

Ich tu's
für unsere
Zukunft

9. EINHEIT

Erneuerbare Energie I - Windkraft

Im Mittelpunkt dieser Unterrichtseinheit stehen folgende Themen:

- Wiederholung und Zusammenfassung des bisherigen Stoffs zum Thema erneuerbare Energien
- Vor und Nachteile der erneuerbaren und der nicht erneuerbaren Energien
- Wie entsteht Wind?
- Welche Rolle spielt Windenergie in Österreich?
- Historischer Rückblick auf die Windenergie
- Woraus besteht ein Windrad und wie funktioniert es?



Erneuerbare Energie I - Windkraft

Erneuerbare Energien, auch regenerative Energien genannt, sind Energien aus Quellen, die sich entweder kurzfristig von selbst erneuern oder deren Nutzung nicht zum langfristigen Aus der Quelle beiträgt. Erneuerbare Energieformen schließen alles ein, was „nachwächst“ (z.B. Biomasse) oder von unserer Umwelt „geliefert“ wird (z.B. Wind, Wasser, Erdwärme) und grundsätzlich zur Verfügung steht, ohne sich zu erschöpfen (in menschlichen Zeitdimensionen).

Das ist auch der wichtigste Unterschied zu den fossilen Energieträgern (Öl, Erdgas, Kohle), die vor sehr langer Zeit entstanden sind und die heute nur mehr in begrenzten Mengen zur Verfügung stehen.

Die wichtigsten erneuerbaren Energiequellen und -träger im Überblick

Sonnenenergie

Solaranlagen kann man auf vielfältige Art und Weise zur Energiegewinnung einsetzen, die wesentlichen Bereiche sind die Erzeugung von Warmwasser und Strom. Die thermische Solarenergienutzung nützt die Kraft der Sonne zur Erwärmung von Brauchwasser oder zu Beheizung. Unter Photovoltaik versteht man hingegen die Stromerzeugung mit Solarmodulen.

Wind

Dessen Kraft nutzt man mit teilweise riesigen Rotoren, die durch den Wind in Bewegung gesetzt werden und die in der Folge Generatoren antreiben. Windkraftwerke sind an geeigneten Orten sehr effizient.

Wasserkraft

In Wasserkraftwerken werden durch das Fließwasser Turbinen und damit Generatoren betrieben, in denen elektrische Energie erzeugt wird. Wasserkraft zählt zu den wirtschaftlichsten Formen der Stromerzeugung, vor allem in Ländern mit großen Fließgewässern wie Österreich. Man unterscheidet Lauf- und Speicherkraftwerke.

Biomasse

Holz, Stroh und Gräser werden als Biomasse bezeichnet. Sie wachsen laufend nach und können durch Verbrennung in Wärme und anschließend in elektrischen Strom umgewandelt werden.

Erdwärme (oberflächennahe Geothermie)

Immer mehr Häuser werden mit Wärme aus der Erde (Wärmepumpen) geheizt. Diese funktionieren im Prinzip wie ein Kühlschrank, nur genau umgekehrt. Sie stellen uns die im Boden gespeicherte Wärme zum Heizen zur Verfügung.

Die (tiefe) Geothermie (Energiequelle)

bezeichnet die Nutzung der Wärme, die aus dem Erdinneren nach oben dringt. Um diese Wärme zu nutzen, wird erhitztes Wasser oder Dampf aus der Tiefe an die Erdoberfläche befördert.



Vor und Nachteile der erneuerbaren und nicht erneuerbaren Energien

Vorteile der erneuerbaren Energien:

- Klimaschutz – weniger CO₂- und Schadstoffemissionen
- Großteils Brennstoffkostenunabhängigkeit (außer Biomasse)
- Nahezu unbegrenzte Verfügbarkeit (im menschlichen Dimensionen)
- Regionale Erzeugung
- Importunabhängigkeit und Krisensicherheit

Nachteile der erneuerbaren Energien:

- Schwankungen in der Energieerzeugung sind groß
- Teilweise sind große Eingriffe ins Ökosystem notwendig (Wasserkraft - Staubebereiche; Windkraft - Landschaftsbild)
- Nur schwer im bestehenden Netz integrierbar → Netzausbau notwendig

Vorteile nicht erneuerbarer Energieträger:

- Stromerzeugung ist gut nach dem Bedarf regelbar
- Leicht ins bestehende Stromnetz zu integrieren

Nachteile nicht erneuerbarer Energieträger:

- In absehbarer Zeit werden Erdöl, Erdgas und Uran zur Neige gehen.
- Außerdem gibt es erhebliche Gefahren beim Transport von Erdöl und Erdgas und bei der Nutzung der Atomenergie (Fukushima, Tschernobyl). Der vielleicht größte Nachteil liegt aber darin, dass bei der Verbrennung von Erdöl, Erdgas und Kohle Luftschadstoffe entstehen und das Klima belasten.

