

# Fachwissen Windkraft

Lehrerinformation



1/5

## Hintergrundwissen

### Energie beschäftigt Deutschland, Europa, die Welt!

Die Windenergie wird seit Jahrhunderten vom Menschen für seine Zwecke genutzt. Es kam zum einen zur Nutzung des Windes zur Fortbewegung mit Segelschiffen oder Ballons, zum anderen wurde die Windenergie zur Verrichtung mechanischer Arbeit mit Hilfe von Windmühlen und Wasserpumpen genutzt.

### Wie entsteht Wind?

Durch die Bewegung von Luftmassen in der Atmosphäre entsteht Wind, eine erneuerbare Energie, die nie ausgehen wird.

Für die Entstehung von Wind ist die Sonnen-einstrahlung verantwortlich. Da sie unregelmäßig auf die Erdoberfläche auftrifft, erzeugt sie unterschiedliche Wärmegebiete (Unterschiede entstehen durch die verschiedenen Einstrahlungswinkel – die Einstrahlung in Äquatornähe ist grösser als an den Polen – aber auch durch Strahlungsbarrieren wie Staub, Dunst, Luftverschmutzung, die Wärmestrahlung nicht gleichmäßig passieren lassen. In den Wärmegebieten (Boden, Gegenstände) wird die Luft durch deren Abstrahlung ebenfalls warm und steigt auf, und erzeugt dadurch, dass kältere Luft nachströmt, das ist der Wind. Übrigens erwärmt sich die Luft nicht, wenn sie von Sonnenstrahlen durchdrungen wird, ebenfalls erwärmen sich Wasserflächen kaum und geben somit keine nennenswerte Wärme an die Luft ab.



Bildquelle: [www.wz.de](http://www.wz.de)

### Sonne als Windursprung

Sonnenstrahlen erwärmen also Wasser- und Landmassen bzw. die Atmosphäre unterschiedlich. Auch dadurch, dass eine Seite der Erde, die Nachtseite, keine Erwärmung erlebt. Alle diese Faktoren ergeben Temperaturunterschiede und wegen der nach oberstrebenden warmen Luft bemerkenswerte Druckunterschiede in den verschiedenen Zonen, die zum Druckausgleich neigen, was die Windbewegung bewirkt. Dazu kommt die Rotation der Erde, die zu Verwirbelungen der Luft führt. Nebst diesen für uns direkt einsehbaren Faktoren, wirken weiter die Schiefstellung der Rotationsachse der Erde, die Reise der Erde um die Sonne und nicht zuletzt auch die Anziehungskraft des Mondes, die wir zwar beim Wasser mit Ebbe und Flut direkt beobachten können, die aber auch auf die Luftmassen wirkt.

Der unterschiedliche Luftdruck führt primär zu Hoch- und Tiefdruckgebieten. Und weil die Erde sich rotiert, fließen die Luftmassen nicht geradlinig in die Tiefdruckgebiete. Es bilden sich Wirbel.

Nebst diesen Kräften, die den Wind rund um den Globus beeinflussen, wirken zusätzlich lokale Gegebenheiten: Verschiedene Temperaturen von Wasser und Land (Land erwärmt sich tagsüber schneller als das Wasser und kühlen nachts schneller ab.

Gebirge und andere Hindernisse wie Städte verändern die Windrichtung und den Winddruck. Damit hängt die Windstärke im bodennahen Bereich wesentlich von der Beschaffenheit des Flächen unter ihm ab (Wüste, Gebirge, Wasserflächen, Wiese, Wald, Bebauung, Täler, Ebenen etc.), denn Hindernisse verringern die Windgeschwindigkeit.

# Fachwissen Windkraft

Lehrerinformation



2/5

Die großen Winde haben eigene Namen, wie zum Beispiel „Passat“, „Monsun“, „Föhn“, „Mistral“, „Bora“ oder „Sirocco“.

## Windenergie-Nutzung

Nur im unteren Bereich der Atmosphäre, in der Troposphäre, ist die Nutzung der Windenergie möglich. Dabei ist es insbesondere die Höhe von bis 20 m bis 60 m, denn ab einer gewissen Höhe ist der Einfluss des Untergrunds (Bodenerhebungen, Städte etc.) praktisch nicht mehr vorhanden, dort ist somit die Windgeschwindigkeit stärker, gleichmäßiger und es herrschen weniger Turbulenzen. Im Binnenland sind, im Gegensatz zu Wassergebieten, Windenergieanlagen mit hoher wirtschaftlicher.

Es gibt Gebiete auf der Erde, wo es wegen sehr starker Wirbelstürme oder Orkane nicht sinnvoll ist dauerhaft Windanlagen zu betreiben (diese Stürme heißen, je nach Gegend, Tornado, Taifun, Hurrikan, Zyklon).

Windenergie nennt der Physiker „kinetische Energie“ der Luftteilchen. Er misst welche Masse ( $m$ ), mit welcher Geschwindigkeit ( $v$ ) ein Loch ( $A$ ), das senkrecht zur Windrichtung steht, in einer bestimmten Zeit ( $t$ ) durchströmt.

Dabei lässt sich feststellen, dass diese Energie mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit zunimmt.

Windstärke	Bezeichnung	Windgeschwindigkeit in m/s	Wirkungen an Land
0	still	0 bis 0,5	Rauch steigt senk recht hoch
1	leiser Zug	0,6 bis 1,7	Rauch schwach bewegt
2	leichte Brise	1,8 bis 3,3	für das Gefühl bemerkbar
3	schwache Brise	3,4 bis 5,2	Blätter leicht bewegt
4	kräftige Brise	5,3 bis 7,4	hebt Staub und loses Papier
5	frische Brise	7,5 bis 9,8	kleine Bäume schwanken
6	starker Wind	9,9 bis 12,4	heult an Häusern
7	steifer Wind	12,5 bis 15,2	wirft auf Wellen Schaumköpfe
8	stürmischer Wind	15,3 bis 18,2	hindert am Gehen
9	Sturm	18,3 bis 21,5	deckt Ziegel ab
10	schwerer Sturm	21,6 bis 25,1	wirft Bäume um
11	orkanartiger Sturm	25,2 bis 29,0	schwere Zerstörungen
12	Orkan	über 29,0	schwere Verwüstungen

Bereich der  
Windstromproduktion

## Wind im Aufwind

Seit den Ölkrisen in den 1970er Jahren wird weltweit verstärkt nach Alternativen zur Energieerzeugung geforscht und damit wurde auch die Entwicklung moderner Windkraftanlagen (und Solaranlagen) vorangetrieben. Eigentlich ist der Ausdruck Windmühle für ein Windkraftwerk falsch, da Windkraftwerke keine Mahlwerke besitzen.



# Fachwissen Windkraft

Lehrerinformation



3/5

Gemäß Expertenschätzungen wäre Windkraft eine ideale Stromerzeugungs-Idee, denn Windenergieanlagen könnten in allen Klimazonen rund um die Welt eingesetzt werden. So zeigen Studien, dass die global erzielbare Windenergie bei weitem ausreichen würde, um den gesamten Weltenergiebedarf zu decken. Sogar konservative Berechnungen gehen davon aus, dass bis zum 40-fachen des weltweiten Bedarfs an elektrischer Energie und bis zum 5-fachen des globalen Gesamtenergiebedarfs durch Windenergie gedeckt werden könnten.

Einen „Nachteil“ für die Gewinnung von elektrischer Energie aus Windkraft liegt allerdings in der Unstetigkeit des Windes. Entweder verfügt man über entsprechende Speicher oder die schwankende Stromerzeugung wird durch das Zusammenspiel mit anderen Kraftwerken ausgeglichen. Entsprechende Speichermöglichkeiten bieten zurzeit vor allem Pumpspeicherkraftwerke und Druckluftspeicherkraftwerk oder die Umwandlung in andere Energieformen (zum Beispiel die Nutzung der Windkraftenergie zur Herstellung von Wasserstoff). Bei kleineren Anwendungen ist auch die Speicherung in Batterien oder mit Schwungradspeichern zur kurzfristigen Netzstabilisierung möglich. Positiv ist, dass der Wind wegen der Sonneneinstrahlung tagsüber meist stärker weht, als nachts und somit dem am Tag höheren Energiebedarf entgegenkommt. Meist ist auch die Erzeugung im Winter grösser als im Sommer, was im erhöhten Energiebedarf im Winter nützt.

Zwar sind Windkraftanlagen, insbesondere größere, aufwändig im Bau, haben aber in der Regel eine sehr kurze Amortisationszeit von nur wenigen Monaten.

Für den Betreiber lässt sich die Wirtschaftlichkeit einer Windkraftanlage testen und abschätzen. Einflussfaktoren sind die mittlere Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe, der Stromverkaufspreis und die Anlagen- und Infrastrukturkosten ab. Höher sind die Baukosten sicher im flachen Wasser von Meeren, in den meisten Staaten sind heute auch Standorte im Binnenland nutzbar.



## Wo stehen die Windkraftanlagen?

China, die USA, Deutschland und Spanien gehören zu den größten Erzeugern von Windstrom. Den höchsten Anteil der Windenergie am nationalen Stromverbrauch haben Dänemark mit 24 %, Portugal mit 14,8 %, Spanien mit 14,4 %, Irland mit 10,1 % und Deutschland mit 9,4 %. Die Ende 2010 weltweit installierte Leistung von 197 GW hat ein Stromerzeugungspotenzial von 430 TWh/Jahr, was 2,5 % des Weltstromverbrauchs bedeutet.

# Fachwissen Windkraft

Lehrerinformation



## Möglichkeiten für den Unterricht:

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 selbst-bestimmte 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.

Diese Lektionen gehören zur „**Naturwissenschaftlichen Grundbildung**“, mit dem Ziel 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.

Es geht um **Erkenntnisse, Wissen, das Verstehen von Phänomenen und Handlungen sowie um Entscheidungen, welche die Umwelt betreffen**. Diese Gestaltungskompetenz konzentriert sich darüber hinaus speziell auf Problemlösungsfähigkeiten und auf die Fähigkeit, aktiv und zukunftsorientiert handeln zu können.

Die Kompetenz, **vorausschauend zu denken**, mit Unsicherheit sowie mit Zukunftsprognosen, -erwartungen und -entwürfen – zum Beispiel hinsichtlich der künftigen Nutzung erneuerbarer Energien – umgehen zu können, also 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.

# Fachwissen Windkraft

Lehrerinformation



## 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 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 haben. Sie können darauf ein Konzept zur Stoffstromberechnung anwenden.
- 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.
- 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.