Entwicklung eines formvariablen Vorflügels für Windenergie-Rotorblätter zur Untersuchung im Windkanal

Wissenschaftstag 2016, DLR-FA

Oliver Huxdorf

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Gliederung

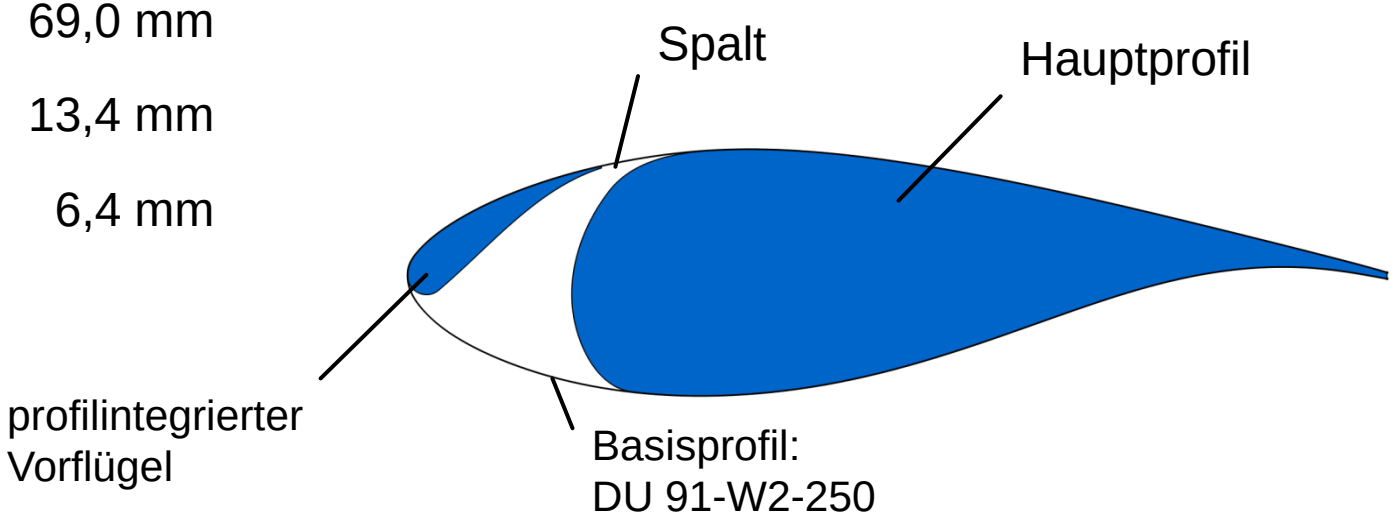
1. Ziele und Anforderungen
2. Konzeptauswahl
3. Auslegung
   - Parameterstudie
   - Materialauswahl
   - Statische Voruntersuchungen
   - Dauerfestigkeitsuntersuchungen
4. Windkanalmodell
5. Windkanaluntersuchungen
6. Zusammenfassung
7. Ausblick

Ziel und Anforderungen

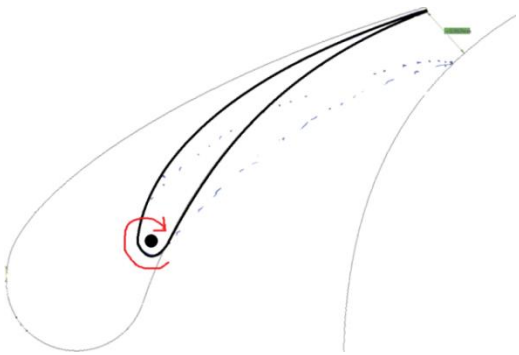
Ziel: aktive Beeinflussung der aerodynamischen Beiwerte

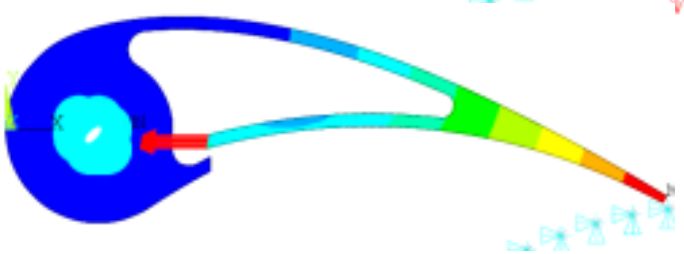
Anforderungen:

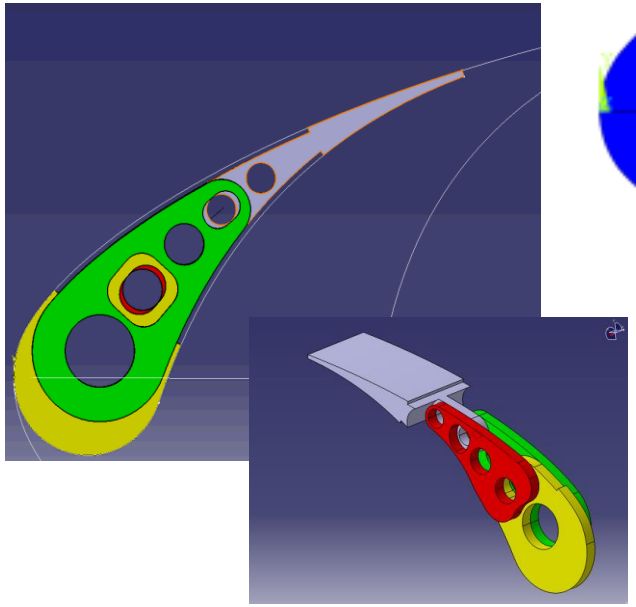
- Spalt zwischen Vorflügelhinterkante und Hauptprofil dynamisch verändern
- dynamische Hinterkantenverformung mit 5Hz
- Sehnenlänge: 69,0 mm
- Profildicke: 13,4 mm
- Spaltgröße: 6,4 mm

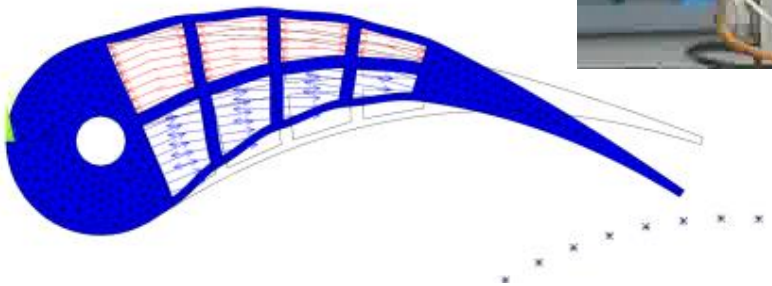


Konzeptauswahl



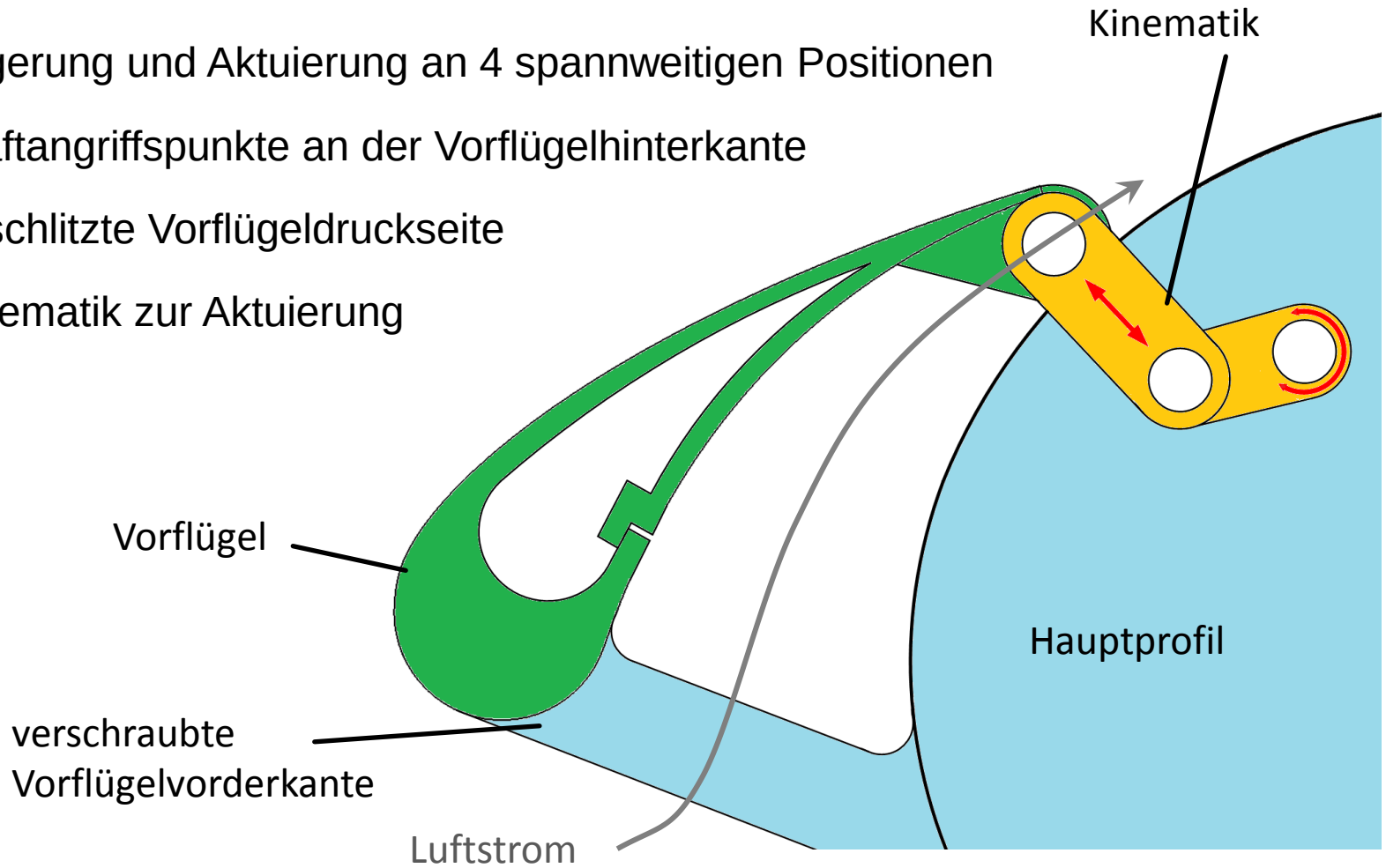






Konzeptauswahl

- Lagerung und Aktuierung an 4 spannweitigen Positionen
- Kraftangriffspunkte an der Vorflügelhinterkante
- geschlitzte Vorflügeldruckseite
- Kinematik zur Aktuierung



Parameterstudie

Ziel:

- Dehnungsminimierung zur Gewährleistung der Dauerfestigkeit für Windkanaluntersuchungen in SB und SBII

Ansatz:

- Variation der Innenkontur:
  a) 3 tangentiale Radien
  b) Polynomfunktion

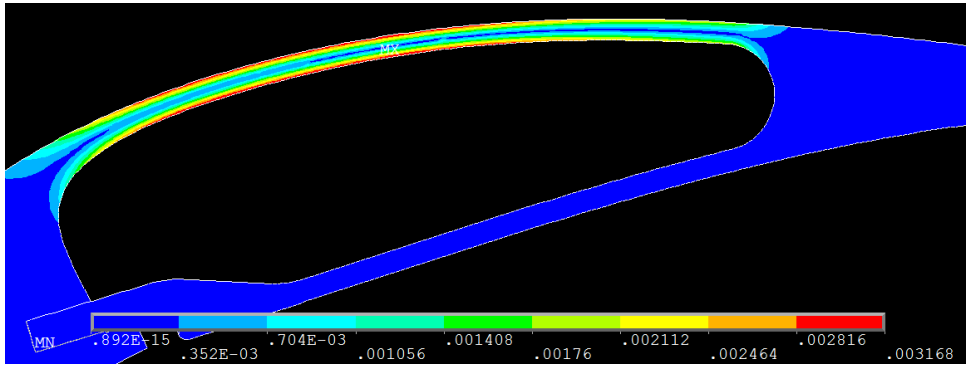


Abb.: Resultierende Dehnungsverteilung im Fall des geschlossenen Spaltes

Ergebnis:

- max. Dehnung: $\varepsilon_{max} \approx 0.32\ \%$
- max. Spannung: $\sigma_{max} \approx 670\ \mathrm{N/mm^2}$

Materialauswahl

<u>Einflussgrößen auf Materialauswahl:</u>

- Dauerfestigkeit
- Fertigungsverfahren

<u>Material:</u>

- 30CrNiMo8 (Vergütungsstahl)

- Zugfestigkeit
  - $R_m = 1250\ N/mm^2$
  - $\varepsilon_{R_m} = 0{,}6\ \%$

- Streckgrenze
  - $R_e = 1050\ N/mm^2$
  - $\varepsilon_{R_e} = 0{,}5\ \%$

<u>geschlossener Spalt</u>

$\varepsilon \approx 0{,}32\ \%$

$\sigma \approx 672\ N/mm^2$

<u>Maximal geöffneter Spalt</u>

$\varepsilon \approx -0{,}25\ \%$

$\sigma \approx -520\ N/mm^2$

$v \approx -5{,}9\ mm$

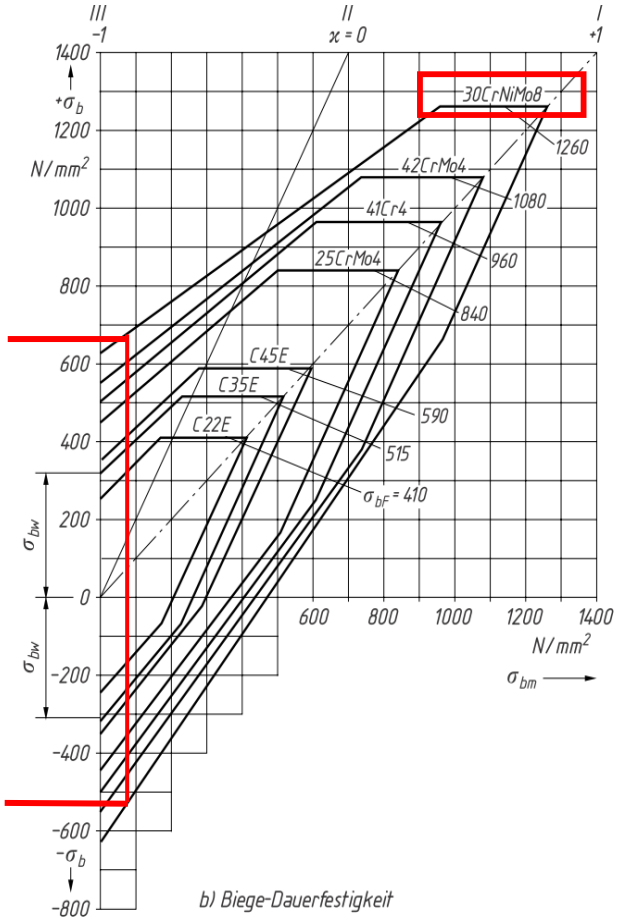


Abb: Dauerfestigkeitsschaubild nach Smith

Quelle: Roloff/Matek Maschinenelemente Tabellenbuch 19. Aufl.

Statische Voruntersuchungen

Ziel:

- Verschiebungskurve des Kraftangriffspunktes ermitteln
- Dehnungsverteilung bestimmen
- FE-Modelle validieren

Ergebnisse:

- benötigte Aktuatorkraft: 120 N (für ein Segment)
- Dehnungsmaximum: 0.34 %

Abb.: Versuchsaufbau

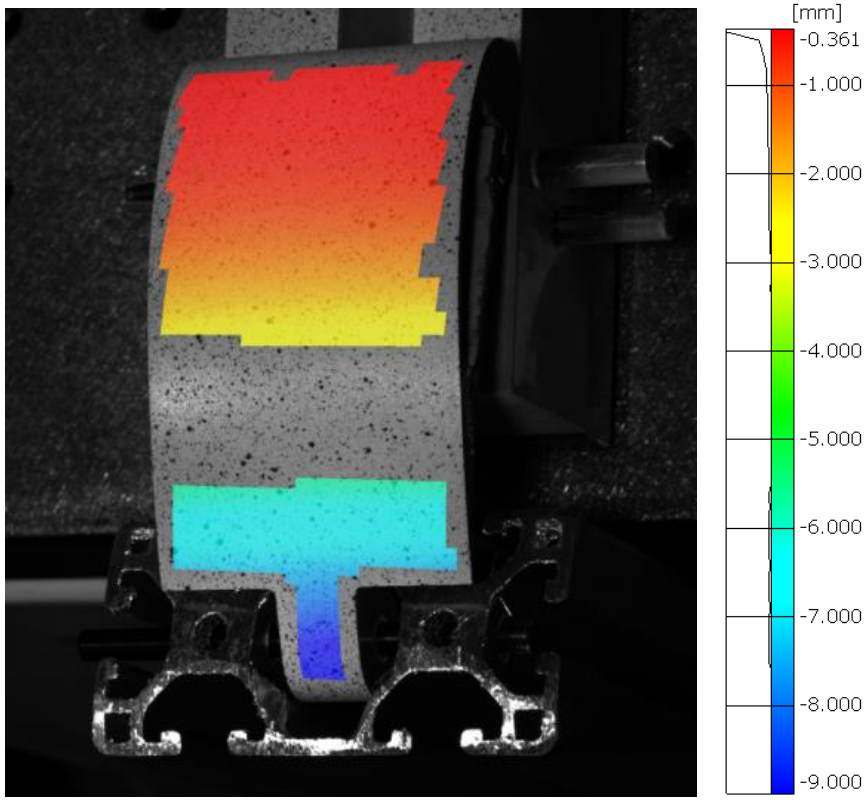


Abb.: Verschiebungsverlauf

Statische Voruntersuchungen

Ziel:

- Verschiebungskurve des Kraftangriffspunktes
- Dehnungsverteilung bestimmen
- FE-Modelle validieren

Ergebnisse:

- Benötigte Aktuatorkraft: 120 N (für ein Segment)
- Dehnungsmaximum: 0.34 %

Abb.: Versuchsaufbau

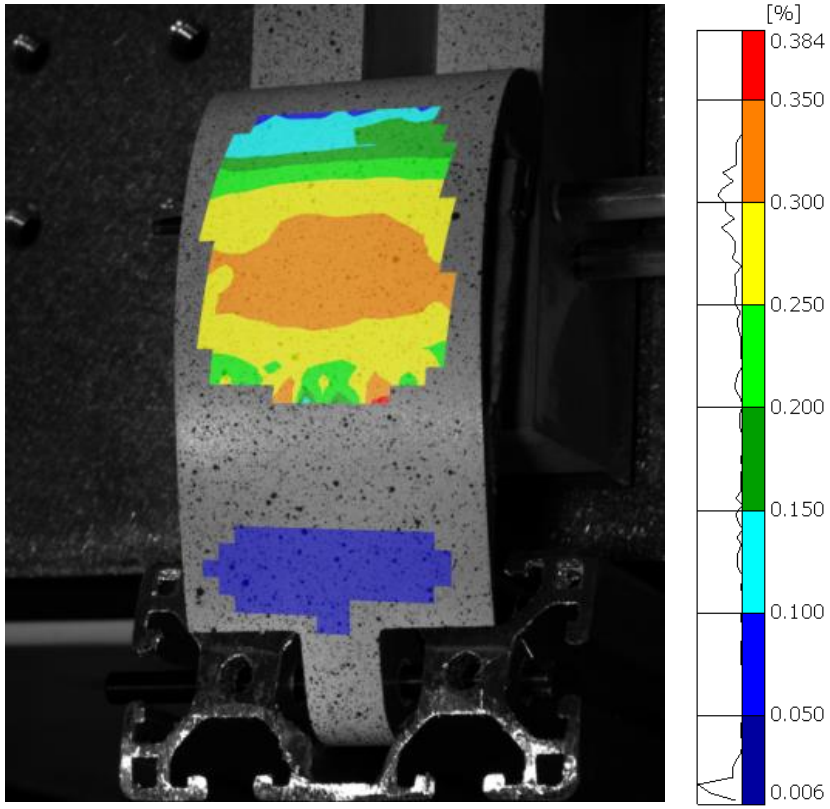


Abb.: Dehnungsverteilung

Dauerfestigkeitsuntersuchungen

Ziel:

- Dauerfestigkeit des Windkanalmodells gewährleisten
- 1. Mio Lastzyklen

Verwendete Messsysteme:

- Kraftmessdose
- Induktiver Wegsensor
- Dehnungsmessstreifen
- Optische Messverfahren
  - ARAMIS
  - ATOS

