

# KLIMA WINDENERGIE



Die Nutzung der Windenergie ist so alt wie die Geschichte der Zivilisation. Vor der Industriellen Revolution war der Wind – neben Wasser- und Muskelkraft – die einzige Antriebsmöglichkeit für Geräte, Maschinen und Fahrzeuge. Die Jahrtausende alte Tradition der Segelschiffahrt nützt als Antrieb seit jeher den Wind. Die ersten Windräder dürfte es schon zwei Jahrtausende vor Christi Geburt in der babylonischen und ägyptischen Kultur gegeben haben. Ursprünglich dienten sie zur Wasserförderung, später trieben sie Getreidemühlen an. Einen ersten Höhepunkt erlebte die Windkraftnutzung Mitte des 19. Jahrhunderts. Zu dieser Zeit waren in Europa rund 200.000 Windmühlen im landwirtschaftlichen Einsatz, ehe sie der Vormarsch der Dampfmaschine „Zug um Zug“ verdrängte.

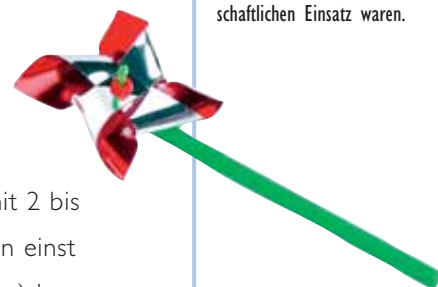
## RENAISSANCE DER WINDKRAFTNUTZUNG

Erst als mit dem Ölpreis-Schock 1973 erstmals eine Verknappung der fossilen Energieträger zum Thema wurde, entsann man sich wieder der Windkraft. Diesmal freilich zum Zweck der sauberen und erneuerbaren Stromerzeugung. Ausgehend von den USA (speziell Kalifornien) erlebt die Windenergie seit den 80er Jahren auch in Europa eine bemerkenswerte Renaissance mit jährlichen Wachstumsraten um die 40%. Allen voran Deutschland, seit einigen Jahren zum Weltmeister in der Windkraftnutzung aufgestiegen, wo sich bereits mehr als 16.500 (Stand Dezember 2004) „weiße Riesen“ drehen und immerhin fünf Prozent des deutschen Gesamtstrombedarfs produzieren. Die Dänen decken anteilmäßig sogar 20% mit Windturbinen. Ausschlaggebend dafür waren wirtschaftliche Rahmenbedingungen in Form staatlich festgesetzter Einspeisetarife. Auch Österreich – wo Windpioniere Mitte der 90er Jahre die ersten netzgekoppelten Anlagen errichteten – erlebt speziell infolge des Ökostrom-Gesetzes einen Windboom: Ende 2004 drehten sich 424 Anlagen im Wind, wobei Niederösterreich mit fast der Hälfte davon den Spitzenrang einnimmt.



## MODERNSTE TECHNIK

Die Technologie der Windkraftnutzung hat in den vergangenen 15 Jahren unglaubliche Fortschritte gemacht – heute sind seriengefertigte Anlagen mit 2 bis 3 Megawatt (MW) Nennleistung die Norm. Auch optisch mutierten sie von einst grobschlächtigen Stahlriesen zu modernsten High-Tech-Produkten mit (aero)dynamischem Design. Die Technik ist durchschaubar, zuverlässig und weitgehend ausgereift – und so ist die Windenergie von einem anfangs eher belächelten Energieträger zu einem Symbol eines neuen Energiezeitalters geworden. Einer der wesentli-



Die Jahrtausende alte Tradition der Segelschiffahrt nützt seit jeher die Kraft des Windes als Antrieb.



Einen ersten Höhepunkt erlebte die Windkraftnutzung Mitte des 19. Jahrhunderts, als in Europa rund 200.000 Windmühlen im landwirtschaftlichen Einsatz waren.



chen Vorteile der Windkraftanlagen – neben der schadstofffreien und dezentralen Stromproduktion – sind die schnellen Errichtungszeiten. Dank der beachtlichen Effizienzsteigerungen ist Strom aus Windkraft heute neben der Wasserkraft die preislich günstigste Variante der erneuerbaren Stromproduktion.

