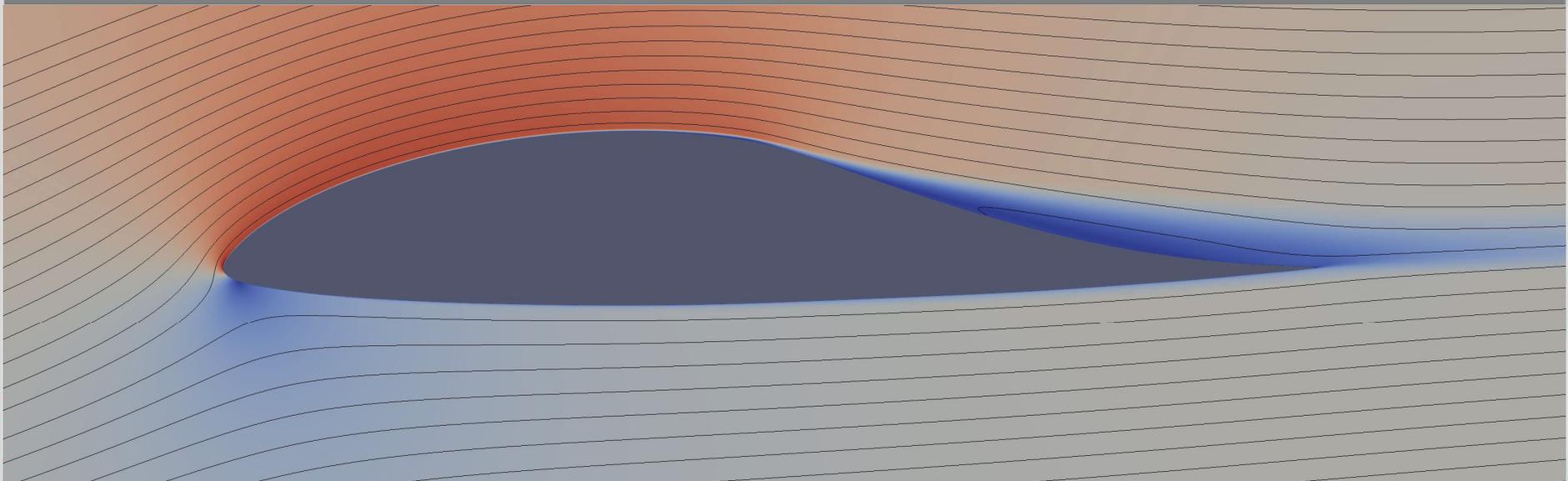


# RANS Untersuchungen zur Strömungskontrolle in turbulenter Grenzschicht von Flügelprofilen

Georg Fahland

Betreuer: Dr.-Ing. Alexander Stroh, Dr.-Ing. Davide Gatti,  
Prof. Dr.-Ing. Bettina Frohnepfel

