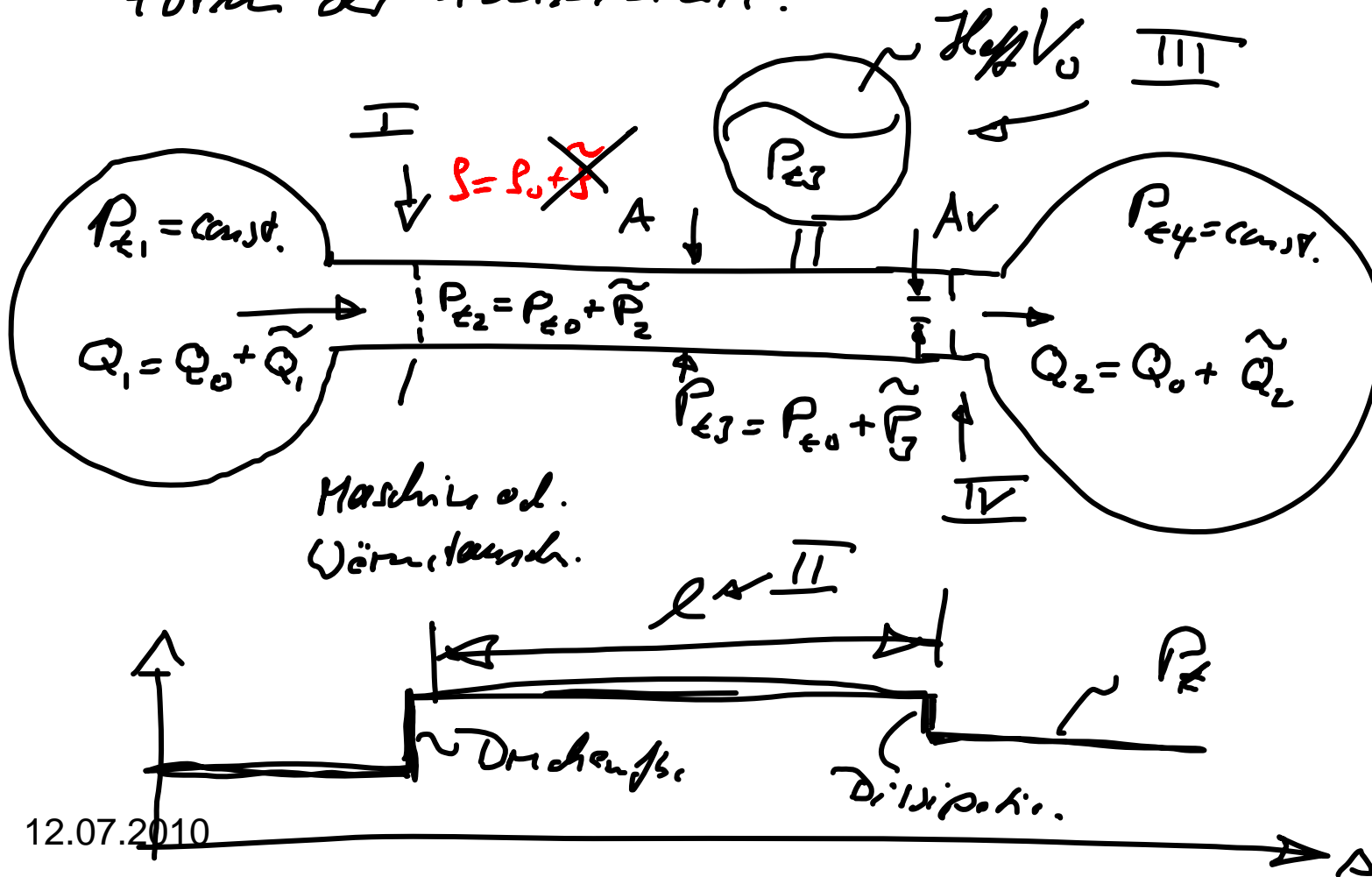


Instabilitäten / selbstangeregte Schwingungen

Selbstangeregte Schwingung durch die Form der Kennlinie.



