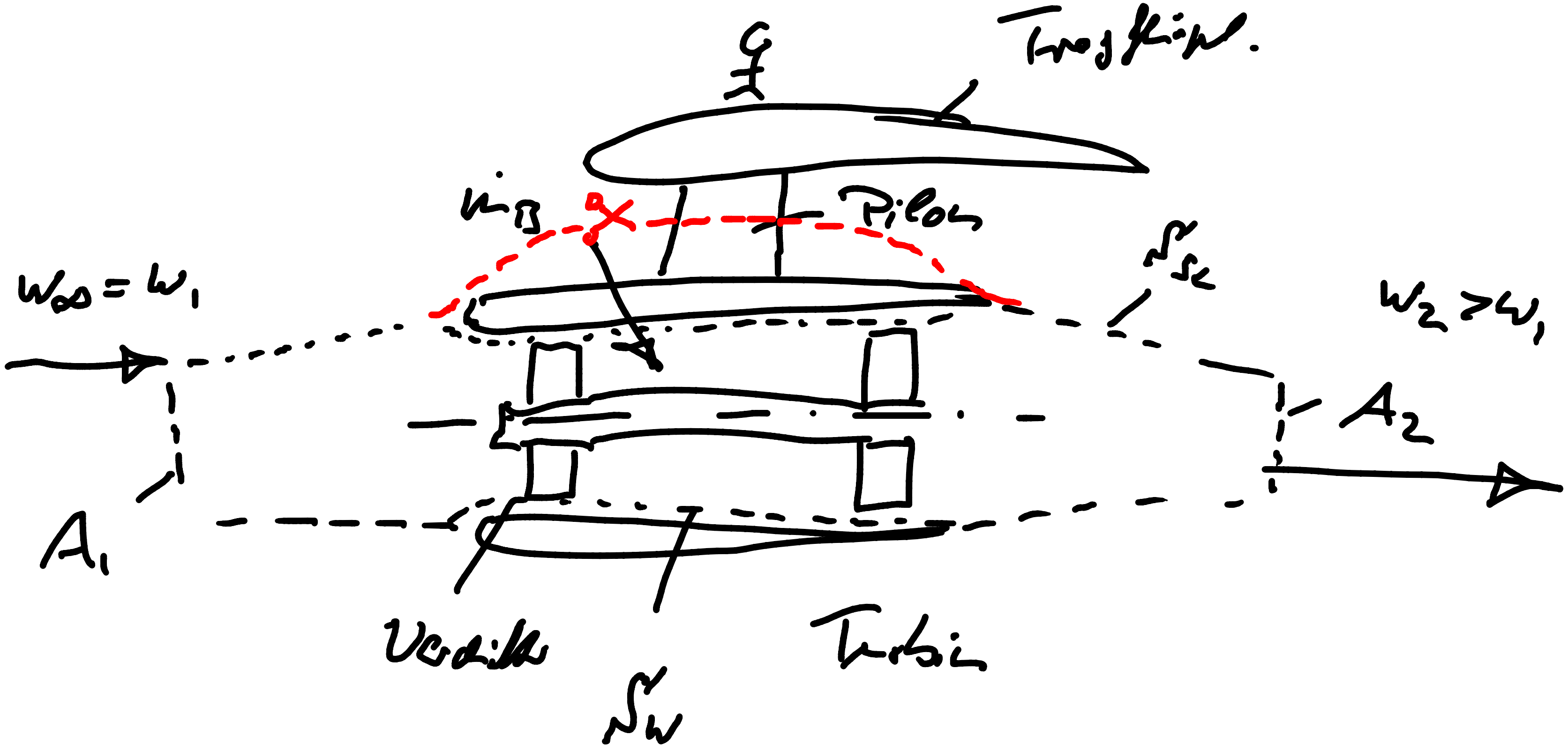
Zum Kontrollvolumen



$$\frac{D\vec{I}}{Dt} = \underbrace{\int_{S_W} \vec{t}\, dS}_{-\vec{F}} + \int_{A_1 + A_2 + S_{SL}} \vec{t}\, dS$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 10

Bernoullische Gleichung / Verluste

Spezialfall inkompressible Strömung homogene Dichte.

$$\frac{\rho}{2} u_1^2 + p_1 + \rho g z_1 = \frac{\rho}{2} u_2^2 + p_2 + \rho g z_2 + \int_1^2 \rho \frac{\partial u}{\partial t} \, ds + \Delta p_v$$

Druckverlust: in letzter Konsequenz wird Energie vernichtet →

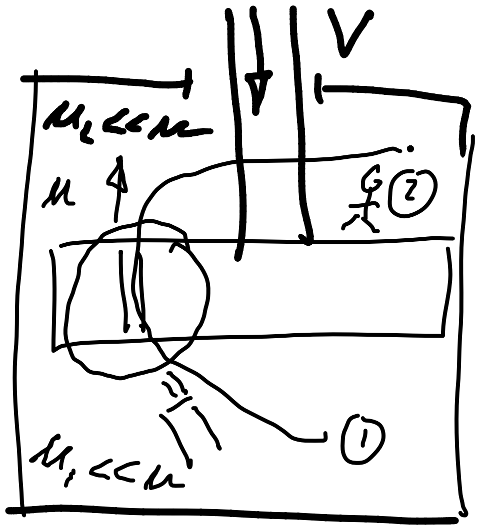
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 10

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Verluste
- Trägheitsverluste .... Zerreiben der Energie in kleine Wirbel.
- Viskose Verluste.

