

Aufgabenstellung zur Gruppenarbeit mit dem Thema

Modellierung, Simulation und Regelung einer
drehzahlvariablen Wind Turbine

Prof. Dr. Horst Schulte

Automation in Regenerativen Energiesystemen

WiSe 20/21



Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin

University of Applied Sciences

1. Einführung
2. Anforderungen an das Windturbinen Modell
3. Anforderungen an den Aufbau der Simulation
4. Anforderungen an die Regelung
5. Anforderung an die Dokumentation/Präsentation

1. Einführung

Aufgabenstellung

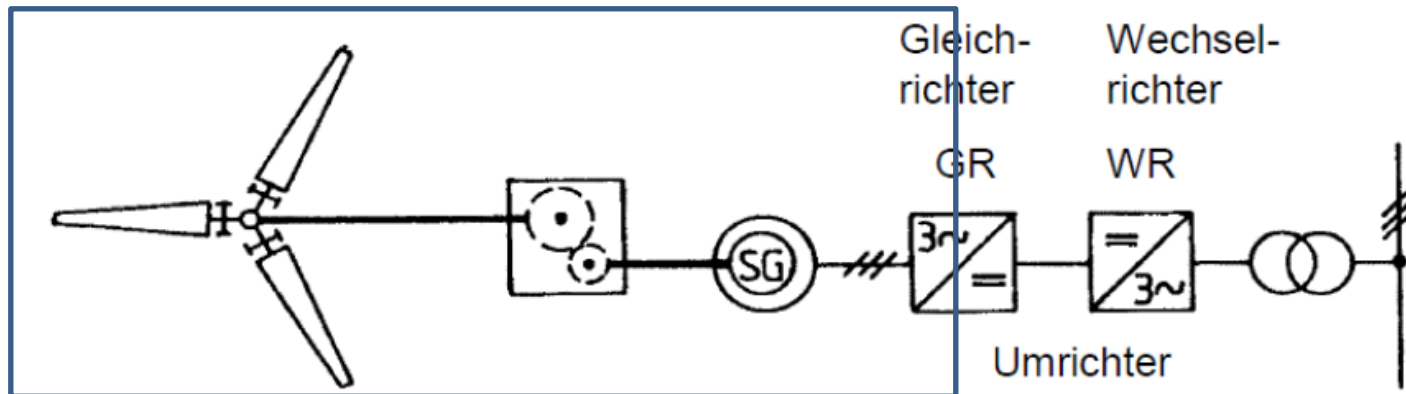
- zu erstellen ist ein mathematisches Modell einer 5MW Windturbine (NREL)
-> *Anforderungen siehe Abschnitt 2*
- Implementierung des mathematischen Modells in Matlab/Simulink
- Das Modell soll schrittweise mit den Teilmodellen Antriebsstrang, Aero-Dynamik, Turm- und Blattdynamik aufgebaut werden.
- nach Fertigstellung der Simulation (-> *Anforderungen siehe Abschnitt 3*) soll ein reduziertes WT Modell für den Teil- und Vollast abgeleitet werden
- Modell besteht aus N_m einzelnen linearen Modellen $G_{s_i}(s)$ für $i=1, \dots, N_m$
- Reglerentwurf erfolgt für alle Arbeitspunkts im s-Bereich
- Regler basiert auf einer kennfeldbasierten arbeitspunktabhängigen Nachführung der Reglerkoeffizienten -> *Anforderungen siehe Abschnitt 4*
- die math. Modellierung bis zur Reglervalisierung ist zu dokumentieren
- Ergebnisse müssen im Rahmen einer mündlichen Prüfung vorgestellt werden -> *Anforderungen siehe Abschnitt 5*

1. Einführung

Aufbau einer drehzahlvariablen Windturbine der MW Klasse

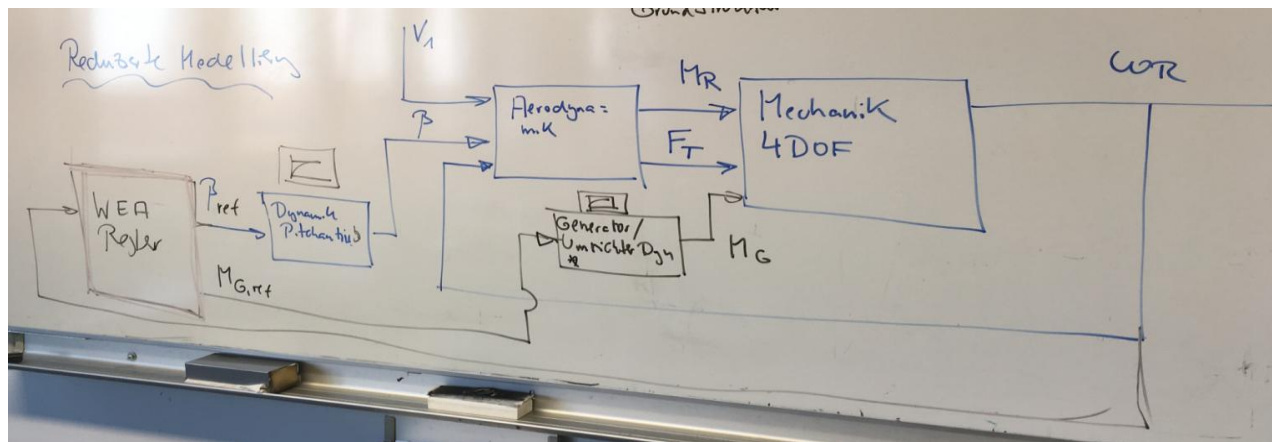


Systemgrenzen: Wind Turbine (ohne netzseitige Anbindung)



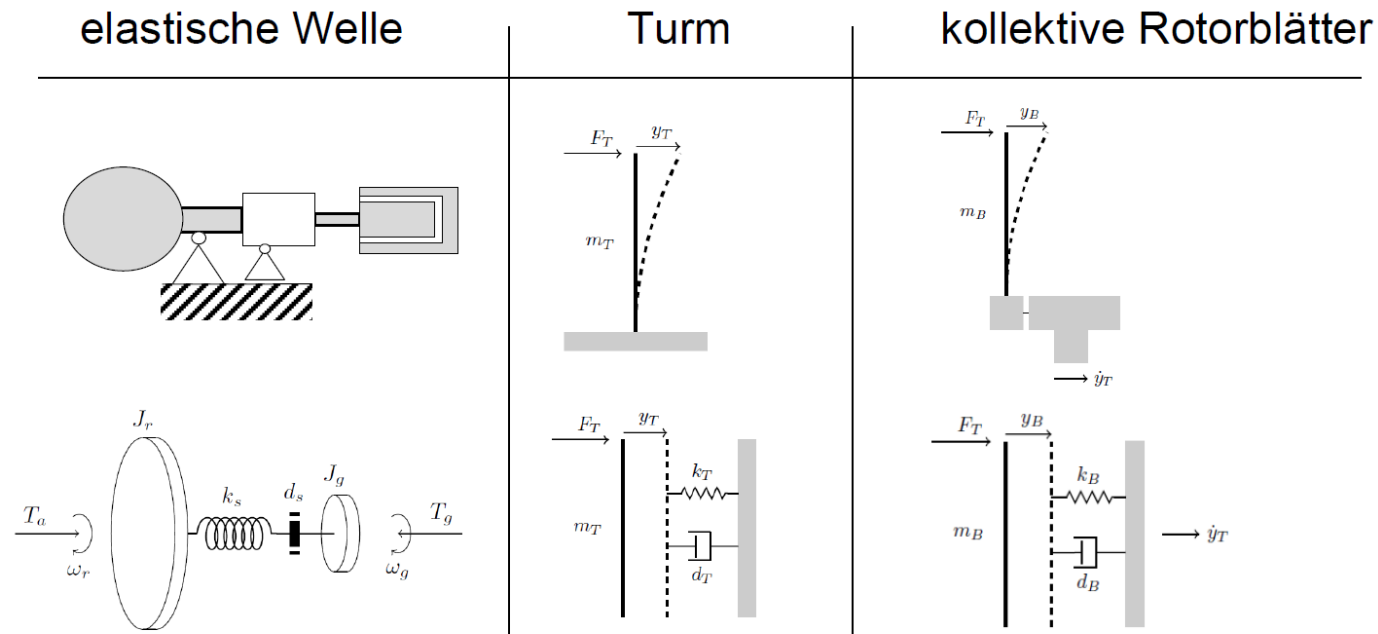
2. Anforderungen an das Windturbinen Modell

- Erstellt werden soll das mathematische Modell der NREL 5MW Turbine (ähnlich zur 5M Repower) -> Datenblatt siehe Moodle
- Modellparameter werden in Form eines Parameterfiles als Matlab Skript zur Verfügung gestellt
- Modell besteht aus einem *aerodynamischen System*, dem *mechanischen System* (4DOF) und dem *Pitchantrieb*. Optional kann noch eine *Generatordynamik* (Momentendynamik) eingebaut werden