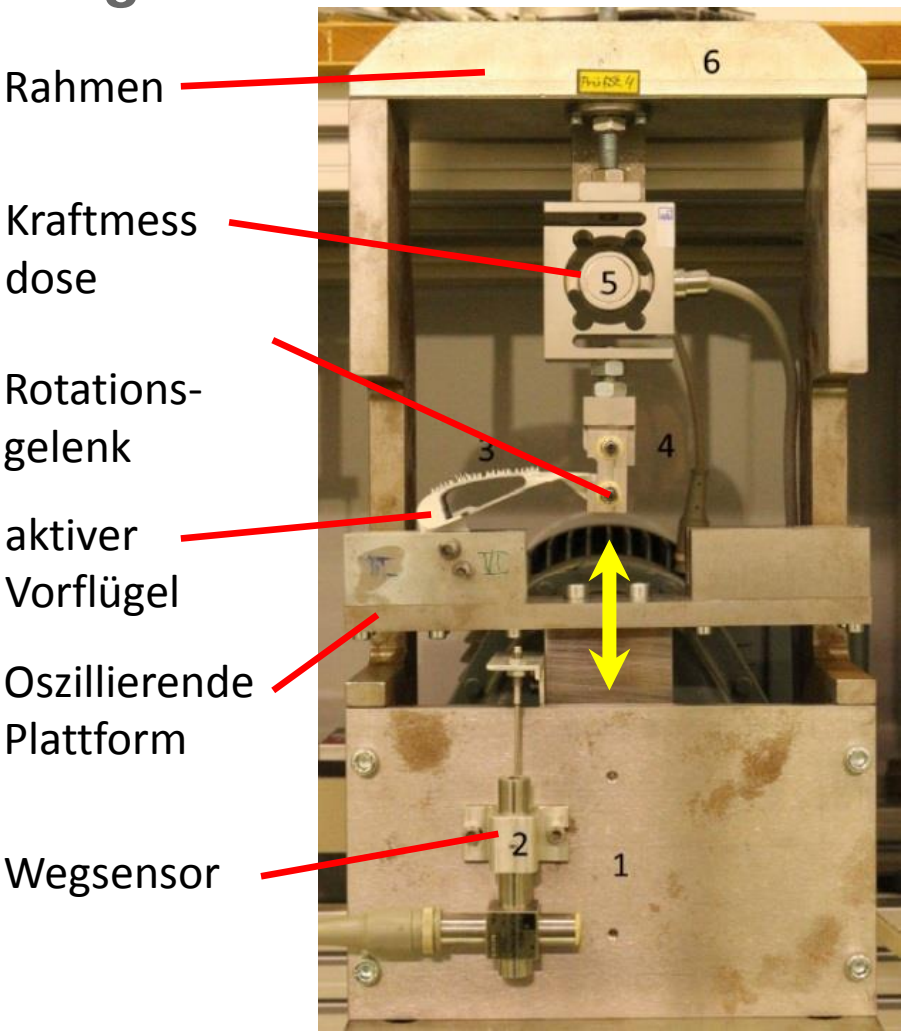


Abb: Versuchsaufbau

Dauerfestigkeitsuntersuchungen

Ziel:

- Dauerfestigkeit des Windkanalmodells gewährleisten

Ergebnisse:

- keine plastische Deformation
- Dauerfestigkeit ist gewährleistet

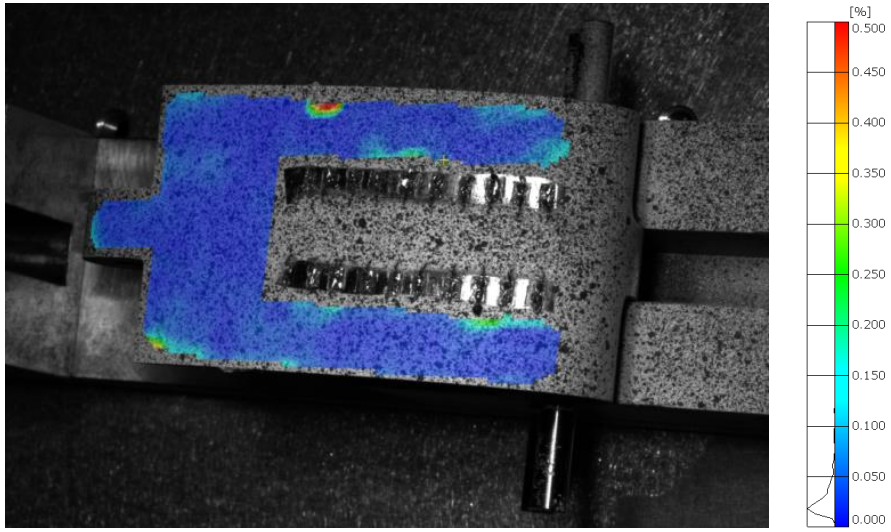


Abb: Dehnungsverteilung nach Dauerfestigkeitsuntersuchungen

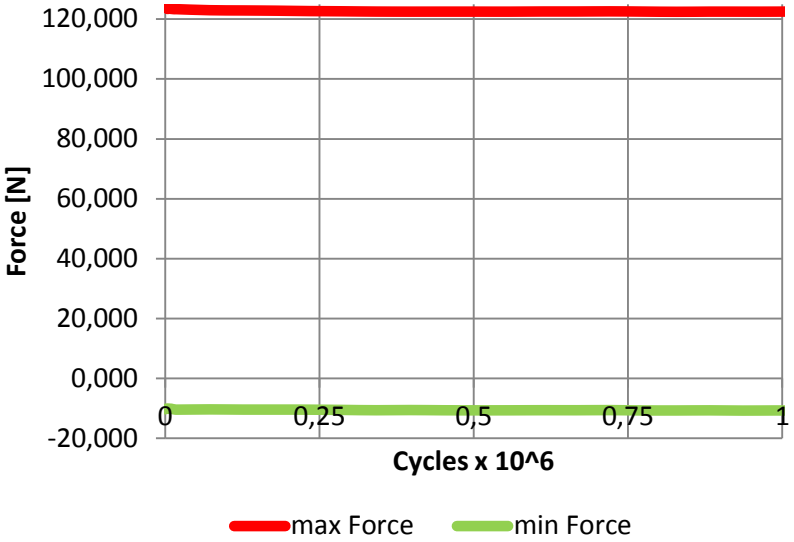
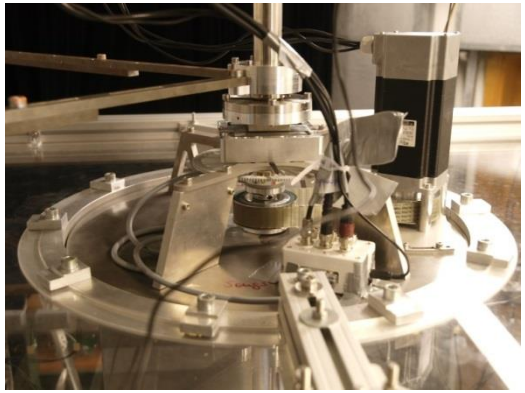
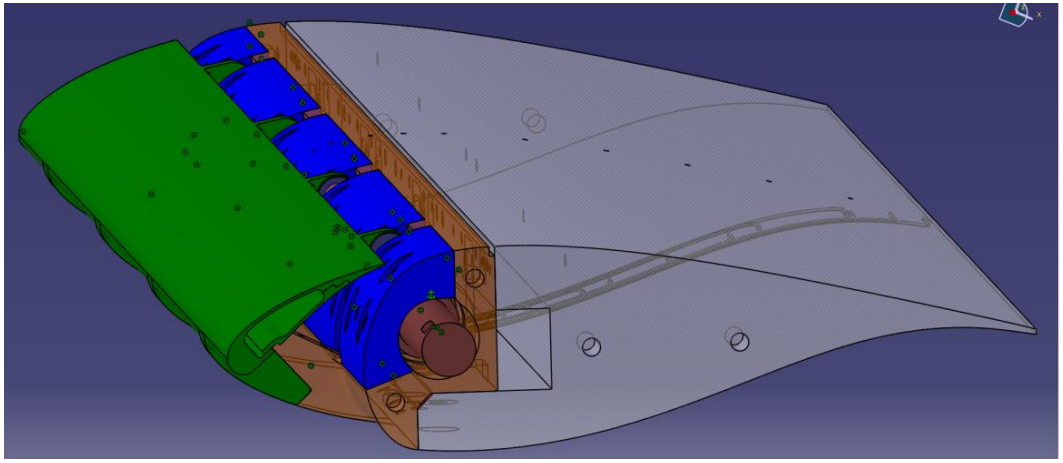