Stoßdämpfer, die auf der Basis von Trägheitsverlusten arbeiten:

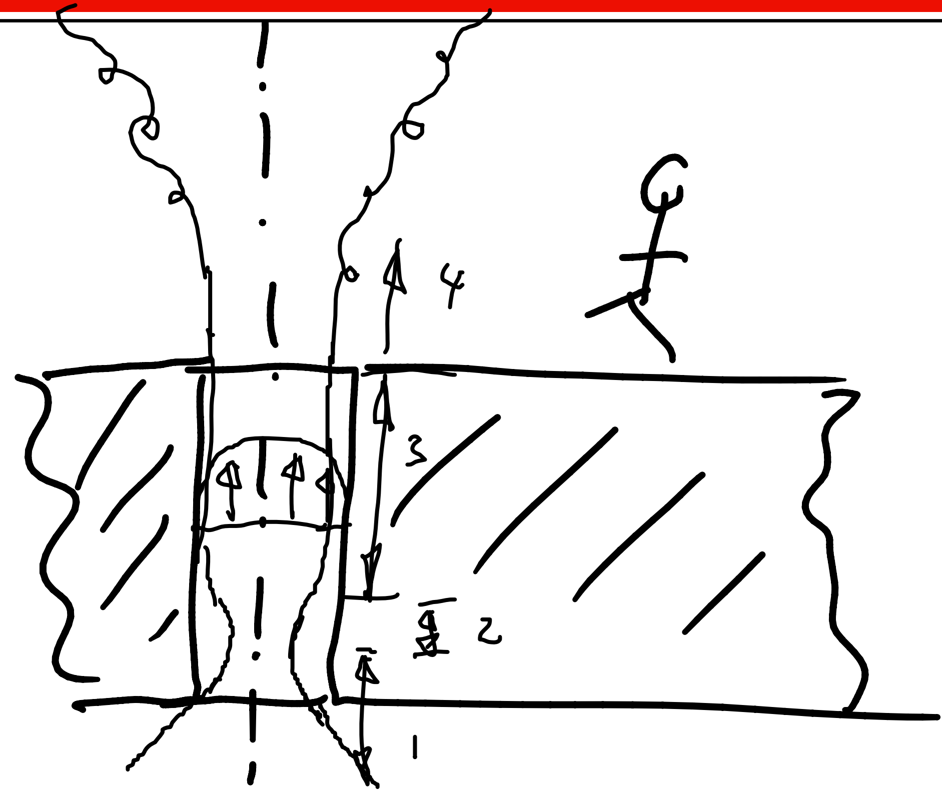


$$p_1 = p_2 + \Delta p_V$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

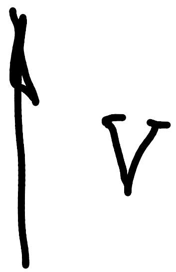
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 10

Freistrahl



$p_2 = p_1 - \Delta p_v$
$\parallel$
z

p_1



1. <u>Einlauf</u>: Düsenströmung
beschleunigte
Strömung
⇒ wenige Verluste

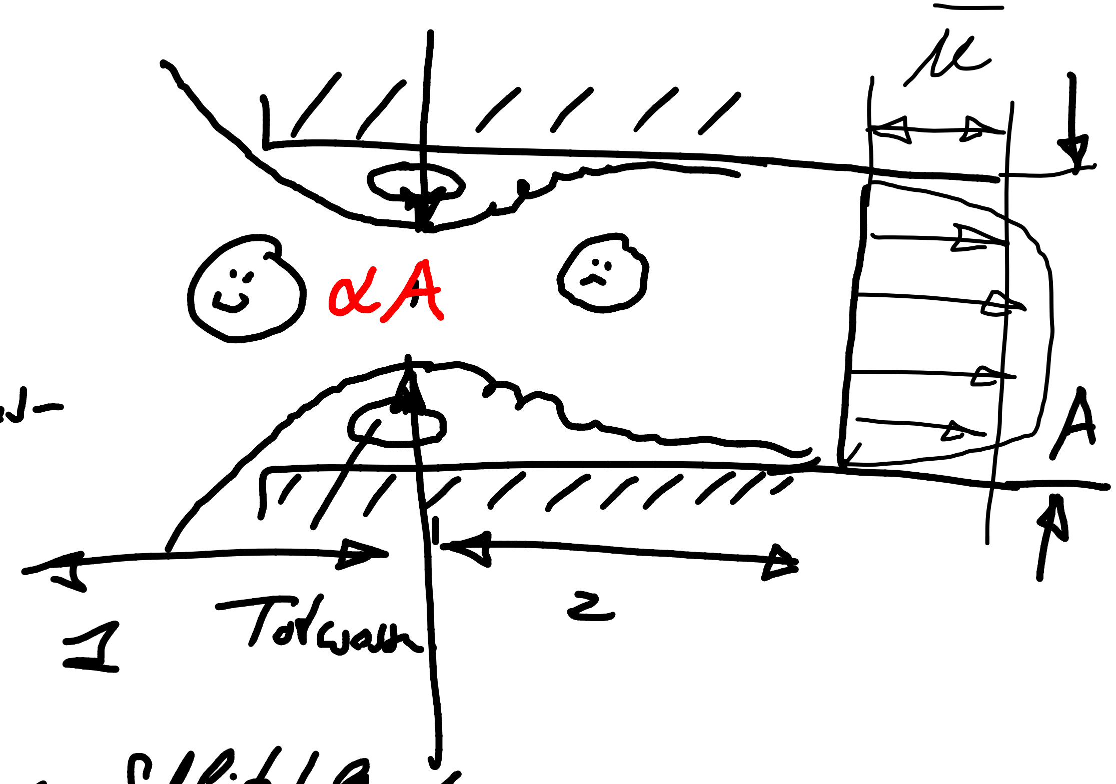
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die
Hydrodynamik
Vorlesung 10

2. Diffusorströmung

→ Trägheitseffekt

α Strahlkontraktionsziffer.



