

Ph-Q4 Übungsklausur Wind-/Wasserkraft - Fis

19.02.2017

Aufgabe 1

1. Berechnen Sie die durch den Luftwiderstand verursachte maximale Kraft auf die abgebildete Parabolantenne. ($r=15\text{m}$) Nennen Sie ihre Annahmen. Der Wind erreicht eine Geschwindigkeit von 50km/h .
Maximale Kraft bei Wind in Antenne.

$$F = \frac{1}{2} \cdot 1,33 \cdot 1,25 \cdot 7,5^2 \pi \cdot \left(\frac{50}{3,6}\right)^2 = 28,4 \text{ kN}$$

2. Die Konstruktion hält einer Windkraft von 100kN stand. Bei welcher Windgeschwindigkeit würde diese erreicht?

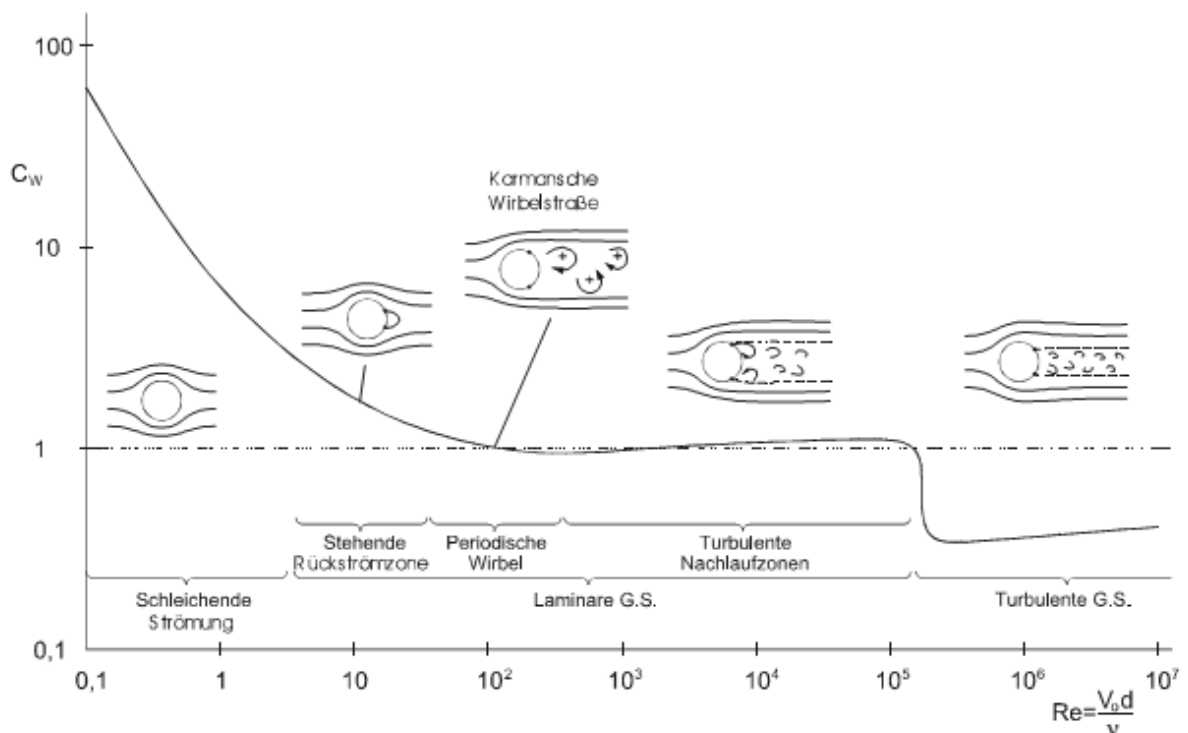
Lösen der Gleichung ergibt $93,9\text{km/h}$.

3. Wie ändern sich die Werte aus 1. und 2. prozentual, wenn die Antenne mit einer Plane (kann als Fläche gesehen werden) abgedeckt werden kann?
 $C_w=1,2$, d.h die Werte werden um etwa 10% geringer.



Aufgabe 2

Folgende Tabelle gibt einen Überblick des c_w -Wertes für einen Zylinder in Abhängigkeit von der Reynolds-Zahl $Re_y = v_0 \frac{d}{\nu}$ mit $\nu = 1,5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ für Luft.



- a) Diskutieren Sie das Aussehen des Strömungsbildes in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Fluids.

$Re < 5$: Die Strömung schließt sich um das Objekt, die Stromlinien sind symmetrisch zum Objekt

$Re < 50$: Es entstehen zwei Rückstromwirbel

$Re < 500$: Die Rückstromwirbel werden instabil es entstehen Schwingungen der Wirbel

$Re < 100000$: Eine Wirbelschlepe entsteht hinter dem Objekt,

$Re > 100000$: Die Wirbelschlepe wird wesentlich schmaler, weniger Energie wird verbraucht, der cw-Wert sackt dramatisch ab.

Ein Kamin eines Kohlekraftwerkes hat eine Höhe von 150m und einen Durchmesser von 7m. Bei Sturm wird er von Wind der maximalen Geschwindigkeit 150km/h angeströmt.

- b) Berechnen Sie die Reynoldszahl und lesen Sie den cw-Wert für die dargestellte Situation ab.

$Re = 19,4 \text{ Mio}$, d.h. der cw ist etwa 0,5 (großer Bereich gültig).

- c) Berechnen Sie die Widerstandskraft auf den Kamin.

$$F = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 0,5 \cdot 7 \cdot 150 \cdot \left(\frac{150}{3,6}\right)^2 = 569660 \text{ N}$$

- d) Schätzen Sie ab, ob die Strömung in den kritischen Bereich kommen kann, in der der cw-Wert auf einen Wert von 0,3-0,4 absinkt.

Die Strömung ist bei Sturm im kritischen Bereich.

Aufgabe 3

- a) Begründen Sie die in Abb.1 dargestellte theoretische Grenze für den Wirkungsgrad einer Windkraftanlage (WKA) anschaulich. Abbildung 3 gebe die Verteilung der Windgeschwindigkeiten am Ort einer WKA an.
- b) Berechnen Sie die mittlere Leistung der Holländer-Windmühle in Abb.3. Die Anlage wird nur bis 15m/s betrieben. Ein Flügel habe die Abmessungen von 8m x 2m.
- c) Eine moderne dreiflügelige WKA hat einen Durchmesser von 60m. Berechnen Sie ebenfalls die mittlere Leistung, wenn die Anlage bis 20m/s Geschwindigkeit betrieben werden kann.
- d) Ermitteln Sie den Wirkungsgrad der modernen WKA, wenn die gesamte Windleistung als Vergleichswert dient.
- e) Welche Regelungsmechanismen der modernen WKA sind zum Schutz gegen eine Überlastung bei Sturm denkbar?
- f) Die Schnelllaufzahl gibt das Verhältnis von Wind- zu Umfangsgeschwindigkeit v_u wider. Berechnen Sie den maximal erreichten Wert von v_u .

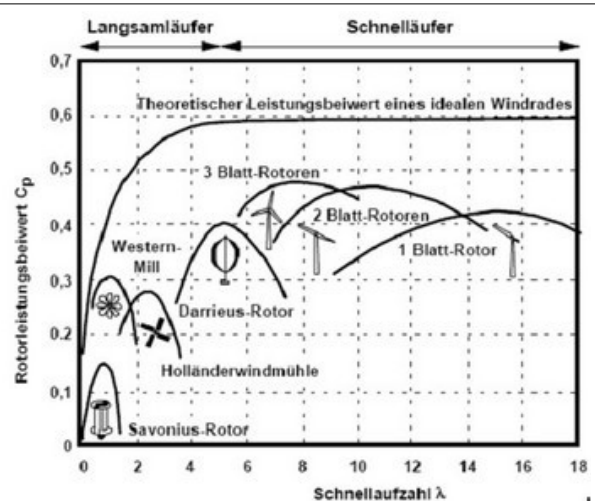


Abb.1 Wirkungsgrade

Geschwindigkeit	Wahrscheinlichkeit
5m/s	10,00%
10m/s	20,00%
15m/s	40,00%
20m/s	10,00%
25m/s	15,00%
30m/s	5,00%

Abb.2



Abb3. Holländerwindmühle

Formeln zur Windkraft

$$P = \frac{1}{2} c_p \cdot A \cdot \rho \cdot v^3, \quad F_{\text{widerstand}} = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$$

a.) Der Wind könnte bei vollständiger Abbremsung nicht aus der WKA abfließen, deshalb sind WKA's gegenüber Wasserkraftanlagen weniger effektiv.

b.) $P = \frac{1}{2} \cdot 0,28 \cdot 1,25 \pi \cdot 8^2 \cdot (0,1 \cdot 5^3 + 0,2 \cdot 10^3 + 0,4 \cdot 15^3) = 55 \text{ kW}$

c.) $P = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 1,25 \pi \cdot 30^2 \cdot (0,1 \cdot 5^3 + 0,2 \cdot 10^3 + 0,4 \cdot 15^3 + 0,1 \cdot 20^3) = 2,09 \text{ MW}$

d.) Der Wirkungsgrad $\eta = \frac{0,5 \cdot (0,1 \cdot 5^3 + 0,2 \cdot 10^3 + 0,4 \cdot 15^3 + 0,1 \cdot 20^3)}{(0,1 \cdot 5^3 + 0,2 \cdot 10^3 + 0,4 \cdot 15^3 + 0,1 \cdot 20^3 + 0,15 \cdot 25^3 + 0,05 \cdot 30^3)} = 0,2$

bezogen auf die Gesamtenergie, die der Wind auf der Kontrollfläche bietet.

e.) Alle im Unterricht besprochenen Maßnahmen

f.) Die Schnelllaufzahl kann Werte bis $v = 8 \times 20 = 160 \text{ m/s}$ annehmen.