



Windenergie 1. Ziel:

Windkraft, Schlossbühl

Technische Daten

Typ:
3 x Nordex S-77

Nabenhöhe:
90 Meter
(Stahlrohrturm)

Gesamthöhe:
128,5 Meter

Rotordurchmesser:
77 Meter

Leistung:
3 x 1.500 Kilowatt

Energieerzeugung:
ca. 6.500.000 Kilowattstunden (entspricht der Versorgung von über 2.000 Haushalten)

CO₂-Einsparung:
ca. 5.500 Tonnen

Beschreibung des Ziels

Im Jahr 2005 wurden auf dem Schlossbühl/Kempfenbühl drei Windkraftanlagen errichtet, von denen eine auf der Gemarkung Lahr und die beiden anderen auf der Gemarkung Seelbach stehen. Zwei dieser Anlagen betreibt die Ökostromgruppe Freiburg, die Dritte ein privater Betreiber.

Die drei Anlagen sind baugleich. Die Nordex S-77-Windkraftanlagen besitzen eine Leistung von jeweils 1.500 Kilowatt und sind insgesamt 128,5 Meter hoch, wobei der Turm über 90 Meter hoch ist. Der Rotor besitzt einen Durchmesser von 77 Meter. Die Anlagen sind seit Juli 2005 in Betrieb und erzeugen im langjährigen Mittel voraussichtlich 6.500.000 Kilowattstunden Strom pro Jahr.

Diese Strommenge reicht aus um rund 2.000 Durchschnitts-Haushalte zu versorgen.

Die Windräder befinden sich auf dem Höhenzug des Langenhards im Wald. Zu ihrem Bau wurde ein Kiesweg aufgeschüttet, damit die Schwertransporter die einzelnen Bauteile an Ort und Stelle bringen konnten. Der Bau großer Windkraftanlagen im Binnenland wird nur nach ausgiebiger Prüfung genehmigt, um die Auswirkungen auf Umwelt und Bevölkerung zu minimieren. In Baden-Württemberg geht der Ausbau der Windkraft trotz vorhandener Potenziale daher nur schleppend voran.