**ZUSAMMENFASSUNG:** Die Nutzung der Windenergie erlebt in den vergangenen Jahren eine bemerkenswerte Renaissance – in einigen Ländern wie Deutschland, Spanien und Dänemark, aber auch in Österreich sogar einen regelrechten Boom. Die moderne, computergesteuerte Anlagentechnik hat die „windige“ Stromproduktion auch für Binnenländer wie Österreich attraktiv gemacht. Ende 2004 produzierten österreichweit 424 Windkraftanlagen – rund die Hälfte davon in Niederösterreich – etwa 2% des heimischen Gesamtstromverbrauchs.

### FUNKTIONSWEISE EINER WINDKRAFTANLAGE

Die entstehende Rotationsenergie wird durch einen Generator in Wechselstrom umgewandelt, der (mit Ausnahme der so genannten „Inselanlagen“) direkt ins Netz eingespeist wird. Wind ist kinetische Energie, also Bewegungsenergie. Nach den Gesetzen der Strömungslehre wächst die Leistung des Windes mit der Windgeschwindigkeit überproportional – nämlich mit der dritten Potenz. Das bedeutet: Aus einer Verdopplung der Windgeschwindigkeit resultiert eine achtfache Leistung. Gibt beispielsweise ein Windgenerator bei 20 km/h Windgeschwindigkeit eine Leistung von 1000 Kilowatt (kW) ab, so leistet dasselbe Gerät bei doppelt so starkem Wind bereits 8000 kW. Daher ist die Standortwahl von entscheidender Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit eines Windprojekts. Weitere maßgebliche Faktoren für die verfügbare Leistung sind die Turmhöhe und die überstrichene Flügelkreisfläche. Eine Verdopplung der Rotorblattlänge führt zur Vervierfachung der Leistungsausbeute. Daraus folgt: Je größer die Anlage, desto wirtschaftlicher.

### DIE OPTIK IST ANSICHTSSACHE

Die Größe der Anlagen und die räumliche Massierung in Windparks führen jedoch verstärkt zu Anrainerprotesten und der Bildung von Bürgerinitiativen gegen Windprojekte. In einigen Gemeinden gab es auch schon Volksbefragungen, die übrigens in der Mehrzahl der Fälle pro Windkraft ausfielen. Erfahrungen zeigen, dass Akzeptanzproblemen durch eine breite Bürgerbeteiligung bei Planung, Finanzierung und Umsetzung sowie durch eine offensive Informationspolitik entgegengewirkt werden kann. Natürlich verändern Windkraftanlagen – wie andere Bauwerke auch – das Landschaftsbild. Die Bewertung der Optik bleibt aber wie stets subjektiv, eben Ansichtssache.



Heute dient die Windkraftnutzung der „sauberen“ Stromproduktion: Die modernen Anlagen sind computergesteuerte High-Tech-Produkte, die schadstofffrei und dezentral Strom erzeugen.

# KLIMA

## WINDENERGIE



Die Sonne erwärmt die Erdoberfläche unterschiedlich. Über heißem Boden steigt die erwärmte Luft auf und kalte strömt nach. Luftströmungen – die Winde – gleichen die Hoch- und Tiefdruckgebiete aus. Die Windkraft ist somit von der Sonne gesteuert und unerschöpflich vorhanden, allerdings nicht immer und überall gleich. Sie variiert nach Wetterlage und Jahreszeit und ist an exponierten Lagen wie Bergkuppen oder an Küsten am stärksten. Bei Sturm muss ein Windrad sogar abgeschaltet werden. Die Umwandlung der Windkraft in Strom übernimmt ein Generator, der auf elektromagnetischer Induktion beruht. Der „geerntete“ Strom kann dann in alle anderen Energieformen umgewandelt werden.

### LERNZIELE:

- Die Kinder erfahren spielerisch die Kraft des Windes und messen seine Stärke.
- Sie sollen die elektromagnetische Induktion experimentell als Grundprinzip der Energieumwandlung kennen lernen und die Wirkungsweise eines Generators verstehen.

### DER WINDSTÄRKE AUF DER SPUR

**ORT:** Klassenraum.

**ZEITAUFWAND:** eine Unterrichtseinheit.

**MATERIALIEN:** zwei Winkelmesser, Lineal, Tischtennisball, Faden, Nähnadel, kleiner Grillspieß aus Holz, Stoffbändchen, Knetmasse, Klebeband, Arbeitsblatt.

