Vorlesung Technische Fluidsysteme

0. Einführung in die Strömungsmechanik.

1. Hydrodynamische Schmierung.

2. Hydrostatische Getriebe

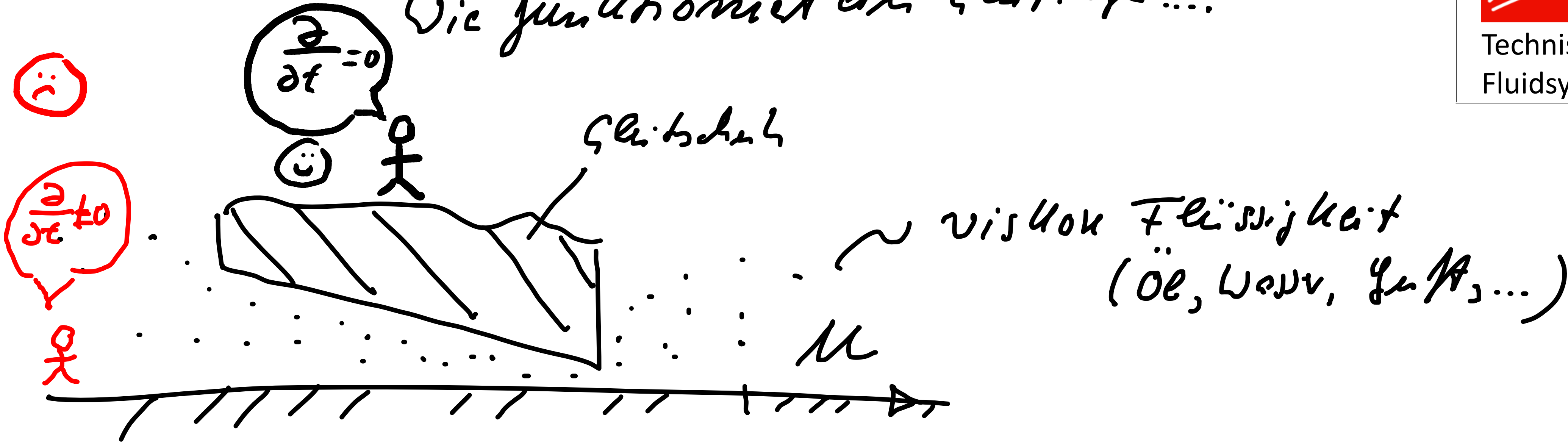
3. Verdrängermaschine.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK
Technische Fluidsysteme

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

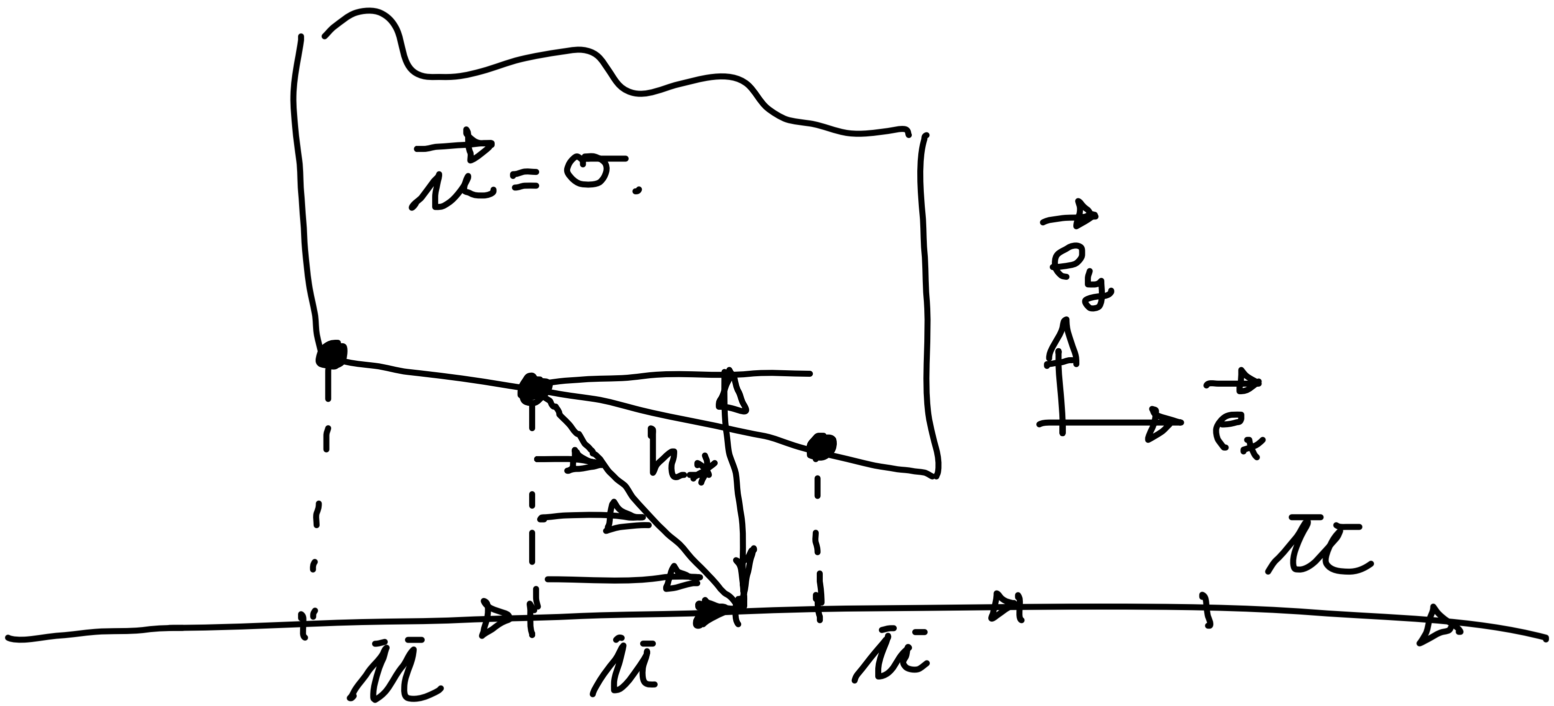
Ziel zu 1. Verständnis zu Gleitlagern.

