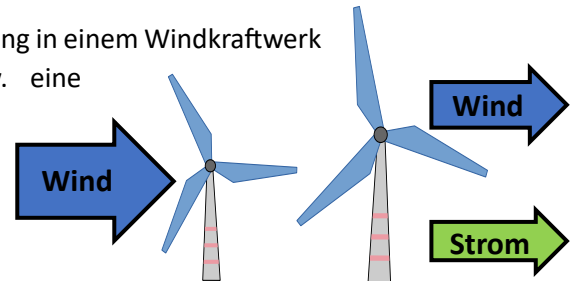


Grundlagen einer Windkraftanlage (WKA)

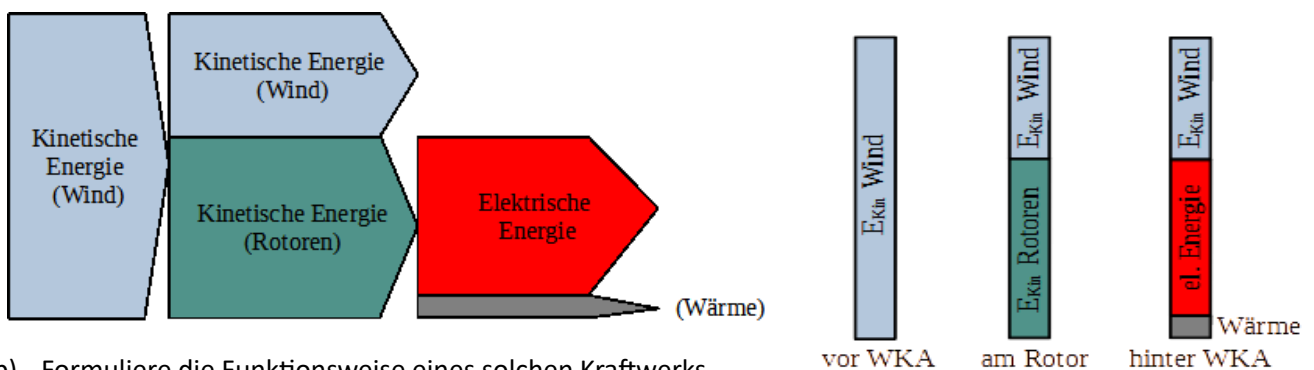
- Wie funktioniert eine Windkraftanlage?
- Warum kann eine WKA keinen beliebig hohen Wirkungsgrad erreichen?
- Warum werden moderne WKA immer größer?

Aufgabe 1:

- a) Beschreibe mit Hilfe von Abbildung ▶ 1 die Energieumwandlung in einem Windkraftwerk und fertige ein qualitatives Energieflussdiagramm bzw. eine qualitative Energiebilanz an.



▶ 1 Grundprinzip eines Windkraftwerks



- b) Formuliere die Funktionsweise eines solchen Kraftwerks.

Der Wind strömt auf das Windkraftwerk zu, die Rotoren des Windkraftwerks übertragen einen Teil der kinetischen Energie des Windes in kinetische Energie der Rotoren, sie beginnen zu drehen („rotieren“). Im Inneren des Windkraftwerks wird diese kinetische Energie (durch einen Generator) in elektrische Energie umgewandelt (dabei entstehen zudem noch kleinere Umwandlungsverluste in Form von Wärme).

Aufgabe 2:

Der maximal erreichbare Wirkungsgrad einer Windkraftanlage (WKA) beträgt knapp 60%, heutige Anlagen erreichen bereits etwa 50% Wirkungsgrad.

- a) Erkläre wieso der Wirkungsgrad einer WKA nicht beliebig ansteigen kann.
(Tipp: Welche Folge hätte es, wenn das Windrad einen Wirkungsgrad von fast 100% hätte?)

Würde der Wirkungsgrad eines WKA nahezu 100% betragen, so würde dem an den Rotoren vorbeiströmenden Wind praktisch die komplette kinetische Energie entzogen, der Wind würde folglich abrupt zum Stillstand kommen. Dies tritt zwar nur an den Rotoren auf, da sich diese jedoch auf einer großen Fläche durch die Luft drehen würde der Wind extrem abgebremst werden. Dies hätte nicht nur die Folge, dass ein windabwärts gelegenes WKA erheblich weniger Wind erhalten würde, sondern würde auch die natürlichen (bodennahen) Windströmungen massiv stören.

b) Wieso kann man WKA nicht beliebig nah aneinanderbauen (Faustregel: 5facher Rotordurchmesser Abstand zueinander)?

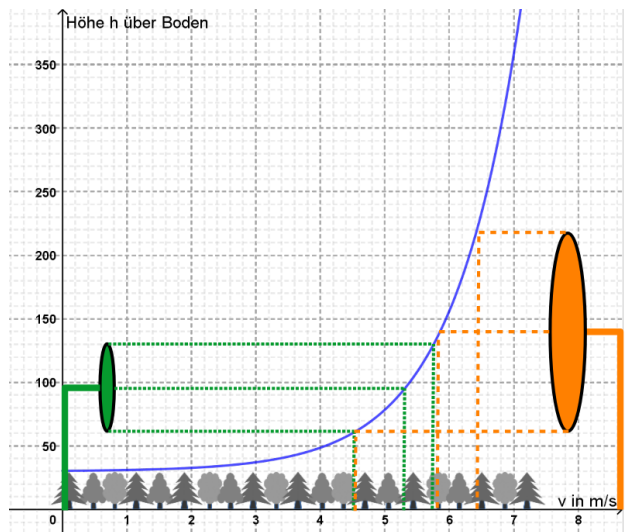
WKA müssen folglich so weit auseinander gebaut werden, dass die Entnahme kinetischer Energie eines WKA weitere WKA in seiner Umgebung nur in geringem Maße beeinflussen, da sich die verlangsamte Luftströmung mit dem restlichen (ungebremsten) Wind mischen kann, der das WKA ungehindert durch- und umfließt.

Aufgabe 3:

Verwende ▶ 2 und ▶ 3 um die mittlere typische Windgeschwindigkeit für eine WKA älterer und neuerer Bauart rechnerisch abzuschätzen.

	älter	neuer
Nabenhöhe in m	98	140
Rotorlänge	35	80
Nennleistung in kW	1.500	5.500
Nennwindgeschwindigkeit in m/s	13	13
Abschaltgeschwindigkeit in m/s	25	28

▶ 2 Leistungsdaten von Windkraftwerken



▶ 3 Geschwindigkeits-Höhe-Diagramm von Wind

älteres WKA:

Wind in Nabenhöhe: ca. 5,3 m/s

Untere Rotorspitze: ca. 4,5 m/s

obere Rotorspitze: ca. 5,8 m/s

Mittelwert ca. 5,2 m/s

neueres WKA:

ca. 5,8 m/s (einfache Lsg)

ca. 4,5 m/s

ca. 6,4 m/s

ca. 5,6 m/s

Hinweis:

Logarithmisches Windprofil über Wald mit ca. 30m Kronenhöhe gerechnet (hier v = 0 m/s!)

Aufgabe 4:

Erkläre den Leistungsunterschied der Windkraftanlagen neuerer und älterer Bauart anhand der angegebenen Daten sowie deines Ergebnisses aus Aufgabe 3!

Warum können Anlagen neuerer Bauart eine größere Energiemenge umwandeln als ältere Anlagen?

WKA neuerer Bauart haben zum einen eine größere Nabhöhe, was in einer höheren mittleren Windgeschwindigkeit resultiert. Man sieht jedoch auch dass die mittlere Windgeschwindigkeit bei der neueren Anlage nur um ca. 10% anwächst und somit den Leistungssprung (neuere Anlage hat mehr als drei mal so viel Leistung!) nicht alleine begründen kann.

Vielmehr wächst die von den Rotoren überstrichene Fläche (auf der sie dem Wind kinetische Energie entziehen können) extrem stark an, da die Rotoren mehr als doppelt so groß sind. Da die Rotorlänge dem Kreisradius der Fläche entspricht, welche die Rotoren überstreichen und für die Kreisfläche $A = r^2 \cdot \pi$ gilt, sieht man dass bei einer Verdopplung der Rotorlänge sich die Kreisfläche vervierfacht. Folglich kann dem Wind auch erheblich mehr Energie entzogen werden, was den Hauptanteil der Leistungssteigerung einer größeren WKA ausmacht.

Aufgabe 5 (optional, falls du noch Zeit hast):

Bearbeite der folgenden Aufgaben

- Recherchiere den Aufbau eines Windkraftwerks und
- Recherchiere mit Hilfe eines Wind-Atlas oder dem [Agora Windflächenrechner](#) wo in deiner Region mögliche Standorte mit genügend Wind liegen.