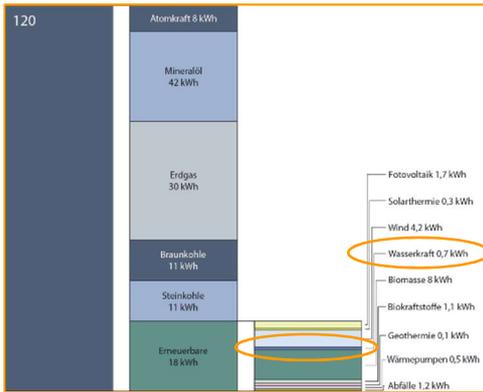


Quizchallenge: Windenergie in Deutschland (Teil 1)

Das ist der aktuelle Energiemix von Deutschland, bei dem die Wasserkraft 0,7kWh pro Person und Tag ausmacht.



Wenn Deutschland die Wasserkraft maximal ausbauen würde, d.h. alle Kraftwerke bauen, die technisch möglich sind, so könnte man dies als Graphik darstellen.

Welche der unteren Darstellungen wäre die richtige?



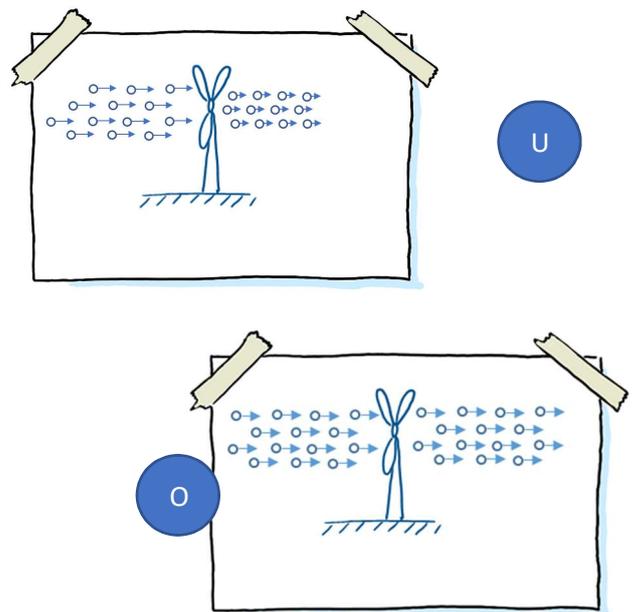
Was ist Wind?



Betrachte das Video und den Text!

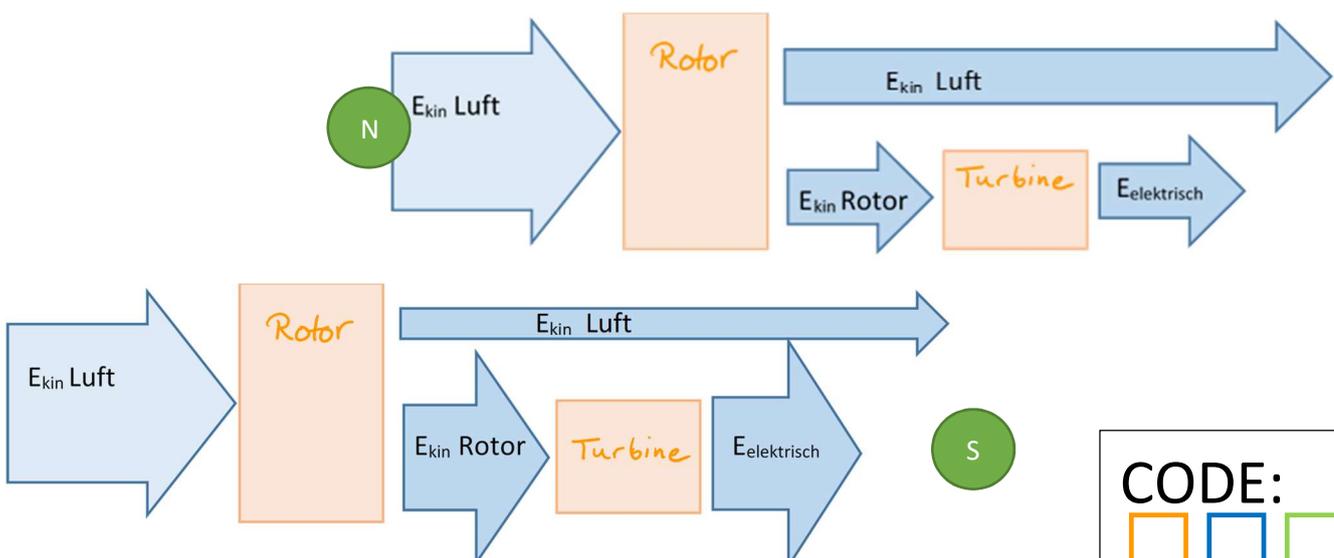
- Video von TerraX bis Minute 0:55 https://www.youtube.com/watch?v=l_rNIsBJ82k
- Wind entsteht immer dann, wenn sich der Luftdruck zwischen zwei Orten unterscheidet. Die Luftteilchen, die den Wind bilden besitzen kin. Energie. Treffen sie auf das Windrad, so übertragen sie Teile dieser Energie auf den Rotor und bringen diesen zum Drehen.

