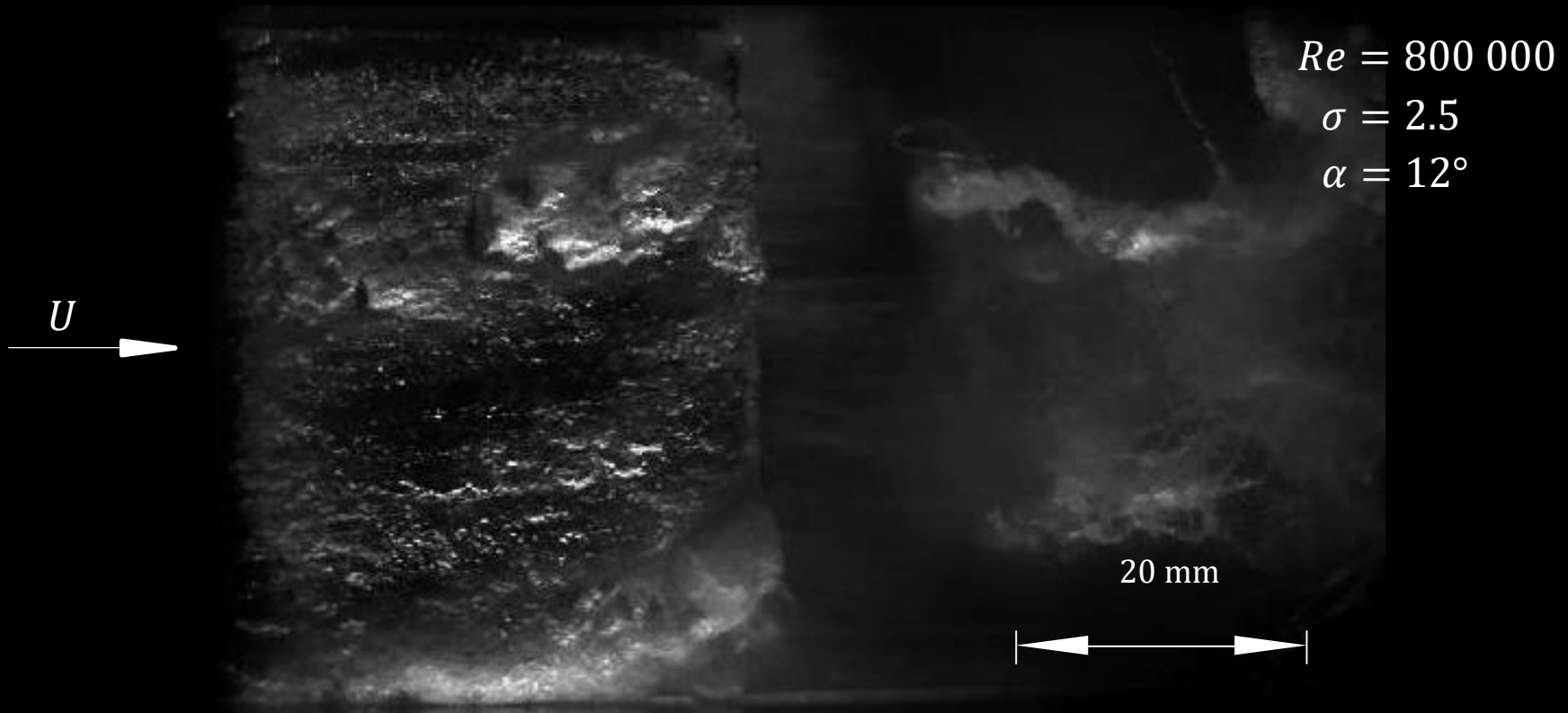


Charakteristische Skalen der Wolkendynamik



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

30.11.21 L. Kerres, G. J. Ludwig, P. F. Pelz



MASCHINENBAU
We engineer future

FLUIDSYSTEMTECHNIK
Prof. Dr.-Ing. Peter F. Pelz

Charakteristische Skalen



(i) makroskopische Betrachtung

(ii) mikroskopische Betrachtung

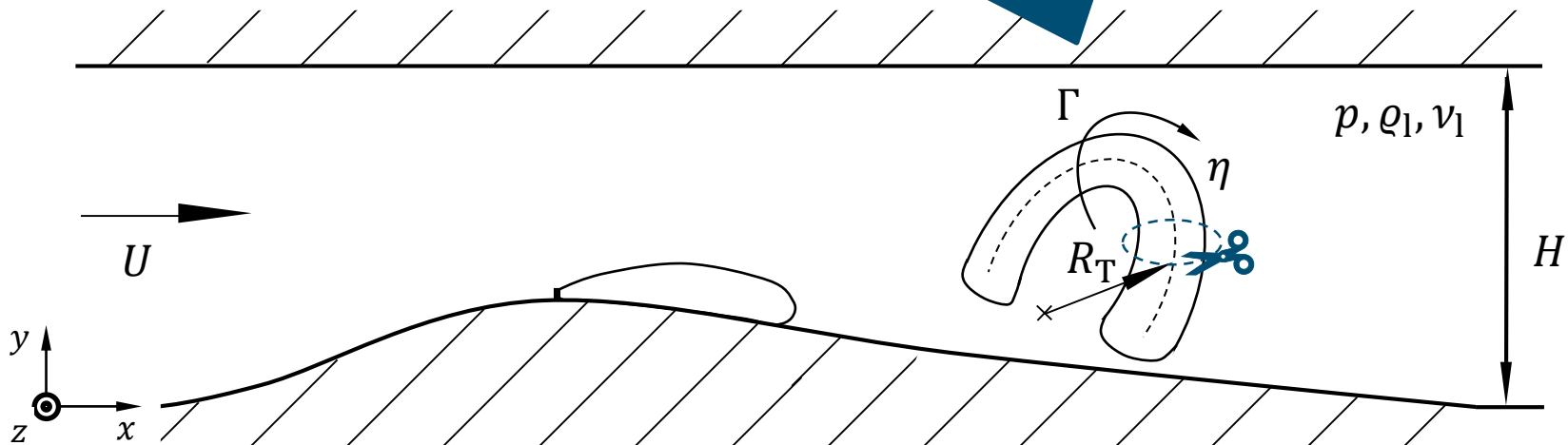
Längenskalen [L]

Zeitskalen [T]

Dynamikskalen [$\propto F$]

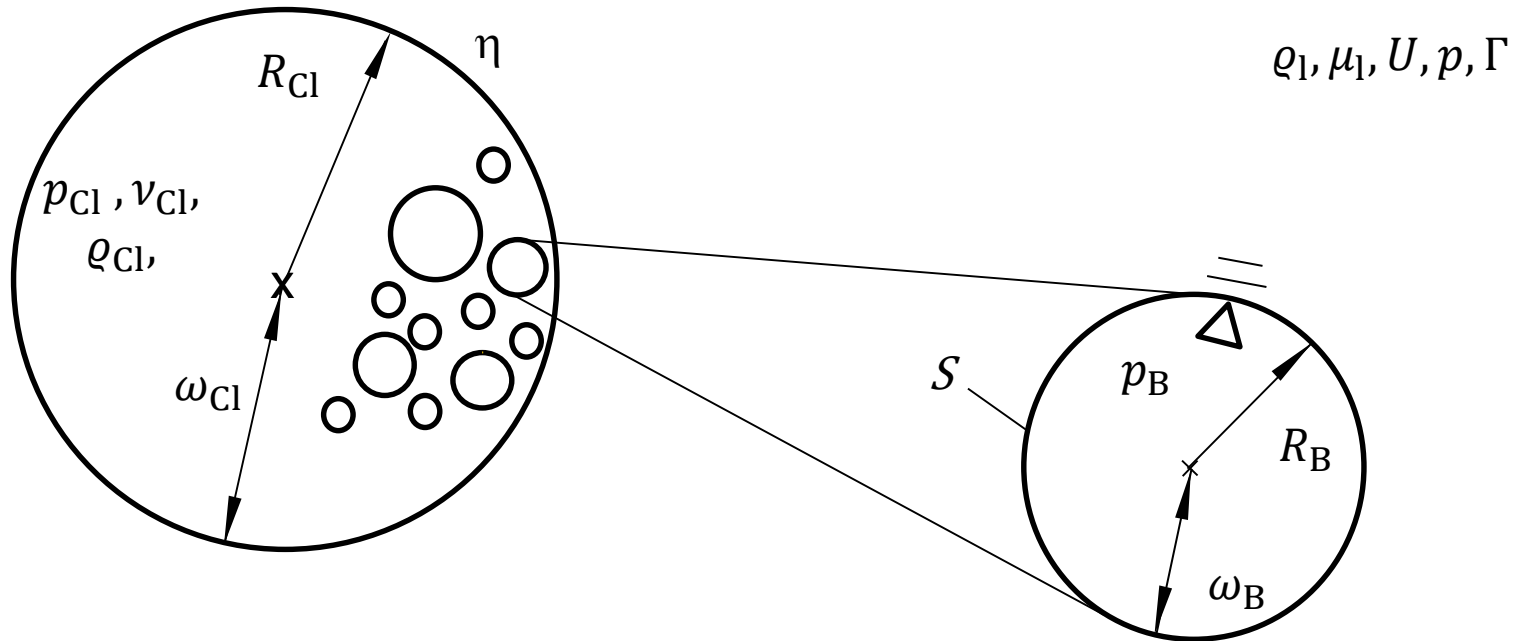
Makroskopische Betrachtung

Wie sieht es im Inneren
der Wolke aus?



LÄNGENSKALEN	$R_T, R_{Cl}, \frac{R_{Cl}^4}{\eta}, \dots$
ZEITSKALEN	$\frac{R_T}{U}, \frac{R_T^2}{\Gamma}, \frac{R_T^2 \rho_1}{\nu_1}, \dots$
DYNAMIKSKALEN	$\rho_1 \Gamma^2, \frac{U^2 H^2}{\rho_1}, \rho_1 \nu_1^2, p R_T^2, \dots$

Mikroskopische Betrachtung



LÄNGENSKALEN

$$R_{C1}, R_B, \frac{R_{C1}^4}{\eta}, \dots$$

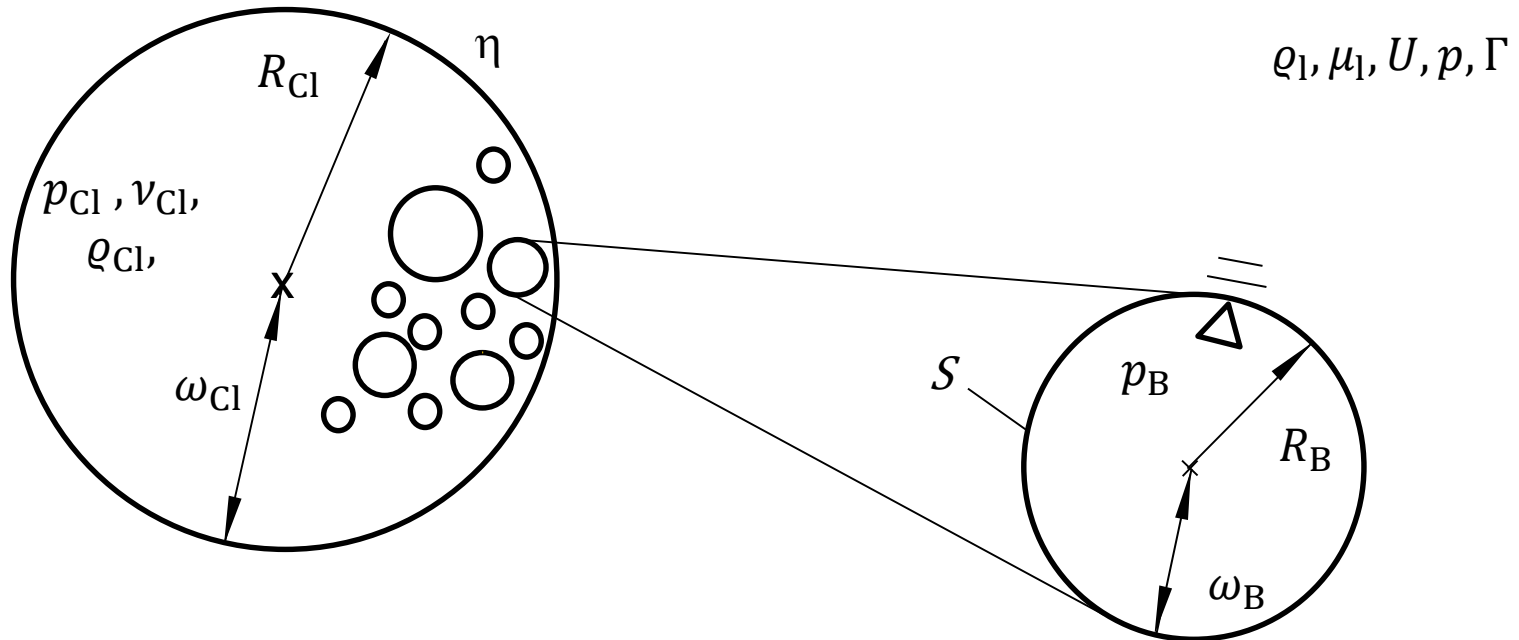
ZEITSKALEN

$$\frac{R_{C1}}{U}, \frac{R_B}{U \omega_B}, \frac{1}{\omega_{C1}}, \frac{1}{\Gamma}, \frac{R_{C1}^2}{\nu_{C1}}, \frac{R_B^2 \rho_{C1}}{\nu_{C1}}, \sqrt{\frac{\rho_{C1} R_{C1}}{S}}, \dots$$

DYNAMIKSKALEN

$$S R_B, \rho_1 \nu_1^2, p_B R_B^2, \dots$$

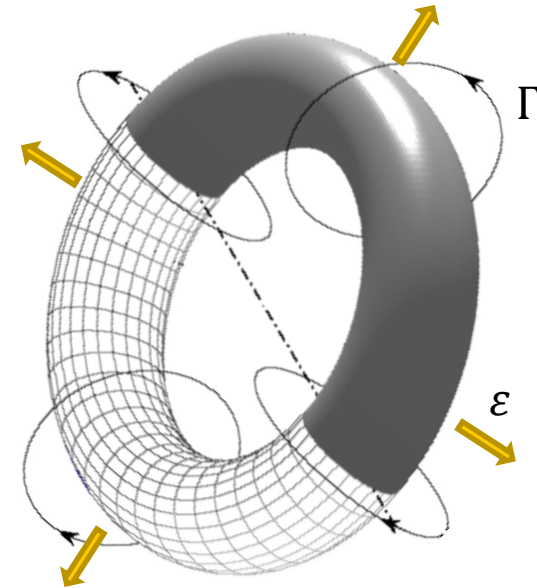
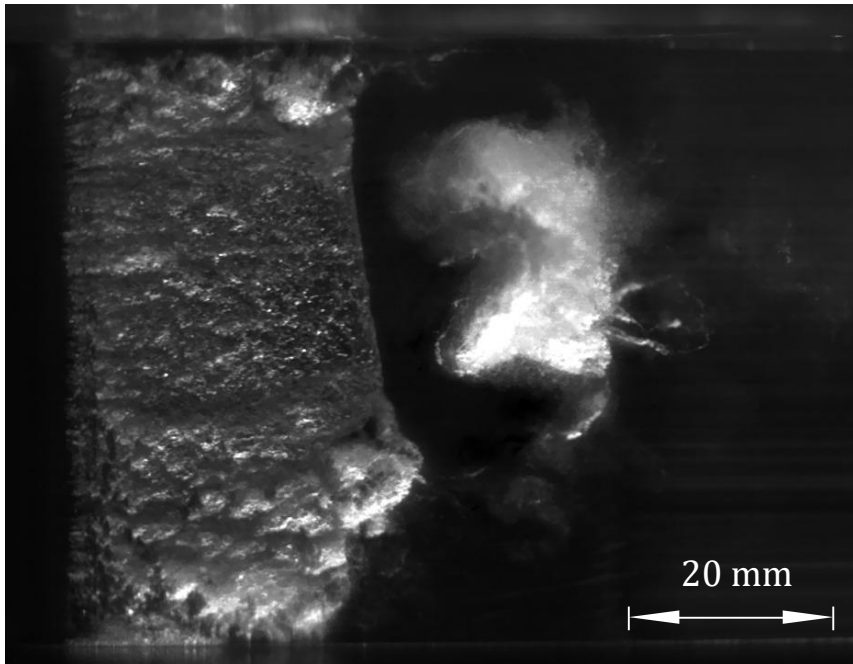
Mikroskopische Betrachtung



Aus diesen **charakteristischen Skalen** lassen sich **dimensionslose Kennzahlen** und **Parameter** bestimmen.

Reynoldszahl Re , Weberzahl We , Kavitationszahl σ , dimensionslose Einflussparameter $\beta_0, \beta_E, \alpha_0 \dots$

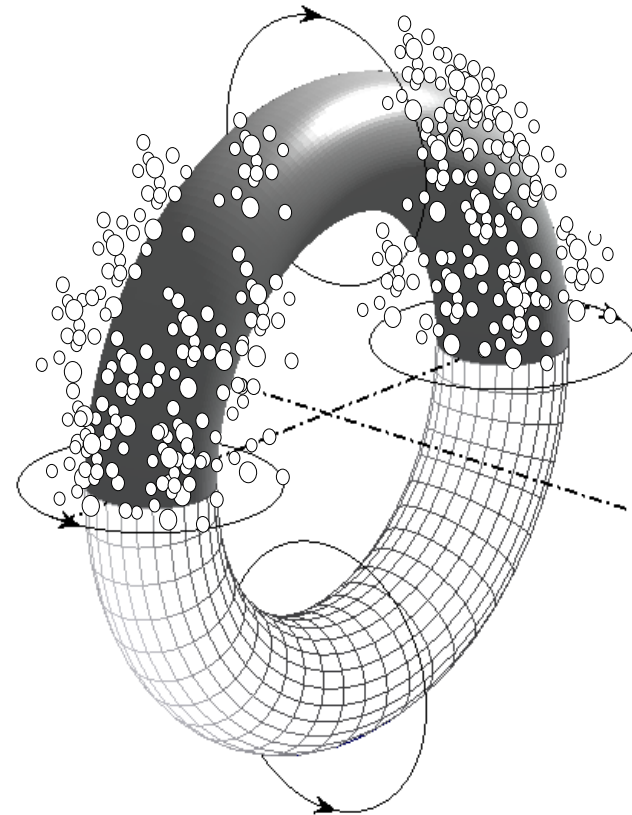
Modell – Kavitationswolke



- analytisches, 1D-Modell zur Beschreibung der Wolkendynamik unter Berücksichtigung der Blasendynamik
- Prüfstand zur Validierung der am FST entwickelten Modelle

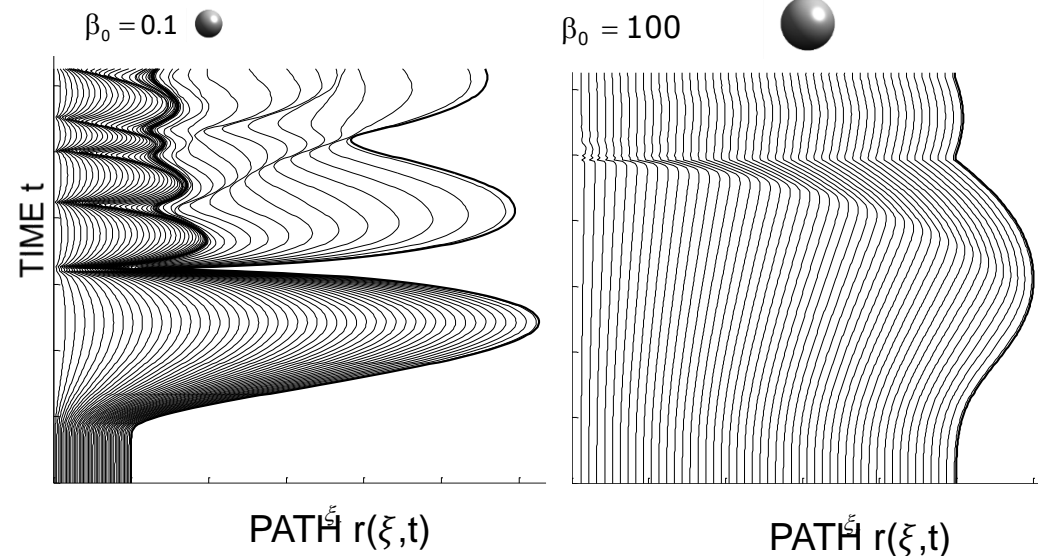
Modell – Kavitationswolke

- dimensionslose Einflussparameter Wolkendynamik
 - Dampfgehalt α_0
 - Interaktionsparameter β_0
 - Anregungsparameter β_E
 - Dehnungsparameter β_ε
 - Zirkulation Γ/Γ_{krit}



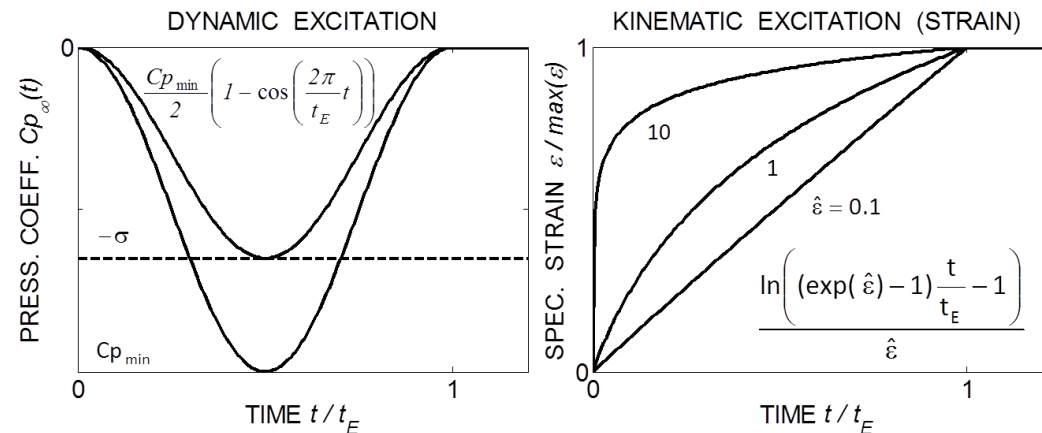
Modell – Kavitationswolke

- dimensionslose Einflussparameter Wolkendynamik
 - Dampfgehalt α_0
 - Interaktionsparameter β_0
 - Anregungsparameter β_E
 - Dehnungsparameter β_ε
 - Zirkulation Γ/Γ_{krit}



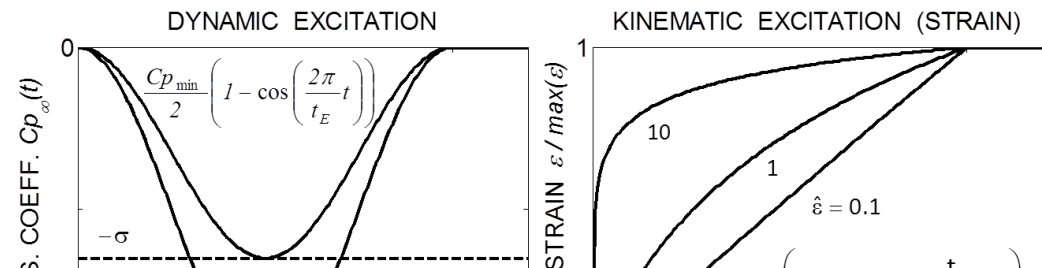
Modell – Kavitationswolke

- dimensionslose Einflussparameter Wolkendynamik
 - Dampfgehalt α_0
 - Interaktionsparameter β_0
 - Anregungsparameter β_E
 - Dehnungsparameter β_ε
 - Zirkulation Γ/Γ_{krit}



Modell – Kavitationswolke

- dimensionslose Einflussparameter Wolkendynamik
 - Dampfgehalt α_0
 - Interaktionsparameter β_0
 - Anregungsparameter β_E
 - Dehnungsparameter β_ε



Definition der **Anforderungen** und Entwicklung eines **generischen Prüfstandes** anhand **charakteristischen Skalen** zur Untersuchung der **Wolkendynamik**

Konzeptionierung eines Prüfstandes



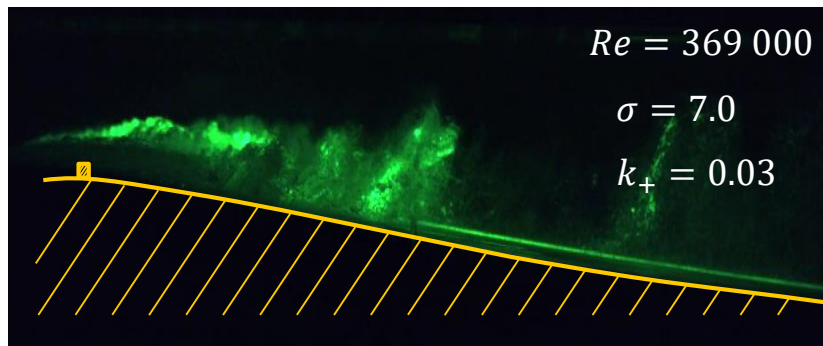
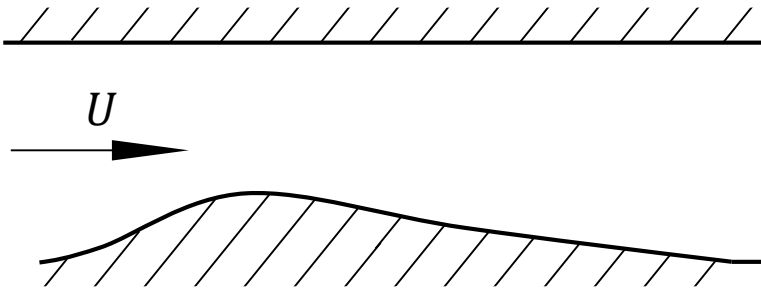
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

(i) WOLKENERZEUGUNG

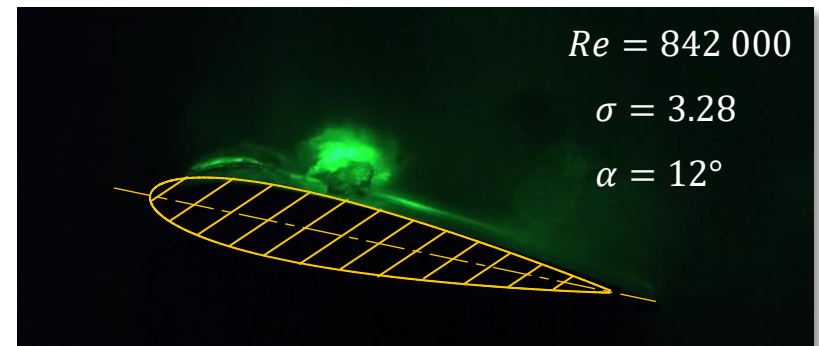
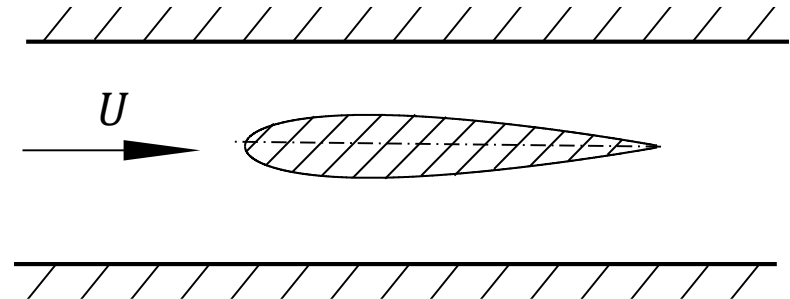
(ii) WOLKENVERMESSUNG

Kavitationsforschung am FST

DÜSENKONTUR

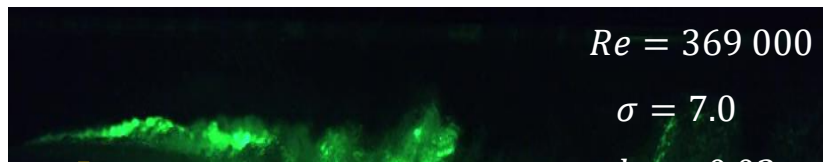
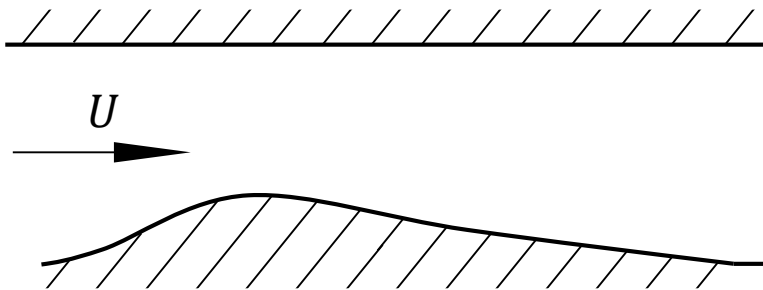


UMSTRÖMTER KÖRPER

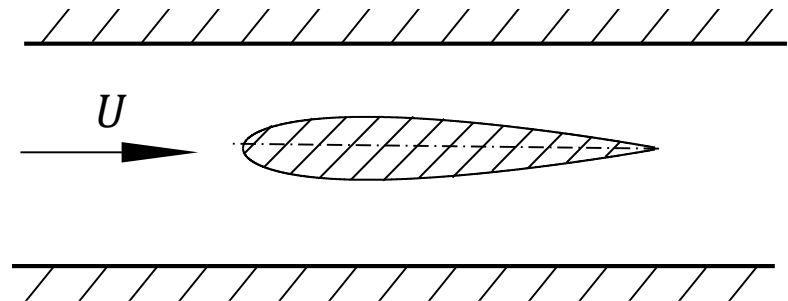


Kavitationsforschung am FST

DÜSENKONTUR



UMSTRÖMTER KÖRPER



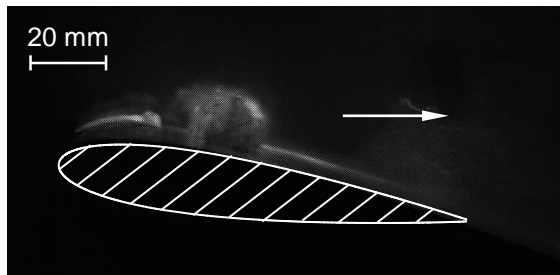
Wie kann **Wolkenkavitation** gezielt erzeugt werden, um die **Dynamik** dieser untersuchen zu können?

Wolkenerzeugung

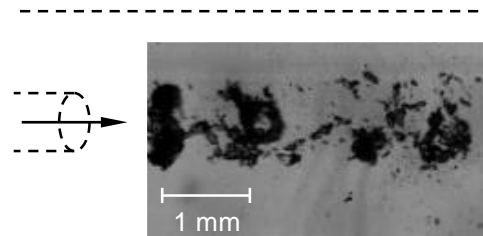
KOMPLEXE WOLKE

GENERISCHER TORUS

Profil oder konv.-
div. Düse

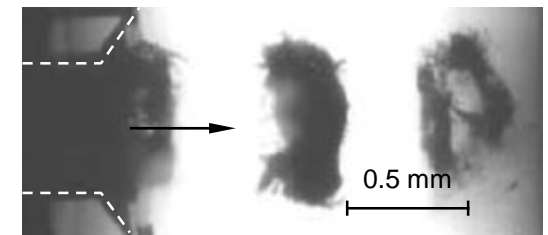


hydr.-akust.
Kavitation



[Bai et al, 2014, 2]

cavitating
jet



[DynaFlow, Inc., 2018, 3]

Konzeptionierung eines Prüfstandes



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

(i) WOLKENERZEUGUNG

(ii) WOLKENVERMESSUNG

Wolkenvermessung

- Strukturlebensdauer ~Sekunden
- Blasenlebensdauer ~Millisekunden
- Kollaps ~Mikrosekunden

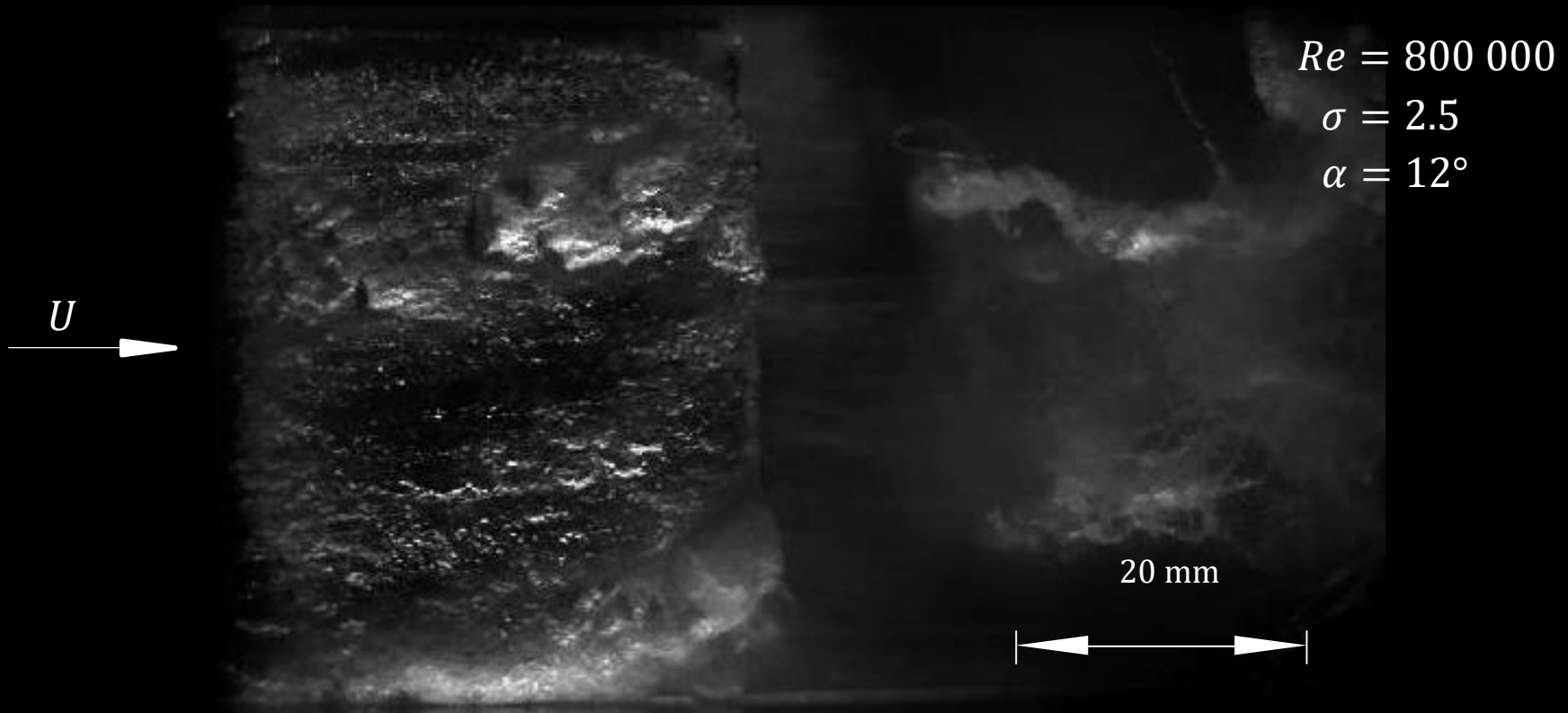
Herausforderung ist die **Vermessung** der **Wolkenkavitation**, da hier charakteristische Zeiten über mehrere **Größenordnungen** hinweg relevant sind.

Charakteristische Skalen der Wolkendynamik



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

30.11.21 L. Kerres, G. J. Ludwig, P. F. Pelz



MASCHINENBAU
We engineer future

FLUIDSYSTEMTECHNIK
Prof. Dr.-Ing. Peter F. Pelz