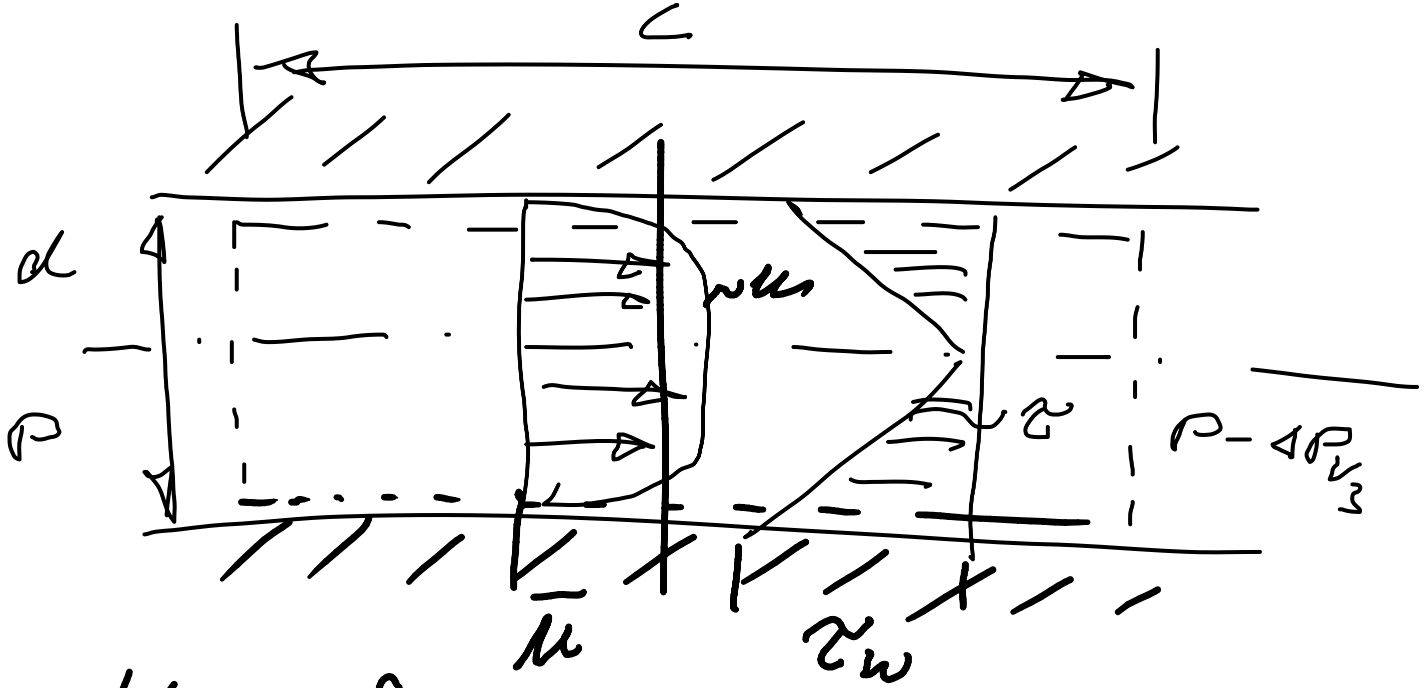
α = 0.59 für eine Schlitzblende

α = 0.61 für eine Bohrung.

$$\Delta p_{V_2} = \frac{\rho}{2}\bar{u}^2\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)^2.$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

3. Verlust innerhalb der Bohrung.



stationäre Strömung:

$$\Delta p_{V_3} \frac{\pi}{4} d^2 = \tau_w \pi d L$$

$=: \lambda$ Widerstands-ziffer.

$$\Delta p_{V_3} = \tau_w \, 4 \frac{L}{d} = \frac{4 \tau_w}{\frac{\varrho}{2} \bar{u}^2} \frac{\varrho}{2} \bar{u}^2 \frac{L}{d}$$

