

Wind- und Wasserkraft

Klausur vom 2019-03-26

Musterlösungen

$$1) \quad \left. \begin{array}{l} v(z) = C \cdot z^{0,25} \\ v(100\text{m}) = 7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{array} \right\} \Rightarrow C = \frac{7 \text{ m/s}}{(100\text{m})^{0,25}}$$

$$\Rightarrow v(160\text{m}) = \frac{7 \text{ m/s}}{(100\text{m})^{0,25}} \cdot (160\text{m})^{0,25}$$

$$2000 \text{ kW} = C_p \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$\Rightarrow C_p = \frac{2000 \text{ kW}}{\frac{1}{2} \rho \cdot \pi \cdot (70\text{m})^2 \cdot \left(7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \left(\frac{16}{10} \right)^{0,25} \right)^3}$$

$(\approx 43\%)$

2)

40 dB(A) \rightarrow 46 dB(A), also +6 dB(A)
ist eine Vervielfachung der Schallintensität.

(genauer: Faktor $10^{6/10} \approx 3,98$)

Man braucht also vier Anlagen.

- 3) (zum Beispiel:))
- höhere Windgeschwindigkeit
 - geringere Rauigkeitslänge
 \Rightarrow gleichmäßigeres Windprofil
 - keine Menschen in der Nachbarschaft (Schall, Schatten, Fissurf)
 - Transport von Rotorblättern und kompletten Türmen ohne Rücksicht auf Brückenhöhen oder Kurvenradien
 - kein „Verbrauch“ vor Ackerland

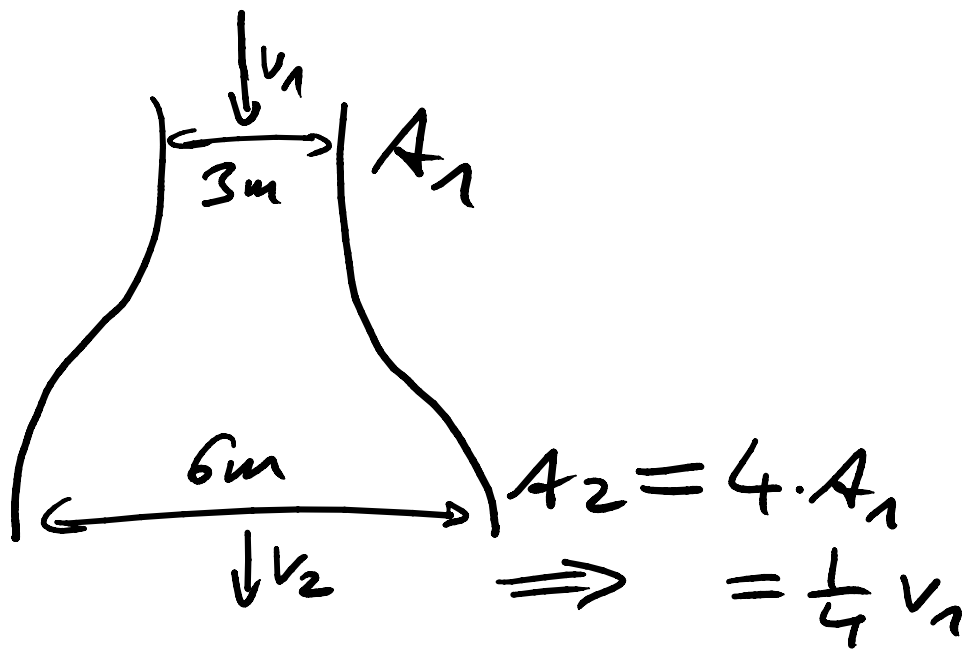
4) Die Francis-Turbine kann rückwärts als Pumpe betrieben werden, so dass man mit einem Motorsatz auskommt:
 Zum Pumpen läuft die Turbine als Pumpe und der Generator als Motor.

5)

$$W = pV = 1013 \text{ hPa} \cdot 1 \text{ L}$$

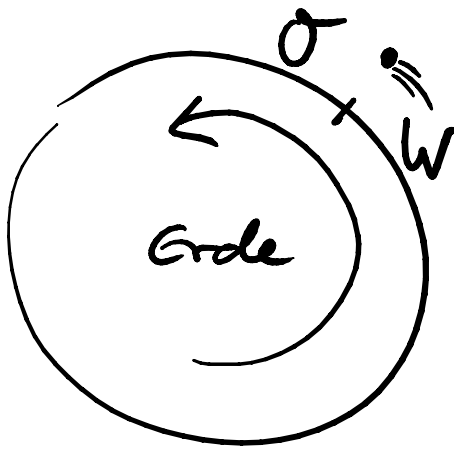
$$= 10^5 \cdot 10^3 \cdot \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \frac{1}{1000} \text{ m}^3 \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \approx \frac{1}{36} \text{ Wh}$$

6)



$E \propto v^2$. Also $\frac{1}{16}$ der kinetischen Energie vom Eingang.

7)

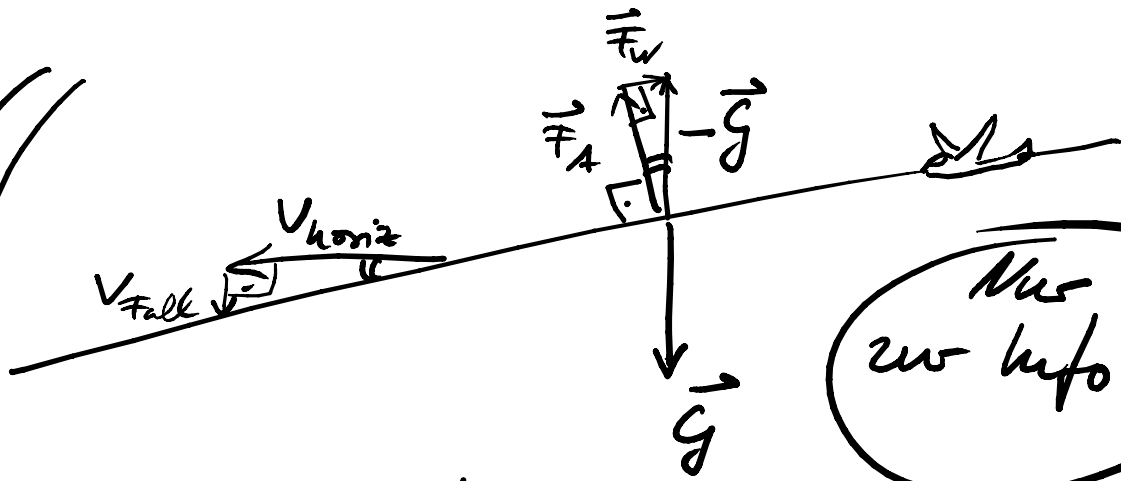


Coriolis-Kraft:

Das Gewicht befindet sich am Anfang auf einer Bahn mit großem Radius als der Boden, hat also eine größere Festdrückigkeit nach Osten als der Boden, wird also (schembar) nach Osten abgelenkt.

((Es kommt durch die Zentrifugalkraft ins Spiel. Sie zieht nach Süden - aber sie zieht das Lot fast so wie das Gewicht, so dass es nach Süden kaum eine Abweichung gibt.))

8)



$$\text{Gleitzahl} = \frac{|\vec{F}_A|}{|\vec{F}_W|} = \frac{C_A}{C_W} = \frac{v_{\text{horiz}}}{v_{\text{fall}}}$$

$$|\vec{G}|^2 = |\vec{F}_A|^2 + |\vec{F}_W|^2 = \left(\frac{1}{2} \rho A v^2\right)^2 \cdot (C_A^2 + C_W^2)$$

In beiden Situationen hat das Flugzeug die gleiche Gleitzahl (aerodynamisch optimal).

Die Gewichtskraft ist um den Faktor $\frac{5}{4}$ größer, also müssen auch Auftrieb und Strömungswiderstand um diesen Faktor größer sein.

Also muss die Geschwindigkeit um den Faktor $\sqrt{\frac{5}{4}} = \frac{\sqrt{5}}{2}$ größer sein, ebenso ihre horizontale Komponente, weil der Winkel in beiden Situationen gleich ist.

9) Durchmesser $\times 1,2$

$$\Rightarrow \text{Fläche} \times \underbrace{1,2^2}_{\approx 1,4}$$

Die Leistung und damit der Ertrag sind \propto Fläche, also ebenfalls $\times 1,4$.

Diese Schätzung ist aber unklar:

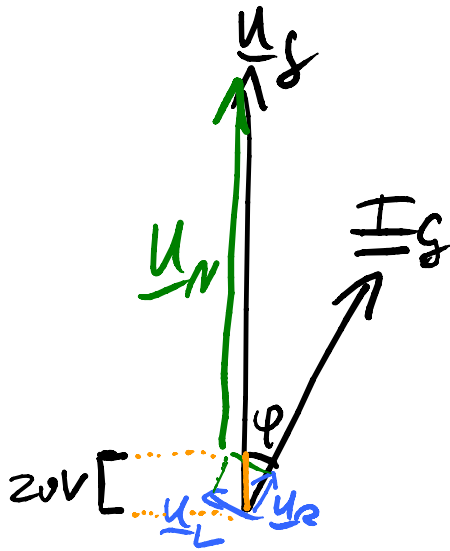
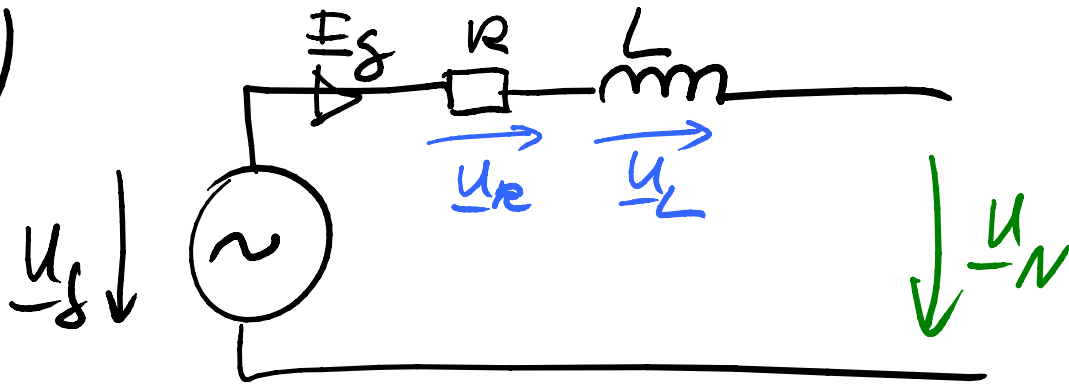
(zum Beispiel:))

- Auch Nabenhöhe größer:
höhere Windgeschwindigkeit
- Schlechtere Standorte onshore,
weil die guten schon besetzt sind?

10) (zum Beispiel:))

- variable Drehzahl \rightarrow
Anpassung auf 50 Hz nötig
- optimale Belastung des Rotors
(Maximum Power Point)
- Gleichspannung aus Zwischenkreis
zur Forderung der Erregerspulen

11)



Also:

$$20V \approx \underbrace{|U_R|}_{R \cdot I} \cdot \underbrace{\cos(\varphi)}_{0,95} + \underbrace{|U_L|}_{\omega L \cdot I} \cdot \underbrace{\sin(\varphi)}_{\sqrt{1-0,95^2}}$$

$$\Rightarrow I \approx \frac{20V}{2\Omega \cdot 0,95 + 314 \frac{1}{2} \cdot 3 \text{ mH} \cdot \sqrt{1-0,95^2}} \quad (\approx 9,1 \text{ A})$$

12) Bei 50° nicht,
aber bei 15°
und bei 75° .