Abb: Kraftamplituden über alle Lastzyklen

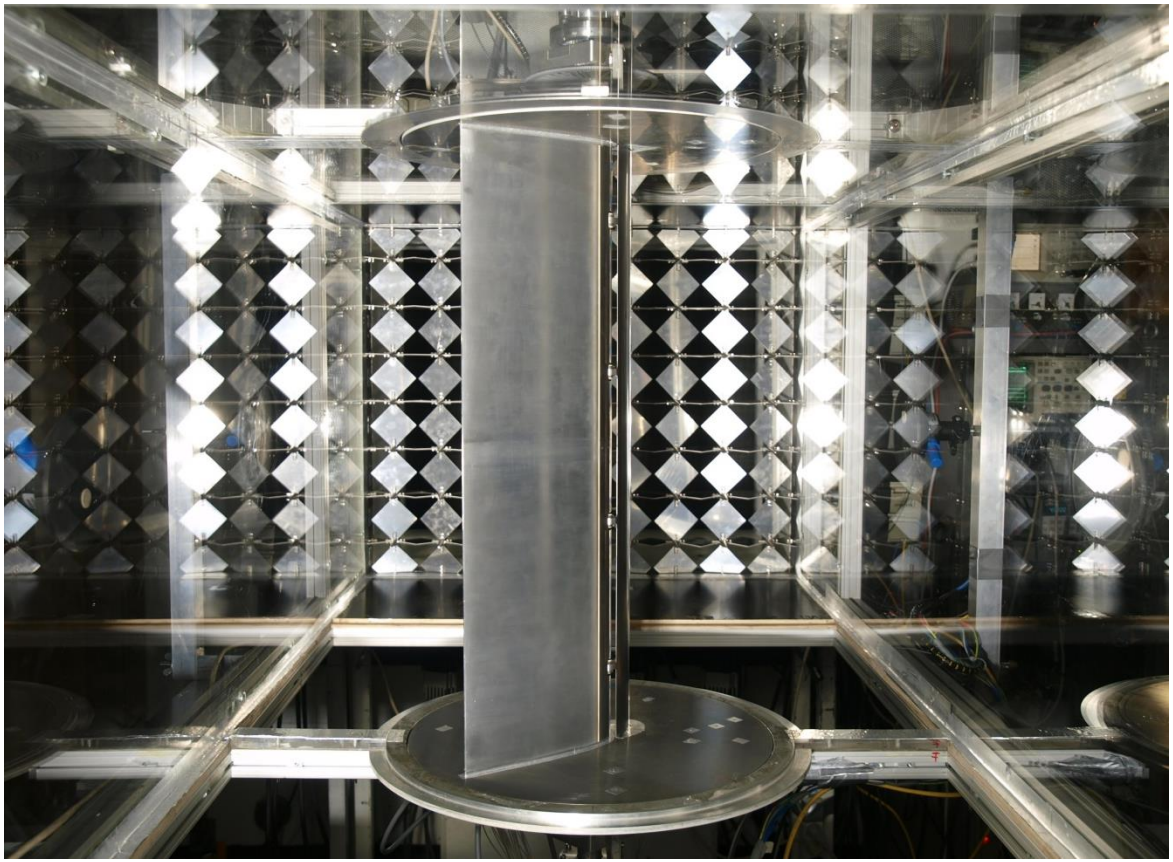
Windkanalmodell

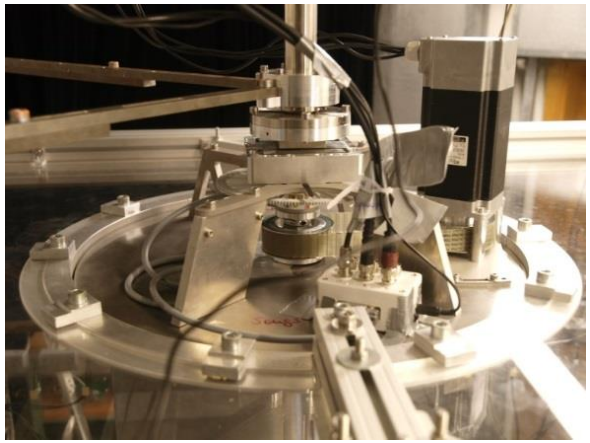
- Aktuierung durch Exzenterwellen und Schrittmotoren
- Herausforderung: Montage bei sehr geringem Platz
- ca. 160 Komponenten
  - Anzahl kann reduziert werden
- bisher nur Steuerung statt Regelung

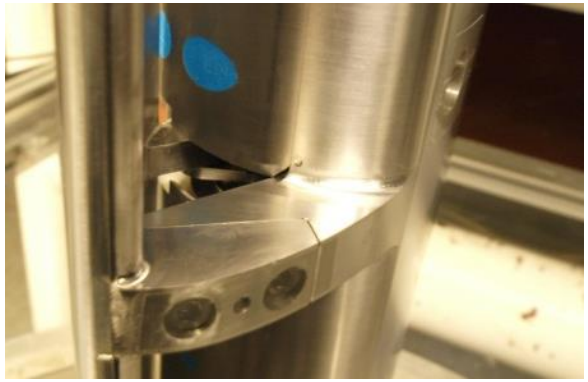




Windkanaluntersuchungen - Aufbau







Windkanaluntersuchungen - Ergebnisse

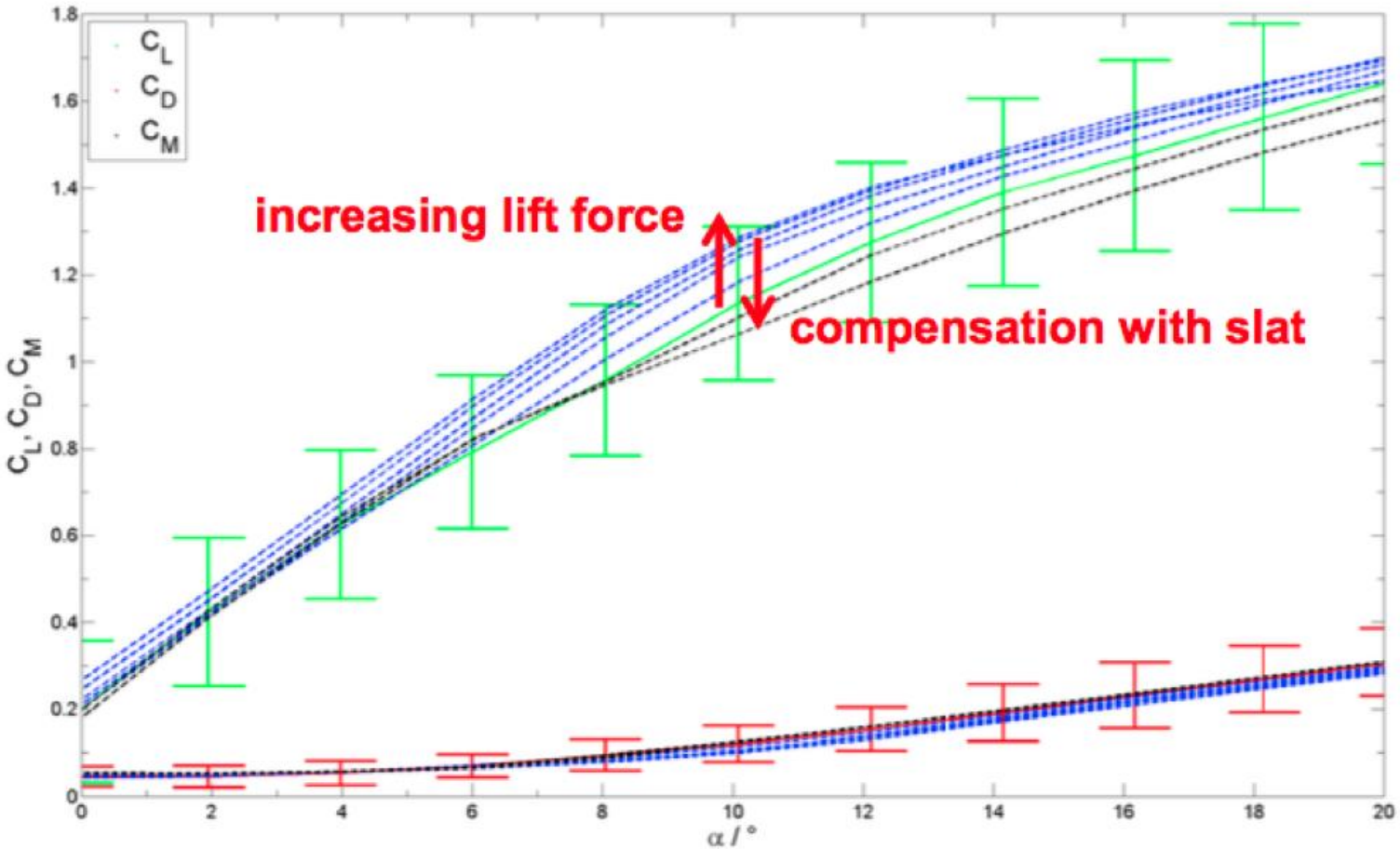
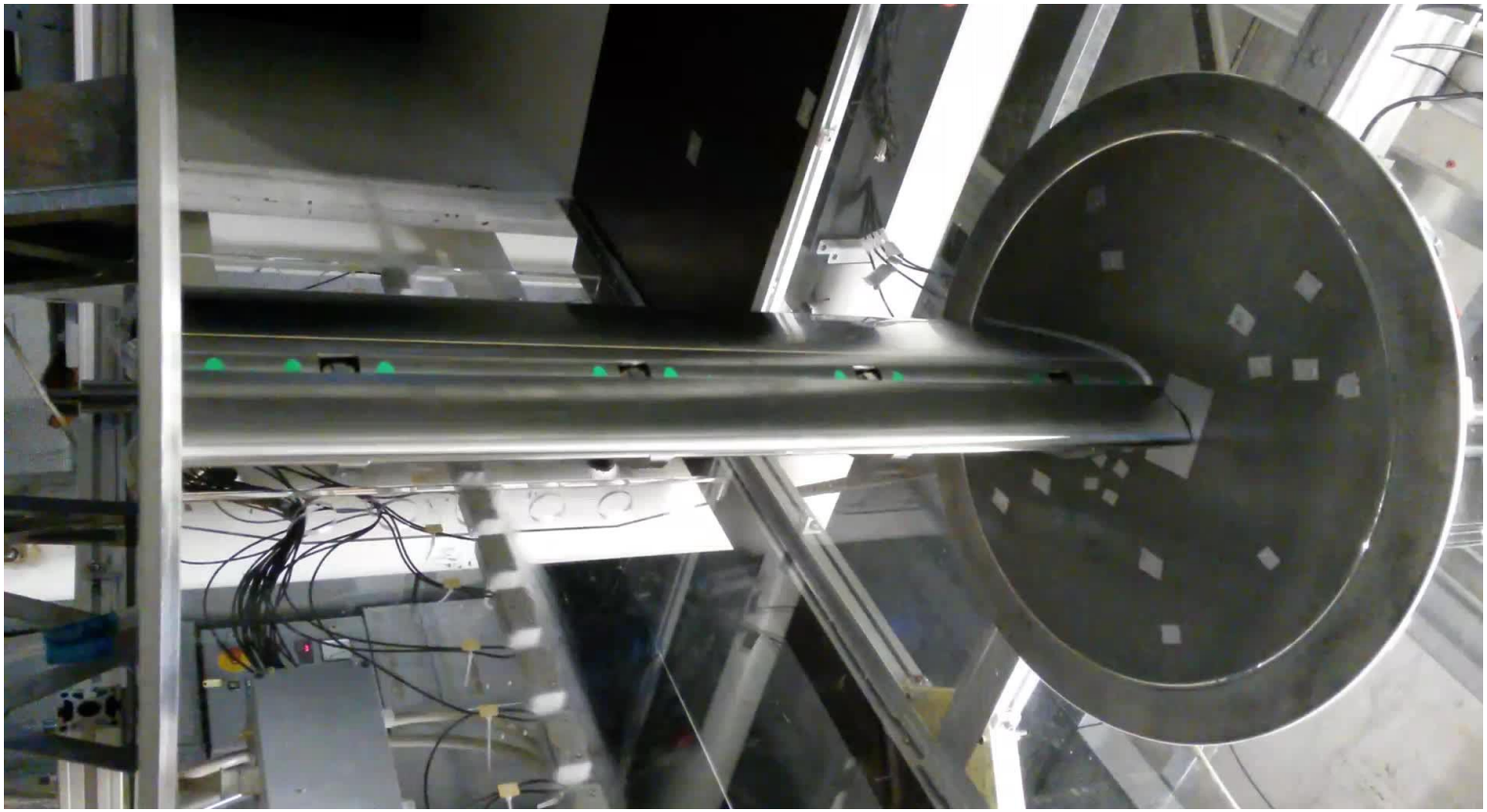


Abb: Beiwerte in Abhängigkeit von der Spaltgröße zwischen Vorflügelhinterkante und Hauptprofil

(Quelle: Homeyer, Hölling – Carl von Ossietzky Universität Oldenburg)

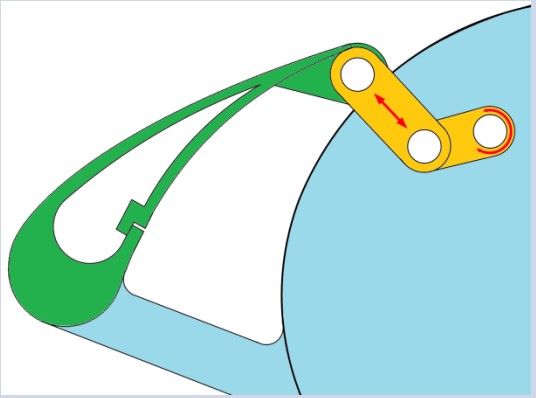
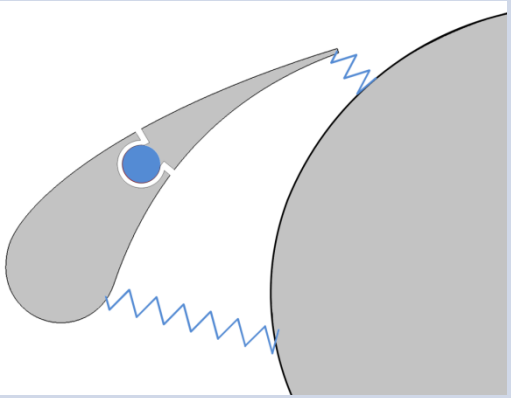
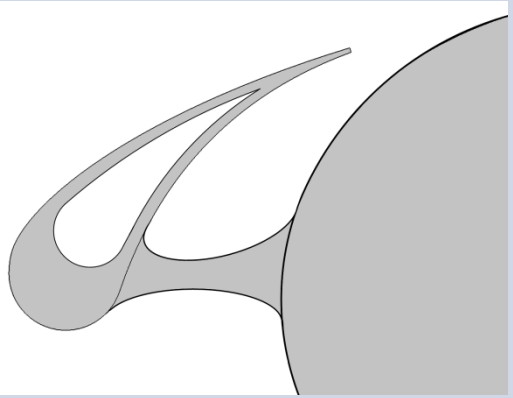
Windkanaluntersuchungen mit dynamischer Vorflügelverformung



Zusammenfassung

- aktiver formvariabler Vorflügel wurde gefertigt
- Dauerfestigkeit für Windkanaluntersuchungen ist gewährleistet
- Windkanaluntersuchungen mit statischer und dynamischer Vorflügelverformung wurden durchgeführt
- Proof of Concept

Ausblick

Aktiver Vorflügel	Passiver Vorflügel	Starrer Vorflügel
		
• höchste Komplexität • höchste Flexibilität • beste Performance	• geringere Komplexität • geringere Flexibilität • verminderte Performance	• geringste Komplexität • keine Flexibilität • geringste Performance