Die Windenergie

Die Sonne ist für den Wind verantwortlich. Verschiedene Temperaturen und unterschiedlicher Luftdruck führen zu Luftbewegungen – zum Wind! Das Prinzip ist einfach: Die Sonne scheint auf die Erde und erwärmt sie dabei. Durch den warmen Erdboden wird die darüber liegende Luft erwärmt. Je wärmer die Luft ist, desto leichter wird sie. Und je leichter die Luft ist, desto schneller steigt sie auf – dasselbe Prinzip wie bei einem Heißluftballon, der sich ebenfalls mithilfe erwärmter (heißer) Luft erhebt. Diese aufsteigende warme Luft zieht nun kältere Luft von der Seite nach, wie man mit einem Strohhalm die Flüssigkeit anziehen kann.

Und schon ist Wind entstanden. Den Wind kann man zur Energiegewinnung nutzen. Bei der Windenergie handelt es sich um eine erneuerbare Energieform, weil der Wind dadurch, dass er Windräder betreibt, ja nicht „verbraucht“ wird. Überall, wo viel Wind weht, können Windräder aufgestellt werden, sogar mitten im Wasser. So stehen an manchen Orten 30 Kilometer vor der Küste so genannte Offshore-Windkraftwerke im Meer. „Offshore“ (engl.) bedeutet so viel wie „abseits des Strandes, im Wasser“.



Windenergie in Österreich

Die Nutzung von Wind durch den Menschen hat eine lange Tradition. Segelboote beispielsweise bewegen sich seit Jahrtausenden mithilfe von Wind. Auch Windmühlen zum Mahlen von Getreide kennt man seit Jahrhunderten.

Die Nutzung von Wind zur Erzeugung von Energie, indem mit dem Wind ein Rotor angetrieben wird, der wiederum einen Generator betreibt, ist hingegen jung. So auch in Österreich.



Wie überall stehen bei uns die Windräder vor allem dort, wo viel und oft Wind weht, beispielsweise auf den weiten Ebenen im niederösterreichischen Weinviertel und im Burgenland. Wie überall stehen bei uns die Windräder vor allem dort, wo viel und oft Wind weht, beispielsweise auf den weiten Ebenen im niederösterreichischen Weinviertel und im Burgenland.

Aber auch in der Steiermark gibt es Windräder, meist auf den Bergen, weil dort ebenfalls häufig starker Wind weht – auf dem Präbichl oder am Lachtal, wo mit dem Tauernwindpark Europas zweithöchstgelegener Windpark auf 1900 Metern Seehöhe liegt und derzeit 13 Windkraftwerke („Windräder“) umfasst.

An einigen Standorten in Österreich weht so viel Wind wie an Meeresküsten. Im Schnitt erweist sich die Windsituation in Österreich sogar besser als in Deutschland. Dort stehen derzeit die meisten Windräder der Welt. Wie bei allem im Leben gibt es auch bei der Windenergie Nachteile: Oft wird in Österreich beklagt, dass Windräder die Landschaft verschandeln würden. Natürlich sind Windräder sehr hohe Bauwerke, die unweigerlich das Bild einer Landschaft verändern.



Die Menschen haben aber schon immer die Landschaft gestaltet. Die Hochspannungsleitungen, die das Land durchziehen, die Staumauern in Alpentälern oder die Ölpumpen des Marchfeldes sind Beispiele aus der jüngeren Vergangenheit, die ebenfalls von der Energiegewinnung verschuldet und weithin sichtbar sind. Bei den Ölpumpen kommt zum Argument der „Landschaftverschandelung“ freilich erschwerend dazu, dass es sich – wie schon mehrfach ausgeführt – bei Öl um einen sehr problematischen, nicht erneuerbaren Energieträger handelt, während Windräder „saubere“ Energie produzieren. Da unsere Gesellschaft nicht auf Energie verzichten kann, stellt sich also die Frage, ob man für eine saubere Alternative der Energiegewinnung nicht in Kauf nehmen sollte, dass das Landschaftsbild durch die Windräder fallweise negativ beeinflusst wird.

