

Simulation und Steuerung eines Windkraftgetriebes



RWTHAACHEN
UNIVERSITY

IFAS

Institut für
Fluidechnische
Antriebe und
Steuerungen

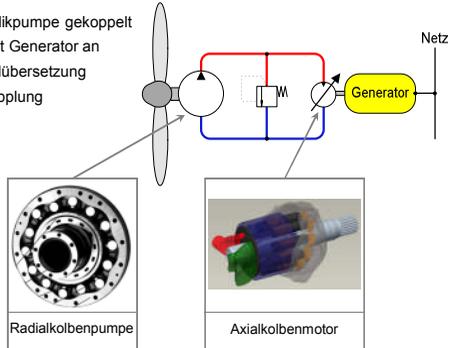
Johannes Schmitz
25.05.2011

Gliederung

- Einleitung
- Optimierung des Antriebsstrangs
- Entwicklung der Getriebesteuerung
- Statische und dynamische Vermessung
- Zusammenfassung und Ausblick

Konzeptidee

- Turbine und Hydraulikpumpe gekoppelt
- Hydraulikmotor treibt Generator an
- Stufenlose Drehzahlübersetzung
- Mechanische Entkopplung
- Überlastschutz



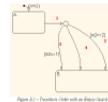
Entwicklungsschritte



- Simulation von Wirkungsgraden
- Prüfstandssteuerung
- automatisierte Messungen
- Simulation des dynamischen Verhaltens
- Echtzeitsimulation
- Hardware-in-the-Loop

DSH^{plus}

MATLAB
SIMULINK



Engineeringcenter
ifas
BECKHOFF

Gliederung

- Einleitung
- **Optimierung des Antriebsstrangs**
- Entwicklung der Getriebesteuerung
- Statische und dynamische Vermessung
- Zusammenfassung und Ausblick

Simulationsmodell zur Optimierung des Antriebsstranges

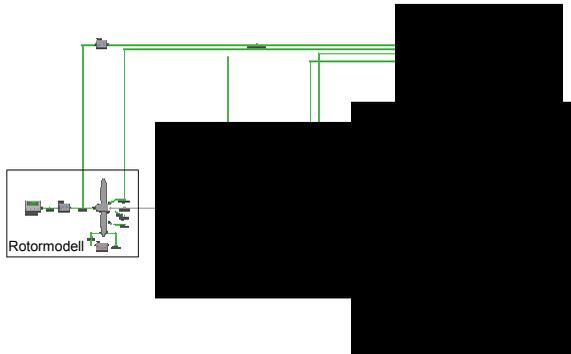
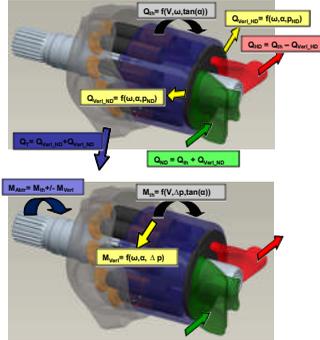


Abbildung eines Axialkolbenmotors

- Volumenströme
 - Theoretischer Volumenstrom
 - Kennfelder der Leckage
- Drehmoment
 - Theoretisches Moment
 - Kennfeld für Momentsverlust
- Realistische Abbildung auch in extremen Arbeitspunkten
- Gute Genauigkeit bei vorhandenen Messdaten

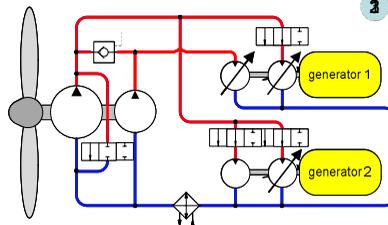


Simulation und Steuerung eines Windkraftgetriebes
J. Schmitz



Ausgewähltes Konzept

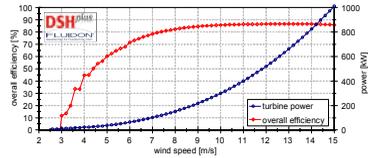
- Zwei Kreisläufe
- Drei verschiedene Arbeitspunkte
- Komponenten
 - 2 Pumpen (70 & 280 kNm)
 - 3 verstellbare Motoren
 - 1 Konstantmotor
 - 2 Generatoren



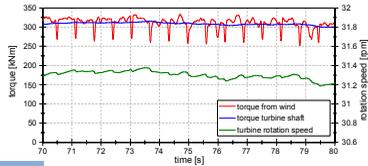
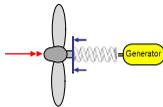
Simulation und Steuerung eines Windkraftgetriebes
J. Schmitz