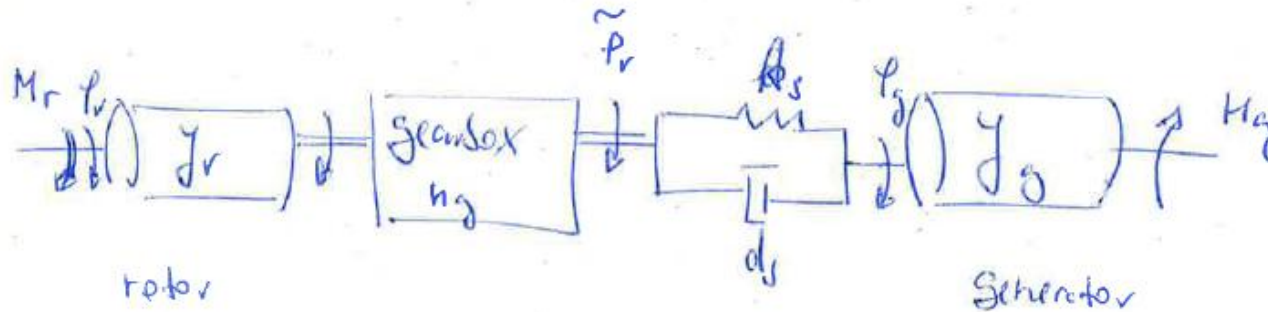
2. Anforderungen an das Windturbinen Modell

- **Mechanische System** berücksichtigt 4 Freiheitsgrade (4DOF)
 - Rotordrehung
 - elastischer Antriebsstrang (Welle)
 - Turmverbiegung in Windrichtung
 - Blattverbiegung in Windrichtung (kollektiv, keine Einzelblätter)



2. Anforderungen an das Windturbinen Modell

- **1. Schritt im Projekt:** Modellierung des elastischen Antriebstrang, welches durch das folgende Ersatzschaltbild hinreichend genau für die Aufgabenstellung beschrieben wird



Slow shaft

$$\dot{\omega}_r J_r = M_r - n_g M_g - n_g M_d$$

High speed shaft with $\omega_g = \dot{\phi}_g$

$$\dot{\omega}_g J_g = -M_g - (\phi_g - \tilde{\phi}_r) k_s - (\dot{\phi}_g - \tilde{\dot{\phi}}_r) d_s$$

3. Anforderung an die Simulation

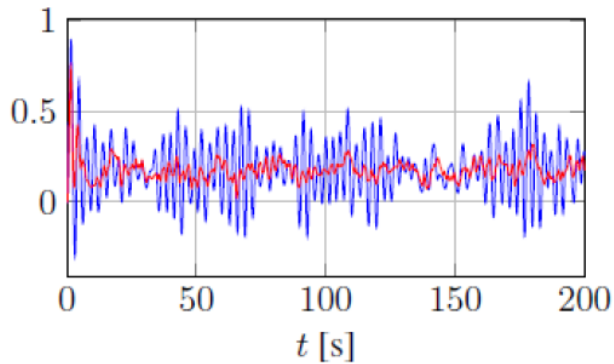
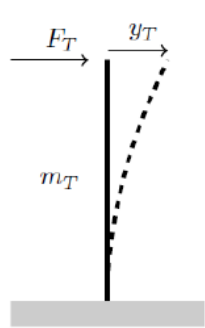
- Simulinkmodell soll aus einem zentralen Matlab Script main.m aufgerufen werden
- In diesem sollen die Parameter der Turbine, des Reglers und der Winddaten eingelesen werden
- Im ersten Schritt wird die Turbine ohne Regelung simuliert
- Die Simulation ist so aufzubauen, dass die Schnittstellen zwischen den Teilmodellen klar erkennbar sind.
- Die Form der Implementierung ist nicht festgelegt: Das heißt, sie können die mathematischen Modelle im Extremfall komplett in einer Matlabfunktion als m-script codieren oder alles über die grafischen Elemente der Standardblocksets umsetzen. In der Regel ist es eine Mischform.
- Die aerodynamischen Modelle zur Berechnung vom Rotormoment und der Schubkraft als Funktion von der ungestörten Windgeschwindigkeit, dem Rotormoment und dem Pitchwinkel werden als Look-up Table zur Verfügung gestellt
- Alle Signalleitungen sind zu beschriften
- Die Simulationsergebnisse müssen in einem Datenfile (*.mat) abgespeichert und anschliessend über den Befehl plot visualisiert werden.
- Scopes dienen nur bei der Implementierung zum „Debuggen“ der Simulation