Welche Graphik beschreibt die Teilchenbewegung am Windrad korrekt?



Schon 1919 bewies der deutsche Physiker Albert Betz, dass nur maximal 59% der Windenergie in elektrische Energie umgewandelt werden können. Entnimmt man dem Wind mehr kin. Energie, so wird die Luft hinter dem Windrad so langsam, dass sie ein Hindernis wäre für die nachströmende Luft. Dann funktioniert das Windrad nicht mehr optimal.

Überlege dir, welches Energieflussdiagramm korrekt ist (an Rotor und Turbine entsteht zusätzl. Wärme, das wurde hier weggelassen)



CODE:



Quizchallenge: Windenergie in Deutschland (Teil 2)

Um die kinetische Energie der Luft, die das Windrad in Bewegung setzt, zu berechnen, kann man die Standardformel verwenden. Notiere dir hier die Formel:

$E_{kin} =$

Dazu benötigt man die Masse der Luft, die ihre Energie in einer Stunde teilweise auf das Windrad überträgt.

- a) Auf ein Windrad trifft Luft der Geschwindigkeit $v_{Wind} = 6,5 \frac{m}{s}$. Nimm an, dass die Masse der Luft, die das Windrad **innerhalb einer Stunde** in Bewegung setzt $m_{Luft} = 2,3 \cdot 10^8 kg$ beträgt. **Berechne die kinetische Energie der Luft.**

$E_{kin Luft} =$ _____ J pro Stunde

- b) Gehe davon aus, dass das Windrad 50% in elektrische Energie umwandelt. Bestimme, welche elektrische Energie **in kWh** dabei pro Stunde erzeugt wird.

$E_{elektrisch} =$ kWh pro Stunde
(Die erste Ziffer gilt für den Code)

Bestimme nun, die Geschwindigkeit der Luft nachdem diese durchs Windrad geströmt ist

$v_{Wind_nach_Windrad} =$ m/s
(Die erste Ziffer gilt für den Code)

Vergleiche $v_{Wind_nach_Windrad}$ mit v_{Wind_vorher} .

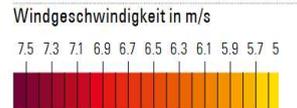
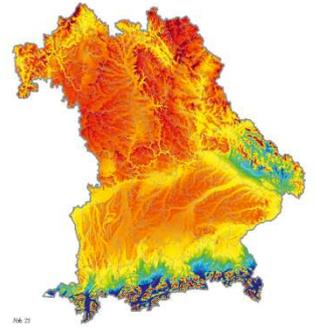
Überlege dir, warum es keinen Sinn macht, zwei Windräder direkt hintereinander zu bauen.

An dieser Karte siehst du das $v_{Wind} = 6,5 \frac{m}{s}$ ein sinnvoller Wert ist. **Bestimme die Höhe, auf die sich diese Karte bezieht.**



(Die erste Ziffer gilt für den Code)

Lsg: m über Grund

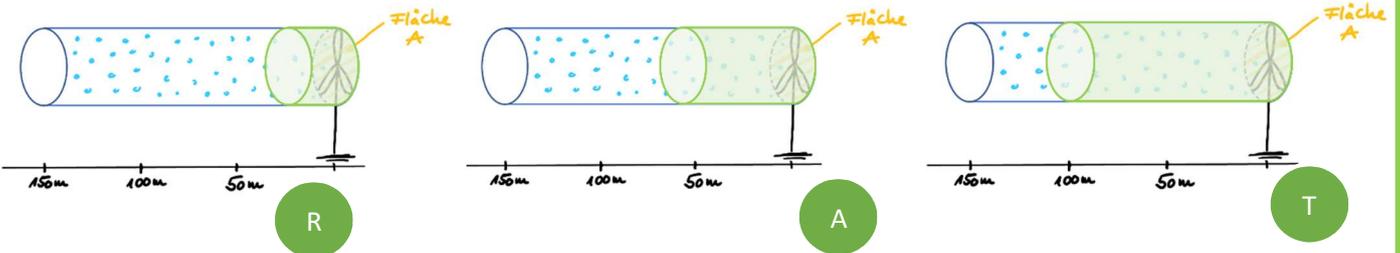


Im lila Kasten wurde die Masse, die in einer Stunde durch das Windrad strömt, vorgegeben. ★★

Um diese zu bestimmen, müssen wir abschätzen, wie viele Luftteilchen pro Stunde das Windrad treffen. Der blaue Schlauch in der untenstehenden Grafik zeigt den Luftstrom, der durch die Rotorblätter strömt.

Die grüne Markierung zeigt die Luftteilchen, die in 10s den Rotor erreichen werden ($v_{Wind} = 6,5 m/s$).

In welcher Zeichnung ist die Markierung korrekt angebracht?



Die Grafik hilft dir zu erkennen wovon die Masse abhängt.

Von der Windgeschwindigkeit v_{Wind}

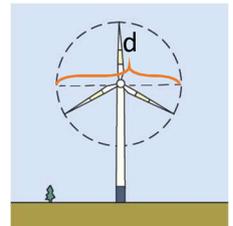
A

vom Rotordurchmesser d

U

oder von beiden

I



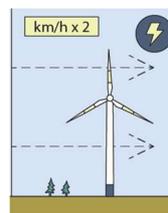
Doppelte Windgeschwindigkeit bedeutet doppelte Masse.

Um welchen Faktor steigt die kin. Energie, wenn sich v_{Wind} verdoppelt? Die kin. Energie ist Mal so groß.

Faktor= 4 => T

Faktor= 6 => U

Faktor= 8 => R



CODE:

CODE:

Quizchallenge: Windenergie in Deutschland (Teil 3)

Windenergiegewinn für Deutschland

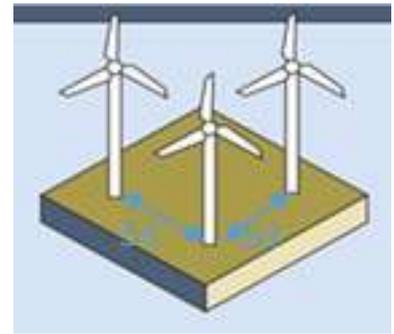
Im **roten Kasten im Teil 2** habt ihr berechnet, dass $v_{\text{Wind_nach_Windrad}}$ deutlich geringer ist als $v_{\text{Wind_vorher}}$. => Es ist nicht effektiv, die Windräder ohne ausreichenden Abstand hintereinander zu bauen.

Als Faustregel gilt: Jedes Windrad mit Rotordurchmesser d beansprucht ein Quadrat mit der Kantenlänge $5 \cdot d$, da die Anlage sonst nicht genug Wind erhält.

Um abzuschätzen, wieviel Energie mit Windkraft pro km^2 erzeugt werden kann betrachten wir ein mittelgroßes Windkraftwerk mit $d = 100\text{m}$. Dann passen genau 4 Windräder auf diese Fläche. ★★

Berechne mit Hilfe des Ergebnisses aus dem **lila Kasten aus Teil 2** die elektrische Energie in kWh, die auf einem km^2 innerhalb von 24h erzeugt werden kann.

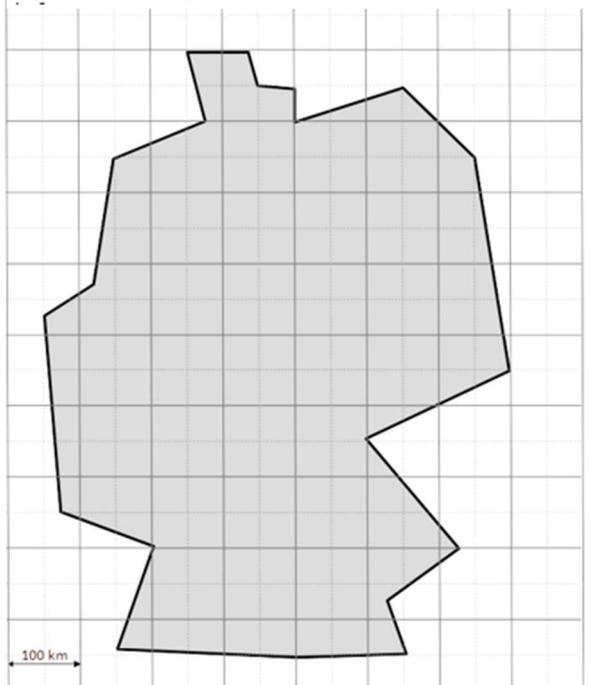
$E_{\text{ges}} =$ kWh pro km^2 pro Tag (**Die erste Ziffer gilt für den Code**)



Nimm an, dass 25 000 km^2 auf der Landfläche von Deutschland genutzt werden können.

Betrachte den Maßstab der Karte und bestimme wie viele große Rasterfelder du schraffieren musst, um diese Fläche zu kennzeichnen. __, (**Die Ziffer hinter dem Komma**)

großes Rasterfeld: Kantenlänge 100km / Fläche 10.000 km^2 kleines Rasterfeld: 50km/2500 km^2



Berechne mit dem Ergebnis aus dem orangenen Kasten, die Windenergie auf dieser Fläche (25 000 km^2) in kWh pro Tag

$E_{\text{ges}} =$ _____

Wie viele Windkraftanlagen braucht man dafür?

Anzahl: _____

Abschluss: Nun können wir die Energie pro Person und Tag, die die Windenergie am Land (Onshore) in Deutschland bereitstellen kann berechnen. (In BRD leben ca. 80 Millionen Menschen)

$E_{\text{Onshore}} =$ kWh pro Tag pro Person

Anmerkung: Die Windräder dieser Abschätzung sind mit $d = 100\text{m}$ relativ klein.

Je größer die Windanlagen werden, desto mehr elektrische Leistung können sie erzeugen, aber desto größer muss der Abstand zwischen ihnen sein, aufgrund der 5d-Regel.

⇒ Berechnungen von Wissenschaftlern zeigen, dass man mit ca. 40 000 hohen Windkraftanlagen und der gleichen Landfläche (= 7% unserer Landfläche) auf etwa die gleiche Energie pro Person und pro Tag kommt, wie bei der oberen Abschätzung.

Windkraft aus Offshore-Anlagen

Offshore (also im Meer) ist die Windgeschwindigkeit größer. Anhand der Größe der Küsten in Deutschland steht eine Fläche von ca. 12 500 km^2 zur Verfügung. Die **Energie die pro km^2 gewonnen werden kann, ist allerdings doppelt so groß wie auf Land**, aufgrund der höheren Windgeschwindigkeit.

Schätze die durch Offshore Windkraft bereitgestellte Energie mithilfe des grünen Kastens ab. (Geht auch ohne Taschenrechner 😊)

$E_{\text{Onshore}} =$ _____ kWh pro Tag pro Person

$E_{\text{Onshore}} + E_{\text{Offshore}} =$ kWh pro Tag pro Person

CODE:

