

Wind- und Wasserkraft

Klausur vom 2023-01-27

Musterlösungen

$$1. \quad P_{kW} = C_p \cdot \frac{1}{2} \rho A v^3$$

\uparrow $\approx 0,5$ \uparrow $\approx \frac{5}{4} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ \uparrow $\pi \cdot \left(\frac{1,5\text{m}}{2}\right)^2$

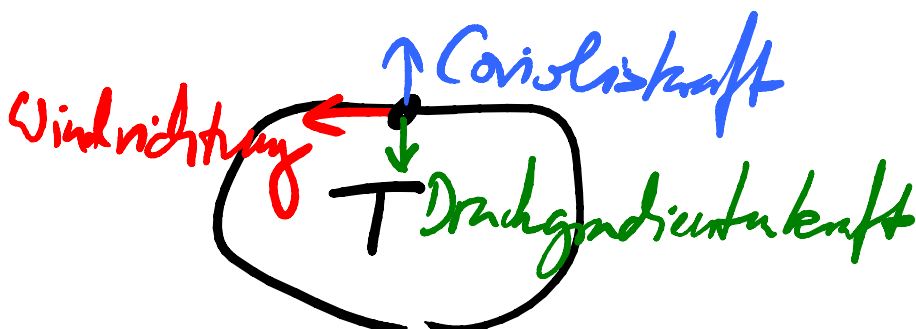
$$\Rightarrow v \approx \sqrt[3]{\frac{1 \text{ kW}}{0,5 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{4} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{3}{4} \text{ m}\right)^2}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{1000 \cdot 4}{\pi} \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{4^2}{32}} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\left(= 40 \cdot \sqrt[3]{\frac{4}{45\pi}} \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 12 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$\approx \frac{1}{40}$

2.



Mittlerer:
nördliche
Hemisphäre!

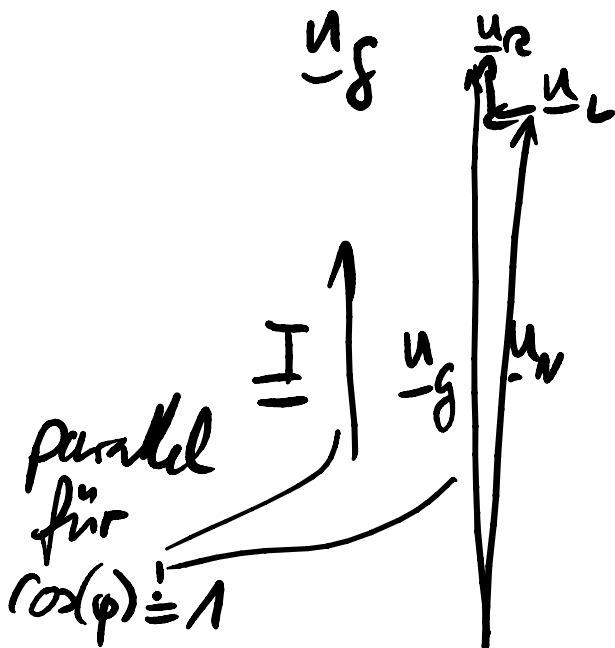
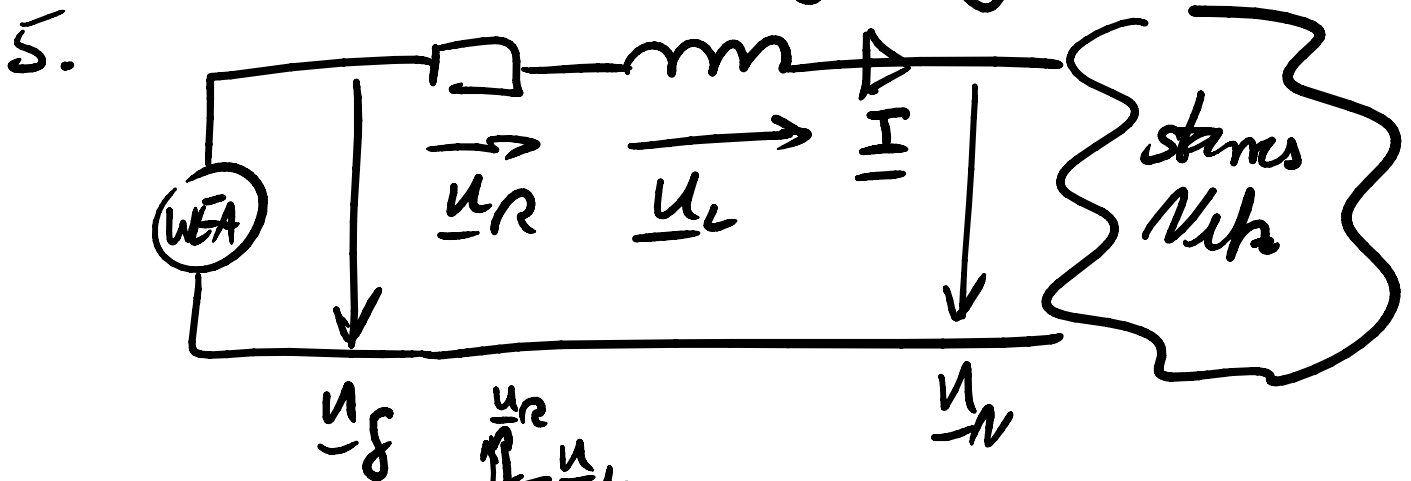
3. (a) 0

