



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ

Fakultät für Maschinenbau

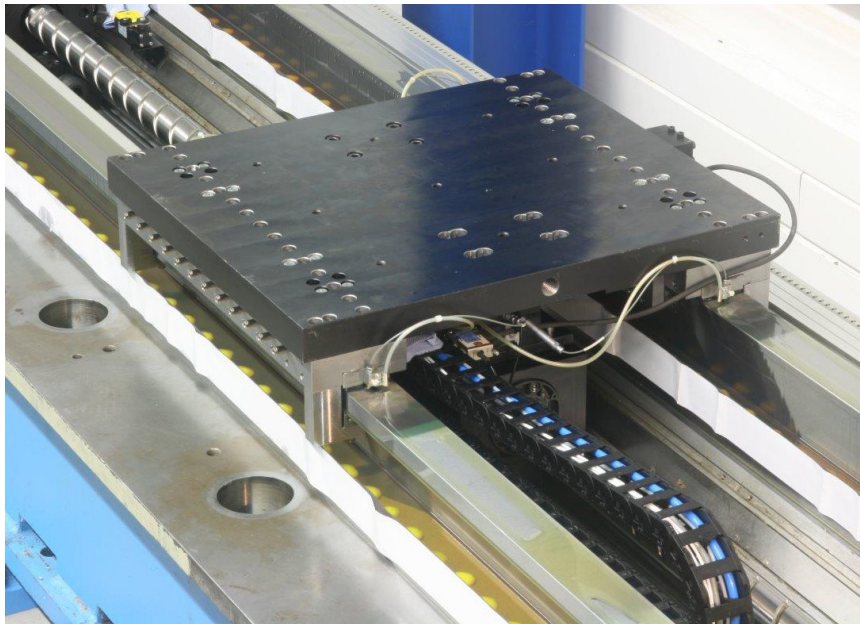
Institut für Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse

Professur Werkzeugmaschinen und Umformtechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr.-Ing. E. h. mult. Dr. h. c. mult. Reimund Neugebauer

Prof. Dr.-Ing. Matthias Putz

Untersuchung der Flüssigkeitsreibung der hydrodynamischen Linearführung bei hohen Geschwindigkeiten bis 100m/min



M.Sc. Yingying Zhang

Institut für Werkzeugmaschinen und
Produktionsprozesse

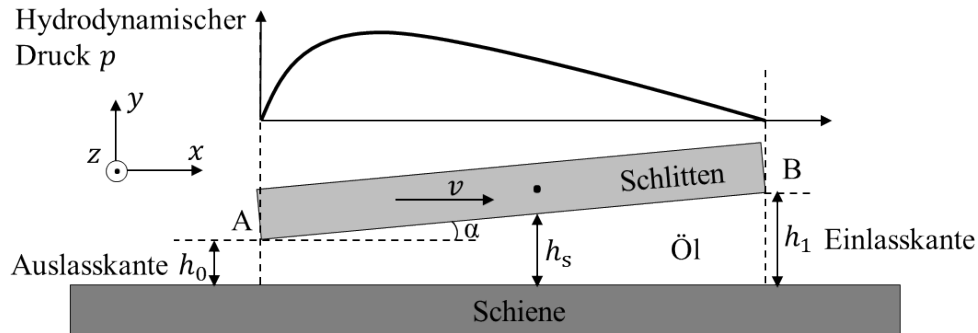
TU Chemnitz

yingying.zhang@mb.tu-chemnitz.de

+49 (0)371 531-31026

- **Motivation**
- **Aufbau des dynamischen Modells**
- **Anpassung des Modells**
- **Vergleich zwischen Experiment und Simulation**
- **Ausblick**

➤ Grundlage der Technik



Hydrodynamischer Druck p

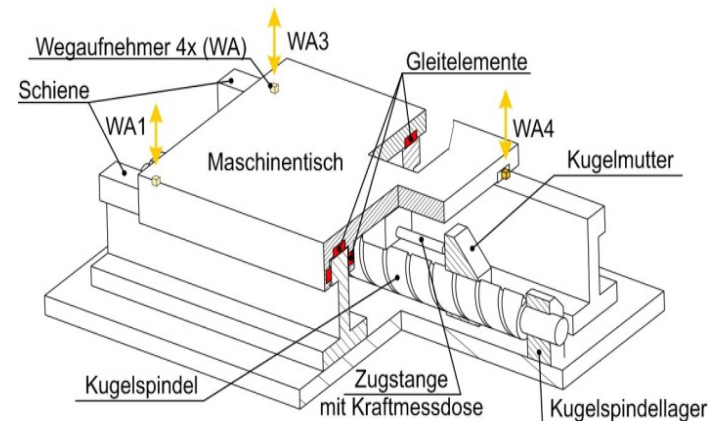
- Aufschwimmhöhe h_s
- Aufschwimmwinkel α
- Geschwindigkeit v
- Schmieröl
- Kontaktoberfläche