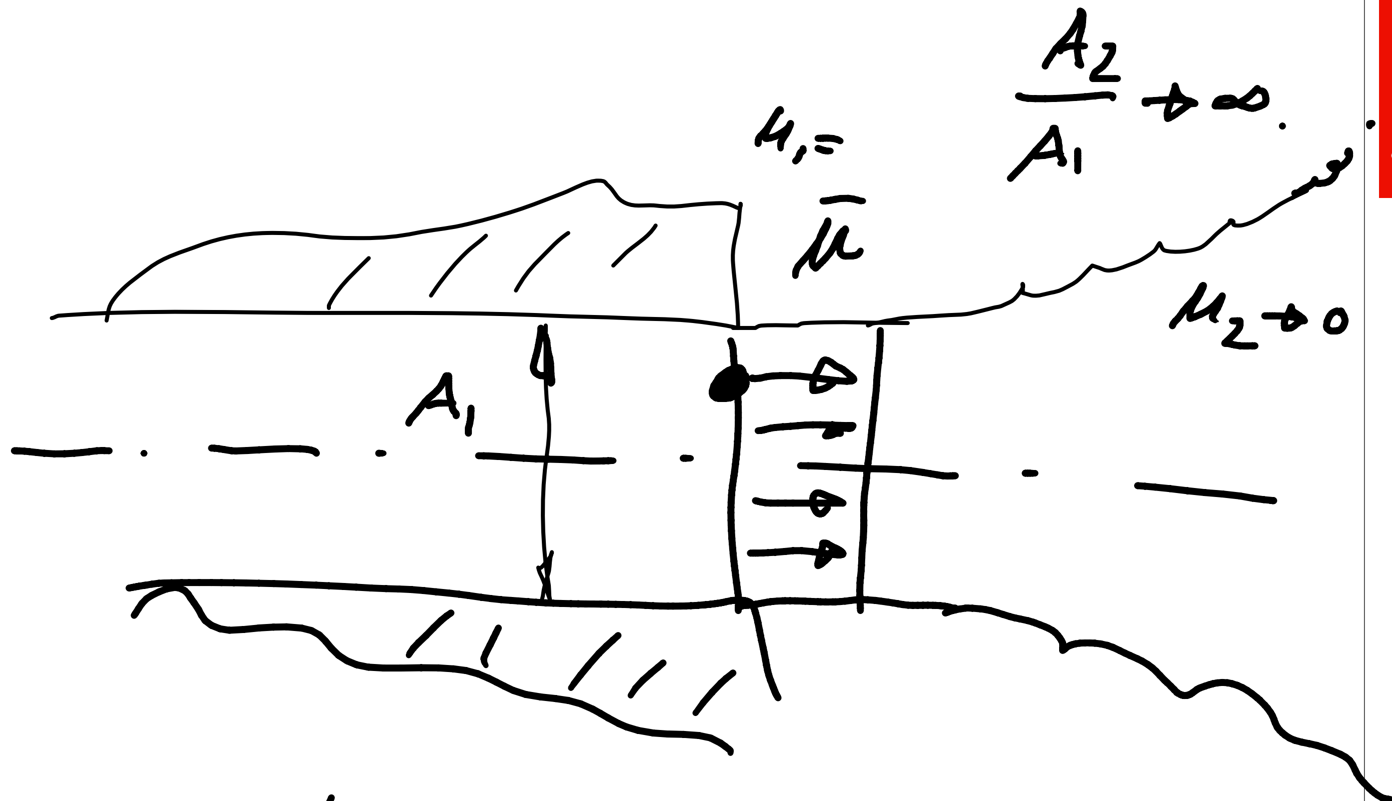
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 10

$$\Delta p_{v_3} = \frac{\rho}{2} \bar{u}^2 \lambda \frac{L}{d}$$

4.

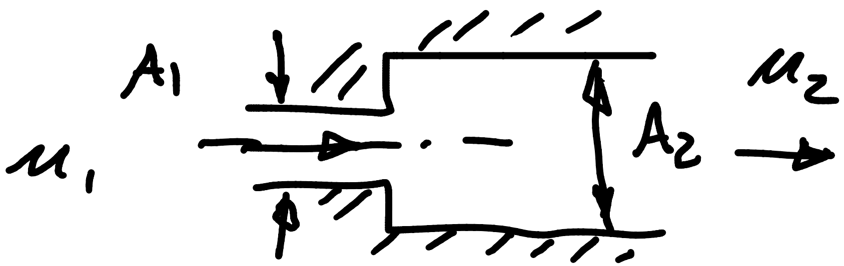


$$\Delta p_{v_4} = \frac{\rho}{2} \bar{u}^2$$

Ausströmverlust.

Carnotscher Stoßverlust / Ausströmverlust.

$$\Delta p_{v_4} = \frac{\rho}{2} (u_1 - u_2)^2$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 10

Einlaufverlust

$$\Delta p_v = \frac{\rho}{2}\bar{u}^2\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)^2$$

Reibungsverlust

$$\Delta p_v = \frac{\rho}{2}\bar{u}^2 \lambda \frac{L}{d}$$

Carnotscher Stoßverlust

$$\Delta p_v = \frac{\rho}{2}\left(u_1 - u_2\right)^2, \quad u_1 = \bar{u}$$

$$= \frac{\rho}{2}\bar{u}^2\left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$$

$$\Delta p_{v\,gesamt} = \frac{\rho}{2}\bar{u}^2\left[\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)^2 + \lambda\frac{L}{d} + \left(1-\frac{A_1}{A_2}\right)^2\right]$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

