



# Ertragserhöhung einer 1,5 MW WEA durch starre Vorflügel - Die Projektion von Forschungsergebnissen auf reale Anlagen

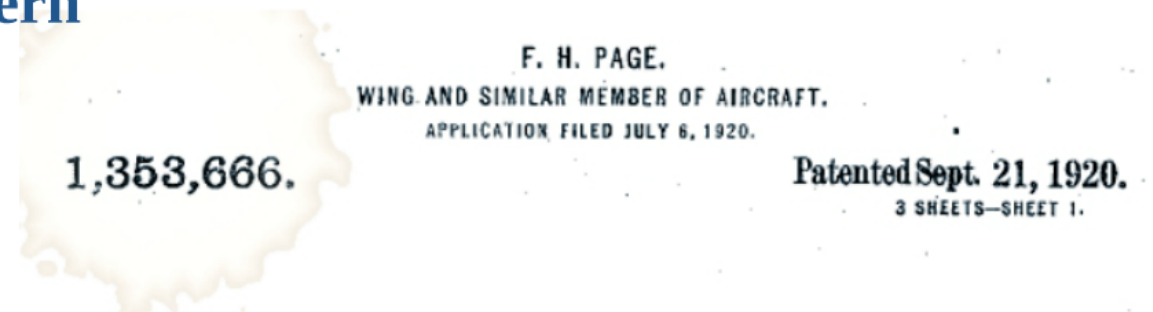
Hermann Föttinger Institute (TU Berlin)  
&  
Smart Blade GmbH

G. Pechlivanoglou, C.N. Nayeri, C.O. Paschereit

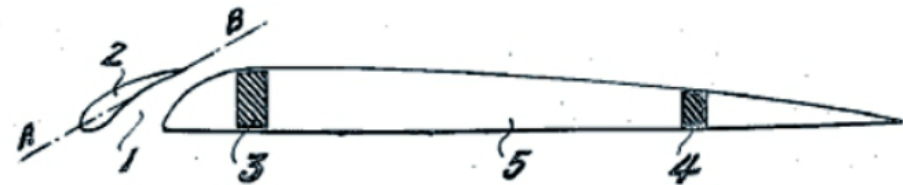
20. Windenergietage 27. Oktober 2011

# Historie der starren Vorflügel

- Von G. Lachmann zuerst entwickelt
- Von Handley-Page patentiert für die Anwendung an Flugzeugen in den 1920ern