(b) 0

(c) 1/5

4. kein Getriebe + el. erregter Synchrongenerator + Umrichter

^{ohne Getriebe}
 Der langsam laufende Generator benötigt viele Pole \rightarrow große Abmessungen.
 Außerdem sind entsprechend viele Pole für die Erregung nötig.

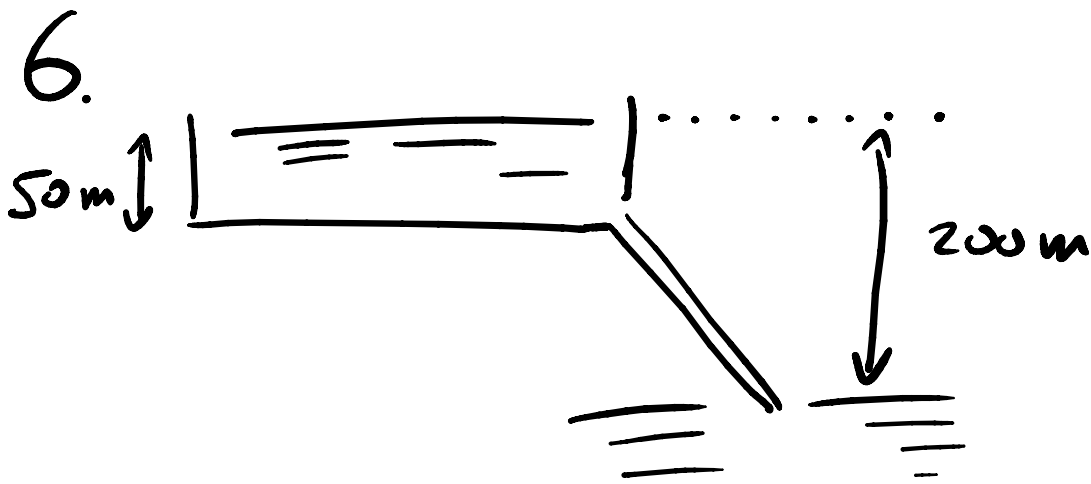


$$|U_g - U_N| \leq 400V$$

$\approx |U_R|$, siehe Zeigerdiagramm

$$\text{Also } |I| = \frac{|U_R|}{R} \leq \frac{400V}{R} = 100A.$$

((Die Spannung über \square ist nicht 400V!))



Schwerpunkt des Oberwassers ist 175m über Unterwasserspiegel.

$$1,5 \text{ TWh} \stackrel{!}{=} m \cdot g \cdot h = A \cdot 50 \text{ m} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 175 \text{ m}$$

$$\Rightarrow A = \frac{1,5 \cdot 1000 \cdot 1000 \cdot 1000 \cdot 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s}}{50 \text{ m} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 175 \text{ m}}$$

$$\left(\approx \frac{5 \cdot 10^{10}}{800 \cdot 175} \text{ m}^2 \approx 6 \cdot 10^7 \text{ m}^2 \approx 8 \text{ km} \times 8 \text{ km} \right)$$

