

Gedächtnisprotokoll mit Lösungsansätzen zur Klausur WEA im WS 13/14:

Lehrperson: Liersch

Bearbeitungszeit 90 min, war sehr knapp bemessen

Ich erinnere mich nicht mehr an alle Aufgaben, aber so ungefähr müsste es gewesen sein!

- 1) Auslegungsschnelllaufzahl angeben:
  - a) Monop..(Einflügel WEA)  $\lambda = 12-15$
  - b) Westernmill  $\lambda = 1$
- 2) Berechnung von  $c_p$ -Kurve und einzeichnen in Diagramm  
→ War einfach bekommst du hin!
- 3) Lasten: welche Arten gibt es und jeweils ein Beispiel:  
→ periodisch, statisch...

|                                       | <b>Lösung:</b>     |
|---------------------------------------|--------------------|
| <i>Eisansatz an zwei Blattflügeln</i> | periodische Last   |
| <i>Turmvorstau</i>                    | periodische Last   |
| <i>Starke Böe</i>                     | transiente Last    |
| <i>Gewicht der Rotorblätter</i>       | statische Last     |
| <i>Turbulenzen im Windprofil</i>      | stochastische Last |
| <i>Bremsmanöver</i>                   | transiente Last    |

- 
- 4) a) Hochlaufversuch: nennen von Größen die errechnet werden, und welche die gemessen werden  
→ Gerechnet: Trägheitsmoment, Leistungsbeiwert  
→ Gemessen: Drehzahl, Zeit  
  
b) wie lautet die Formel zur Ermittlung des Leistungsbeiwertes aus einem Hochlaufversuch  
→ Mit Hilfe des Drallsatzes, man braucht Drehzahlbeschleunigung
  - 5) Rauigkeitslänge aus gegebenen Werten ermitteln, da braucht man die Formel mit den Logarithmen, und diese dann nach  $z_0$  umstellen (ist nicht ganz trivial)
  - 6) a) Ein drehzahlvariables Anlagenkonzept und ein drehzahlfestes Konzept skizzieren und beschriften  
→ z.B. dänisches Konzept und moderne Schnellläufer mit Synchrongenerator  
b) Stall skizzieren und erklären

7) Rechenaufgabe:  
 → Sehr ähnlich zu UE 2

**Aufgabe 4:**

Betrachtet wird eine dreiflüglige schnellläufige WEA beim Erreichen der elektrischen Nennleistung mit folgenden Daten:

Tabelle 1: Vorgabe zu Aufgabe 4

| $P_N$ [MW] | $v_N$ [m/s] | $c_{m,N}$ | $n$ [1/min] | $\eta_{Getr}$ | $\eta_{Gen}$ |
|------------|-------------|-----------|-------------|---------------|--------------|
| 2          | 10          | 0,08      | 10,4        | 0,98          | 0,97         |

Die Luftdichte soll  $\rho_L = 1,225 \frac{kg}{m^3}$  betragen.

- Berechnen Sie den aerodynamischen Leistungsbeiwert  $c_p$  der Anlage.
- Wie würde sich der Leistungsbeiwert ändern, wenn die Windgeschwindigkeit auf  $v_{1,5} = 24 \frac{m}{s}$  ansteige?

*Hinweis: Im Bereich der Nennleistung bleibt die Drehzahl konstant.*

8) An einem Profil alle Achsen, Kräfte, Geschwindigkeiten einzeichnen und benennen, auch Drehrichtung einzeichnen

Tragflügeltheorie

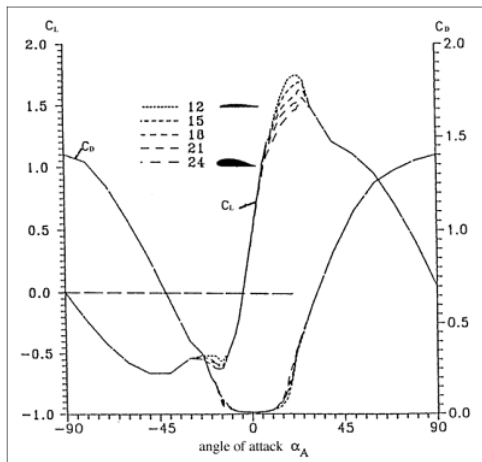
3-dimensional

2-dimensional

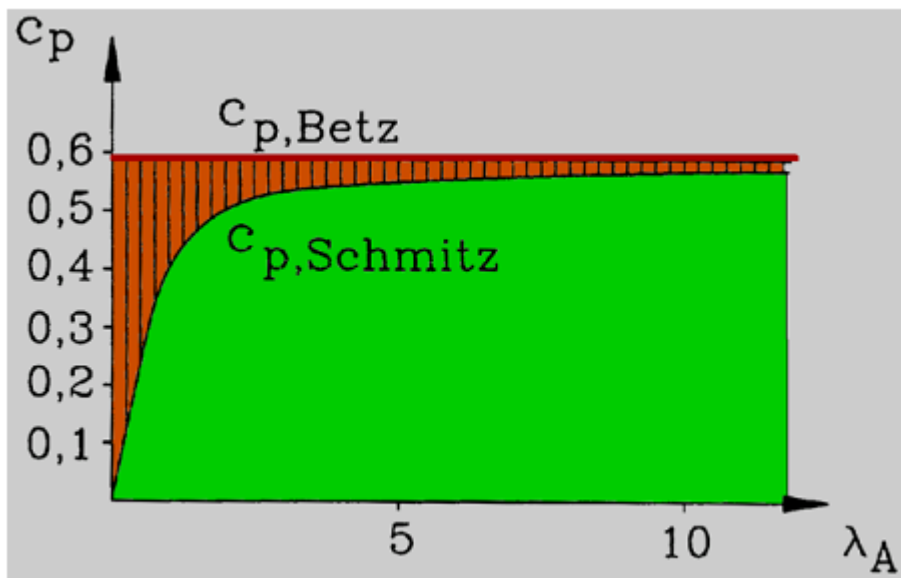
| Zusammenhänge  | Bezeichnungen            |                                  |   |
|--|--------------------------|----------------------------------|---|
| $\theta = \Phi - \alpha$                             | <b>Winkel:</b>           | <b>Geschwindigkeiten:</b>        | <b>Kräfte:</b>                              |
| $dU = dL \sin(\Phi) - dD \cos(\Phi)$                 | $\theta$ : Bauwinkel     | $c$ : Anströmgeschw.             | $dL$ : Auftriebskraft (Lift)                |
| $dT = dL \cos(\Phi) + dD \sin(\Phi)$                 | $\Phi$ : Anströmwinkel   | $v_2$ : Geschw. in d. Rotorebene | $dD$ : Widerstandskraft (Drag)              |
| $dL = \frac{\rho}{2} c^2 \cdot dr \cdot t \cdot c_L$ | $\alpha$ : Anstellwinkel | $\omega$ : Umfangsgeschw.        | $dF_{res}$ : Resultierende aus $dL$ u. $dD$ |
| $dD = \frac{\rho}{2} c^2 \cdot dr \cdot t \cdot c_D$ | $t$ : Flügeltiefe        | $c_L$ : Auftriebsbeiwert         | $dU$ : Umfangskraft                         |
|  | $dr$ : Radiusausschnitt  | $c_D$ : Widerstandsbeiwert       | $dT$ : Schubkraft (Thrust)                  |
|  | $\rho$ : Luftdichte      |                                  |   |

- Gleitzahl, Definition und was sie anschaulich aussagt
- Wirtschaftlichkeit, drei Faktoren zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von WEA und typische Werte angeben
- Die drei Ähnlichkeitsregeln nennen und zwei Beispiele warum Versuche von Praxistests abweichen
- Irgendetwas mit den Abhängigkeiten der Verluste also Proportionalität von Drallverlust, Profilverlust...
- Geschwindigkeiten an einem Schalenkreuzanemometer einzeichnen und Beträge benennen

14) Auftriebs und Widerstandsbeiwert in einem Diagramm skizzieren



15) Aufgabe zur Schmitz und Betz Auslegung, da musste man dieses Diagramm skizzieren



16) Solche Kurven (wie im Diagramm unten) musste man einzeichnen können

# Rotor-Turbine

## Stationäre Leistungskurve

Stationäre Leistungskurve einer 750kW-Anlage mit 50m-Rotor

