

>>> Löse die folgenden Aufgaben einer Klausur im Studienfach "Wind- und Wasserkraft". Bei rechnerischen Aufgaben gehe Schritt für Schritt vor. Hier sind die Aufgaben:

.....

Lösungen zur Klausur "Wind- und Wasserkraft"

Aufgabe 1: Widerstandsbeiwert des Autos

****Gegeben:****

* Stirnfläche $A = 3 \text{ m}^2$

* Leistung $P = 20 \text{ kW} = 20.000 \text{ W}$

* Geschwindigkeit $v = 100 \text{ km/h} = 27,78 \text{ m/s}$ ✓

****Gesucht:**** Widerstandsbeiwert c_w

****Formel:**** $P = F_w \cdot v = \frac{1}{2} \rho c_w A v^3$ ✓

****Lösung:****

1. Formel nach c_w umstellen: $c_w = \frac{2P}{\rho A v^3}$ ✓

2. Luftdichte annehmen: $\rho \approx$

$1,2 \text{ kg/m}^3$

3. Werte einsetzen: $c_w = \frac{2 \cdot 20.000}{1,2 \cdot 3 \cdot (27,78)^3} \approx 0,35$

****Antwort:**** Der Widerstandsbeiwert des Autos beträgt etwa $0,35$. *nicht gefragt*

2 von 3P?

Aufgabe 2: Rauigkeitslänge im Windprofil

****Gegeben:****

* Windgeschwindigkeit in 100 m Höhe:

$v_{100} = 9 \text{ m/s}$

* Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe: v_{10}

$= 5 \text{ m/s}$

* Mögliche Rauigkeitslänge: $z_0 = 0,1 \text{ m}$

****Logarithmisches Windprofil:**** $v(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ ✓

****Lösung:****

1. Geschwindigkeitsunterschied: $\Delta v = v_{100} - v_{10} = 4 \text{ m/s}$ ✓
2. Höhenunterschied: $\Delta z = 100 \text{ m} - 10 \text{ m} = 90 \text{ m}$ ✓
3. Annahme: u_* ist über die Höhe konstant.
4. Profil für beide Höhen aufstellen und voneinander abziehen:

$$\Delta v = \frac{u_*}{\kappa} \ln\left(\frac{100 \text{ m}}{z_0}\right) - \frac{u_*}{\kappa} \ln\left(\frac{10 \text{ m}}{z_0}\right)$$
5. Vereinfachen: $\Delta v = \frac{u_*}{\kappa} \ln(10) \approx 2,3 \frac{u_*}{\kappa}$ ✓
6. Mit $\kappa \approx 0,4$ (von Kármán-Konstante) folgt: $u_* \approx 0,69 \text{ m/s}$
7. Einsetzen in das Profil für 10 m Höhe: $5 \text{ m/s} = \frac{0,69 \text{ m/s}}{0,4} \ln\left(\frac{10 \text{ m}}{z_0}\right)$
8. Auflösen nach z_0 : $z_0 \approx 0,02 \text{ m}$

*unser
mit
Rechnung 3 von 3 P.*

****Antwort:**** Die Rauigkeitslänge kann nicht $0,1 \text{ m}$ sein, da sie laut Berechnung etwa $0,02 \text{ m}$ betragen müsste.

Aufgabe 3: Wahrscheinlichkeitsdichte der Windgeschwindigkeit

**** (a) Wahrscheinlichkeitsdichte bei $v = 5 \text{ m/s}$: ****

Aus der Grafik ablesen: $P(v=5 \text{ m/s}) = 0,1$ ✓

**** (b) Wahrscheinlichkeit für $v \leq 5 \text{ m/s}$: ****

Fläche unter der Kurve bis 5 m/s berechnen (Dreieck): $P(v \leq 5 \text{ m/s}) = \frac{1}{2} \cdot 5 \text{ m/s} \cdot 0,1 = 0,25$ ✓

**** (c) Wahrscheinlichkeit für $v = 7,0000 \dots \text{ m/s}$: ****

Die Wahrscheinlichkeit für einen exakten Wert bei einer stetigen Wahrscheinlichkeitsdichte ist immer null. ✓

3 von 3 P.

