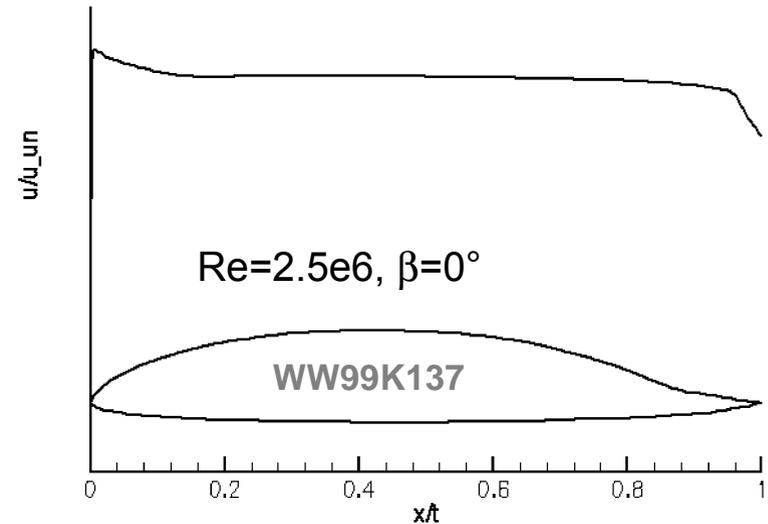
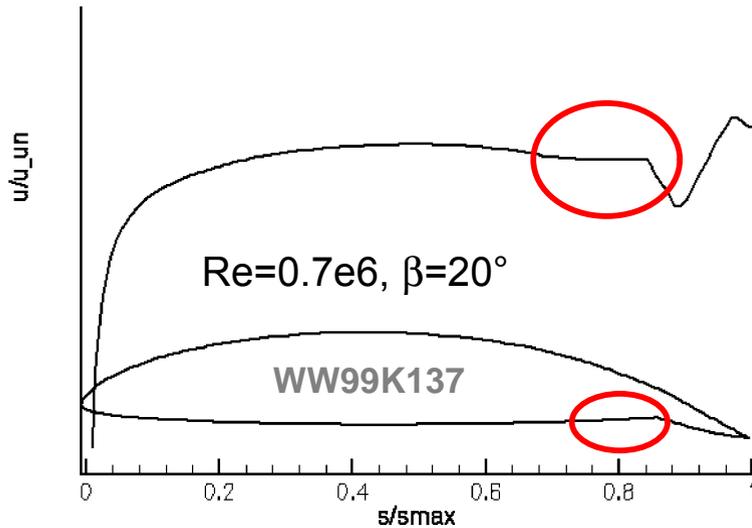


Experimentelle Untersuchung zur aktiven Kontrolle laminarer Ablöseblasen

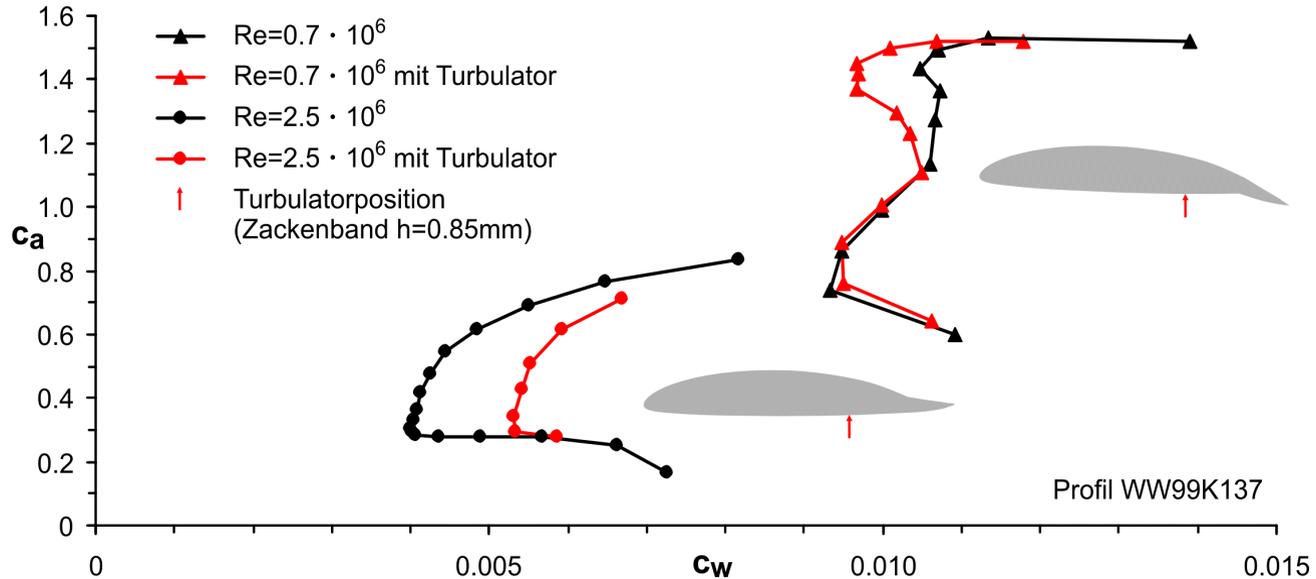
D. Sartorius, W. Würz und S. Wagner

Institut für Aerodynamik und Gasdynamik der Universität Stuttgart

- ➡ **Einleitung / Motivation**
- ➡ **Versuchsaufbau**
- ➡ **Modellbestückung**
- ➡ **Aktuator**
- ➡ **Erste Ergebnisse**
- ➡ **Zusammenfassung / Ausblick**



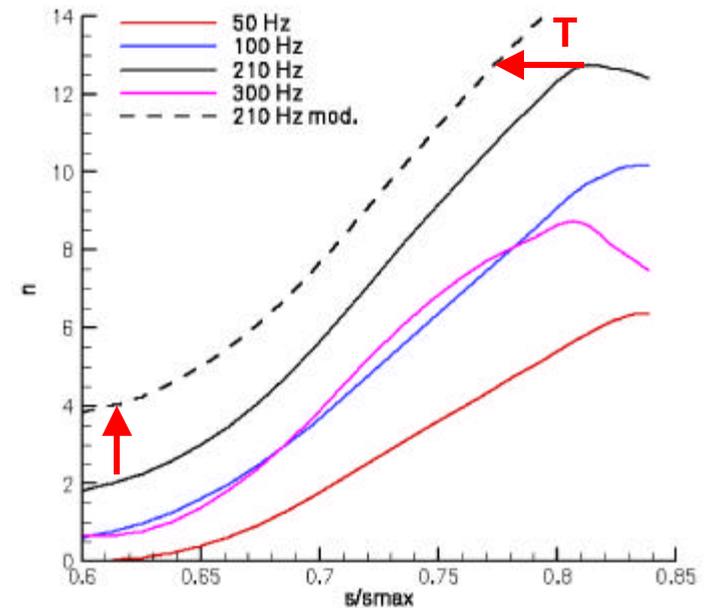
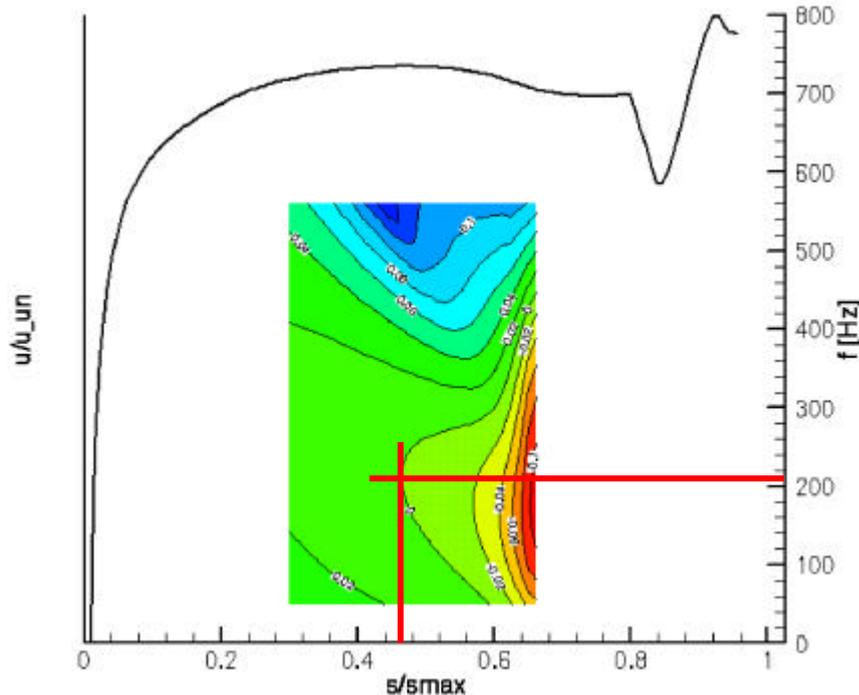
- ➔ **Druckanstieg bei ausgeschlagener Klappe induziert eine laminare Ablöseblase vor der Klappe**
- ➔ **Widerstandsreduzierung mit Turbulator vor der Ablösung**
- ➔ **Im Schnellflug sehr lange laminare Laufstrecke auf der Profilunterseite bis 95%**



Wechselnde Anforderungen während des Fluges
 ↳ **adaptives Aktuatorssystem**

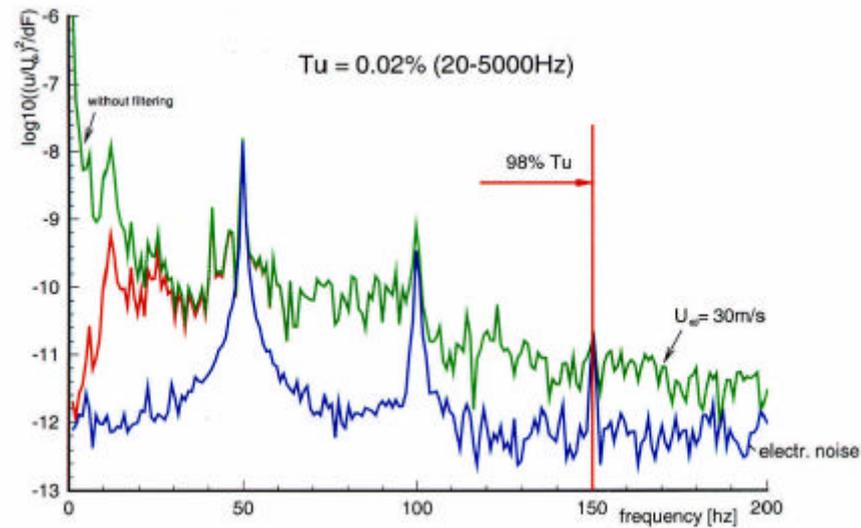
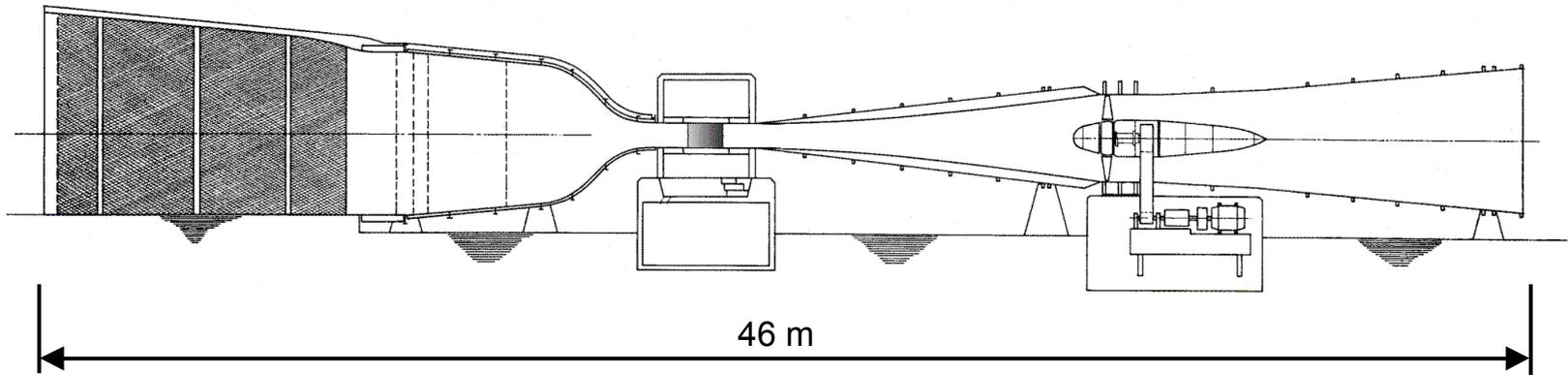
➡ **Einleitung von Störungen in die Grenzschicht mit einem oberflächenbündigen Aktuator**

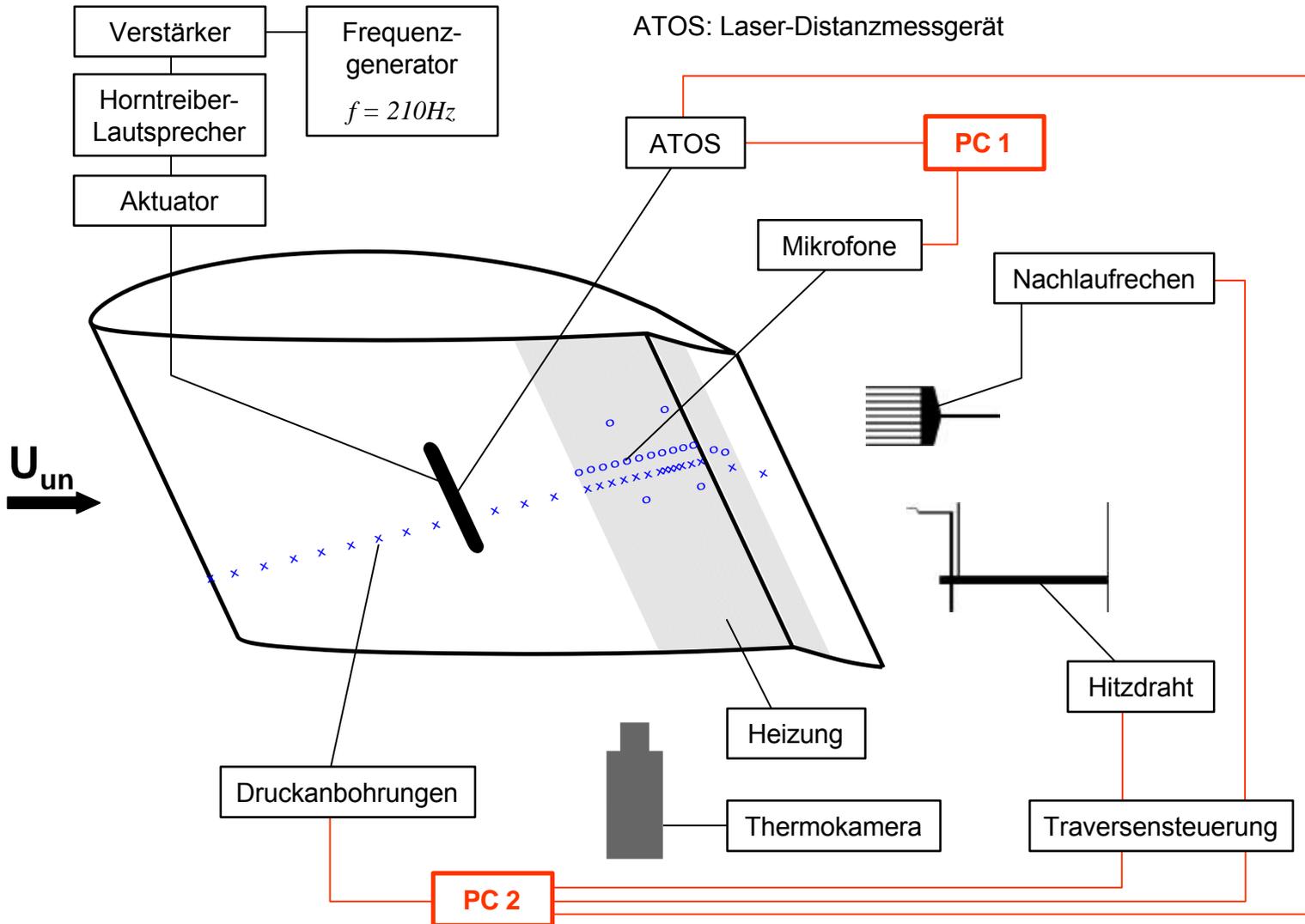
Profilunterseite, $Re=0.7e6$, $\beta=20^\circ$

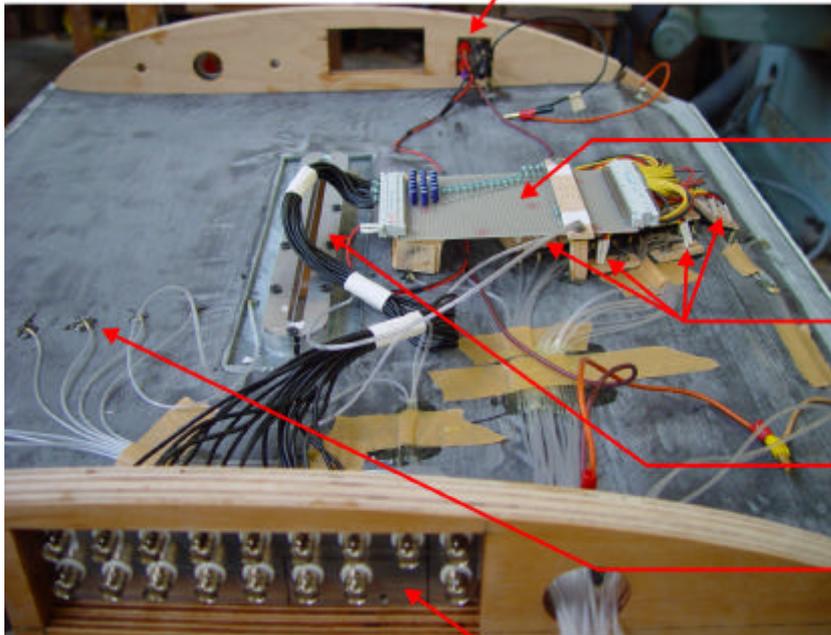


- ➔ Die am stärksten angefachte Frequenz beträgt 210Hz
- ➔ Instabilitätspunkt ($f = 210\text{Hz}$) bei $s/s_{max} = 46\%$

P Position und Frequenz des Aktuators







**Stromanschlüsse für
Heizung und Mikrofone**

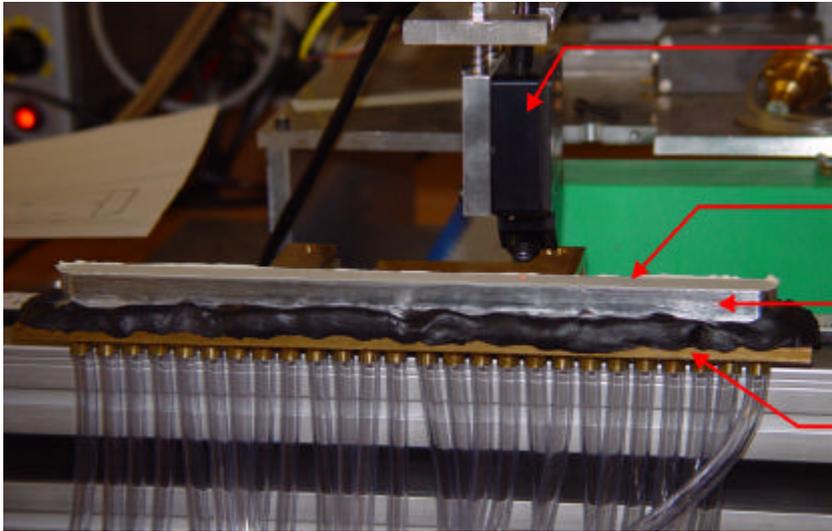
**Impedanzwandlerschaltung
für Mikrofone**

17 Mikrofone

**Halterung für
Membranaktuator**

Druckanbohrungen

Mikrofonanschlüsse

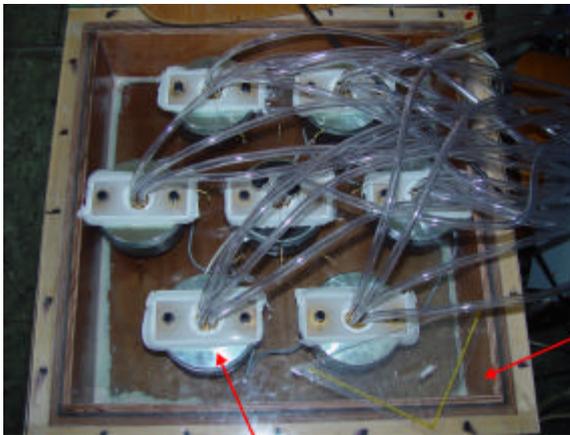


Laser zur Abtastung der Membranoberfläche

Latexmembran

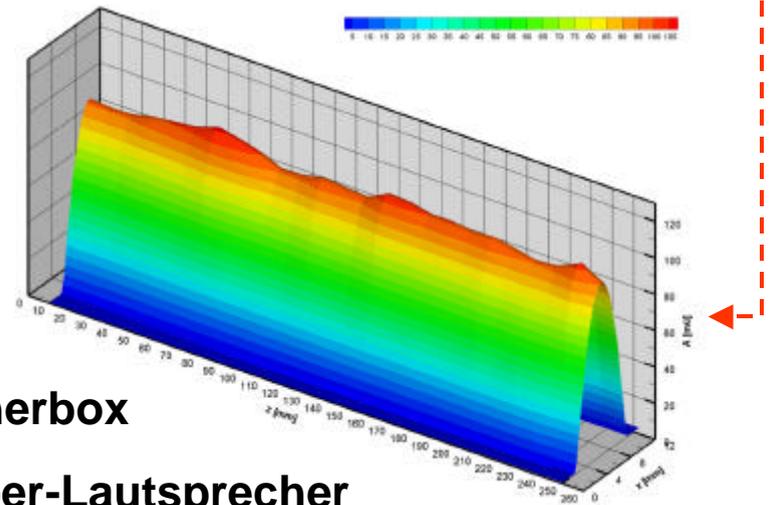
Membranwechselrahmen

Anschlussplatte (abnehmbar) mit 26 Schlauchanschlüssen

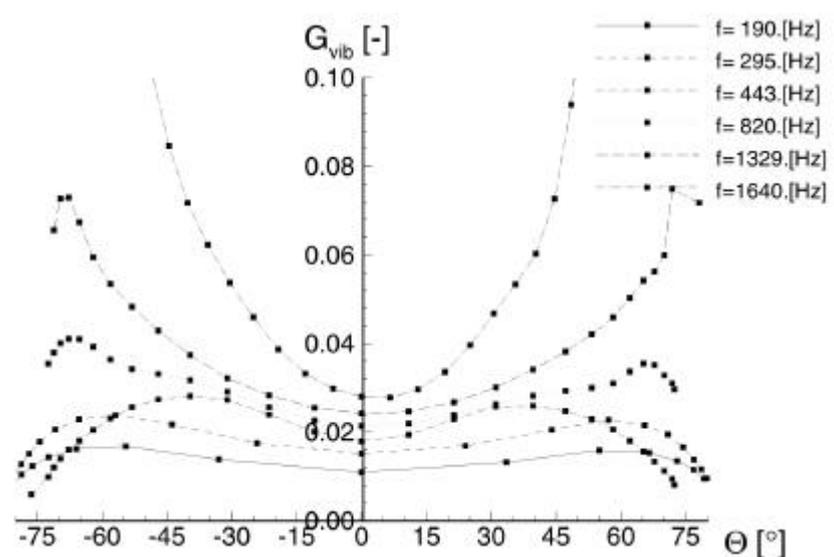
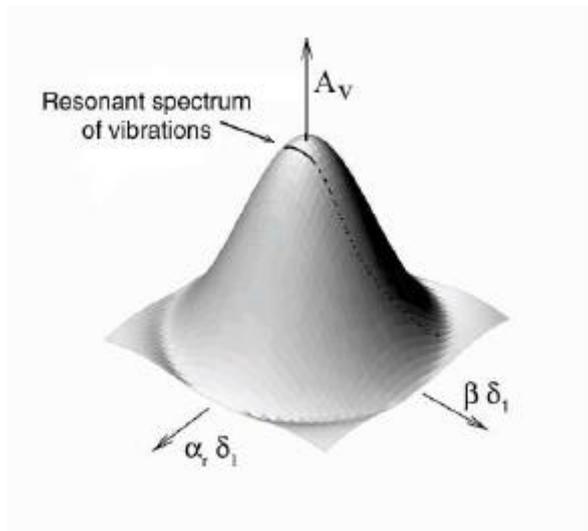


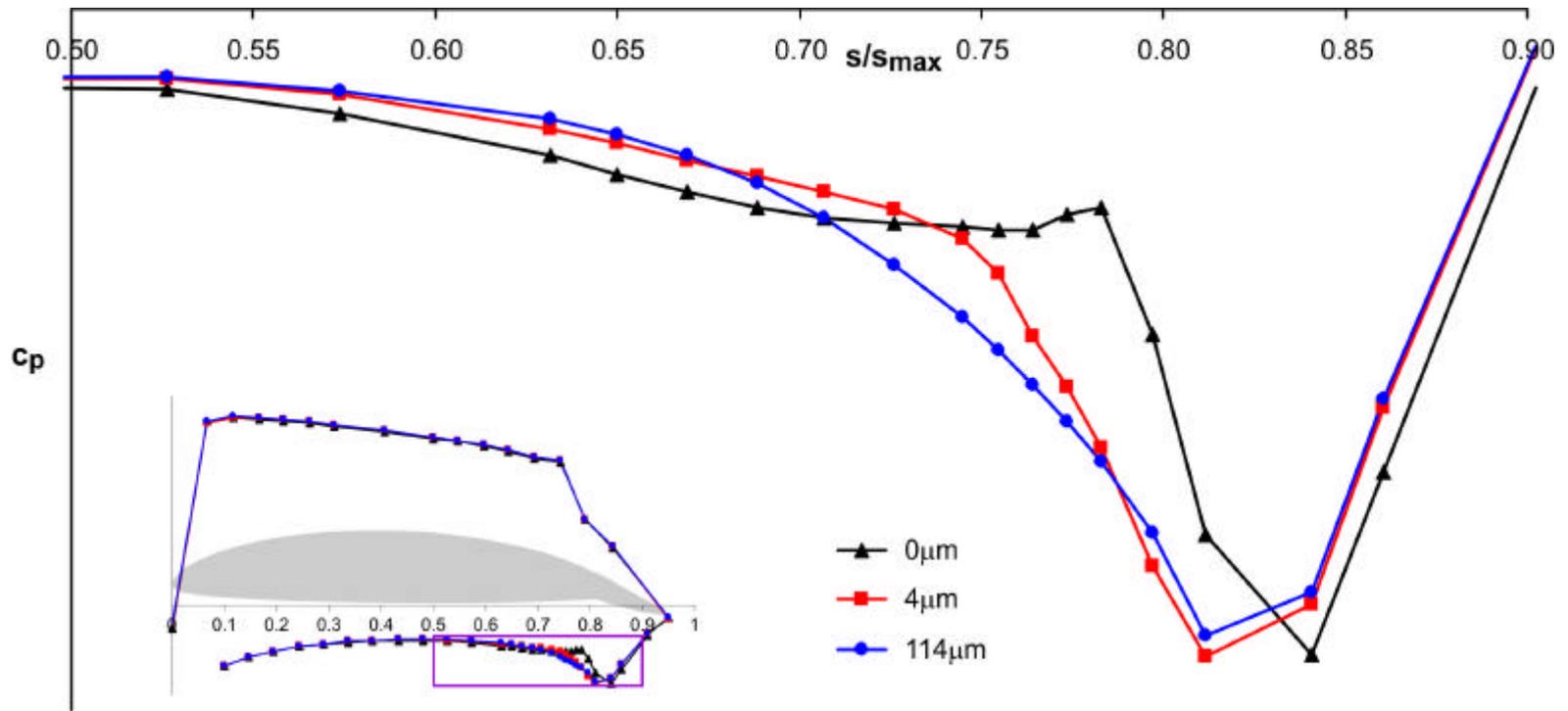
Luftdichte Lautsprecherbox

7 Horntreiber-Lautsprecher

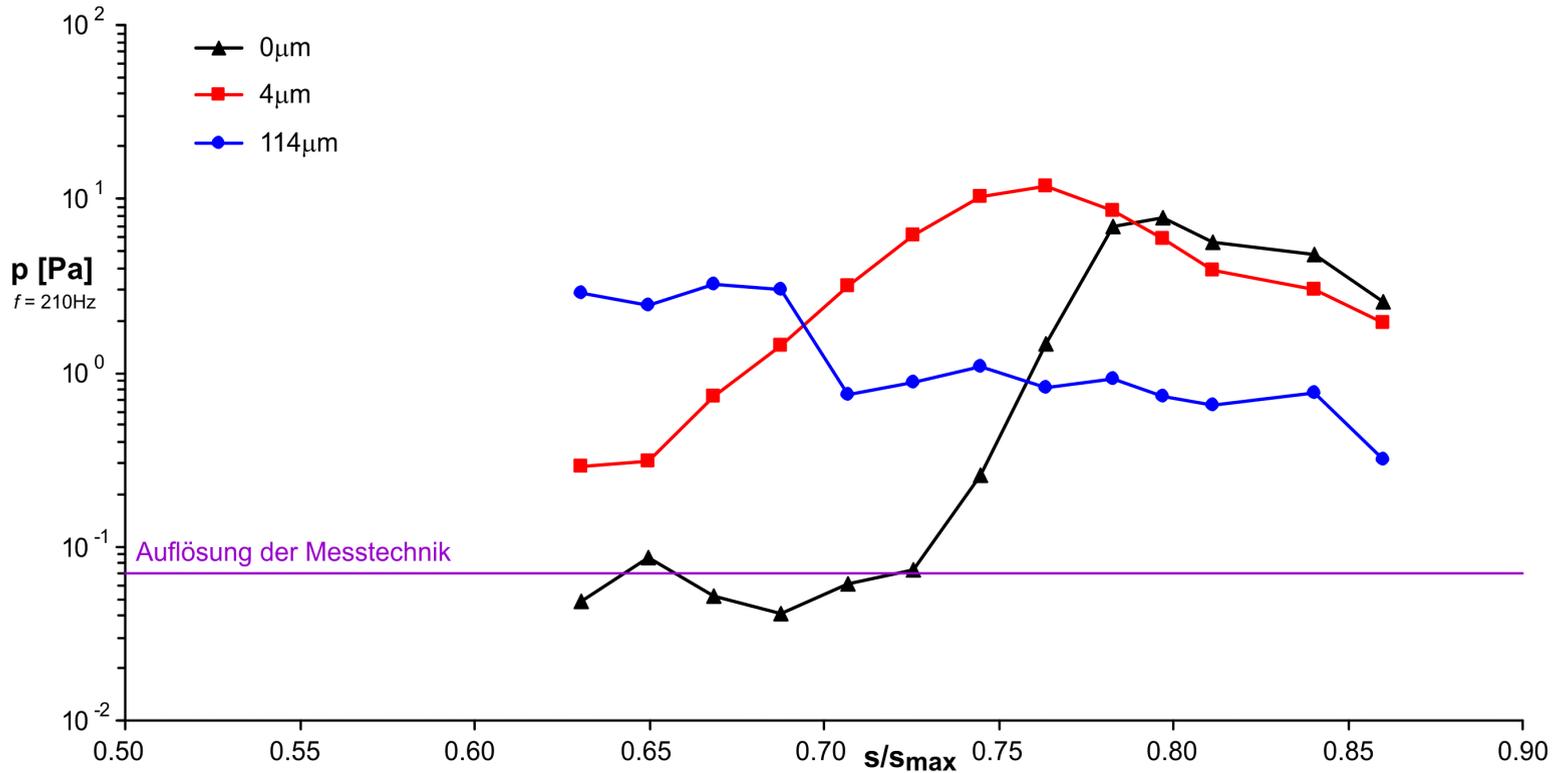


- Gaponenko et.al. (1996) Experimental study of 3D boundary-layer receptivity to surface vibrations. *Nonlinear Instability and Transition in Three-Dimensional Boundary Layers*
- Bake et.al. (1998) A method of experimental study of vibrational receptivity of a boundary layer on a curved wall. *9th International Conference on Methods of Aerophysical Research*
- Ivanov et.al. (1999) Receptivity of the Blasius boundary layer to surface vibrations. Comparison of theory and experiment. *9th Int. Conference on Methods of Aerophysical Research*
- Kachanov Y.S. (2000) *Three-dimensional receptivity of boundary layers to external perturbations. Laminar-Turbulent Transition. ed. H. Fasel & W.S. Saric*

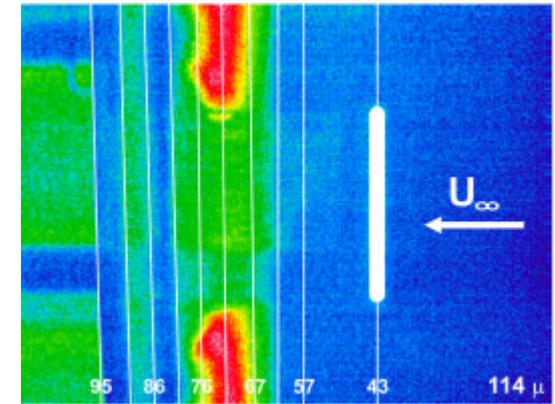
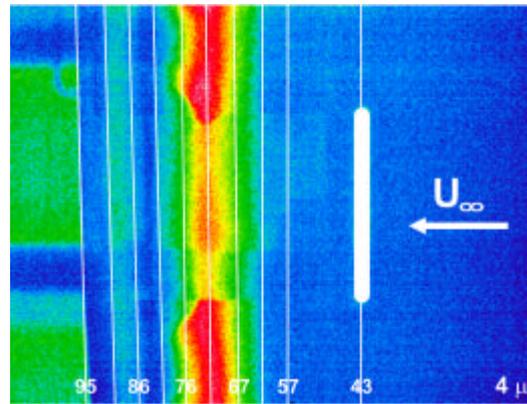
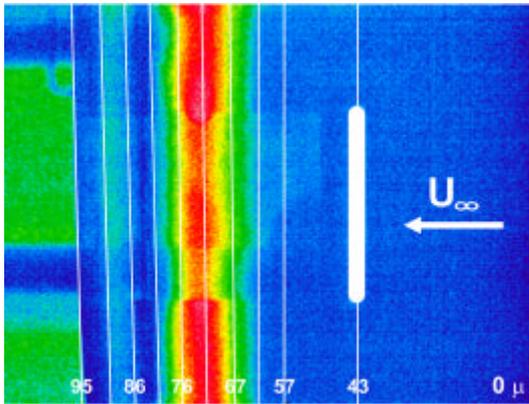




- Transition erfolgt ohne Störeinleitung bei 78%
- Transition erfolgt mit 4mm Störampplitude weiter stromauf
- Transition erfolgt am Aktuator bei 114mm Störampplitude

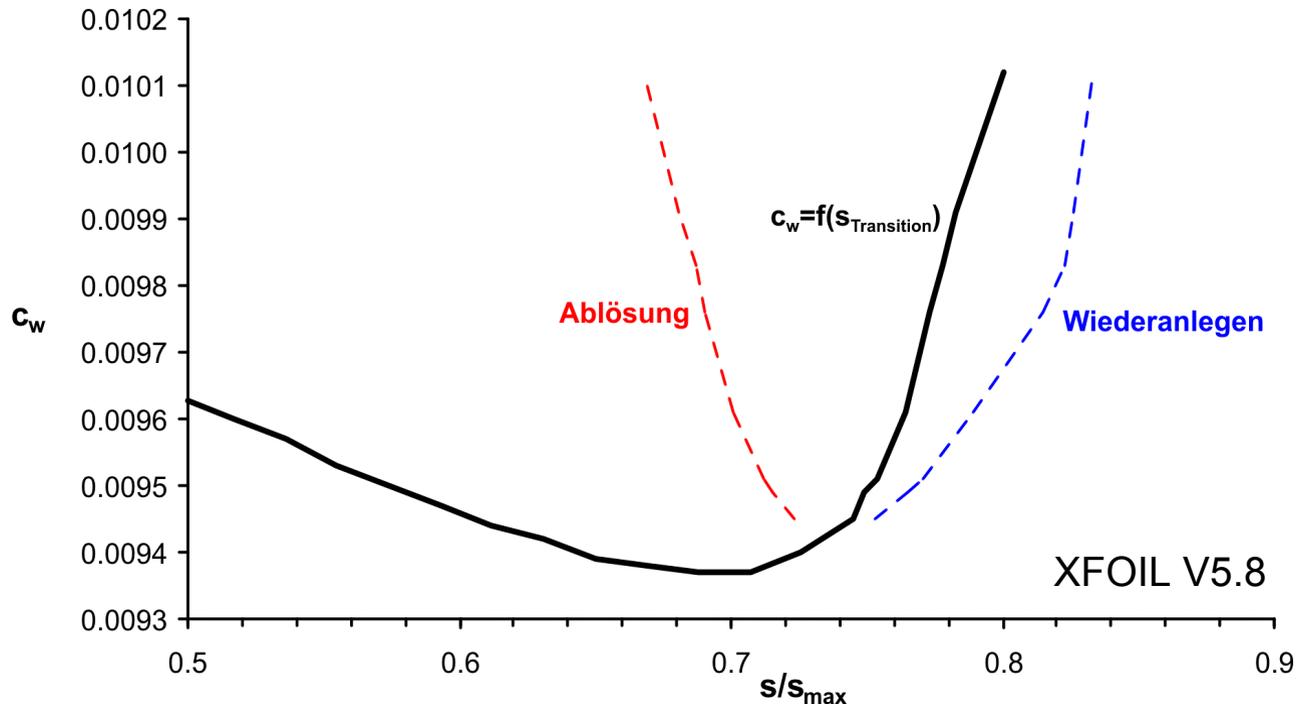


- **Sättigung bei 78% mit ausgeschaltetem Aktuator**
- **Sättigung bei 76% mit 4mm Störampplitude**
- **Vollturbulente Strömung bei 114mm Störampplitude**



- Ohne Anregung bildet sich eine Blase von $65\% < s/s_{\max} < 80\%$
- Mit 4mm Störampplitude wird die Blasengröße deutlich reduziert
- Bei 114mm Störampplitude wird die Blase völlig ausgelöscht

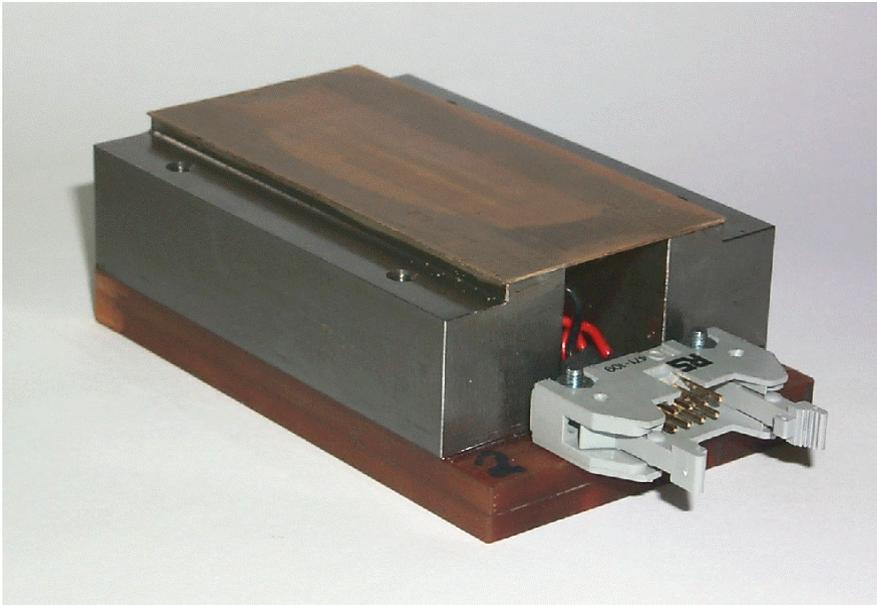
- Bei ausgeschaltetem Aktuator ergibt sich keine Veränderung der Blase



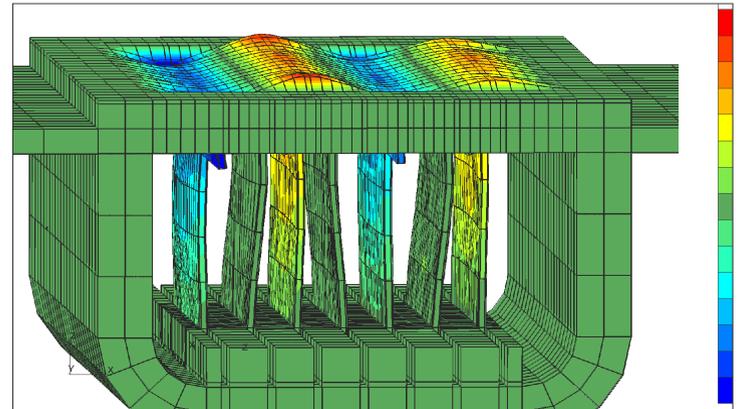
- ➔ **Minimum im Widerstand bei $s/s_{max} \gg 70\%$**
- ➔ **Minimum kann sich auch mit einer (kleinen) Ablöseblase einstellen**

- ➡ **Durch gezielte Störeinleitung lässt sich die Umschlagslage und die Blasengröße sehr genau einstellen**
- ➡ **Unter Ausnutzung der Stabilitätseigenschaften können die notwendigen Störampplituden klein gehalten werden**
- ➡ **Kein zusätzlicher Widerstand im ausgeschalteten Zustand**

- ➡ **Entwicklung eines Piezo-Aktuators**



IFB Institut für Flugzeugbau
Universität Stuttgart

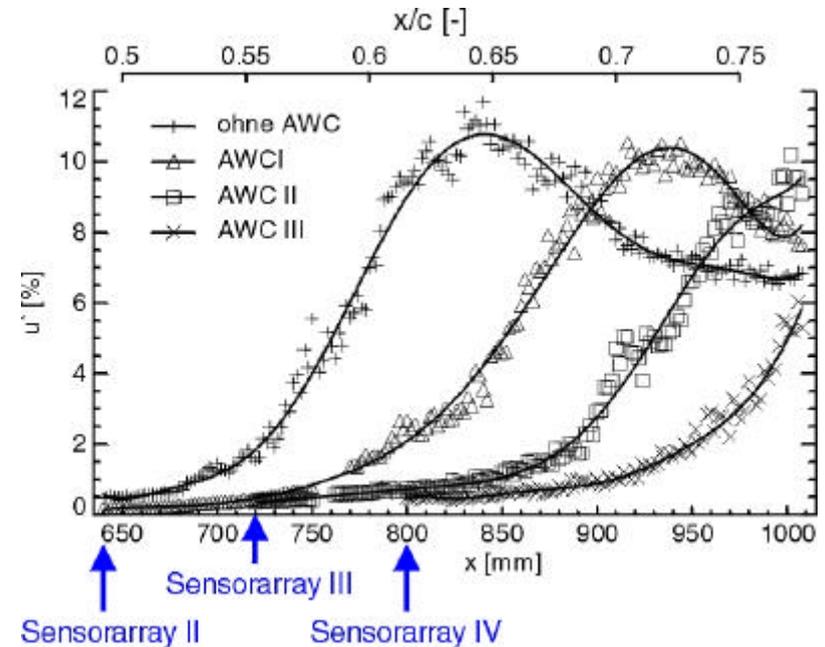
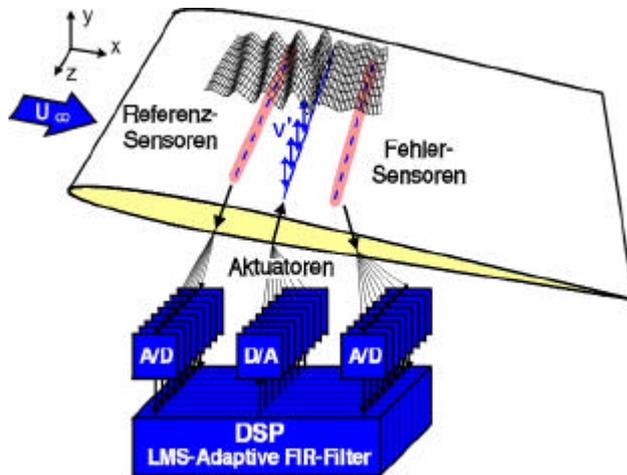


Quelle: Jörg Müller

- ➔ **Stehende und laufende Wellen**
- ➔ **Amplituden bis 10mm**
- ➔ **Betriebsfrequenz bei 1kHz**

- ➔ **Durch gezielte Störeinleitung lässt sich die Umschlagslage und die Blasengröße sehr genau einstellen**
- ➔ **Unter Ausnutzung der Stabilitätseigenschaften können die notwendigen Störampplituden klein gehalten werden**
- ➔ **Kein zusätzlicher Widerstand im ausgeschalteten Zustand**

- ➔ **Entwicklung eines Piezo-Aktuators**
- ➔ **Entwicklung eines Systems zur Regelung des Aktuators**



Quelle: Sturzebecher / Baumann

- Störungen werden mit Sensoren erfasst
- Auslöschung durch künstlich generierten Gegenwellen
- erheblicher Gewinn an laminarer Lauflänge

- **Durch gezielte Störeinleitung lässt sich die Umschlagslage und die Blasengröße sehr genau einstellen**
- **Unter Ausnutzung der Stabilitätseigenschaften können die notwendigen Störampplituden klein gehalten werden**
- **Kein zusätzlicher Widerstand im ausgeschalteten Zustand**

- **Entwicklung eines Piezo-Aktuators**
- **Entwicklung eines Systems zur Regelung des Aktuators**