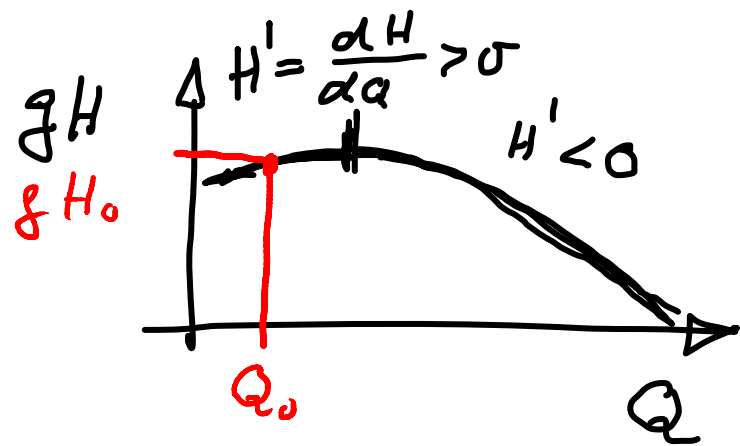
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

FLUID
SYSTEM
TECHNIK



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 23

I Kernlinie



$$H(Q)|_0 = H(Q_0) + H' \tilde{Q}(t)$$

$$gH := h_{t2} - h_{t1}$$

Wärmtauscher

$$gH = \frac{\dot{Q}}{m \cdot c_p}$$

Turboventil

$$gH = \frac{P_f}{m \cdot c_p}$$

$$P_{t2} - P_{t1} = \rho g H(Q_1)$$

I

$$\begin{aligned}
 & \cancel{P_{t20} - P_{t10}} + \cancel{P_2} = \cancel{(\rho_0 + \rho)} \rho g (H_0 + H' \tilde{Q}_1) \approx \cancel{\rho_0} \rho g H_0 + \rho g H' \tilde{Q}_1 \\
 & \cancel{P_2} = \rho g H' \tilde{Q}_1
 \end{aligned}$$



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

FLUID
SYSTEM
TECHNIK



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 23

II Trägheit, Induktivität (instat. Bernoulli)

$$P_{t2} - P_{t3} = \rho_0 \frac{l}{A} \dot{Q}_1 \quad \nabla \quad P_1 + \frac{\rho}{2} u_1^2 = P_2 + \frac{\rho}{2} u_2^2 + \int \rho u \, ds$$

$$\tilde{P}_2 - \tilde{P}_3 = \rho_0 \frac{l}{A} \dot{Q}_1$$

III Kapazität, Durchfluss, Kontinuität

$$\kappa_{eff} V_0 \dot{P}_{t3} - Q_1 + Q_2 = 0$$

$$\kappa_{eff} V_0 \tilde{P}_3 - \tilde{Q}_1 + \tilde{Q}_2 = 0$$



IV Vork (Bernoulli mit Verlusten,
Bernoulli Stoßverlust)

$$(P_{t3} - P_{t4}) = \frac{\rho_0}{2} \frac{Q_2 |Q_2|}{A_v^2}$$

$$\underbrace{\frac{\rho_0}{2} Q_0 \tilde{Q}_2}_{\text{linearisierte Druckl.}} + O(\tilde{Q}_2^2)$$

$$\nabla Q_2 = Q_0 + \tilde{Q}_2$$

$$Q_2^2 = \cancel{Q_0^2} + \underline{\underline{2 Q_0 \tilde{Q}_2}} + \cancel{\tilde{Q}_2^2}$$





~> Harmonische Ansatz für die
Störgröße

$$\tilde{p}_2 = \hat{p}_2 \exp(st)$$

$$\tilde{p}_3 = \hat{p}_3 \exp(st)$$

$$\tilde{Q}_1 = \hat{Q}_1 \exp(st)$$

$$\tilde{Q}_2 = \hat{Q}_2 \exp(st)$$

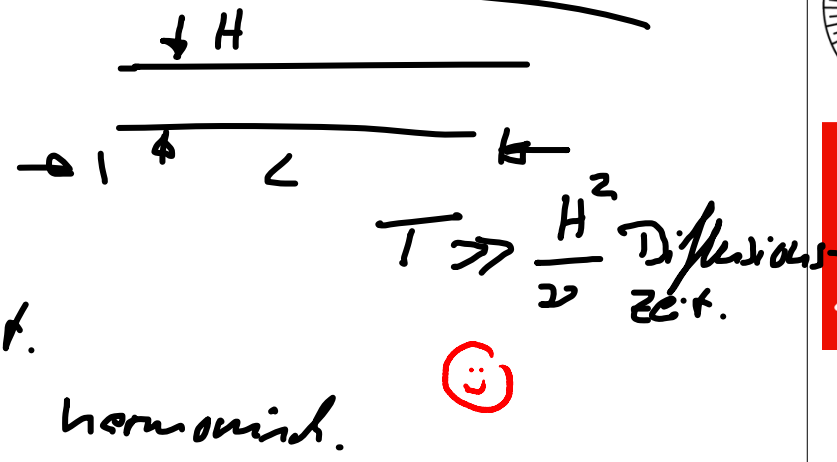
Einklinken in
die Skid
I, II, III, IV.