4. Anforderung an die Regelung

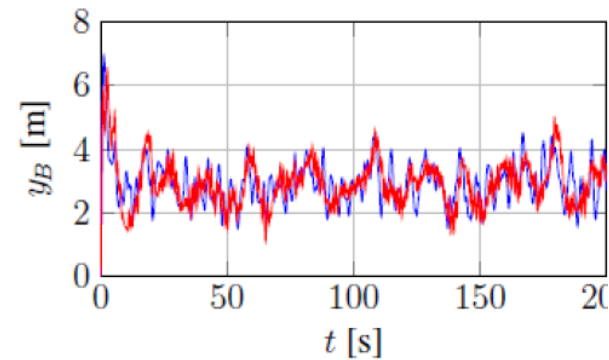
- Die Windturbine muss im Teillast- und Vollastbetrieb mit dem Generatormoment und dem kollektiven Pitchwinkel als Stellgröße geregelt werden.
- Die Stellgrößenbeschränkung des Pitchantriebs von maximal $8^\circ/\text{s}$ muss in der Reglervalidierung berücksichtigt werden
- Für ausgewählte Windgeschwindigkeitsverläufe (Vorgabe) wie IEC Böen und turbulente Windverläufe zwischen 8 und 25 m/s darf die Turmauslenkung auf Narbenhöhe nicht größer sein als 1,5 m und die Blattauslenkung an der Spitze nicht größer sein als 7 m.
- Die Rotordrehzahl darf im Vollastbereich nicht größer sein als das 1,2 fache der Nenndrehzahl
- Beispiel siehe die nächste Seite

4. Anforderung an die Regelung

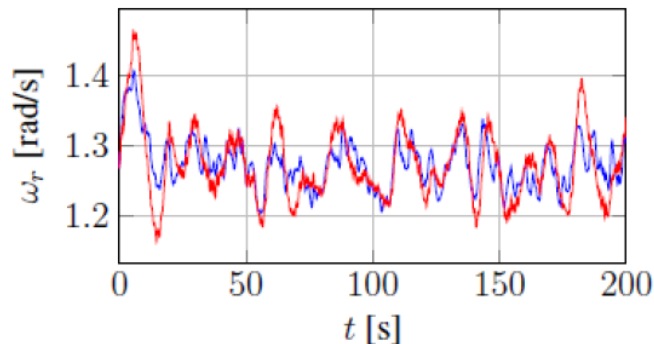
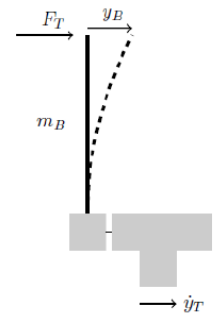
- Simulationsergebnisse für turbulenten Wind mit 18 m/s im Mittel



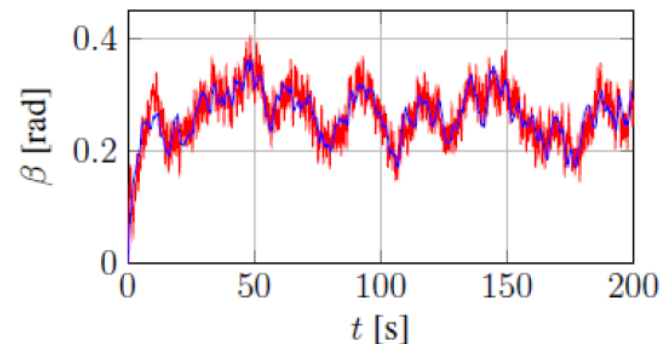
(a) Tower top displacement



(b) Blade tip displacement



(c) Rotor speed



(d) Pitch angle

5. Anforderung an die Dokumentation/Präsentation

- Darstellung der Modellierung, des Simulationsaufbaus und dem Reglerentwurf auf maximal 15 Seiten.
- Darstellung und Diskussion der Ergebnisse auf weiteren 10 Seiten.
- Präsentation per Power Point oder ähnlichem Tool in 10 Minuten.
- Jedes Gruppenmitglied muss präsentieren
- Fragen zur Dokumentation und Präsentation im Anschluss