Große Gefahr wie bei Atomkraftwerken oder in gewissen Fällen auch bei der Nutzung von Erdöl oder Erdgas geht von den Windkraftwerken auf jeden Fall nicht aus. Die Betreiber sind deshalb verpflichtet, jedes Jahr die Anlagen auf Herz und Nieren prüfen zu lassen. Weil Windkraftanlagen beim Betrieb Geräusche und einen periodisch auftretenden Schattenwurf verursachen, gibt es Regelungen, wie weit ein Windrad vom nächsten Gebäude entfernt sein muss, damit es nicht als störend wahrgenommen wird. Darüber hinaus können auch Fledermäuse bei ihrer Orientierung gestört werden. Das kann sich bei der Jagd auf Insekten ungünstig auswirken. Auch größere Vögel können durch die Rotorbewegung verunglücken.

Geschichte der Windenergie

Die ersten Konzepte zur Nutzung der Kraft des Windes wurden bereits vor mehreren tausend Jahren entwickelt und benutzt. Es gibt Aufzeichnungen aus dem alten Ägypten, aus China, von Griechen und Römern, welche allesamt die Nutzung des Windes belegen. Die Windkraftanlage wurde also seit jeher zur Verrichtung mechanischer Arbeit verwendet.



Es wurde mit ihrer Hilfe Getreide gemahlen, Wasser geschöpft und Grundwasser hochgepumpt oder auch Schmiedehämmer betrieben. Diese Form der Windenergienutzung war jedoch hauptsächlich in Küstengebieten (Niederlande, Norddeutschland) zu finden. Nicht umsonst gelten die Dänen bis heute als die Pioniere der modernen Windkraftnutzung. Im Landesinneren, wie bei uns in Österreich, wurde zur Verrichtung der vorher genannten Aufgaben hauptsächlich die Wasserkraft verwendet. Die meisten größeren Städte liegen an Flussläufen und die Transportwege zu den Mühlen waren dementsprechend kurz, bzw. war das Umleiten von Wasser in die Triebkanäle der Mühlen leicht zu bewerkstelligen.



„Windrad-Wasserpumpe“

Erst als man die Orte der Erzeugung und des Verbrauchs der Energie durch die Elektrizität trennen konnte, begann das Windrad auch in Österreich interessant zu werden. Den richtigen Durchbruch schaffte die Windkrafttechnik zur Stromerzeugung im Zuge der Energiekrise der 1970er Jahre. Seither stieg die Leistungsfähigkeit einer einzelnen durchschnittlichen Windkraftanlage von rund 50kW im Jahre 1985 auf 3600kW im Jahre 2010.



Im Dezember 2012 waren in Österreich ca. 770 Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von rund 1400 MW installiert. Damit können rund 800.000 Haushalte mit Elektrizität aus Windenergie versorgt werden.

Im Herbst 2013 gab es in der Steiermark 45 Windkraftwerke mit einer Gesamtleistung von rund 77 MW in folgenden Gebieten: Plankogel Sommeralm, Präbichl, Salzstiegl, Gaberl, Oberzeiring (Tauernwind), Freiländeralm, Moschkogel (Ganz), Hochpürschling (Stanglalm), Steinriegel (Ratteneralm).



Die Bauteile und Funktionsweise eines Windkraftwerks

Rotor

Mit dem Rotor wird die in der Bewegung des Windes enthaltene Energie in eine Drehbewegung umgewandelt. Er besteht aus einem oder mehreren Rotorblättern, welche mit der Rotornabe verbunden sind. Heute hat sich der Dreiblattrotor jedoch als Standard durchgesetzt, da er die für diese Anwendung die besten Eigenschaften aufweist. Umso besser der Rotor die Bewegungsenergie des Windes umwandeln kann, umso höher ist der Energieertrag der Anlage. Je nach Windgeschwindigkeit dreht sich der Rotor unterschiedlich schnell, um immer im optimalen Wirkungsbereich arbeiten zu können.

Gondel

Die Gondel befindet sich an der Spitze des Turmes. Sie ist vollständig drehbar und kann so den Rotor mit Hilfe von Motoren immer optimal in den Wind drehen.

In der Gondel befindet sich die Rotorwelle, ggf. ein Getriebe, der Generator und die Steuer- und Regeleinheit der Anlage.

Getriebe und Bremse

Das Getriebe sorgt dafür, dass die Rotordrehzahl mit der Generatordrehzahl zusammenpasst. Dreht sich nämlich der Generator zu schnell, oder zu langsam, kann der Strom nicht ins Netz eingespeist werden. Um die Geschwindigkeit nicht zu groß werden zu lassen, gibt es eine Bremsenrichtung. Die Verwendung eines Getriebes ist natürlich mit einem Wartungsaufwand verbunden. Einige Anlagenhersteller verzichten komplett auf ein Getriebe und bauen stattdessen einen anderen Generator-Typ ein.

Generator

Der Generator ist das eigentliche Herzstück jedes Kraftwerks. Mit dessen Hilfe wird die Bewegungsenergie der Rotorwelle in elektrische Energie umgewandelt. Dies funktioniert ganz ähnlich wie bei einem Fahrraddynamo, nur um einiges größer.

Turm

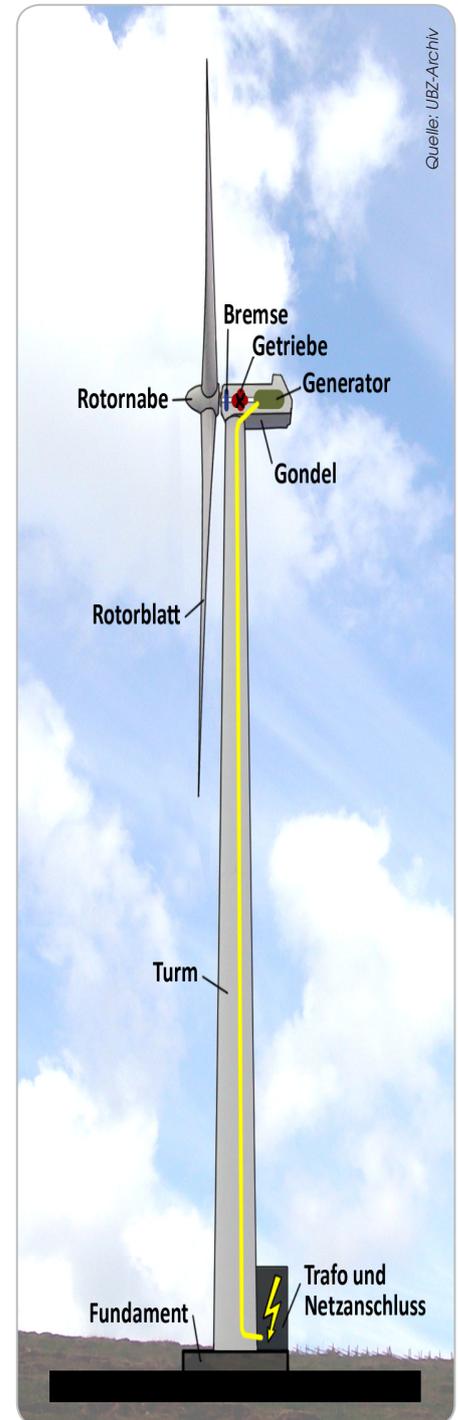
Der Turm sorgt dafür, dass die Windenergienutzung in ausreichendem Abstand zum Boden stattfindet. Umso näher man dem Erdboden nämlich ist, umso kleiner sind die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten. Außerdem hat der Turm die Aufgabe die mechanischen Belastungen des Rotors und der Gondel aufzunehmen und in das Fundament abzuleiten.

Fundament

Das Fundament muss stets an die Anlage, welche darauf errichtet werden soll und an die zu erwartenden Betriebsverhältnisse und an die Bodengegebenheiten spezifisch angepasst werden. Dementsprechend groß ist die Schwankungsbreite der Größe und Tiefe der Fundamentbauten. Das Fundament besteht im Regelfall aus einem Betonsockel mit starker Stahlarmierung.

Trafo und Netzanschluss

Der im Generator erzeugte Strom wird entweder bereits in der Gondel oder aber am Boden mittels eines Transformators (kurz: Trafo) auf die Spannung des Übertragungsnetzes hochtransformiert. Bei einzelnen Anlagen wird zumeist in das Mittelspannungsnetz (10,20 oder 30kV) eingespeist. Bei Windparks erfolgt der Anschluss jedoch an das 220 oder 380kV-Netz.



Vorschläge für die Umsetzung im Unterricht

- Einführung in das Thema mit den großen Bildkarten der erneuerbaren Energien. Die erneuerbaren Energieträger und Quellen werden wiederholt.
- Erarbeitung der unterschiedlichen Nutzungsformen (unter Verwendung des Arbeitsblatts „Erneuerbare Energie“ und „Nicht erneuerbare Energie“)
- Besprechung der Vor- und Nachteile der erneuerbaren/nicht erneuerbaren Energieträgern – Festigung des Wissens mit Hilfe der Gestaltung von Plakaten
- Überleitung zum Thema Wind – kurze Erklärung wie Wind entsteht
- Besprechung der Technik einer Windkraftanlage (unter Verwendung des Arbeitsblatts „Windkraftanlage“)
- Bau einer kleinen Windkraftanlage (unter Verwendung der Anleitung „Ein Windrad basteln“ bzw. der Anleitung „Papierschlange“)
- Erarbeitung der Vor und Nachteile Windkraftnutzung und deren Einsatz in der Steiermark (unter Verwendung der Karte „Windkraftanlagen in der Steiermark“)
- Überleitung zum Thema Sonnenenergie mit dem Hinweis, dass es ohne Sonnenenergie keine Windkraft gibt