Simulationsergebnis

- Gesamtwirkungsgrad
 - 1 MW Rotor
 - Wirkungsgradkennfelder wurden skaliert



- Drehsteifigkeit des Triebstrangs
 - Turmschatten-Effekt
 - Windböen



Drehmomentstöße werden geglättet

Simulation und Steuerung eines Windkraftgetriebes
J. Schmitz

9 von 25



Gliederung

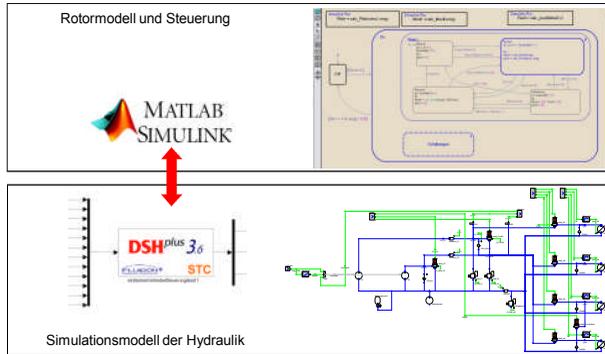
- Einleitung
- Optimierung des Antriebsstrangs
- Entwicklung der Getriebesteuerung
- Statische und dynamische Vermessung
- Zusammenfassung und Ausblick

Simulation und Steuerung eines Windkraftgetriebes
J. Schmitz

10 von 25



Kopplung von Matlab Simulink mit DSHplus

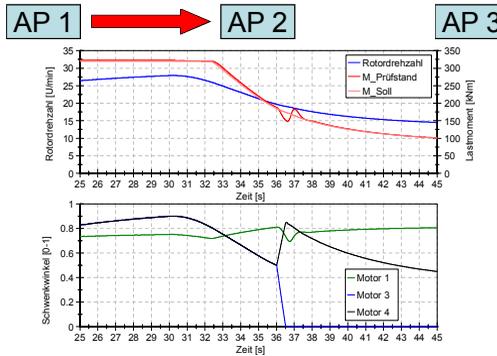


Simulation und Steuerung eines Windkraftgetriebes
J. Schmitz

11 von 25



Simulationsergebnisse Schaltpunkte

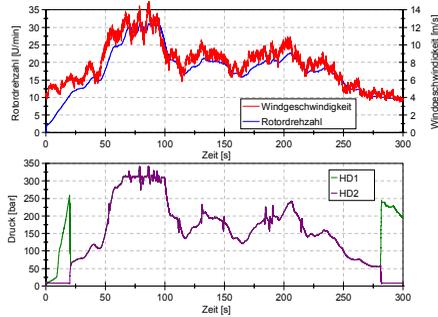


Simulation und Steuerung eines Windkraftgetriebes
J. Schmitz

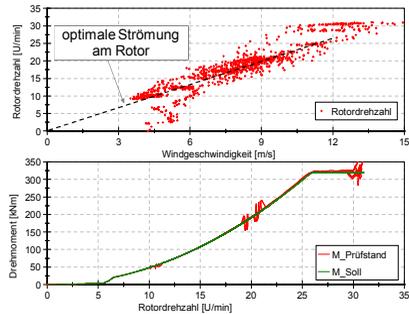
12 von 25



Simulationsergebnisse Dauerlauf



Simulationsergebnisse Dauerlauf Arbeitspunkte



Gliederung

- Einleitung
- Optimierung des Antriebsstrangs
- Entwicklung der Getriebesteuerung
- **Statische und dynamische Vermessung**
- Zusammenfassung und Ausblick

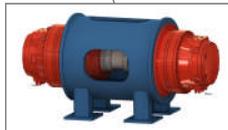
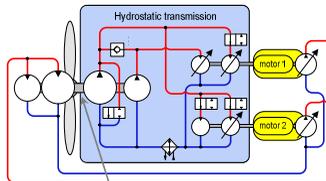
Integration in den Prüfstand

Herausforderung

- Hohes Drehmoment
- Dynamische Lasten
- Begrenzte elektrische Leistung

Prüfstandlayout

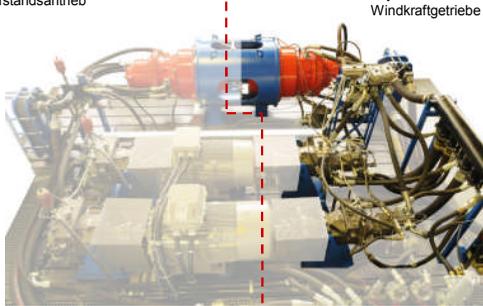
- Hydrostatische Energierückführung
- Generatoren ersetzt durch Elektromotor und Pumpe
- Turbine wird durch Radialkolbenmotor abgebildet
- Verspannung wird über Verstellpumpen eingestellt