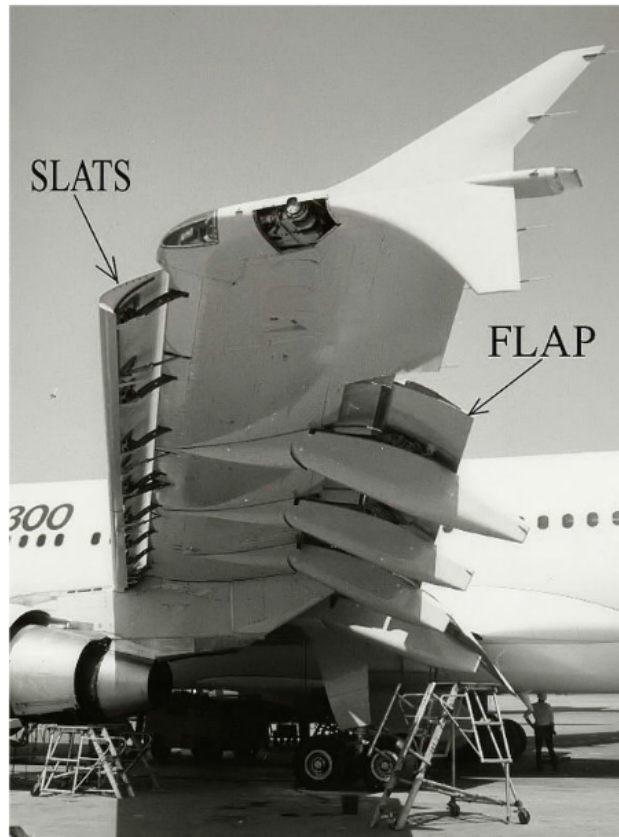


—*Fig. 1.*—



# Vorflügel in der Luftfahrt

## Bewegliche Vorflügel an einem modernen Flugzeug



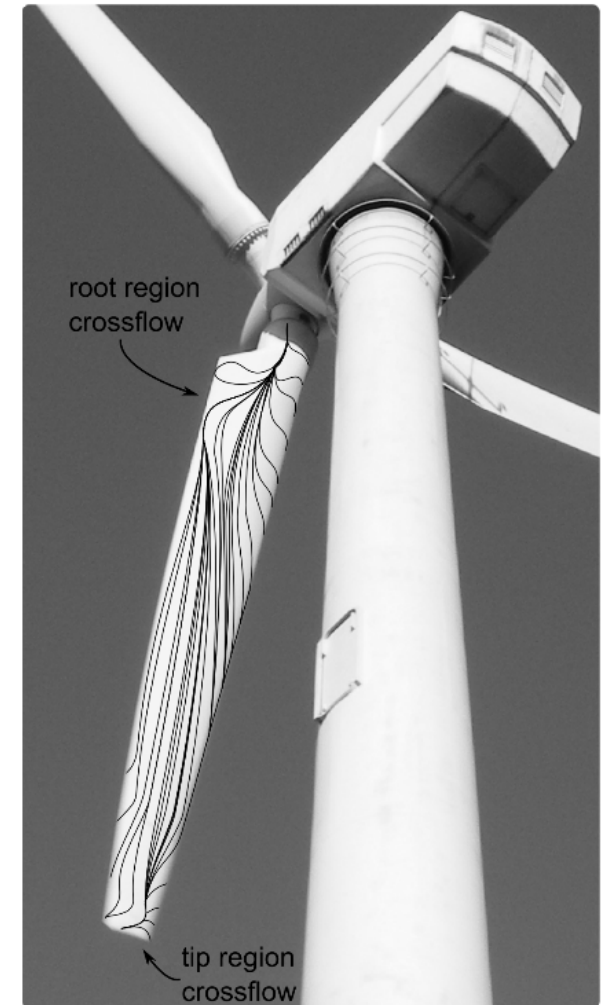
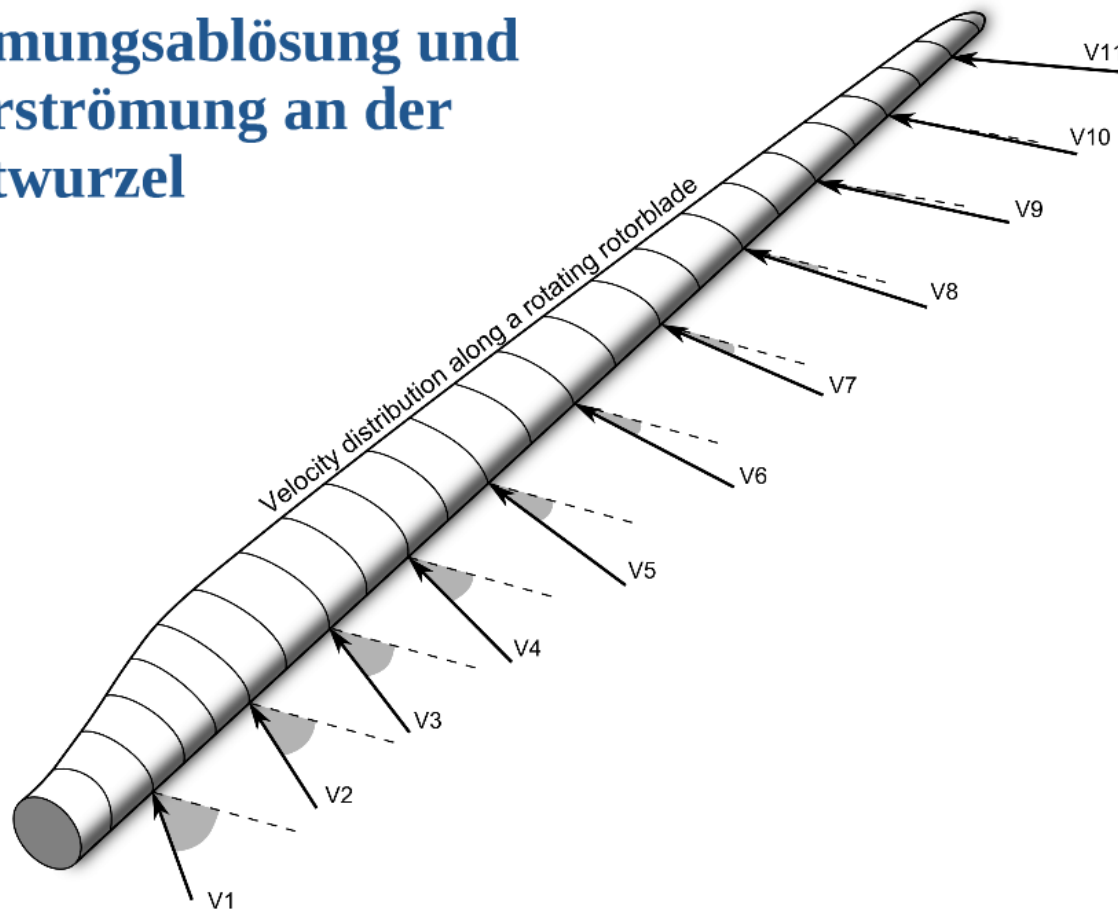
Bewegliche oder starre Vorflügel sind Standardelemente bei Start und Landung der meisten modernen Flugzeuge...

## STOL Flugzeug (short take-off and landing)

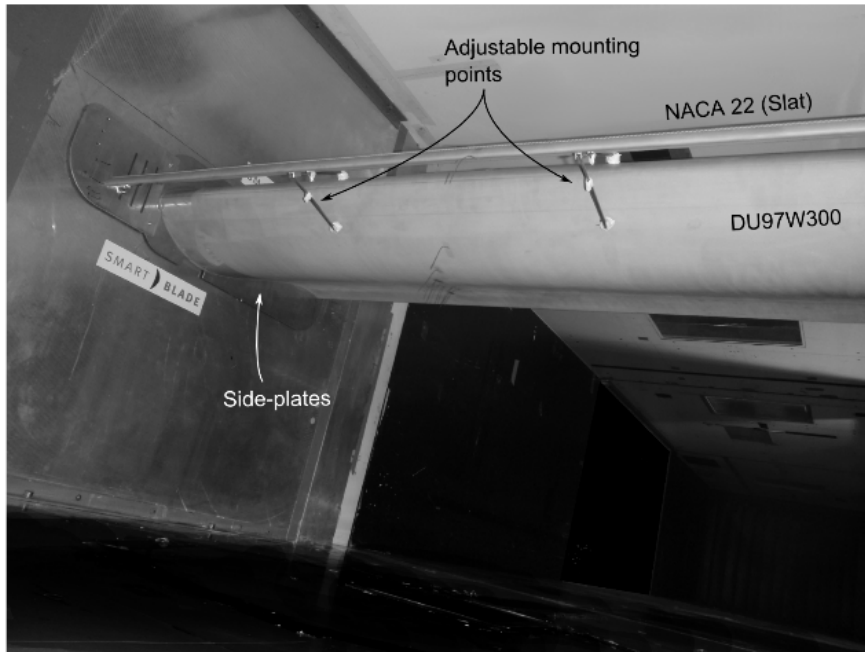


# Motivation

- **Blattrotation verursacht große Anströmwinkel und dadurch Strömungsablösung und Querströmung an der Blattwurzel**



# Windkanalversuche

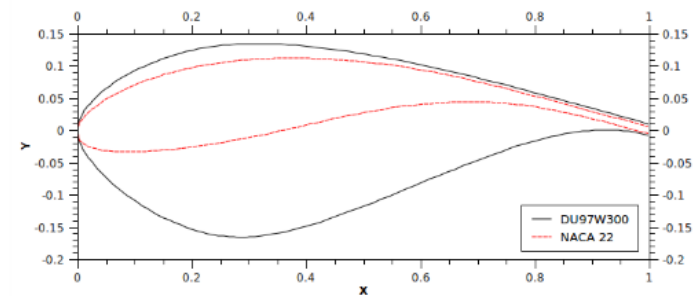
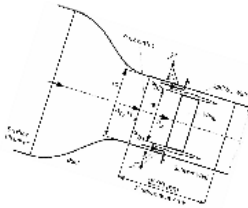


- Testflügel mit WEA-Profil
- Starrer Vorflügel (NACA 22)
- Parametrische Studien (Lage, Winkel)



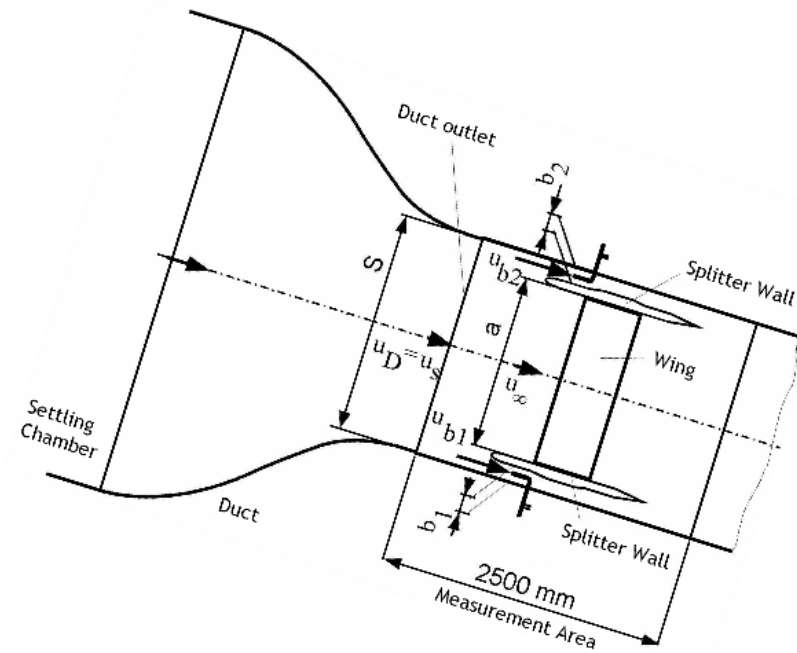
- Identifikation der optimalen Konfiguration
- Extraktion von Leistungskurven für Windturbinensimulation

Versuche bei Reynolds Zahlen von  $1.3 \times 10^6$



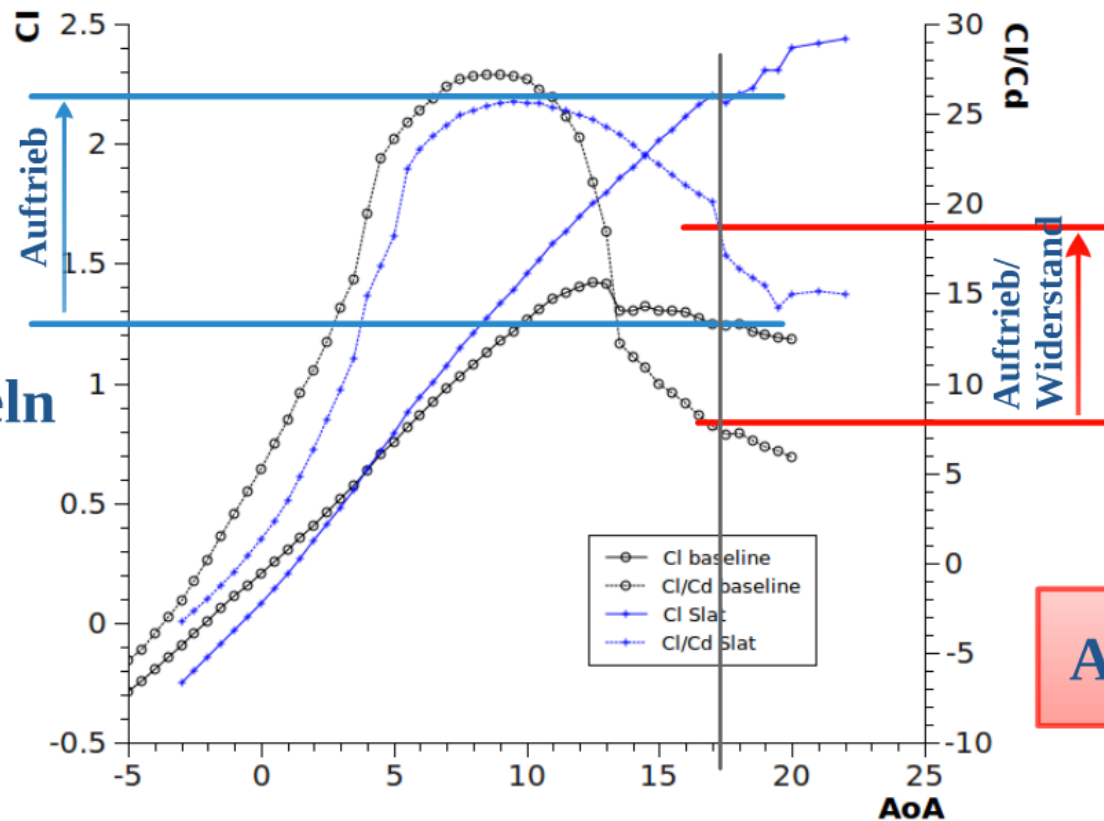


## Versuche bei Reynolds Zahlen von $1.3 \times 10^6$



# Windkanalergebnisse

**Signifikante Auftriebs-erhöhung bei großen Anströmwindeln (AoA)**



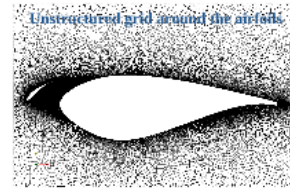
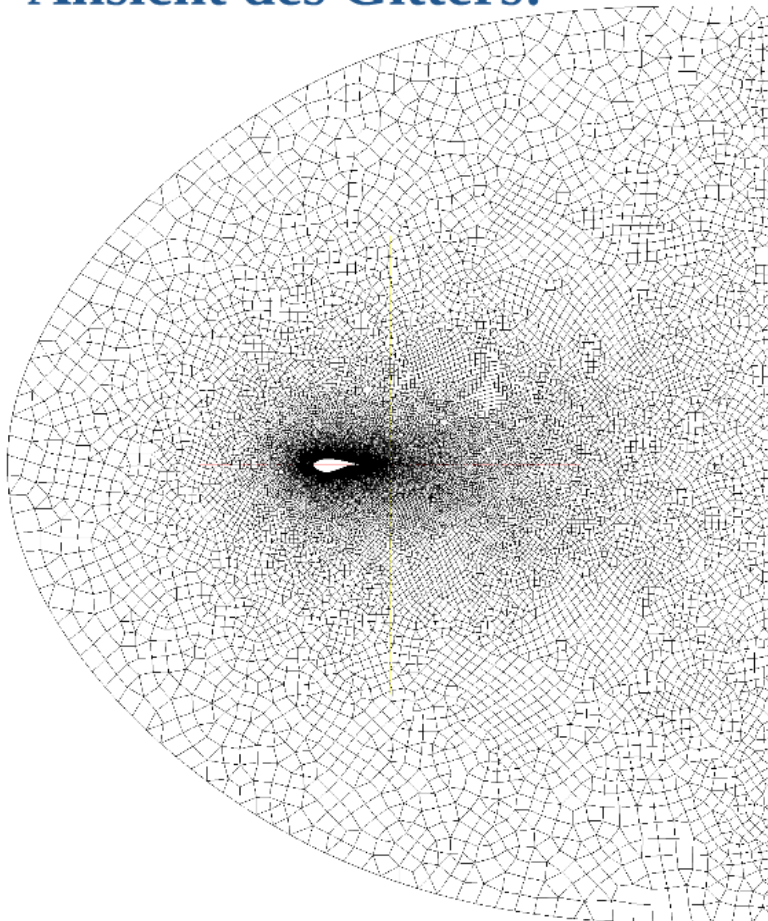
**Starker Anstieg des Gleitwertes = Reduktion des Widerstandes bei großen AoA**

**Abrissverzögerung**



# Numerische Simulationen (CFD)

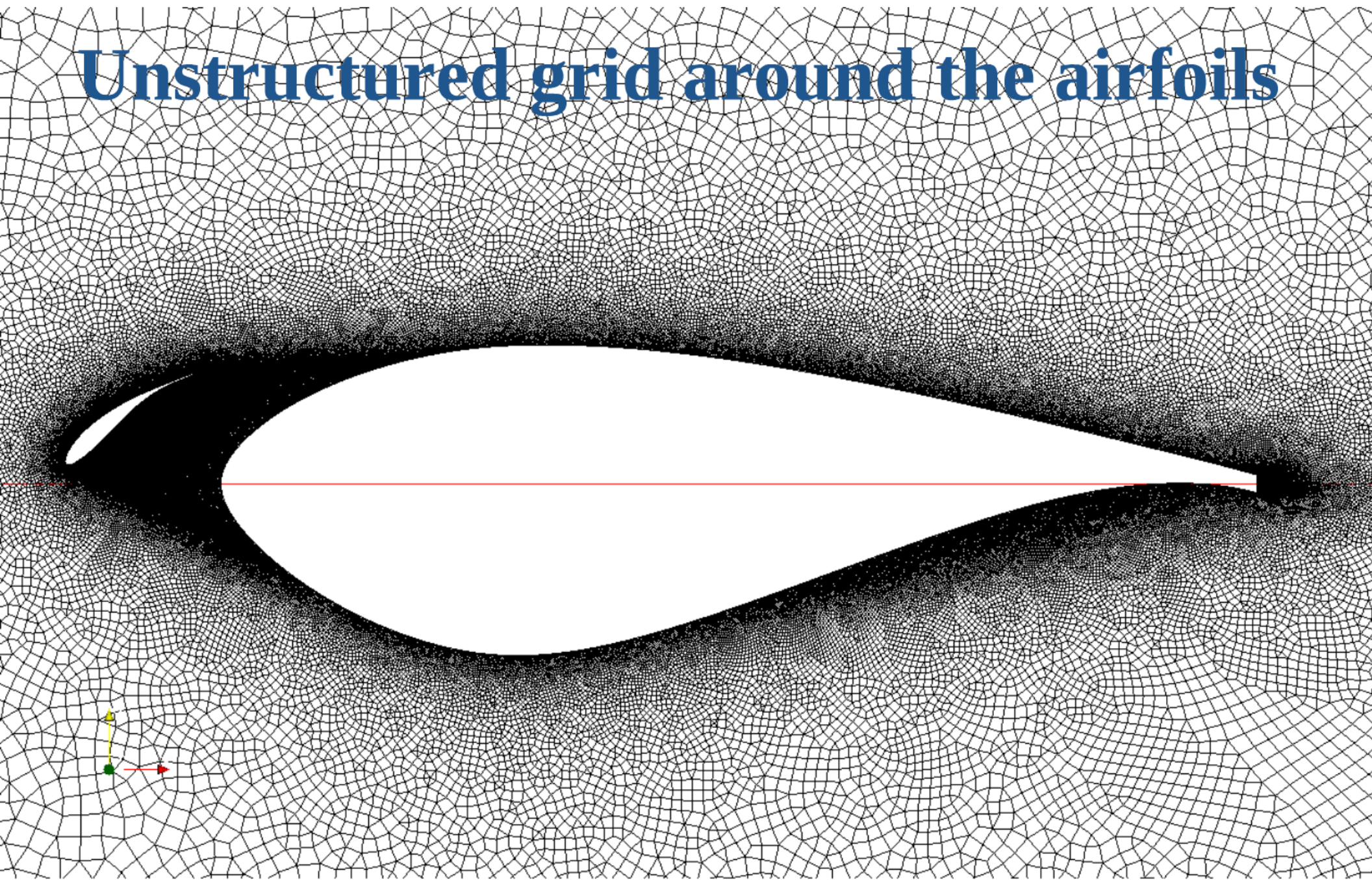
## Ansicht des Gitters:



- **1 Million unstrukturierte Zellen**
- **Berechnung mit OpenFOAM**
- **Automatisierte Simulation von Polaren durch eigenes Skript (PolarFOAM)**
- **Wiederholung der parametrischen Windkanalstudien**

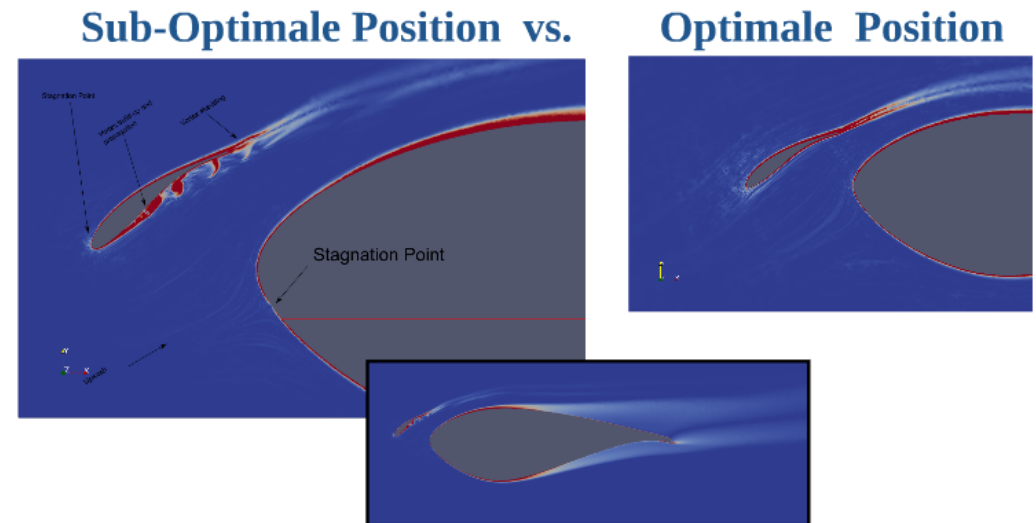
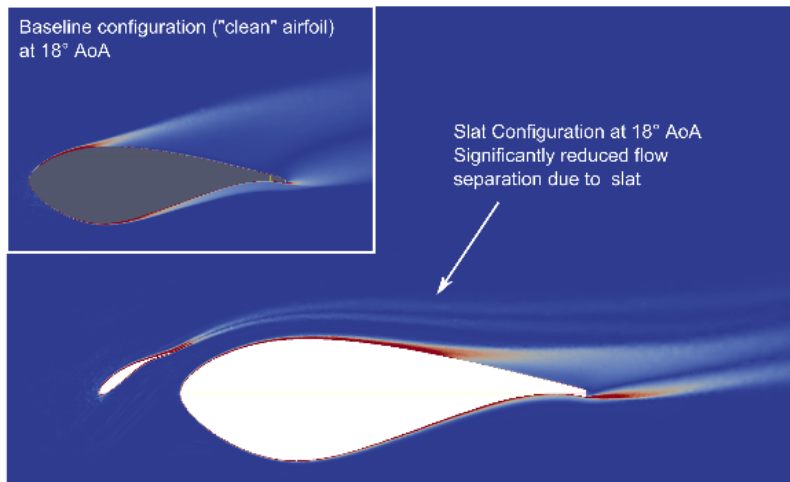


# Unstructured grid around the airfoils



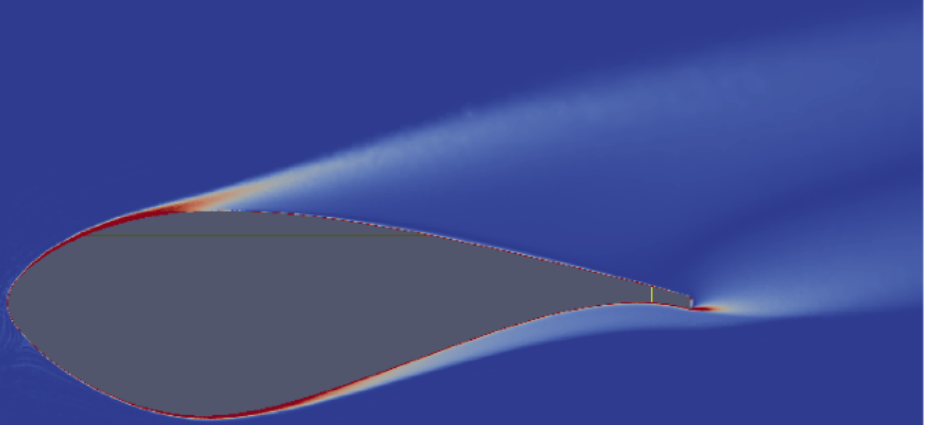
# CFD Ergebnisse

- **Detaillierte Analyse des Strömungsfeldes bestätigt die Windkanalergebnisse**
- **Kritische Regionen (z. B. Vorderkante des Hauptflügels) wurden identifiziert und im Detail analysiert**
- **Analyse der Interaktionen der Grenzschichten**

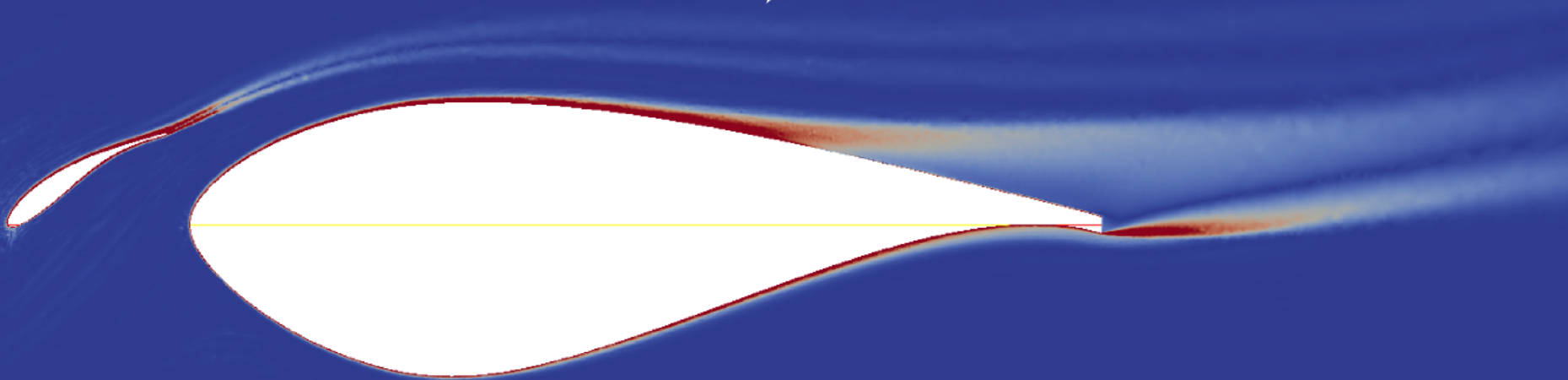




Baseline configuration ("clean" airfoil)  
at 18° AoA

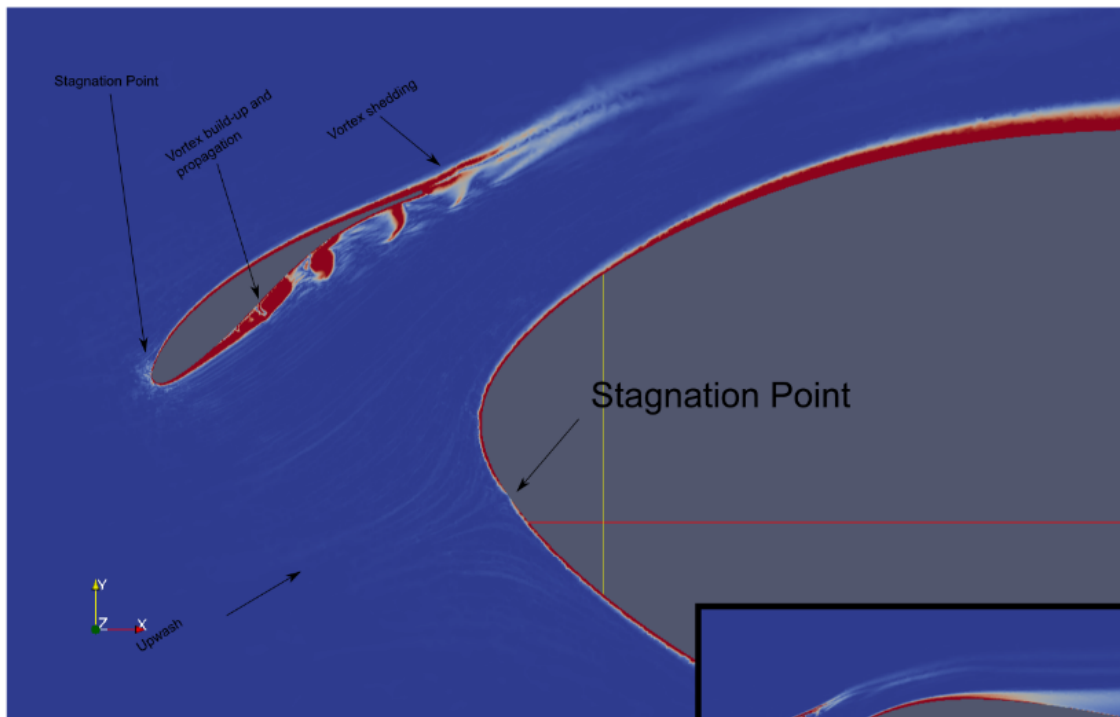


Slat Configuration at 18° AoA  
Significantly reduced flow  
separation due to slat

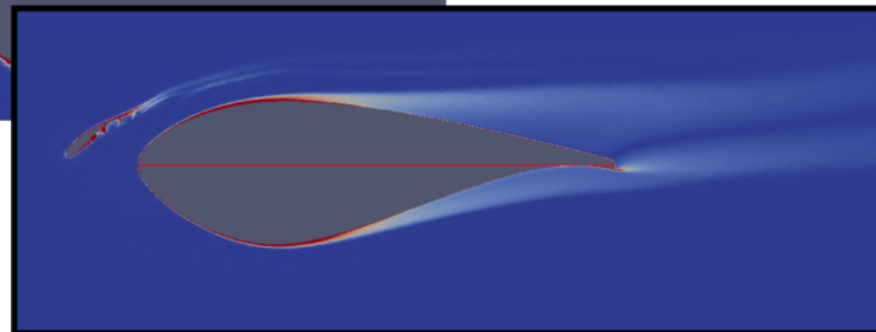
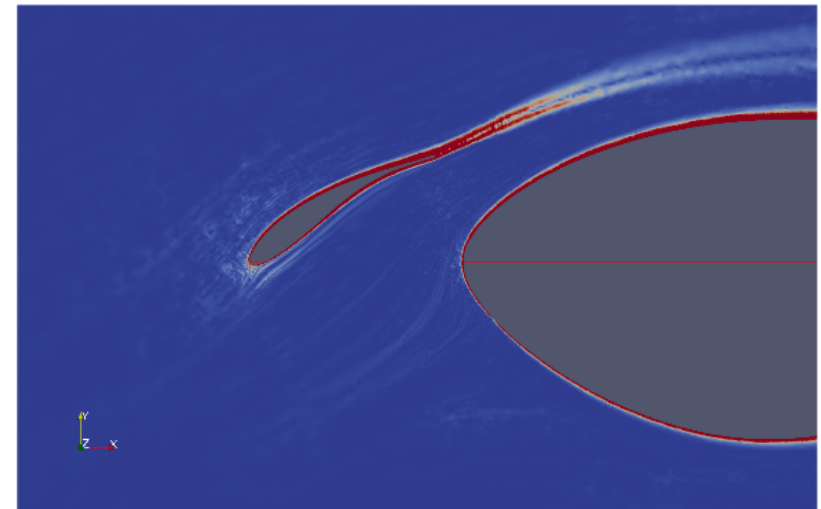


# Grenzschichten

## Sub-Optimale Position vs.



## Optimale Position



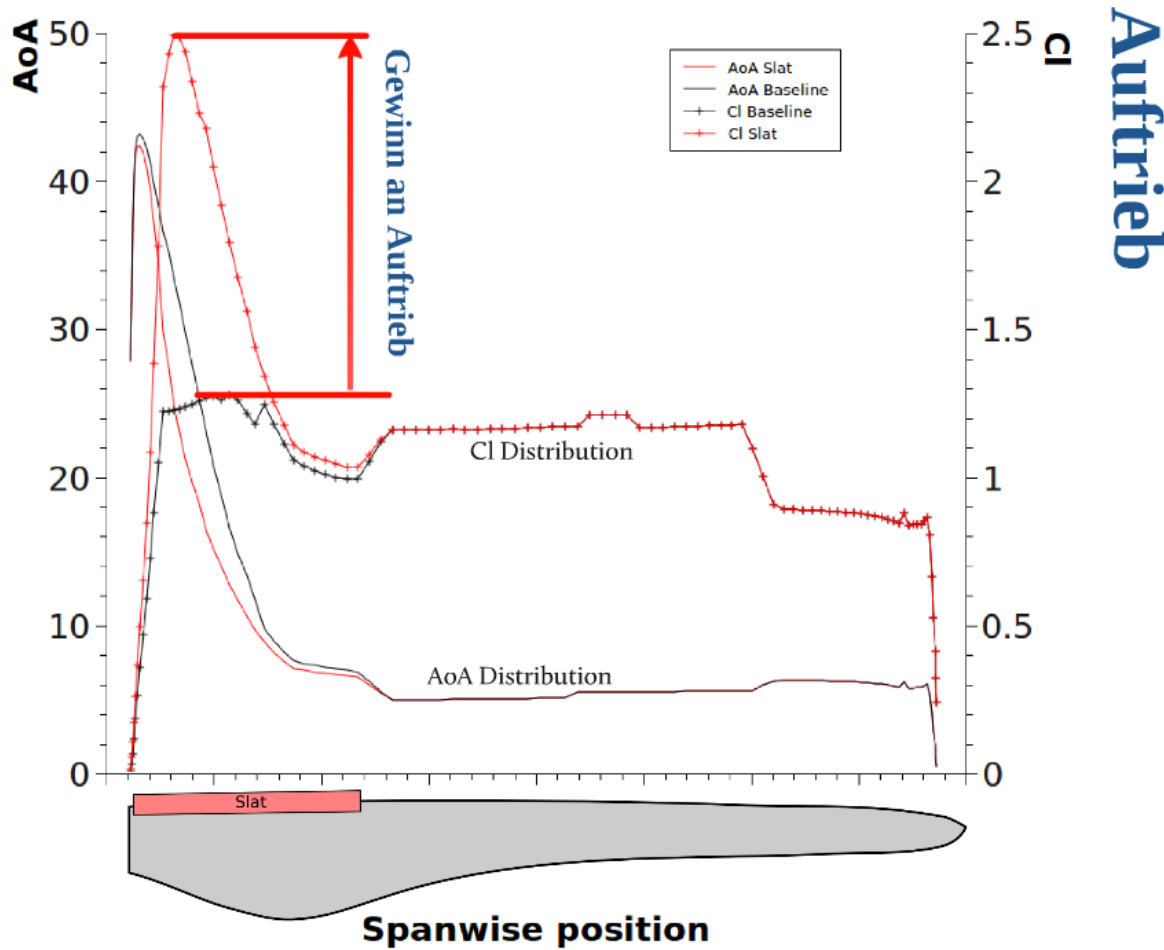


## Projektion auf WEA

- **Simulation mit eigener Blatt Element Methode (BEM)**  
**Berechnungssoftware Qblade (frei verfügbar unter [fd.tu-berlin.de](http://fd.tu-berlin.de))**
- **Simulation einer standard 1.5MW-Anlage**
- **Blattlänge: 37.5m**
- **Blatt-Verwindung: 15°**
- **Max. Sehnenlänge: 3.17m**
- **Innere 11m Blattsektion mit DU97W300 Profil**
- **Äußere Blattsektionen: NACA 6-Serie Profile (NACA 63(3)618, NACA 63(3)614, NACA 63(3)612)**
- **Vorflügel-Länge: Innere 11m des Blattes (ca. 1/3 der Gesamtlänge)**



# Ergebnis der Projektion auf WEA



Ergebnis:

- Mindestens 1% mehr Ertrag für einen Windklasse II Standort
- Amortisierung nach 2 Jahren!

## Ergebnis:

- **Mindestens 1% mehr Ertrag für einen Windklasse II Standort**
- **Amortisierung nach 2 Jahren!**





SMART ) BLADE



# Zusammenfassung

- **Durch Kombination von Experiment und Simulation konnte die positive Wirkung eines aerodynamisches Elementes aus der Luftfahrt auf eine WEA projiziert werden**
- **Vorflügel sind eine kostengünstige Komponente um den Ertrag von bestehenden (Retrofit) und zukünftigen WEA zu erhöhen**



SMART ) BLADE



## Ausblick

- **Forschung auf dem Gebiet der Strömungskontrolle zur Verbesserung der Aerodynamik von WEA wird fortgesetzt**
- **Ziel: adaptive Rotorblätter "Smart blades"**
- **Methoden: Hinterkantenklappen, Flexible Hinterkanten, aktive Gurney Flaps, Plasmaaktuatoren,...**





SMART ) BLADE



**Vielen Dank!**