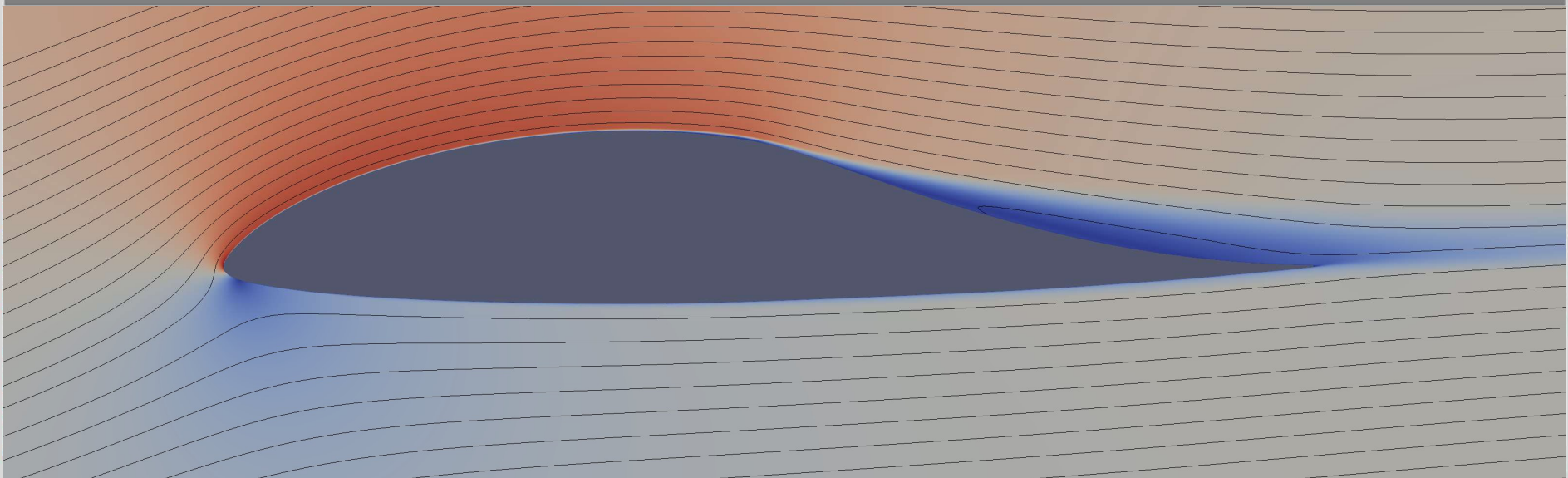


RANS Untersuchungen zur Strömungskontrolle in turbulenter Grenzschicht von Flügelprofilen

Georg Fahland

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

Institut für Strömungsmechanik, KIT



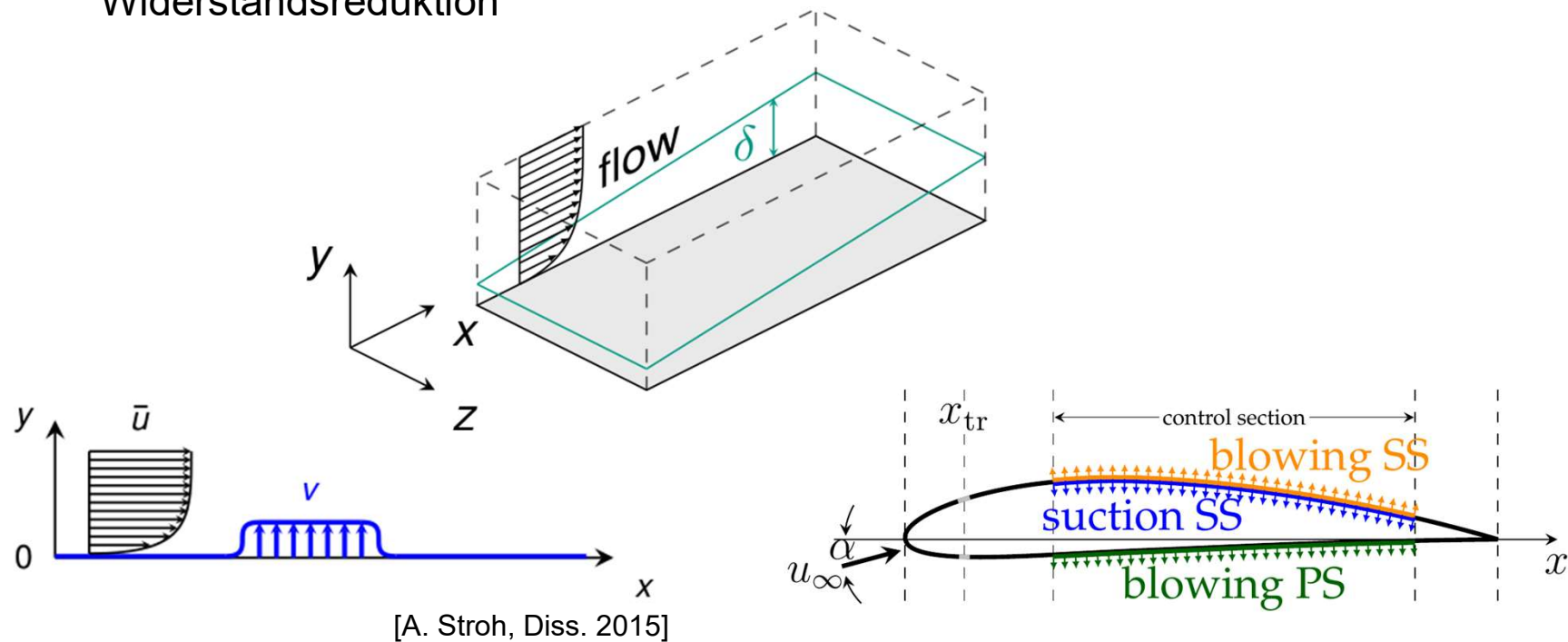
Grenzschichtkontrolle

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

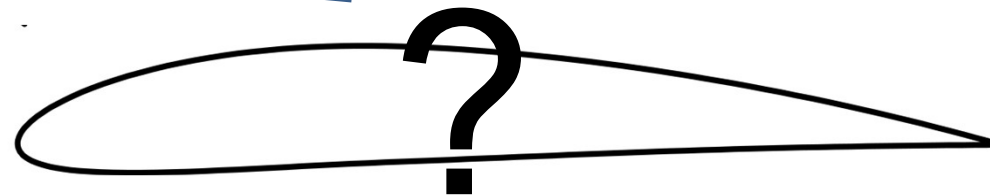
Profilanforderungen

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



Parameter

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



Methodik

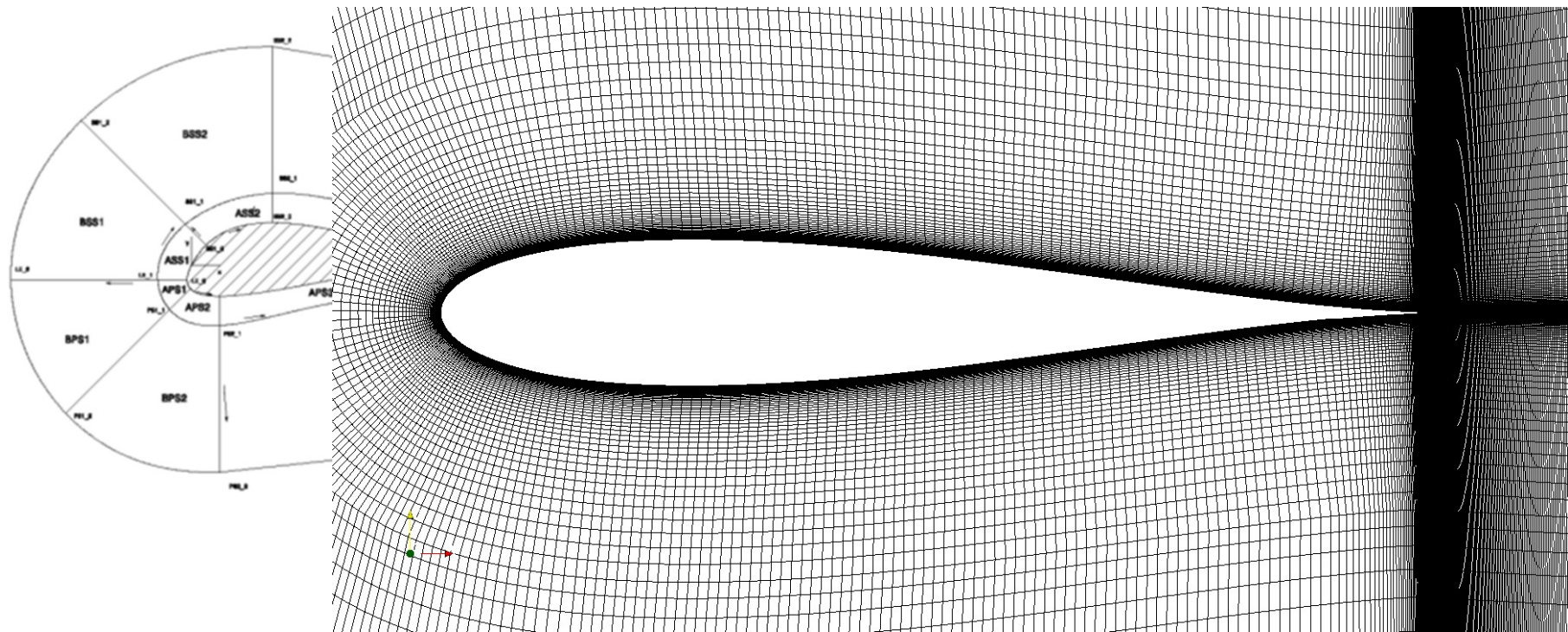
Allgemein

- 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
- } ≈ 40 Netze
- Automatisierte Netzerstellung

Strukturierte blockMesh-basierte Netze



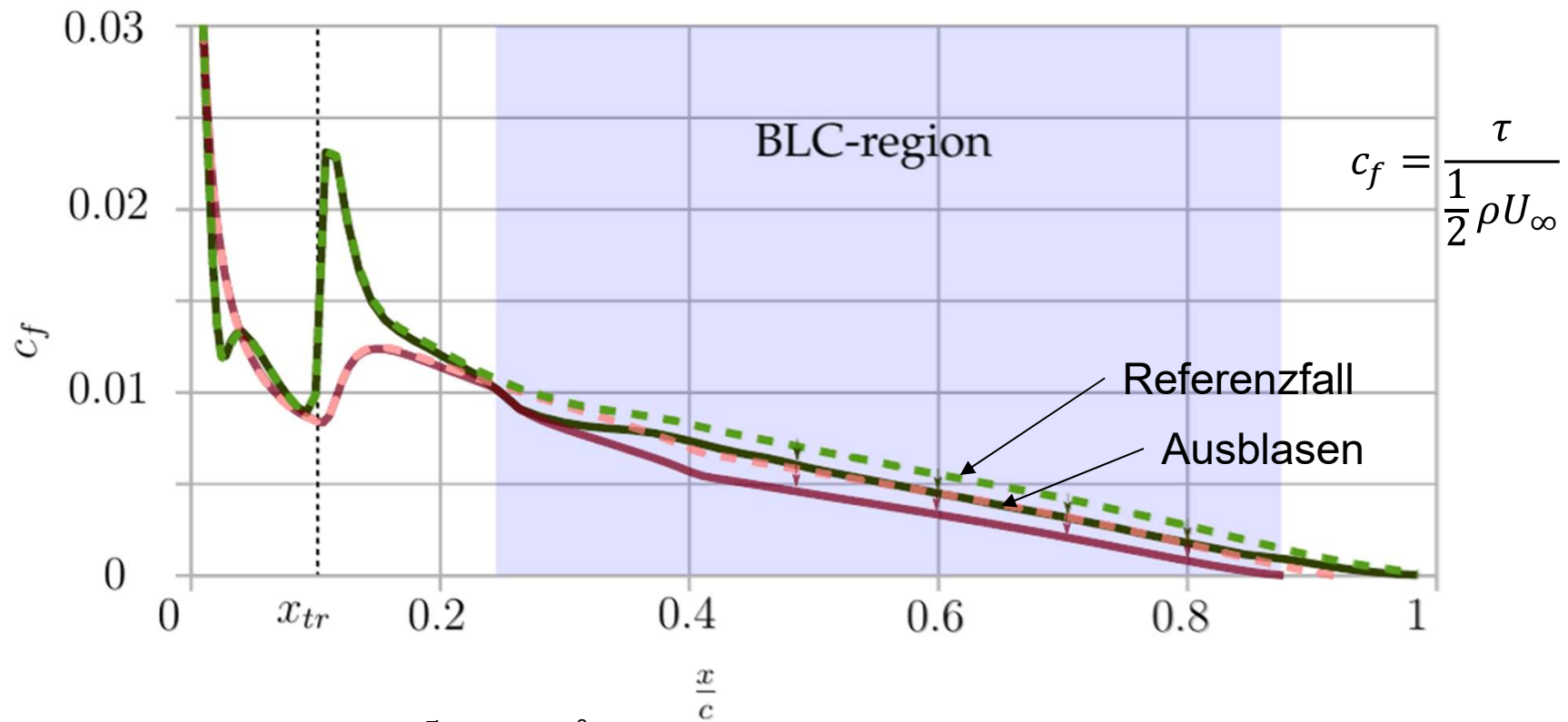
Validierung

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



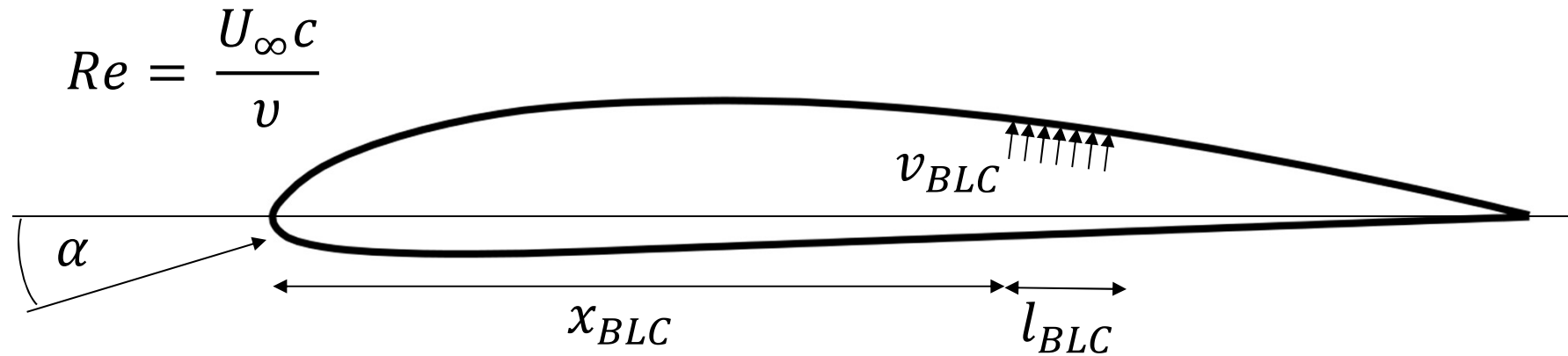
Validation – DNS/LES data

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



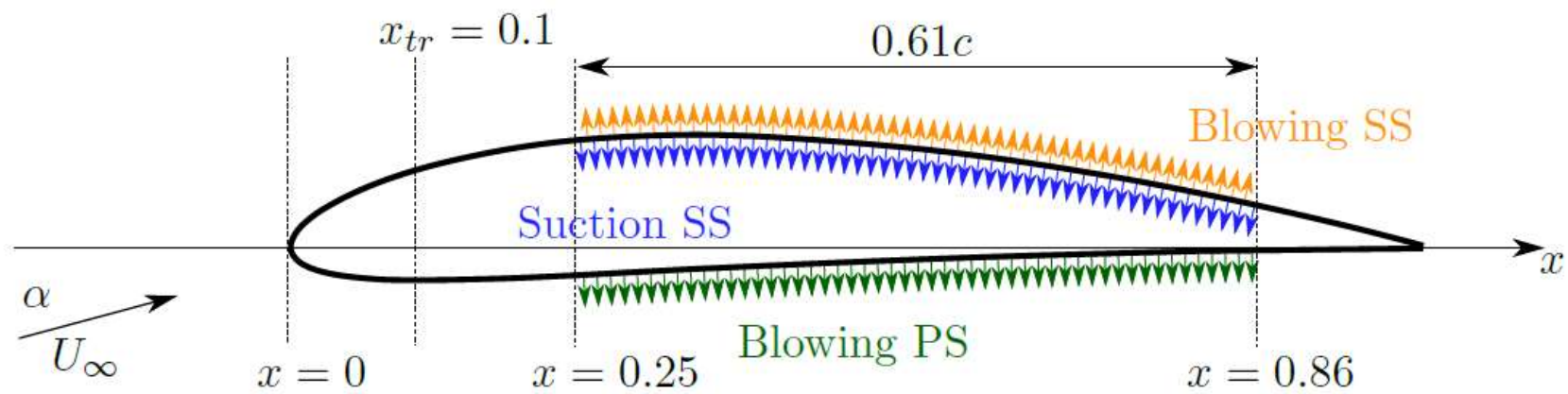
Naca4412, $Re = 2 \cdot 10^5$, $\alpha = 5^\circ$, $v_{BLC} = 0.1\% U_\infty$

Ergebnisse – Übersicht

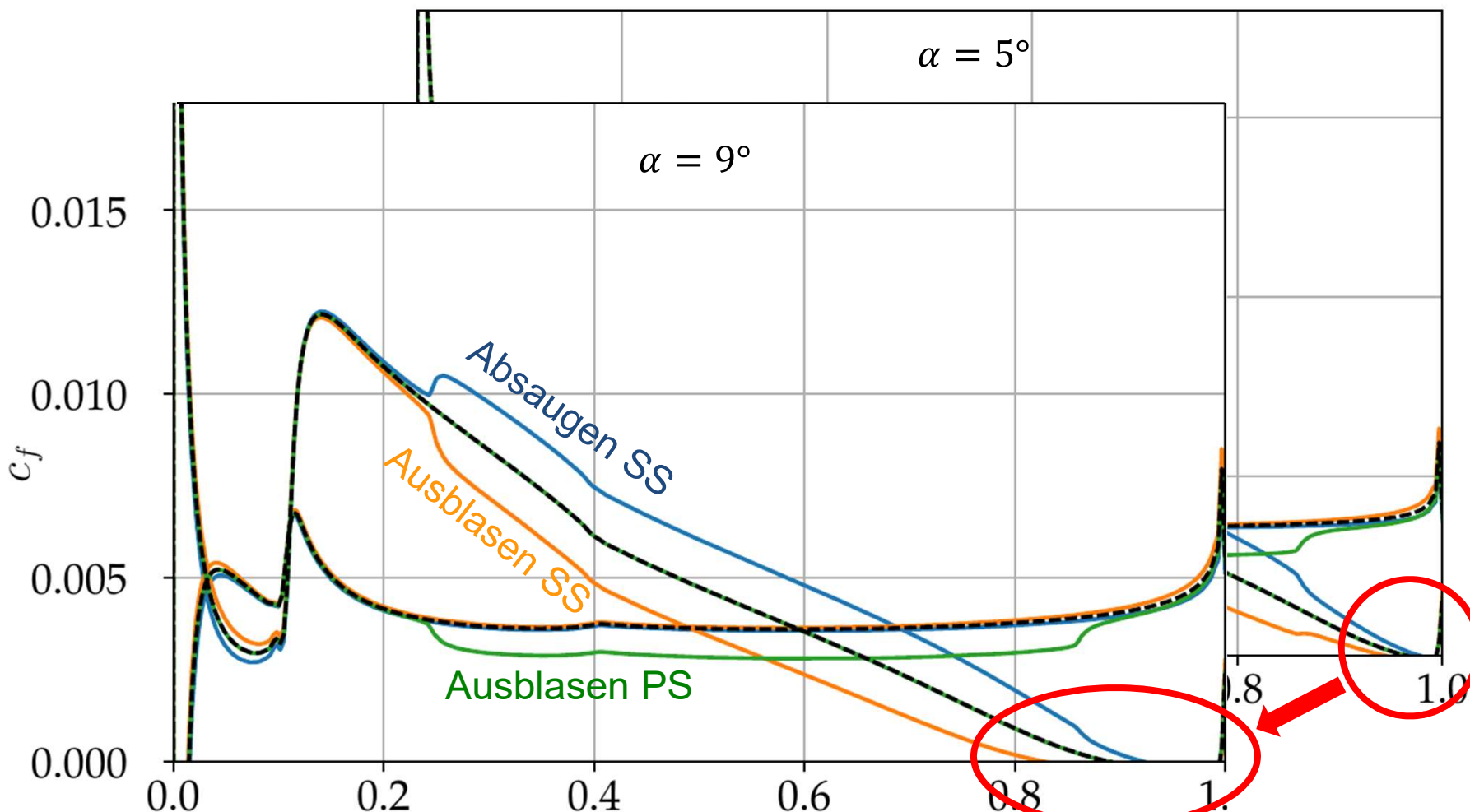


Klasse	Konfigurationen	Varierte Parameter
Basis-Konfiguration	KTH	α , Re , Wölbung, Dicke, v_{BLC}
Kombinierte Konfigurationen	Gersten	α , Re , v_{BLC}
	Reder	α , Re , v_{BLC}
	Endleistenkonfiguration	α , Re , v_{BLC}
Hybride Konfiguration	Ausblasen in Stratford-Druckanstieg	α , v_{BLC}

KTH-Konfigurationen



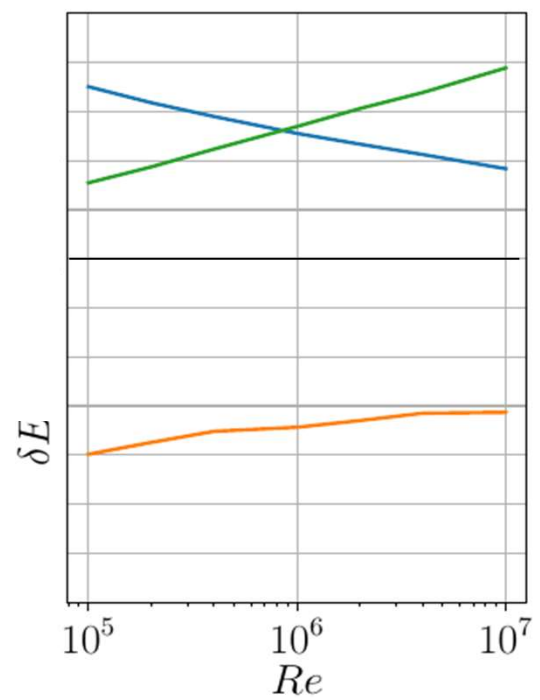
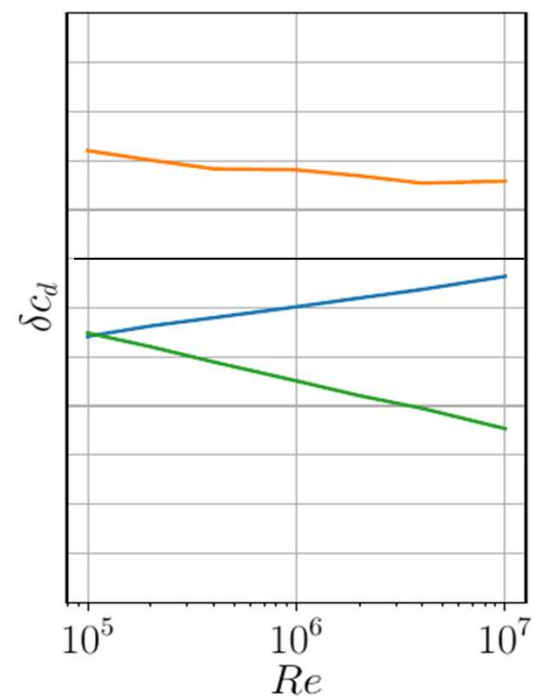
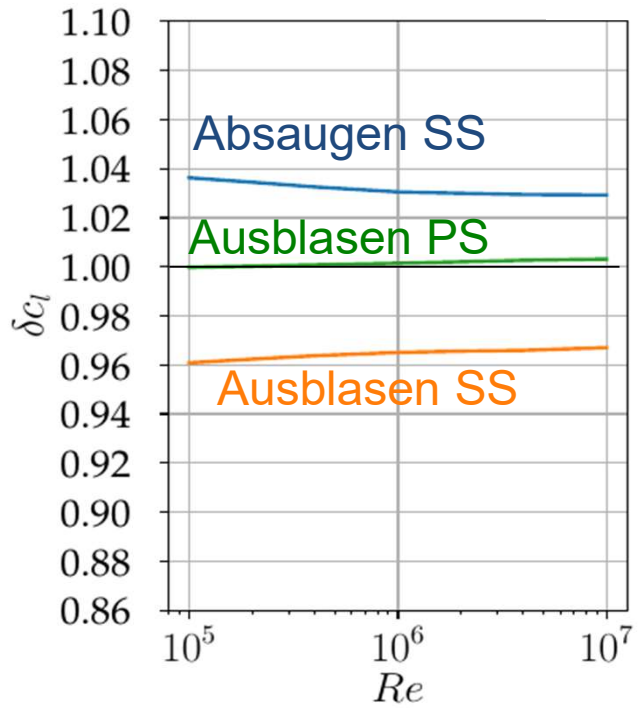
Wandschubspannung c_f : α -Abhängigkeit



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

Re-Abhängigkeit

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

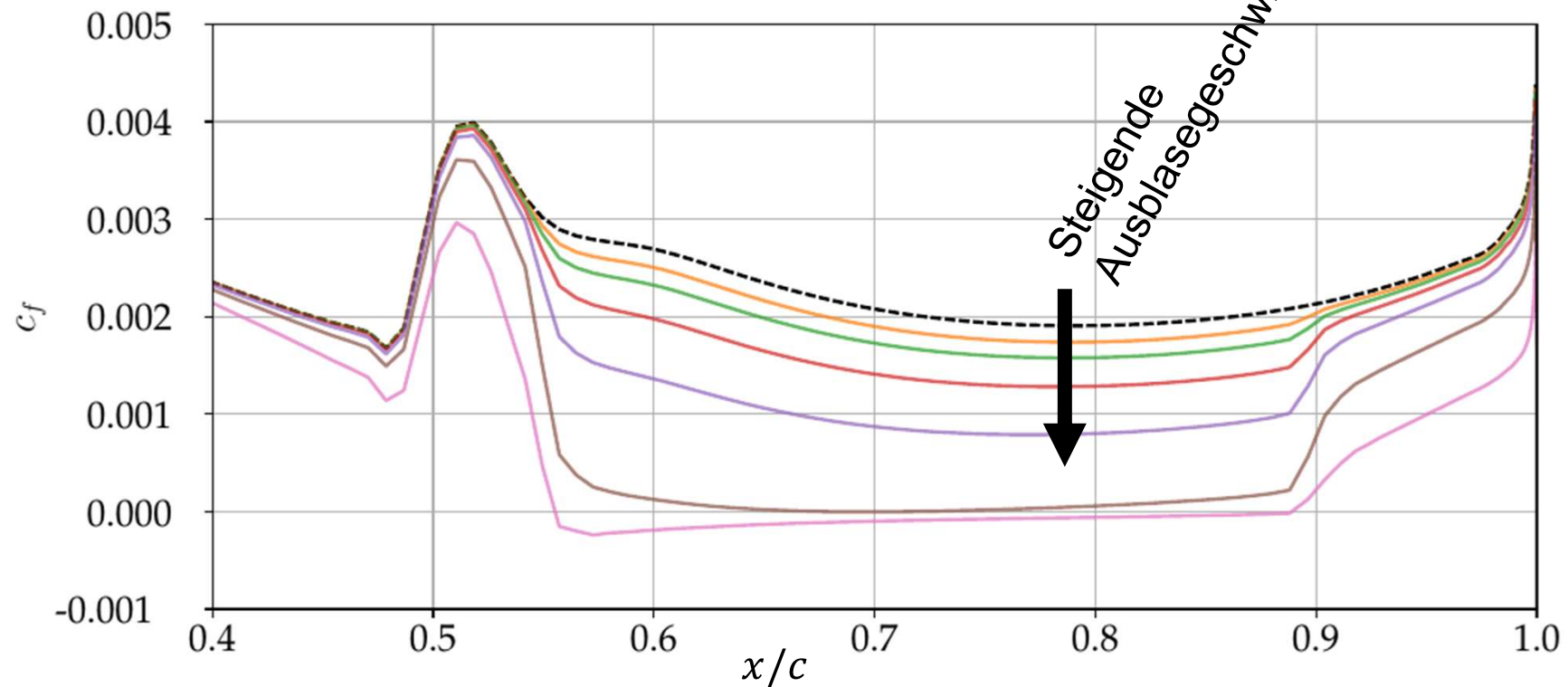


Naca4412, KTH-Konfig., $\alpha = 5^\circ$, $v_{BLC} = 0.1\%U_\infty$

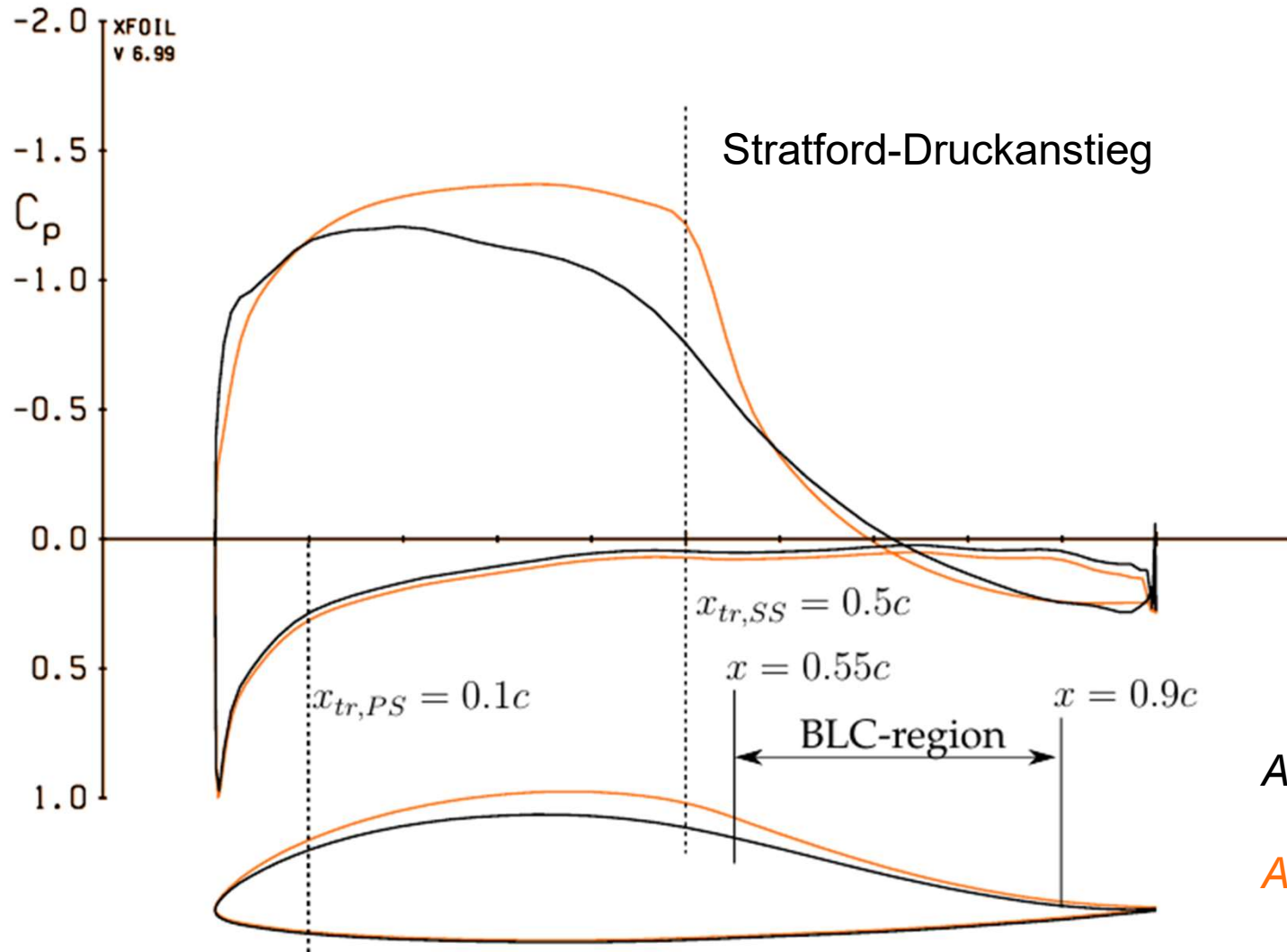
Günstige Ausblasekonfiguration auf der SS?

Welche Eigenschaften sind dafür nötig?

- Natürliche turbulente Grenzschicht
- Feste Transitionsposition (bezogen auf α)
- Konstantes c_f \rightarrow Stratford-Druckanstieg



Günstige Ausblasekonfiguration auf der SS?

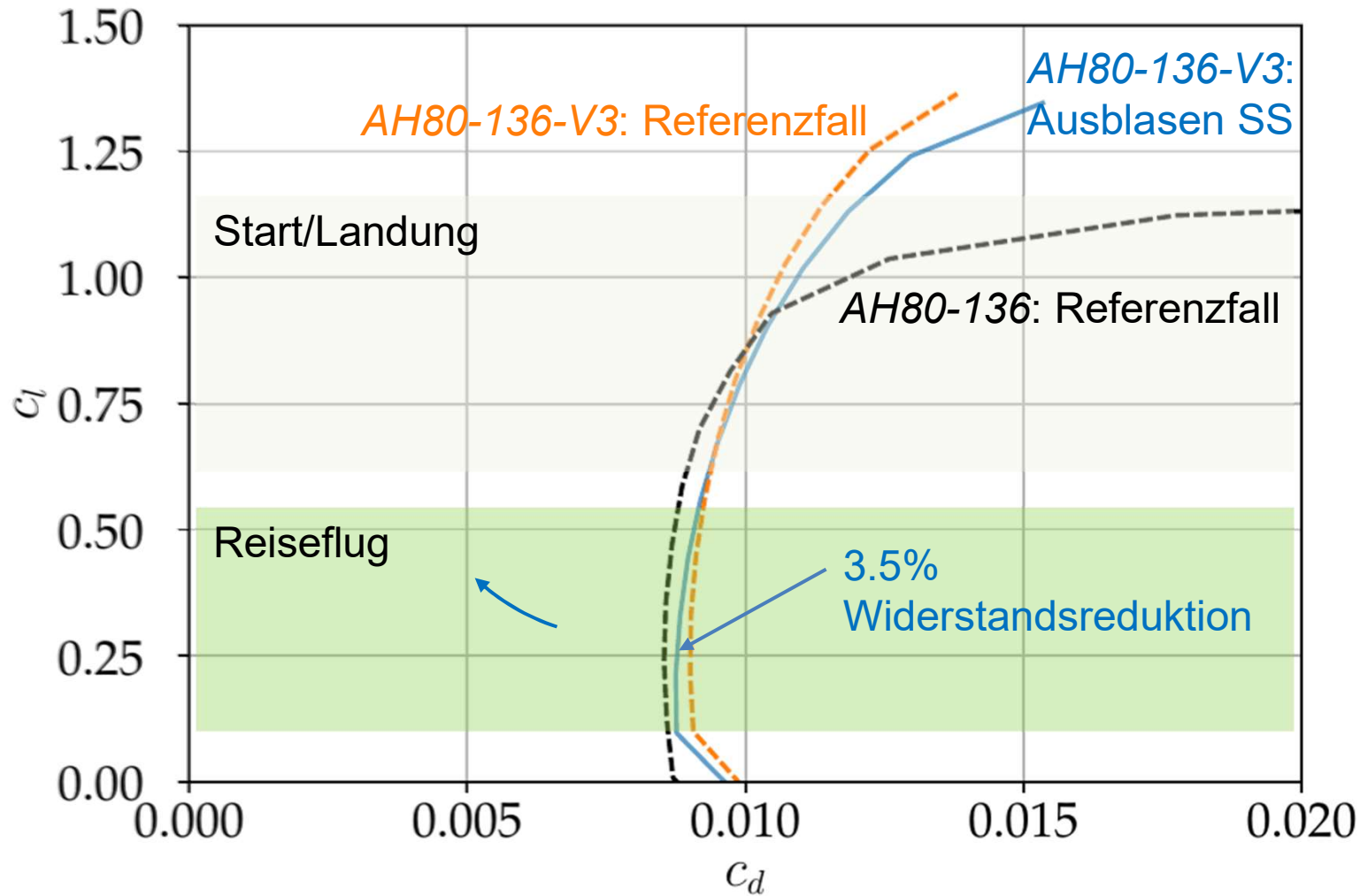


AH80-136

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