

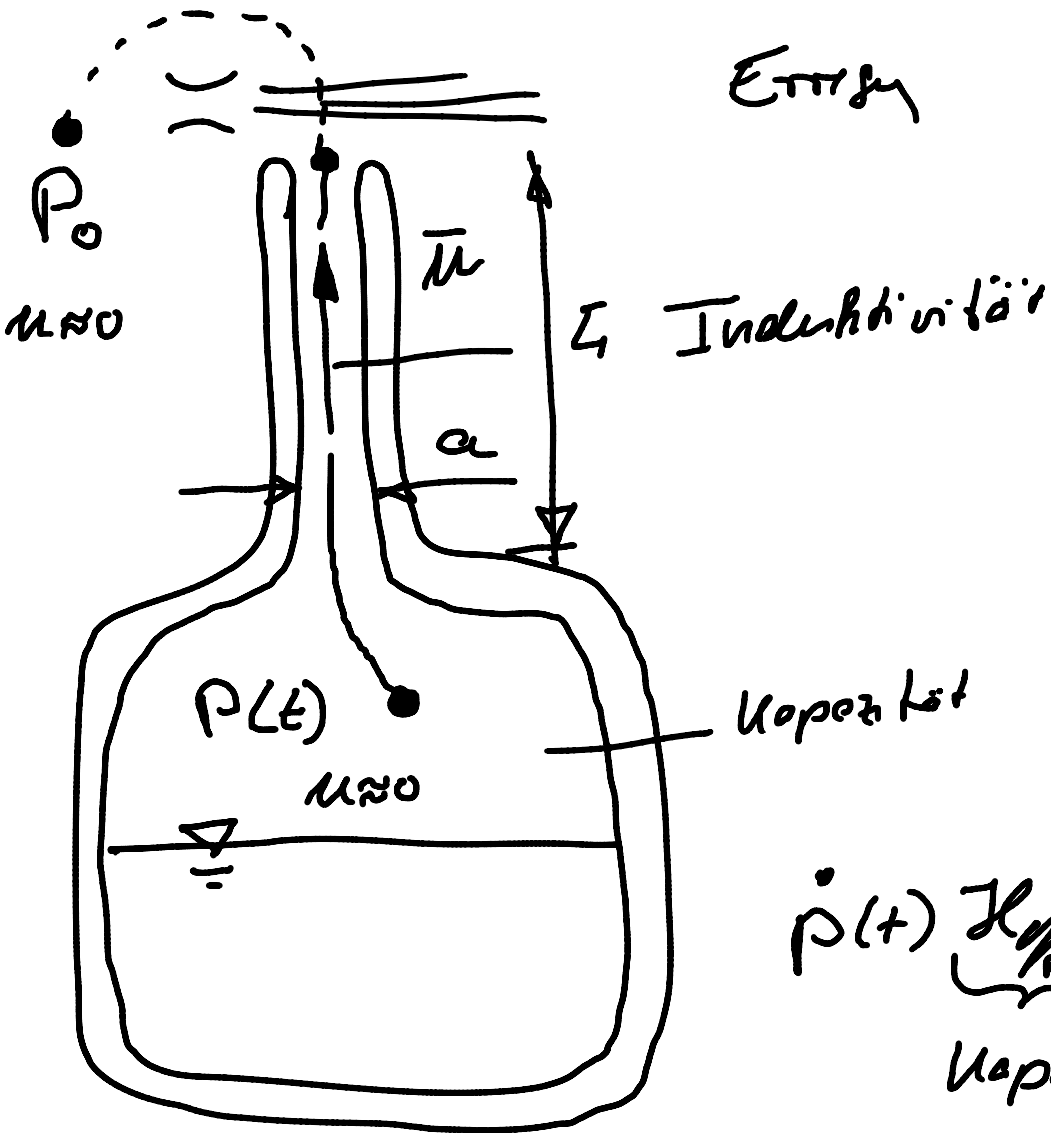
Schallgeschwindigkeit in Mehr-Phasen-Systemen



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Grundlagen der
Turbomaschinen und
Fluidsysteme



Schwingung.

hier:

Eigenschwingung. \rightarrow Eigenschwingungsdauer $T = \frac{2\pi}{\omega}$

$$\dot{p}(t) \underbrace{K_{eff} V}_{\text{Kapazität}} - \underbrace{Q_1}_{\bar{u}a} + \underbrace{Q_2}_{\bar{u}a} = 0$$

$\Rightarrow \omega$
Eigenwert-
Problem

$$p(t) = p_0 + \underbrace{\int_0^t s \dot{u} ds}_{\text{Induktivität}} + \underbrace{\frac{s \bar{u} |u|}{2}}_{\text{Widerstand}}$$

Prof. Dr.-Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2012
Vorlesung 8 F 126



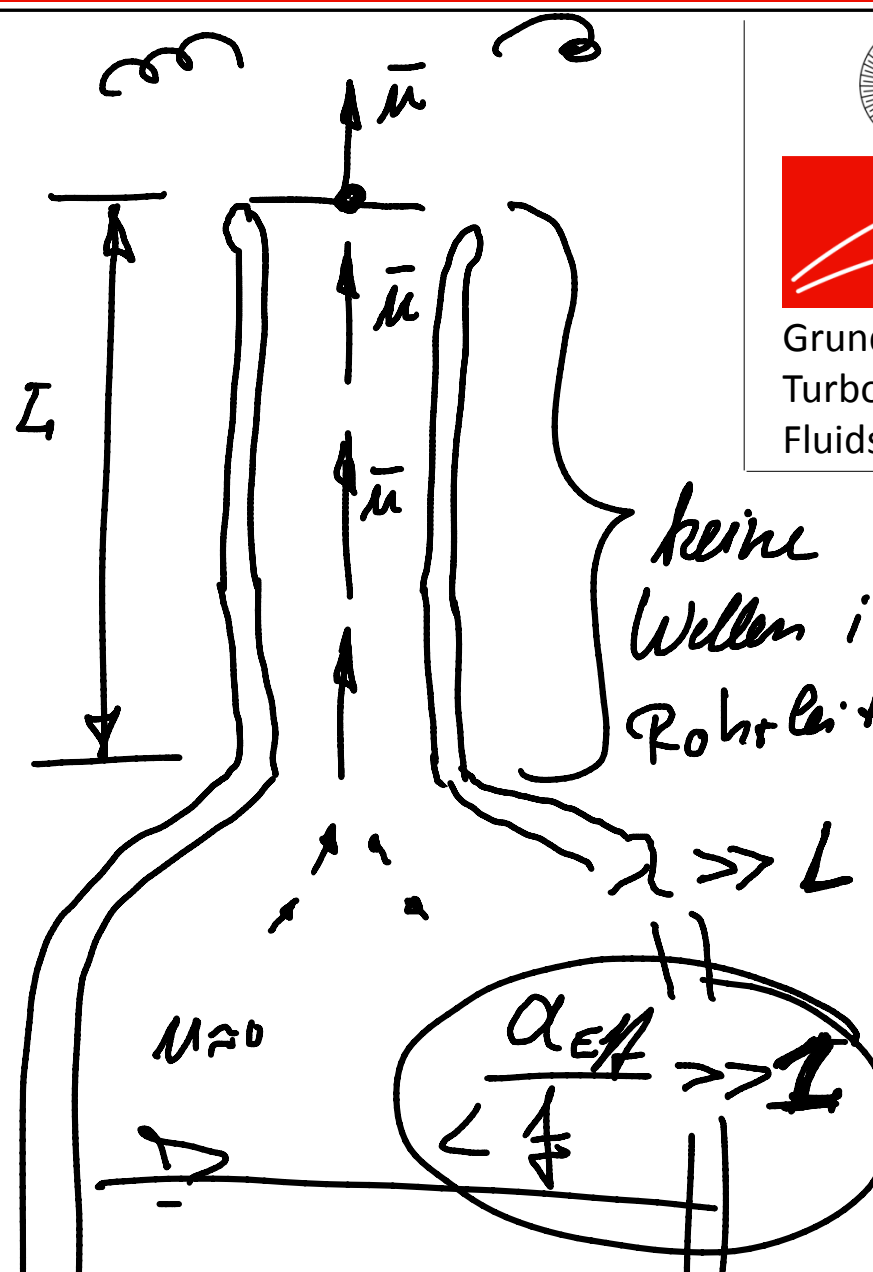
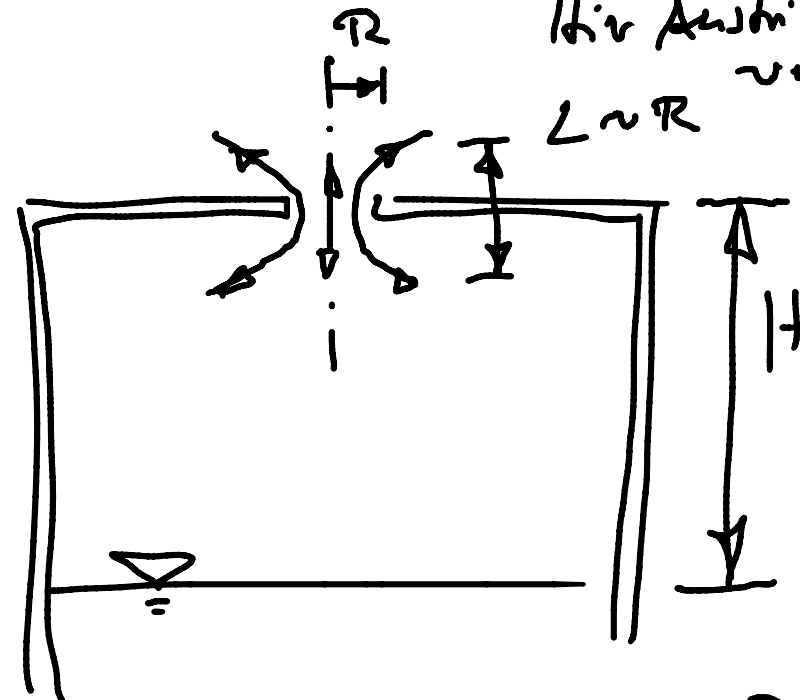
$$\dot{p} \int_{\Omega} V + \bar{u} \alpha = 0$$

$$\dot{p} = \dot{p}_0 + \int_0^L \ddot{u} L + \frac{\rho}{2} \frac{d^2 u}{dt^2}$$

Widerstand: hier Ausströmvermögen

$$L \sim R$$

Überh. P, \bar{u}



keine Wellen in der Rohrleitung.

Lord Rayleigh: Theory of Sound 1,2 Anwendung: Godblech in der Akustik. \rightarrow Tilsch.



$$\underbrace{L_{S_0}} \ddot{\bar{m}} + \underbrace{K_{EV}} \bar{m} = \sigma$$

Induktivität

Kapazität.

$$\ddot{\bar{m}} + \frac{\alpha}{L_{S_0} K_{EV}} \bar{m} = \sigma$$

$$\bar{m} = e^{i\omega t}$$

$$\omega^2 = \frac{\alpha}{L_{S_0} K_{EV}}$$

↳ charakterist. (l.)

Analogie

Elektrotechnik und Hydraulik

0-D-Modell



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Grundlagen der
Turbomaschinen und
Fluidsysteme

Potential

U

p

Strom

$$I = \int \vec{i} \cdot d\vec{s}$$

$$Q = \int \vec{u} \cdot d\vec{s}$$

Kapazität

$$C \dot{U} - I_1 + I_2 = 0$$

$$\kappa_E V \dot{p} - Q_1 + Q_2 = 0$$

Induktivität

$$M_1 - M_2 = L \dot{I}_1$$

$$p_1 - p_2 = \int_1^2 \rho \vec{u} \cdot d\vec{s} = \int_1^2 \underbrace{\frac{\bar{u}}{u_1}}_{Z_4} ds u_1 = Z_4 Q_1$$

Vierpol

$$(M_1 - M_2)_L = R_{12} I_1$$

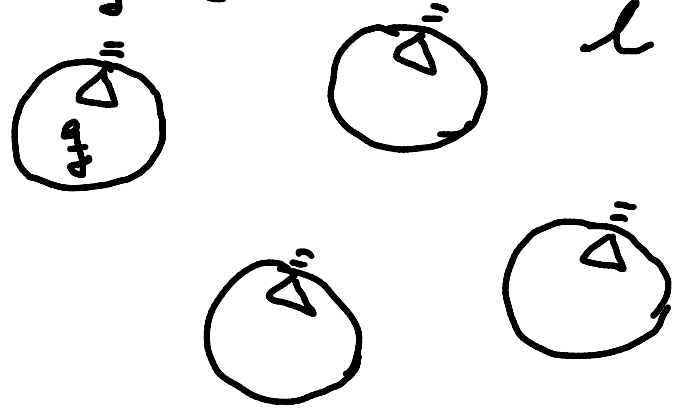
$$(p_1 - p_2)_L = \frac{\rho}{2} \bar{u} |\bar{u}| Z_4 = \frac{\rho}{2} R_{12} Q_1$$

Prof. Dr.-Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2012
Vorlesung 8 F 129



Effektive Schallgeschwindigkeit von Mehrphasensystemen

$$S_E = \alpha S_g + (1-\alpha) S_l$$



Volumenanteil $\alpha := \frac{\text{ungelöstes Gasvol.}}{\text{Gesamtvolum.}}$

$\alpha = 0$: reine Flüssigkeit „l“

$\alpha = 1$: reine Gas „g“

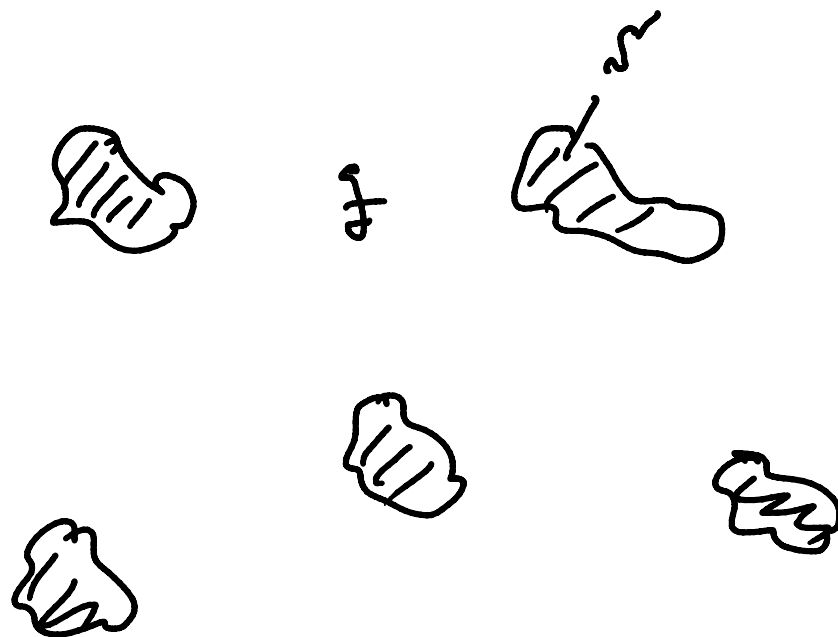
Festkörper „s“



c_i : Lösungs-
konzentration

$$[c_i] = \frac{\text{Teilchenanz.}}{\text{Volumen}}$$

$$\{c_i\} = \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$$

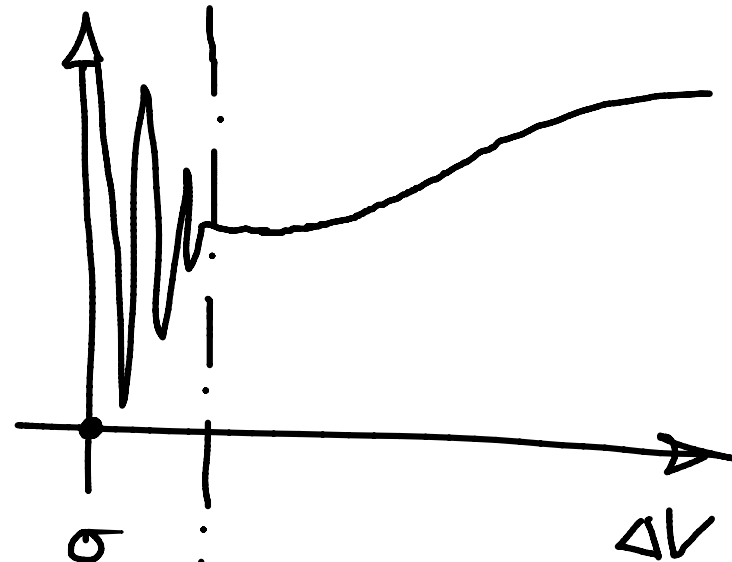


2.1]
Definition eines
Leistungskoeffizienten.

$$\eta_v := \frac{\text{Volumenarbeit/Faktor}}{\text{Leistungskoeffizient}}$$

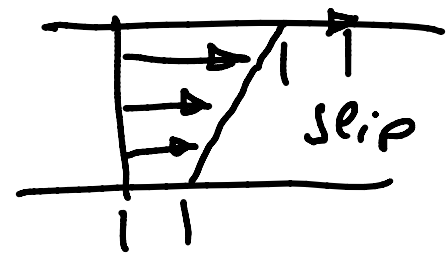
$$\alpha_E = \frac{1}{\eta_E \rho_E}$$

$$\rho := \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta V}$$



Kontinuiermechanik.

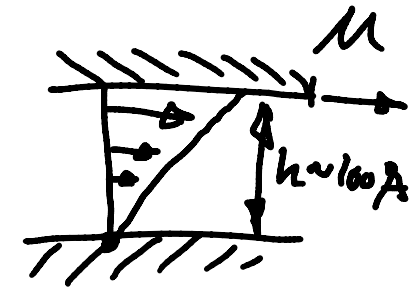
Statistische Mechanik
Molekulardynamik



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Grundlagen der
Turbomaschinen und
Fluidsysteme

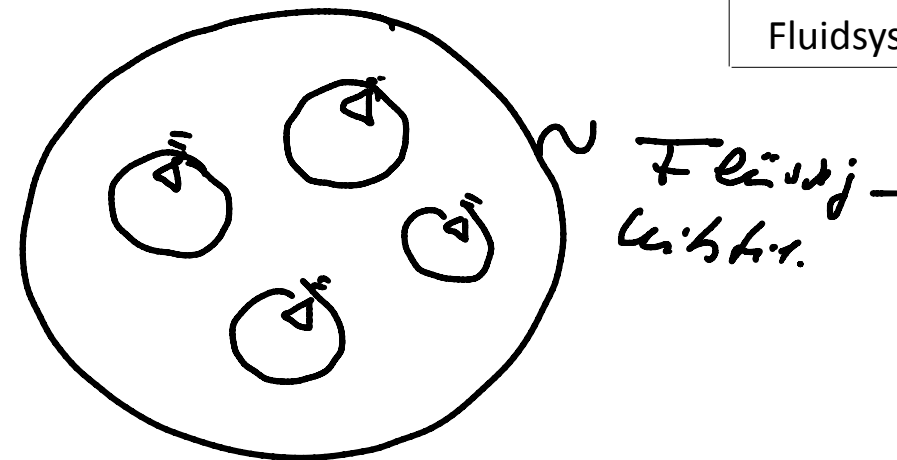


Prof. Dr.-Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2012
Vorlesung 8 F 132

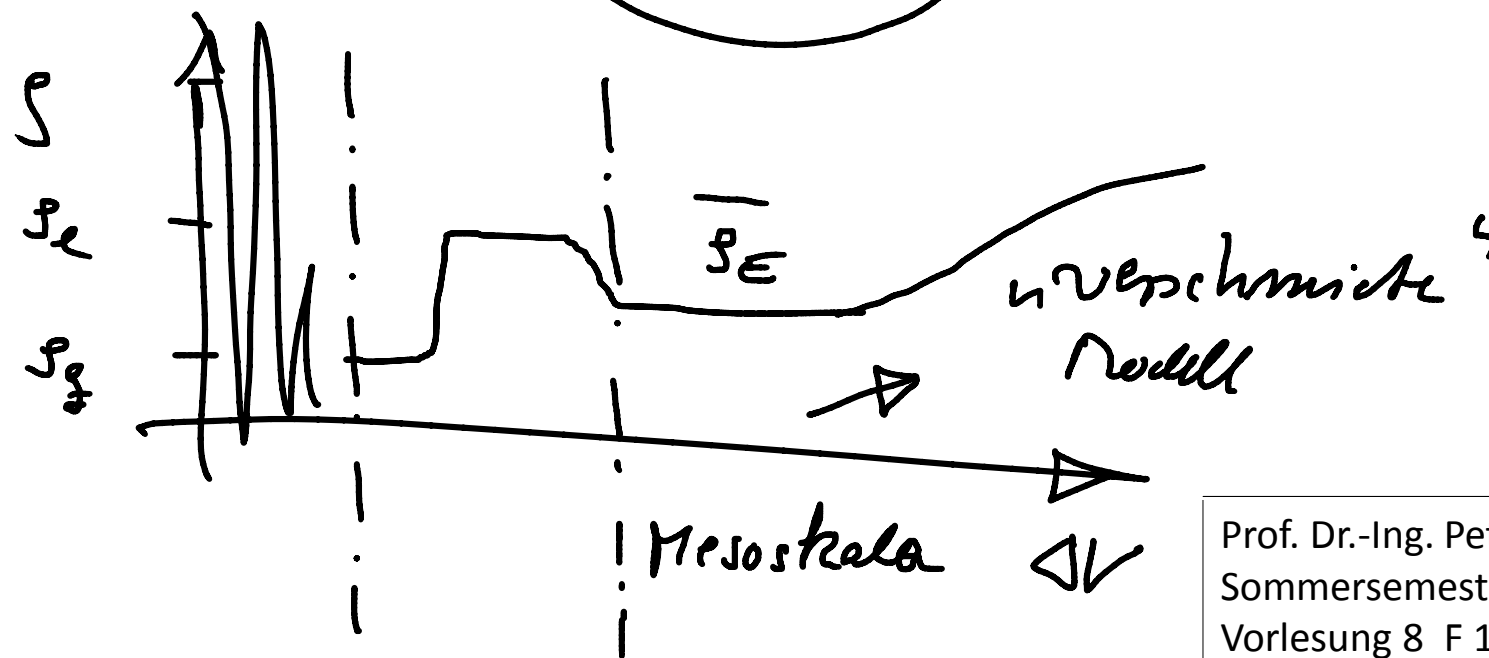


$$p_E = \alpha p_g + (1-\alpha) p_e$$

$$p_E := \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta W}{\Delta V}$$



Flüssig-
keit



Beispiele für verschmutzte Modelle

▷ Faserverbundwerkstoff.

▷ Gas + Flüssigkeit Kavitation

▷ Fluid + Gas „Kreppwerkstoff“

⋮



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



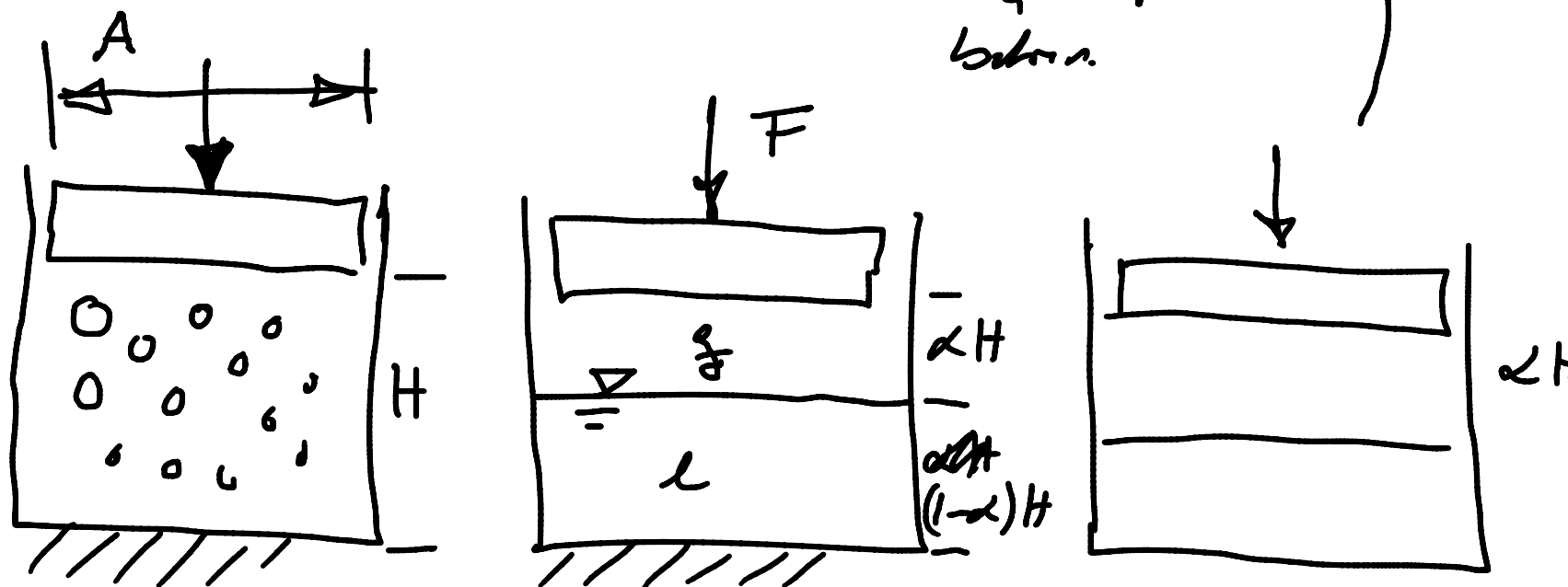
Grundlagen der
Turbomaschinen und
Fluidsysteme



$$H_E = H_A + H_g$$

$$H_g = \alpha \frac{l}{K} + (1-\alpha) \text{ ~~mit~~ } nP$$

stabil
Gleichgewichtszustand





$K(T, P)$ Kompressionsmodul der Flüssigkeit

$K = \frac{1}{\beta}$ ist gleich dem Inverse der Nachgiebigkeit.

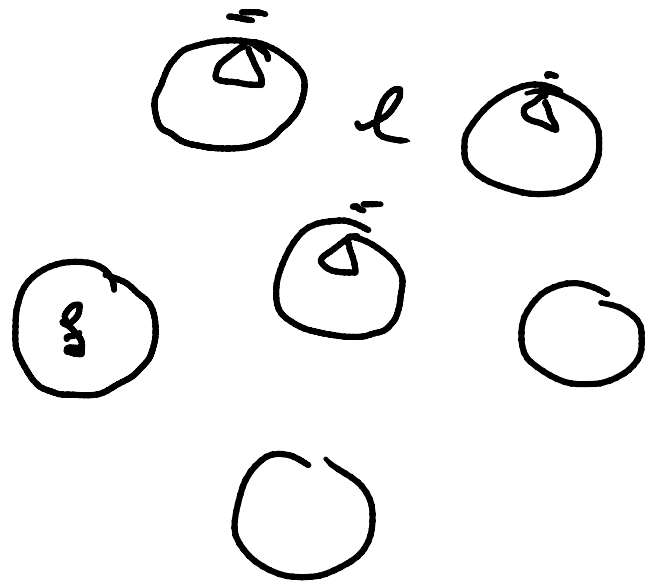
$$K = E \frac{1}{3} \nu(\nu) \quad \nu \rightarrow 0.5 \quad K \rightarrow \infty \quad \text{z.B. Gummi}$$
$$= G \frac{1}{3} \nu(\nu)$$

$$\beta := \frac{1}{V} \frac{dV}{dP}$$

$$K := V \frac{dP}{dV}$$

Minimale Grenze für ein Gas-Fließgeschwindigkeit

$$a_{Emin}^2 = \min \left(\frac{1}{\kappa_E \rho_E} \right) = \frac{\eta P}{\rho_e}$$



$$a_{Emin} > \sqrt{\frac{\eta P}{\rho_e}} = 10 \frac{m}{sec}$$

z.B.

$$\rho_e = 10^3 \frac{kg}{m^3}$$

$$\eta = 1$$

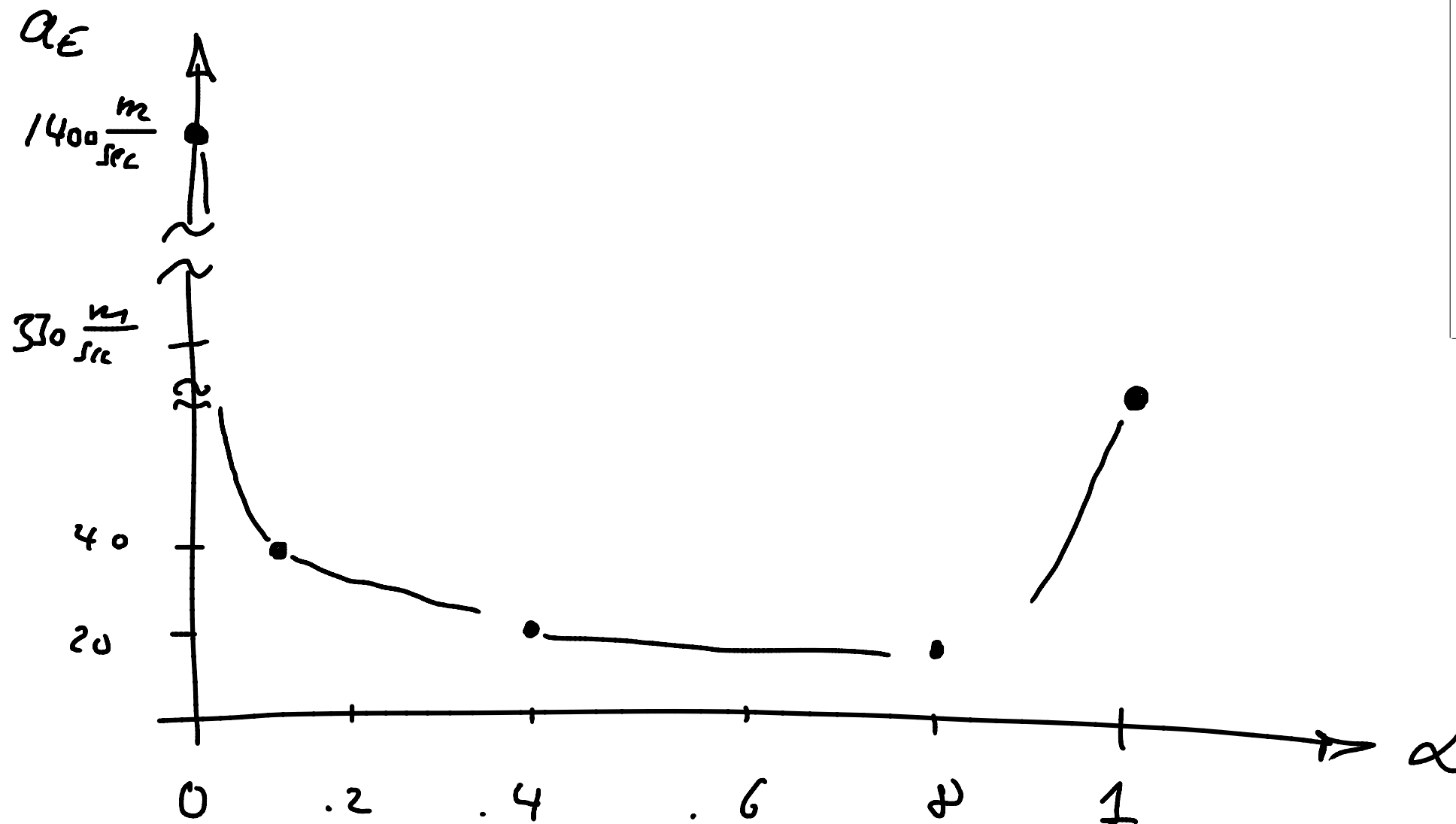
$$P = 1 bar = 10^5 Pa.$$



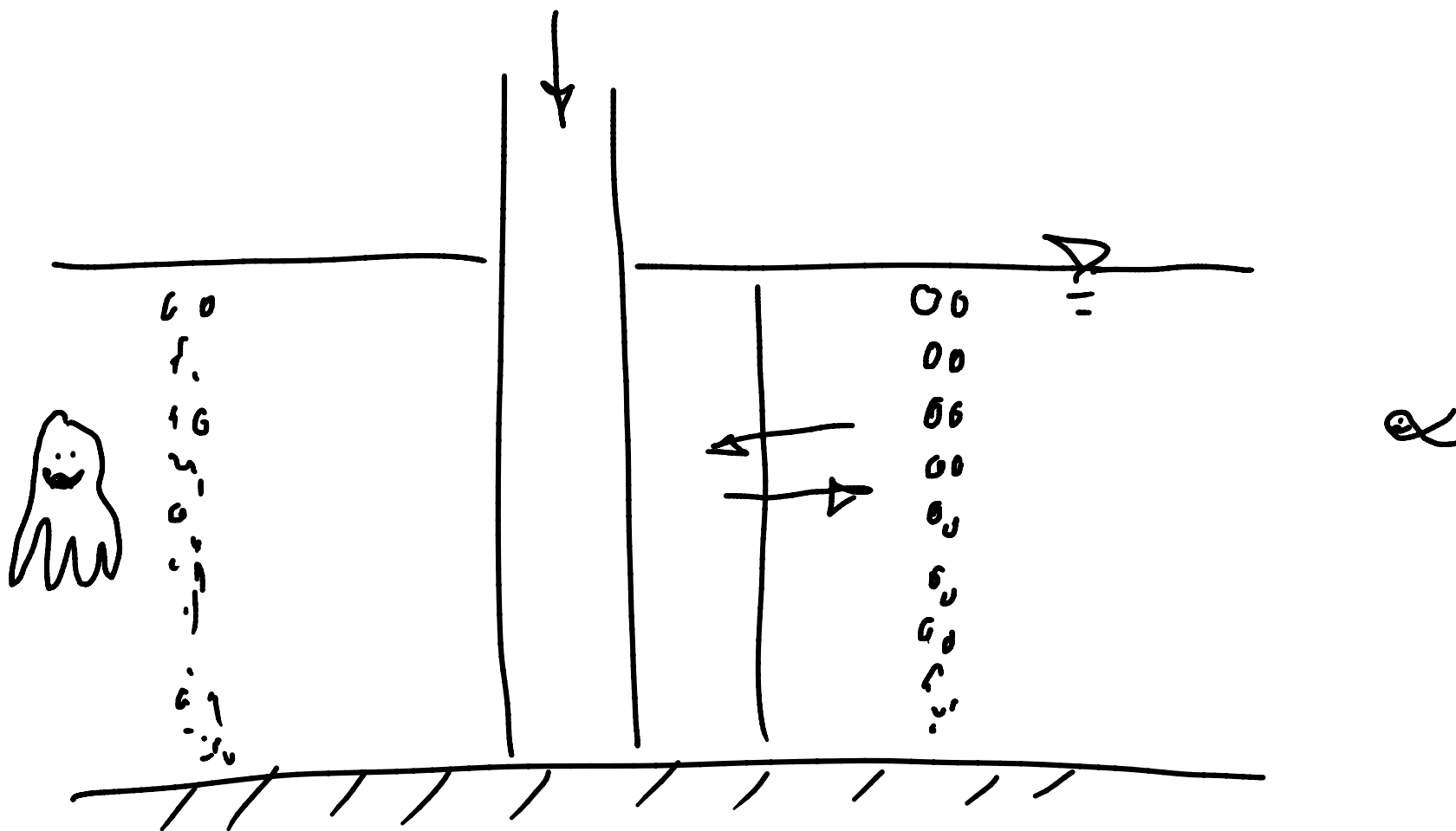
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Grundlagen der
Turbomaschinen und
Fluidsysteme



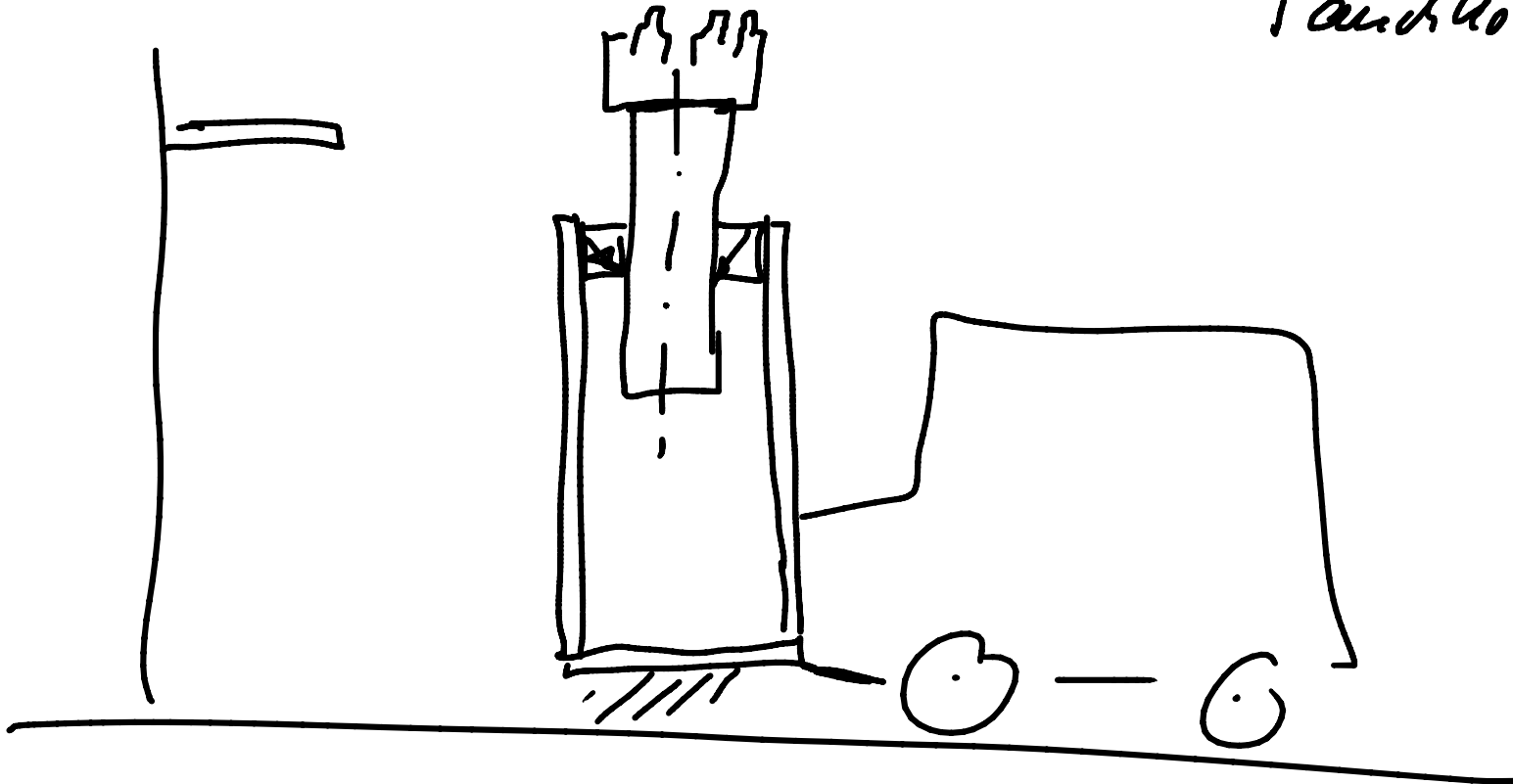
vgl. Christopher Brennen } pdf. steht zum
 Multiphase Flow } Herentelied zur
 Caltech } Uspis



Schönes Beispiel für selbststopp Schutz



Stick-Slip-Bezug bei einem Plunger-Kolben
Tandkolben



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Grundlagen der
Turbomaschinen und
Fluidsysteme

Prof. Dr.-Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2012
Vorlesung 8 F 140