Bildkarte SONNE



Bildkarte WIND



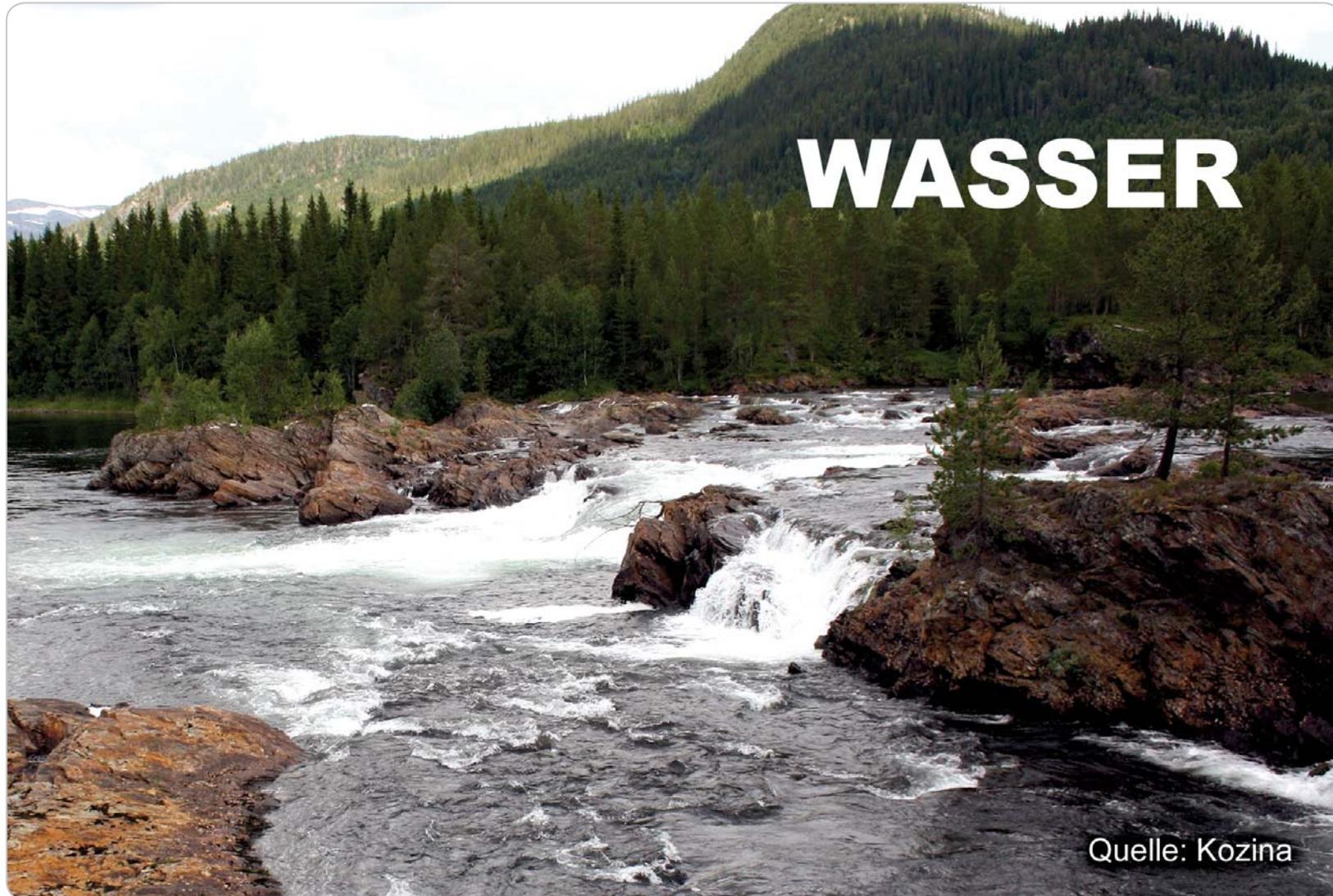
Bildkarte BIOMASSE



BIOMASSE

Quelle: Kozina

Bildkarte WASSER



Quelle: Kozina



Bildkarte GEOTHERMIE



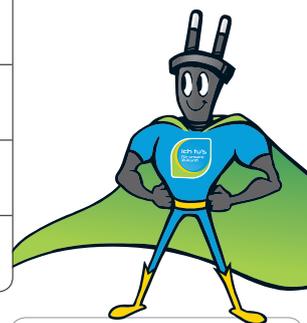


Arbeitsblatt „Erneuerbare Energie“ und „Nicht erneuerbare Energie“

Energie, die wir verbrauchen, wird in „erneuerbare“ und „nicht erneuerbare“ eingeteilt. Erneuerbare Energie ist umweltfreundlich und steht uns (fast) unbegrenzt zur Verfügung. Die nicht erneuerbare Energie hingegen belastet unsere Umwelt und geht uns in naher Zukunft aus.

Überlege, ob die folgenden Energie- und Nutzungsformen erneuerbar oder nicht erneuerbar sind und kreuze das jeweils richtige an!

Energie und ihre Nutzung	erneuerbar	nicht erneuerbar
Holzofen		
Strom aus einem Kohlekraftwerk		
Auto mit Benzinmotor		
Ölheizung		
Strom aus einer Biogasanlage		
Solarkollektoren		
Wasserkraftwerk		
Erdgasheizung		
Flugzeug fliegen		
Windstrom		
Atomkraft		
Fernwärme mit Holz-Hackschnitzel		
Elektroauto mit Solarstrom		
Segelboot		
Wärmepumpenheizung		
Fahrradfahren		



Arbeitsblatt Windkraftanlage

Die leeren Felder zeigen auf die wichtigsten Bauteile einer Windkraftanlage. Beschrifte sie richtig!

Der Rotor wandelt die Windenergie in Bewegungsenergie um.

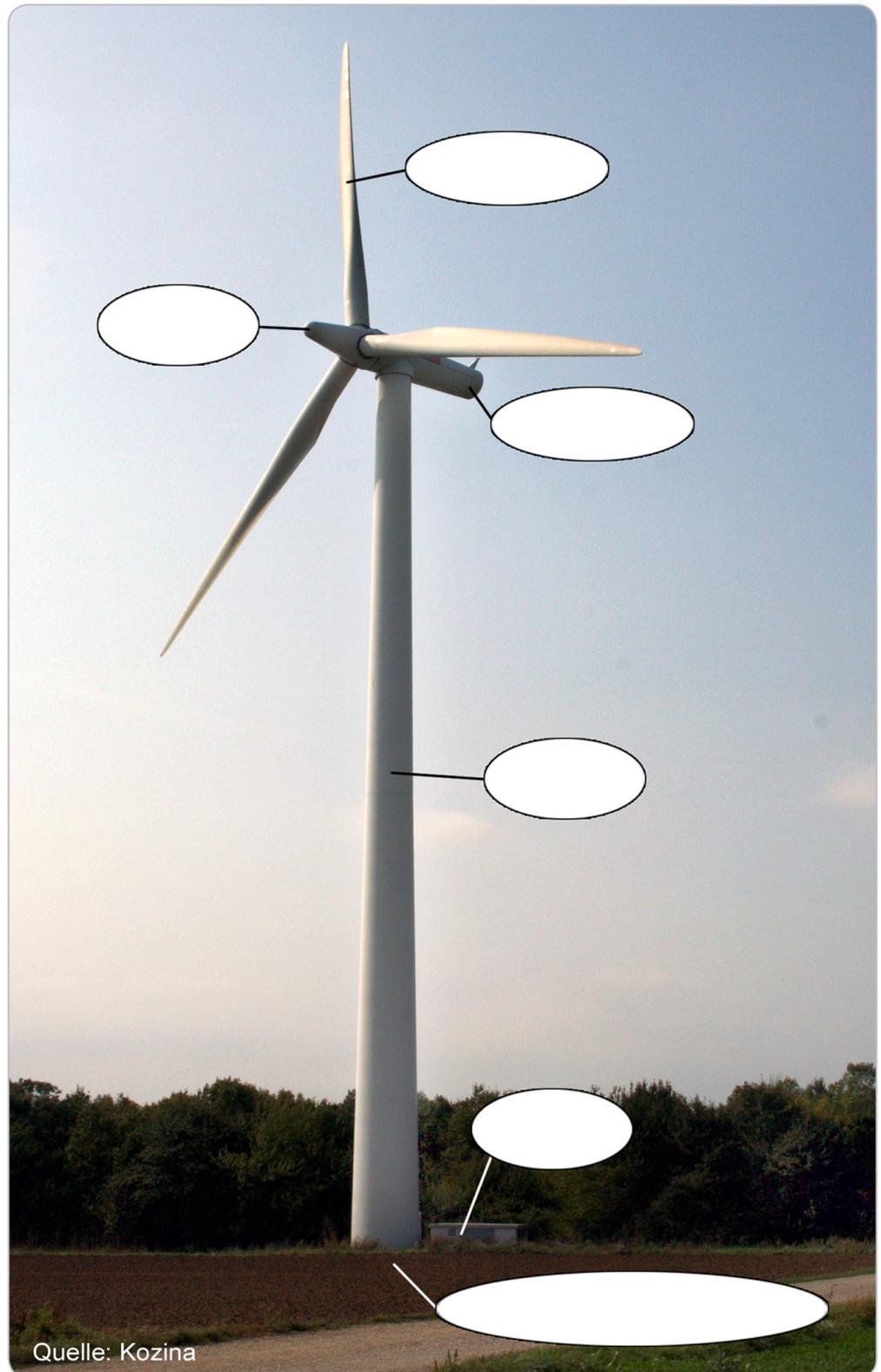
Die Nabe hält die Rotorblätter zusammen.

In der Gondel befinden sich der Generator und die Steuerung. Der Generator wandelt die Bewegungsenergie in Strom um.

Der Turm schafft den Abstand zum Boden. Im Turm werden die Stromleitungen nach unten geführt.

Der Trafo sorgt dafür, dass der Strom ins Netz eingespeist werden kann.

Das Fundament sorgt für eine gute Standkraft.



Anleitung „Ein Windrad basteln“ - Teil 1

Wind ist eine Energiequelle. Bei diesem Versuch kannst du eine Vorrichtung bauen, bei der Windenergie dazu genutzt wird, einen Gegenstand hoch zu heben.

Material

Schere, Loch Eisen 3 mm, ein quadratisches Stück festes Papier (18 x 18 cm, Ausschneidevorlage auf nächster Seite, ein dünner Holzstab (Holzspieß), eine Musterklammer, Klebeband, Wolle, Knetmasse, Plastikbecher, eine leichte Styroporkugel

Durchführung

1. Das quadratische Blatt Papier (18 x 18 cm) nehmen und es von den Ecken entlang der gestrichelten Linien im Bild einschneiden.
2. Die Mitte und die vier Punkte an den Ecken mit einem Loch Eisen lochen.
3. Die Ecken zur Mitte umschlagen, sodass alle 5 Löcher übereinander liegen.
4. Die Musterklammer von vorne durch die Löcher führen.
5. Den Holzstab mit seiner spitzen Seite zwischen die Flügel der Musterklammer stecken und mit Klebeband fest daran befestigen.
6. Plastikbecher oben an gegenüberliegenden Seiten lochen, Becher bis zur Hälfte mit Sand füllen (damit er nicht umfällt) und den Holzspieß durch die Löcher stecken.
7. Mit je einem Kügelchen Knetmasse den Spieß vorne und hinten gegen Verrutschen am Becherrand fixieren.
8. Styroporkugel an der Wolle befestigen (z.B. mit Nadel) und anderes Ende an der Mitte des Holzspießes anbinden - fertig.

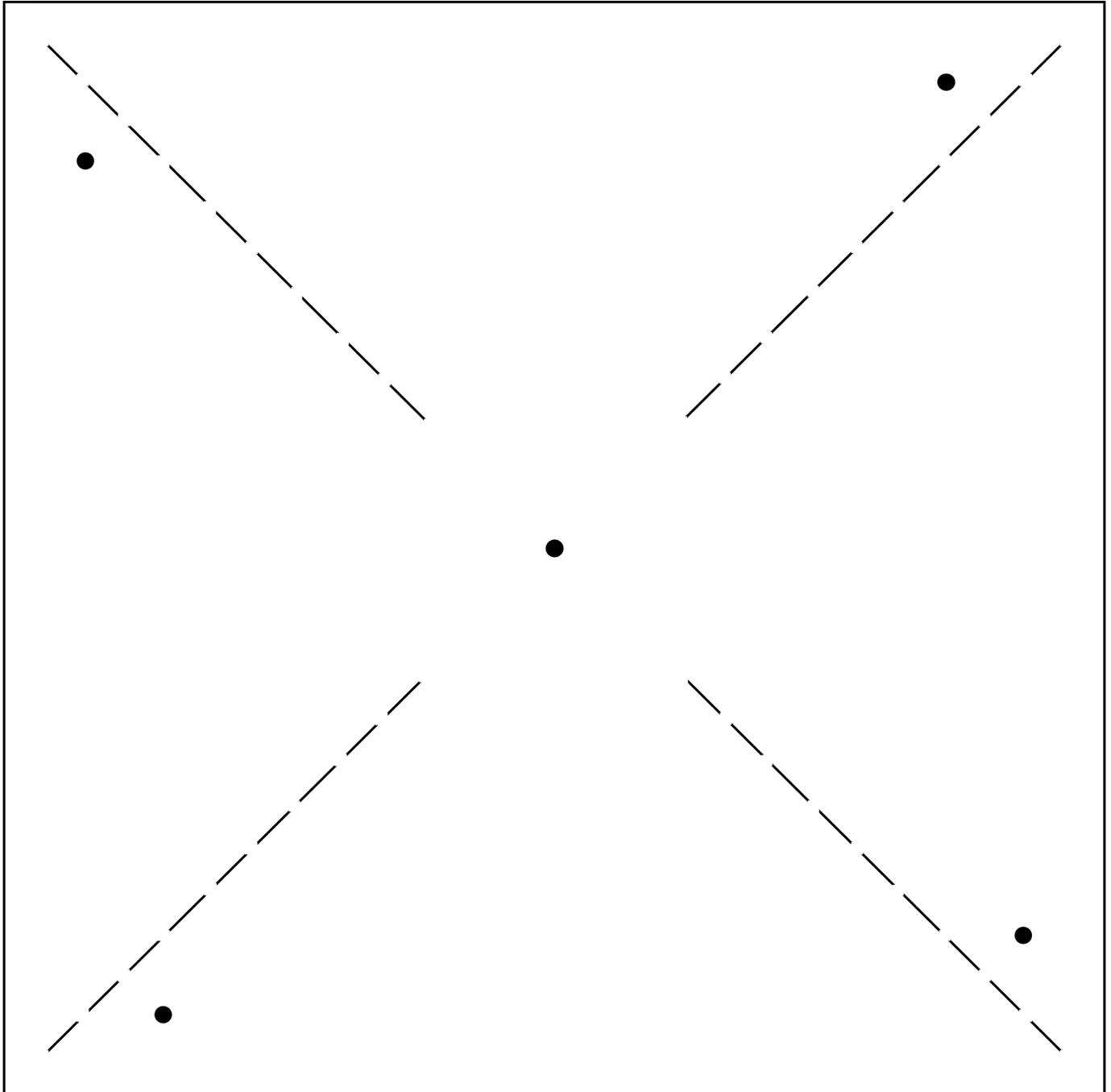


Mit der eigenen Puste oder mit einem Fön kann man nun das Windrad von vorne oder von der Seite antreiben - der Faden wickelt sich um den Spieß und das Gewicht (die Styroporkugel) wird angehoben. So lässt sich eine Möglichkeit zeigen, wie Windkraft direkt in Arbeit umgesetzt werden kann.



Anleitung „Ein Windrad basteln“ - Teil 2

Ausschneidevorlage Windrad (ca. 18 x 18 cm)



Anleitung „Papierschlange“

Auch eine Papierschlange zeigt die Wirkung einer Luftströmung, also von Wind. Du kannst dir selbst eine aus Papier basteln.

Material

Schere, ein rundes Stück festes Papier (Durchmesser ca. 18 x 18 cm), ein dünner Holzspieß, ein Korken

Durchführung

Schritt 1:

Zeichne auf ein rundes Stück Papier eine Papierschlange - sie ist spiralförmig mit Kopf und Schwanzende. Male sie bunt an und schnei sie anschließend mit einer Schere aus.



Schritt 2:

So sieht die Schlange ausgeschnitten aus und wenn du sie am Schwanzende hoch hebst, entfaltet sie sich. Vorne am Kopf kannst du eine kleine, gespaltene Zunge ankleben. Echte Schlangen riechen mit ihrer Zunge!



Schritt 3:

Nun nimmst du den Korken und den Holzspieß. Stecke den Holzspieß in den Korken und spitze das andere Ende mit dem Beistiftspitzer an.



Schritt 4:

Jetzt kannst du die Schlange draufsetzen. Dazu drücke in den Schlangenkopf vorher mit einem Kugelschreiber eine kleine Delle und setze die Schlange so auf die Spitze des Holzspießes, dass sie sich gut bewegen kann. Vielleicht musst du sie ein wenig herumschieben, bis es passt.



Schritt 5:

Jetzt stelle das ganze auf einen warmen Heizkörper. Schon dreht sich die Schlange durch die warme Luft von ganz allein. Die warme Luft ist leichter als kalte Luft und steigt daher auf. Dabei versetzt sie die Schlange in Bewegung.



Quelle: UBZ-Archiv



Windkraftanlagen in der Steiermark