Wie funktioniert ein Gleitlager....



Physikalische Geschehen:

- Durch das Schleppen der Wand wird Flüssigkeit in den Spalt geschleppt.
- Voraussetzung ist Reibung in der Flüssigkeit.
- Haften der Flüssigkeit an der Wand ist notwendige Voraussetzung.



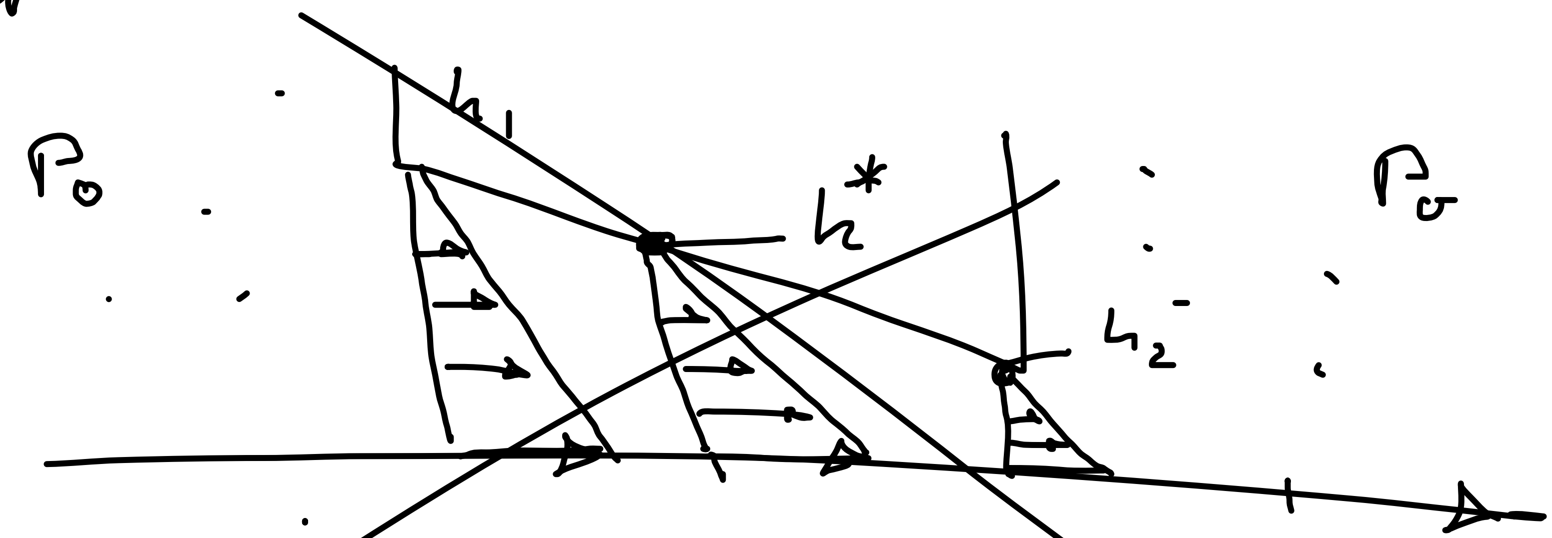
Volumenstrom $\dot{V} := \int_S \vec{u} \cdot \vec{n} \, dS$

Volumenstrom pro Tiefeneinheit

$$= \int_0^{h_*} \underbrace{u(y)}_{= U\left(1-\frac{y}{h_*}\right)} \, dy = \frac{1}{2} U h_*$$

