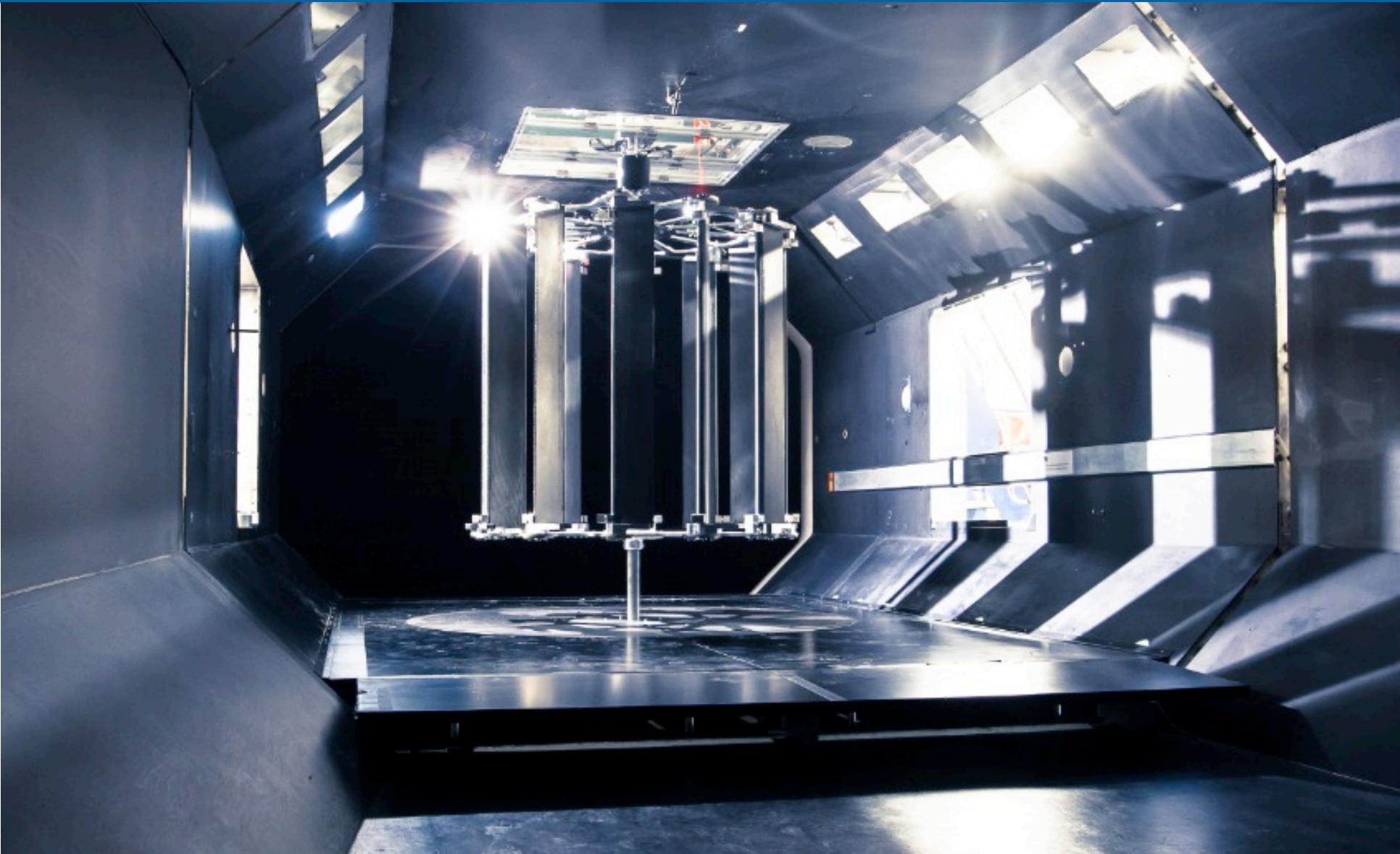


# Optimierung von Windkraftanlagen

Prof. Leonardo Manfriani, Zentrum für Aviatik



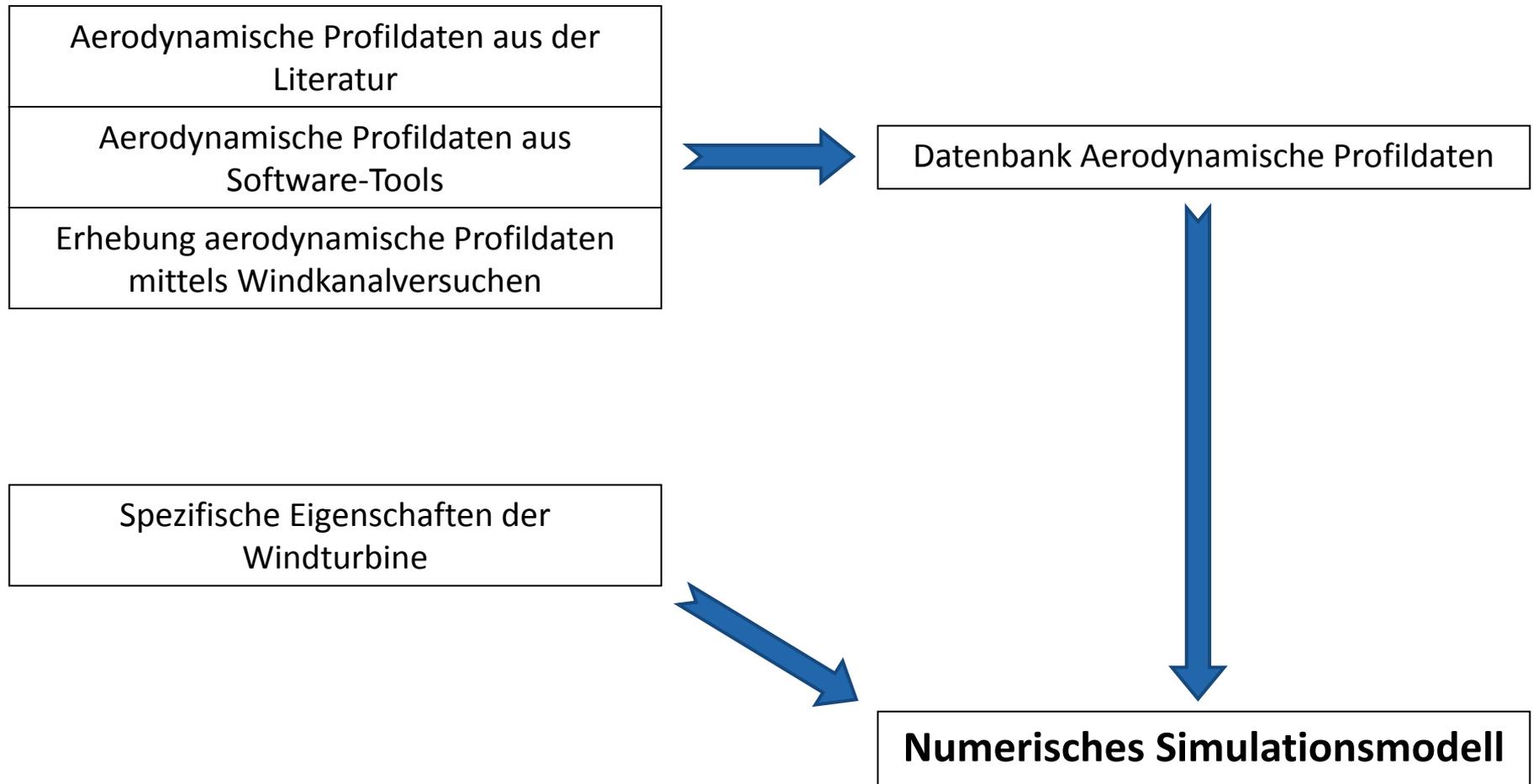
# Über mich

- 32 Jahre Erfahrung als Aerodynamiker in der Industrie und an der ZHAW
- Seit 2007 an der ZHAW, Zentrum für Aviatik
- Professor für Aerodynamik und Flugmechanik seit 2011
- Windkanalversuche in verschiedene Flugzeugentwicklungsprojekte: Eurofighter, AM-X, Pilatus PC-12, Pilatus PC-21
- Entwicklung des Hauseigenen Windkanals mit Studentendarbeiten
- Projektleiter bei der Windkanalversuchen von:
  - AGILE Vertikale Windturbine (2013)
  - WepfAir 3-Rotoren Windturbine (2015)

# Aerodynamischer Entwicklungsprozess



# Numerisches Simulationsmodell



# Aerodynamisch Profildaten

## aus der Literatur

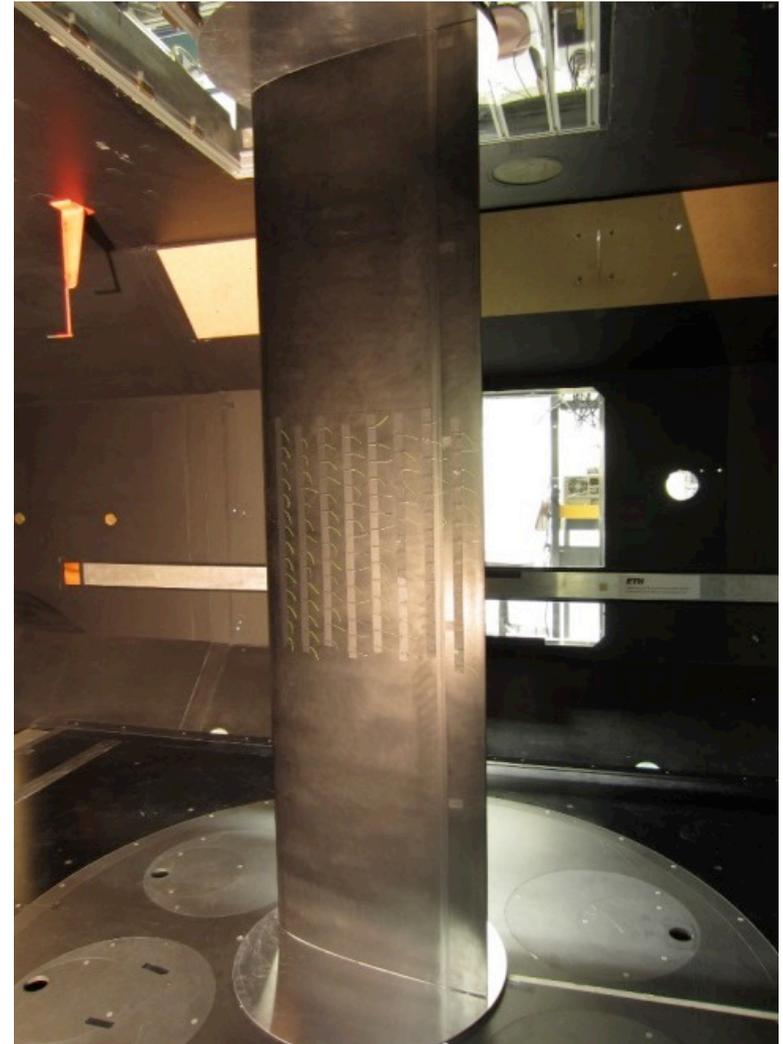
- Zugriff auf diverse Datenbanken

## aus Software-Tools

- Panel method (z.B. Xfoil)
- CFD (RANS)

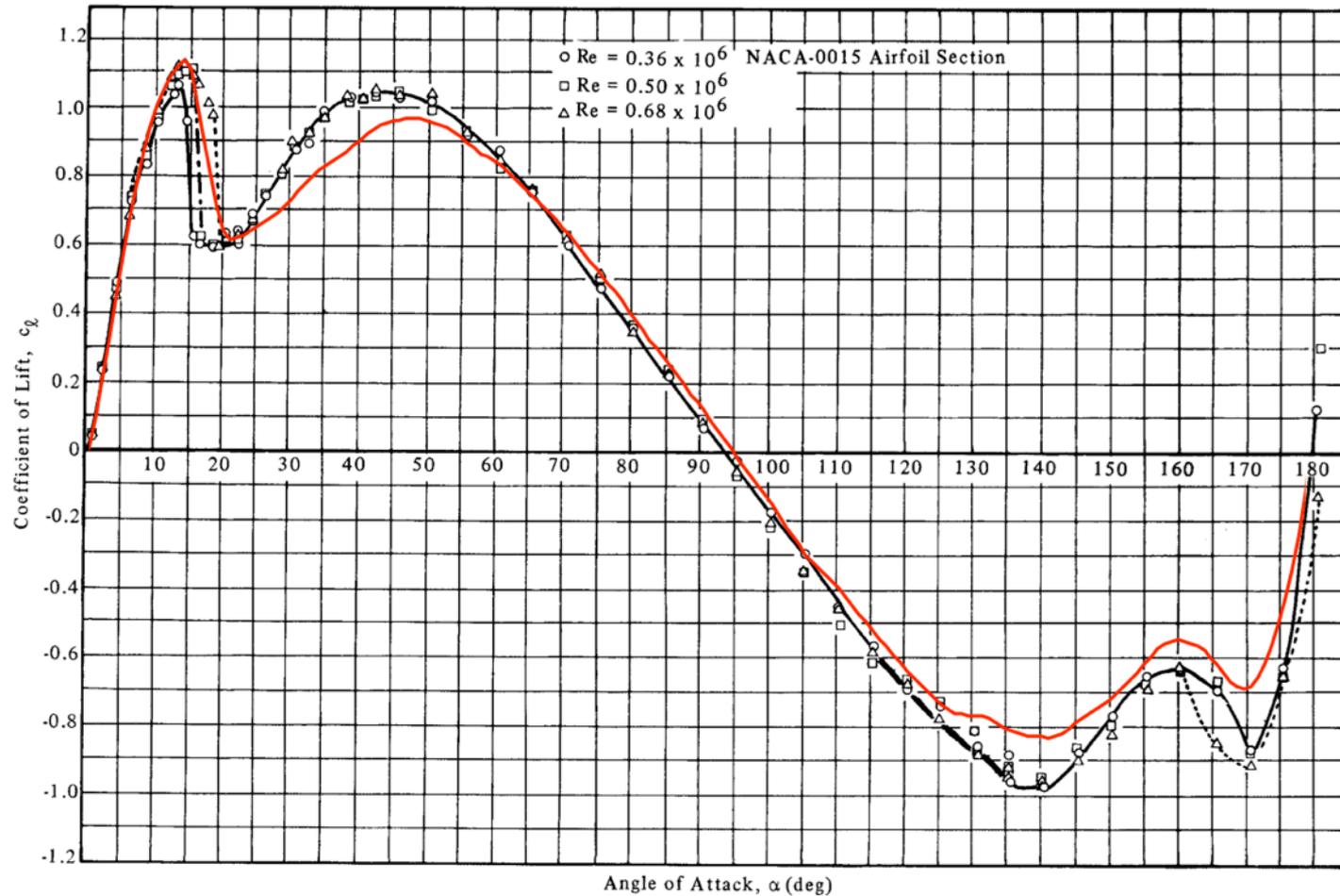
## aus Windkanalversuchen

- Statische Profilpolaren
- Untersuchung unterschiedliche Flügel-Hinterkanten
- Dynamische Profilpolaren



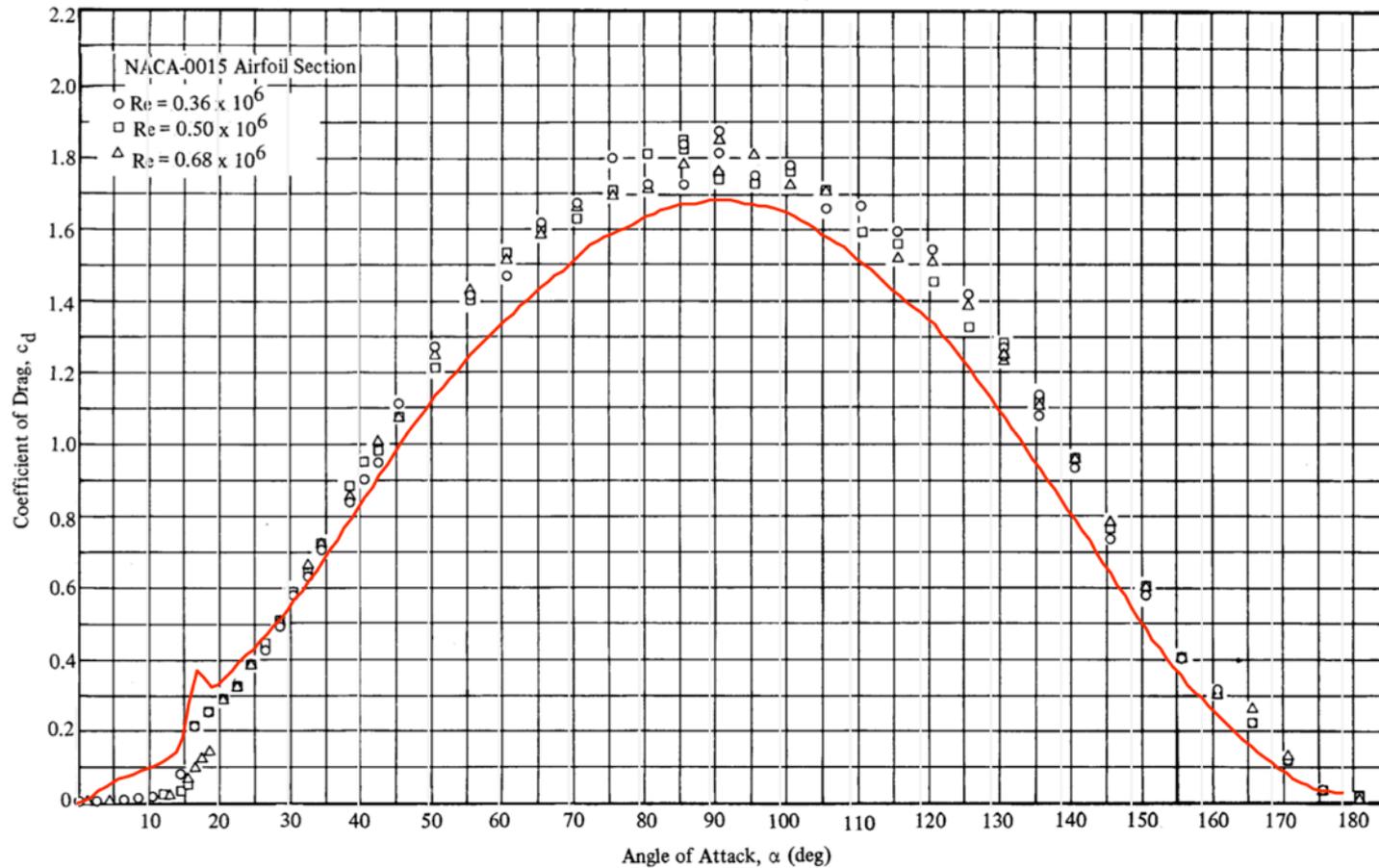
# Statische Profilpolaren

*BA Ammann und Blunschi, 2012 - reference data: Sheldahl & Klimas, 1981*



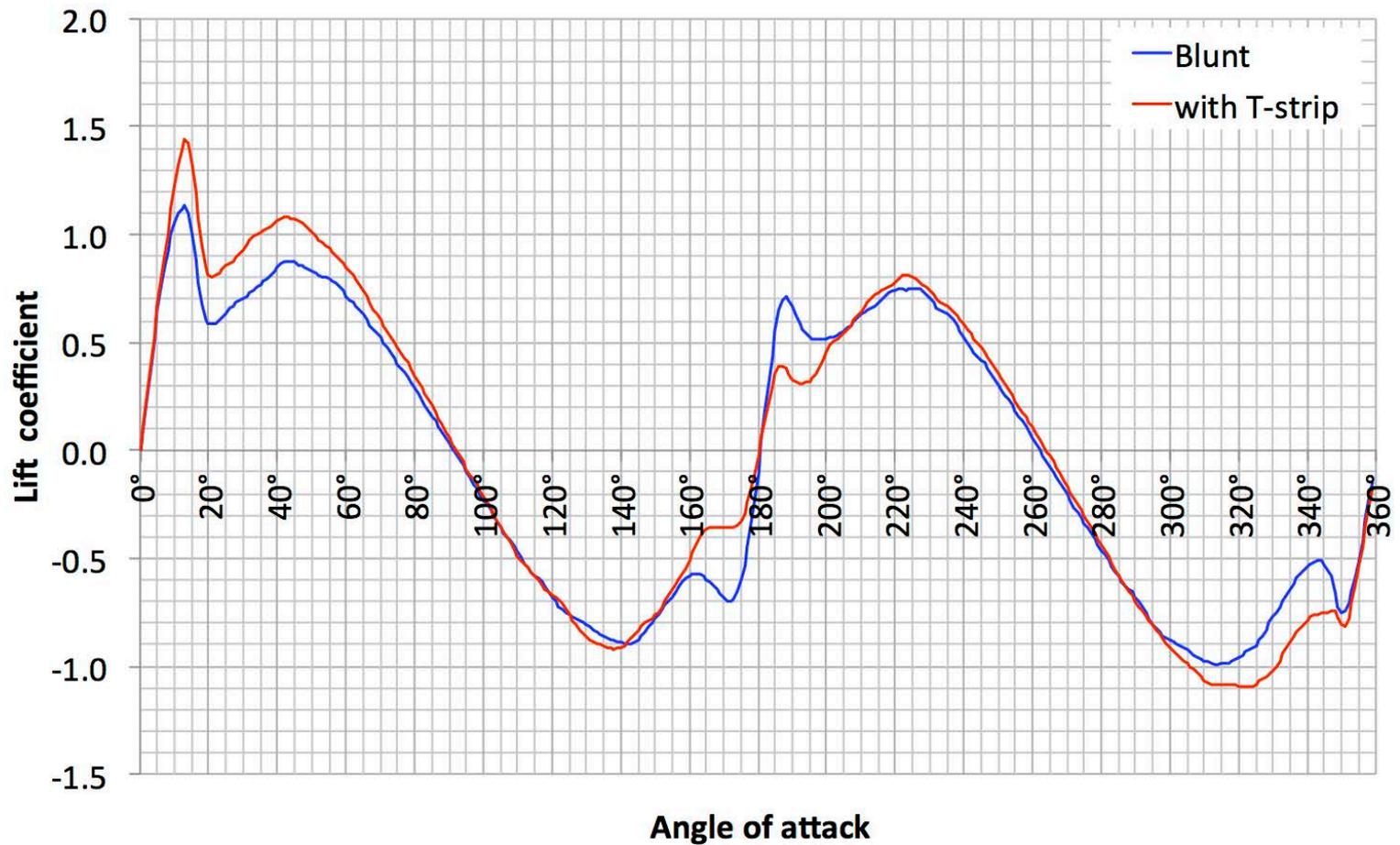
# Statische Profilpolaren

*BA Ammann und Blunschi, 2012 - reference data: Sheldahl & Klimas, 1981*



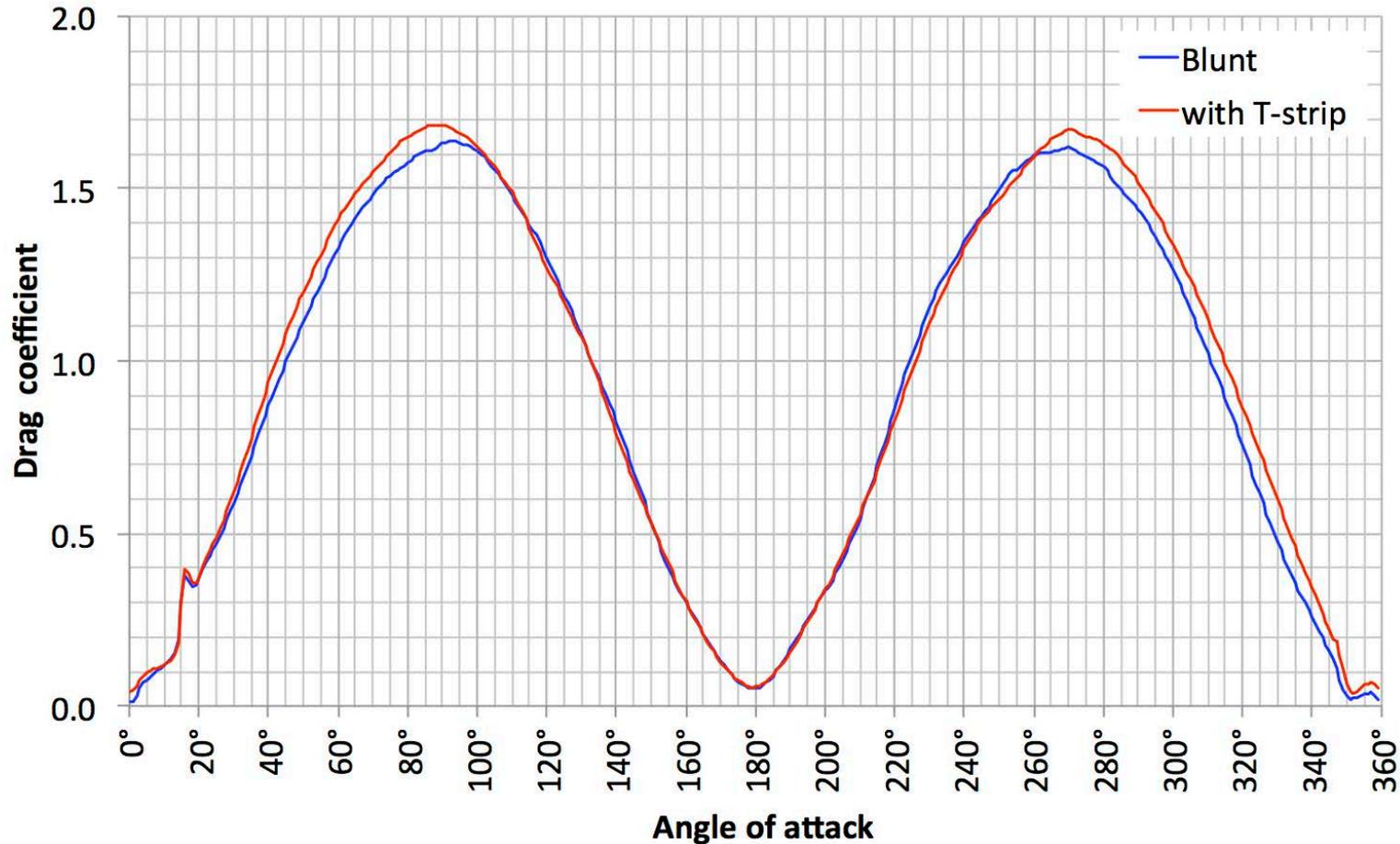
# Untersuchung unterschiedliche Flügel-Hinterkanten

*BA Ammann und Blunschi, 2012*



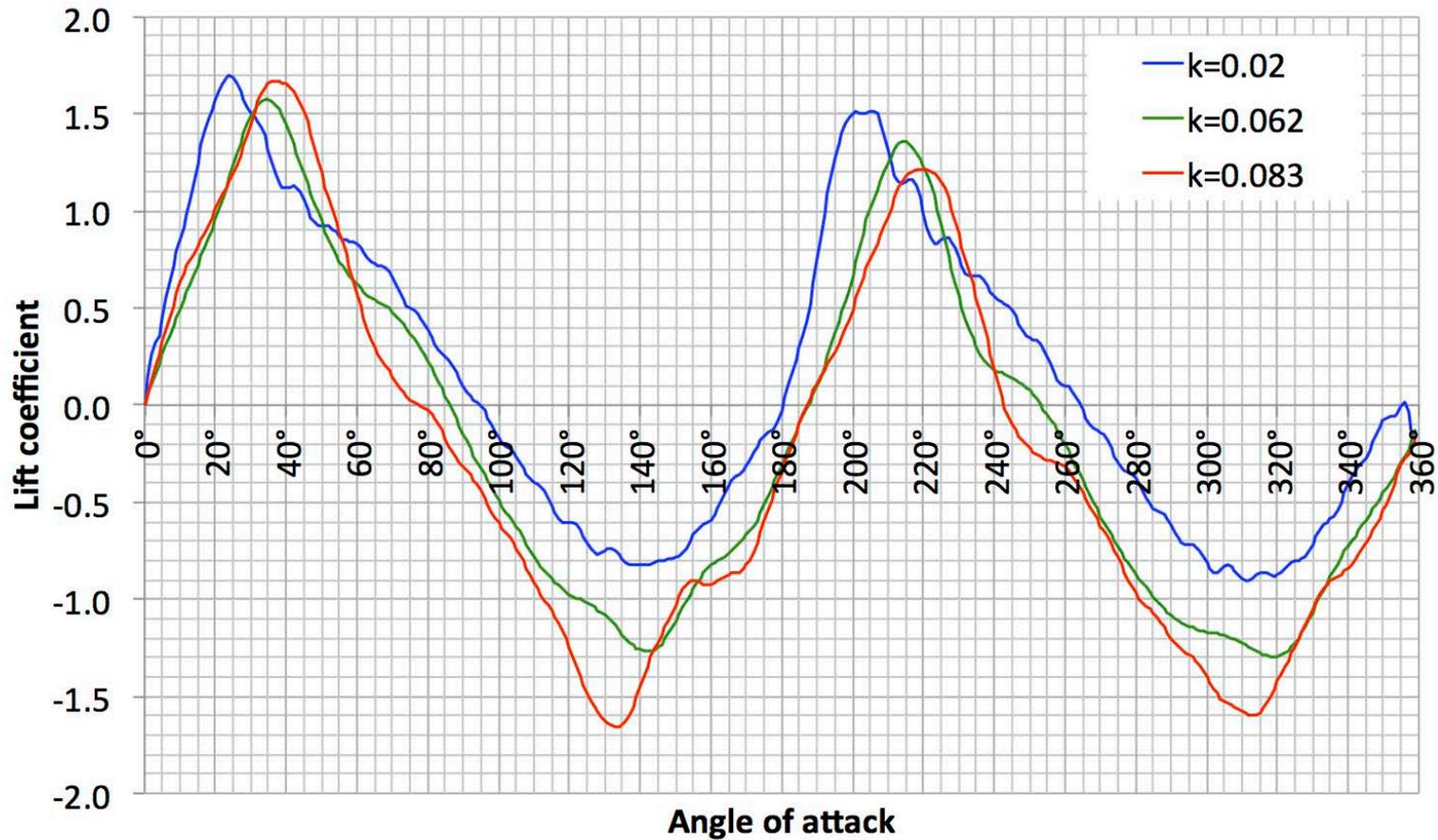
# Untersuchung unterschiedliche Flügel-Hinterkanten

*BA Ammann und Blunschi, 2012*



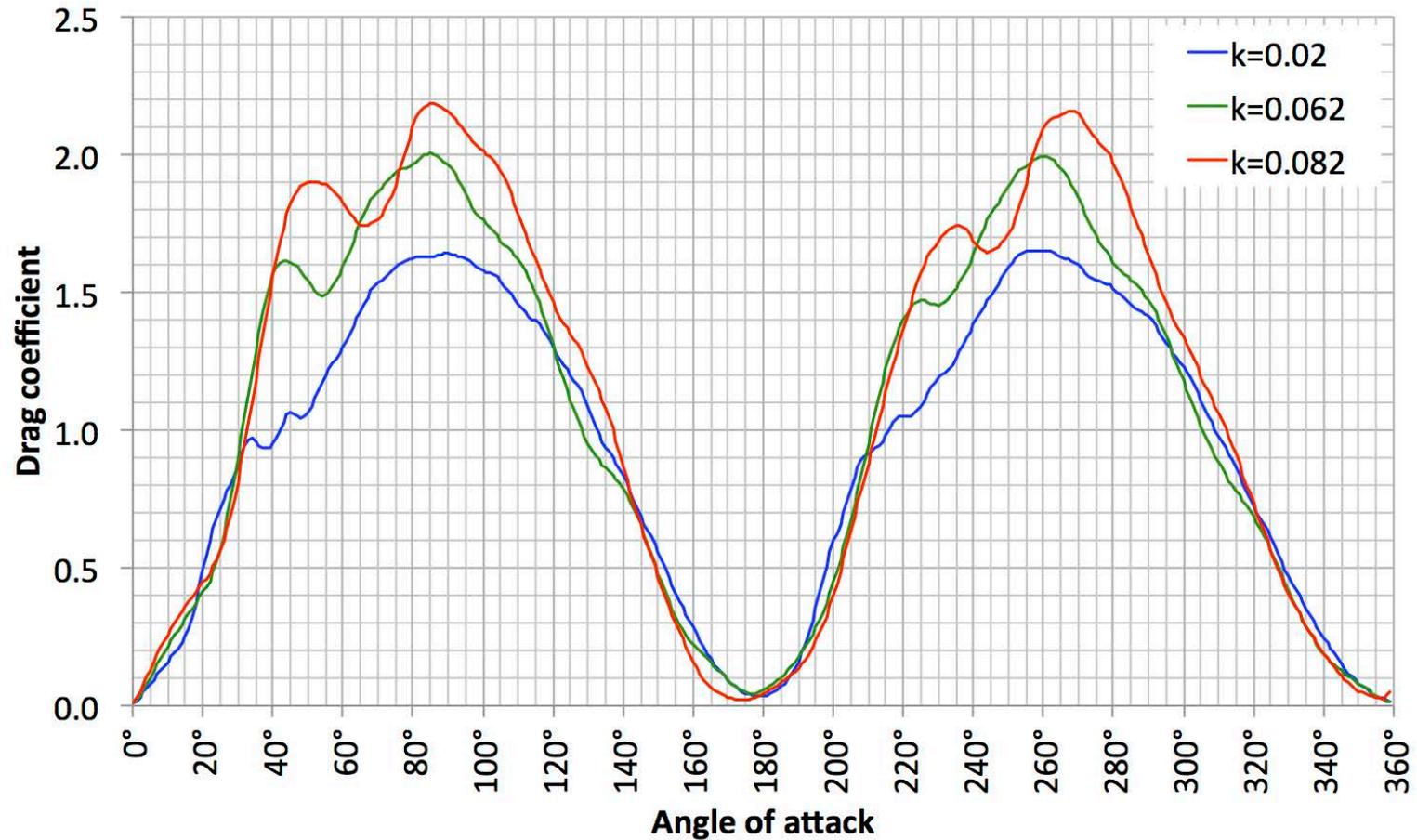
# Dynamische Profilpolaren

*BA Ammann und Blunsi, 2012*



# Dynamische Profilpolaren

*BA Ammann und Blunschi, 2012*



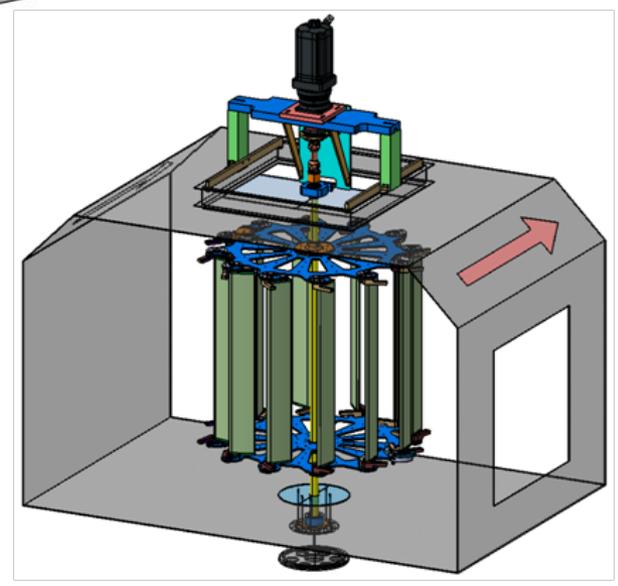
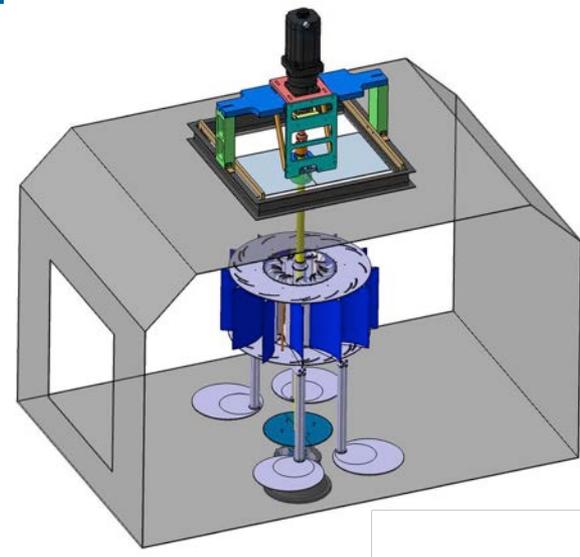
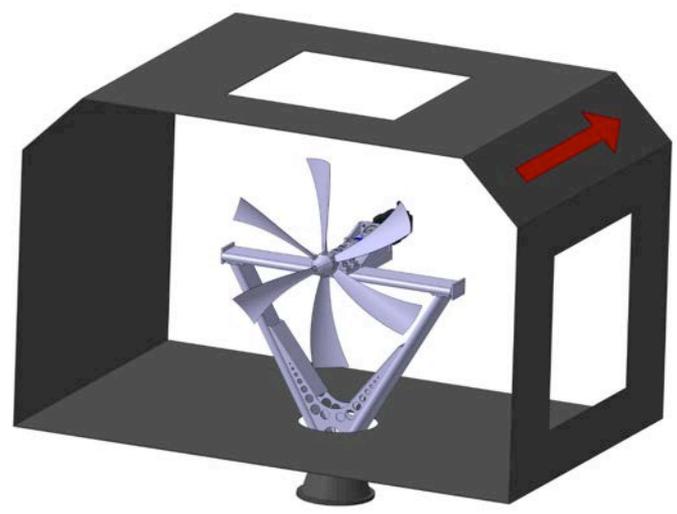


# Planung der Windkanalkampagne

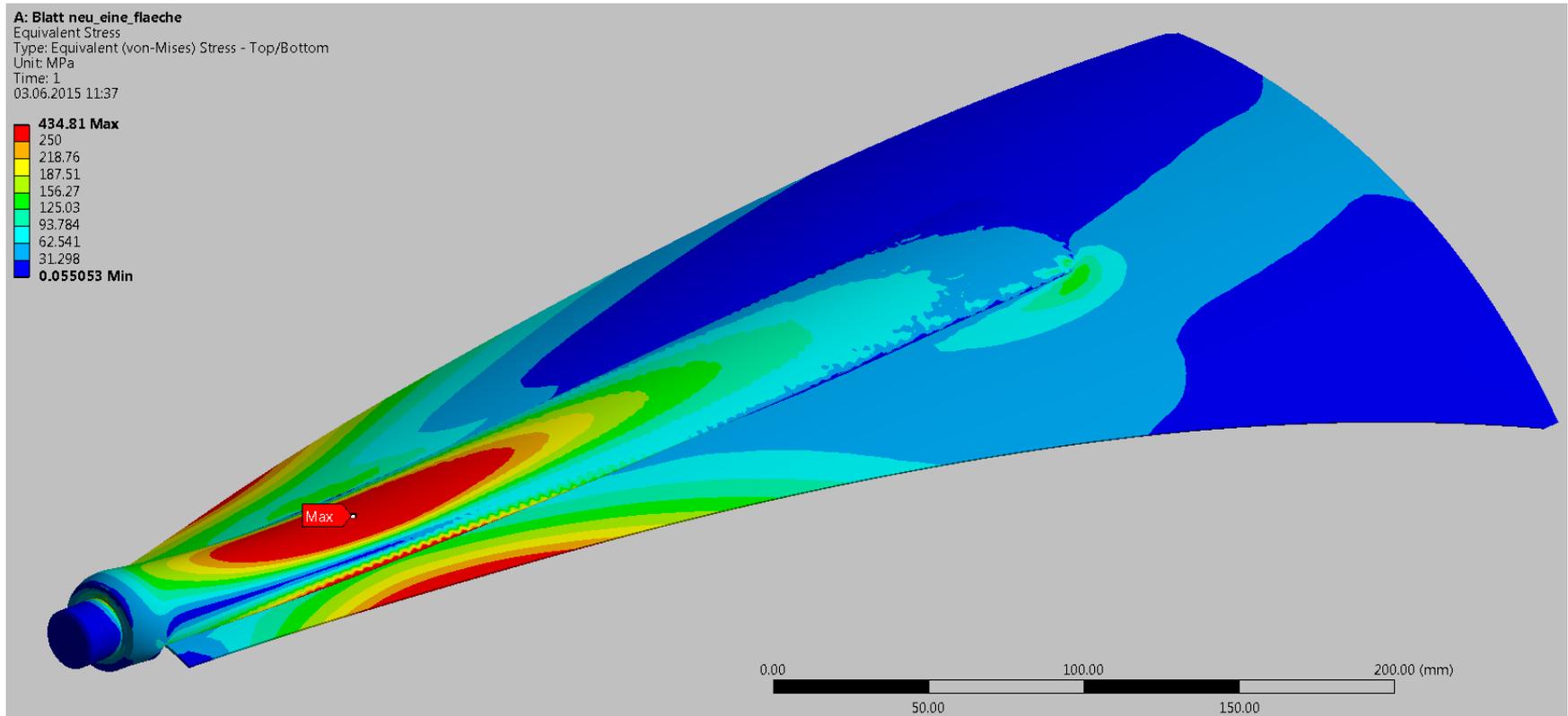
- Genaue Definition der Zielen mit dem Kunden
- Einhaltung der Ähnlichkeits-Parameter (Schnelllaufzahl, Reynoldszahl etc.)
- Konzept und Konstruktion des Windkanalmodells
- Festigkeitsnachweis (FEM Analyse, Dry-Runs)
- Messtechnik
- Besprechung/Organisation mit Windkanalbetreiber (ETHZ, RUAG)



# Konzept und Konstruktion des Windkanalmodells

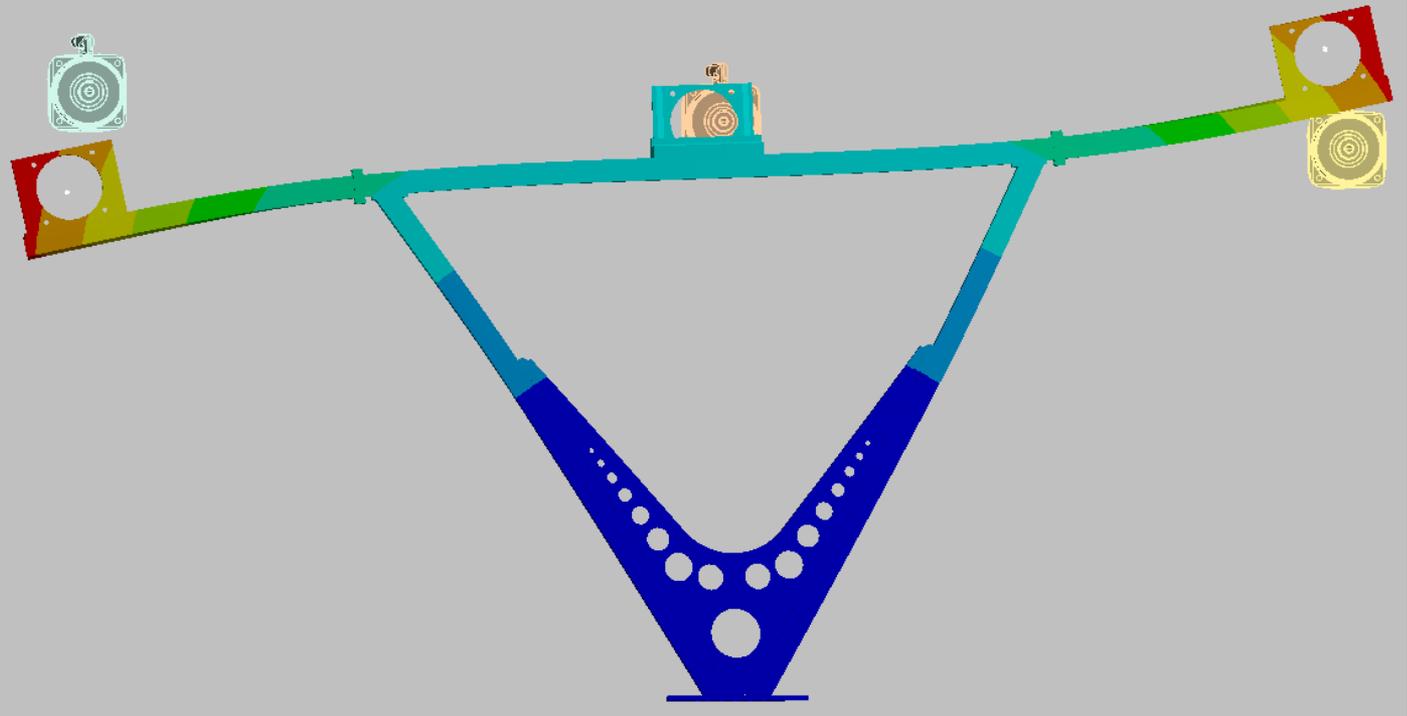
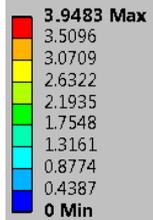


# Festigkeitsnachweis des Windkanalmodells



# Festigkeitsnachweis des Windkanalmodells

**B: Modal**  
Total Deformation  
Type: Total Deformation  
Frequency: 12.865 Hz  
Unit: mm  
18.02.2015 14:35



# Fertigung des Windkanalmodells

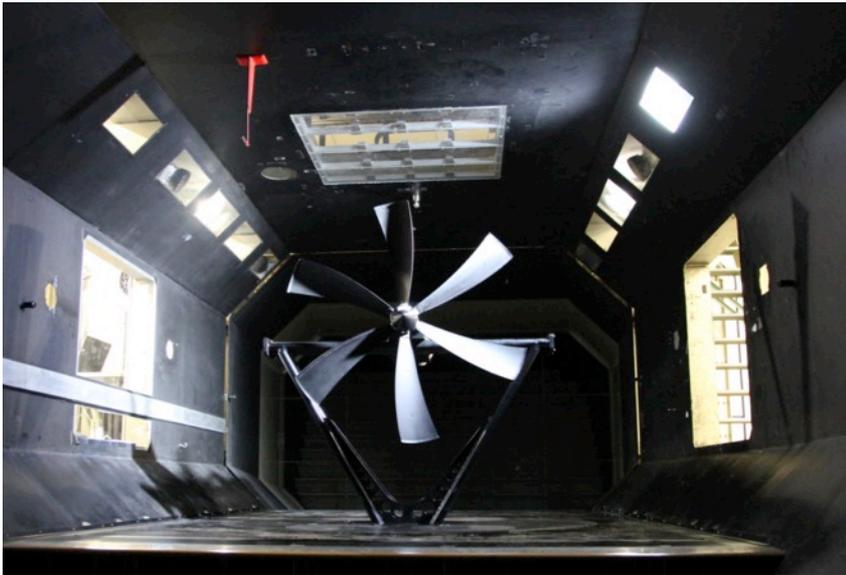
- Formgenauigkeit
- Oberflächenqualität





# Windkanalversuche

- Leistungscharakteristik der Windturbine
- Dynamische Kraftmessungen am Rotorblatt
- Spezifische Messungen für Validierungszwecke (Druckmessungen)





# Windkanalversuche



# Windkanalversuche

## Strömungsvisualisierung

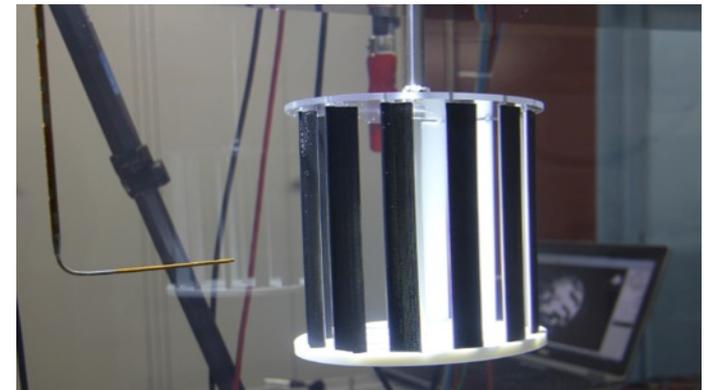
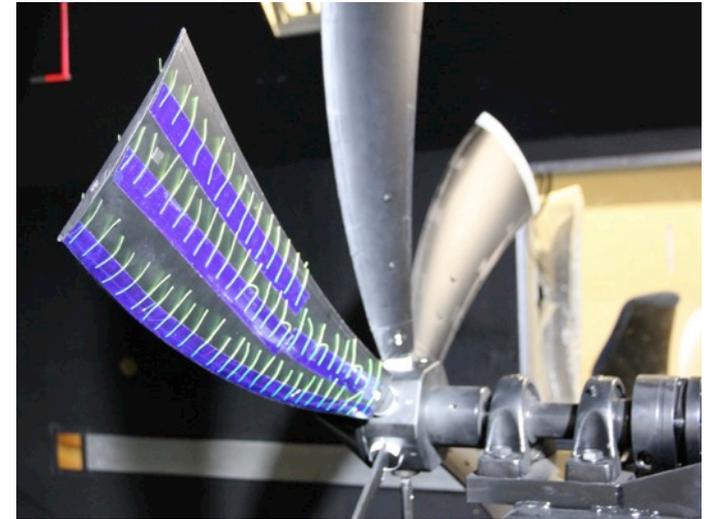
- Aerodynamische Phänomene sichtbar machen
- Strömung im Wasserkanal untersuchen

## Auswertung

- Datenreduktion
- Windkanalkorrekturen

## Validierung

- Vergleich mit numerischem Simulationsmodell
- Vergleich mit Feldversuchen



# Feldversuche

## Unterstützung des Kunden

- Messtechnik
- Auswertung der Messdaten

## LIDAR

- ZAV eigenes LIDAR
- Unterstützung bei Windmessungen



# Danke für die Aufmerksamkeit

Prof. Leonardo Manfriani  
ZHAW Zentrum für Aviatik  
leonardo.manfriani@zhaw.ch