**KOSTEN:** ca. 2,- Euro.

**UMSETZUNG:** Um die Bewegungsenergie des Windes erfahrbar zu machen, werden zuerst Geschwindigkeitsvergleiche (z.B. von Tieren, Fahrzeugen, Läufern, Radfahrern etc.) hergestellt und auf einem Plakat gereiht. Wind kann Windstille bis zerstörerische Orkanstärke erreichen. Eine Messung der Geschwindigkeit und der Windrichtung erfolgt an windigen Tagen mit dem Windmesser und dem Windspiel (siehe Arbeitsblatt). Für den Windstärkenmesser mit einer Nähnadel einen Faden durch einen Tischtennisball ziehen. Dann mit Knetmasse zwischen zwei Winkelmesser, deren Skalen nach außen zeigen, frei baumelnd befestigen. Durch die



Die Windgeschwindigkeiten sind geringer bei Hindernissen in Bodennähe, mit der Höhe nehmen sie zu. Windkraftanlagen werden deshalb möglichst hoch gebaut.

### INFO SERVICE:

Informationen zur Windstärke finden Sie im Ordner Klima, Kapitel Veränderung – Stürme.



Moderne Windräder können Wind aus jeder Richtung nutzen. Die erzeugte Leistung ist stark von der Windgeschwindigkeit abhängig – eine Verdoppelung der Windgeschwindigkeit ergibt eine achtfache Leistung.

ALTERSGRUPPE

6 - 10



Die Windenergie wurde bereits vor mehr als 2000 Jahren für mechanische Antriebe von Mühlen genutzt. Heute wandeln Generatoren das Drehen der Flügel in Strom um.



Ein Fahrraddynamo beruht auf dem gleichen Prinzip und ist das beste Modell für die Umwandlung einer Drehbewegung in Strom.

**INFO SERVICE:**

Informationen zum Windinfozentrum Prellenkirchen erhalten Sie im Ordner Exkursion und im Energie Service. Weitere Anregungen zum Thema Wind finden Sie im Ordner Klima, Kapitel Wetter – Wind.



Knetmasse entsteht ein Zwischenraum zwischen beiden Winkelmessern. An der Außenseite eines Winkelmessers mit Klebeband ein Lineal zum Halten fixieren. Der Windstärkenmesser bekommt noch eine kleine Windfahne aus einem Holzschaschlikspieß und einem Stoffbändchen. Diesen Windrichtungsanzeiger ebenfalls mit Knetmasse zwischen den beiden Winkelmessern anbringen. Beim Messen zeigen kleine Winkel stärkeren Wind.

**WIR BAUEN EINEN GENERATOR**

**ORT:** Klasse.

**ZEITAUFWAND:** eine Unterrichtseinheit.

**MATERIALIEN:** kleiner Stabmagnet, Im Klingelleitungsdraht, ein Stück Rohr (Pappe oder Plastik), zwei Drahtstücke mit je zwei Krokodil-Klemmen, Strommessgerät, Taschenlampenbirne mit Fassung.

**KOSTEN:** ca. 7,- Euro.

**UMSETZUNG:** Mit dieser einfachen Versuchsanordnung können die Kinder die Arbeitsweise eines Generators und seine Induktionswirkung erfahren. Man benötigt einen natürlichen Stabmagneten und eine Drahtspule. Dazu ein Rohr mit einem etwas größeren Querschnitt als der Magnet mit isoliertem Draht dicht umwickeln und die beiden abisolierten Enden an einen Stromabnehmer (Strommessgerät oder Glühlämpchen) anschließen. Drähte mit Krokodil-Klemmen eignen sich gut zum Verlängern von Drahtenden oder Ankleben an Kontaktstellen. Wird der Stabmagnet nun durch die Spule hin- und herbewegt, entsteht Wechselstrom, der entweder das Lämpchen flackern oder den Zeiger des Strommessgeräts ausschlagen lässt.



