

Was ist Wind und wie entsteht er?

Aus welchen Bestandteilen besteht ein Windrad?

Wieso werden auf den Bergen immer mehr Windräder gebaut?

Um den Pfad der fossilen Energiequellen verlassen und den Strombedarf künftig decken zu können, wird der Ausbau der erneuerbaren Energien stark forciert. Die Gewinnung von Energie aus erneuerbaren Quellen hinterlässt aber auch Spuren in der Landschaft.

Windräder in exponierten Lagen wirken stark landschaftsverändernd. Almflächen sind für künftige Generationen nicht mehr als Natur- und Erholungsraum erlebbar. Damit die geplanten Maßnahmen für die Energiewende umgesetzt werden können, sind Information, Beteiligung und Mediation zwischen den verschiedenen AkteurInnen besonders wichtig.



Nico Wall/pixabay.com

Ort

Klassenzimmer

Schulstufe

1.-4. Schulstufe

Gruppengröße

Klassengröße

Zeitdauer

2-3 Schulstunden

Lernziele

- Kennenlernen des Windes als erneuerbare Energiequelle
- Durchführen eines Versuches und daraus Erklärungen ableiten
- Aufbau und Wirkweise einer Windkraftanlage kennen lernen
- Differenzierten Blick auf die Auswirkungen der Windenergienutzung auf Umwelt und Natur werfen

Sachinformation

Der Ausbau der erneuerbaren Energien ist wichtig, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Die Nutzung von Biomasse, Wasser, Wind und Sonne helfen, die Energieversorgung nachhaltiger zu gestalten und den Bedarf zu decken. Doch bleibt dieser Ausbau nicht ohne Auswirkungen auf die Umwelt. Der große Flächenbedarf von Photovoltaikanlagen und der Bau von Windkraftanlagen in exponierten Lagen verändern die Landschaft und die Natur. Um die Akzeptanz bei der Bevölkerung zu erreichen und die Auswirkungen so gering wie möglich zu halten, ist es wichtig, die Betroffenen in die Entscheidungsprozesse mit einzubinden und die Vor- und Nachteile kritisch abzuwägen.

Klimaziele

Um Handlungsbereiche und -möglichkeiten der Energieversorgung zu definieren, wurde im Jänner 2018 im steirischen Landtag die Klima- und Energiestrategie Steiermark 2030 (KESS2030) beschlossen. Bezüglich Energieaufbringung wurde als Ziel die Anhebung des Anteils erneuerbarer Energiequellen auf 40 % festgelegt und im darauf basierenden Aktionsplan 2019-2021 wurden entsprechende Maßnahmen konkretisiert.

Für die Erreichung der Ziele im erneuerbaren Energiesektor spielt die Windenergie eine entscheidende Rolle. Es ist vorgesehen, dass im Sachprogramm Wind ermittelte Potenzial für den Windkraftausbau zu einem großen Teil zu nutzen.

Da die verbrauchernahen Tal-, Becken- und Hügellagen für die Windkraftnutzung zu windarm sind, hat die Steiermark begonnen, als erstes österreichisches Bundesland den Ausbau in Gebirgslagen in großem Stil zu forcieren.

Windenergie in der Steiermark

Mit 1.8.2013 trat das erste Entwicklungsprogramm für den Sachbereich Windenergie (SAPRO Wind) in der Steiermark in Kraft. Eine Überarbeitung wurde im November 2019 beschlossen. Darin hat das Land Festlegungen für den Ausbau der Windenergie in der Steiermark getroffen. Es werden in Bezug auf die Errichtung von Windkraftanlagen Vorrangzonen, Eignungszonen und Ausschlusszonen festge-

legt. In den Vorrangzonen ist die Erweiterung von Windparks in konzentrierter Form möglich, die Eignungszonen stellen Bereiche zweiter Priorität dar. In den Ausschlusszonen ist die Errichtung von Windkraftanlagen nicht erlaubt (s. Abb. 1).

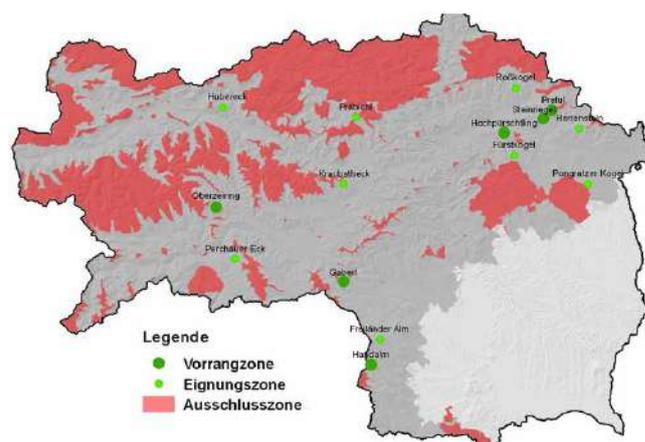


Abb. 1: Windkraftzonen; SAPRO Wind

Laut Energiebilanz der Statistik Austria ist der Anteil der erneuerbaren Energien in der Steiermark in den letzten Jahren ausgehend von 21,1 % im Jahr 2005 auf 30,0 % im Jahr 2019 gestiegen, hat aber in den letzten Jahren aufgrund des stärker steigenden Energieverbrauchs stagniert.

In der Steiermark erzeugen mit Stand Ende 2020 104 Windkraftanlagen Strom (s. Abb. 2) mit einer Leistung von insgesamt ca. 261 MW (s. Abb. 3). Damit liegt die Steiermark auf Platz drei in Österreich, wo 1307 Windräder Strom für 1,92 Millionen Haushalte liefern. Das sind mehr als 50 % der österreichischen Haushalte.

Laut Energiebericht 2020 des Landes Steiermark führte der erhöhte Einsatz von Energie in den Jahren 2017, 2018 und 2019 – vor allem in den produzierenden Wirtschaftssektoren und im Verkehrsbereich – trotz kontinuierlichen Zubaus von Energie aus erneuerbaren Quellen insgesamt zu einem deutlich gebremst wachsenden Anteil von erneuerbaren Energien. Die Steiermark liegt mit 30 % Energie aus erneuerbaren Quellen im Jahr 2019 derzeit um 1,5 %-Punkte – in Energiemenge ausgedrückt sind das rund 3 PJ (Petajoule) – unterhalb des KESS-Zielpfads.

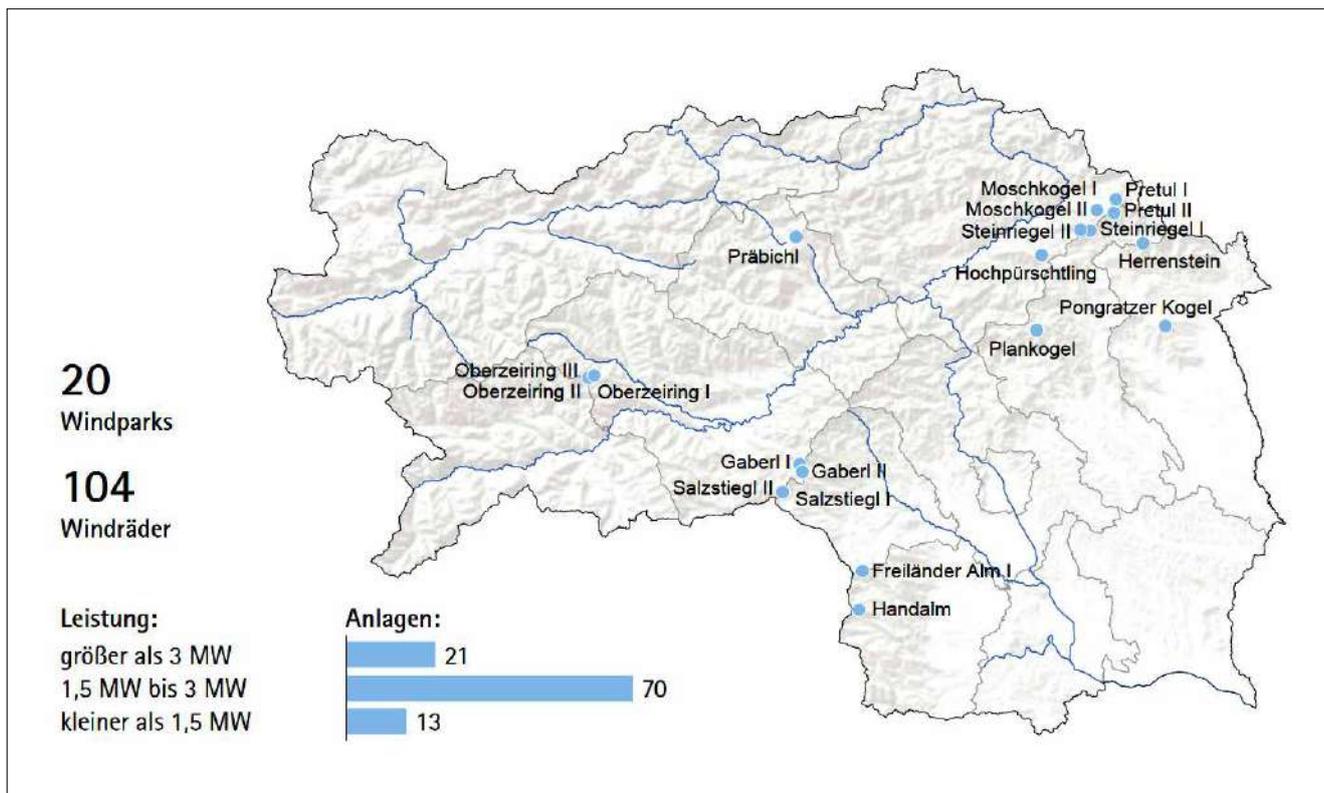


Abb. 2: Windparks in der Steiermark; Energiebericht 2020, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, A 15 (Hrsg.)



Abb. 3: Verteilung der Windkraft in Österreich; IG Windkraft

Mögliche Vor- und Nachteile

Der Bau von Windkraftanlagen zum Zwecke des Klimaschutzes ist häufig von Konflikten begleitet, da wirtschaftliche Interessen, Ängste und Befürchtungen von AnrainerInnen und Betroffenen sowie die Interessen des Naturschutzes aufeinandertreffen.

Bezüglich Pro und Kontra Windkraft wird an dieser Stelle auf die detaillierten Ausführungen im UBZ-Stundenbild „Windkraft im Fokus“ (ab der 9. Schulstufe) verwiesen. Hier werden einige Punkte angeführt, die bereits in der Arbeit mit jungen SchülerInnen auftauchen bzw. in die Diskussion eingebracht werden können.

Vorteile:

- Wind ist eine erneuerbare Energie und als Energiequelle unerschöpflich.
- Wind ist „gratis“, es muss daher kein Rohstoff für die Energiegewinnung importiert werden.
- Die Nutzung von Windkraft birgt keine elementaren Gefahren für Mensch und Natur wie Atomenergie und Erdöl (bei Unfällen).
- Bei der Nutzung entstehen keine Luftschadstoffe.
- Die Nutzung hilft, Kohlendioxidemissionen zu reduzieren.

Nachteile:

- Windenergie gilt als unzuverlässige Energiequelle. Es gibt sie nur, wenn der Wind weht.
- Auswirkungen auf Lebensräume von Tieren und Pflanzen (sensible Gebirgslagen mit hoher Biodiversität)
- Zerschneidung von zusammenhängenden Flächen
- Mögliche Tötung von Vögeln durch die rotierenden Windräder
- Geräusentwicklung
- Veränderung des Erscheinungsbildes von Bergen
- Weite Sichtbarkeit aufgrund der Höhenlage
- Beeinträchtigung/Verlust der Almen und Gebirgslagen als unberührte Erholungsräume

Windrad und seine Funktionsweise

Der Wind wurde schon immer von den Menschen genutzt. Fuhren früher die Segelschiffe mit Windenergie über die Meere und wurde Getreide in Windmühlen gemahlen, so gewinnen wir heute aus der Energie des Windes Strom. Das Funktionsprinzip ist mit einem großen Fahrraddynamo vergleichbar. Die Rotorblätter drehen sich im Wind und entnehmen ihm dabei die Energie. Der Generator wandelt diese Energie, ähnlich dem Fahrraddynamo, in Strom um.

Da der Wind nicht immer gleich stark weht, wird nicht immer gleich viel Strom gewonnen. Das ist auch einer der großen Nachteile von Windenergie. Die ideale Windgeschwindigkeit liegt bei 20 km/h, weht nur ganz schwacher Wind, wird kein Strom gewonnen. Bei einer Windgeschwindigkeit von > 90 km/h werden Windräder abgeschaltet.

Standorte von Windkraftanlagen

Im Jahr 2020 konnte weltweit mit 93 GW (Gigawatt) eine Rekordmenge an Windkraftleistung neu installiert werden, der Großteil davon in China und den USA. Die weltweite Windkraftkapazität von 743 GW trägt dazu bei, dass über 1,1 Milliarden Tonnen CO₂ vermieden werden – das entspricht dem jährlichen Kohlenstoffausstoß Südamerikas. 707,4 GW Windkraftleistung stehen an Land und 35,3 GW offshore im Meer. Die weltweite Windkraftproduktion entspricht mittlerweile 7 Prozent des Stromverbrauches. Im Hinblick auf die zu erreichenden Klimaziele ist in den nächsten Jahren ein weiterer, massiver Ausbau der Windkraft geplant.

Die Windanlagen werden dabei immer leistungsfähiger. Haben viele alte Windräder nur eine Leistung von 110 kW bis 2,5 MW, erzeugen moderne Windräder mit 3 MW und mehr bereits Strom für rund 2 000 Haushalte.

Doch die Entwicklung geht weiter. Je höher die Windräder sind, desto mehr Strom kann gewonnen werden, da der Wind in der Höhe stärker und gleichmäßiger weht. Auch lange Flügel erhöhen die Leistung einer Anlage. Neue Windräder werden also immer höher, größer und leistungsstär-

ker. Windräder mit einer Gesamthöhe von über 200 Metern sind die Zukunft. Die meisten Anlagen in Österreich haben eine Nabenhöhe von ca. 80 m bis 140 m und Rotordurchmesser ebenfalls in diesen Größenordnungen (im Vergleich hat der Stephansdom eine Höhe von 136 m). Das größte derzeit bestehende Windrad steht in Niederösterreich und weist eine Gesamthöhe (Blattspitze) von 203 m auf. Im Burgenland wird ein Windpark errichtet, wo die Blattspitze 240 Meter hoch ist.

Windkraftanlagen werden dort errichtet, wo der Wind weht. Das sind Küstengebiete, Gebirgslagen und windreiche Tallagen wie der Nordosten Österreichs. Grundsätzlich unterscheidet man bei den Windkraftanlagen zwischen Anlagen an Land (Onshore-Anlagen) und den im Meer liegenden Anlagen (Offshore-Anlagen).

Die Tendenz geht bei allen Windrädern in Richtung größere und leistungsstärkere Anlagen. Es werden bereits Windräder mit einer Leistung von 12 MW geplant, dabei kann bereits ein Windrad eine Kleinstadt mit Strom versorgen.

Windentstehung

Der Motor für die Entstehung von Wind ist die Sonne. Heizen die Sonnenstrahlen den Erdboden auf, erwärmt sich darüber auch die Luft. Die warme Luft dehnt sich aus und wird dadurch dünner und leichter: Die Luftmasse steigt nach oben. Dadurch entsteht in Bodennähe ein Gebiet mit Tiefdruck. Kalte Luft dagegen sinkt ab und am Boden bildet sich dabei ein Gebiet mit Hochdruck. Um den Druckunterschied zwischen benachbarten Luftmassen auszugleichen, strömt kältere Luft dorthin, wo warme Luft aufsteigt. Je größer der Temperaturunterschied ist, desto schneller bewegt sich die Luft – der Wind weht. Am Meer lässt sich die Entstehung von Wind besonders gut beobachten. Tagsüber erwärmt sich die Luft über dem Land schneller als über dem Wasser. Die warmen Luftmassen steigen nach oben und saugen die kühle und schwere Luft über dem Wasser an: Der Wind weht vom Meer zum Land. Nachts ändert der Wind seine Richtung, weil das Wasser die Wärme länger speichert als das Land. Dadurch ist auch die Luft darüber noch wärmer und steigt auf. Dann weht der Wind vom Land zum Meer.

Quellen

Amt der Steiermärkischen Landesregierung - Abteilung 15 (Hrsg.) (2017). *Klima- und Energiestrategie Steiermark 2030*. Graz. Verfügbar unter: www.technik.steiermark.at/cms/dokumente/12449173_142705670/f9e55343/KESS2030_Web_Seiten.pdf [31.08.2021].

Amt der Steiermärkischen Landesregierung - Abteilung 15 (Hrsg.) (2021). *Energiebericht 2020. Zahlen, Daten und Fakten zu Energieaufbringung, -verwendung und erneuerbaren Energien in der Steiermark*. Graz. Verfügbar unter: www.technik.steiermark.at/cms/dokumente/12678764_146432123/e2bb6b52/Land_Stmk_Energiebericht2020_Barrierefrei.pdf [31.08.2021].

Amt der Steiermärkischen Landesregierung (Hrsg.) (2013). *Entwicklungsprogramm für den Sachbereich Windenergie*. Graz. Verfügbar unter: www.landesentwicklung.steiermark.at/cms/dokumente/12755541_154267170/4241949a/Sapro%20Wind_Publikation%20HP_.pdf [31.08.2021].

Amt der Steiermärkischen Landesregierung (Hrsg.) (2019). *Klima- und Energiestrategie Steiermark 2030. AKTIONSPLAN 2019-2021*. Graz. Verfügbar unter: www.technik.steiermark.at/cms/dokumente/12449173_142705670/6c57ec20/KESS%202030%20Aktionsplan_August2019_Final_.pdf [31.08.2021].

Didaktische Umsetzung

Bei dieser Einheit setzen sich die Kinder auf verschiedene Weise mit dem Thema Wind auseinander. Es werden Wörter im Zusammenhang mit Wind gesucht, die Windentstehung sowie der Aufbau und die Funktionsweise von Windrädern erarbeitet. Im Gespräch werden Erfahrungen und Gedanken zu möglichen Vor- und Nachteilen von Windrädern gesammelt. Die Frage nach den unterschiedlichen Standorten können Kinder aus ihren Erfahrungen beantworten, Bildkarten werden ergänzend verwendet.

Inhalte	Methoden
Einführung ins Thema 10 Minuten	
<p><i>Windwörter werden gesammelt.</i></p>  <p><small>kalhh/pixabay.com</small></p>	<p><u>Material</u> Tafel, Kreide</p> <p>Gearbeitet wird im Sesselkreis.</p> <p>Es werden gemeinsam Wörter gesucht, die mit Wind zu tun haben. Die Ergebnisse werden auf der Tafel notiert. (zB Sturm, Orkan, Windrose, Windrad, Anemometer, Brise, Energie ...).</p> <p>Alternativ können zusammengesetzte Wind-Wörter mit neuer Bedeutung gebildet werden. (zB Wind-Rad, -Hund, -Hose, -Rose, wind-arm, -reich, -still, Auf-Wind, Ab- ...)</p>
Wie entsteht Wind? 30 Minuten	
<p><i>Mithilfe eines Experimentes wird die Windentstehung erklärt.</i></p>	<p><u>Material</u> Beilage „Experimentieranleitung: Teebeutelrakete“ Beilage „Arbeitsblatt: Entstehung des Windes“</p> <p>Das Teebeutel-Experiment wird gemeinsam nach Anleitung durchgeführt und das ergänzende Arbeitsblatt anschließend von den SchülerInnen ausgefüllt.</p>
Wind als Energiequelle nutzen 20 Minuten	
<p><i>Die Möglichkeit der Windenergienutzung wird besprochen.</i></p>  <p><small>Rainald62/wikimedia.org</small></p>	<p><u>Material</u> Beilage „Schaubild: Aufbau eines Windrades“ Beilage „Infoblatt: Aufbau eines Windrades“ Beilage „Windradpuzzle: Aufbau eines Windrades“</p> <p>Folgende Fragen werden den Kindern gestellt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wie nutzen wir den Wind? <i>Energiegewinnung, Drachen steigen, segeln ...</i> • Wie hat man den Wind früher genutzt? <i>Windmühlen, Segelschiffe</i> • Wie funktioniert die Energiegewinnung? <i>Hier wird der Aufbau und die Funktionsweise eines Windrades erklärt.</i> <p>Anhand des Schaubildes werden die Bestandteile des Windrades erarbeitet und die Funktionsweise wird geschildert.</p> <p>Mit dem Windradpuzzle und der Beschriftung der Einzelteile wird das Gehörte dann gefestigt.</p>

Die Standorte von Windrädern	30 Minuten
<p>Anhand der Bildkarten werden die unterschiedlichen Standorte von Windrädern besprochen.</p> 	<p><u>Material</u> Beilage „Bildkarten: Windräder und ihre Standorte“</p> <p>Die Kinder werden angehalten zu erzählen, wo sie schon Windräder gesehen haben. Die Bilder von unterschiedlichen Windrädern werden anschließend in die Kreismitte gelegt.</p> <p>Die Kinder werden gefragt, nach welchen Kriterien sie einen Standort für Windräder auswählen würden.</p> <p>Es darf eine Diskussion mit unterschiedlichen Meinungen entstehen.</p> <p>Mögliche Ansätze:</p> <ul style="list-style-type: none"> • in der Nähe der Häuser, weil hier der Strom gebraucht wird • weit von den Häusern weg, damit sie nicht stören • neben den Stromleitungen, weil dann der Strom direkt in das Netz eingespeist werden kann • am Berg, da hier der meiste Wind weht <p>Dann wird besprochen, dass die Energiegewinnung aus Wind wichtig ist, aber nicht nur Vorteile hat. Mögliche Vor- und Nachteile werden gemeinsam überlegt.</p>
Basteln eines Windrades	30 Minuten
<p>Mit einem selbst gebasteltem Windrad die Kraft des Windes erleben.</p>  <p><i>Tung Truong Trong / pixabay.com</i></p>	<p><u>Material</u> dickes quadratisches Papier, Schere, Reißnagel, Holzstab</p> <p>Jedes Kind bastelt sein eigenes Windrad.</p> <p>Dabei werden beim Papier die gegenüberliegenden Spitzen mit einer Linie verbunden und das Blatt entlang der Linien ein Stück eingeschnitten. Die Flügel des Windrades werden geformt, indem die Spitzen in die Mitte gelegt und diese mit einem Reißnagel am Holzstab befestigt werden.</p> <p>Die fertigen Windräder können die Kinder nun bei einem Lauf in Bewegung setzen und so die Kraft des Windes bewusst erfahren.</p> <p> Tipp: Es können auch andere, anspruchsvollere Varianten gebastelt werden. Dazu gibt es zahlreiche Vorlagen im Internet, die Umsetzung und Gestaltung kann individuell gewählt werden.</p>

Beilagen

- ▶ Experimentieranleitung: Teebeutelrakete
- ▶ Arbeitsblatt: Entstehung des Windes
- ▶ Schaubild: Aufbau eines Windrades
- ▶ Windradpuzzle: Aufbau eines Windrades
- ▶ Infoblatt: Aufbau eines Windrades
- ▶ Bildkarten: Windräder und ihre Standorte

Weiterführende Themen

- ▶ Was ist Energie?
- ▶ Was ist Strom?
- ▶ Stromverbrauch im Alltag
- ▶ Experimente zu Strom und Energie
- ▶ weitere erneuerbare Energien: Wasser, Sonne, Biomasse

Weiterführende Informationen

Literatur

- Übelacker, E. (2010). *Was ist Was - Energie*. Band 3. Nürnberg: Verlag Tessloff

Links

- Daten und Fakten zur Windenergie in Österreich.
<https://www.igwindkraft.at>
- Ein Erklärvideo der IG-Windkraft „Fünf Kids entdecken die Windkraft“, Dauer 16 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=Q3WH5c3tIXw>

Praxismaterialien

- Energie-Experimente, Unterrichtshilfe als kostenloser Download für Lehrende der 3.-8. Schulstufe mit einer Sammlung von einfachen Versuchen zu den Themen erneuerbare Energien sowie Strom und Elektrizität. Verfügbar unter: https://www.ubz-stmk.at/publikationen_energie
- Umwelt-Bildungs-Zentrum Steiermark: weitere Stundenbilder zum Thema Energie wie zB „Energie - was ist das?“, „Kraftwerk Sonne“. Verfügbar unter: www.ubz-stmk.at/stundenbilder
- Energie-Praxiskoffer: zahlreiche Praxismaterialien sowie diverse Messgeräte für Experimente und Demonstrationen rund ums Thema Strom und Energie. Kostenloser Verleih für steirische Schulen und Organisationen. www.ubz-stmk.at/praxiskoffer



Noch Fragen zum Thema?

Mag.ª Pauline Jöbstl
Telefon: 0043-(0)316-835404-9
pauline.joebstl@ubz-stmk.at



www.ubz-stmk.at

Teebeutelrakete

Das Experiment zeigt, wie Wind entsteht. Dieser Versuch wird gemeinsam in der Klasse durchgeführt.

Benötigtes Material

- Teebeutel (nicht alle funktionieren, zuvor ausprobieren)
- Zündhölzer oder Feuerzeug
- feuerfeste Unterlage als Startrampe (zB Teller)

Durchführung

Der Teebeutel wird knapp hinter der Klammer gerade abgeschnitten, sodass er sich öffnen lässt, und der Tee aus dem Beutel entfernt.

Danach formt man aus dem Teebeutel eine Röhre und stellt ihn auf die feuerfeste Startrampe. Der Teebeutel darf nicht umfallen (falls die brennende Rakete umfällt, mit einem Tuch ausdämpfen), es soll kein Luftzug im Raum herrschen.

Nun zündet man den Teebeutel ganz oben an und berührt ihn dabei nur mit der Flamme, damit er nicht umfällt. Mit der nach unten brennenden Flamme kann ein Countdown von 5 bis 0 heruntergezählt werden. Bei 0 hebt die Rakete ab.

Ergebnis

Die durch das Feuer erwärmte Luft steigt auf und reißt den letzten Rest des brennenden Teebeutels, der beim Verbrennen an Gewicht verloren hat, mit nach oben.

Hintergrundinformation

Durch die Hitze des Feuers erhält die Luft Energie. Die kleinen Luftteilchen (Moleküle) bewegen sich also mehr als zuvor und brauchen daher auch mehr Platz. In der warmen Luft ist die Anzahl der Luftteilchen, also die **Luftdichte**, durch den erhöhten Platzbedarf geringer als rundherum. Warme Luft ist somit leichter als kalte und steigt auf. Dasselbe gilt für warmes und kaltes Wasser.

In der Natur erwärmen sich Oberflächen durch die Sonneneinstrahlung unterschiedlich stark. Zum Beispiel erwärmt sich die Landoberfläche schneller als das Meer, welches mehr Sonnenstrahlen reflektiert. Durch das Erhitzen dehnt sich die Luft über dem Festland aus, wird leichter und steigt nach oben. Gleichzeitig strömen kühlere Luftmassen nach. So entsteht eine Luftbewegung, die wir als Wind wahrnehmen.

Warme, aufsteigende Luft übt weniger Druck auf die Erde aus als kalte, absinkende Luft. Wo warme Luft aufsteigt, herrscht ein **Tiefdruckgebiet**, wo kalte Luft absinkt, ein **Hochdruckgebiet**. Luft bewegt sich immer dahin, wo der Druck niedrig ist, um ihn auszugleichen. Anders ausgedrückt, die warme Luft saugt die kalte hinter sich her - die Luft strömt vom Hochdruckgebiet zum Tiefdruckgebiet.



Entstehung des Windes

Beobachte, was beim Teebeutelexperiment passiert!

- Erzähle kurz, wie das Experiment funktioniert hat und was du beobachten konntest.

.....

.....

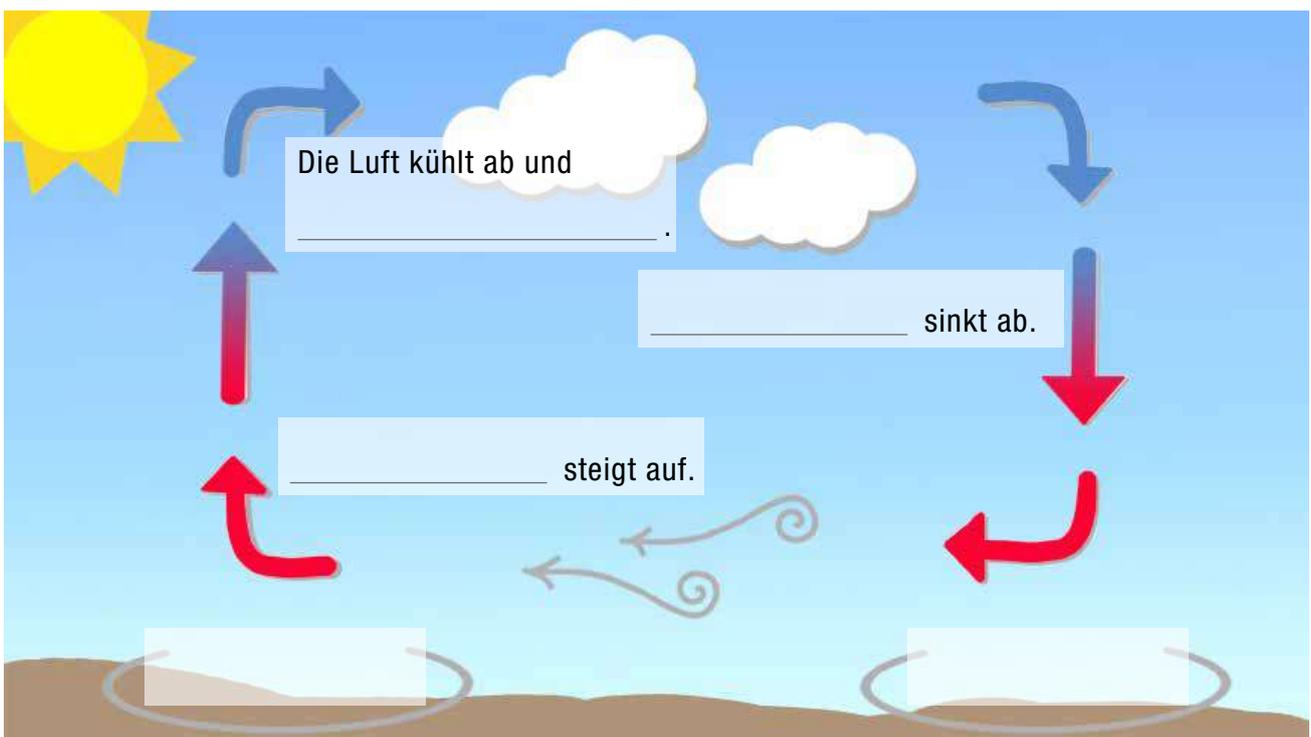
.....

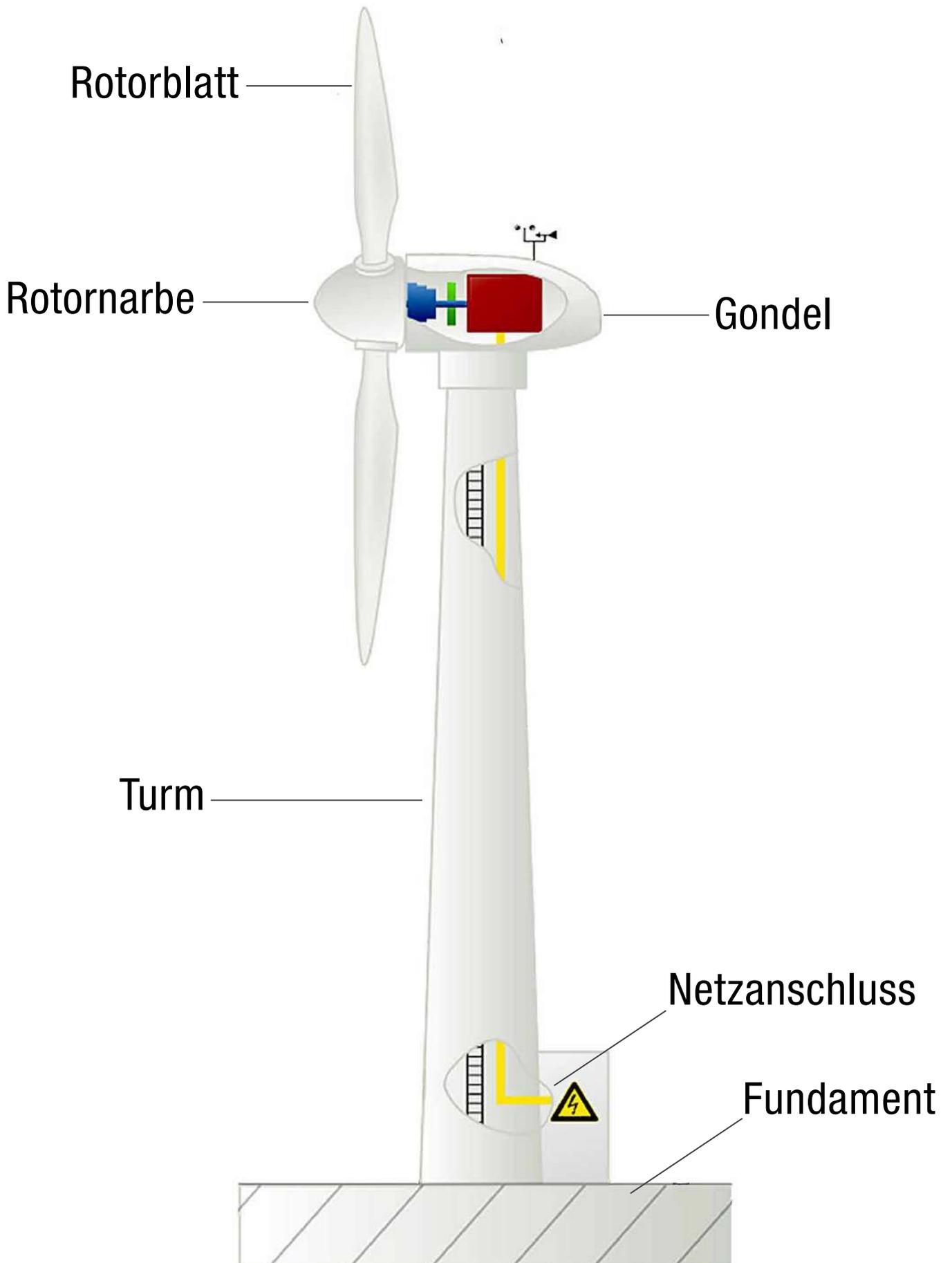
.....



- Die Grafik zeigt die Entstehung von Wind. Schreibe folgende Begriffe in die richtigen Kästchen.

Tiefdruckgebiet | Hochdruckgebiet | erwärmte Luft | kalte Luft | Wolken entstehen

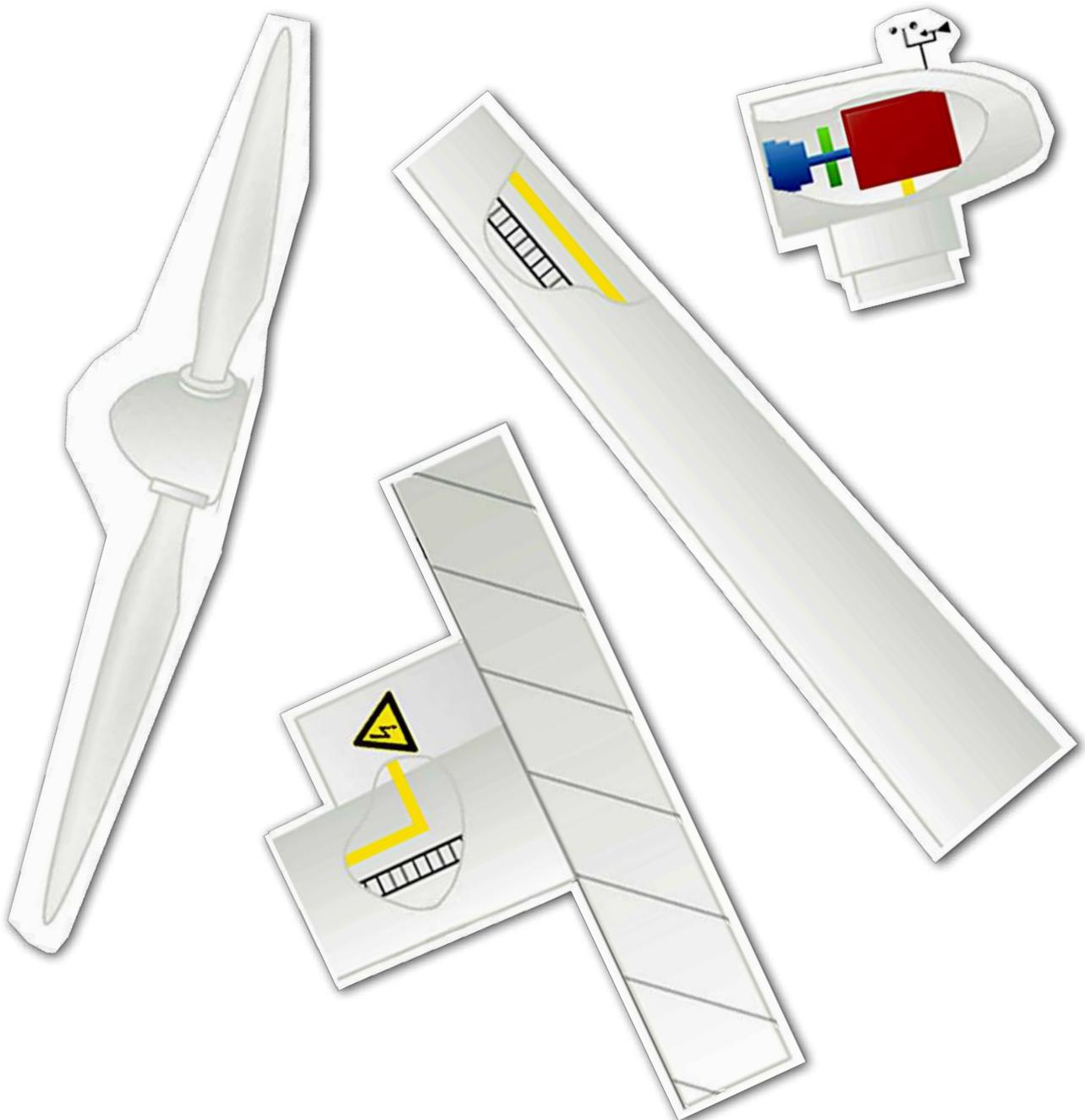




Aufbau eines Windrades

- Schneide die Einzelteile des Windrades aus und klebe sie richtig auf ein leeres Blatt Papier.
- Beschrifte das fertige Windrad mit folgenden Begriffen:

Rotorblatt | Fundament | Turm | Rotornarbe | Gondel | Netzanschluss



Aufbau eines Windrades

Die wichtigsten Bestandteile einer Windkraftanlage sind:

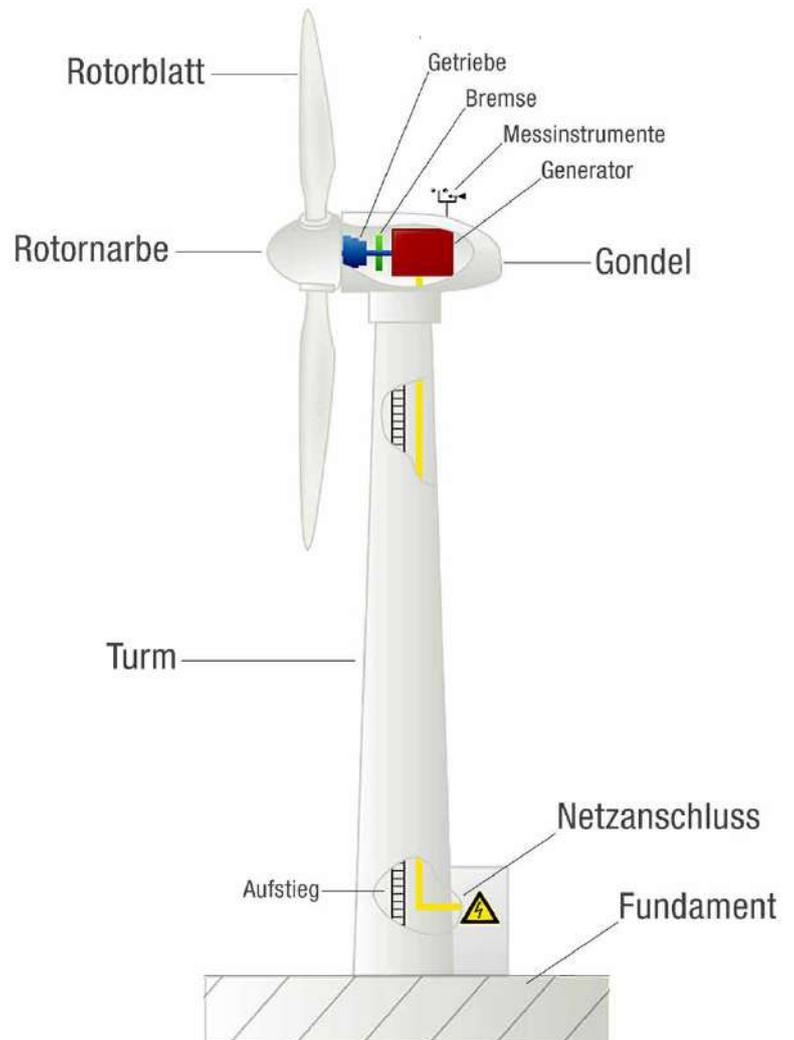
Fundament: Stahl und Beton sorgen dafür, dass die Anlage fest im Boden verankert ist.

Turm: Die Höhe des Turmes ist vor allem standortabhängig. Am häufigsten werden Türme aus Stahl errichtet, die Einzelteile werden angeliefert und vor Ort zusammengesetzt. Im Turm führt eine Leiter hinauf zur Gondel.

Gondel: Sie ist der Maschinenraum des Windrades. In ihr befinden sich der Computer, das Getriebe, der Generator und die Bremse der Anlage. Auf der Gondel befinden sich Messinstrumente. Diese zeigen die Windrichtung an (Windfahne) und messen die Windgeschwindigkeit (Anemometer). An der Gondel ist der Rotor befestigt.

Rotor: Der Rotor eines Windrades besteht aus der **Rotornabe** und meistens drei Flügeln. Die Flügel werden auch **Rotorblätter** genannt. Je schneller sich die Rotorblätter drehen, desto höher ist die Energieumwandlung der Anlage. Die Flügelspitzen der Rotorblätter drehen sich zwischen 200 und 300 km/h.

Trafo und Netzanschluss: Der im Generator erzeugte Strom wird mittels eines Transformators (kurz: Trafo) auf die Spannung des Übertragungsnetzes umgewandelt und ins Stromnetz eingespeist



Standort Meer



Standort Flachland



Standort Gebirge



Standort Siedlungsnähe