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{y^3(x, z)}{\eta} \frac{\partial p}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{y^3(x, z)}{\eta} \frac{\partial p}{\partial z} \right] = 6v \frac{\partial y(x, z)}{\partial x} + 12 \frac{\partial y(x, z)}{\partial t}$$

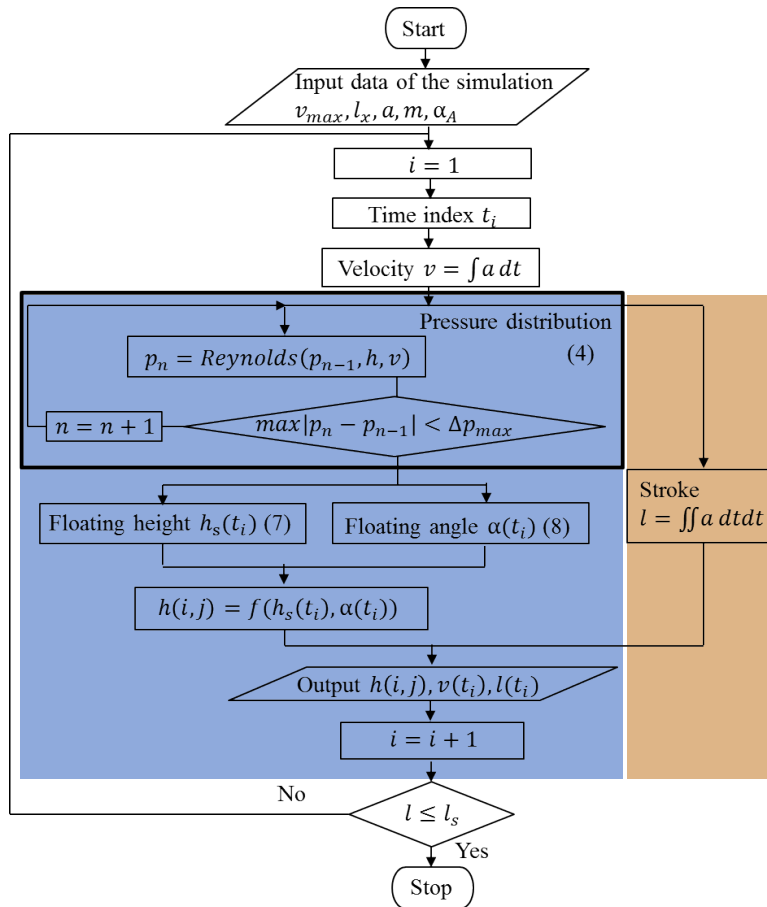
➤ Ziele des Projektes

- Reduzierung der Flüssigkeitsreibung
- Reduzierung der Kippung
- Optimierung der Gestaltung der Führungsfläche

