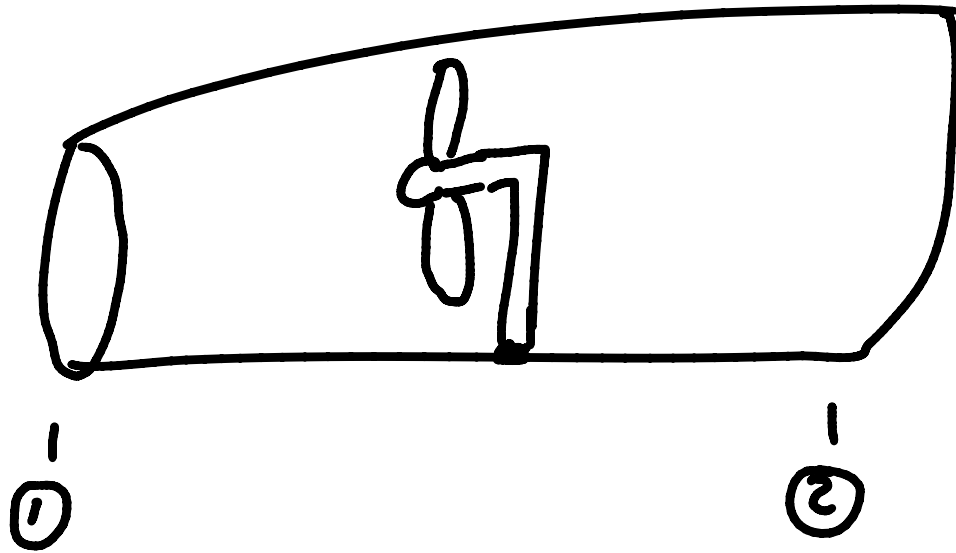


Experimentelle Bestimmung des Wirkungsgrades



$$[\phi] = \phi_2 - \phi_1$$

$$P_{\text{er}} + \dot{Q} = \dot{m} (h_{e2} - h_{e1}) = \dot{m} [h_e]$$

Def. Wirkungsgrad für Arbeitsmaschinen $P_{\text{er}} > 0$ ($\dot{Q} = 0$)

$$\frac{P_{\text{er}}}{\dot{m}} = h_{e2} - h_{e1} = [h_e] = \underbrace{\left[\frac{p}{\rho} + \frac{c^2}{2} + \psi \right]}_{[\phi]} + \underbrace{[e]}_{h_e}$$

$$\approx \frac{P_{\text{er}}}{\dot{m}} := \eta H$$

$$[\phi] = \psi = \eta H$$

γ technische nutzbare Arbeit

$= \rho g H$ H Förderhöhe > 0 Arbeitsmaschi.
 < 0 Kraftmaschine.

Kraftmaschine

$$\underbrace{\rho g H}_{< 0} := \underbrace{P_{\text{S}}}_{> 0}$$



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Fluidenergiemaschinen



Allgemein

$$z^{\pm 1} P_N = gH$$

+1 Arbeitsmaschine Pumpe, Verdichter....

-1 Wassermaschine Turbine,

Bestimmung der Uiskorrekturen.



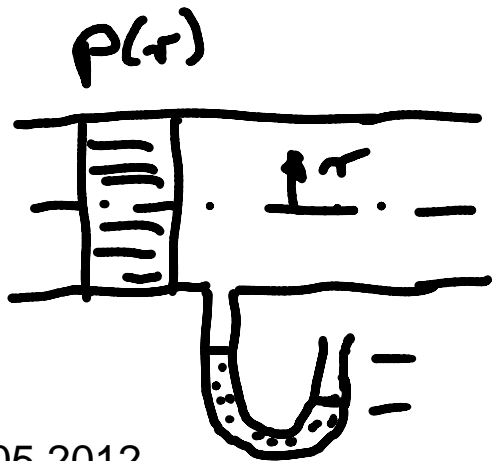
$$P_{\Omega} = \vec{M} \cdot \vec{\Omega}$$



$$gH = \left[\frac{p}{\rho} + \frac{c^2}{2} + \psi \right]$$



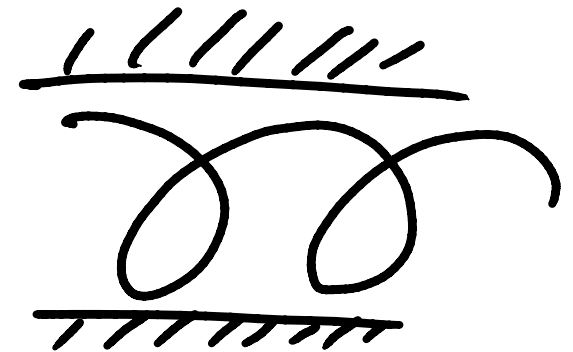
$[\psi] = [g z] \rightarrow$ Zählstrecke.



Notwendig; Voraussetzung:

Kein Dreh im der Strömung!

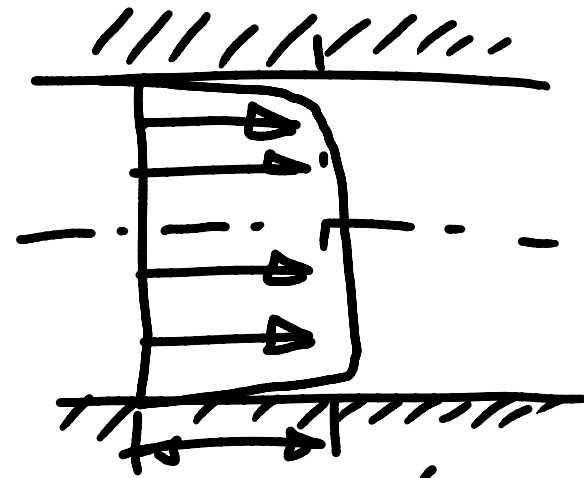
$$\hookrightarrow \frac{\partial p}{\partial r} = 0 \quad \frac{\partial p}{\partial r} \neq 0, \text{ wenn } \tau_{cy} \neq 0$$





$$\frac{c^2}{2} \approx \frac{\bar{c}^2}{2} \approx \left(\frac{Q}{A} \right)^2 \frac{1}{2}$$

für sehr hohe
 Reynoldszahl

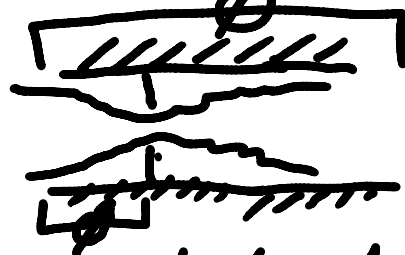


$$\bar{c} = \frac{1}{A} \int c \, dA$$

Q

Methoden des Volumenstroms.

1.) Meßblende.



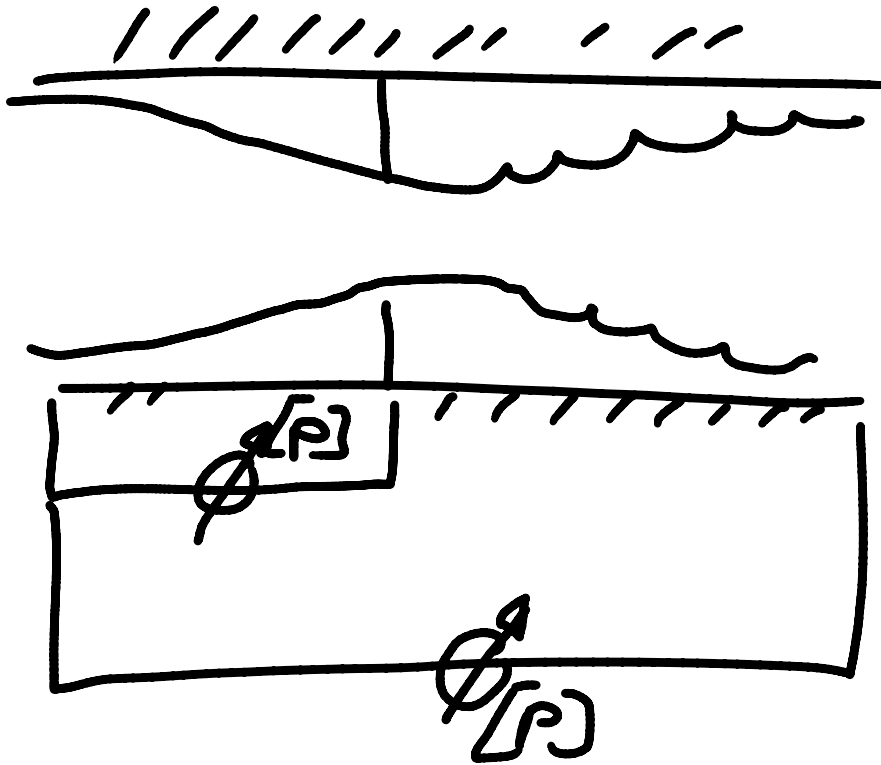
2.) Messen der Geschwindigkeitsspitze.

3.) Bei leitender Flüssigkeit über
Elektromagnetisch EFK. MDI

4.) Coriolis Massenstrom-
messung.

5.) Volumetric.

Zu 1.)



⊖ Dr. Spalte

⊕ genau

⊕ kostengünstig

⊙ Re muss groß.

↳ Kalibrierung notwendig.

⊖ Funktionen nicht
bei pulsierender
Strömung



Zu 2.) Messung der Geschwindigkeitsprofile

2a) Laseroptisch. Laserdoppler (LDA) ☺

2b) Pitotrohr ☺

2c) 5 Hochsonden → Staudrucke ☺

2d) Ultraschall Akustische Dopplerversuche

∴ ↳ Auf Relativität optische.

∴ ↳ gewisse Aufwand.

↳ rel. Messung.



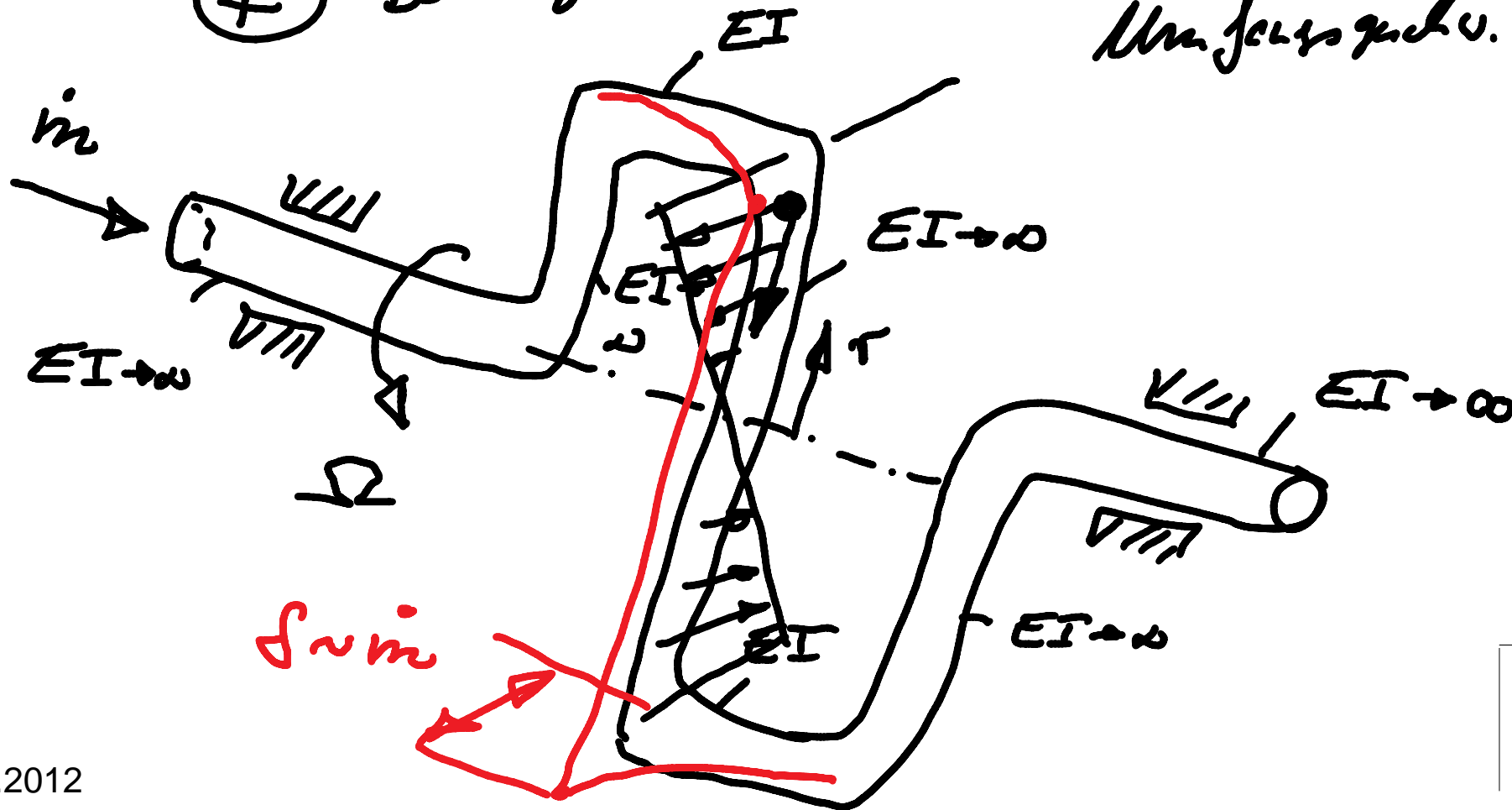


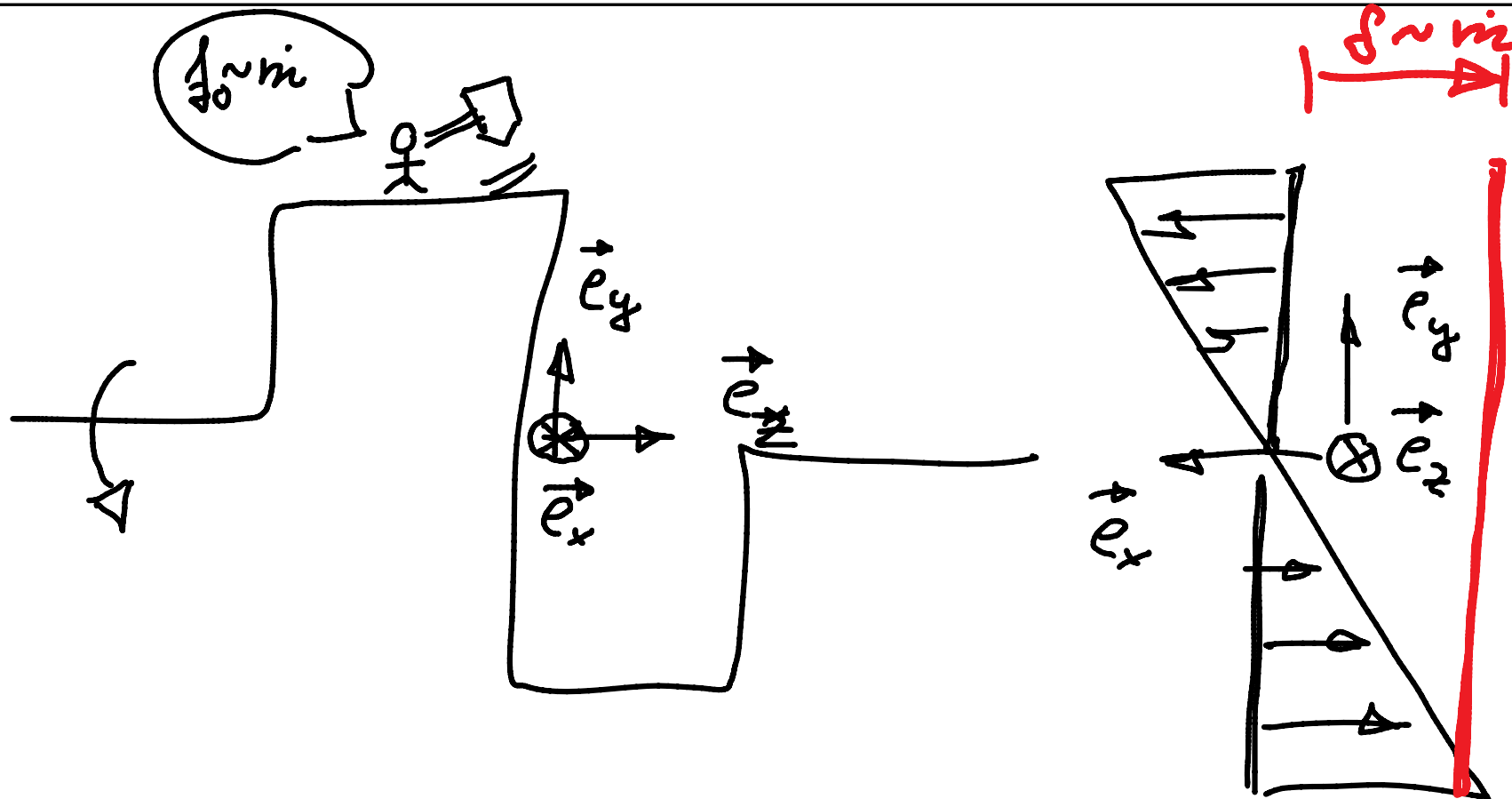
4) Coriolis durch Massenstrom

(+) Massenstrom durch genau

(+) Beliebige Metrisch.

Umlaufgeschw. $\vec{u} = r\Omega$

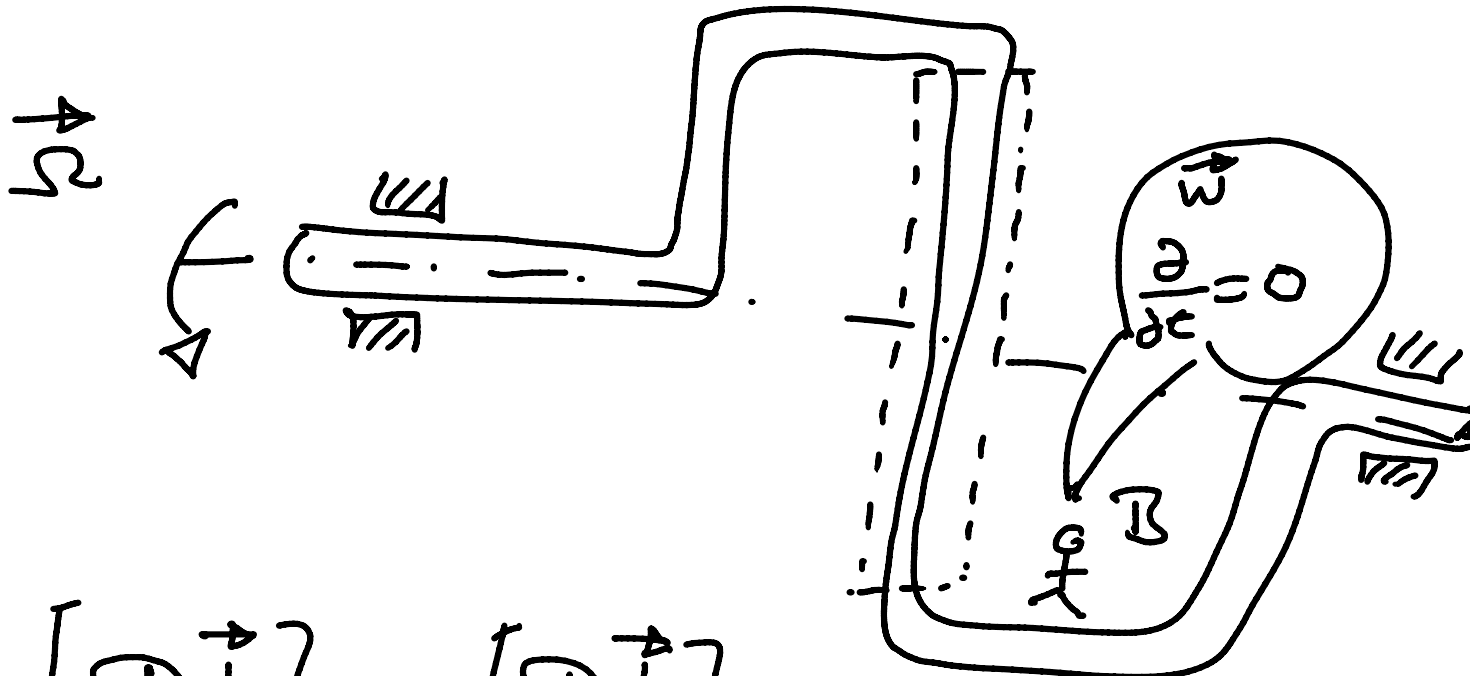




$$\vec{\Omega} = \Omega \vec{e}_z$$

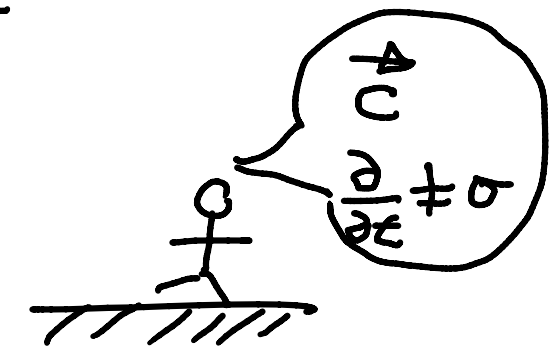
$$\vec{u} = \gamma \Omega \vec{e}_x \quad \text{Strahlkörperrotation}$$

Impulsatz im bewegten System



$$\left[\frac{D\vec{b}}{Dt} \right]_I = \left[\frac{D\vec{b}}{Dt} \right]_B + \vec{\omega} \times \vec{b}$$

B
beschleunigt System
 \vec{w} relative Geschw.
 $\frac{\partial}{\partial t} = 0$ stationärem A. ☺



I Inertialsystem

\vec{c} Absolutgeschw.
 $\frac{\partial}{\partial t} \neq 0$ instationärer Ver.



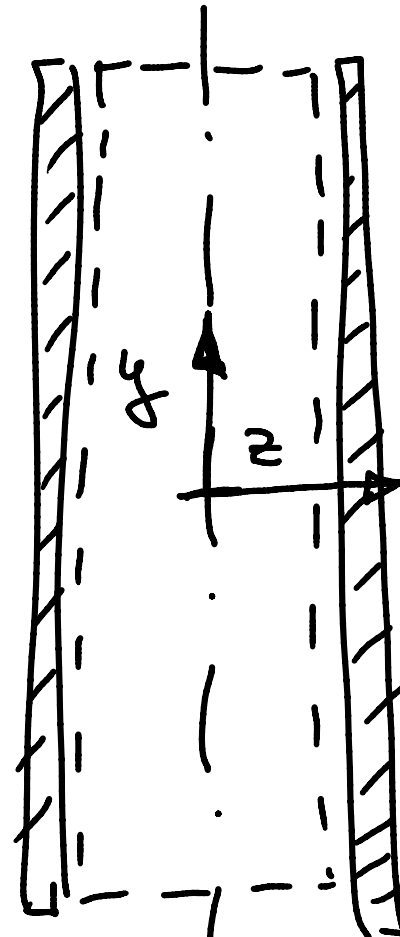
Am Beispiel:

$$\left[\frac{D}{Dt} \vec{H} \right]_H = \vec{H} + \vec{\Omega} \times \vec{H}$$

$$\left[\frac{D}{Dt} \vec{H} \right]_B + \vec{\Omega} \times \vec{H} = \vec{H} + \vec{\Omega} \times \vec{H}$$

$$= \vec{H} + \vec{w} \rightarrow \text{Fl.}$$

$$= -\vec{H} + \vec{w} \rightarrow \text{w.}$$



$$\vec{c} = \vec{u} + \vec{w} + \vec{v}$$

$\vec{u} = \text{Mittelp}$
 $\vec{w} = \text{Relativ}$
 $\vec{v} = \text{Flügelgeschw.}$
 $\vec{c} \equiv \text{i.d.R.}$
 bei Turbomaschinen $\neq 0$
 bei Relativtriebwerk

$$\vec{H} = \int \rho \vec{c} dV = \int \left(\frac{m}{A} (-\vec{e}_y) + \rho y \Omega \vec{e}_x \right) dV \dots$$

$$\vec{c} = \vec{w} + \vec{u} = \frac{m}{\rho A} (-\vec{e}_y) + y \Omega \vec{e}_x$$

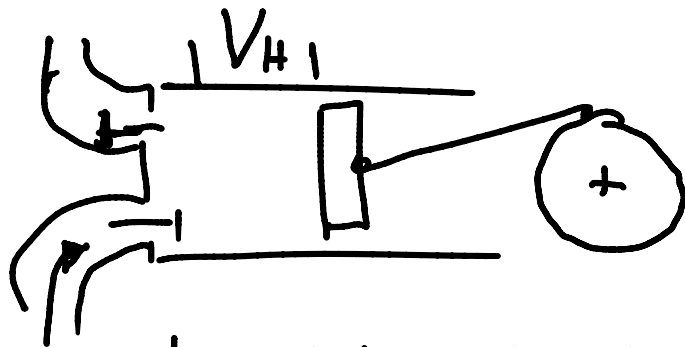
↳ "Pogo-instabilität"

Zu 5.) Volumetrisch Pumpen

Anwendung insbesondere bei
inkompressiblen Flüssigkeitsströmung.

Immer Verdichtungsmaschinen

Jede Verdichtungsmaschine ist durch
das Schichtvolumen V_H gekennzeichnet.



$$Q_{\text{theor}} = V_H \cdot n \cdot z$$

z Zölle an
Abschm.

Arbeitskreis Verdichtungsma. V_H Hubvolumen
 n Schdreh.
 n Drehzah.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Fluidenergiemaschinen

Prof. Dr.-Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2012
Vorlesung 4 F 60



$$Q = Q_{\text{fland}} - Q_{\text{Lehoh.}}$$
$$= z V_H h - Q_{\text{Lehoh.}}$$

Für Meßzwecke werden rotatorische Maschinen eingesetzt.

z.B. Schraubenmaschinen

$$\dot{V} = Q$$

Herrnrich
Dr.

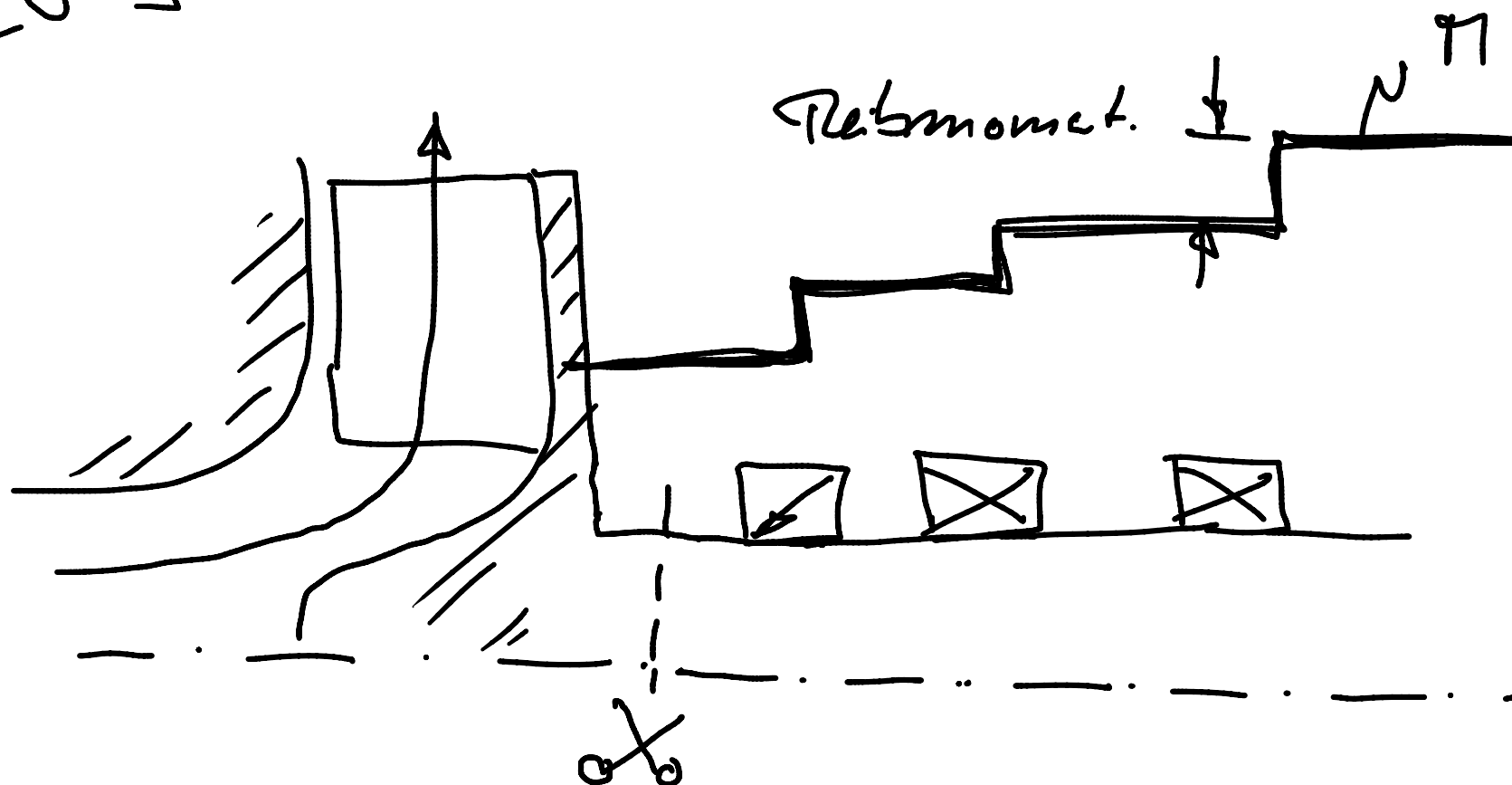
hell
Dr.



$$P_{\Omega} = \vec{M} \cdot \vec{\Omega}$$

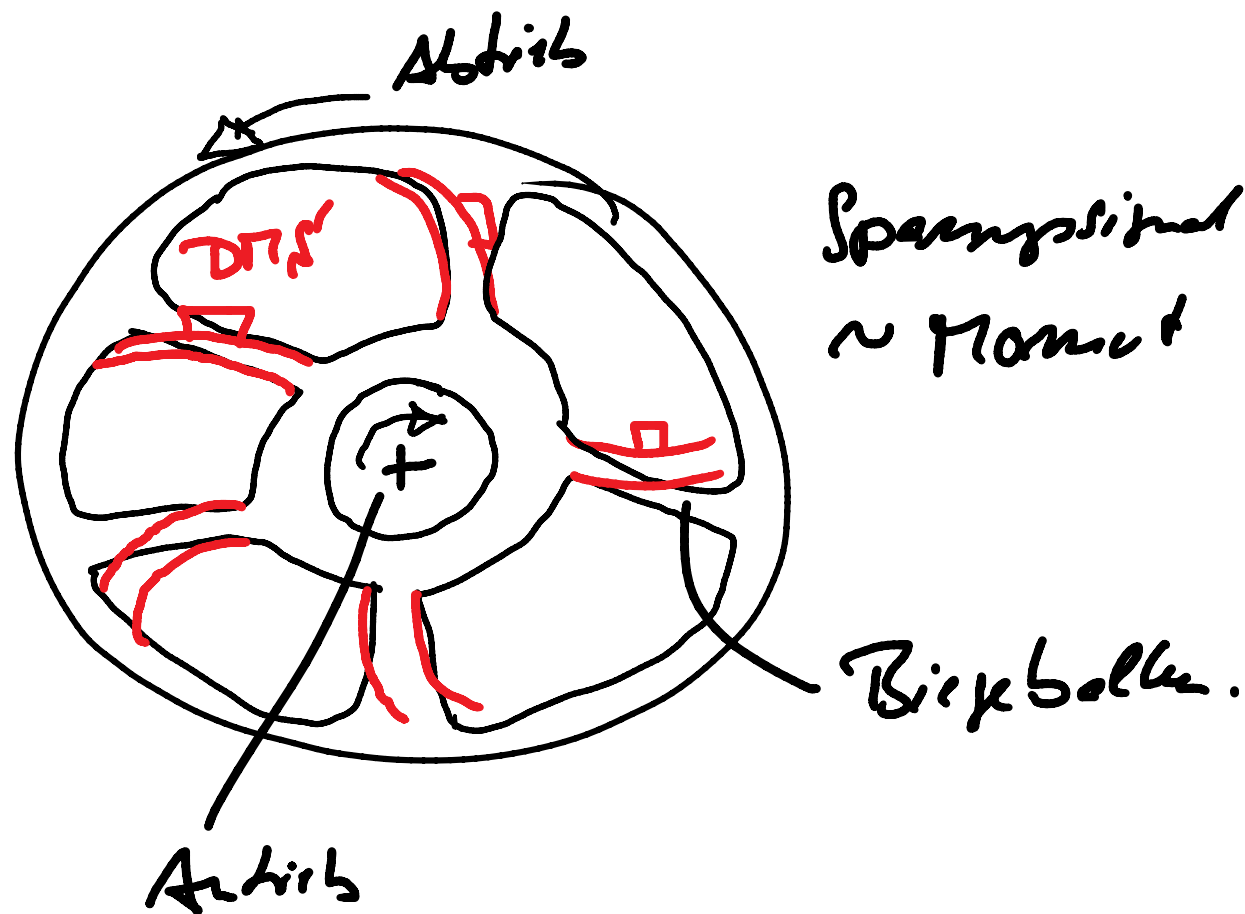
[gH]

$$\text{Reibleist} = \Omega * \text{Reibmom}$$



Strömungsverl.

mechan. Verlust.



Alternativen zeigen zum Vergleich:
Nur Temperatur inst. bei
chemisch Turbomaschinen.

⊕ Extrem korrosiv

⊖ ungut bei hydraulischer Arbeit

⊕ gute Verfahr bei chemischer Arbeit



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Fluidenergiemaschinen



$$\zeta^{\pm 1} = \frac{gH}{P_{Ts}}$$

$$P_{Ts} = \dot{m} [h_t] = \dot{m} c_p [T_t]$$

kalorisch ideal

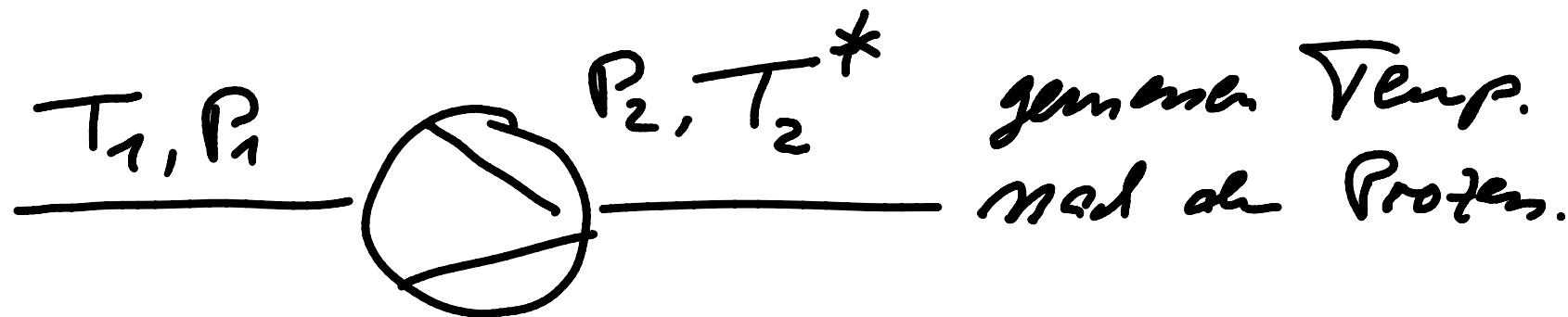
soj. $h = c_p T + h_0$

$$e = c_v T + e_0$$

T_t total Temp. od. Kesseltemp.

$$P_{2f} = m c_p [T_{2f}] \approx m c_p [T] = m c_p (T_2^* - T_1)$$

oder $\frac{c^2}{2} \ll h$ gilt Lant's.



$$gH = c_p (T_2 - T_1) < c_p (T_2^* - T_1)$$

T_2 ist die Temp. nach der Prozen, oder
 $[S] = 0$ (isentrope Prozen).





$$\zeta = \frac{T_2 - T_1}{T_2^* - T_1}$$

$$\frac{c^2}{2} \ll h$$

Nächstes Vorlesung:

Optimierungsprobleme: • Für Druckspeicher \rightarrow Exergie

• Windturbinen

• Wasserkraft.

$$\rightarrow \left(\frac{M_2}{M_1} \right)$$

$$\rightarrow \left(h_2 \right)$$
$$\left(M_2 \right)$$