Institut für Strömungsmechanik, KIT



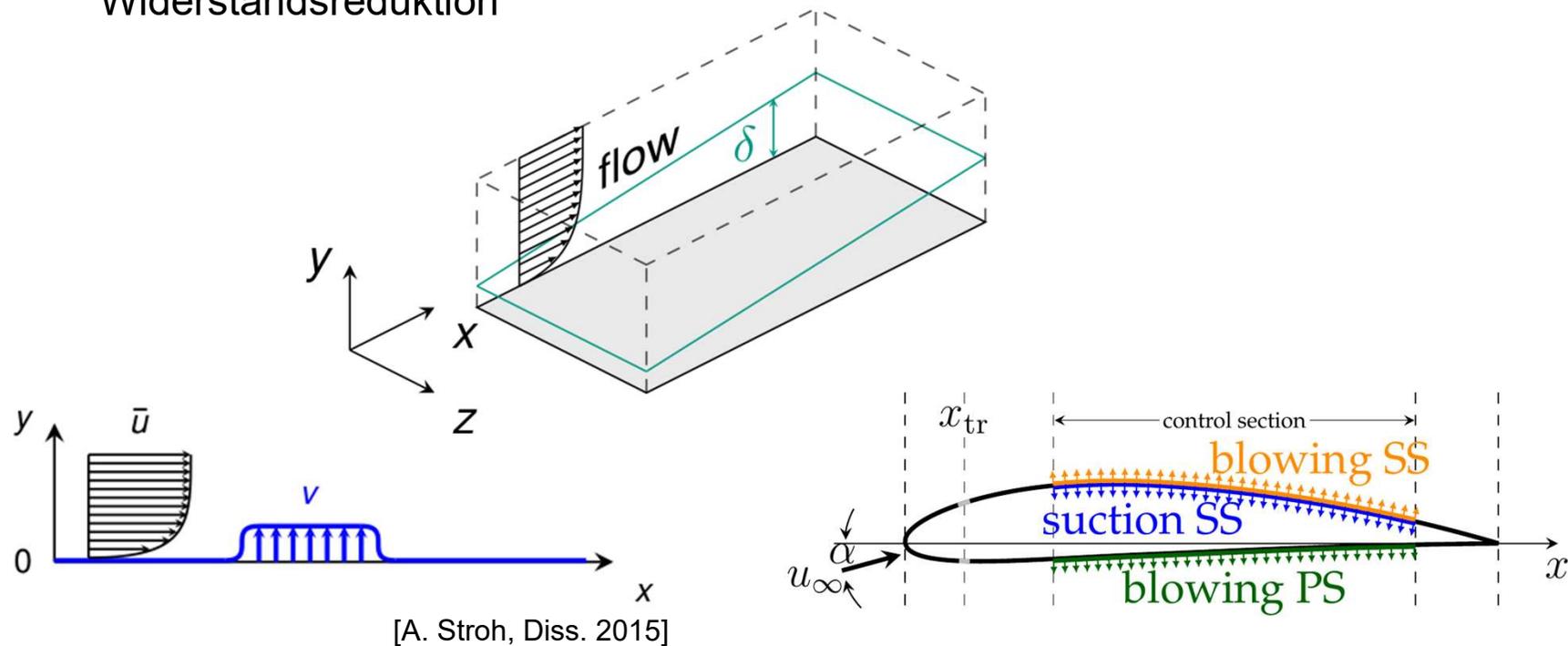
# Grenzschichtkontrolle

## Homogenes Ausblasen/Absaugen

- Aktive Kontrolle
- Niedrige Ausblaseintensität ( $0.025-2\%U_\infty$ )
- Ebene Platte: ca. 80% Widerstandsreduktion

## Grenzschichtentwicklung

- Ausblasen  $\rightarrow \delta \uparrow, \tau \downarrow$
- Absaugen  $\rightarrow \delta \downarrow, \tau \uparrow$



# Motivation/Ziel

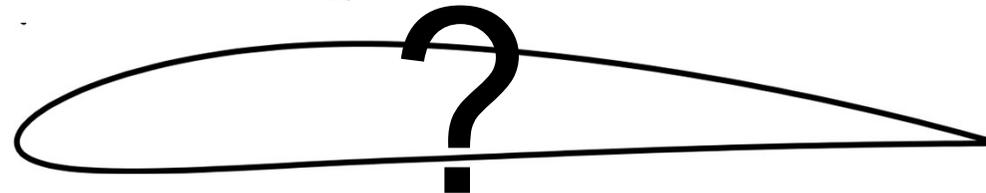
## Profilanforderungen

- Auftrieb
- Effizienz
- Momentenhaushalt
- Überzieheigenschaften
- Steuerflächen
- $Re$
- $Mach$
- ...



## Parameter

- Profilform
- Klappen, etc.
- **Grenzschichtkontrolle (BLC)**



# Methodik

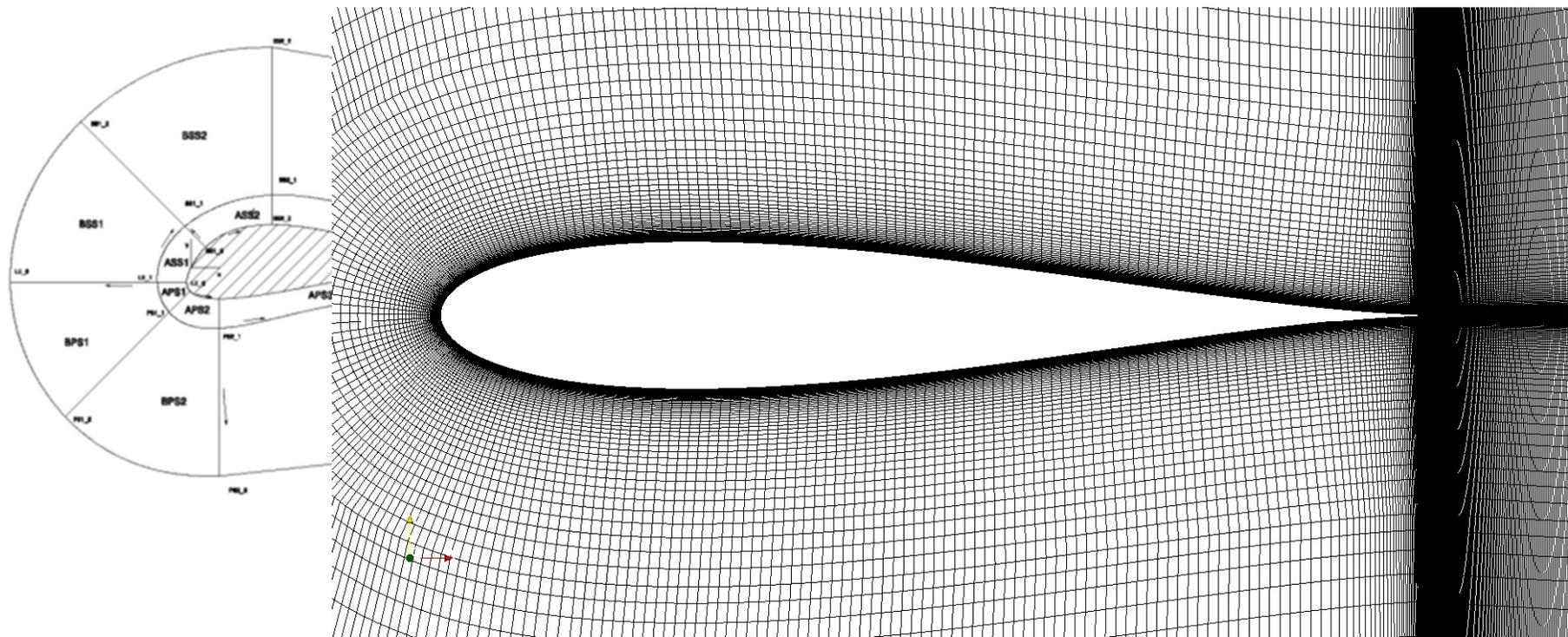
## Allgemein

- RANS, low- $Re$ , inkompressibel
- OpenFOAM → SIMPLE FOAM
- $k\omega$ -SST
  - $k = 0, x \leq x_{tr} = 10\%c$
  - Quellterm für  $k, x = 10\%c$
  - Gleicher Effekt wie Transitionsmodell
  - Schnelle Konvergenz
  - Keine natürliche Transition