# KLIMA

## WINDENERGIE

ALTERSGRUPPE

6-10

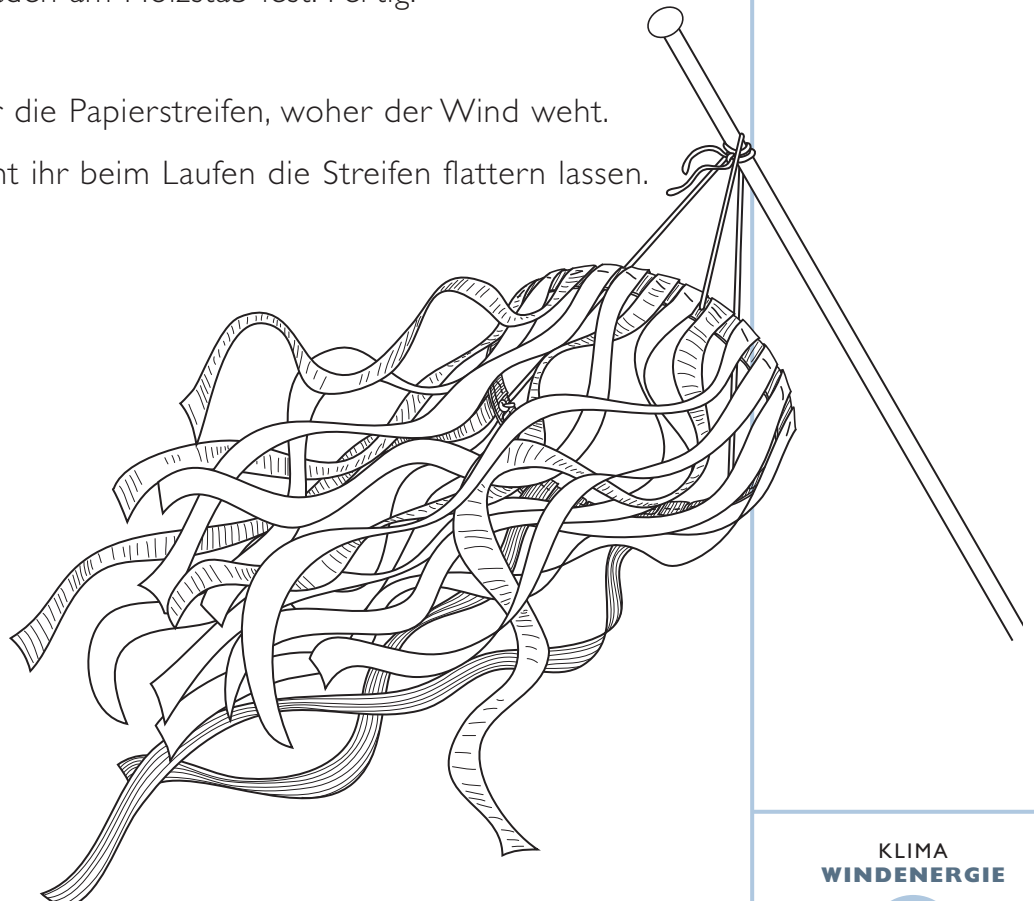
### WINDSPIEL

**Material:** runde Käseschachtel, buntes Krepppapier, 60 cm langer Holzstab, Spagat, Schere, Reißnagel, Büroheftmaschine.

#### Anleitung:

- Schneide das Krepppapier in lange Streifen (3 cm breit, 50 cm lang)!
- Löse den Rand aus der Käseschachtel!
- Klammere die Papierstreifen mit der Heftmaschine überlappend rund um den Schachtelring!
- Bohre mit dem Reissnagel drei kleine Löcher in den Ring. Nun fädle durch jedes Loch einen 40 cm langen Spagat!
- Binde die drei Fäden am Holzstab fest. Fertig!

Bei Wind zeigen dir die Papierstreifen, woher der Wind weht. Ist es windstill, könnt ihr beim Laufen die Streifen flattern lassen.



ALTERSGRUPPE

6 - 10

**WINDSTÄRKENMESSER**

**Material:** Nähnadel, Tischtennisball, 2 Winkelmesser, kleines Stück Holz, Plastilin oder Klebstoff.

**Anleitung:**

- Zieh die Nadel mit dem Faden durch den Tischtennisball. Entferne die Nadel und mach einen dicken Knoten, sodass der Ball daran hängen bleibt.
- Befestige den Faden mit Plastilin oder Klebstoff an der Mitte der Oberkante des Winkelmessers, sodass der Ball genau unter dem Halbrund mit der Skala hängt.
- Klebe nun die beiden Winkelmesser mit Plastilin oder Klebstoff so zusammen, dass der Faden dazwischen hängt. Holzgriff befestigen – fertig!
- Halte das Instrument gerade und parallel zur Windrichtung. Wird der Ball nach oben geblasen, kannst du den Winkel des Fadens ablesen und die Windgeschwindigkeit aus der Tabelle ersehen!

Wie stark weht der Wind heute?

Winkel (°)	Windgeschwindigkeit in km/h
90	0
80	12-14
70	18-20
60	24-25
50	28-30
40	34-36
30	40-43
20	49-50



**Linkshänder tun sich leichter, wenn sie den Holzgriff auf die andere Seite kleben.**