Kontigleichung

$$\int_0^L \mathcal{K}_{eff} \frac{\partial p}{\partial t} \rho A \, ds - \dot m_1 + \dot m_2 = 0.$$

$\mathcal{K}_{eff} := \mathcal{K}_A + \mathcal{K}_\rho$ Nachgiebigkeit.

$\mathcal{K}_A := \frac{1}{A} \frac{\partial A}{\partial p}$ Nachgiebigkeit der Rohrleitung.

$\mathcal{K}_\rho := \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial p}$ Nachgiebigkeit der Flüssigkeit.

$\frac{1}{\mathcal{K}_\rho} = \underline{\underline{K}}$ Kompressionsmodul.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

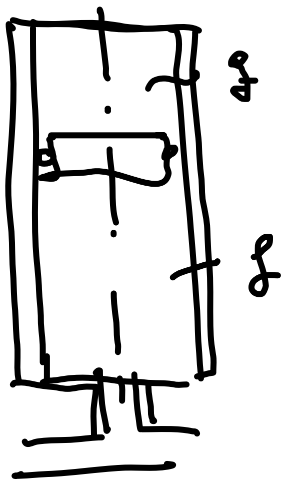
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 7

Spezialfall Hydrostatik

$$V\kappa_{eff}\,\dot{p} - Q_1 + Q_2 = 0$$

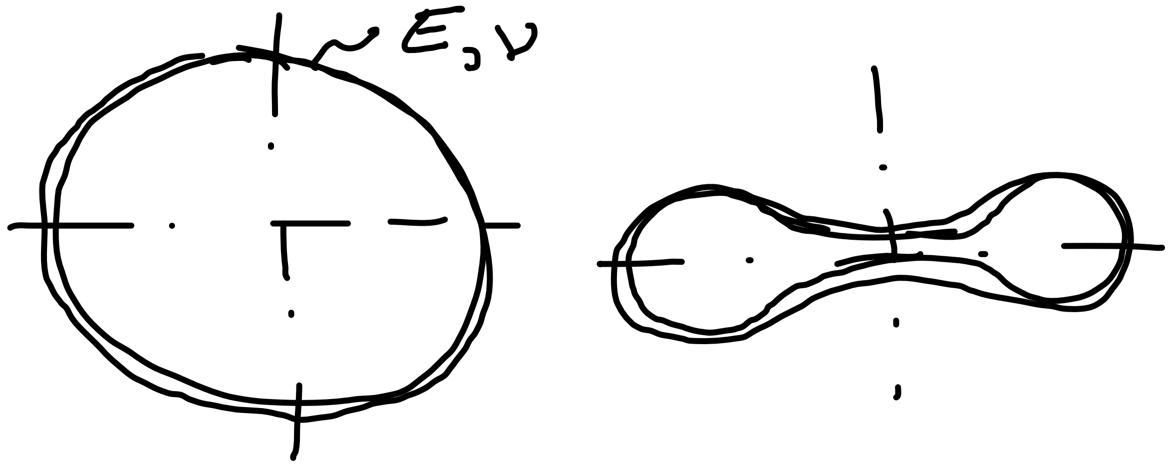
Druckaufbaugleichung.

$V\kappa_{eff}$ hydraulische Kapazität.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Biologie



Bestimmung der effektiven Nachgiebigkeit

1. Analytisch. (2) z.B Kesselformel

$$\mathcal{K}_A = \frac{2}{E}\,\frac{R_0}{e_0} \qquad \frac{R_0}{e_0} \gg 1$$

$$\mathcal{K}_\rho = \frac{1}{\rho}\,\frac{\partial \rho}{\partial p}\bigg|_s$$

$$= \frac{1}{\gamma p} \quad \text{für ein Gas}$$

$$\mathcal{K}_\rho = \frac{1}{K} \quad \text{für ein Flüssigkeit}$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 7

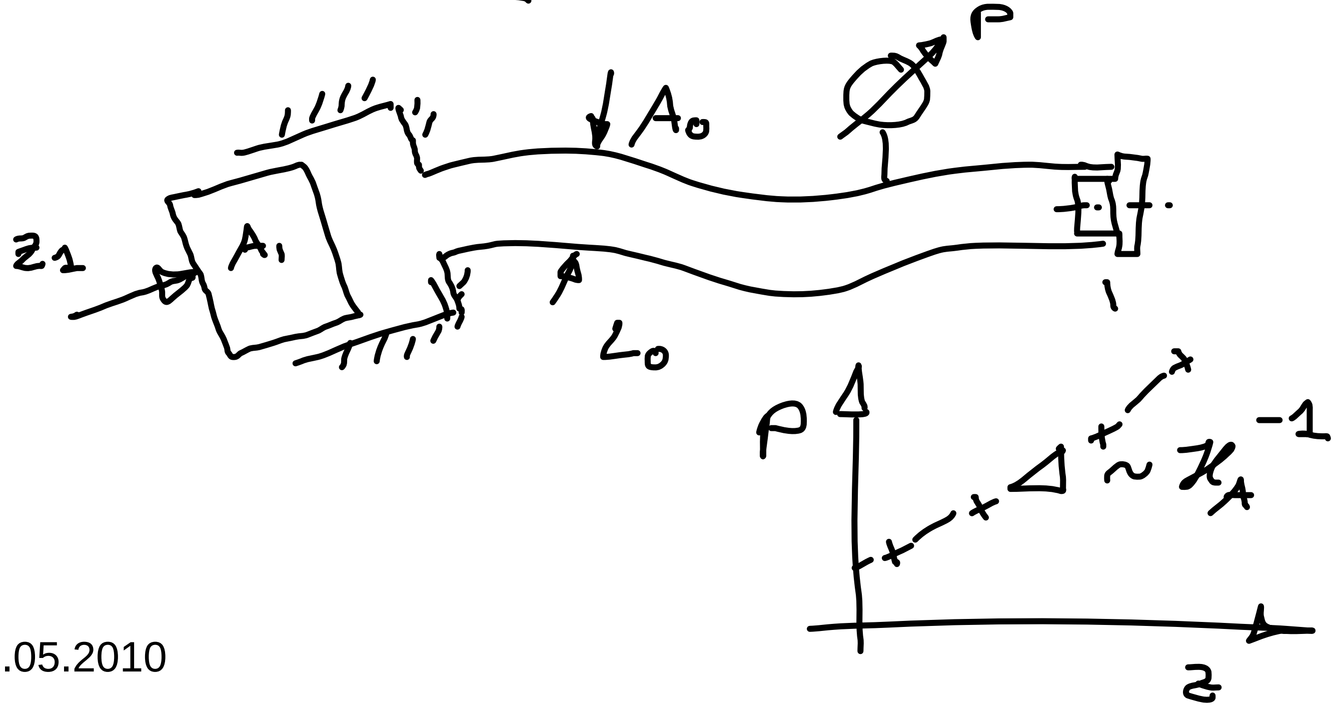
2. Experimentell

3. Numerisch (Finite Elemente Berech.)

4. Literatur. 1

Identisch. 3

Zum Experiment.

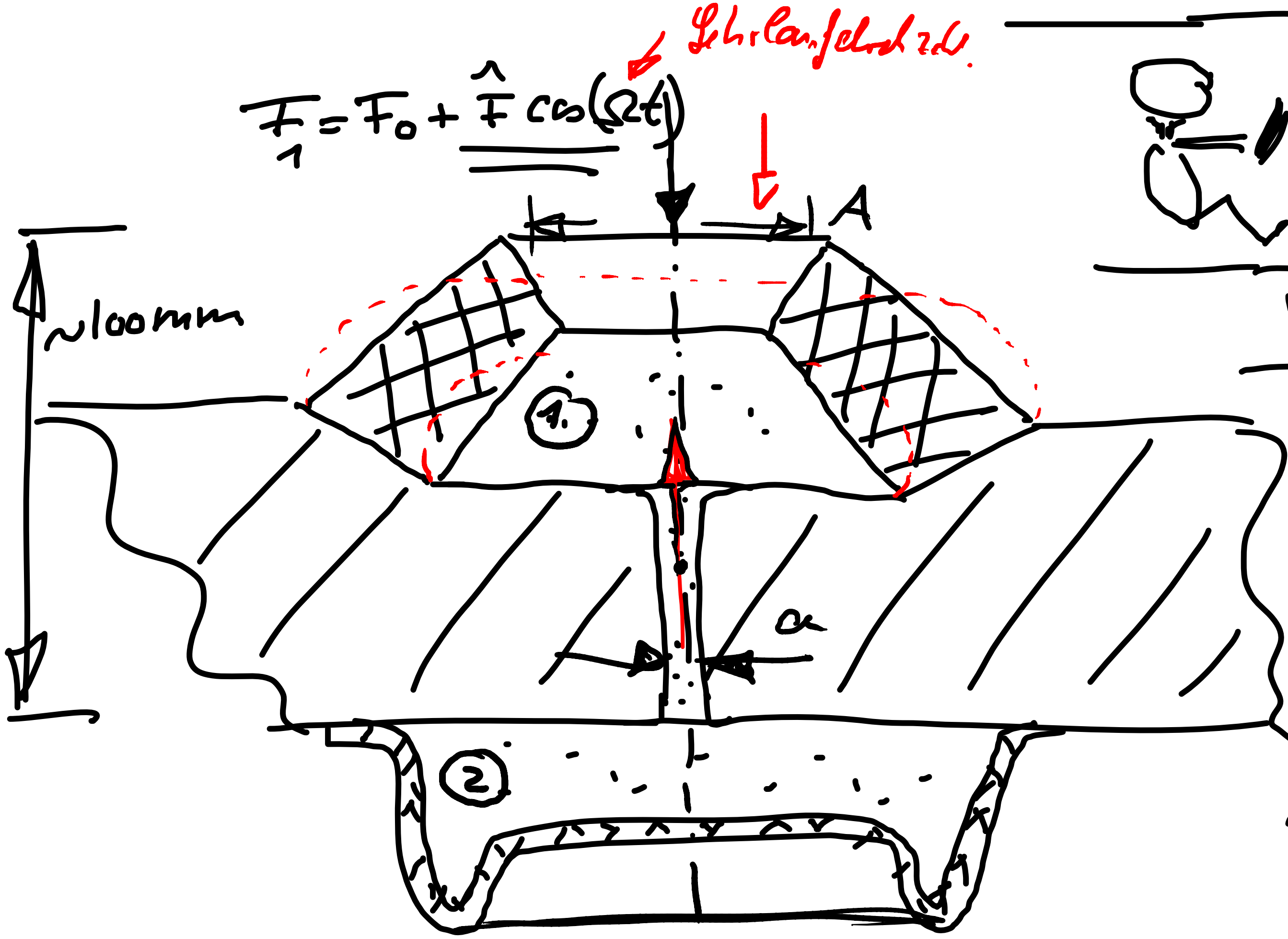


TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 7

Beispiel: Hydraulische Motorlager



$F_2 \ll F_1$

Wunsch hinsichtlich des dynamischen Ablaufs.

(1) Druck ist homogen. Strömungsgeschwindigkeit ist vernachlässigbar klein im Vergleich zur Strömungsgeschw. im Kanal