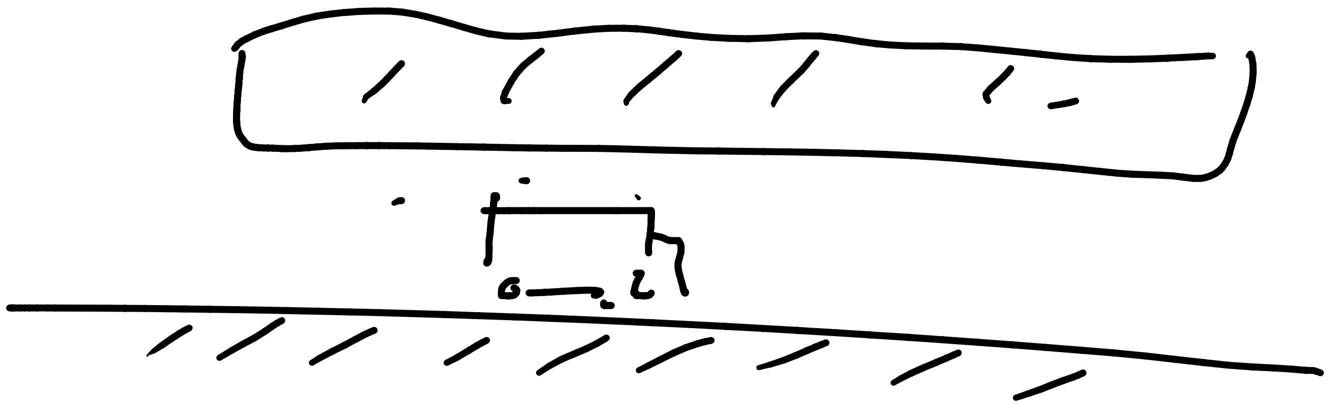
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 10

$$\Delta p_{v\,gesamt} = \frac{\rho}{2} \bar{u}^2 \zeta$$

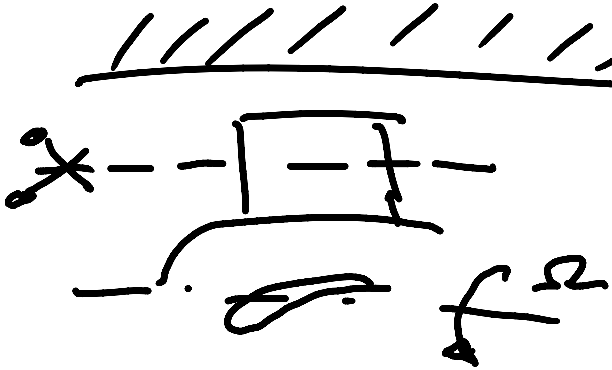
$$\zeta = \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)^2 + \lambda \frac{L}{d} + \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$$

[illegible]

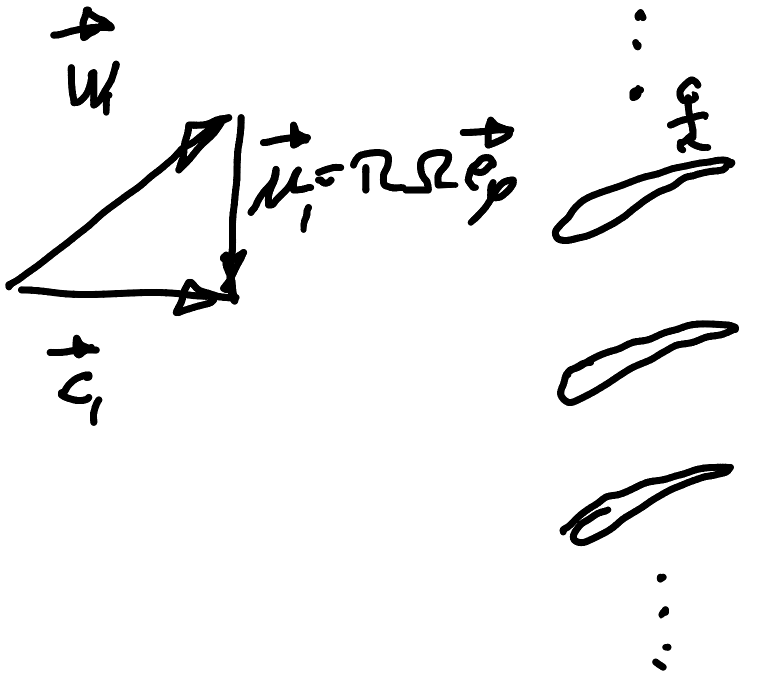


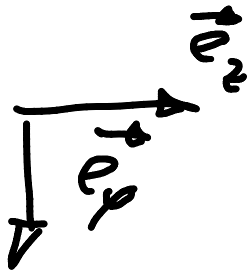
Carnotscher Stoßverlust bei Turbomaschinen

$\vec{c}_1 = c\vec{e}_z$



Laufrad einer Axialmaschine.





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

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 10

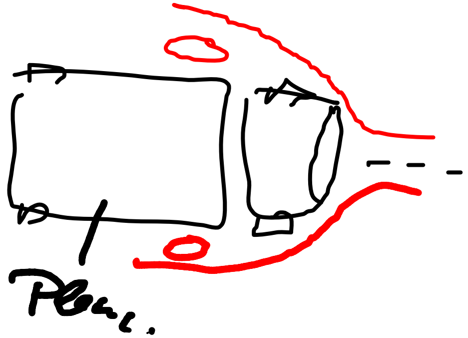
Androsseln bei konstant Drehzahl.

