Anlagenkennlinie; Trägheitsdruckverluste

Fluidarbeitssysteme

Literaturempfehlung:

Christopher Brennen Caltech

Hydrodynamics of Pumps

* .pdf frei verfügbar.
* Lohme

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

Die Aufgabe eines Fluidenergiesystems

Förderaufgabe für

- * Wasser
- * chemische Anlage
- * Kühlaufgabe
- ⋮

} $\dot{V}_{soll}$!?

Aufgabe besteht darin einen Sollvolumenstrom möglichst effizient (geringer Energieeinsatz) einzustellen.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

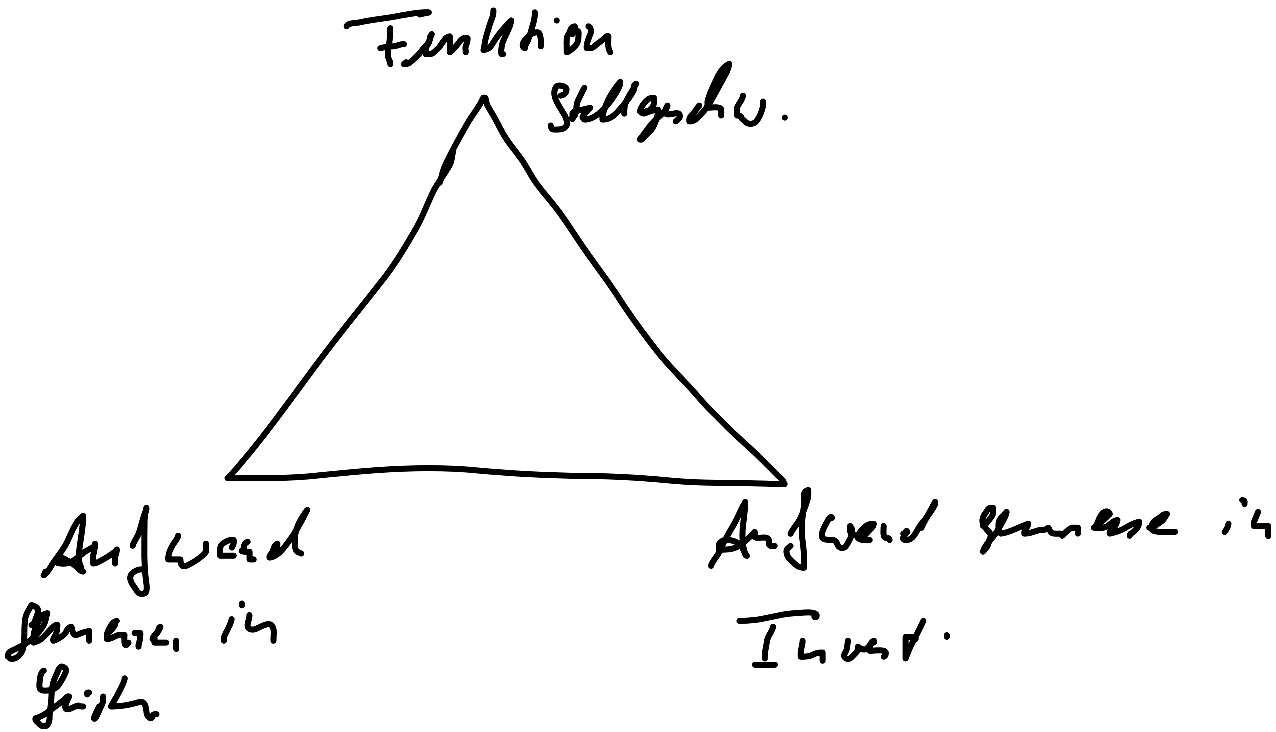
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

1. Anforderung an die Effizienz

2. " an die Stellgeschwindigkeit.

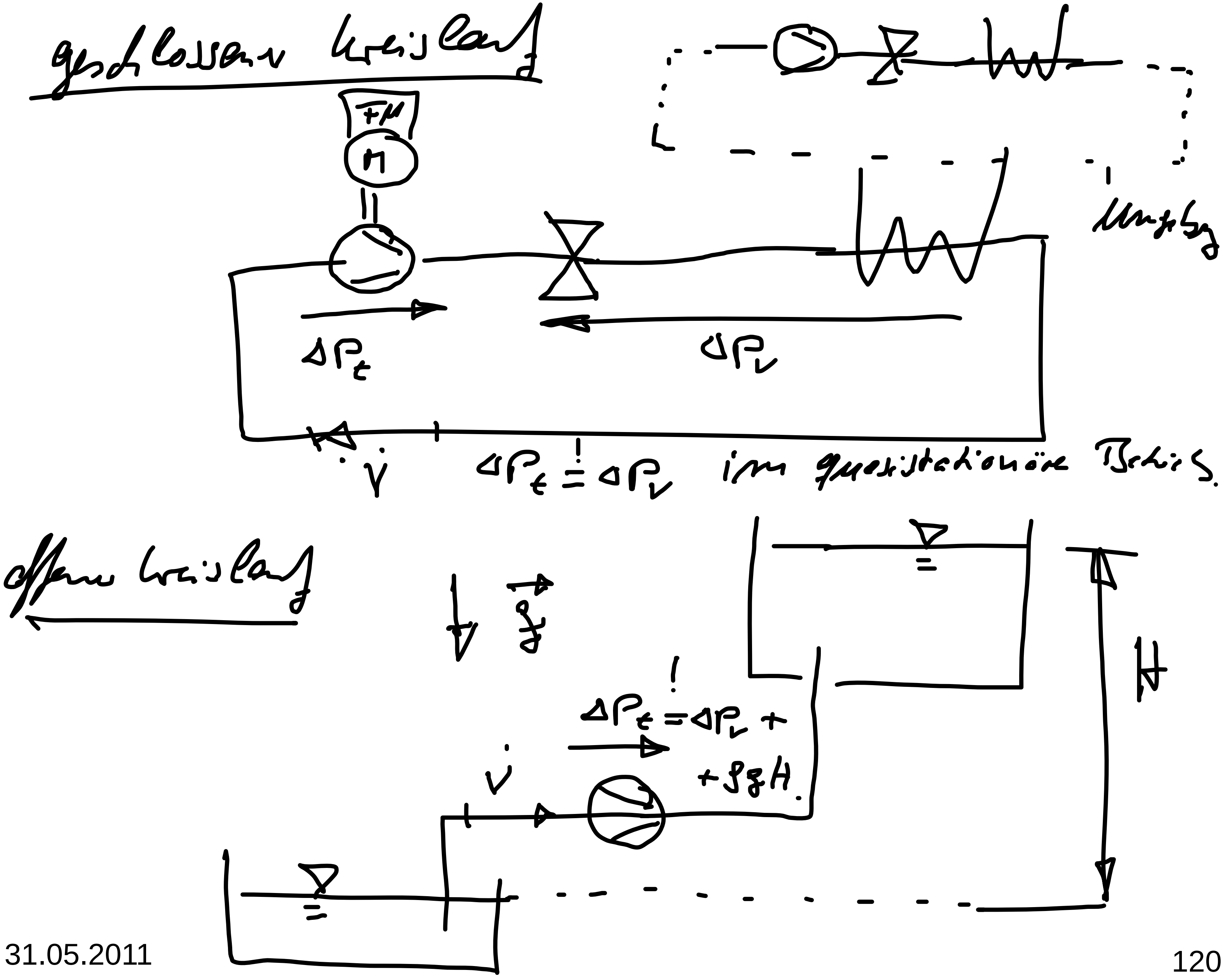
3. " geringe Investitionskosten.



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

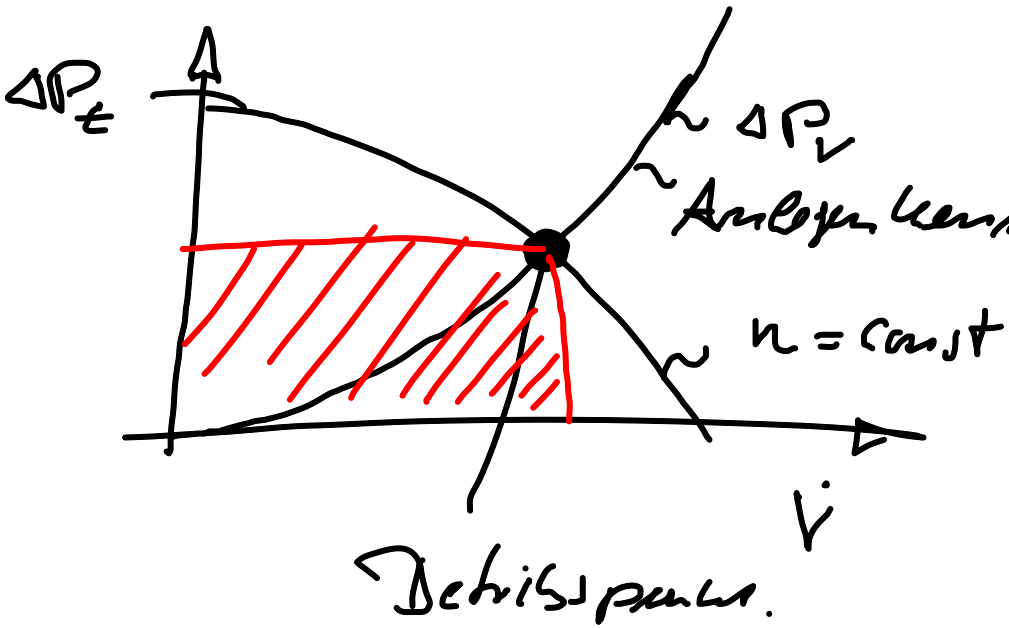


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011

Fluidenergiemaschinen

Vorlesung 7



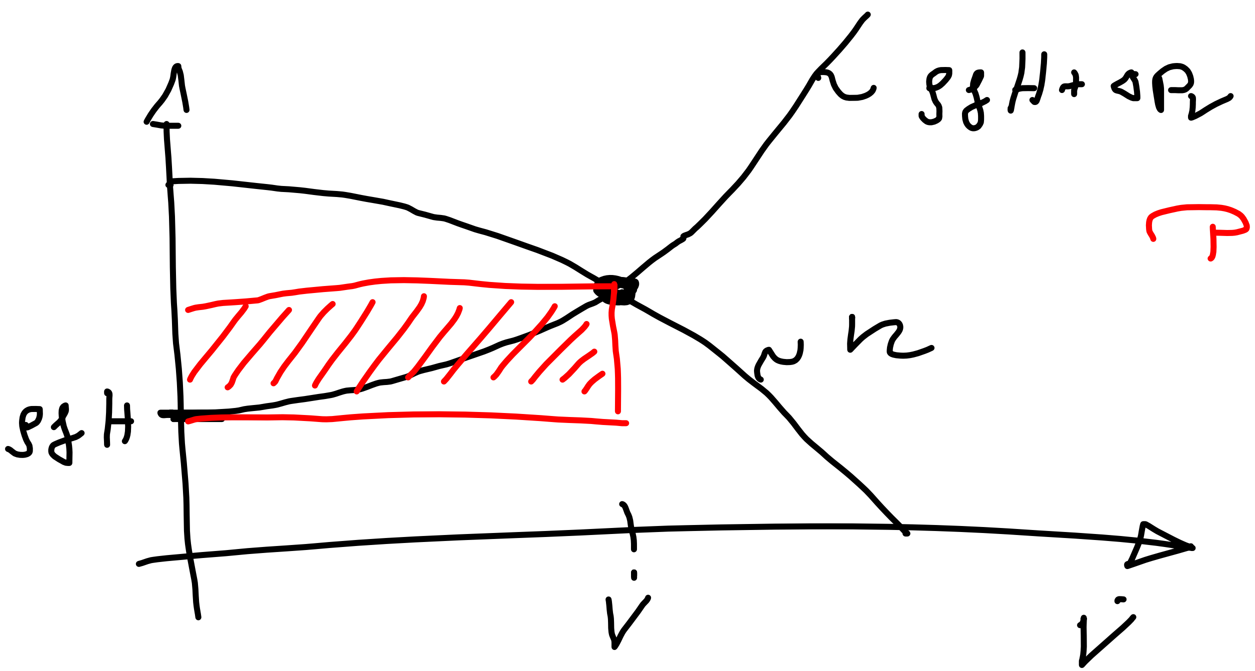
$\Delta P_t \overset{!}{=} \Delta P_v$

Anlagenkennlinie für einen geschl. Kreislauf.

Drossellinie

$\Delta P_t \dot{V}$ hydraulische Leistung.

↳ CO_2



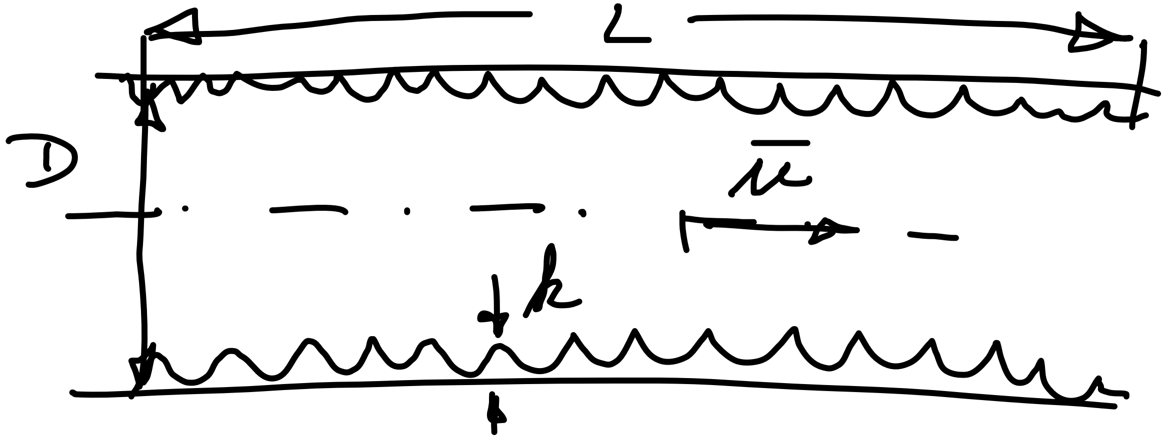
$P = \frac{1}{\eta} \Delta P_t \dot{V}$

↳ CO_2

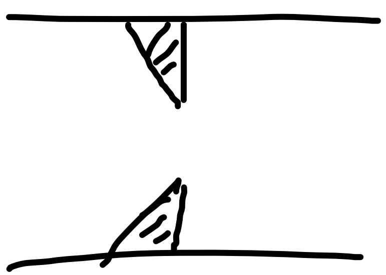
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

$$\Delta p_V = \sum_{i=1}^{N} \Delta p_{V,i} = \frac{\rho}{2}\bar{u}^2 \underbrace{\frac{L}{D}\,\lambda\left(\frac{\bar{u}D}{\nu}, \frac{k}{D}\right)}_{\zeta_{Rohr}} + \frac{\rho}{2}\bar{u}^2 \zeta_V + \frac{\rho}{2}\bar{u}^2 \zeta_E + \frac{\rho}{2}\bar{u}^2 \zeta_A + \ldots$$

$i=1$: Rohrleitung



$i=2$: Ventil



$i=3$: Einlaufverlust

$i=4$ Auslaufverlust

$i=5$ Filter

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

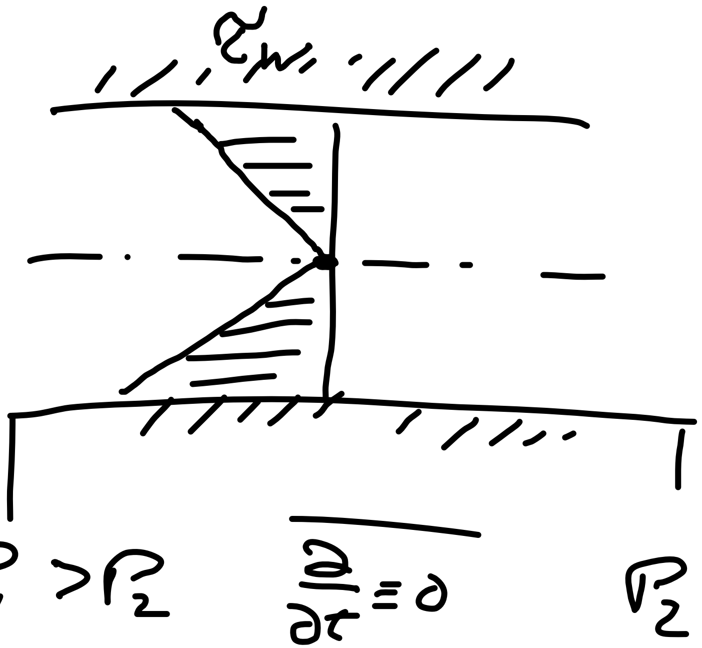
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

$\lambda(Re, k/D)$ Druckverlust pro Längeneinheit ≙ dimensionsl. Wandschubspann.

$Re = \frac{\bar{u} D}{\nu}$, k/D = relative Rauheit.

$$\lambda = \frac{\tau_w}{\frac{\rho}{2}\bar{u}^2}$$

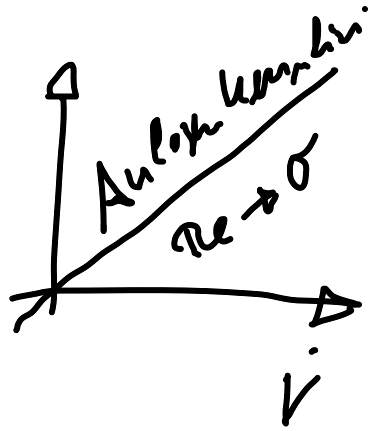


TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

$$\lim_{Re \to 0} \lambda(Re, k_+) = const \frac{1}{Re},$$



da im Grenzfall schleichender Strömung die Wandschubspannung $\tau_w \neq fkt(\rho)$

$$\nabla \quad \frac{\tau_w}{\frac{\rho}{2}\bar{u}^2} = const \frac{\nu}{\bar{u} D} \qquad \text{Viskose Durchströmung}$$

$$\Rightarrow \tau_w = const \frac{\bar{u}}{D} \eta \; ; \; \bar{u} = \frac{\dot V}{\frac{\pi}{4} D^2}$$

$$\Delta p_v \sim \tau_w \sim \dot V$$

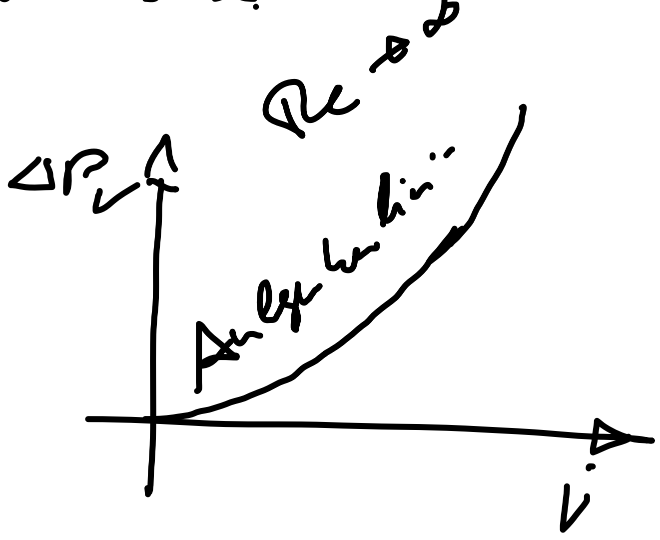
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

$$\lim_{Re\to\infty} \lambda(Re, k_+) = \lambda(k_+)$$

Im Grenzfall $Re \to \infty$ darf die Wandschubspannung nicht von der Viskosität η od. ν abhängen.

⟶ Die Reynoldszahl muß verschwinden.



$$\frac{\tau_w}{\frac{\rho}{2}\bar{u}^2} = \lambda(k_+)$$

$$\tau_w = \frac{\rho}{2}\bar{u}^2 \lambda(k_+)$$

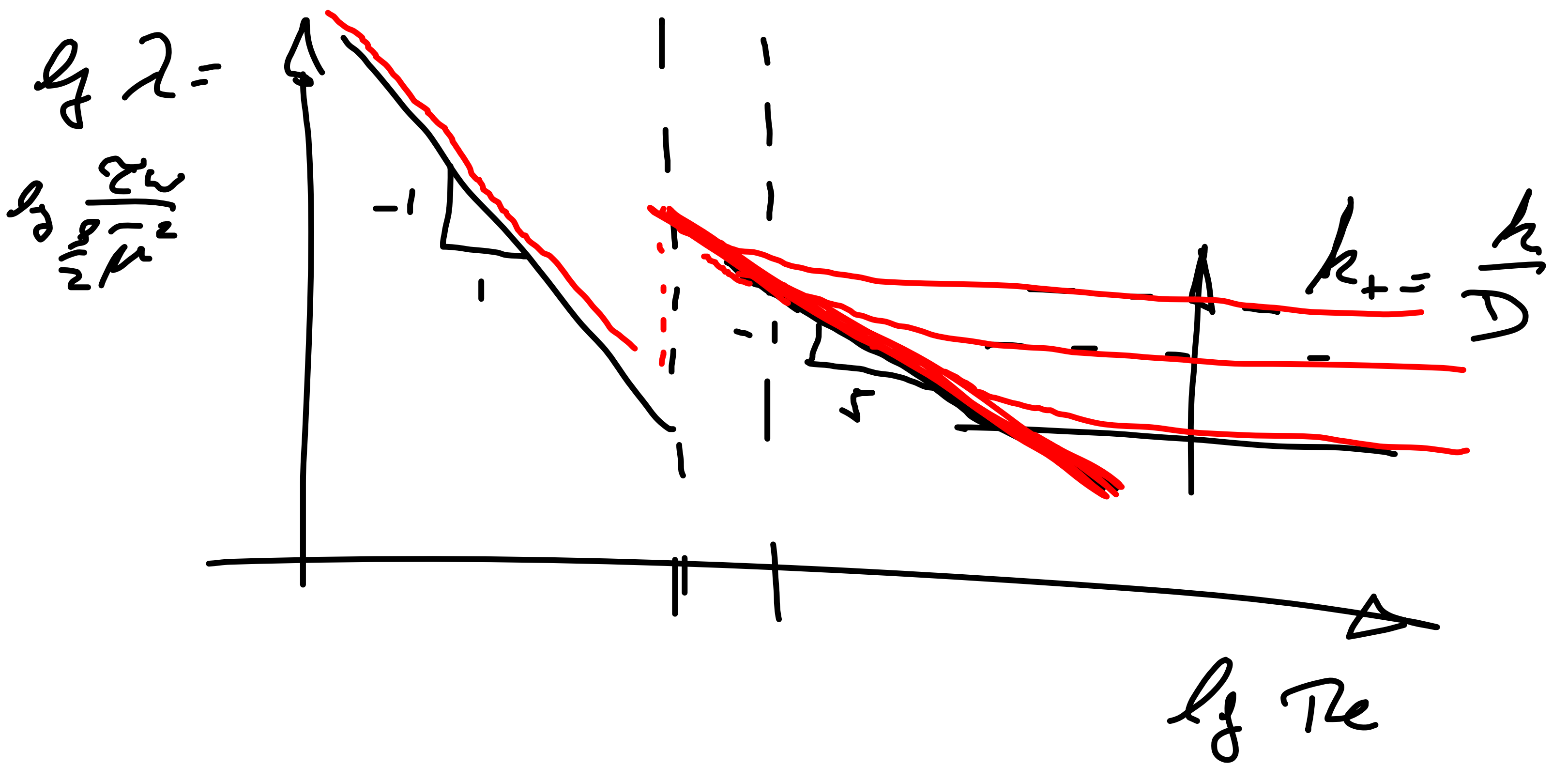
$$\Delta p_v \sim \dot V^2$$

trägheitsbed. Druckverlust

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

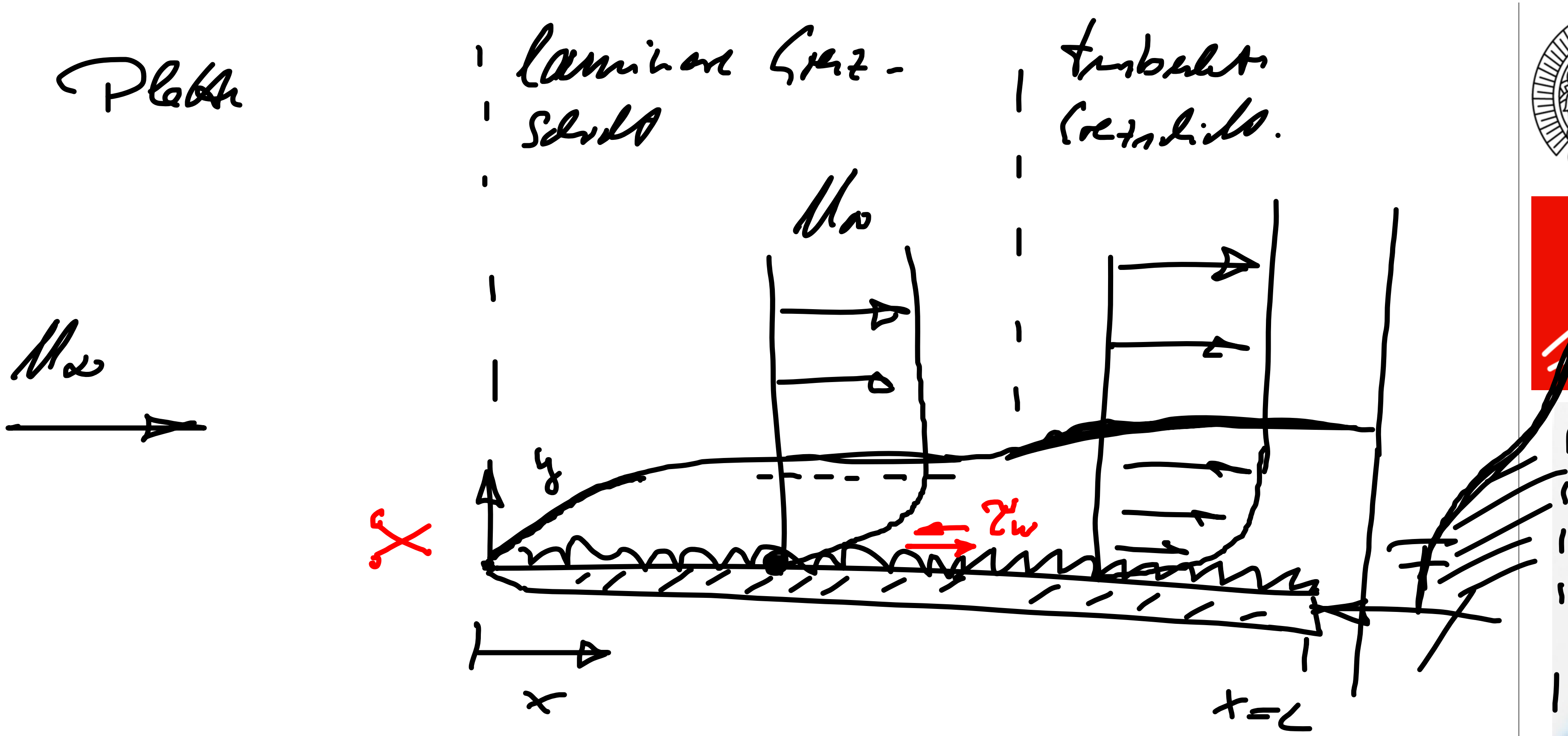
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7



$$F = \int_0^L \tau_w \, dx$$

$$\frac{F}{\frac{\rho}{2} u_\infty^2 L} = c_w\left(\frac{u_\infty L}{\nu}, \frac{k}{L}\right)$$

Impulsverlust infolge Grenzschicht.

⇝ Widerstandskraft F pro Tiefeneinheit.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

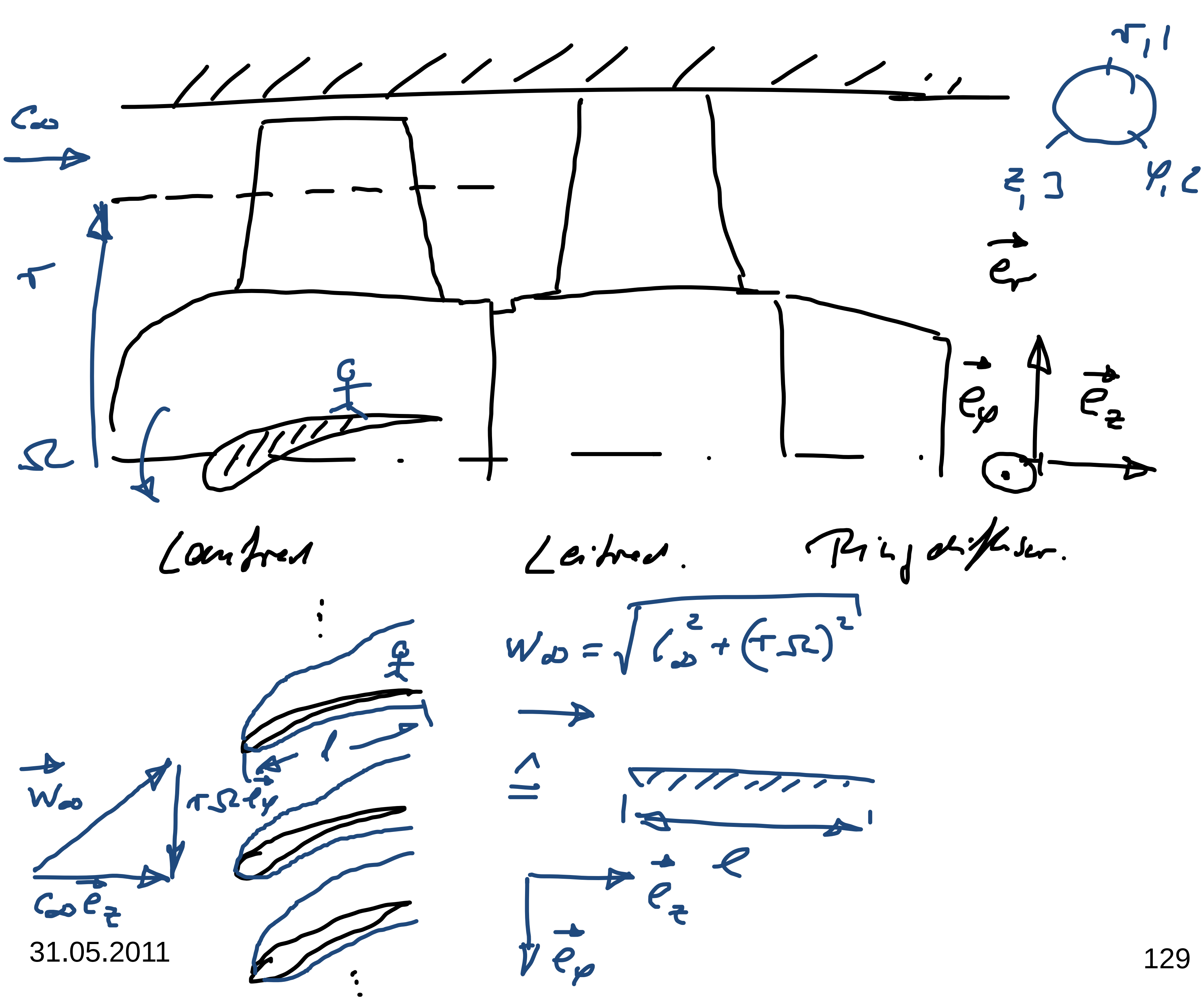
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

$$\frac{\tau_w}{\frac{\varrho}{2} u_\infty} := c_f\left(\frac{x}{L}, \frac{u_\infty L}{\nu}, \frac{k}{L}\right)$$

Reibungsbeiwert.

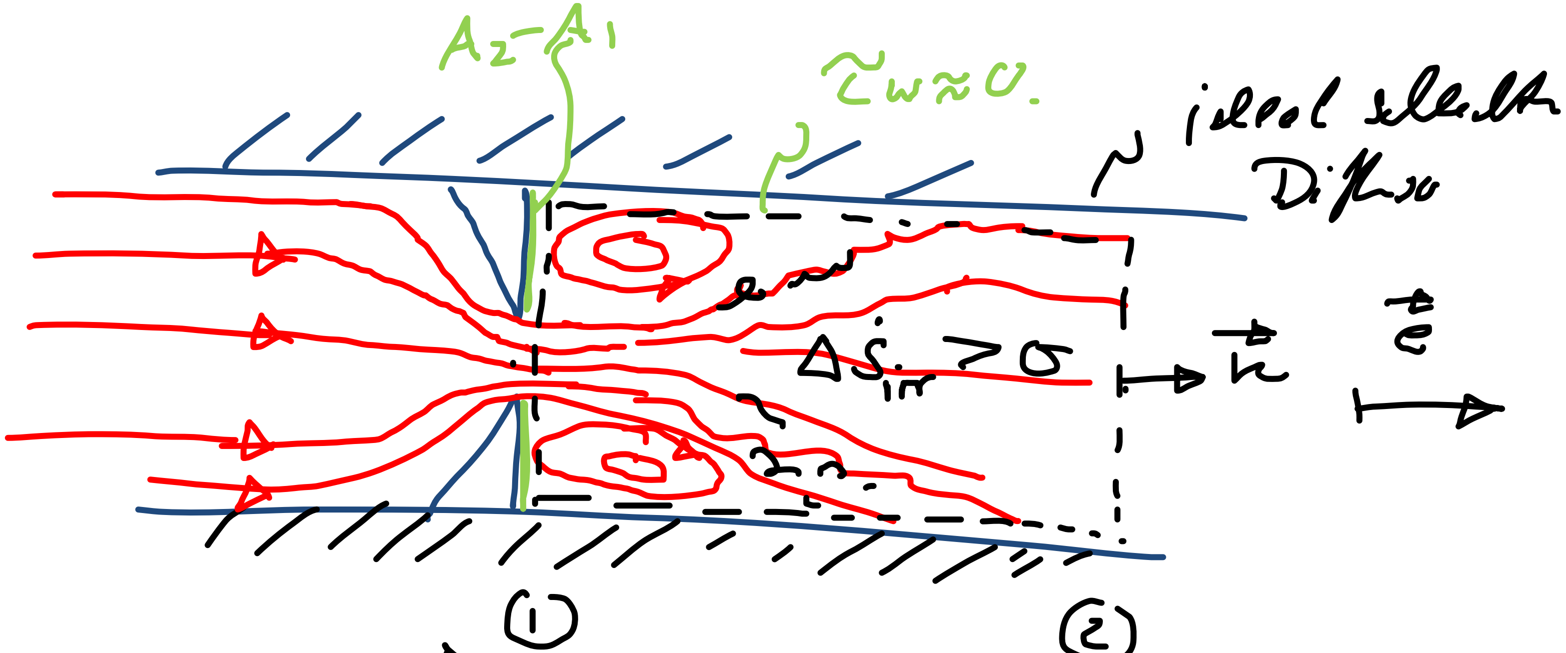
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

Ventilströmung.: Trägheitsdominiert v.



1. Impulssatz * $\vec{e}$

$$-\rho u_1^2 A_1 + \rho u_2^2 A_2 = p_1 A_1 - p_2 A_2 - F_{Fl \to Wand}$$

$$-(A_2-A_1)p_1$$

2. Bernoulli: $\to (p_2-p_1)_{real} = \ldots\ldots$

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

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

$$\Delta p_V = (p_2 - p_1)_{ideal} - (p_2 - p_1)_{real}$$

$$= \frac{\rho}{2}(u_1 - u_2)^2$$ Carnotscher Stoßverlust.

~~dissipierte Leistung~~

$$P_V = \Delta p_V \, u_1 A \neq f(Re)$$

nur Trägheitseffekte.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

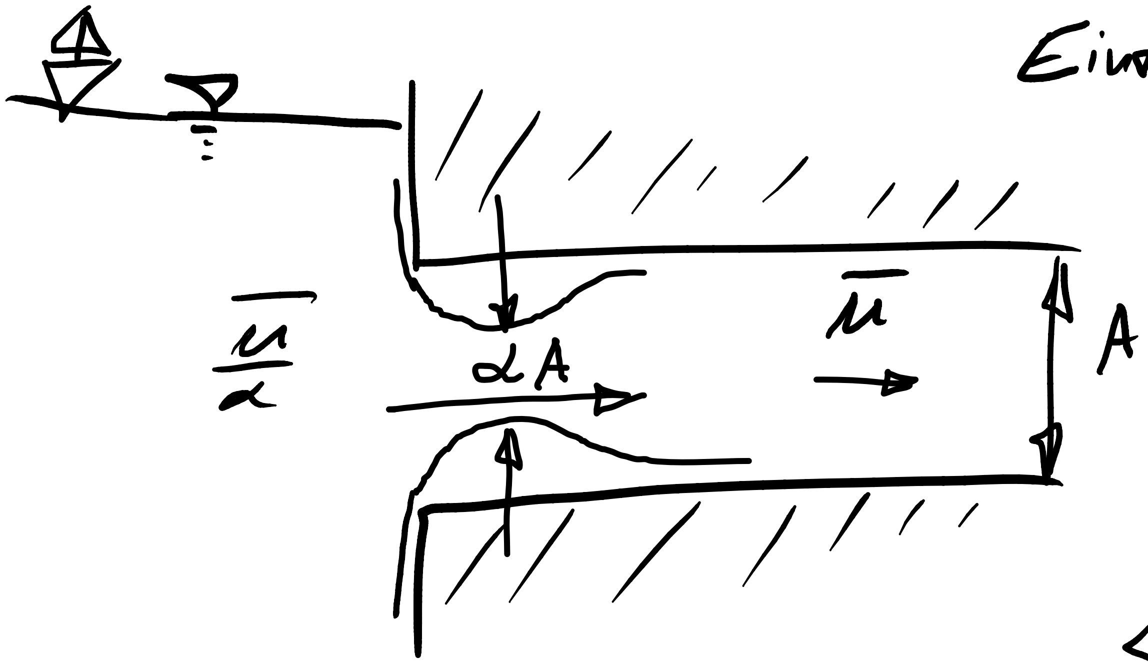
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Eintrittsverlust.



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

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

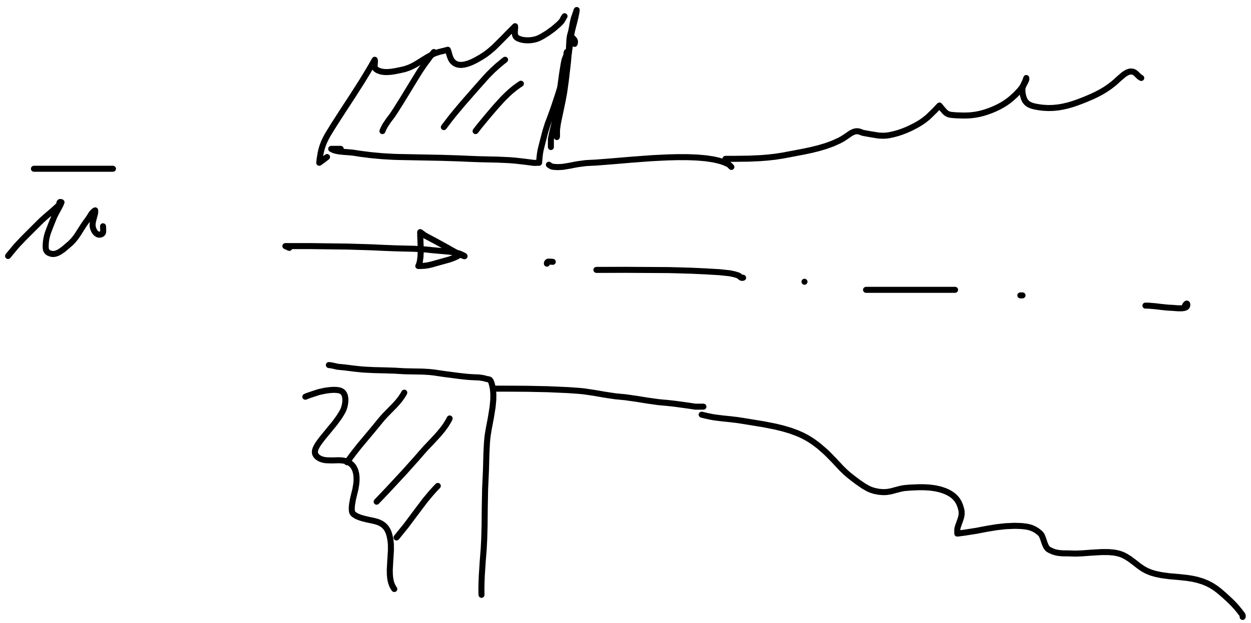
α Kontraktionsziffer

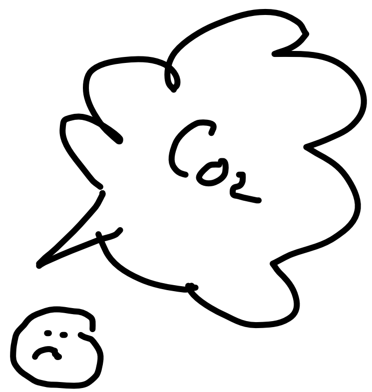
$\alpha \leq 1$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

Austrittsverlust! $\quad u_2 << u_1 \quad \frac{A_2}{A_1} \to \infty$

$$\Delta p_V = \frac{\rho}{2} u_1^2 = \frac{\rho}{2} \bar{u}^2.$$





TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

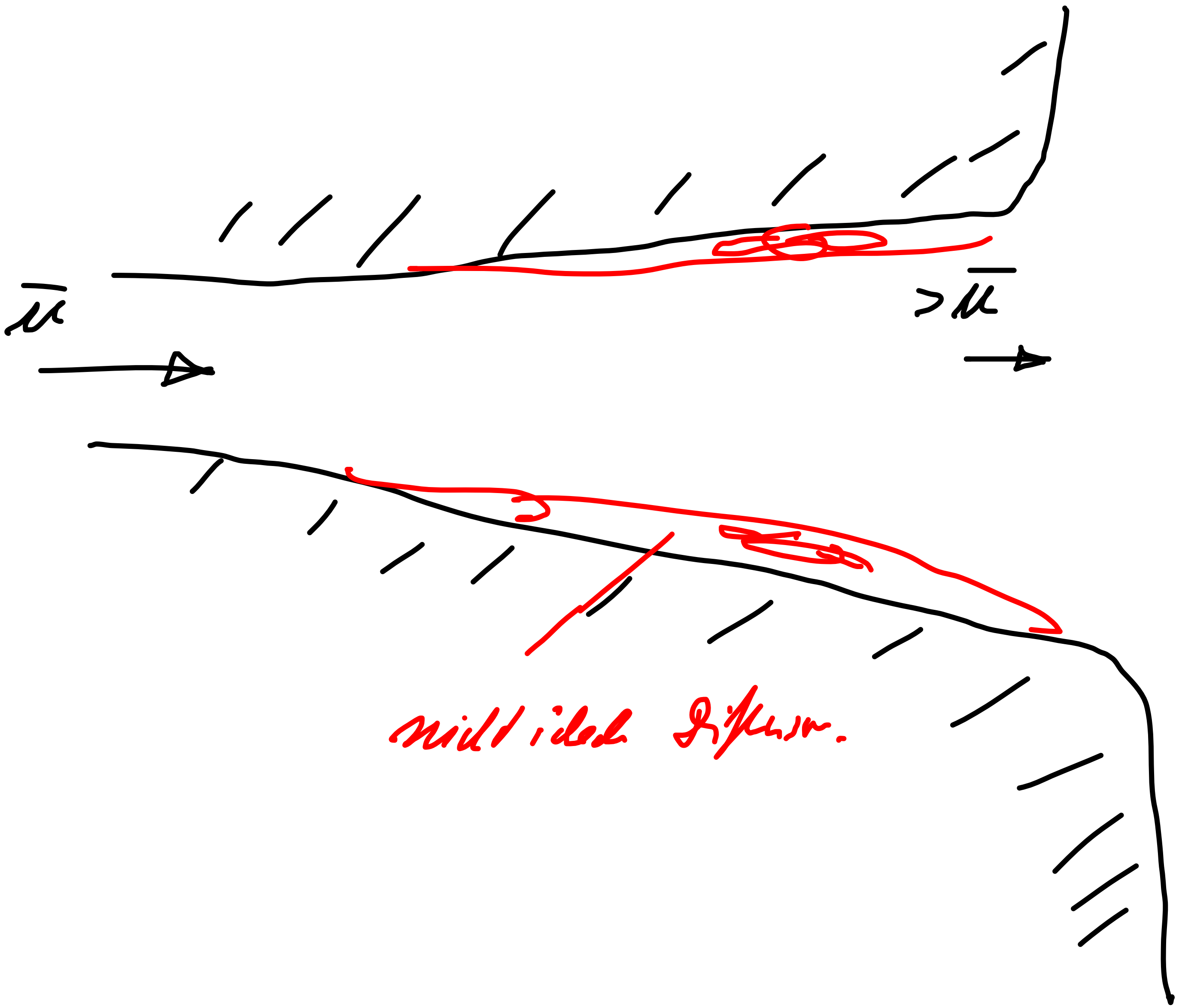
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011

Fluidenergiemaschinen

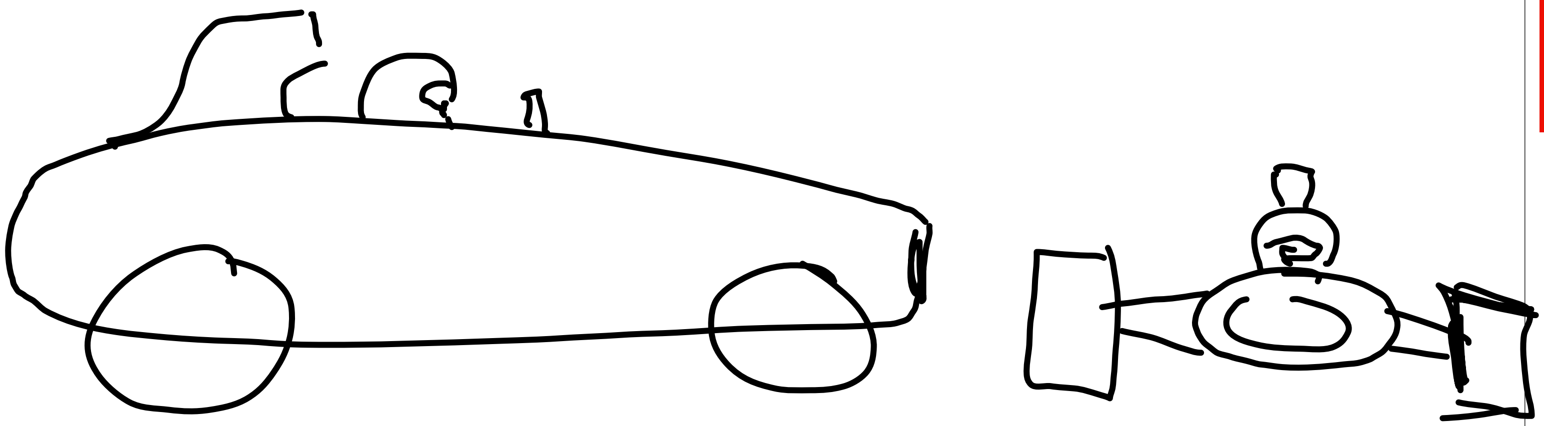
Vorlesung 7



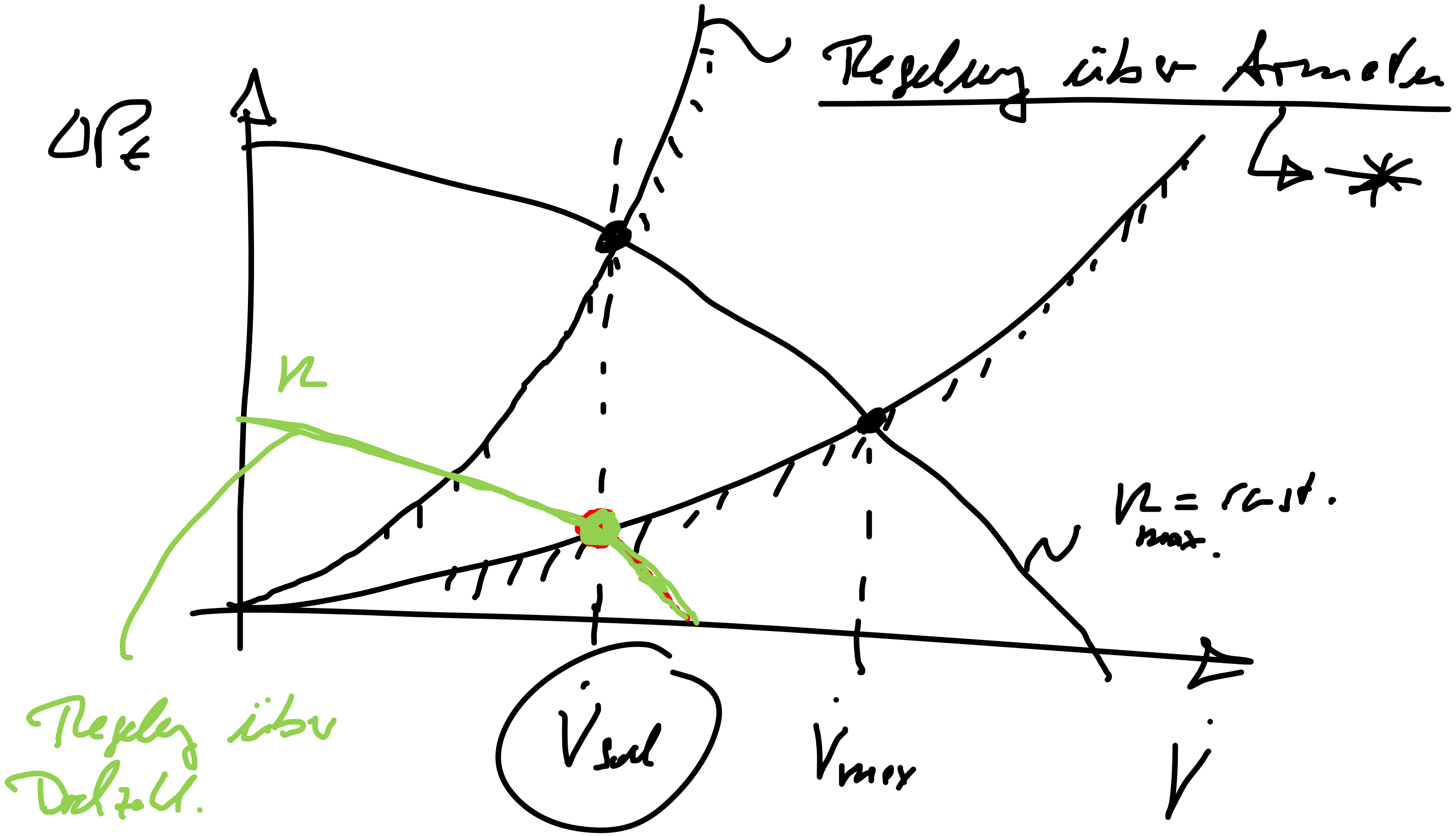
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

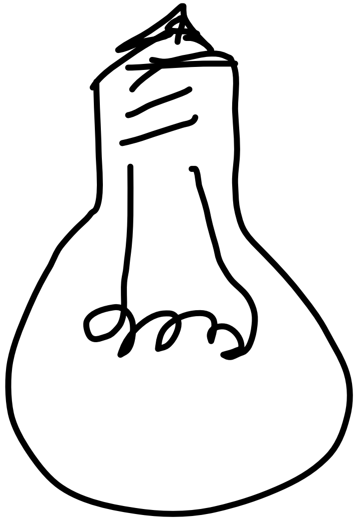


* Aktuatorik in der Prozeßautomatisierung
Verfahrenstechn. Anlage Dr. Kiesbauer
Vorstand Fa. Samson.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7



ErP - Richtlinie Energy related Products.

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7