~> Eigenwertproblem
s Eigenwert.

$\text{Re}(s) > 0$ ~> Instabilität

Identifikation der Strömungsform über dimensionslose

Produkte



Zeitverhalte

stationär
instationär

quasistationär
stoßhaft / laufhaft.
periodisch

harmonisch.

$T \gg \frac{H^2}{2}$ Diffusionszeit

Komprim.

inkompressibel
quasikompressibel

elastische Wölle
freie Oberflächen
mehrfach

UND

$\alpha_E^2 \gg \bar{n}^2$
 $\alpha_E^2 \gg \left(\frac{L}{T}\right)^2$

Dampf / Flüssig

Materialeig.

kompressibel

reibungslos
rotational

Newtonisch / Bingham
viskoelastisch

$T \ll \frac{H^2}{2}$



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

FLUID
SYSTEM
TECHNIK



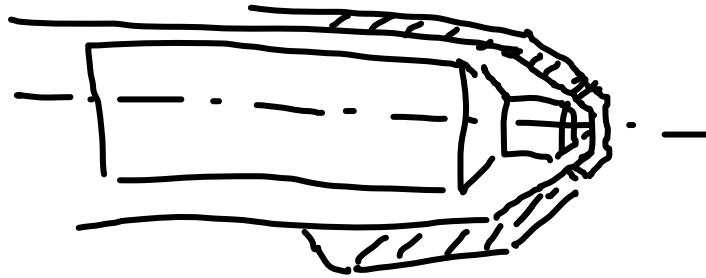
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 23

Anwendungsbeispiel:

Eispritzdüse

$$u \sim 20 \text{ m/sec}$$

$$T \sim .01 \text{ msec}$$



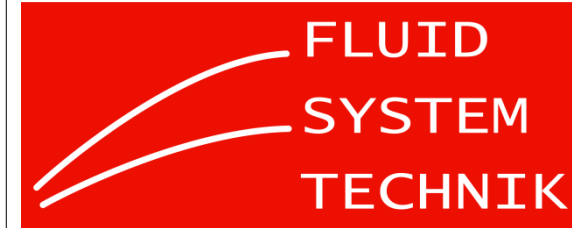
$$a_E^2 \gg u$$

$$a_E \sim 10^3 \frac{\text{m}}{\text{sec}} = a_E \gg \frac{L}{T} \sim 2000 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

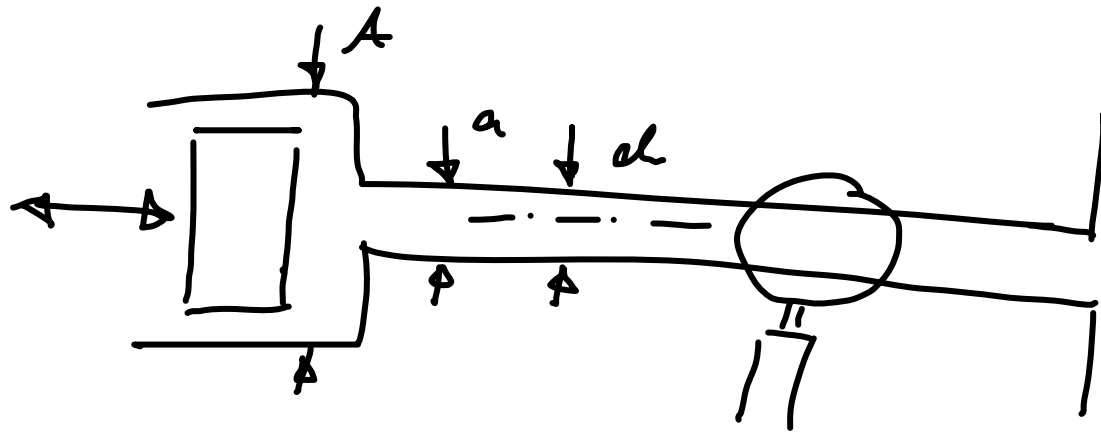
\leadsto kompressible Ström.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 23