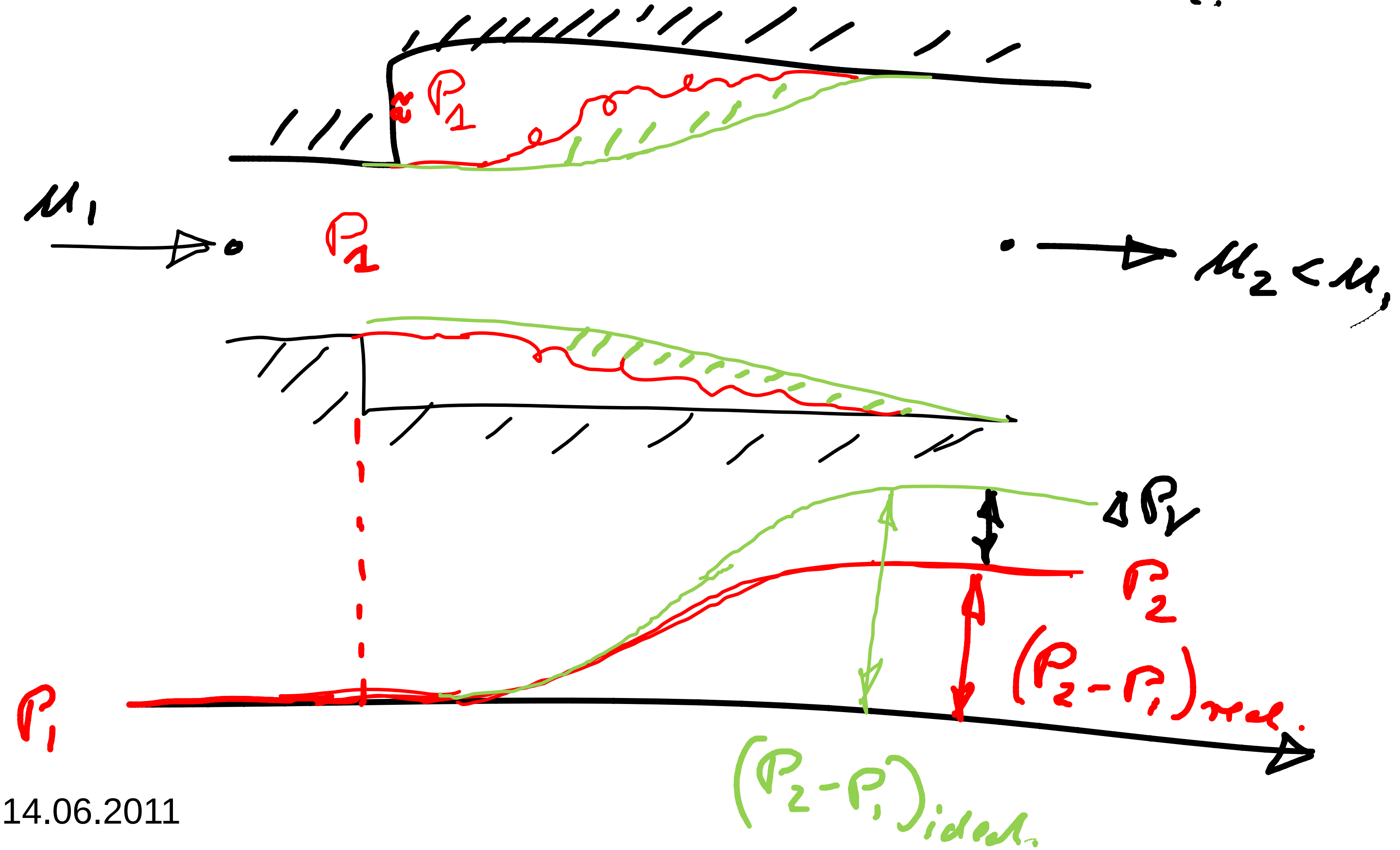
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 10

Herleitung

$$\Delta p_V = \frac{\rho}{2}(u_1 - u_2)^2$$

Carnotscher Stoßverlust.





Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 10

Idealer Druckaufbau

$$p_1 + \frac{\rho}{2} u_1^2 = p_2 + \frac{\rho}{2} u_2^2$$

$$\left(p_2 - p_1\right)_{\text{Ideal}} = \frac{\rho}{2} u_1^2 \left(1 - \left(\frac{u_2}{u_1}\right)^2\right)$$

$$= \frac{\rho}{2} u_1^2 \left(1 - \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2\right)$$