**** Antworten: ****

- * (a) $0,1$
- * (b) $0,25$
- * (c) 0

✓

Aufgabe 4: Sichtbare Höhe der Windturbine

**** Gegeben: ****

* Gesamthöhe: $h = 300 \text{ m}$
* Abstand zum Strand: $d = 20 \text{ km} = 20\,000 \text{ m}$

****Erdradius:**** $R \approx 6371 \text{ km} = 6\,371\,000 \text{ m}$

****Lösung:****

1. Satz des Pythagoras anwenden (mit Erdradius und Abstand): $(R + h')^2 = R^2 + d^2$ ✓
2. Nach h' auflösen (sichtbare Höhe über Erdkrümmung):
 $h' = \sqrt{R^2 + d^2} - R$
3. Werte einsetzen: $h' = \sqrt{(6\,371\,000 \text{ m})^2 + (20\,000 \text{ m})^2} - 6\,371\,000 \text{ m} \approx 64 \text{ m}$ ✓
4. Höhe der sichtbaren Blattspitze: $h - h' = 300 \text{ m} - 64 \text{ m} = 236 \text{ m}$

****Antwort:**** Vom Strand aus sind etwa 236 m der obersten Rotorblattspitze sichtbar. ✓

3 von 3 P.

>>> Löse die folgenden Aufgaben einer Klausur im Studienfach "Wind- und Wasserkraft". Bei rechnerischen Aufgaben gehe Schritt für Schritt vor. Hier sind die Aufgaben:
.....(ohne die ersten vier Aufgaben))

Lösungen zu den Aufgaben "Wind- und Wasserkraft"

Aufgabe 1: Umweltfreundlichkeit der Wasserkraft

****Dafür:****

- * ****Erneuerbare Energiequelle:**** Wasserkraft nutzt die natürliche Kraft des Wassers und trägt somit zur Reduktion fossiler Brennstoffe und CO₂-Emissionen bei. ✓
- * ****Keine direkten Emissionen:**** Im Gegensatz zu Kohle- oder Gaskraftwerken erzeugt Wasserkraft keine Luftverschmutzung während des Betriebs. ✓
- * ****Geringe Betriebskosten:**** Nach dem Bau eines Wasserkraftwerks fallen vergleichsweise geringe Betriebskosten an. ✓

****Dagegen:****

- * ****Auswirkungen auf Ökosysteme:**** Staudämme und Wasserkraftwerke können den natürlichen Flusslauf verändern und Lebensräume von Fischen und anderen Wasserlebewesen beeinträchtigen. ✓

nicht
gefragt

2 von 3 P.

* **Methanemissionen:** In Stauseen können organische Materialien zersetzt werden und Methan freisetzen, ein starkes Treibhausgas. ✓

* **Soziale Auswirkungen:** Der Bau von Wasserkraftwerken kann Umsiedlungen von Bevölkerungsgruppen und den Verlust von kulturell bedeutsamen Stätten zur Folge haben. ✓

Aufgabe 2: Finanzierungslücken trotz günstiger Energieproduktion

Obwohl die Energieerzeugung durch Windkraftanlagen selbst vergleichsweise günstig ist, entstehen Finanzierungslücken durch:

* **Hohe Investitionskosten:** Der Bau von Windparks und der dazugehörigen Infrastruktur (z.B. Netzanbindung) erfordert hohe Anfangsinvestitionen. *nr ja*

* **Unsichere Einspeisevergütung:** Die Höhe der Einspeisevergütung für Windstrom kann schwanken und Investitionen risikoreicher machen. *nr ja*

* **Netzausbau und Speicher:** Der Ausbau des Stromnetzes und die Entwicklung von Speichertechnologien für überschüssigen Windstrom erfordern zusätzliche Investitionen. ✓ *Z von 3 P.*

Aufgabe 3: Standortwahl der Windturbine

Berechnung der Leistung an beiden Standorten:

Die Leistung einer Windkraftanlage ist proportional zur Luftdichte ρ , der Windgeschwindigkeit v^3 und der Rotorfläche A . ✓

* **Ebene:** $P_1 \propto \rho_1 \cdot v_1^3 \cdot A$

* **Anhöhe:** $P_2 \propto 0,95 \cdot \rho_1 \cdot (1,02 \cdot v_1)^3 \cdot A = 1,082 \cdot \rho_1 \cdot v_1^3 \cdot A$ ✓

Ergebnis: Die Leistung auf der Anhöhe ist um ca. 8,2 % höher, trotz der geringeren Luftdichte. ✓ *3 von 3 P.*

Aufgabe 4: Vor- und Nachteile von dreiblättrigen Windturbinen

Vorteile:

* **Gutes Verhältnis von Leistung zu Materialeinsatz:** Drei Blätter bieten einen guten Kompromiss zwischen hoher Leistungsausbeute und Materialkosten. ✓

? * **Geringere Geräusentwicklung:** Im Vergleich zu Anlagen mit mehr Blättern erzeugen dreiblättrige Turbinen weniger Lärm.