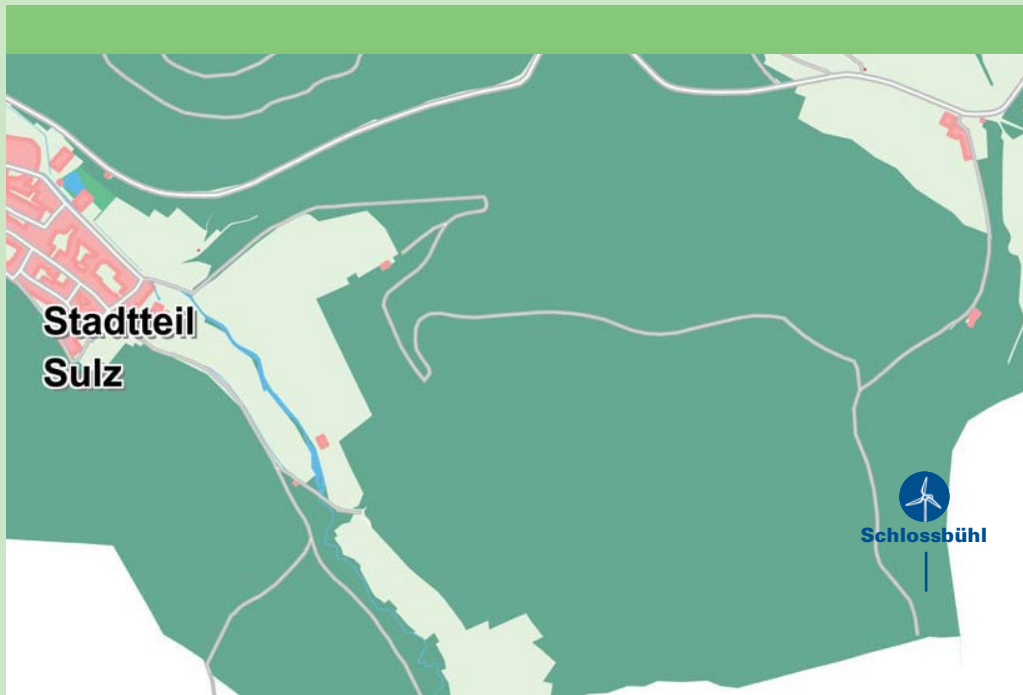


Kontakt

Ökostrom Erzeugung Freiburg GmbH
Regiowind plus Lahr/Seelbach GmbH & Co. KG
Herr Markowsky
Schönbergstraße 125
79285 Eberingen

Telefon: 07 61 / 4 57 50 27
Telefax: 07 61 / 4 57 50 28
E-Mail: info@oekostrom-freiburg.de
Internet: www.regiowind.de

Offizielle Führungen werden auf dem Schlossbühl nicht angeboten. Eine Besichtigung der Windkraftanlagen von außen ist aber jederzeit möglich, außerdem bietet sich die schöne Umgebung für einen Klassenausflug an. Bei gutem Wetter reicht der Blick bis zu den Vogesen.



Wegbeschreibung

Die Windräder selbst sind nur zu Fuß erreichbar.

Von Lahr fährt in den Sommermonaten von Mai bis Oktober etwa stündlich der **Bus 105** bis zur **Haltestelle Langenhard**. Von dort sind es etwa noch 20 bis 30 Minuten zu Fuß mit schönen Blicken ins Rheintal und zu den Vogesen sowie in den Schwarzwald.

Das Ziel lässt sich von Lahr auch direkt zu Fuß erreichen. Vom Lahrer Zentrum folgt man dem **Wanderweg mit blauer Raute**. Für die sieben Kilometer sollte man etwa 1,5 Stunden einplanen.

Von **Lahr-Sulz** kann man in lediglich 60 Minuten über den Weg, der mit **gelber Raute** markiert ist, bis zum Schlossbühl aufsteigen.

Interessante Links

- www.wind-energie.de
- www.windkraft.de
- www.offshore-wind.de
- www.windinformation.de

Windkraft in Deutschland

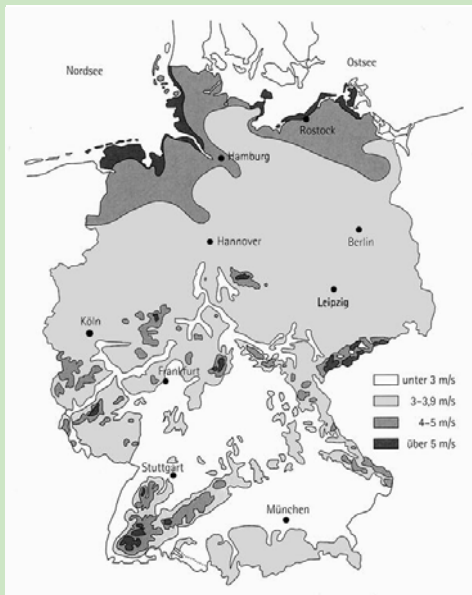
Die in Deutschland installierte Windenergieleistung wächst seit Jahren beträchtlich. Ende des Jahres 2007 standen in Deutschland 19.460 Windräder mit einer Leistung von 22.247 Megawatt zur Stromerzeugung bereit. Damit hat sich die Windenergie als stärkste Kraft der regenerativen Stromerzeugung etabliert und die Wasserkraft überholt. Mit einem Stromertrag von 39,5 Terrawattstunden (also 39,5 Milliarden Kilowattstunden) lieferte die Windkraft 6,4 Prozent des in Deutschland verbrauchten Stromes, dies entspricht einer CO₂-Einsparung von über 34 Millionen Tonnen.

