterricht zu nutzen. Die Nutzung ist nur für den genannten Zweck gestattet, nicht jedoch für einen weiteren kommerziellen Gebrauch, für die Weiterleitung an Dritte oder für die Veröffentlichung im Internet oder in Intranets. Eine über den genannten Zweck hinausgehende Nutzung bedarf in jedem Fall der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Verlags.

Sind Internetadressen in diesem Werk angegeben, wurden diese vom Verlag sorgfältig geprüft. Da wir auf die externen Seiten weder inhaltliche noch gestalterische Einflussmöglichkeiten haben, können wir nicht garantieren, dass die Inhalte zu einem späteren Zeitpunkt noch dieselben sind wie zum Zeitpunkt der Drucklegung. Der Persen Verlag übernimmt deshalb keine Gewähr für die Aktualität und den Inhalt dieser Internetseiten oder solcher, die mit ihnen verlinkt sind, und schließt jegliche Haftung aus.

Illustrationen: Fotolia, Roman Lechner, Timm Fuhrmann

Satz: Satzpunkt Ursula Ewert GmbH, Bayreuth

Bestellnr.: 23510DA1

www.persen.de