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

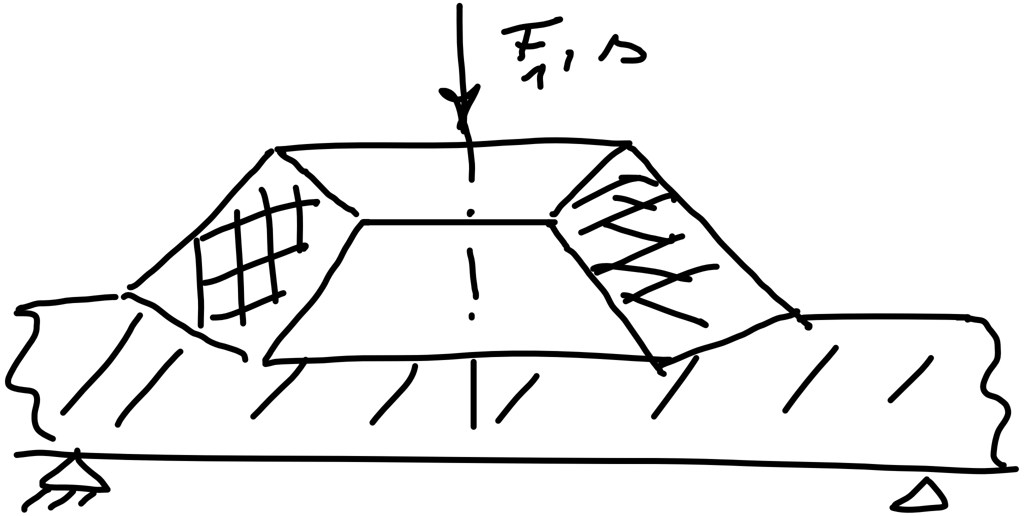
Sommersemester 2010

Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme

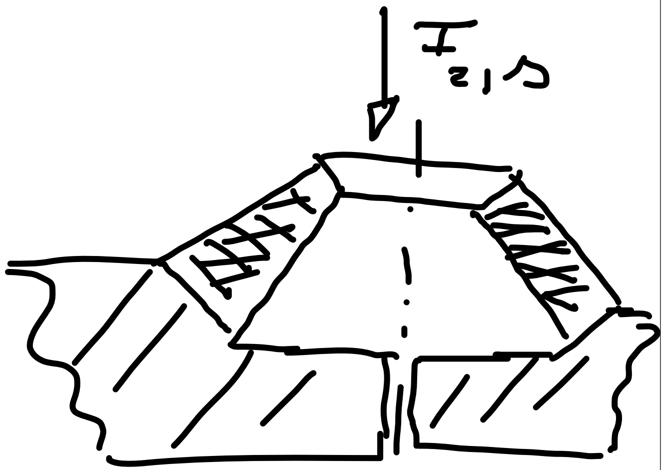
Vorlesung 7

(2) Im Raum (2) ist der Druck gleich dem Umgebungsdruck.

Annahme: Vernachlässigbarer Drucksprung über die Membran.



1. Versuch: Eingeschlossene Flüssigkeit.

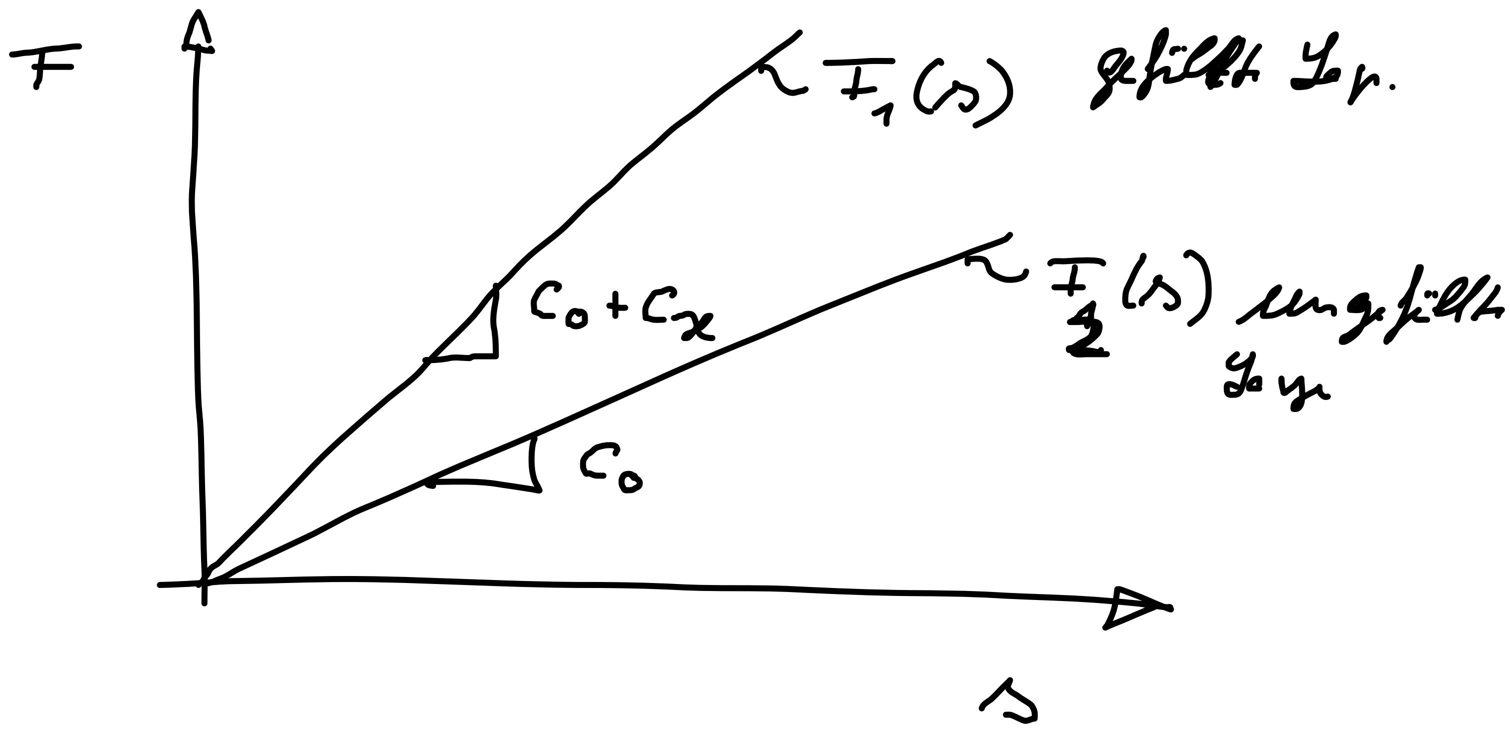


2. Versuch: Ungefüllter [illegible]

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 7



c_0 Grundsteifigkeit des Lagers

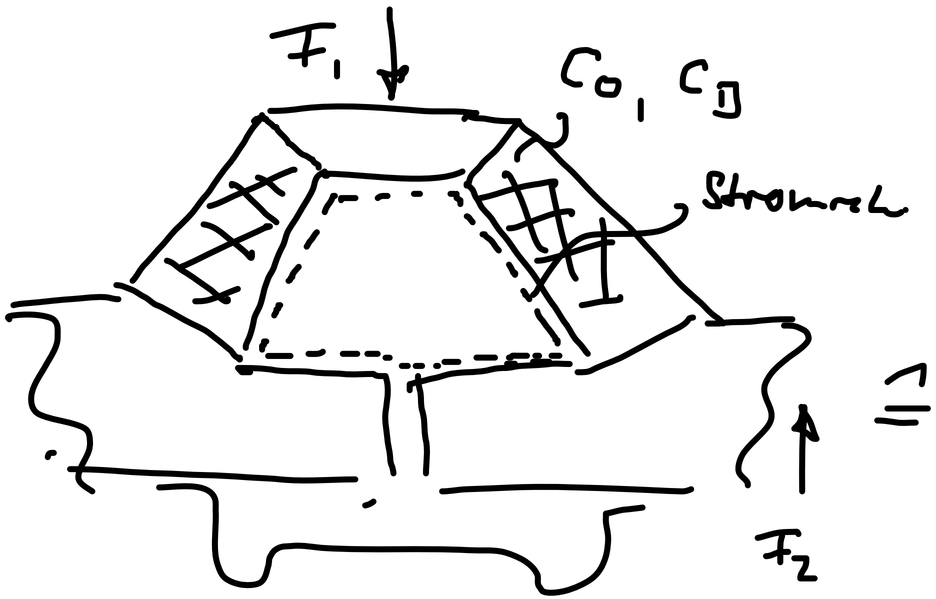
c_x Balgsteifig. des Lagers

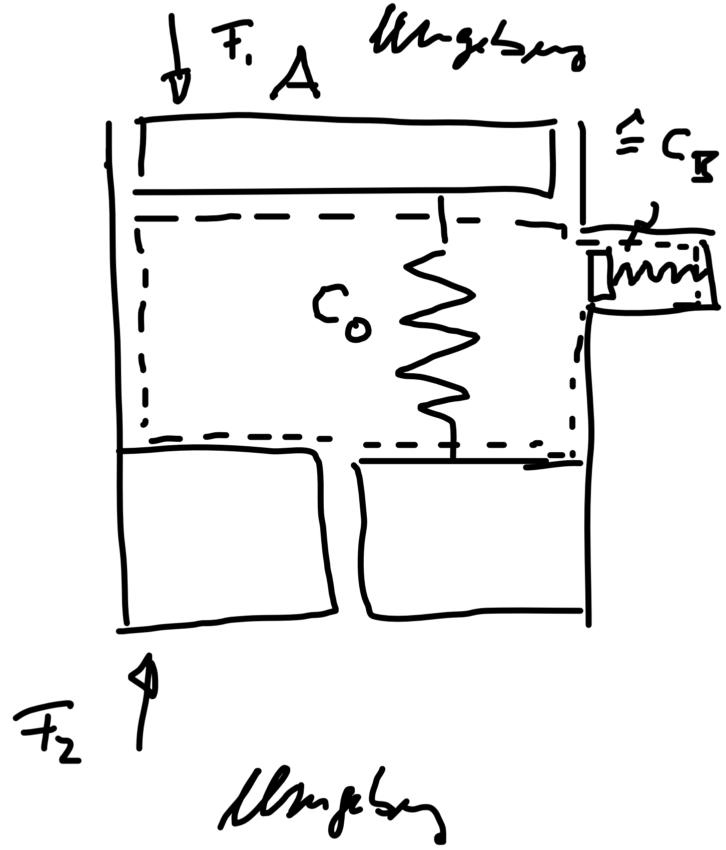
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 7



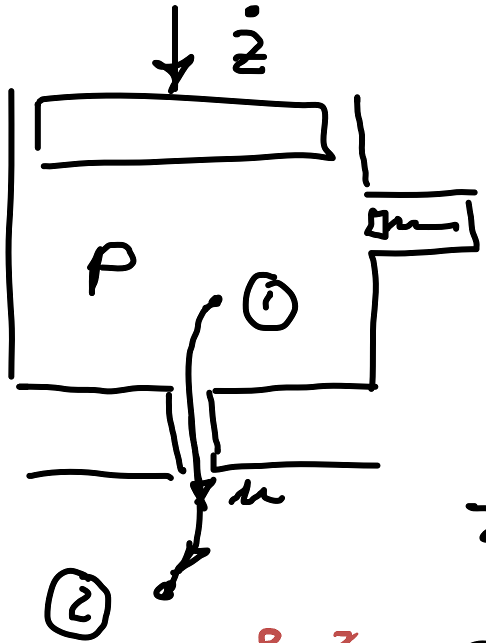


Bestimmung von A über
Versuch / FEM

$$V_{\text{eff}} = ?$$

$$V_{\text{eff}}\,\dot{p} - Q_1 + Q_2 = 0.$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK



1. Stromröhre

$$\dot{p}\, V \varkappa_{eff} - A\dot{z} + a u = 0.$$

Zweite Gleichg Bernoullische Gleichg.

2. Stromröhre.

$p_2 = p_u = 0$

$$\cancel{\frac{\rho}{2}u_1^2} + p_1 = p_2 + \underbrace{\int \rho \dot{u}\, ds}_{0} + \cancel{\frac{\rho}{2}u_2^2} + \Delta p_V$$

$\frac{\rho}{2}u_1^2 \ll p_1$, $\frac{\rho}{2}u_2^2 \ll p_1$

Einfache Regel: Wenn $\frac{D\rho}{Dt} = 0$, dann ist $\boxed{\rho = \text{const}}$

längs jeder Bahnlinie, wo $p_u \equiv 0$.

~~Dann braucht die~~

Die Energiegleichung und die Impulsbilanz ist getrennt lösbar. $p = \rho R T$ wird nicht benötigt

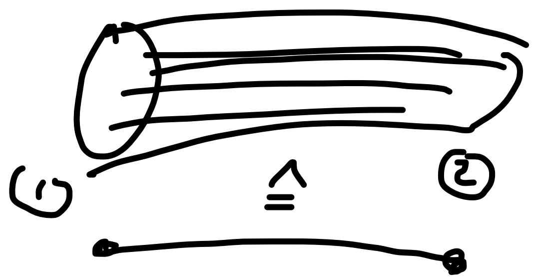
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 7

$p_1 = p$

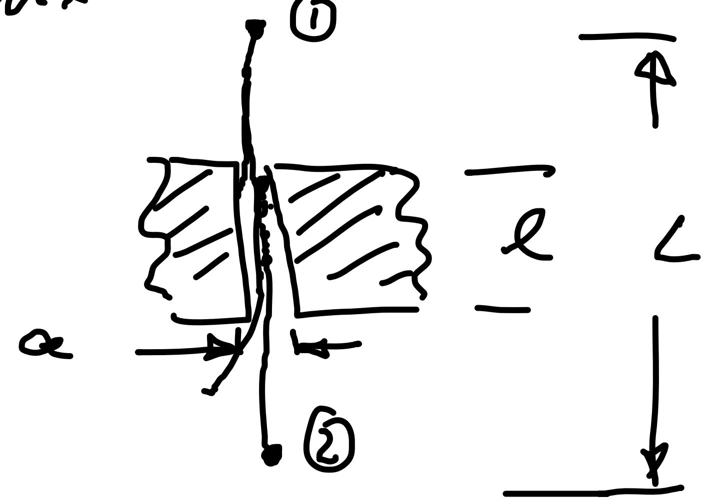
$p_2 = p_u \equiv 0$



$\Delta p_v = \frac{\varrho}{2} u|u| \zeta$ Druckverlust

ζ Verlustziffer.

$u \approx 0$



$\int_0^L \varrho g \, ds = \varrho g L$

$p = \varrho g L + \frac{\varrho}{2} u |u| \zeta$

$u \approx 0$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 7

$$V \varkappa_{ff} \dot{p} - \dot{z} A + u a = 0$$

$$p = \rho \dot{u} l + \frac{\rho}{2} u |u| \zeta$$

$$V \varkappa_{ff}\, p - z A + \xi a = \text{const} \stackrel{!}{=} 0$$

$\dot{\xi} = u$ $\quad$ ξ ist Bahnkoordinate eines Teilchens im Kanal.

$$V \varkappa_{ff} \left(\rho \ddot{\xi} l + \frac{\rho}{2} \dot{\xi} |\dot{\xi}| \zeta \right) + \xi a = z A$$

$$\ddot{\xi} + \frac{1}{2} \frac{\zeta}{l} \dot{\xi} |\dot{\xi}| + \xi \frac{a}{V \varkappa_{ff} \rho l} = \frac{A}{a} \frac{a}{V \varkappa_{ff} \rho l} z$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 7

Eigenfrequenz des Systems

$$\omega^2 = \frac{a}{\underbrace{V \varkappa_{ff}}_{G} \varrho l}$$

∇ Ω aufgeprägte Freq.

ω Eigenfrequenz Δ

$$\ddot{\zeta} + \underbrace{\frac{1}{2}\frac{\zeta}{l}}_{\text{Dämpfungsterm.}} \dot{\zeta}|\dot{\zeta}| + \omega^2 \zeta = \frac{A}{a}\omega^2 z$$

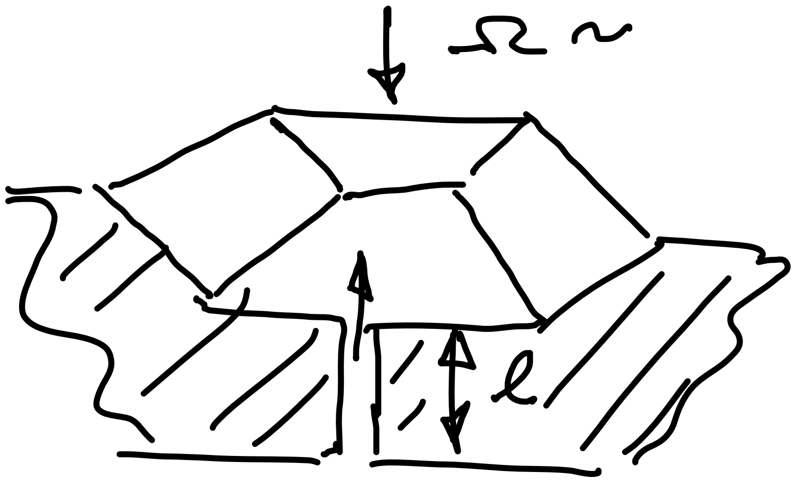
Nichtlinear, da

$$\left(\Delta p_v = \frac{\varrho}{2} u^2 \zeta\right)$$

trägheitsdominiert

~~Dr~~ Reibung.

hydraulische Übersetzung



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 7