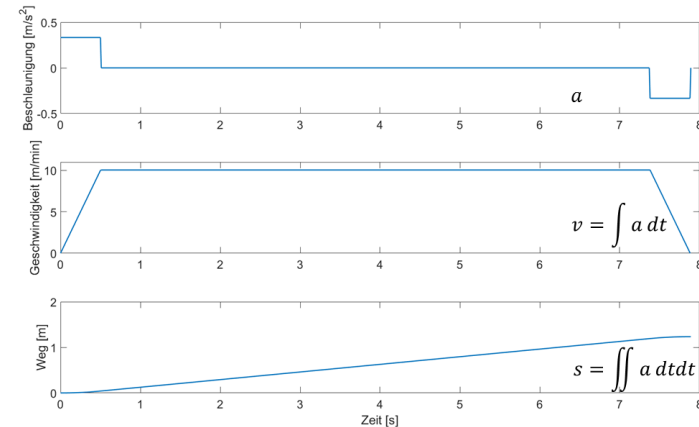
➤ Messsystem des Versuchstandes



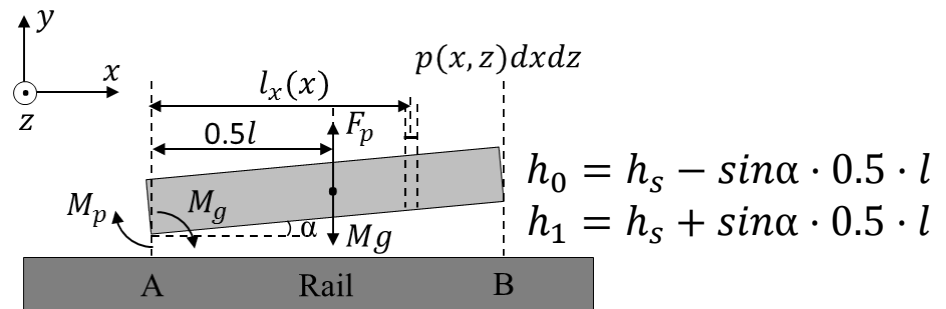
➤ Flussdiagramm



Verlauf der Beschleunigung, Geschwindigkeit und des Hubs des Wags



Newtonsches Gesetz: Aufschwimmhöhe h_s Drehimpulssatz: Aufschwimmwinkel α

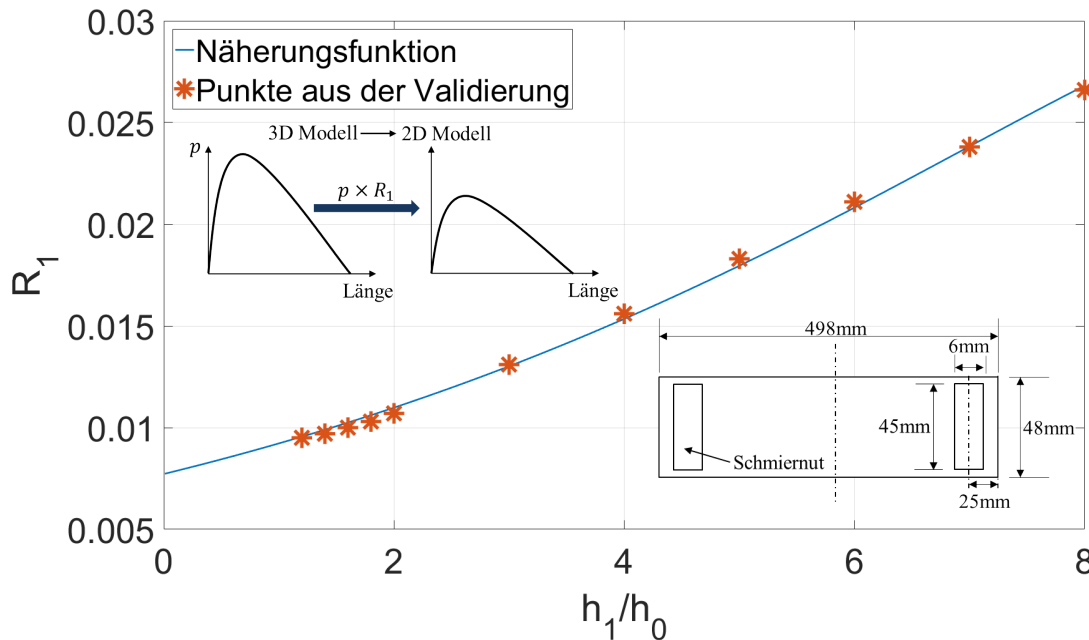
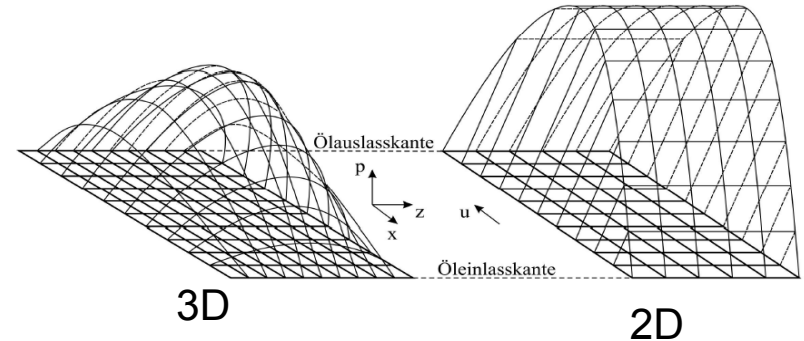


➤ Berechnung der Druckverteilung (R1)

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{y^3(x, z)}{\eta} \frac{\partial p}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{y^3(x, z)}{\eta} \frac{\partial p}{\partial z} \right] = 6v \frac{\partial y(x, z)}{\partial x} + 12 \frac{\partial y(x, z)}{\partial t}$$

Vereinfachung

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{y^3(x)}{\eta} \frac{\partial p}{\partial x} \right] = 6v \frac{\partial y(x)}{\partial x} + 12 \frac{\partial y(x)}{\partial t}$$



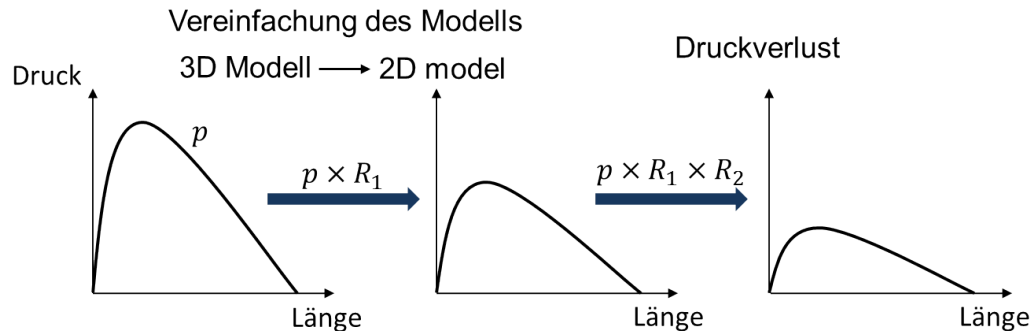
$$R_1 \left(\frac{h_1}{h_0} \right) = A * e^{B * \frac{h_1}{h_0}} + C * e^{D * \frac{h_1}{h_0}}$$

- Geometrie der Kontaktfläche
- Keilverhältnis

➤ Berechnung der Druckverteilung (R2)

Randbedingungen der Reynolds'schen Differentialgleichung

- Haftbedingung
- Glatte Oberfläche
- Newtonsche Flüssigkeit
- Laminare Strömung



Idee basiert auf

- Druckverlust im Rohrsystem
- Grenzschichttheorie
- Hydrodynamisches Gleitlager

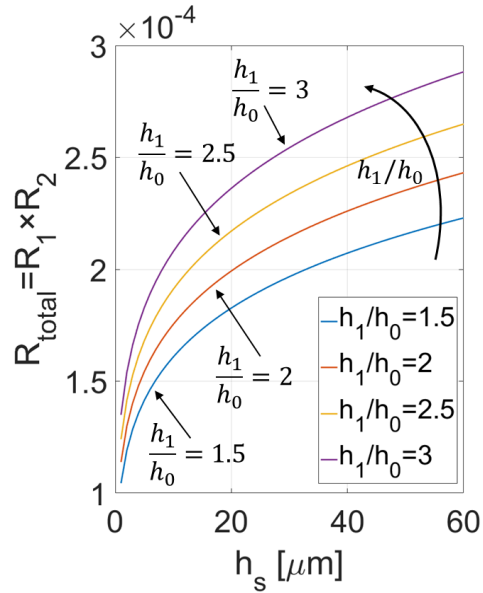


$$R_2 \left(\frac{h_1}{h_0} \right) = \ln \left(\left(\frac{h_s}{\delta_m(\text{Re}, l)} \right)^{0.25} + 1 \right) \cdot \frac{b}{l}$$

Abhängig von

- Grenzschichtdicke
- Reynolds-Zahl
- Geometrie der Kontaktoberfläche

➤ Reduktionsfaktoren bei 10m/min ($R_1 \times R_2$)

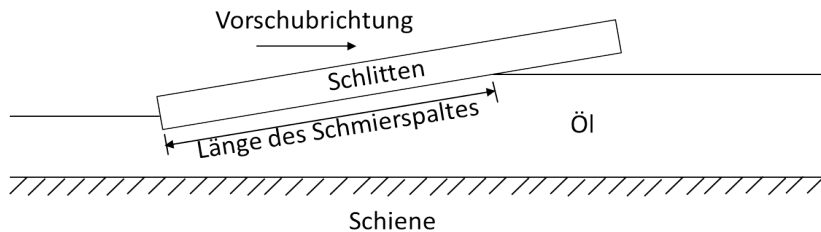


Wert der Reduktionsfaktoren verändert sich mit

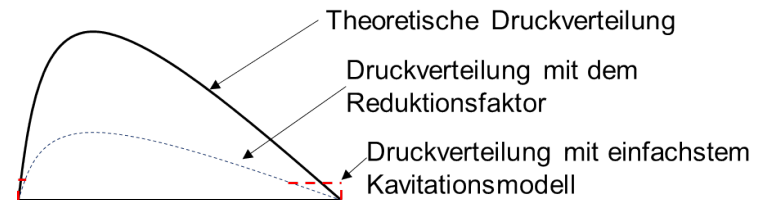
- Aufschwimmhöhe
- Aufschwimmwinkel
- Geschwindigkeit

➤ Andere Ansätze

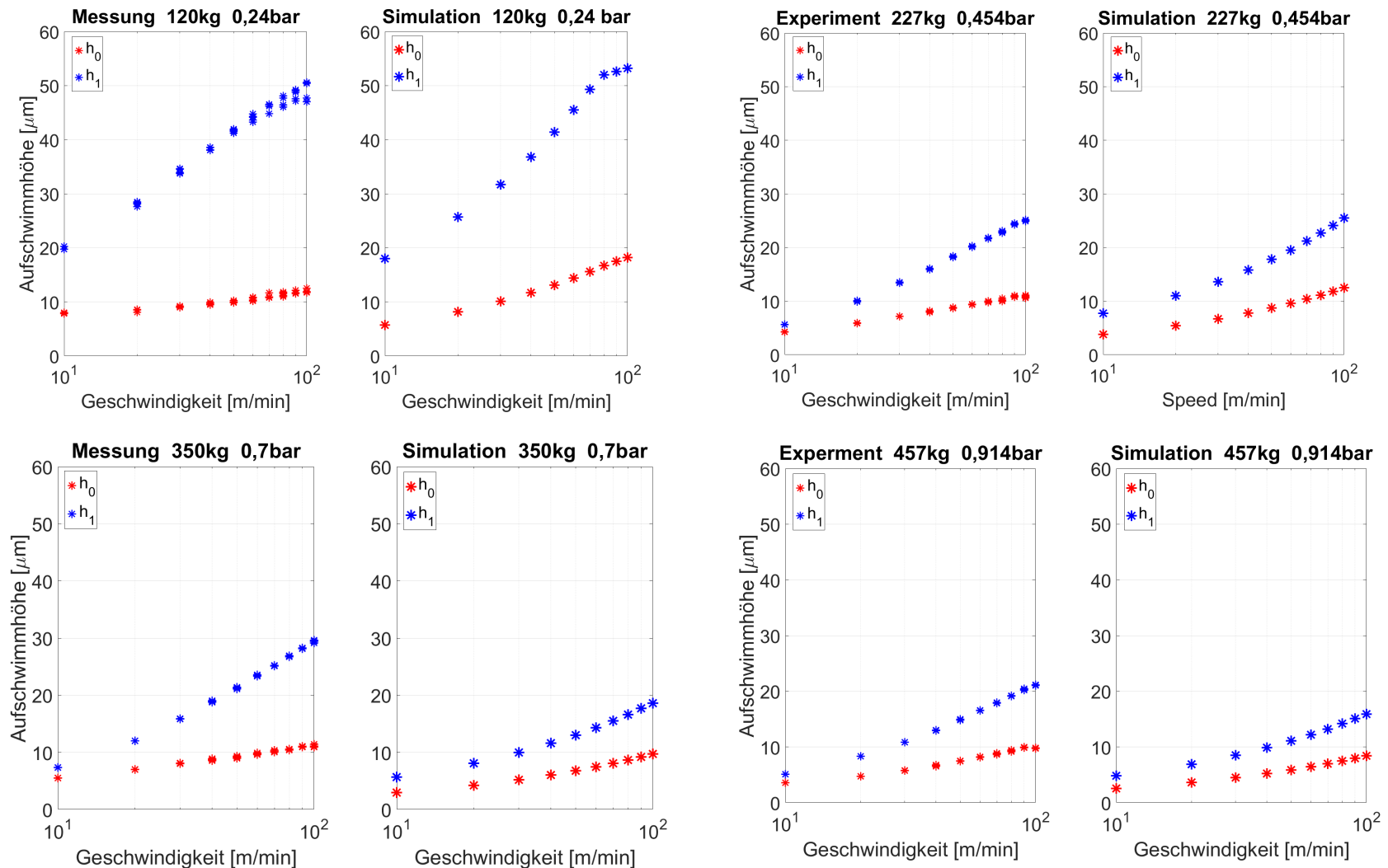
- Zwischenschicht



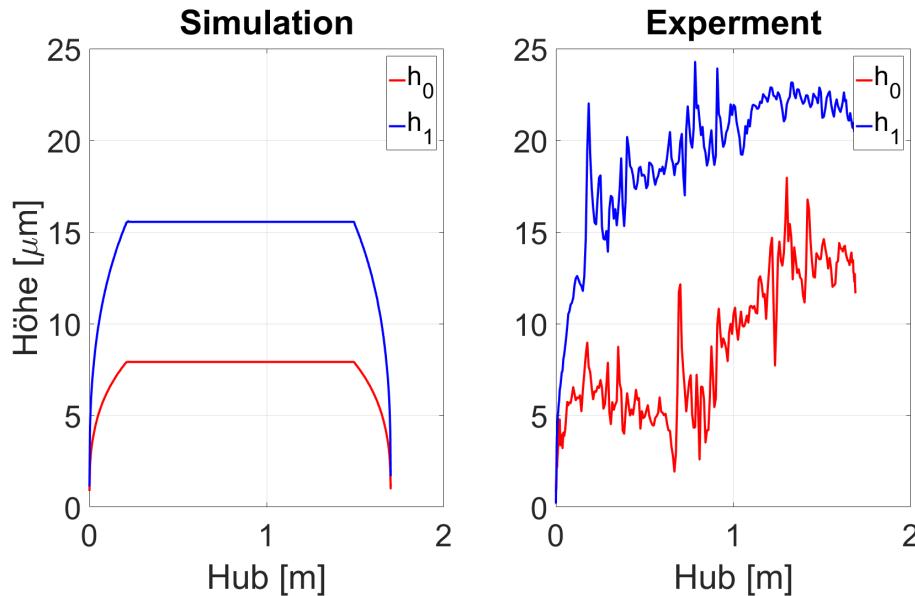
- Kavitation



➤ Validierung des Modells (Durchschnittliches Aufschwimmverhalten)



➤ Aufschwimmverhalten in der Abhängigkeit von dem Hub (50m/min, 0.24bar)



Begrenzungen des Modells:

- Erreichen des stabilen Zustandes bei der konstanten Geschwindigkeit
- Beschreiben nur des durchschnittlichen Aufschwimmverhaltens

➤ Verbesserung des Modells

■ Schmierverfahren

Pumpen des Öls durch die Schmiernuten ➡ Durchführung der Doppelhübe



Anfangen der Messung ← Aufbau einer Ölschicht auf der Schiene

➤ Massenerhaltungsansatz

 Beschränktes einfließende Volumen des Öls im bestimmten Zeitraum

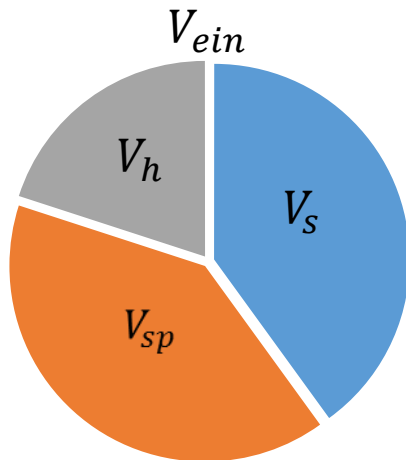


$$V_{ein} = \int v b h_{\text{Öl}} dt$$

Ölhöhe auf der Schiene in der Abhängigkeit von

- Geschwindigkeit des Hubs
- Gewicht des Schlittens
- Viskosität des Öls

■ Verteilung des Öls



- Verlust durch die Seitenkante

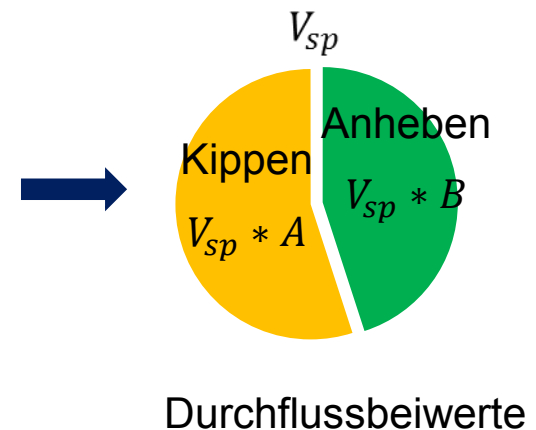
$$V_s = V_{ein} \cdot \frac{h_1 - h_0}{h_1}$$

- Verlust durch die hintere Kante

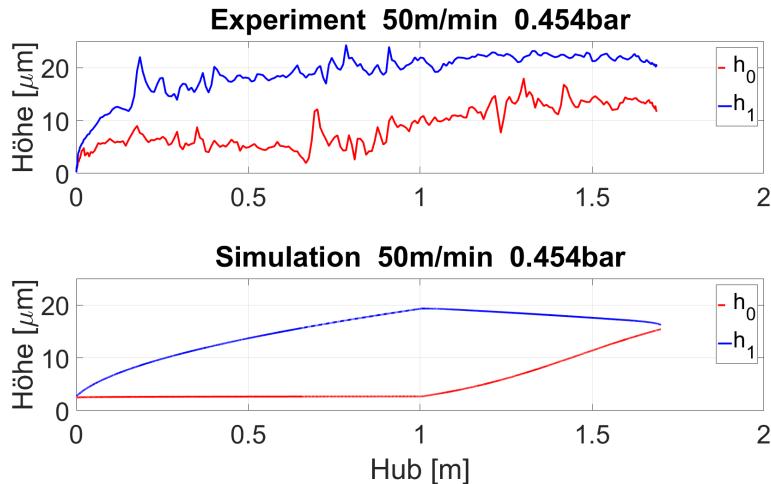
$$V_h = \int v b h_0 dt$$

- Gespeichertes Volumen

$$V_{sp} = V_{ein} - V_h - V_s$$



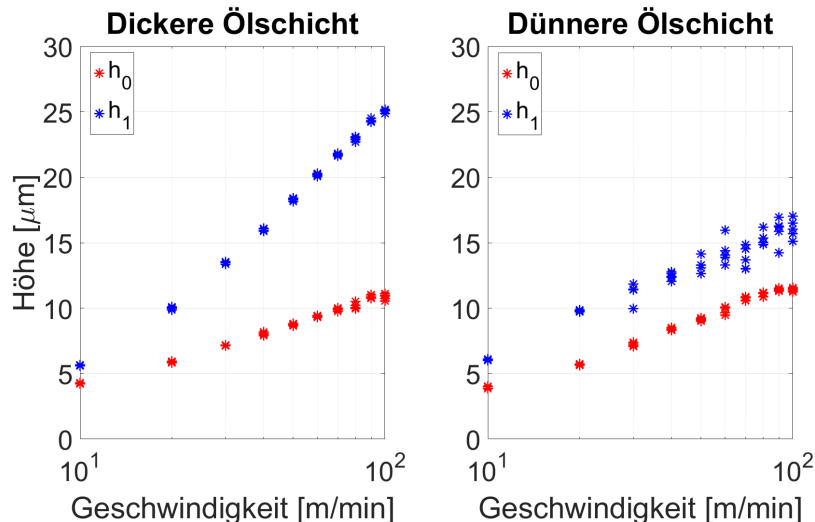
➤ Instabiles Aufschwimmverhalten



Gleichgewichtsbedingungen

- Kraft
- Moment
- Volumen der Flüssigkeit

➤ Wiederholungsgenauigkeit (0.454bar)



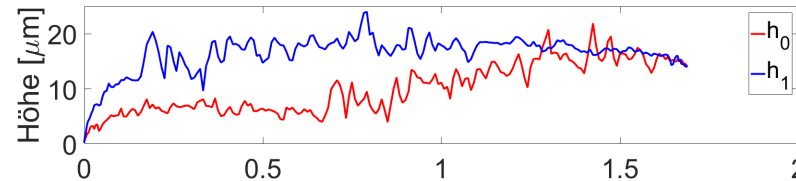
Dünnere Zwischenschichthöhe

- Niedrigere Wiederholungsgenauigkeit
- Kleinere Aufschwimmhöhe
- Schwächere Kippung

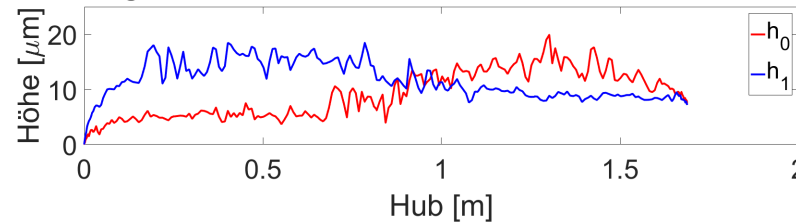
➤ Auswirkung der Zwischenschichthöhe

■ Experiment

Messung 0,454bar 50m/min Dickere Zwischenschichthöhe

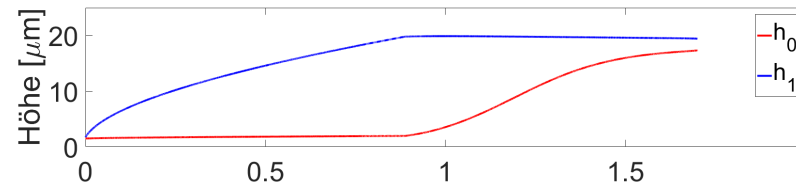


Messung 0,454bar 50m/min Dünnere Zwischenschichthöhe

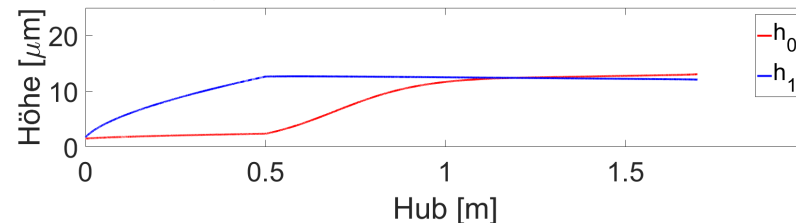


■ Simulation

Simulation 0,454bar 50m/min Zwischenschichthöhe $35\mu\text{m}$



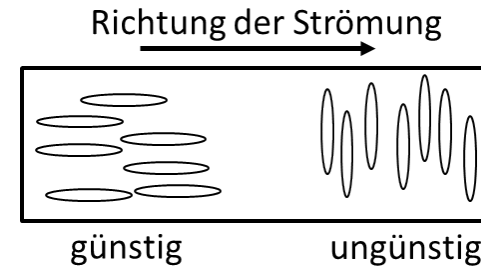
Simulation 0,454bar 50m/min Zwischenschichthöhe $25\mu\text{m}$



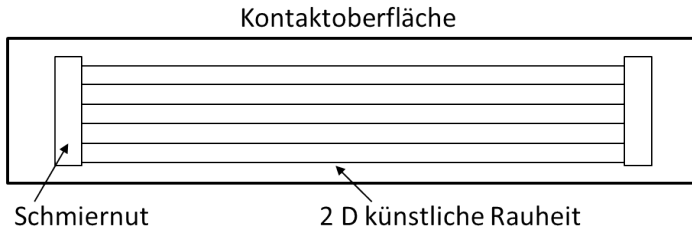
➤ Untersuchung der Rauheit der Kontaktoberfläche

Auswirkungen der Rauheit bei der Flüssigkeitsreibung und Verbesserung der Berechnungsformel

- Druckverlust im Schmierpalt
- Durchflussbeiwert
- Flüssigkeitsreibung



■ Variable A



■ Variable B



- Reduzierung der Flüssigkeitsreibung
- Reduzierung der Kippung



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ

Fakultät für Maschinenbau

Institut für Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse

Professur Werkzeugmaschinen und Umformtechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr.-Ing. E. h. mult. Dr. h. c. mult. Reimund Neugebauer

Prof. Dr.-Ing. Matthias Putz

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

M.Sc. Yingying Zhang

Institut für Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse

TU Chemnitz

yingying.zhang@mb.tu-chemnitz.de

+49 (0)371 531-31026

Vorlage_Praesentation_WZMU_dt;
Stand : 19.08.2015