In keinem Land der Erde stehen mehr Windkraftanlagen als in Deutschland. Mehr als die Hälfte der insgesamt installierten Leistung findet sich dabei in den windreichen Küsten-

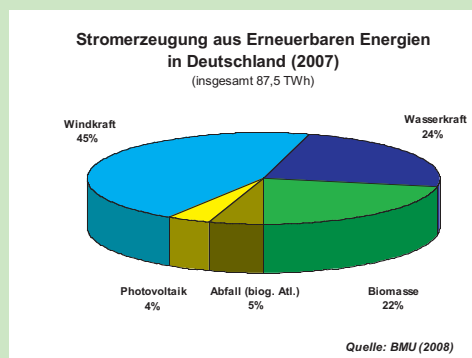
ländern. Potenziell könnten in Deutschland Windkraftanlagen an Land rund 10 Prozent des deutschen Strombedarfs abdecken. Der weitere Ausbau der Windkraft wird aber nicht nur die Küsten oder das Binnenland betreffen. Hier ist neben dem Zubau vor allem der Ersatz von veralteten Anlagen durch solche mit größerer Leistung (Repowering) zu erwarten. Zusätzlich sollen Anlagen auf dem Meer erbaut werden, wo der Wind sehr beständig und stark weht. Zurzeit werden technische Lösungen für die hohe Belastung durch Korrosion, die Wartung und den Stromtransport erarbeitet. Das Potenzial für deutsche Offshore-Windparks wird auf bis zu 110 Terawattstunden pro Jahr geschätzt. Insgesamt könnten somit rund 30 Prozent der gegenwärtigen Bruttostromerzeugung durch Windkraft ersetzt werden.



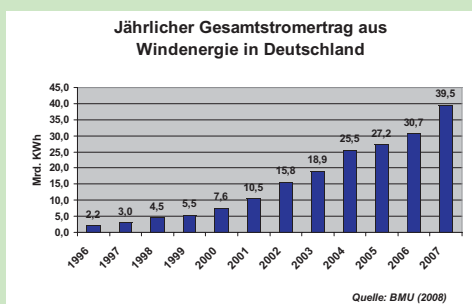
Windenergie 1.2



Die Windgeschwindigkeiten unterscheiden sich in verschiedenen Regionen Deutschlands stark



In Deutschland wird Strom auf viele verschiedene Weisen erzeugt. Aus erneuerbaren Quellen stammt derzeit etwa 14 Prozent



In den letzten Jahren ist der Stromertrag aus Windenergie in Deutschland stark gewachsen

Erkläre, weshalb als Standort für die Windkraftanlagen in Lahr der Schlossbühl gewählt wurde. Erläutere die Bedeutung der Windenergie für die Stromerzeugung in Deutschland. Beziehe neben dem Text auch die Grafiken mit ein.

Wind trägt Sonnenenergie

Wind ist bewegte Luft. Doch was bewegt die Luft? Die Sonneneinstrahlung erwärmt die Erdoberfläche und die darüber liegenden Luftmassen. Die Einstrahlung ist je nach geographischer Lage (z.B. Äquator, Polgebiete) verschieden stark, und Landflächen erwärmen sich tagsüber stärker und kühlen nachts schneller aus als Wasserflächen. Über stark erwärmten Regionen steigt die Luft auf und es entstehen Tiefdruckgebiete, während Hochdruckgebiete sich in kühleren Regionen bilden. Die Luft strömt von Hoch- zu Tiefdruckgebieten: Es entsteht Wind.

Windkraft früher und heute

Die Menschen profitieren schon seit über zwei Jahrtausenden von der Windkraft. Zunächst wurde sie zum Antreiben von Segelbooten genutzt, später fing man an, die Windenergie auch auf dem Land zu nutzen: Man baute Windmühlen, in denen mit Hilfe des Windes das Getreide gemahlen werden konnte. Heute nutzt man den Wind vor allem zur Stromerzeugung.

Die gesamte Windenergie auf der Erde würde theoretisch ausreichen, um den weltweiten Strombedarf mehrmals zu decken. Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Windenergieanlage in Deutschland ist eine durchschnittliche Windgeschwindigkeit von 4 bis 5 Meter pro Sekunde die untere Grenze. Vor der Errichtung einer Windenergieanlage ist ein lokales Windgutachten unverzichtbar, denn die örtlichen Windverhältnisse sind je nach Lage unterschiedlich. Gute Standorte gibt es an den Küsten und in den exponierten Lagen der deutschen Mittelgebirge. Dort erzeugt eine Windkraftanlage schon in wenigen Monaten die Energie, die zu ihrer Erstellung nötig war.

Probleme der Windenergie

Die Erzeugung von Windenergie ist aber nicht unproblematisch. Eine zu große Zahl von Windrädern beeinträchtigt das Landschaftsbild. Sie müssen einen gewissen Abstand zu Wohngebäuden haben, sonst werden Anwohner durch Geräusche und den Schattenwurf des Propellers gestört. Darüber hinaus kann von Windrädern eine Störung für Tiere, insbesondere Vögel und Fledermäuse, ausgehen. Daher dürfen in unmittelbarer Nähe zu Naturschutzgebieten keine Windräder gebaut werden.

Aus Sicht der Energieversorgung ist das Hauptproblem der Windenergie, dass Wind nicht permanent und nicht immer gleich stark weht. So unterscheidet sich die Energiemenge, die gewonnen werden kann, je nach Wetterlage deutlich. Dies erfordert eine gute Vorhersage und ein funktionierendes Zusammenspiel aller Anlagen zur Stromerzeugung.

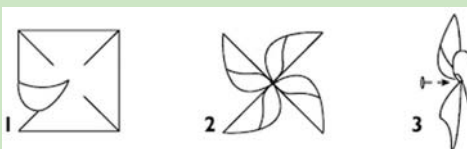
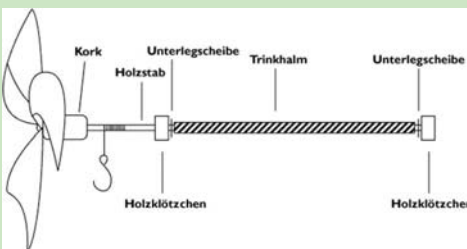
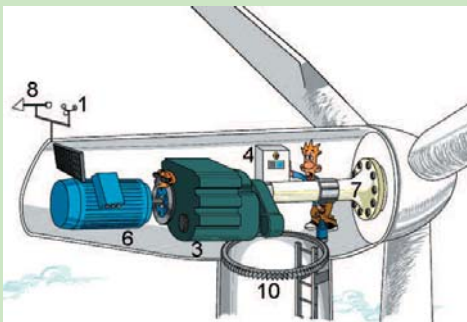
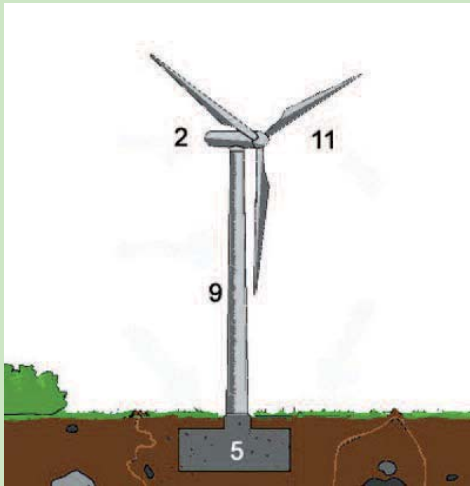
Ausblick

Die Windenergie erfährt zurzeit einen großen Zuwachs. Durch ihre Nutzung wird die Verwendung traditioneller Energieträger (Erdgas, Erdöl, Kohle) reduziert und somit ein wichtiger Schritt für den Umweltschutz geleistet.

Allerdings wird der Neubau von Windkraftanlagen auf dem Festland aus Mangel an geeigneten Flächen zurückgehen. Dafür erhofft man sich einen starken Anstieg von Neuinstallationen „offshore“, also vor der Küste im Meer. Dort weht der Wind stärker und gleichmäßiger, so dass die Energieausbeute größer ist. Auf dem Meer wird die Umwelt weniger belastet und es können viele Anlagen in Windparks nebeneinander gebaut werden.



Lies den Text zur Funktionsweise einer Windkraftanlage und ordne die fett gedruckten Begriffe den Nummern in den Skizzen zu.



Teste, wie viel Gewicht Dein Windrad in welcher Zeit bewegen kann. Aus Zeit, Höhe und Gewicht lässt sich die Leistung deines Windrades errechnen. Welchen Einfluss hat die Fläche der Rotorblätter? Benutze verschieden großes Papier, um es auszuprobieren.

Funktionsweise einer Windkraftanlage

Der **Turm**, der bis zu 120 m hoch ist, steht auf einem **Fundament** aus Stahl und Beton. Dies ist wichtig, weil der Wind sehr viel Druck auf den Turm ausübt. Auf der Spitze des Turms befindet sich die **Gondel**, an welcher der **Rotor** befestigt ist.

Ein **Nachführmotor mit Zahnrad** kann die Gondel so drehen, dass sich der Rotor in der optimalen Position befindet, um vom Wind angetrieben zu werden. Die Windrichtung wird von einer **Windfahne** bestimmt, welche dann durch den **Regler** mit dem Nachführmotor „kommuniziert“. Die Windgeschwindigkeit wird durch ein **Anemometer** bestimmt.

Der Wind dreht den aus drei Rotorblättern bestehenden Rotor, der sich mit etwa 20 Umdrehungen pro Minute bewegt. An ihm ist die **Antriebswelle** befestigt, die sich folglich mit der selben Geschwindigkeit dreht. Der **Generator** wandelt die Rotationsenergie in Strom um, ähnlich wie ein Fahrraddynamo. Dafür sind aber Geschwindigkeiten von etwa 1.500 U/min nötig. Die Beschleunigung geschieht im **Getriebe**.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

Bau dir ein kleines Windrad

Du brauchst: 1 dicken Trinkhalm (18 cm lang), 1 runden Holzstab (Durchmesser 3 - 5 mm , 25 cm lang), Zwirn, Papier, 1 Korken, 2 Holzwürfel mit Loch (2 x 2 x 2 cm) , 2 Unterlegscheiben passend für den Holzstab, 1 Reißnagel, 1 dünnen Nagel (ca. 4 cm lang), Klebstoff

So geht es: Montiere den Korken auf den Holzstab. Dann fädle der Reihe nach einen Holzwürfel, eine Unterlegscheibe, den Trinkhalm, die zweite Unterlegscheibe und schließlich den zweiten Holzwürfel auf den Holzstab auf. Die beiden Holzwürfel solltest du am Stab ankleben. Jetzt nimm das Blatt Papier und bastle daraus den Rotor. Schneide dazu, wie in der Skizze, ein quadratisches Blatt von den Kanten her ein. Biege nun die freien Spitzen zur Mitte, wo Du sie mit dem Reißnagel zusammen auf den Korken steckst. Zum Schluss befestigst du den Zwirn mit einem Ende am Holzstab. An das andere Ende kommt ein Haken, den Du aus dem dünnen Nagel biegest.



Windkraftanlage auf dem Schlossbühl

Die typische Einheit für Energie, die wir kennen, ist Joule (J). Betrachtet man die Energie, die in einer bestimmten Zeiteinheit umgewandelt wird, spricht man von Leistung. Leistung wird in Watt (W) gemessen, wobei gilt:
 1 Watt = 1 Joule pro Sekunde

Betrachtet man nun ein Gerät, das mit einer bestimmten Leistung eine bestimmte Zeit läuft, so kann man die Energie errechnen, die dabei verbraucht wird. Eine 100-Watt-Glühbirne verbraucht in einer Stunde
 100 Watt * 1 Stunde
 = 100 Wattstunden = 100 Wh

1 Kilowattstunde
 = 1 kWh = 1.000 Wh
 1 Megawattstunde
 = 1 MWh = 1.000 kWh

	Aug 2006	Aug 2007
Energieertrag 2 Anlagen [kWh]	290.000	141.000
Gesamtertrag 3 Anlagen [kWh]	435.500	211.500
Eingespartes CO ₂ [Tonnen]	348	169
Anzahl versorgter Haushalte	1.491	725
Einspeisevergütung [Euro]	37.106	18.041

Beispiel zu nebenstehender Aufgabe

Rechnen mit dem Wind

Auf der Internetseite der Ökostromgruppe (www.regiowind.de) findet Ihr unter Beteiligungsanlagen > regiowindplus eine Grafik mit den monatlichen Energieerträgen von zwei der Lahrer Windkraftanlagen. Berechnet jeweils für die einzelnen Monate und im Durchschnitt:

- den Gesamtertrag (aller drei Anlagen) in Kilowattstunden (kWh) und den Jahresertrag in Megawattstunden (MWh)

Der Jahresertrag einer Windkraftanlage wird häufig auch in „äquivalenten Volllaststunden“ ausgedrückt. Dieser Wert drückt aus, wie viele Stunden die Anlage mit voller Leistung laufen müsste, um den gemessenen Jahresertrag zu erreichen. Er wird mit folgender Formel berechnet:

$$\text{Leistung der Anlagen [MW]} / \text{Jahresertrag Energie [MWh]}$$

Vergleicht den erhaltenen Wert für Lahr mit anderen Werten in Deutschland. Werte findet man zum Beispiel in der Rubrik Hessischer Windmonitor auf der Seite www.iset.de.

- die eingesparten Kohlendioxid-Emissionen

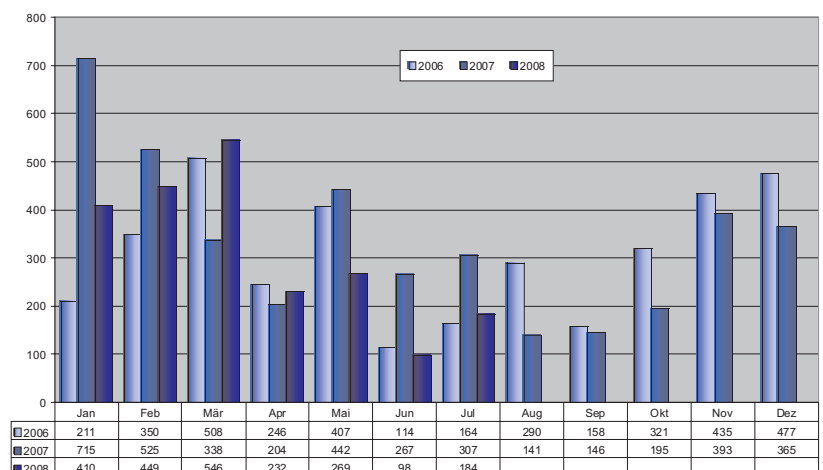
Pro kWh, die durch Windkraft erzeugt wird, rechnet man mit einer Einsparung von 0,8 kg CO₂. Dieser Wert ist unter anderem abhängig vom aktuellen Strommix, also den Anteilen verschiedener Stromerzeugungsformen am gesamten Aufkommen und kann schwanken.

- die Anzahl von Haushalten, die mit Strom versorgt werden könnten

Der durchschnittliche Jahresverbrauch eines 3-Personen-Haushaltes beträgt etwa 3.500 kWh.

- die Einspeisevergütung

Jede erzeugte kWh wird zurzeit innerhalb der ersten 5 Jahre nach Errichtung der Windkraftanlage mit 8,53 Cent bezahlt. Danach sinkt die Förderung jedes Jahr ab.



Monatlicher Energieertrag in MWh der regiowind plus Lahr / Seelbach (zwei Anlagen)

Das Diagramm mit den aktualisierten Daten findet sich auf der Internetseite von Regiowind (www.regiowind.de). Die monatlichen Energieerträge von zwei der Windkraftanlagen auf dem Schlossbühl können hier abgelesen werden.