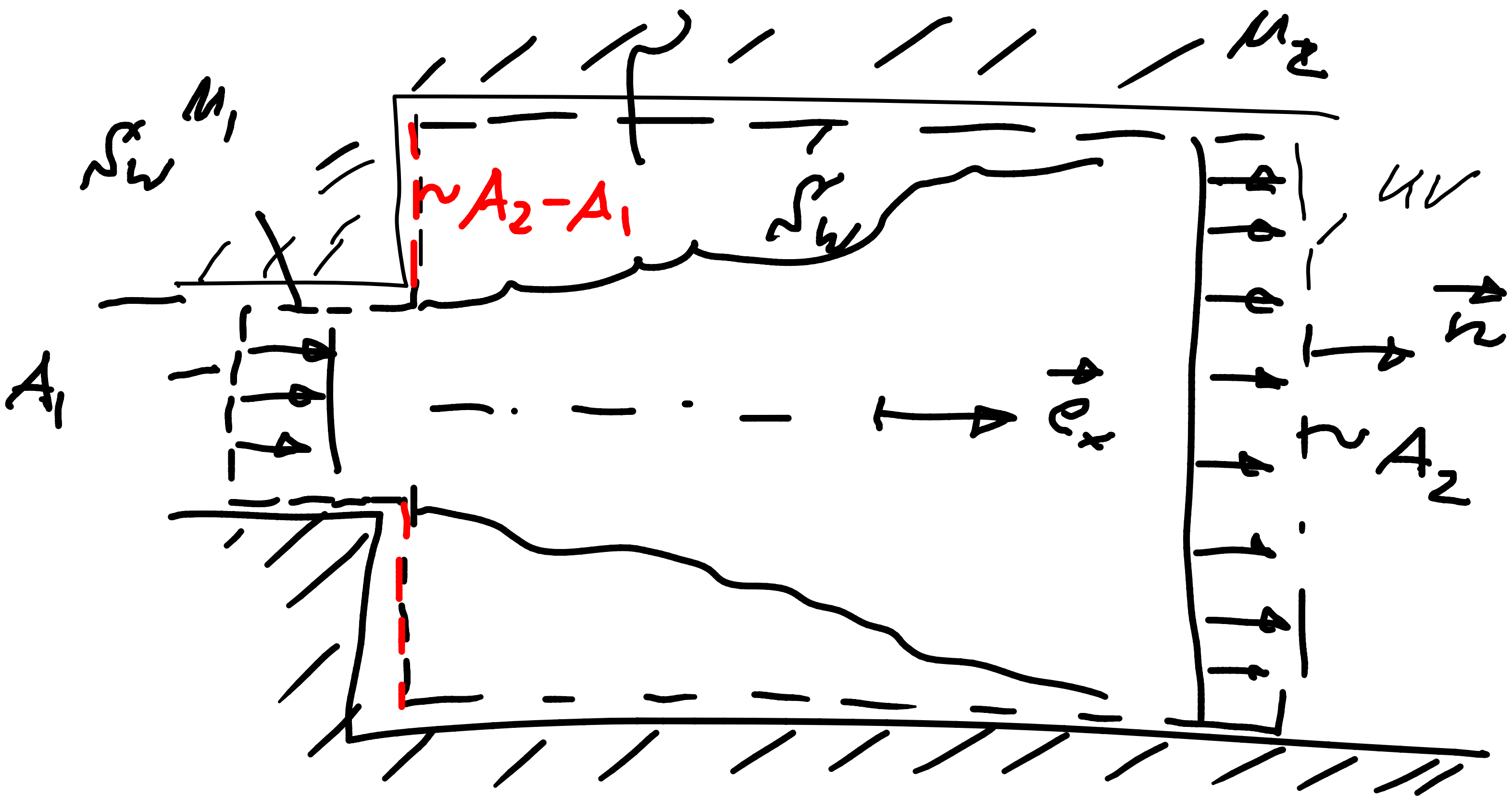
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Fest Druckaufbau → Impulssatz

Totwasser → kleine Strömungsgeschw.



$$\frac{\partial}{\partial t} \equiv 0.$$

$$-\rho u_1^2 A_1 + \rho u_2^2 A_2 = \int -p \vec{n} \cdot \vec{e}_x \, dS +$$

$$+ \int_{S_w} \vec{\tau} \cdot \vec{e}_x \, dS.$$

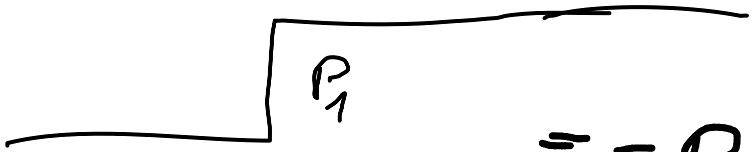
$A_1, A_2, A_2 - A_1$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 10

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

$$-\rho u_1^2 A_1 + \rho u_2^2 A_2 = p_1 A_1 - p_2 A_2 - \underbrace{F_{Fl+Wand}}_{-p_1(A_2 - A_1)}$$