# Methodik – Netz

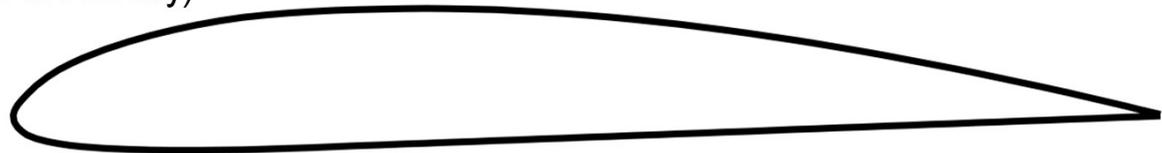
- Mehrere Profile (7)
  - Verschiedene  $Re$
- }  $\approx 40$  Netze
- Automatisierte Netzerstellung

## Strukturierte blockMesh-basierte Netze



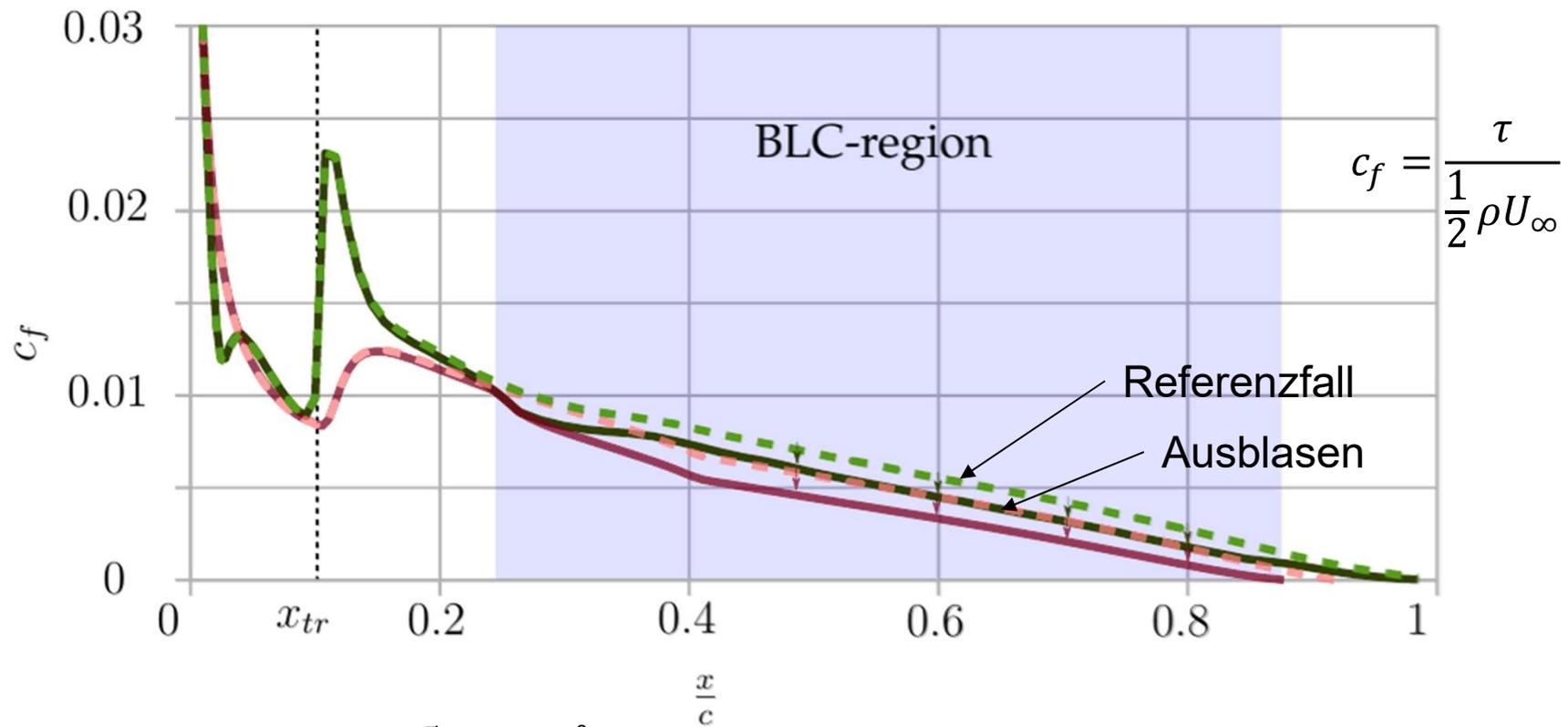
# Validierung

- Netzkonvergenzstudie
- XFOIL
- Experimentelle Daten zum Vergleich:
  - ClarkY (Fukagata Lab, Keio University)
  - Naca23012 (IAG, Universität Stuttgart)
- DNS/LES Daten:
  - Naca4412 (Linné Flow Centre, KTH)