* **Ausgewuchteter Lauf:** Die symmetrische Anordnung der drei Blätter sorgt für einen ruhigen und stabilen Lauf der Turbine.

gilt auch für andere Zahlen

Nachteile im Vergleich zu Anlagen mit weniger Blättern:

* **Höhere Herstellungskosten:** Drei Blätter erfordern mehr Material und aufwendigere Fertigung als z.B. zwei Blätter.

die müssen aber belastbarer sein

Nachteile im Vergleich zu Anlagen mit mehr Blättern:

* **Geringere Effizienz bei niedrigen Windgeschwindigkeiten:** Anlagen mit mehr Blättern können bei geringen Windgeschwindigkeiten effizienter sein.

?

1 von 3P

Aufgabe 5: Effizienz von Windturbinen

Windturbinen, die auf dem Strömungswiderstand basieren, sind weniger effizient, da:

* **Energieverlust durch Turbulenzen:** Der Strömungswiderstand erzeugt starke Turbulenzen hinter dem Rotor, was zu Energieverlusten führt.

* **Begrenzte Geschwindigkeit:** Die Rotordrehzahl ist durch den Strömungswiderstand begrenzt und kann die Windgeschwindigkeit nicht überschreiten.

* **Geringere Leistungsdichte:** Auftriebsbasierte Rotoren können bei gleichem Rotordurchmesser mehr Leistung erzeugen.

na ja

✓

2 von 3P

Warum?

Aufgabe 6: Schalldruckpegel im Raum

Berechnung der Pegeldifferenz:

In einem geschlossenen Raum mit reflektierenden Oberflächen nimmt der Schalldruckpegel mit zunehmender Entfernung ungefähr logarithmisch ab. Die Pegeldifferenz ΔL zwischen zwei Punkten im Abstand r_1 und r_2 von der Schallquelle beträgt:

$$\Delta L = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{r_2}{r_1} \right)$$

kein

Anwendung auf die Aufgabe:

$$\Delta L = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{40 \text{ m}}{20 \text{ m}} \right) = 6 \text{ dB}$$

(✓)

Ergebnis: Der Schalldruckpegel in 40 m Entfernung ist ca. 6 dB niedriger als in 20 m Entfernung.

↓
kein 1 von 3 P.

Aufgabe 7: Maximale Länge der Freileitung

Berechnung der maximalen Leitungslänge:

1. **Spannungsfall berechnen:** Der relative Spannungsfall ϵ ist durch $\epsilon = \frac{\Delta U}{U_{\text{Netz}}} = \frac{400 \text{ V}}{20 \text{ kV}} = 0,02$ gegeben. ✓

2. **Strom berechnen:** $I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}} \approx 28,87 \text{ A}$.

3. **Impedanz berechnen:** $Z = R + jX = 0,5 \cdot \omega L + j2\pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 1,5 \text{ mH/km} \approx 0,5 \cdot \omega L + j47 \cdot \omega L$. ✓

4. **Maximale Leitungslänge mit der Formel für den Spannungsfall berechnen:** $\epsilon = \frac{I \cdot l \cdot |Z| \cdot \cos(\phi \mp \varphi)}{U_{\text{Netz}}}$, wobei $\varphi = \arctan\left(\frac{X}{R}\right)$. ✓

5. **Auflösen nach der Länge** l und einsetzen der gegebenen Werte (untererregt: $\cos(\phi - \varphi)$, übererregt: $\cos(\phi + \varphi)$) ergibt: $l_{\text{untererregt}} \approx 34,9 \text{ km}$ und $l_{\text{übererregt}} \approx 37,2 \text{ km}$. ✓

Aufgabenstellung:
erklärend

nicht gefasst
3 von 3 P

Ergebnis: Die maximale Leitungslänge beträgt ca. 35 km im untererregten und 37 km im übererregten Betrieb.

Aufgabe 8: Energiegewinnung der Wasserturbine

Energiegewinnung ist möglich: ✓

Obwohl die Rohre den gleichen Durchmesser haben, kann die Turbine Energie gewinnen, wenn:

* **Druckdifferenz:** Ein Druckunterschied zwischen Einlass und Auslass der Turbine besteht, der durch Höhenunterschiede im Verlauf der Rohre oder unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten verursacht werden kann. ✓

* **Strömungsgeschwindigkeit:** Die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers ist am Einlass höher als am Auslass, was eine kinetische Energiegewinnung ermöglicht.

Beispiel: Eine Francis-Turbine nutzt sowohl Druck- als auch Geschwindigkeitsdifferenzen zur Energiegewinnung.

f hier unmöglich,
gar nicht der Fall
1 von 3 P.

Note 2,0