Windkraftprüfstand am IFAS

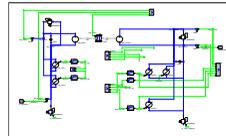
Prüfstandsantrieb

Hydrostatisches
Windkraftgetriebe

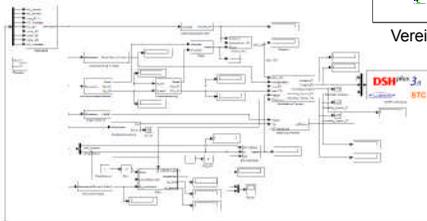


Inbetriebnahme der Steuerung

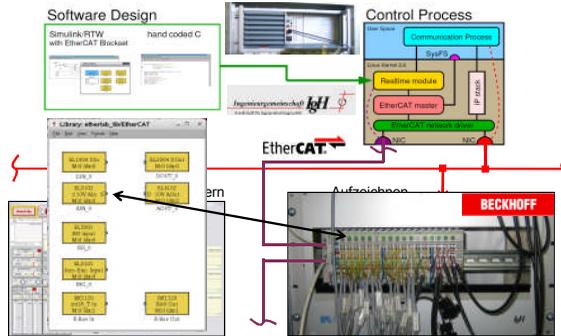
- Wichtige Funktionen können nicht am Prüfstand getestet werden
- Inbetriebnahme in Co-Simulation



Vereinfachtes Prüfstandsmodell in DSHplus



Struktur des Messsystems



Simulation und Steuerung eines Windkraftgetriebes
J. Schmitz

19 von 25



Anforderungen um das Getriebe dynamisch zu vermessen

- Testen unter möglichst realen Bedingungen
- Rotorträgheit muss berücksichtigt werden
 - Großer Einfluss auf Dynamik
 - Entscheidend bei Betriebsstrategie
- Windlasten sind entscheidend für die Getriebebelasten
 - Aufträgen von dynamischen Windkennfeldern aus Messungen
 - Generierung eines Drehmoments in Abhängigkeit
 - Windgeschwindigkeit
 - Rotordrehzahl
 - Pitchwinkel der Rotorblätter
 - Turmschatteneffekt

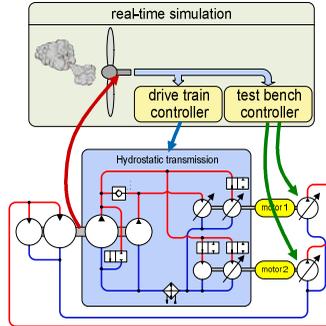
Simulation und Steuerung eines Windkraftgetriebes
J. Schmitz

20 von 25



Simulation der Windkraftanlage für dynamische Messungen

- Rotor und Wind werden in Echtzeitsimulation abgebildet
- Prüfstandsantrieb überträgt die Drehzahl in der Simulation auf den Prüfstand
- Hydrostatisches Getriebe wird von Steuerung eingestellt
- Lastmoment am Prüfstand wird in Simulation zurückgeführt



Messungen unter realen Windverhältnissen

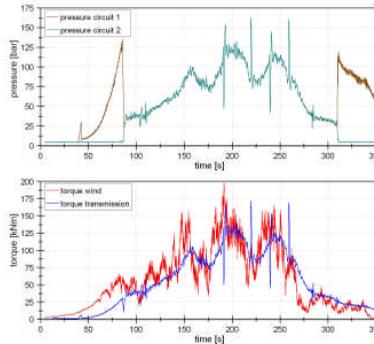
Simulation und Steuerung eines Windkraftgetriebes
J. Schmitz

21 von 25



Messergebnis mit dynamischen Windlasten

- Dynamischer Wind bis 12 m/s
- Drehmomentgleichgewicht am Rotor
- Schalten zwischen zwei Verdrängervolumen
- Ein Motor wird zu-/ abgeschaltet



Simulation und Steuerung eines Windkraftgetriebes
J. Schmitz

22 von 25



Gliederung

- Einleitung
- Optimierung des Antriebsstrangs
- Entwicklung der Getriebesteuerung
- Statische und dynamische Vermessung
- Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung und Ausblick

- Entwicklungsarbeit erfordert viele Teilschritte bis zum Prototypen
- Simulationen helfen Optimierungsarbeit zu beschleunigen
- Fehler in Steuerungen und Regelungen können frühzeitig erkannt werden
- HIL ermöglicht auch komplexe Zusammenhänge am Prüfstand zu realisieren

- Weitere Optimierung des Getriebes auf Basis der Messdaten
- Verbesserung der Betriebsstrategie
- Erweiterung der Steuerung um Notfallfunktionen

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit.**

Fragen & Anregungen?



J. Schmitz
25.05.2011