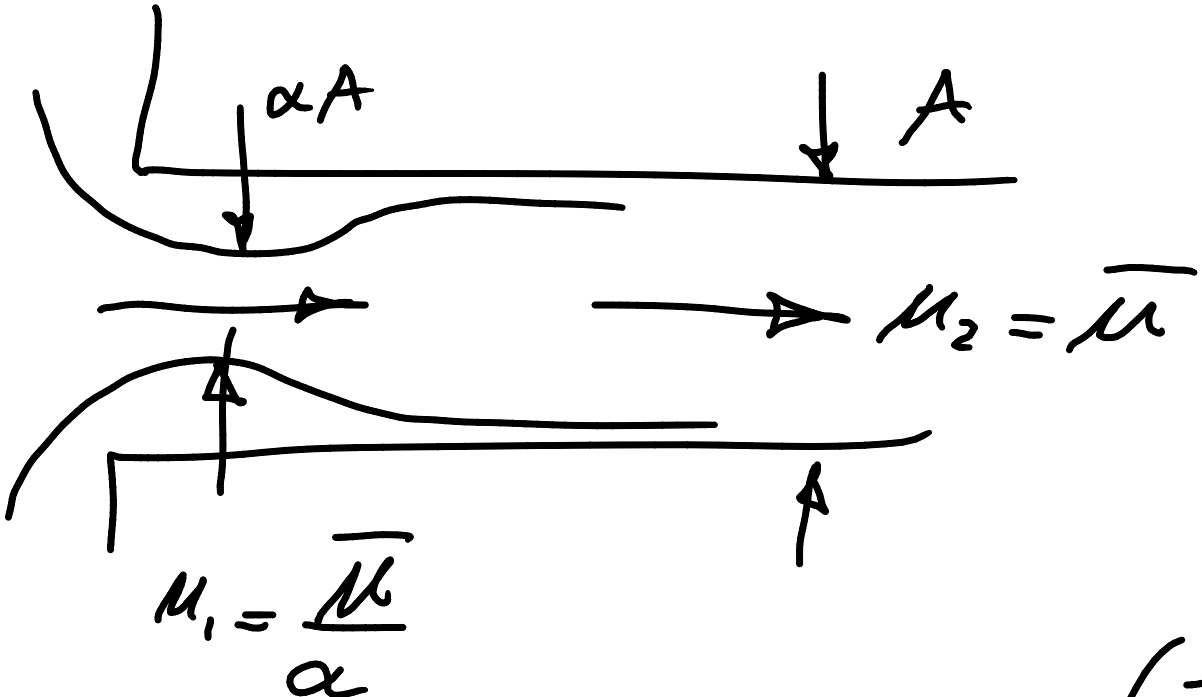
$$= -p_2 A_2 + p_1 A_2$$

$$(p_2 - p_1)_{real} = \rho u_1^2 \frac{A_1}{A_2} - \rho u_2^2$$

$$= \frac{\rho}{2} u_1^2 \left[2 \frac{A_1}{A_2} - 2 \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 \right].$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 10

$$(p_2 - p_1)_{ideal} - (p_2 - p_1)_{real} = \frac{\rho}{2}(u_1 - u_2)^2$$



$$\Delta p_v = \frac{\rho}{2}\left(\frac{\bar{u}}{\alpha} - \bar{u}\right)^2$$

$$= \frac{\rho}{2}\bar{u}^2\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)^2.$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

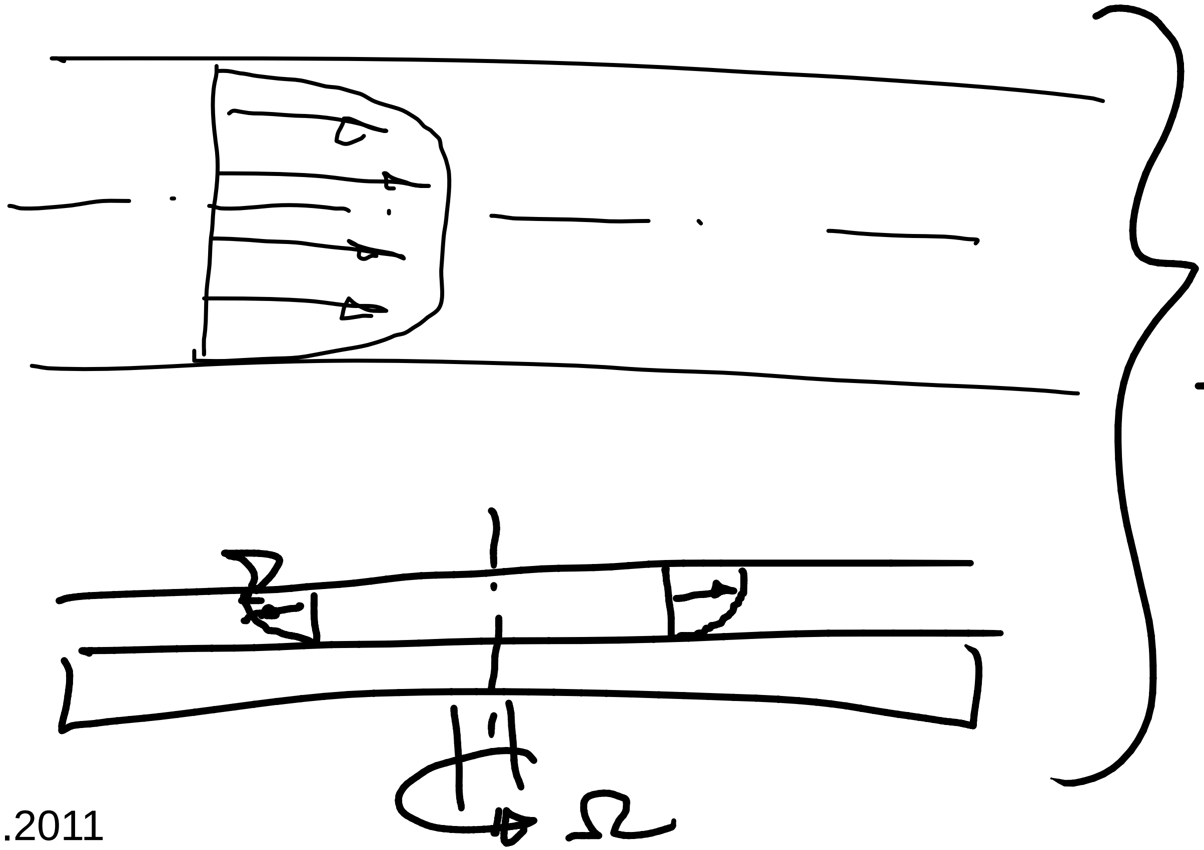
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 10

$$\Delta p_v = \frac{\rho}{2}\bar{u}^2 \lambda \frac{L}{D}$$

$\parallel$

Wandschubspannung ~ τ_w



Schichten-strömung.

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz