

## **Prüfung WEA I (Windenergie – Grundlagen), Prof. Liersch, am 24.02.2017**

**Dauer:** 90 Minuten + 10 Minuten Zeit um Fragen einzulesen und Fragen zu stellen (Assistenten haben da sehr drauf geachtet, dass keiner bereits anfängt zu schreiben). Nur schriftlich.

**Persönliche Meinung:** habe die VL + Übung zu 50% gefolgt, ca. 13 Tage insgesamt für die Klausur gelernt. Meine gut vorbereitet gewesen zu sein. Alles Grundlegende glaube ich verstanden zu haben, meine Schwächen lagen bei den Proportionalitäten z.B.  $t_{Betz}$  zu R und der E-technik.

**Prüfung:** Hatten die im HE101, 8-10 Uhr. Die ging von 8:18 bis PUNKT 9:38. Im Raum die drei Kurshelfer, die sonst die Übung gehalten haben (Prof war natürlich nicht da – war ja auch viel zu früh). Atmosphäre war sehr entspannt, sie hatten extra Taschenrechner und Stifte mit, haben uns Zeit gegeben erstmal die Prüfung zu lesen und Fragen zu stellen und soweit ich es mitbekommen habe, nicht so stark kontrolliert (ich meine, die waren die ganze Zeit nur vorne und haben sich leise unterhalten). Haben auch während der Prüfung Fragen beantwortet (am Platz).

**Empfehlungen – Allgemein:** geht zur Sprechstunde – wenn möglich bei Florian. Er kann echt gut erklären, ist ein Guter. Und versucht nicht nur zur letzten zu gehen. Das Fach ist echt interessant, man kann viel lernen. Die VL gibt das jedoch nicht her, weil der Prof die einfach nicht gut, bis gar nicht gut hält. Die Übungen wurden auch nicht so gut gehalten – die E-Kreide ist richtig unleserlich und recht häufig fehlerbehaftet. Wenn man sich einmal selbst hinsetzt und die nachrechnet, merkt man, dass es ziemlich coole, praktische Aufgaben sind, die dem Verständnis sehr helfen. Also nochmal: rechnet die Übungen nach – oder am besten vor. Habe ich selbst nicht gemacht, erkenne aber, dass es mir geholfen hätte mehr aus dem Fach zu holen.

**Empfehlungen – Prüfungsvorbereitung:** Es ist wichtig ein Grundverständnis für das Fach zu gewinnen, man kann nicht nur auswendig lernen.

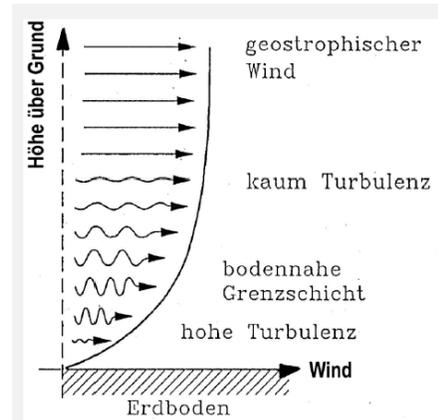
In 12 Tagen full immersion (10h am Tag), kann man sich sehr gut vorbereiten. Wichtig ist, die Übungen gut zu verstehen. Bei der letzten Übung wurde bei uns relativ viel weggekürzt und wurde auch tatsächlich nicht abgefragt. Es wurden auch Tipps darüber gegeben, was man auf jeden Fall lernen sollte. Aus ca. 70% dieser Tipps kam auch was dran. Am wichtigsten sind die VL 1-4 und die dazugehörigen Übungen. Offshore, Betriebsführung und Theorie zu Elektrotechnik (Schaltkreise, Blindleistung...) waren zumindest dieses Semester eher unwichtig. Die Herleitungen, die man wissen müsste, sind alle kurz und gut zu merken (cp, cp\_max, ct\_max, Rankine, Bauwinkel, Blatttiefe nach Betz, P\_wind... wahrscheinlich noch ein paar, die mir jetzt nicht einfallen). Wenn man einmal verstanden hat wie die Geschwindigkeitsdreiecke aufgebaut sind und die Nennleistung errechnet wird, hat man bereits ein gutes Fundament. Wichtig sind noch all die Diagramme die man während den Übungen sieht und auch noch ein paar aus der VL (P(n), P(Lambda), P\_Wind, P\_R, P\_el, cpBetz, cpSchmitz. Dann cm, ct und cp für Schnell und Langsamläufer, P, Lambda, cp, n, M, Gamma (Pitchwinkel) für Langsam und Schnelläufer. Blattgeometrie Betz und Schmitz.

Lernt gut die Übungen, schaut euch Altklausuren an. Dann macht ihr das schon.  
Der Gasch ist empfehlenswert, findet man auf SpringerOnline.

In diesem Sinne, viel Erfolg!

**Prüfungsfragen am 24.02.2017:**

- 1) Windprofil über die Höhe zeichnen und Unterschied geostrophischer Wind und Bodennähe. Also das hier zeichnen:



- 2) Windenergieertrag berechnen. Gegeben waren die relative Häufigkeiten  $h_i$ , die dazugehörigen Leistungen  $P_i$ , beide im selben Diagramm aufgetragen (auf der x-Achse die Windgeschwindigkeit) und  $T=100$  Stunden. Darunter ein leeres Diagramm. Auf der x-Achse die Windgeschwindigkeit, auf der y-Achse das Energieertrag (kWh).
- a) Die Energieerträge für die einzelnen Windklassen berechnen und im leeren Diagramm auftragen (Balken zeichnen). Lösung:  $E_i = h_i P_i T = h_i P_i 100$ .
- b)  $E_{gesamt} = \sum_i E_i$  berechnen.
- 3) Die Windgeschwindigkeit  $v_2$  (bei  $h_2$ ) berechnen. Gegeben war alles was du brauchst um folgende Formel anzuwenden:

$$v_2 = v_1 \frac{\ln\left(\frac{h_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_1}{z_0}\right)}$$

- 4) Die drei aerodynamischen Verlustarten nennen, die Proportionalitäten zu  $z$ ,  $\lambda_D$ ,  $E$  nennen UND stichpunktartig erklären wie die entstehen. Außerdem drei Proportionalitäten zum Rotorradius nennen (z.B. Masse zu  $R^3$ , Drehzahl und Eigenfrequenz zu  $1/R$ ).
- 5) Flügel war eingezeichnet: alle Kräfte, Geschwindigkeiten, Winkel einzeichnen und beschriften (nach Betz) und die Achsen beschriften (Rotorachse, Rotorebene). Die Drehrichtung war auch anzugeben.
- 6) Kann man ein Synchrongenerator zum Asynchrongenerator machen, indem man den Rotor einfach wechselt?  
 Antwort: ja, weil die Statoren der beiden gleich sind – habe ich nach der Prüfung mir vom Kurs helfer bestätigen lassen.  
 Bei welchem tritt Schlupf auf? Asynchrongenerator.
- 7) Konzeptskizze einer doppeltgespeisten, drehzahlvariablen Anlage.

- 8) 3 Faktoren zur wirtschaftlichen Einschätzung eines Projektes und typische Werte.
- 9) Regelkonzept einer drehzahlvariablen Anlage (Pitch to feather Regelung) soll gezeichnet und erklärt werden.

Antwort: Pitch  $\rightarrow c_L$  wird kleiner  $\rightarrow$  hab weniger Schub.

Darunter war ein Diagramm gegeben, wo die Kurven für  $c_D$  und  $c_L$  beide aufgetragen waren. Achsen und Kurven musste man beschriften und Betriebspunkt einer solchen Anlage einzeichnen und Regelung verdeutlichen. Ich glaube, dass hier gewollt war, dass man einmal den höchsten  $c_L$  Wert angibt als Betriebspunkt und dann folgendes:

- 10)  $P, \lambda, n$  einer Drehzahlvariablen Anlage im selben Diagramm zeichnen und „Bereich I und II“, benennen (Teillastbereich und Vollastbereich).
- 11) 2 lokale Ausgleichswinde beschreiben und erklären wie diese entstehen.  
Berg-Tal, See-Land. Temperaturgradient  $\rightarrow$  Dichtegradient  $\rightarrow$  Druckgradient  $\rightarrow$  Geschwindigkeitsgradient.
- 12) Die drei Ähnlichkeitsregeln nennen und zwei Unterschiede zum Feldversuch.
- 13) Quasistationärer Hochlaufversuch beschreiben und alle Formeln explizit nennen. Was wird gemessen, was errechnet?
- 14) Größere Rechenaufgabe (8p), ähnlich wie Übung 2, Aufgabe 4.

Gegeben:  $P_N, \lambda_N, z, \rho, D, \eta_{el}, \eta_{mech}$

- a)  $v_{nenn}, \Omega_n$  berechnen
- b)  $M_{Rotor}$  berechnen. ACHTUNG  $M_R = \frac{P_R}{\Omega}$  also erstmal

$$P_R = \frac{P_N}{\eta_{mech}\eta_{el}}$$

berechnen.

- c) neue Blatttiefe ausrechnen bei gegebener Blatttiefe  $t=3$ . Ging wohl über Ähnlichkeitsgesetze. Zwei Kumpels und ich haben das nicht ganz hinbekommen.
- d)  $c_{p,Betz}$  und  $c_{p,Schmitz}$  in ein Diagramm darstellen und erläutern wo der Unterschied liegt (Schmitz beinhaltet Drallverluste).

- 15) Was sagt E aus? Ist ein Maß der Güte des Profils.

Wie wird es berechnet?  $E = \frac{dL}{dD} = \frac{c_L}{c_D}$

- 16) Den Bauwinkel  $\theta$  nach Betz herleiten.

17)  $c_m(\lambda)$  für Schnell- und Langsamläufer in 1 Diagramm mit Skalierung der Achsen einzeichnen.

18) Aus gegebenem  $\lambda$ ,  $v$  und  $R$  die Drehzahl berechnen.

19) Schalenkreuzanemometer zeichnen mit: Drehrichtung,  $c_D$  Werte, Beträge der Windgeschwindigkeiten (Umlauf-, Anström-, Windgeschwindigkeit).

Berlin der 24.02.2017

-M