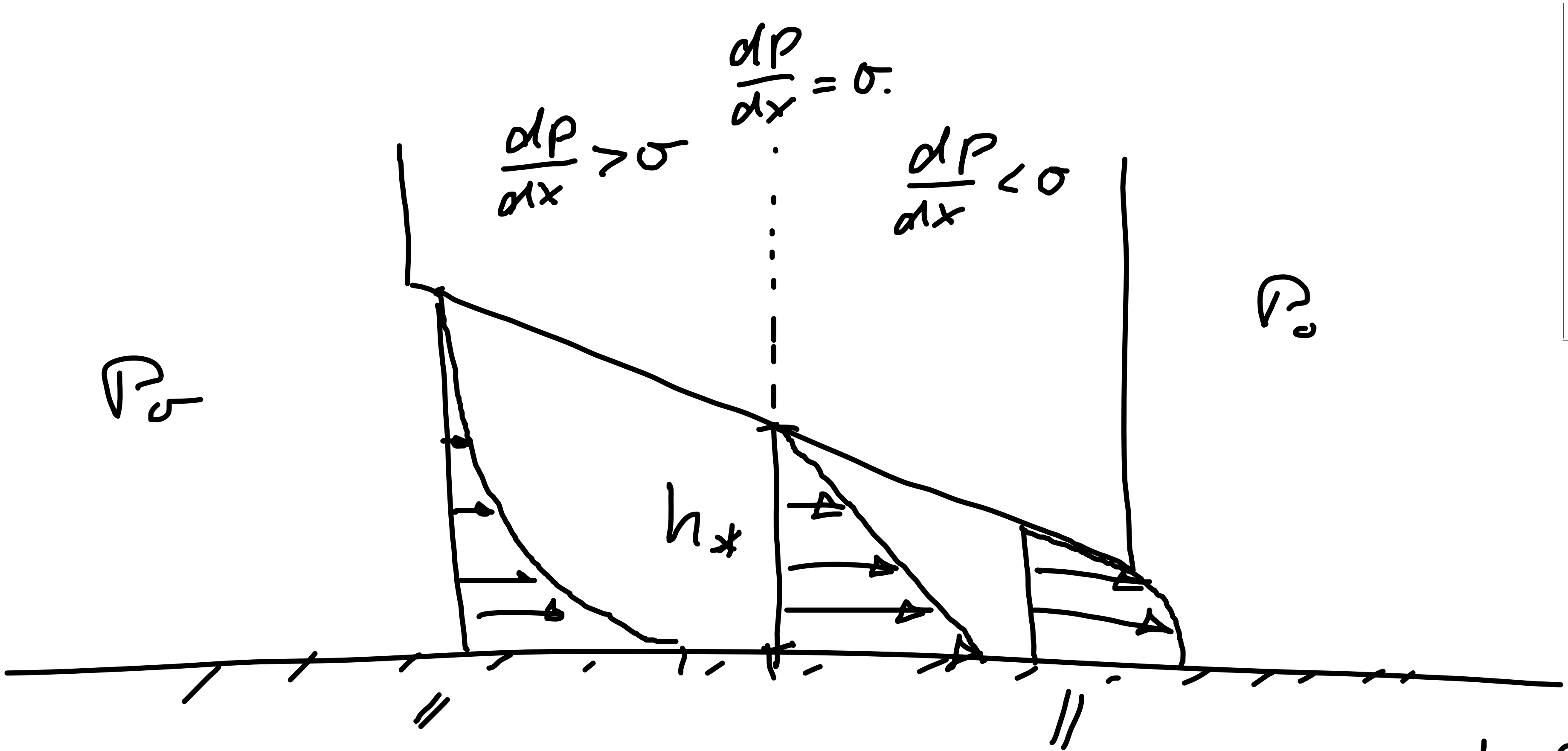
Annahme

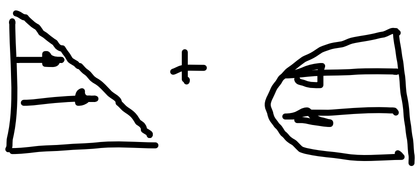
Dreieckiges Geschwindigkeitsprofil (Couette-Strömung) gilt überall im Spalt

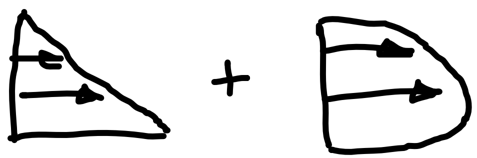


$$\dot V_1 = \frac{1}{2}\bar u h_1 > \dot V_* = \frac{1}{2}\bar u h^* > \dot V_2 = \frac{1}{2} u h_2$$

↯ Verletzung der Kontinuitätsgleichung!



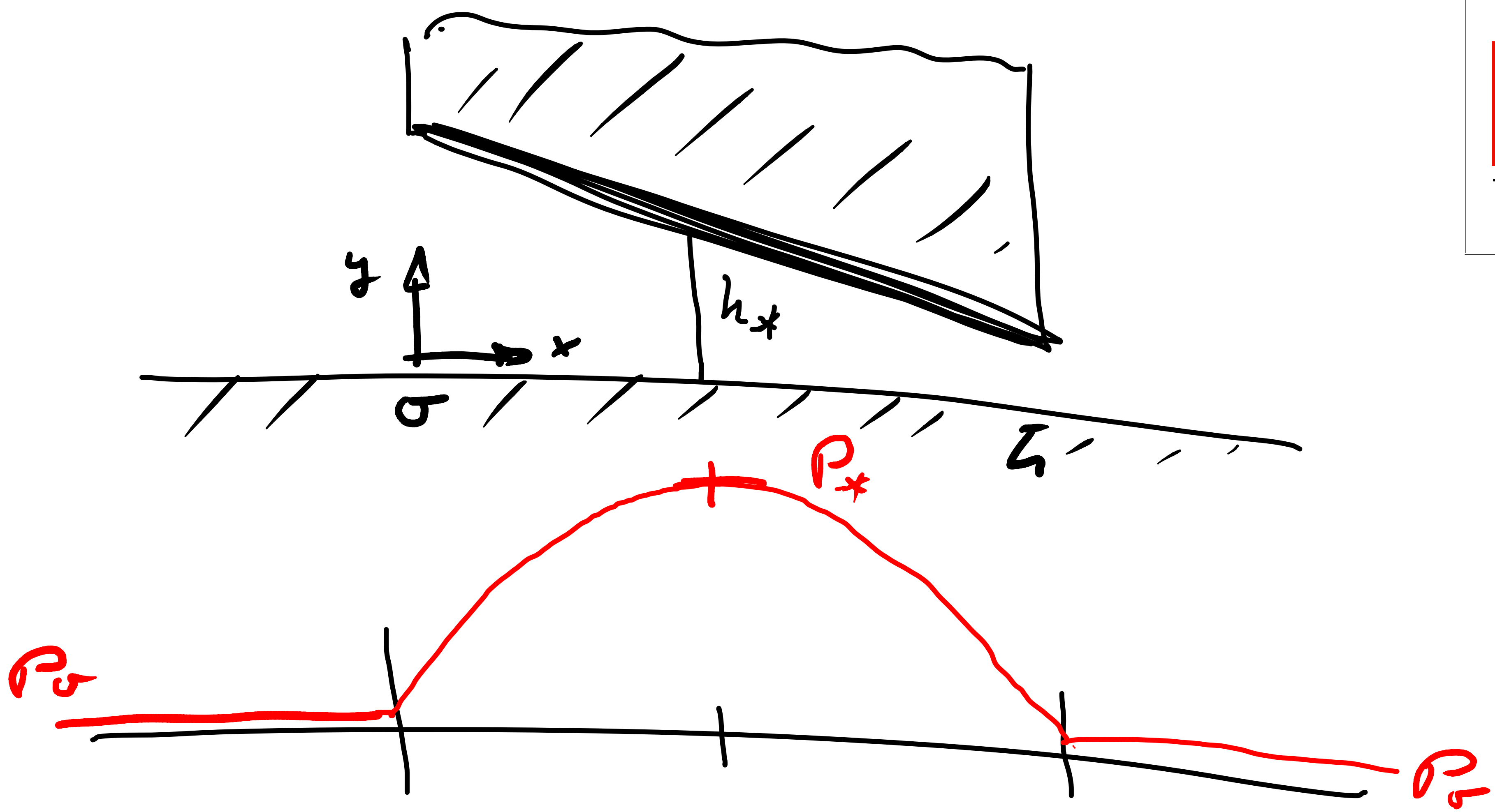




Couette Schlepp-strömung

Poiseuille-Profil Durchströmung.

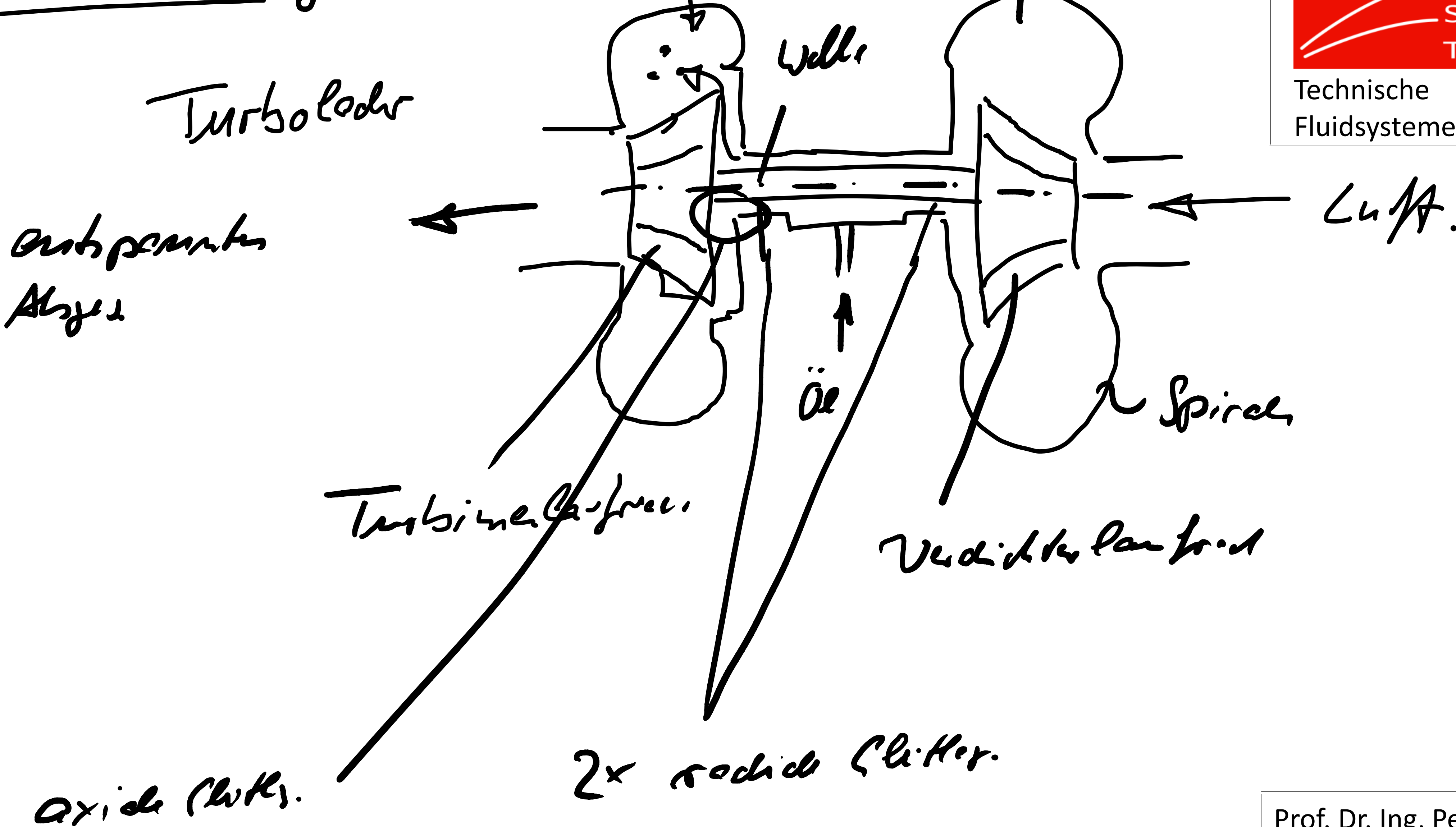
Superposition, d.h. die Gleichungen sind linear (siehe später).

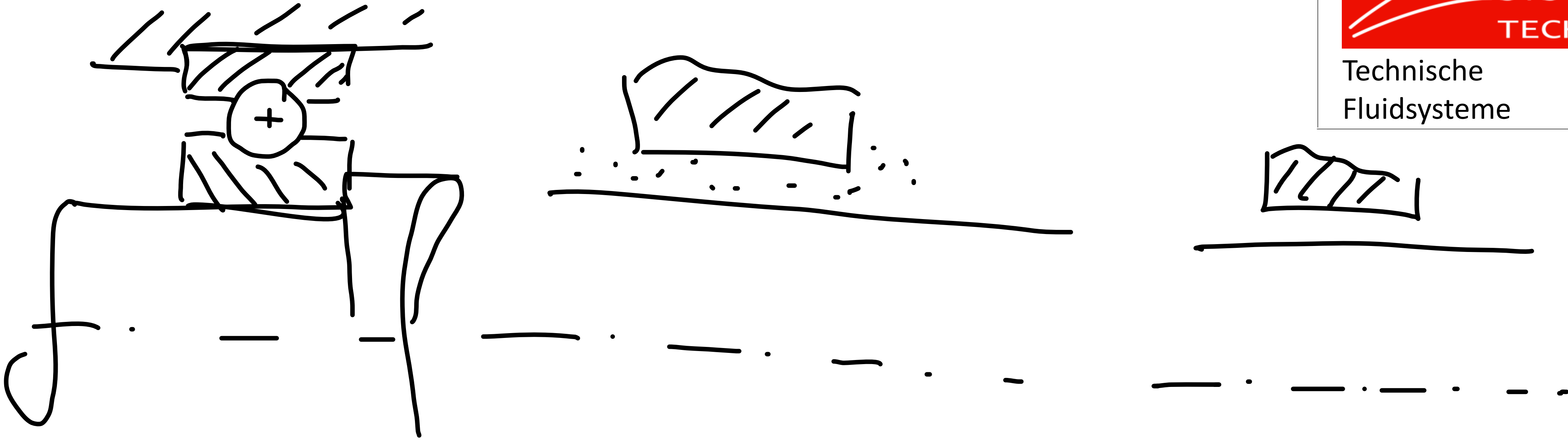


Tragkraft
pro Tiefeneinheit.

$$F_y = \int_0^L p(x)\,dx$$

Anwendungen für Gleitlager.





Wälzlager

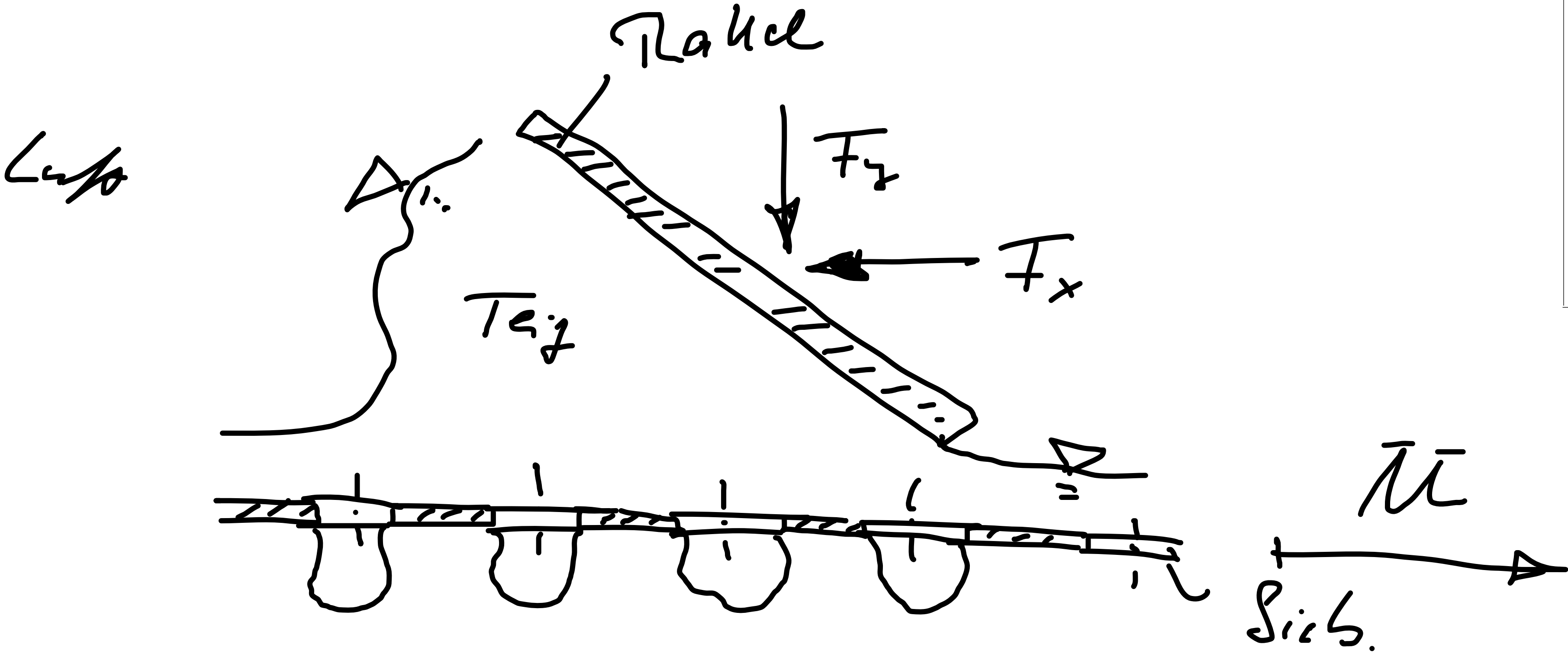
Gleitlager (Öl)

Gleitlager (Luft)

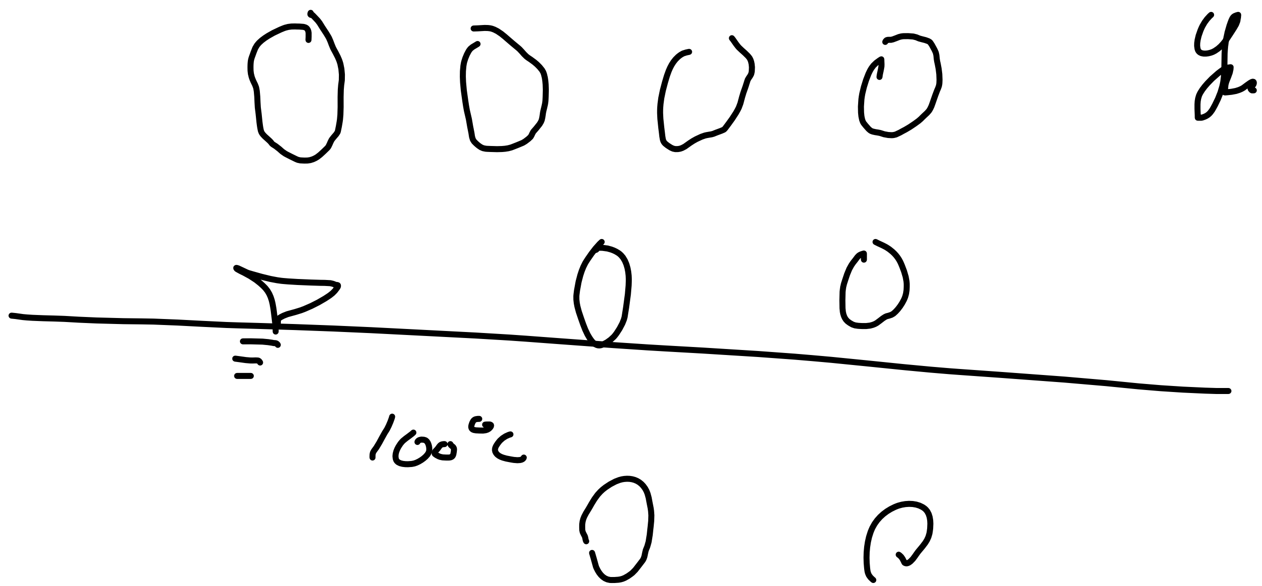
+ sehr schnell drehende Maschine
+ konstruktiv sehr einfach
– Ölreibung

+ geringe Reibung
+ kein Ölwechsel

01.11.2011



Leistung $u F_x = P_A$



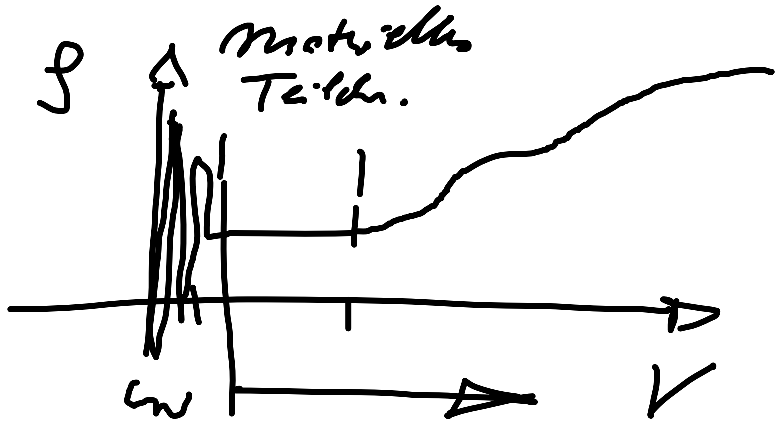
Wichtige Anwendungen

Gas- und Dampfturbinen

Wasserturbinen ....

0. Einführung in die Strömungsmechanik

Teil der Kontinuumsmechanik.



atomistisch. Kontinuumsmechanik.

„materielles Teilchen“

Modellvorstellung.

Dichte $\rho := \lim_{\Delta V \to „0“} \frac{\Delta m}{\Delta V}$

Definiert makroskopische Größe

Technische Universität Darmstadt
Fluid System Technik
Technische Fluidsysteme

Viskosität

dynamische Viskosität

$$\eta := \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

τ Schubspannung

$\dot{\gamma} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \gamma}{\Delta t}$ Scherrate

γ Scherwinkel.

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

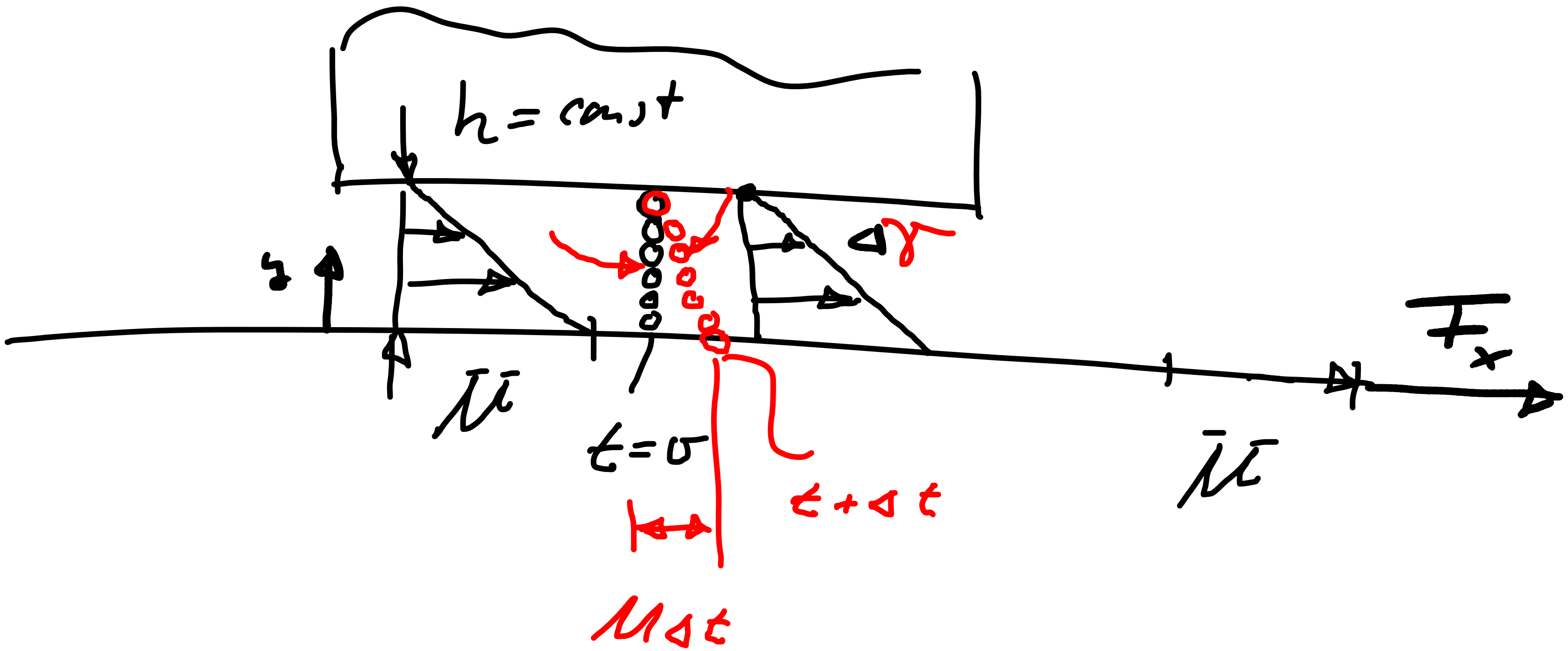
Kinematische Viskosität

$$\nu := \frac{\eta}{\rho}$$

Einheit von $\{\nu\} = \frac{m^2}{sec}$

Größenart von $[\nu] = \frac{L^2}{T}$

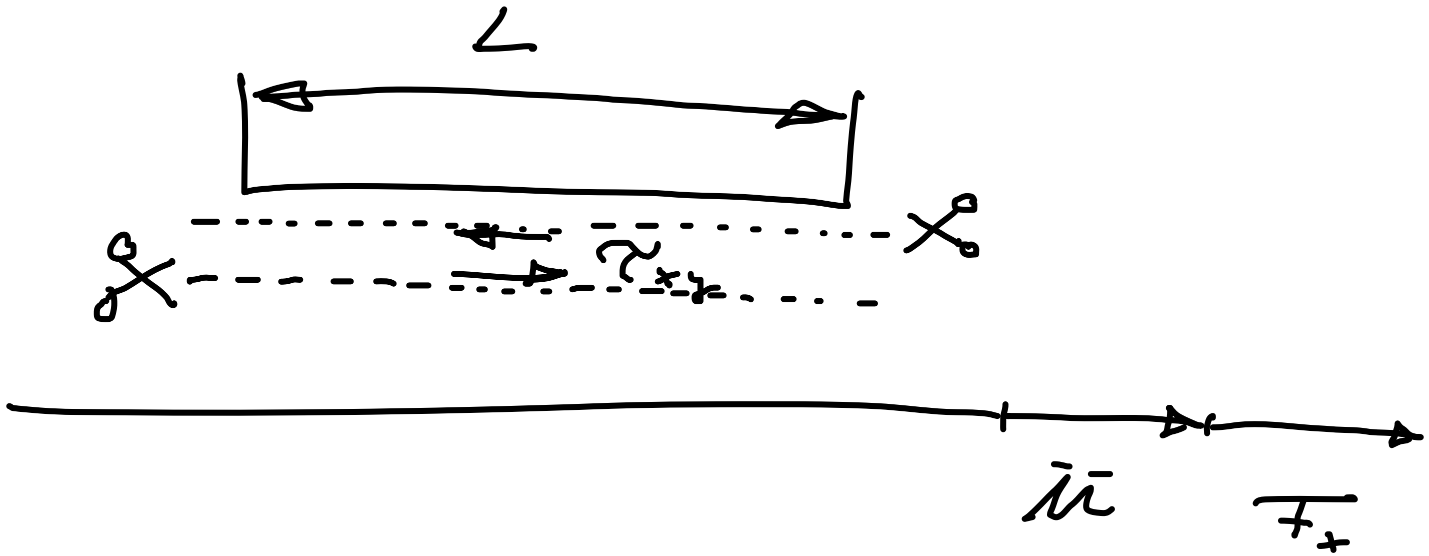
Einfacher Versuch (Schleppströmung)



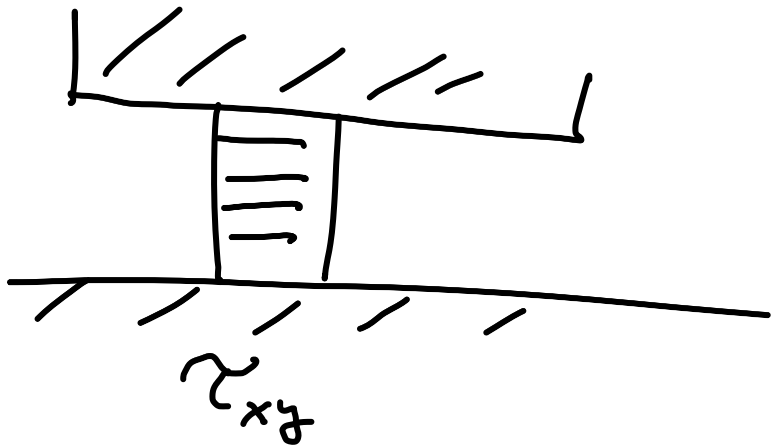
Scherwinkel $\Delta\gamma = \frac{u\Delta t}{h}$ ⇝

Scherrate $\dot{\gamma} = \frac{u}{h}$ für die Couette-Strömung.

Schubspannung $\tau_{xy} = \frac{F_x}{L}$



$\tau_{xy} \neq fn(y)$



Materialgesetz

$$\tau_{xy} = \eta \dot{\gamma} = \eta \frac{u}{h}$$

$$F_x = \tau_{xy} L = \eta \frac{u}{h} L$$

$$P_d = \eta \frac{u^2}{h} L \quad \text{dissipierte Leistung.}$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Technische Fluidsysteme

Erhaltungsgleichungen (Axiome)

1. Kontinuitätsgleichung.

2. Impulssatz.

3. Drallsatz (Euler 1776)

4. 1. Hauptsatz (Energiegleichung)

5. 2. Hauptsatz (Gibbssche Relation)

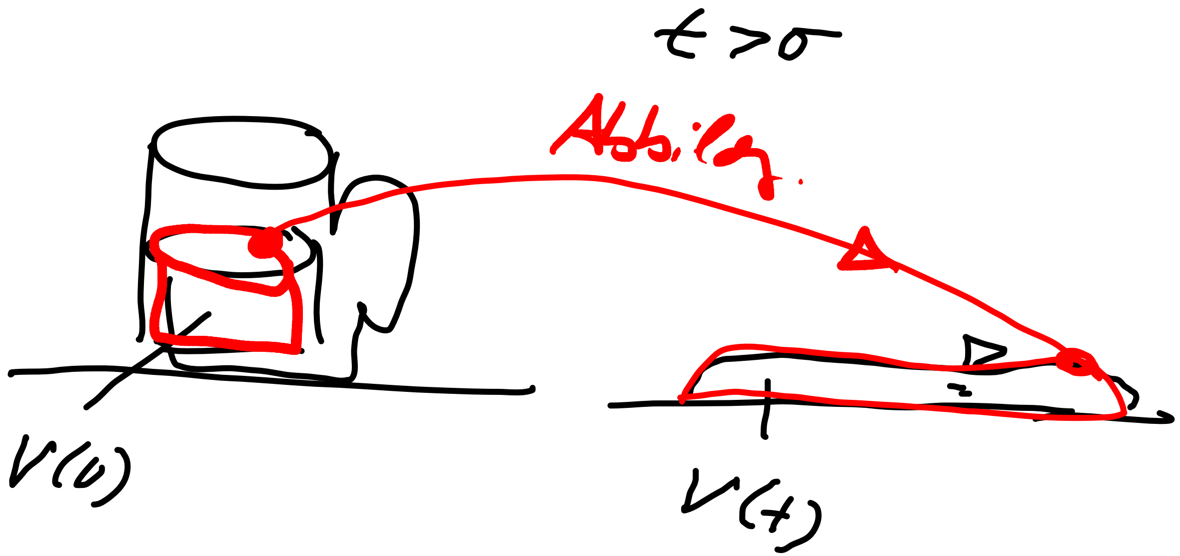
Materialgesetze und Zustandsgleichungen.

Zur Kontinuität

Die Masse eines materiellen Volumens ist zeitlich unveränderlich.

Masse $m := \int_{V(t)} \rho \, dV$

$$\frac{Dm}{Dt} = 0$$



$\frac{D}{Dt}$ materielle zeitliche Änderung

$$\frac{D}{Dt}\int_{V(t)} \varrho \, dV \overset{!}{=} 0$$

Hinweis: Zeitliche Änderung für einen Integrals bei Veränderung der Integrationsgrenze.

↳ Leibnizsche Regel.

≙ Reynoldssche Transporttheorie.

Technische Fluidsysteme

$$\frac{D}{Dt}\int_{V(t)} \phi \, dV = \frac{\partial}{\partial t}\int_{V} \phi \, dV + \oint_{S} \phi \, \vec{u}\cdot\vec{n}\, dS$$

$V(t)$: zeitlich veränderliches Volumen.

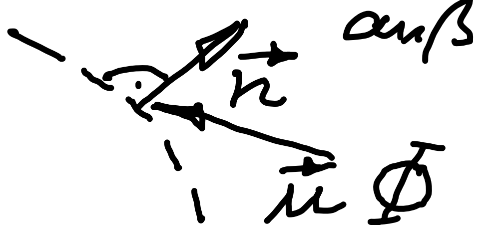
<u>materielle Volumen</u>

V: zeitlich festes Volumen.

<u>Kontrollvolumen</u>

S: S ist die geschlossene Oberfläche des Kontrollvolumens

$\vec{u}\cdot\vec{n}$ ist die Normalkomponente der Geschwindigkeit am Flächenelement dS



Zum Leibnizschen Satz

$$\frac{d}{dt}\int_{a(t)}^{b(t)} f\,dx = \underbrace{\int_a^b \frac{\partial f}{\partial t}\,dx}_{\text{lokale Änderung}} + \underbrace{f\,\dot b - f\,\dot a}_{?}$$

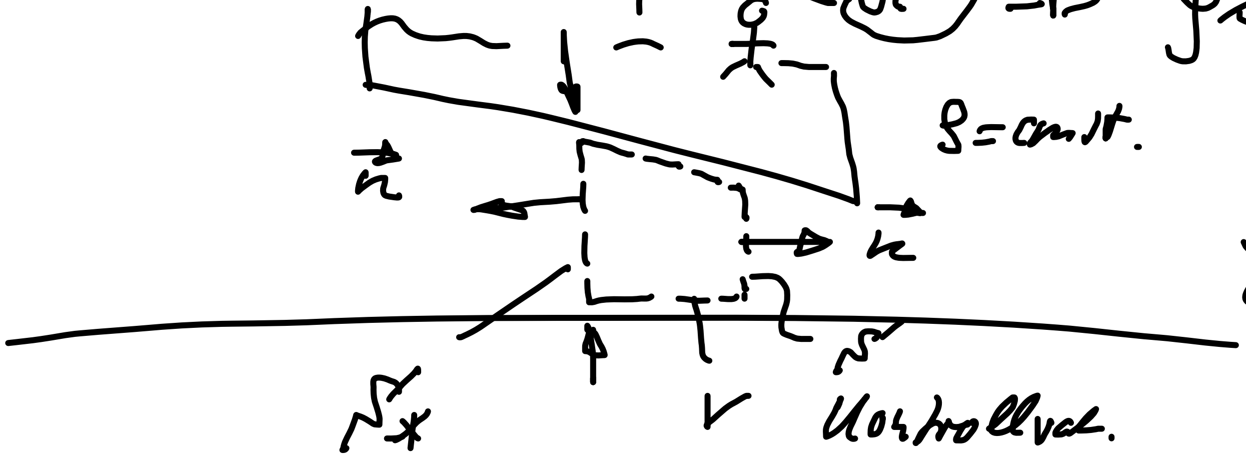
bis hier selber machen.

konvektive Änd.

Zur Kontigleichg.

$$\frac{Dm}{Dt} \overset{!}{=} 0 \iff \frac{\partial}{\partial t}\int_V \rho \, dV + \oint_S \rho \, \vec{u}\cdot\vec{n} \, dS = 0$$

Anwendg Schützg.



$$\frac{\partial}{\partial t} = 0 \implies \oint \cancel{\rho}\, \vec{u}\cdot\vec{n} \, dS = 0$$

$\rho = \text{const.}$

$$\int_0^{h^*} \vec{u}\cdot(-\vec{e}_x)\, dy + \int_0^{h} \vec{u}\cdot\vec{e}_x \, dy = 0$$