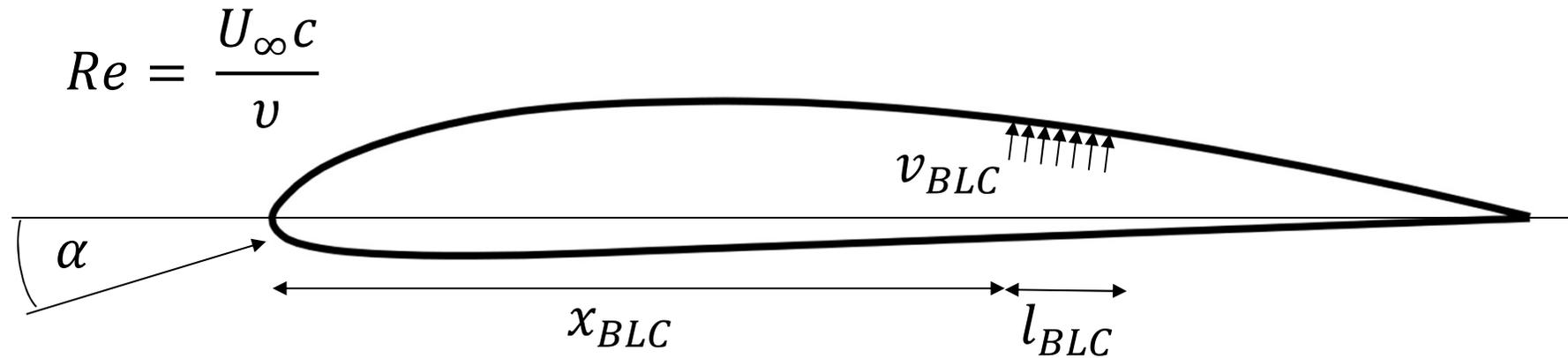
# Validation – DNS/LES data

	$c_l$	$c_d$	$E$	$\Delta$ to reference
→ LES (KTH)	0,842	0,0202	41,7	-6,2%
RANS	0,829	0,0204	40,6	-6,6%



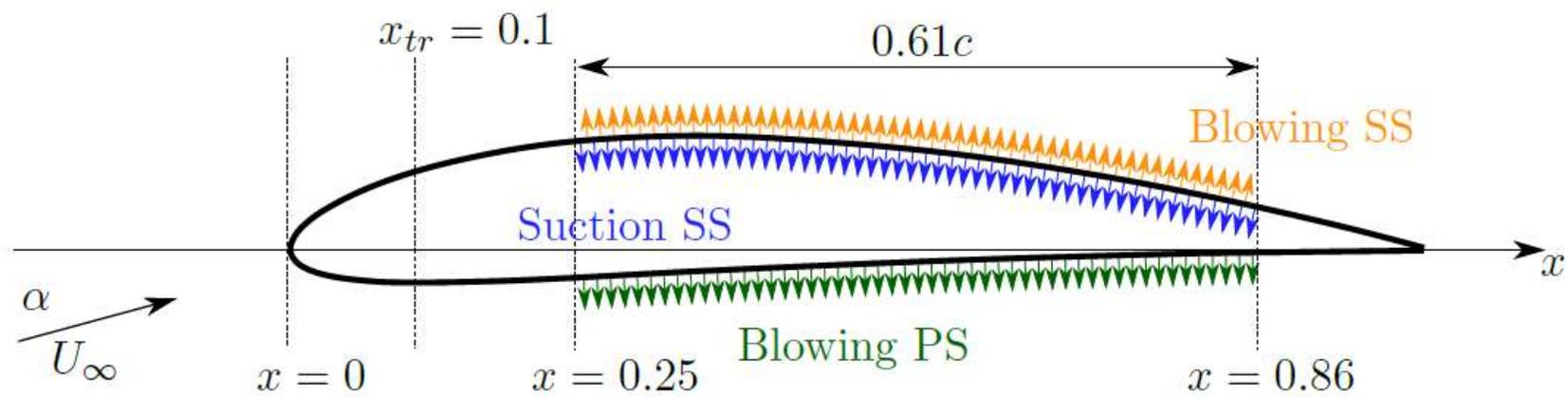
Naca4412,  $Re = 2 \cdot 10^5$ ,  $\alpha = 5^\circ$ ,  $v_{BLC} = 0.1\% U_\infty$

# Ergebnisse – Übersicht

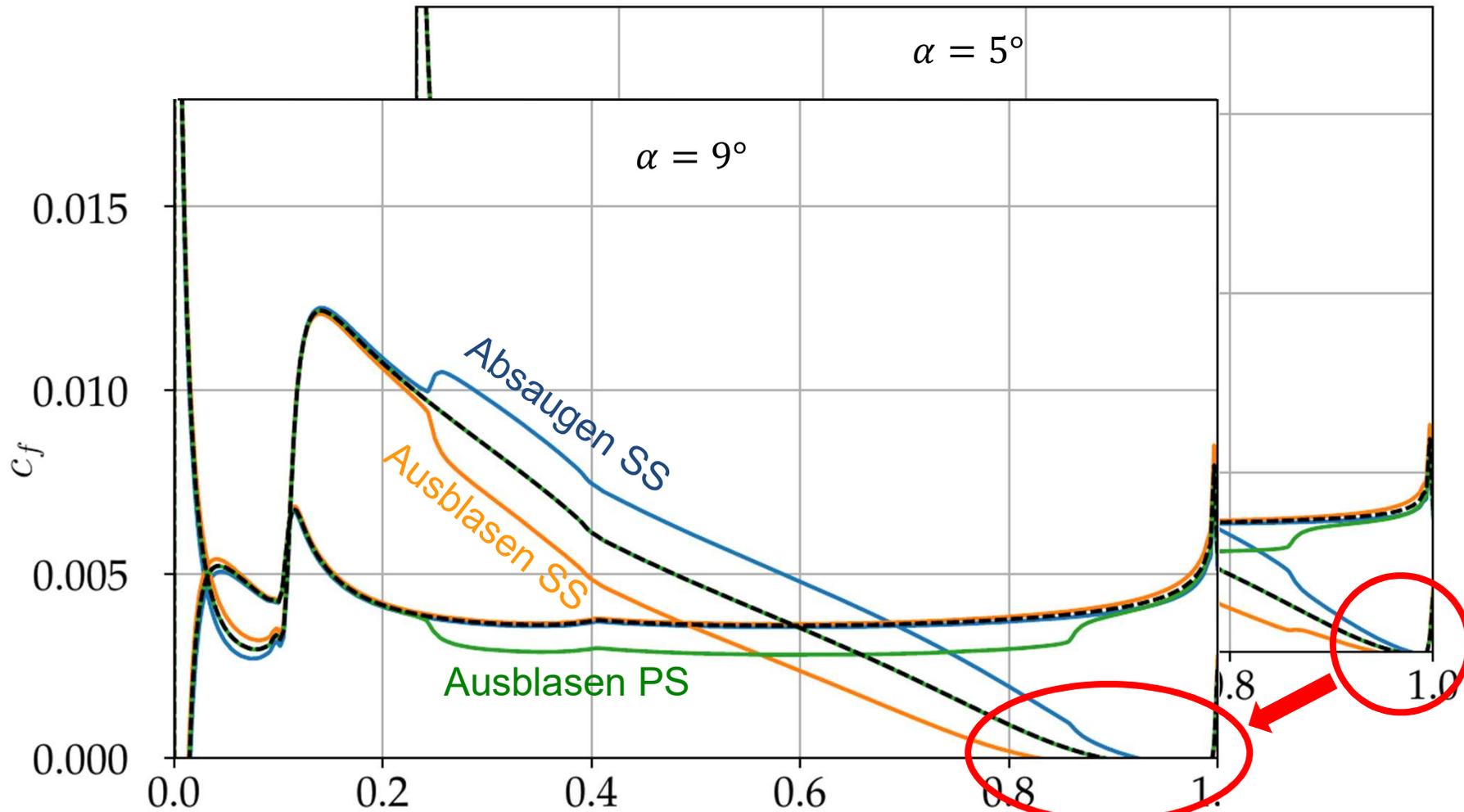


Klasse	Konfigurationen	Varierte Parameter
Basis-Konfiguration	KTH	$\alpha$ , $Re$ , Wölbung, Dicke, $v_{BLC}$
Kombinierte Konfigurationen	Gersten	$\alpha$ , $Re$ , $v_{BLC}$
	Reder	$\alpha$ , $Re$ , $v_{BLC}$
	Endleistenkonfiguration	$\alpha$ , $Re$ , $v_{BLC}$
Hybride Konfiguration	Ausblasen in Stratford-Druckanstieg	$\alpha$ , $v_{BLC}$

# KTH-Konfigurationen



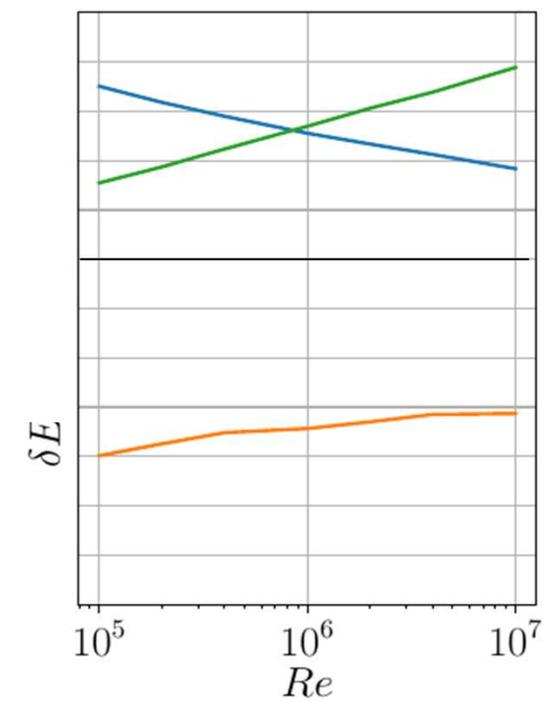
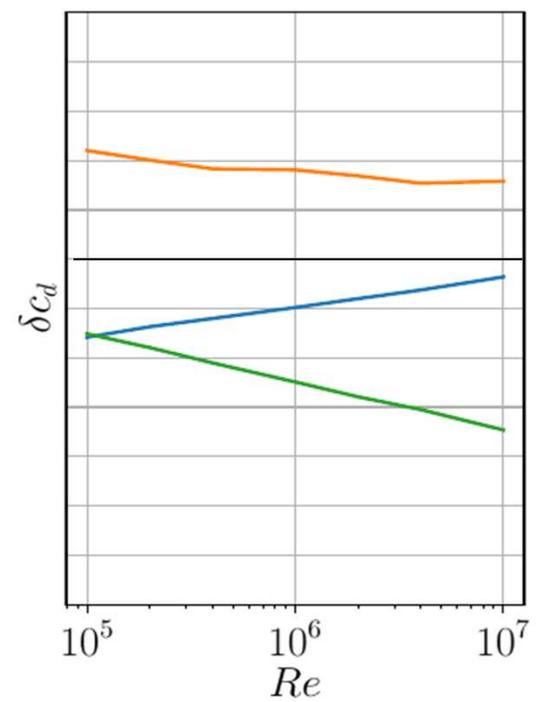
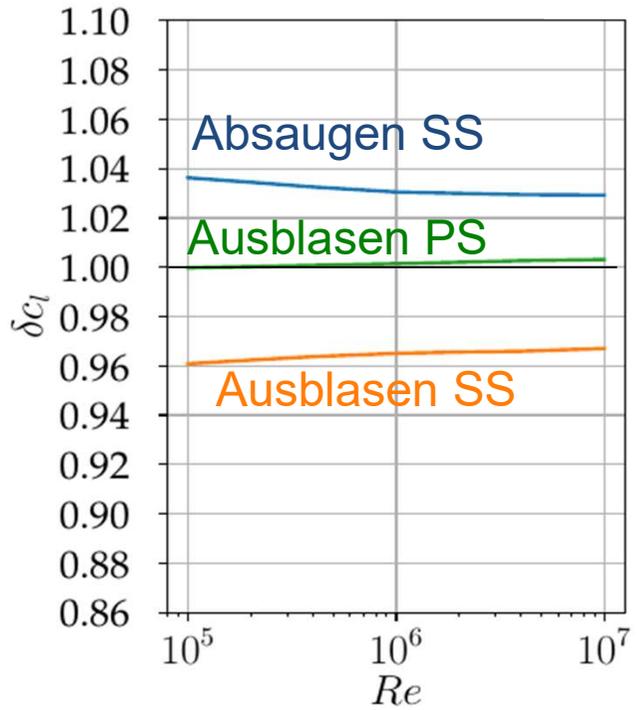
# Wandschubspannung $c_f$ : $\alpha$ -Abhängigkeit



Naca4412, KTH-Konfig.,  $Re = 4 \cdot 10^5$   $\frac{x}{c}$

# Re-Abhängigkeit

$$\delta\Phi = \frac{\Phi}{\Phi_{ref}}$$

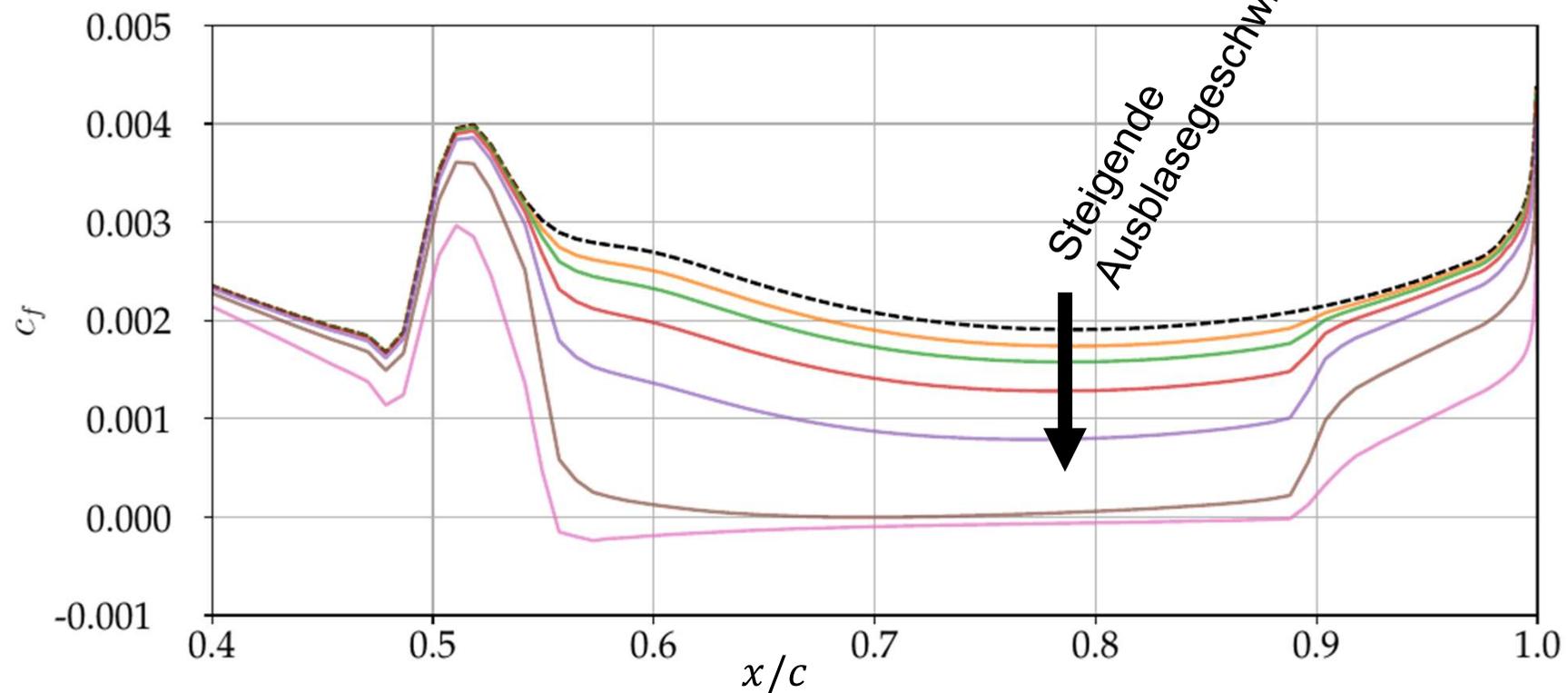


Naca4412, KTH-Konfig.,  $\alpha = 5^\circ$ ,  $v_{BLC} = 0.1\%U_\infty$

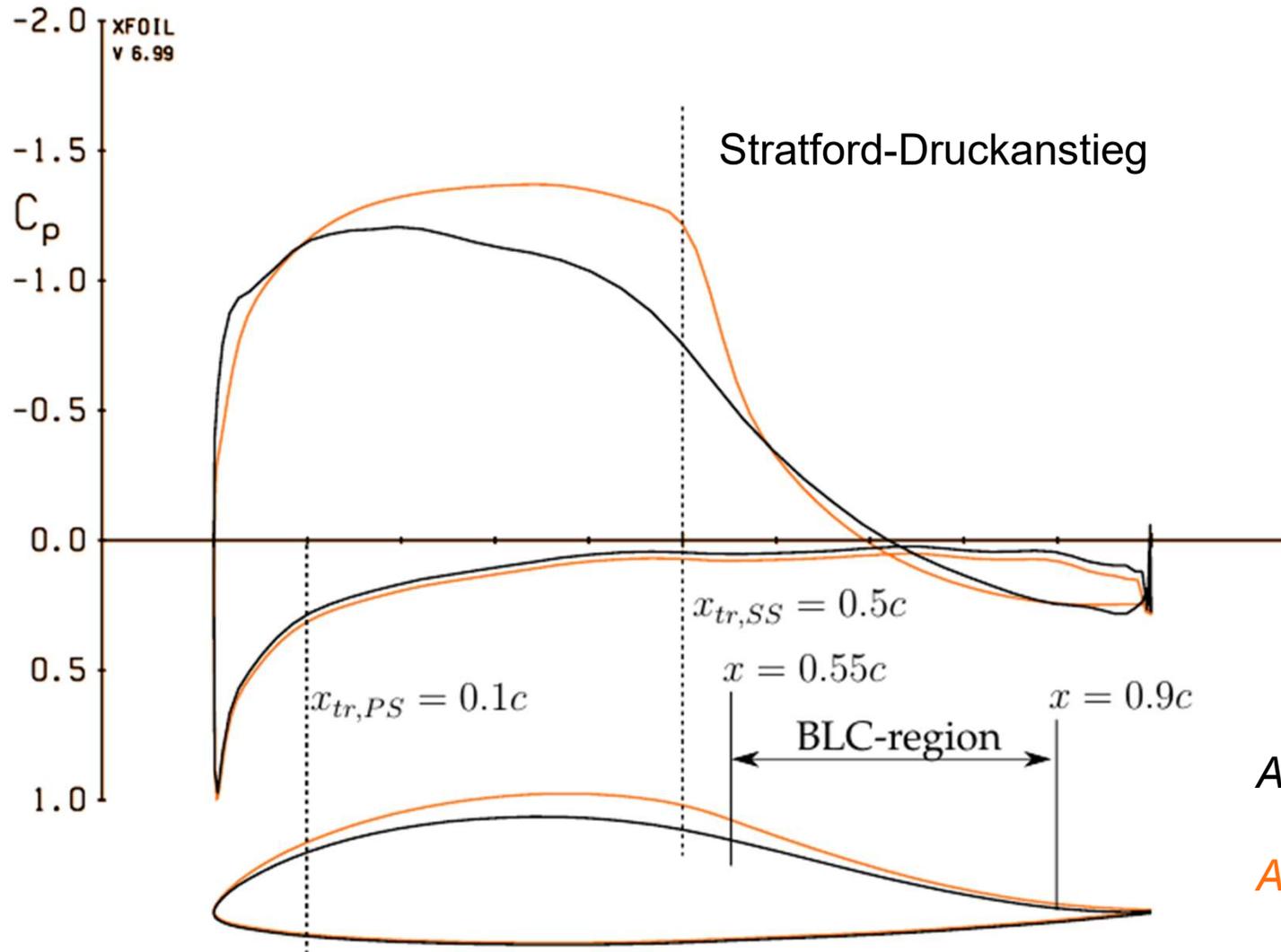
# Günstige Ausblasekonfiguration auf der SS?

## Welche Eigenschaften sind dafür nötig?

- Natürliche turbulente Grenzschicht
- Feste Transitionsposition (bezogen auf  $\alpha$ )
- Konstantes  $c_f$  → Stratford-Druckanstieg



# Günstige Ausblasekonfiguration auf der SS?

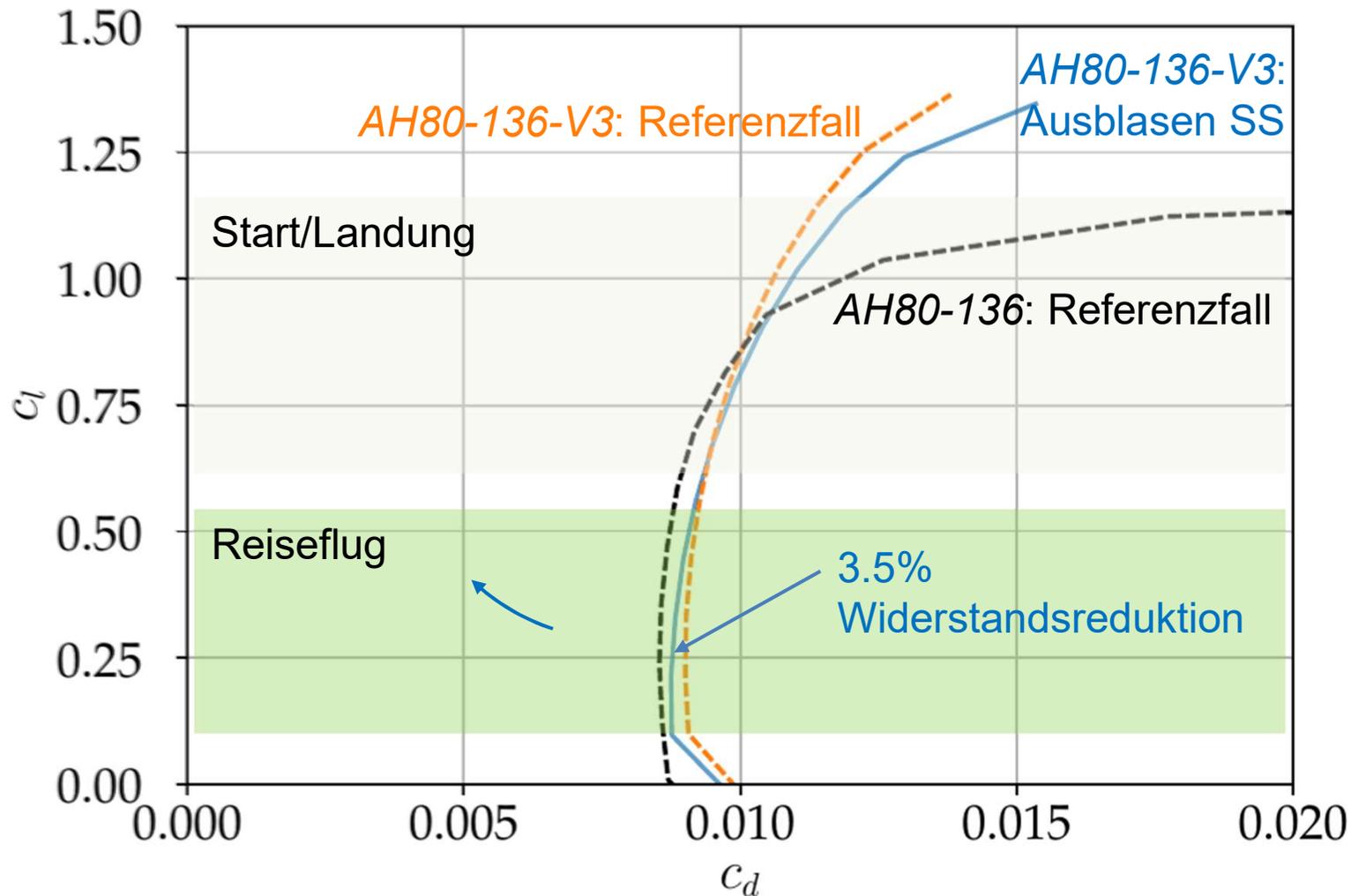


AH80-136

AH80-136-V3

# Günstige Ausblasekonfiguration auf der SS?

$$Re = 10^6$$



# Zusammenfassung/Ausblick

## Zusammenfassung:

- Im Allg. Günstig:
  - Ausblasen für höhere  $Re$
  - Ausblasen auf PS für niedrige  $c_l$
  - Absaugen auf SS für hohe  $c_l$
- ... Ungünstig:
  - Absaugen für höhere  $Re$
  - Ausblasen auf SS
  - Absaugen auf PS
- Günstige Ausblasekonfiguration auf SS möglich!

## Seither durchgeführte Schritte

- Überprüfung der Randbedingung für die turbulente Dissipation
- Leistungsbudget der Versorgungssysteme
- Quantitative Performancebeurteilung
- Theoretischer Hintergrund zur Druckwiderstandsreduktion für Ausblasen