▽ Stichpunkt

Virbeldiffusions-
gleichung

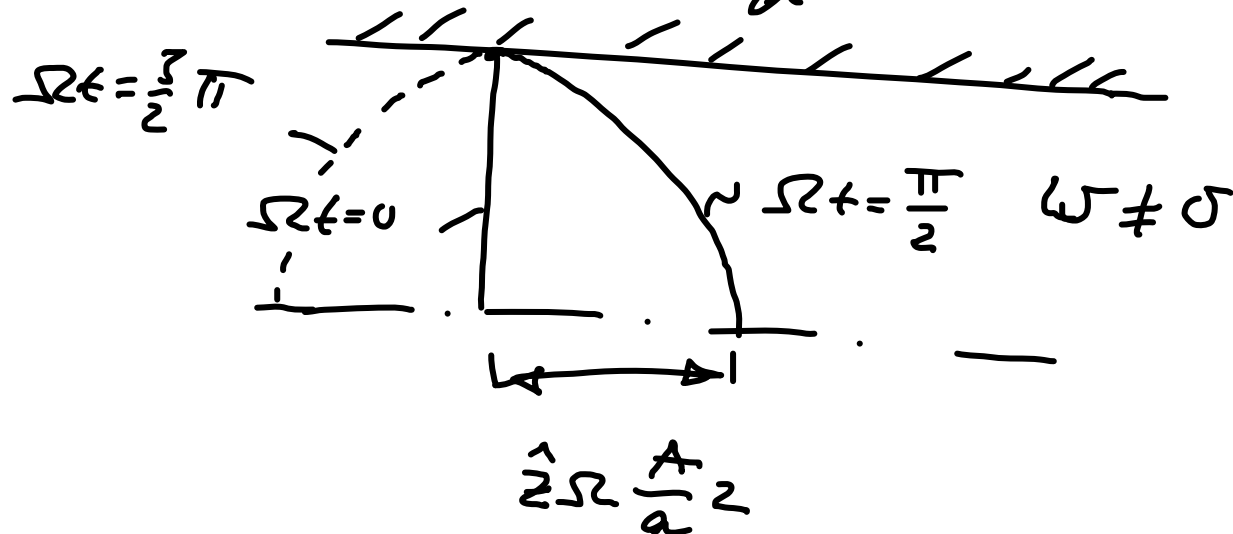
$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = \nu \Delta \omega$$

ω ist die Rotation

der Flüssigkeit.

$$\Omega \ll \frac{\nu}{a^2} \quad \text{Quorisation}$$

$$z = \hat{z} \cos(\Omega t)$$
$$\dot{z} = \hat{z} \Omega \sin(\Omega t)$$

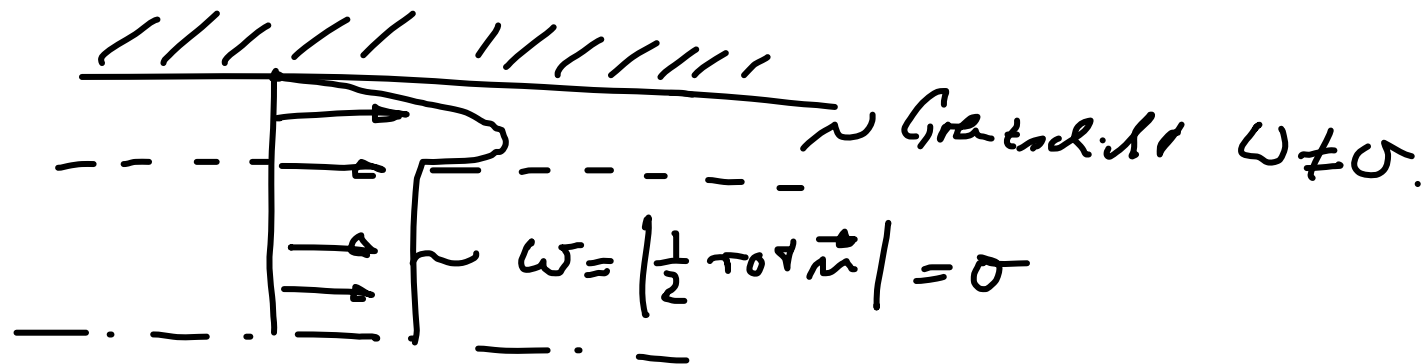


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 23

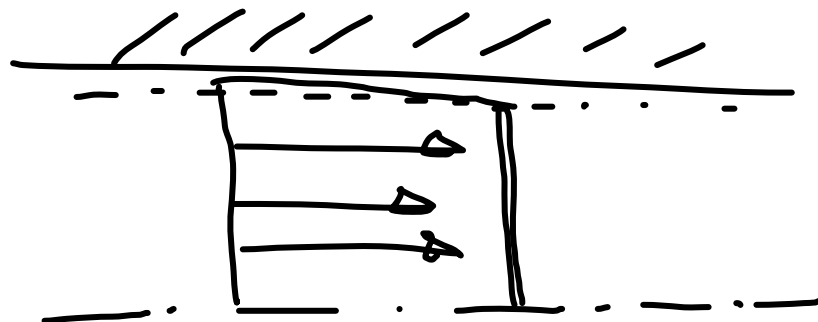


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 23

$$\Omega \sim \frac{v}{a^2}$$

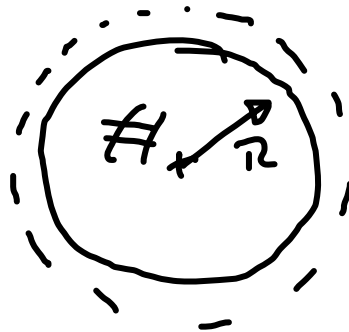


$$\Omega \gg \frac{v}{a^2}$$





1)



$$\vec{u} = \dot{R} \left(\frac{r}{R} \right)^2 \vec{e}_r$$

$\text{rot } \vec{u} = 0$ irrotational.

$\frac{dM_r}{dr} \neq 0 \Rightarrow \zeta_{rr} \neq 0.$

2)



$$\vec{u} = \Omega R \frac{r}{R} \vec{e}_\varphi$$

$\text{rot } \vec{u} = 0$ irrotational.

~~rot~~ $\zeta_{r\varphi} \neq 0.$

Zur Prüfung

Dauer ca. 45 min

5 min eigener Vortrag zu einem
Thema Ihrer Wahl.

Max 10 min

→ Wie gut können Sie ein Thema
erklären

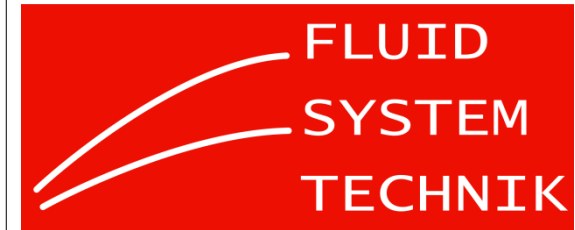
→ Sachliche Richtigkeit

→ kein Memorieren.

→ Erklärung mittels Skizzen / Zeichnungen.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

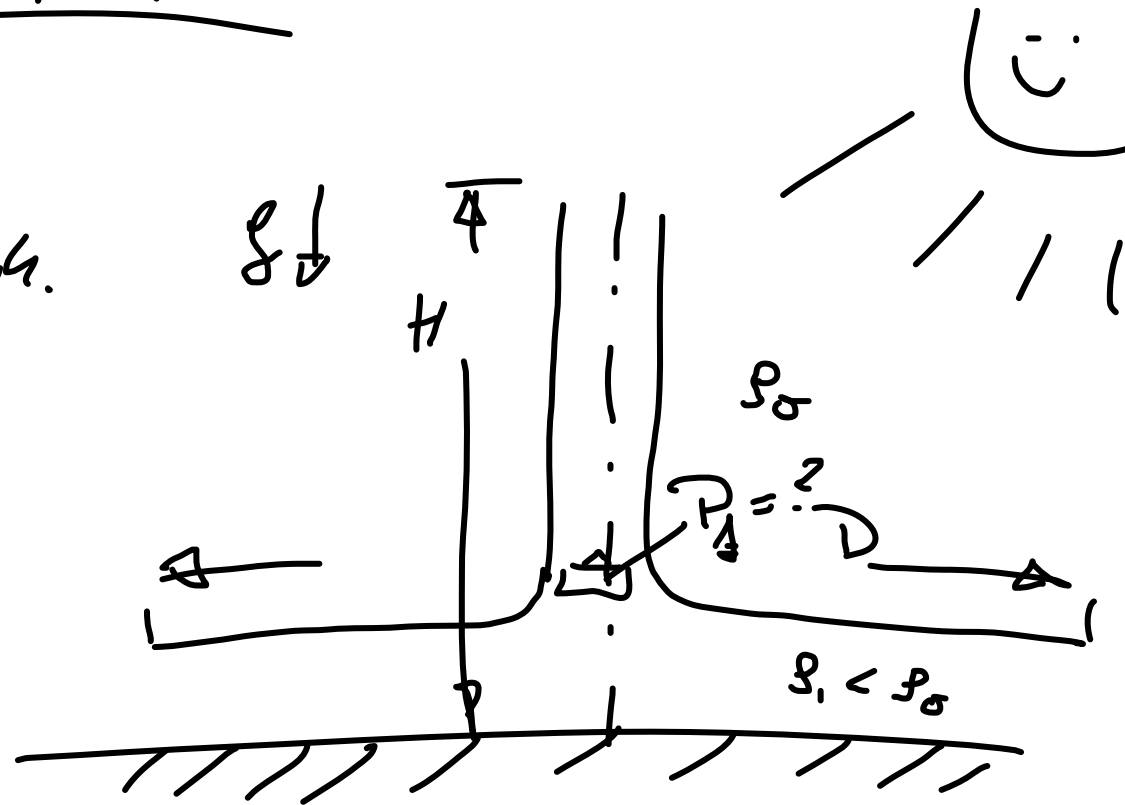


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 23



Typische Prüfungsfrage.

Aufwindkoeffizient.



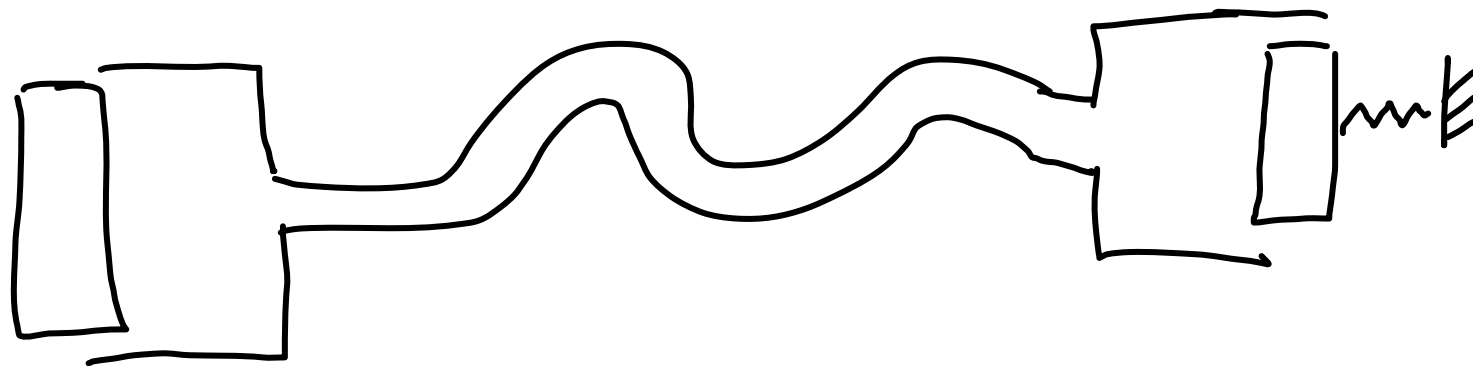
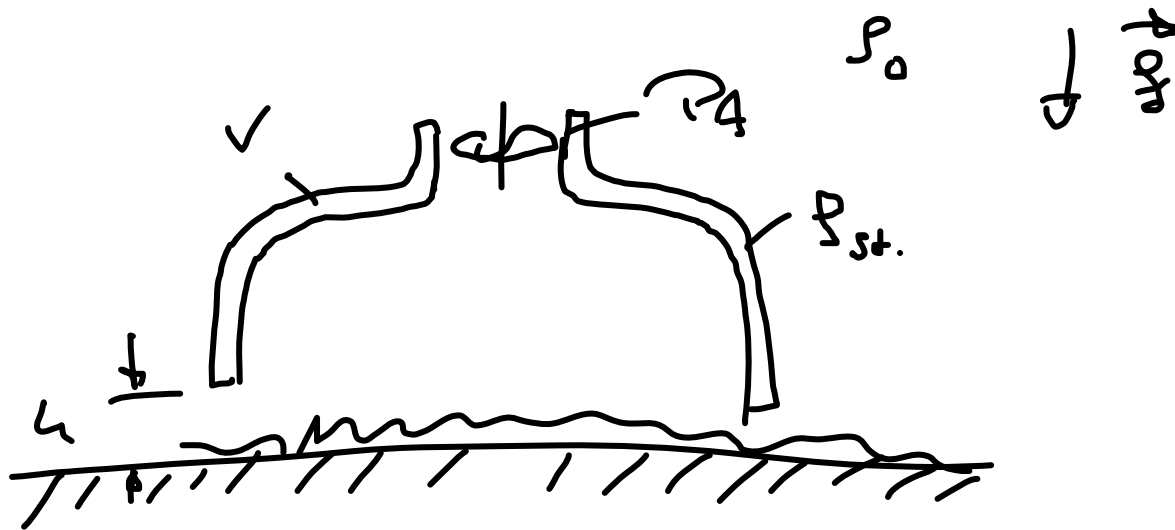
$$H = 100 \text{ m.}$$

$$p_d = f_v(H, D, p_1, p_0, v)$$

$$\sim \Pi_1 = \Pi_1(\Pi_2)$$

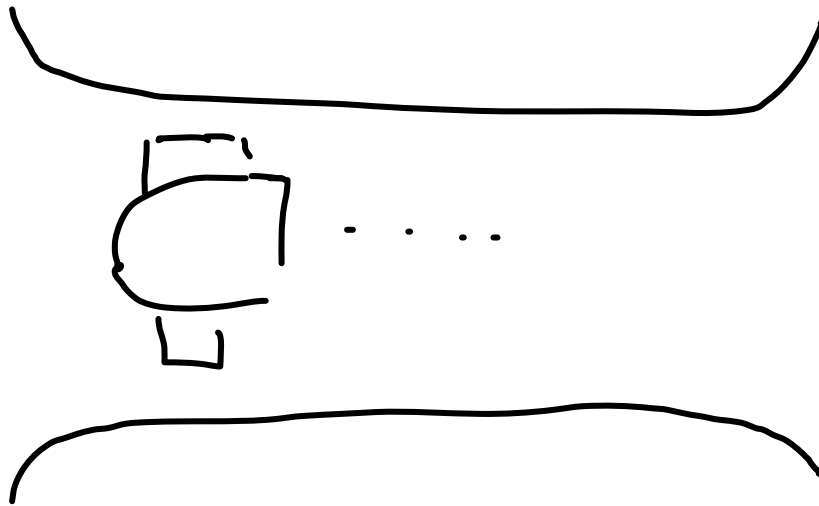


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 23

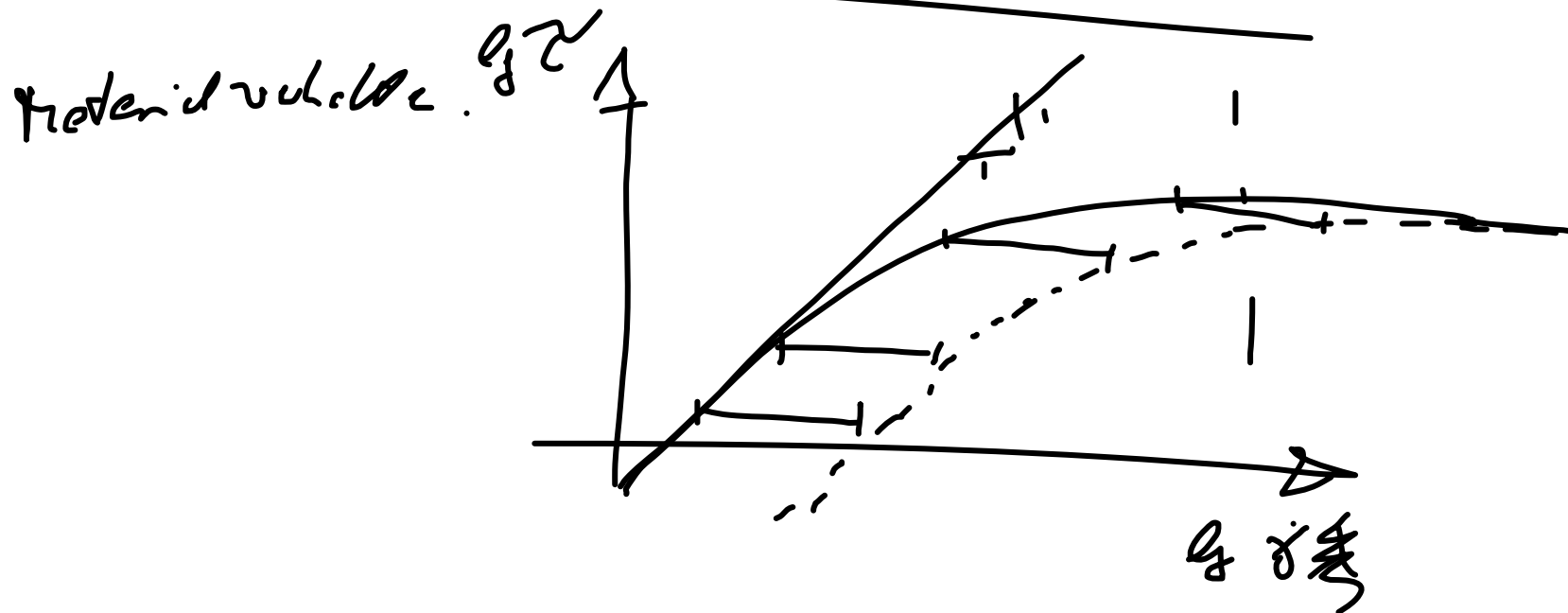


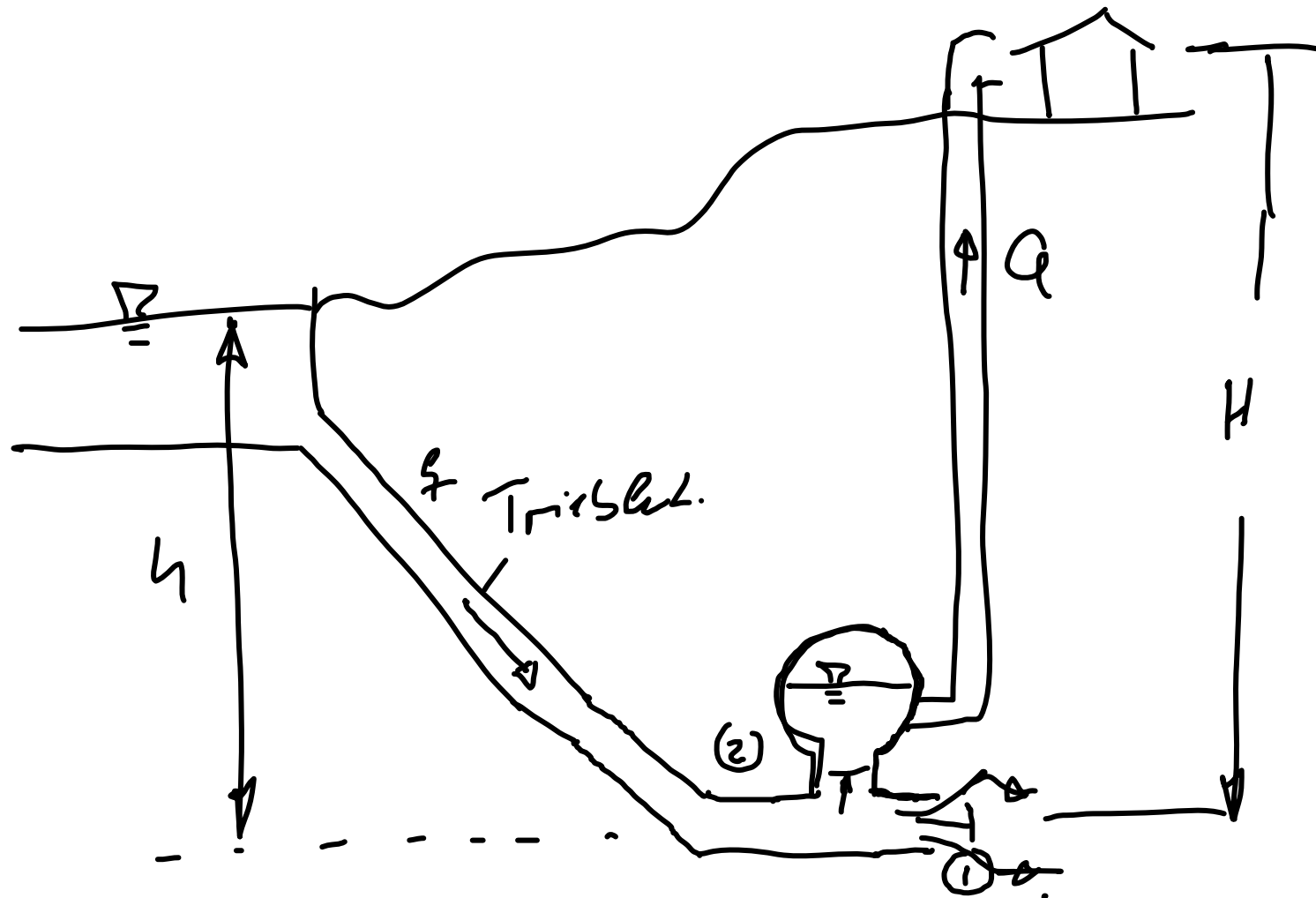


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 23



Beispiel zur
Stabilität.





$$\xi h \geq QH.$$

$$H > h.$$

(1) geht auf: \sim Beschleunigung des Fluids in der Tribel.