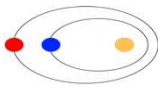


Wasser und Wind als regenerative Energiequellen im Schülerversuch

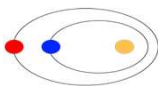
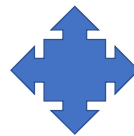


Abb. 9



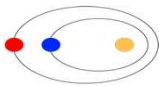
Schülerforschungslabor Kepler-Seminar e.V.

Anforderungen an ein gutes Schülerexperiment?



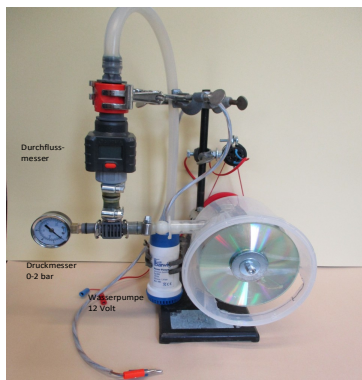
Schülerforschungslabor Kepler-Seminar e.V.

Anforderungen an ein gutes Schülerexperiment?



Schülerforschungslabor Kepler-Seminar e.V.

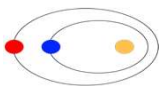
Energieumwandlung mit der Wasserturbine



Mögliche Fragestellungen

- Ideale Form des Turbinenrades ?
- mechanische Leistung der Wasserpumpe?
- mechanische Leistung der Wasserturbine?
- optimaler Betriebsbereich mechanisch?
- optimalen Betriebsbereich elektrisch?
- Wirkungsgrade entlang der Umwandlung?

alle Parameter sollten zugänglich sein!



Schülerforschungslabor Kepler-Seminar e.V.

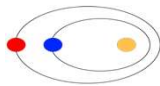
Energieumwandlung mit der Wasserturbine



Bau des Turbinenrades



Druck und Fließgeschwindigkeit



Schülerforschungslabor Kepler-Seminar e.V.

Energieumwandlung mit der Wasserturbine

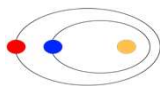
Aufgabe:
 Ermittlung des optimalen
 Betriebsbereichs durch
 Bestimmung des
 maximum
 power point (mpp)
 mechanische Methode



**Geeignete
 Messmethode?**

Mittelstufe ?

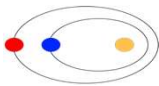
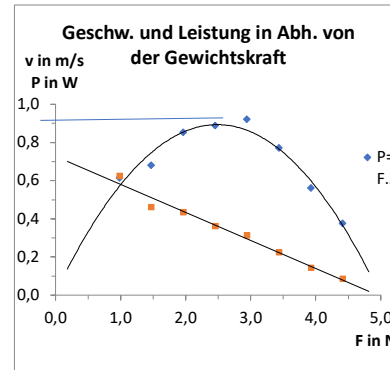
Oberstufe ?



Schülerforschungslabor Kepler-Seminar e.V.

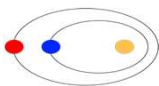
Energieumwandlung mit der Wasserturbine

Aufgabe:
Ermittlung des optimalen Betriebsbereichs durch Bestimmung des maximum power point (mpp) mechanische Methode



Schülerforschungslabor Kepler-Seminar e.V.

Energieumwandlung mit dem Windrad



Schülerforschungslabor Kepler-Seminar e.V.

Projektauftrag (Kollege Holler MGL)

Plant, konstruiert und fertigt eine windbetriebene **Windkraftanlage**, welche **bei vorgegebenen Bedingungen** eine **möglichst hohe Leistung** erbringt.

Wie misst man Leistung?

Mechanische Leistung

Kräfte, Drehmoment, Drehzahl
-> Leistung beim Heben/ Pumpen



Elektrische Leistung

Spannung, Stromstärke
-> Leistung am Generator

Elektrische Leistung

Teil 1: Stromstärke, Spannung und Widerstand ✓

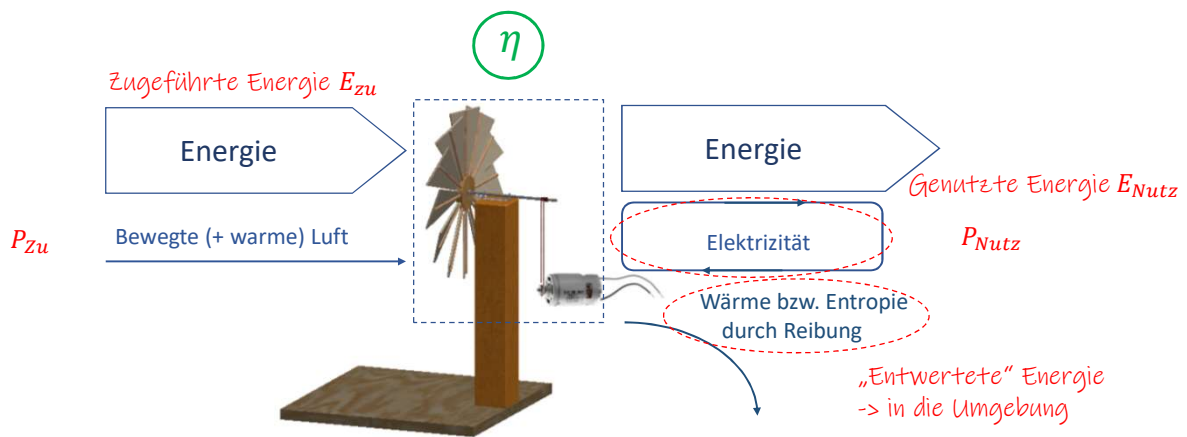
Teil 2: Die elektrische Leistung ✓

Teil 3: Der Wirkungsgrad ✓

Rotorkennlinie ✓

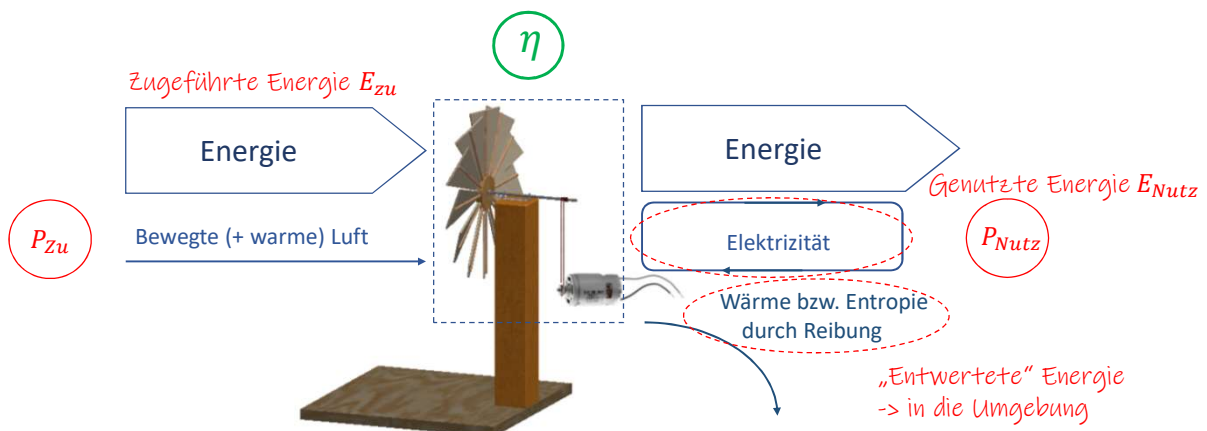
Der Gesamtwirkungsgrad η

$$\eta = \frac{E_{\text{Nutz}}}{E_{\text{Zu}}}$$



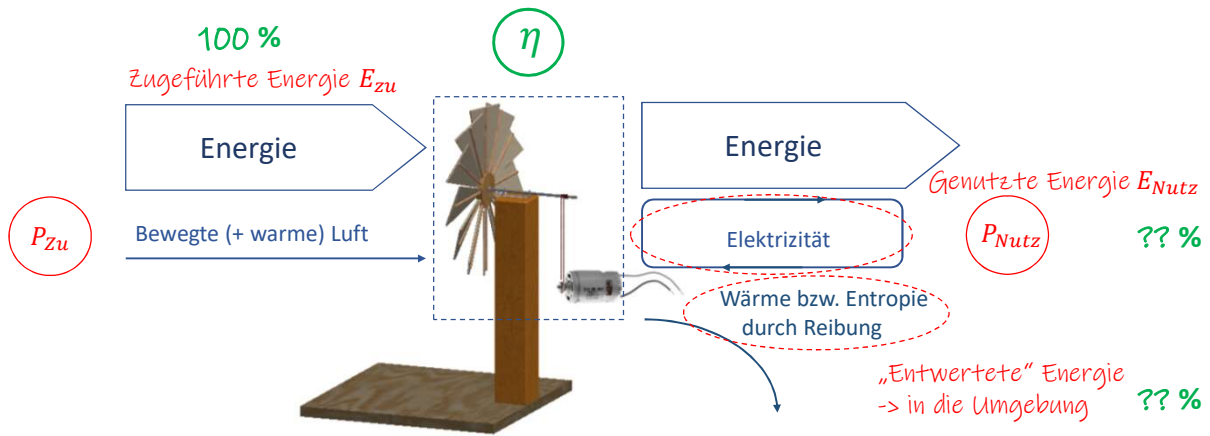
Der Gesamtwirkungsgrad η

$$\eta = \frac{E_{\text{Nutz}}}{E_{\text{Zu}}} \quad \text{bzw.} \quad \eta = \frac{E_{\text{Nutz}}}{E_{\text{Zu}}} = \frac{P_{\text{Nutz}} \cdot \Delta t}{P_{\text{Zu}} \cdot \Delta t} = \frac{P_{\text{Nutz}}}{P_{\text{Zu}}}$$



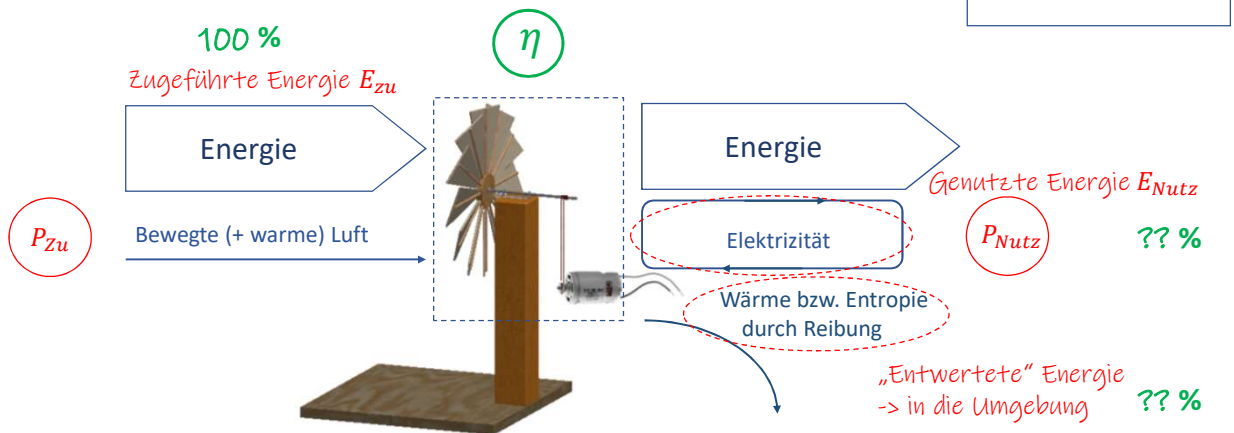
Der Gesamtwirkungsgrad η

$$\eta = \frac{E_{\text{Nutz}}}{E_{\text{Zu}}} \quad \text{bzw.} \quad \eta = \frac{E_{\text{Nutz}}}{E_{\text{Zu}}} = \frac{P_{\text{Nutz}} \cdot \Delta t}{P_{\text{Zu}} \cdot \Delta t} = \frac{P_{\text{Nutz}}}{P_{\text{Zu}}}$$

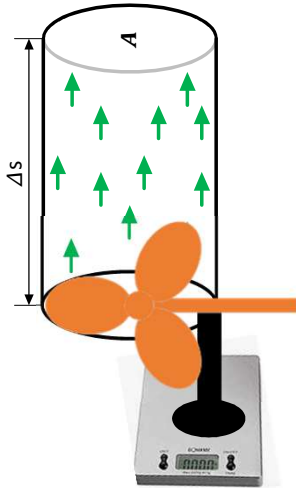


Der Gesamtwirkungsgrad η

$$\eta = \frac{E_{\text{Nutz}}}{E_{\text{Zu}}} \quad \text{bzw.} \quad \eta = \frac{E_{\text{Nutz}}}{E_{\text{Zu}}} = \frac{P_{\text{Nutz}} \cdot \Delta t}{P_{\text{Zu}} \cdot \Delta t} = \frac{P_{\text{Nutz}}}{P_{\text{Zu}}}$$



P_{Zu} : Leistung P_{Wind} des Windes



$$P_{Wind} = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \pi r^2 \cdot v^3$$

$$P = F \cdot v$$

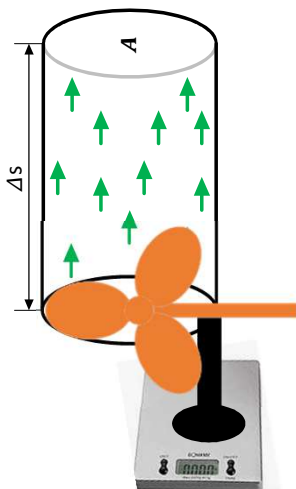
Bewegungsenergie

$$\rho_{Luft} = 1,28 \frac{kg}{m^3}$$

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2} m v^2}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2} \rho V v^2}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2} \rho A s v^2}{\Delta t} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad \text{und} \quad P = F \cdot v$$

$$\text{Gleichsetzen } F \cdot v = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \text{ führt zu } v = \sqrt{\frac{2 \cdot F}{\rho \cdot A}}$$

P_{Zu} : Leistung P_{Wind} des Windes



$$P_{Wind} = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \pi r^2 \cdot v^3$$

$$P = F \cdot v$$

Bewegungsenergie

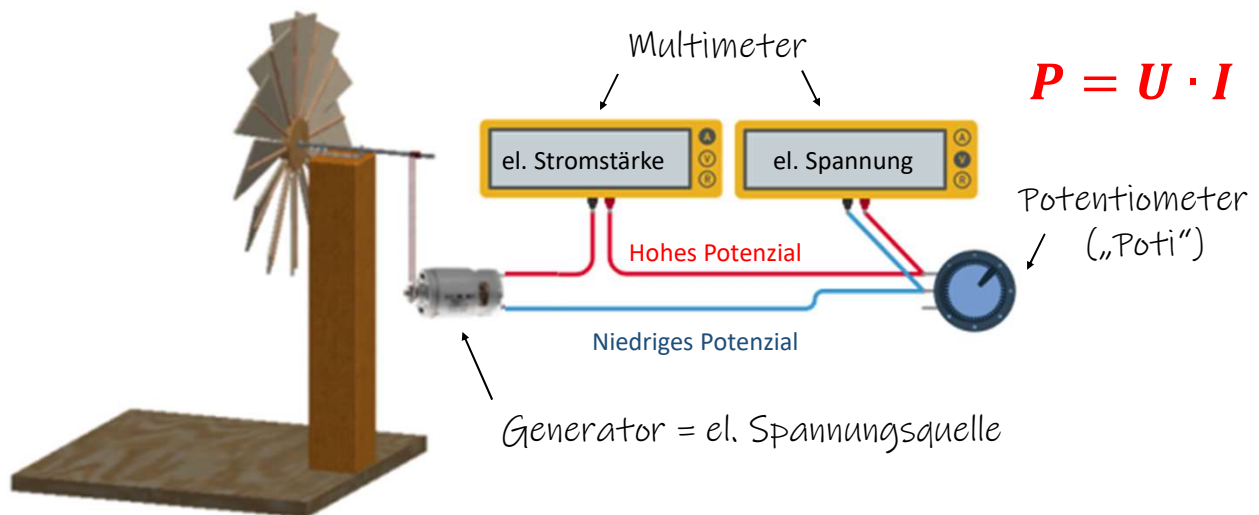
$$\rho_{Luft} = 1,28 \frac{kg}{m^3}$$

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2} m v^2}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2} \rho V v^2}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2} \rho A s v^2}{\Delta t} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad \text{und} \quad P = F \cdot v$$

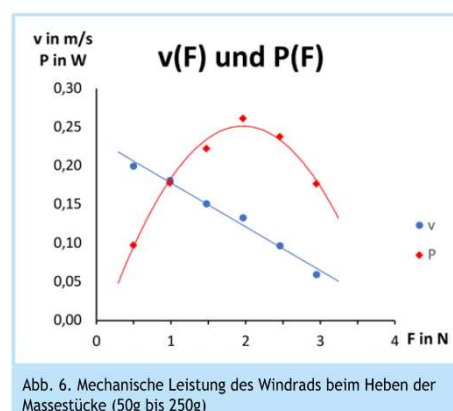
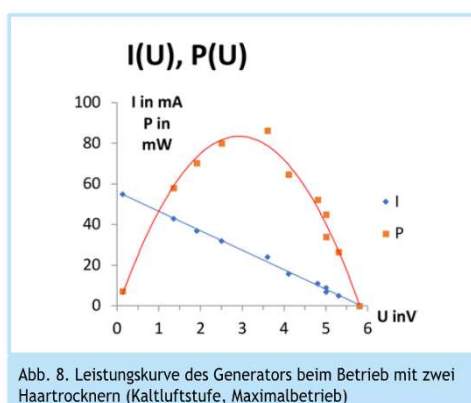
$$\text{Gleichsetzen } F \cdot v = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \text{ führt zu } v = \sqrt{\frac{2 \cdot F}{\rho \cdot A}}$$

Die Geschwindigkeit kann indirekt über die Kraft bestimmt werden, die der Fön durch die ausströmende Luft auf die Waage auswirkt.

P_{Nutz} : el. Leistung P der Windkraftanlage



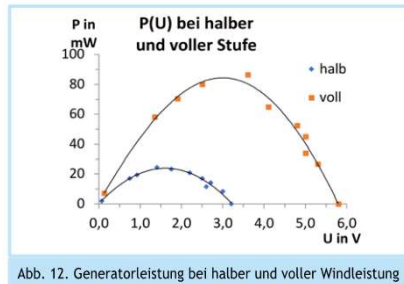
Kennlinien der Windkraftanlage



Kennlinien der Windkraftanlage

Gebälsestufe (Kaltluft)	Kraft der Haartrockner auf die Waage	Windgeschwindigkeit $v = \sqrt{\frac{2 \cdot F}{\rho \cdot A}}$	Windleistung der Haartrockner $P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$	mechanische Leistung des Windrades $P = F \cdot v$	Generatorleistung im mpp $P = U \cdot I$
halb	$F_1 = 0,22 \text{ N}$	$v_1 = 16,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$P_{1,W} = 3,7 \text{ W}$	75 mW	$P_{1,G} = 25 \text{ mW}$
voll	$F_2 = 0,52 \text{ N}$	$v_2 = 25,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$P_{2,W} = 13 \text{ W}$	250 mW	$P_{2,G} = 85 \text{ mW}$
Quotient	ca. 2,4	ca. 1,5	ca. 3,5	ca. 3,3	3,4

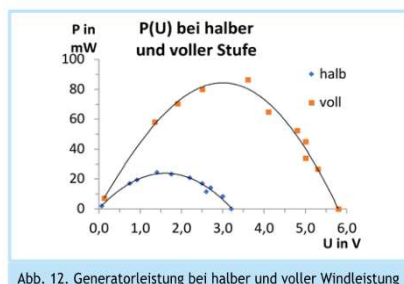
Tab. 1. Verhältnisse von Windgeschwindigkeit, Windleistung und Generatorleistung ($\rho = 1,28 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ und $A = 0,00126 \text{ m}^2$)



Kennlinien der Windkraftanlage

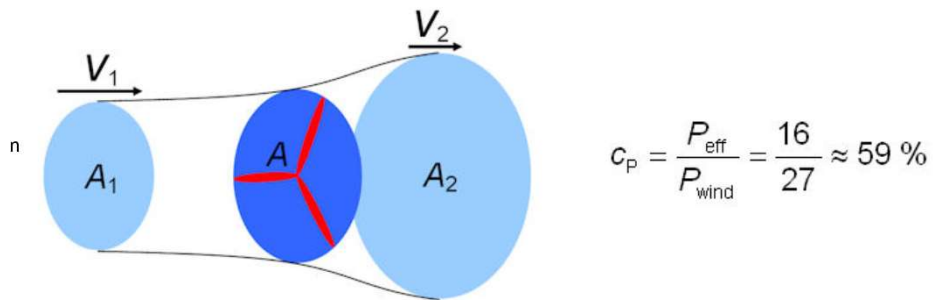
Gebälsestufe (Kaltluft)	Kraft der Haartrockner auf die Waage	Windgeschwindigkeit $v = \sqrt{\frac{2 \cdot F}{\rho \cdot A}}$	Windleistung der Haartrockner $P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$	mechanische Leistung des Windrades $P = F \cdot v$	Generatorleistung im mpp $P = U \cdot I$
halb	$F_1 = 0,22 \text{ N}$	$v_1 = 16,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$P_{1,W} = 3,7 \text{ W}$	75 mW	$P_{1,G} = 25 \text{ mW}$
voll	$F_2 = 0,52 \text{ N}$	$v_2 = 25,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$P_{2,W} = 13 \text{ W}$	250 mW	$P_{2,G} = 85 \text{ mW}$
Quotient	ca. 2,4	ca. 1,5	ca. 3,5	ca. 3,3	3,4

Tab. 1. Verhältnisse von Windgeschwindigkeit, Windleistung und Generatorleistung ($\rho = 1,28 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ und $A = 0,00126 \text{ m}^2$)



v^3 -Gesetz: Bestimmung der Windleistung über die indirekte Bestimmung der Windgeschwindigkeit

Maximale Leistung der Windkraftanlage



Lit: <https://home.uni-leipzig.de/energy/energie-grundlagen/15.html>

Unterlagen zum Vortrag

<https://kepler-seminar.de/nwt-materialien.html>