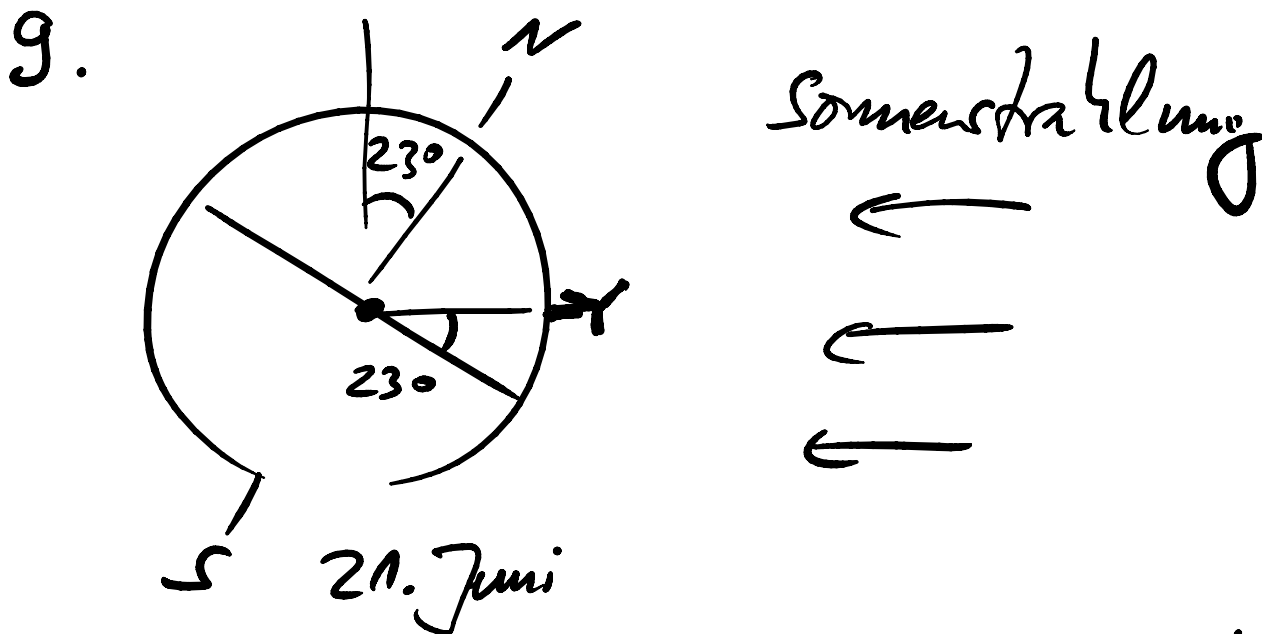
$$7. \quad F_{\text{gewalt}} = c_w \cdot \frac{1}{2} \rho A v_{\text{rel}}^2 = 1,3 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{5 \text{ kg}}{4 \text{ m}^3} \cdot 3 \text{ m}^2 \cdot \left(6 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2$$

$$P = v_{\text{gewalt}} \cdot F_{\text{gewalt}} = \underset{\parallel}{4 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \cdot 1,3 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{4} \cdot 3 \cdot \overset{10}{36} \text{ W} \approx 0,4 \text{ kW}$$

(Es ist nicht die Leistung im Wind gefragt!)

8. $20 \text{ dB} + 20 \text{ dB} = 23 \text{ dB}$:
Überlagerung von Schalldruckpegeln
aus unkorrelierten Quellen
(Summe der Energie bzw. Intensität)

$20 \text{ dB} + 20 \text{ dB} = 40 \text{ dB}$:
Zwei Verstärker hintereinanderschalten



Die Sonne steht dann senkrecht
über der Anlage (also im Zenit)
 \Rightarrow Schatten direkt unter der Turbine

10. WEA speist mehr* die als optimal
 \Rightarrow Rotor verlangsamt sich \Rightarrow Schnelllauf-
 zahl nicht mehr optimal \Rightarrow Leistung nach
 Entnahme der kurzfristigen Rotorkin-
 energie kleiner als vorher \Rightarrow
 Erst wenige Sekunden mehr Leistung,
 aber dann Leistungseinbruch, bis der
 Rotor wieder die ursprüngliche
 Geschwindigkeit hat. (Für diese
 Beschleunigung benötigt der Rotor zusätzliche
 Energie, was den Einbruch verstärkt.)
 Falls die Nebelbelastung länger als
 einige Sekunden anhält, kann sie
 also sogar verstärkt werden. Viele konventionelle
 Kraftwerke können dagegen nachregeln. (Es geht um unabh. Nebenleistung.)
 (Die Volatilität ist hier ein kleineres Problem,
 weil Schwankungen < 1 min schon bei WEA im
 selben Landkreis genügend zeitversetzt ankommen.)

11. Einen m^3 Wasser von 200 hPa zu
 950 hPa zu bringen, benötigt
 eine Arbeit von $W = \Delta p \cdot V = 150 \text{ hPa} \cdot 1 \text{ m}^3$
 $= 15000 \text{ J}$. Das entspricht der Arbeit, den 1 m^3
 Wasser um $1,5 \text{ m}$ anzuheben ($1000 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,5 \text{ m}$),
 ist also angesichts der Fallhöhe in den Bergen
 nicht nennenswert. (Oder mit Bernoulli:
 $\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g z_1 + p_1 = \frac{\text{Leistung}}{\text{Volumenstrom}} + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g z_2 + p_2$ und
 deshalb $\rho g \Delta z$ mit Δp vergleichen.)

12. Man würde nur dünnen Wasserdampf pumpen, weil das Untewasser nur eine Säule von max. ca. 10m Höhe im Schacht füllen würde, wenn von oben gepumpt wird. Und beim Turbinieren (falls überhaupt sinnvoll machbar) käme es zu extremer Kavitation.