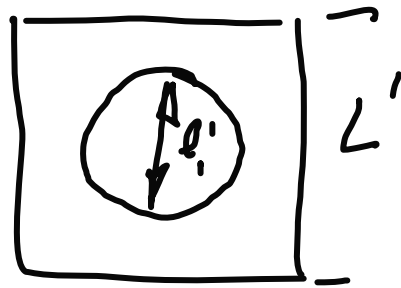
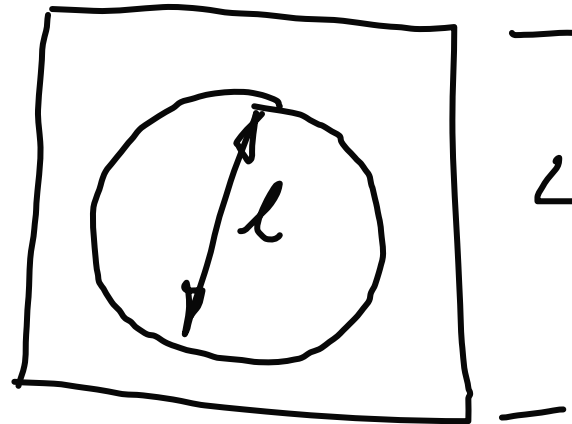


# Ähnlichkeitstheorie

Modell



Großausf. (Large scale)

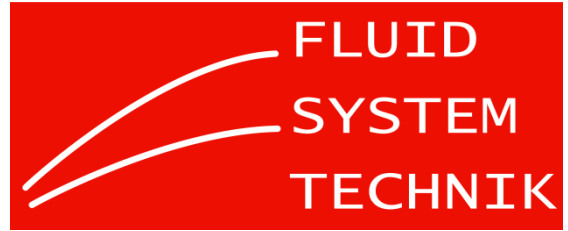


$$\chi_1' = \frac{l_1'}{L'}$$

$$\chi_i' = \frac{l_i'}{L'} \quad !$$

$$\chi_1 = \frac{l_1}{L}$$

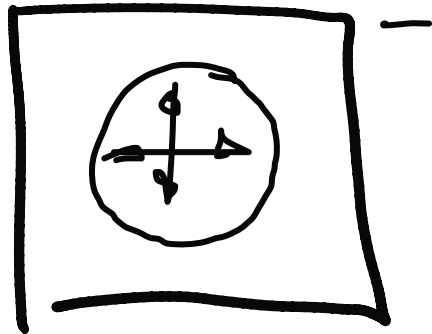
$$\chi_i = \frac{l_i}{L} \quad i = 1, \dots, n$$



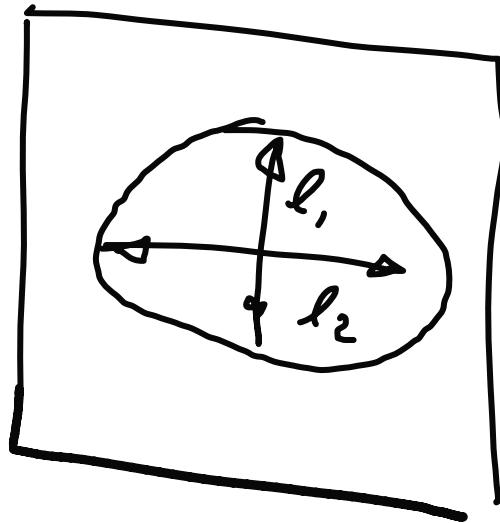
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2010  
Fluidenergiemaschinen  
Vorlesung 9

Vollständig symmetrische Ähnlichkeit

$$\kappa_i' = \kappa_i \quad i = 1 \dots N.$$



$$l_1 = l_2$$



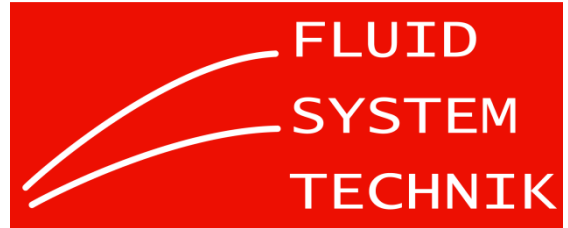
$$l_2 \neq l_1$$

$$\kappa_2' \neq \kappa_2$$

Verletzung der symmetrischen Ähnlichkeit.



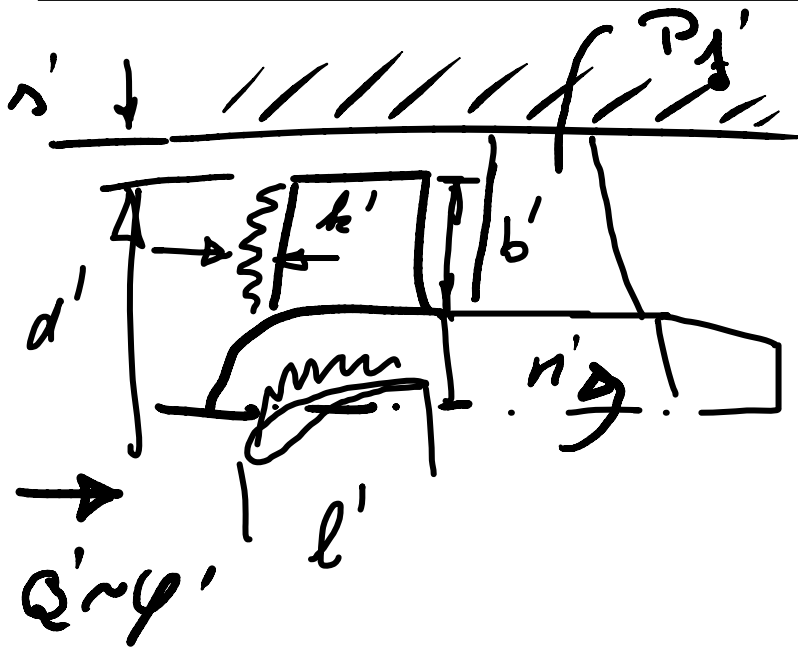
TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2010  
Fluidenergiemaschinen  
Vorlesung 9



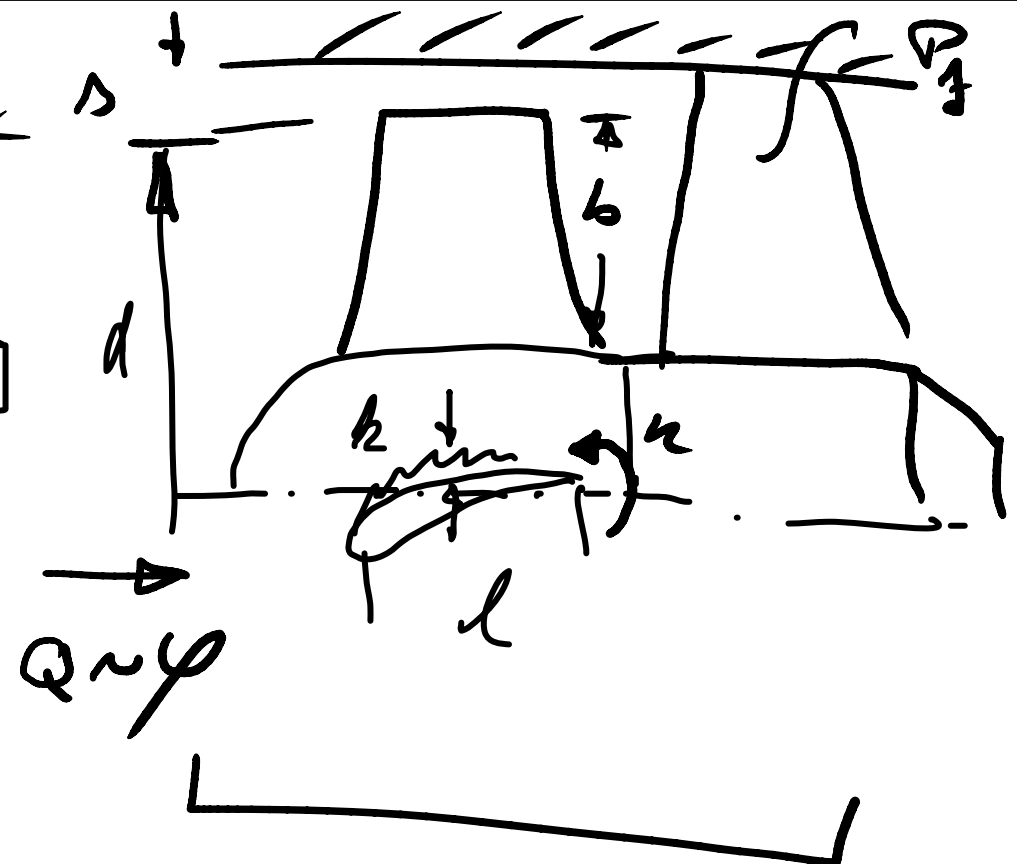
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2010  
Fluidenergiemaschinen  
Vorlesung 9



$$\Delta P' \sim \psi'$$

$$\eta' \sim \Delta P_2'$$

Modell



$$\Delta P \sim \psi$$

$$\eta \sim \Delta P_2$$

Größenl. u.

Vollständige Ähnlichkeit

$$\cancel{Re'_i = Re_i}$$

$$\Pi'_i = \Pi_i$$

---

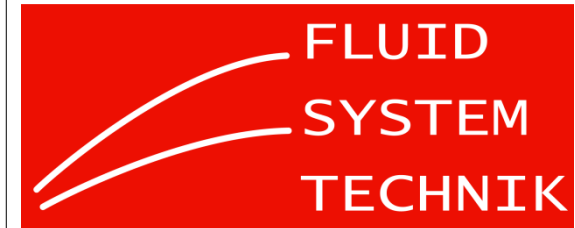
$$\psi' = \psi'(Re'_i, \varphi'_i, \frac{k'_i}{d'_i}, \frac{s'_i}{d'_i}, \dots)$$

$$= \psi(Re, \varphi, k/d, s/d, \dots)$$

$$\zeta' = \zeta(Re, \varphi, k/d, s/d, \dots)$$



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2010  
Fluidenergiemaschinen  
Vorlesung 9

Volständige Ähnlichkeit ist kinematisch möglich,  
praktisch unmöglich.

Weg: Aufgabe der Reynoldszahl

$$Re' \neq Re$$

$$\hookrightarrow \psi' \neq \psi$$

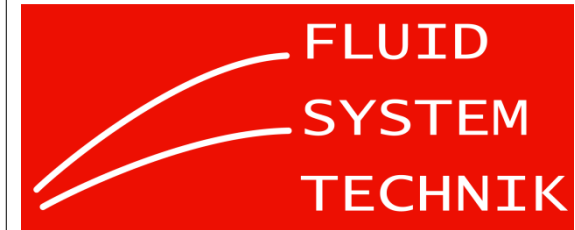
$$\hookrightarrow \zeta' \neq \zeta.$$

Methoden von Dandlitz  
und Viskosimetrie  
Naher 7/50 p.

Aufwertung  
MP-Scaling.



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2010  
Fluidenergiemaschinen  
Vorlesung 9

Aufwertung (Up-Scaling) ist eine Extrapolation, die physikalisch begründet sein soll.

$$\eta := \frac{\Delta P_Q}{P_A} \quad \text{für eine Arbeitsmaschine.} \\ \text{(inkompressibel)}$$

$$1 - \eta = \frac{\Delta P_V Q}{P_A} \quad \text{ein Maß für die Verluste} \\ \Delta P_V \text{ Druckverlust} \\ \Delta P_V Q \text{ Dissipierte Leistung.}$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2010  
Fluidenergiemaschinen  
Vorlesung 9

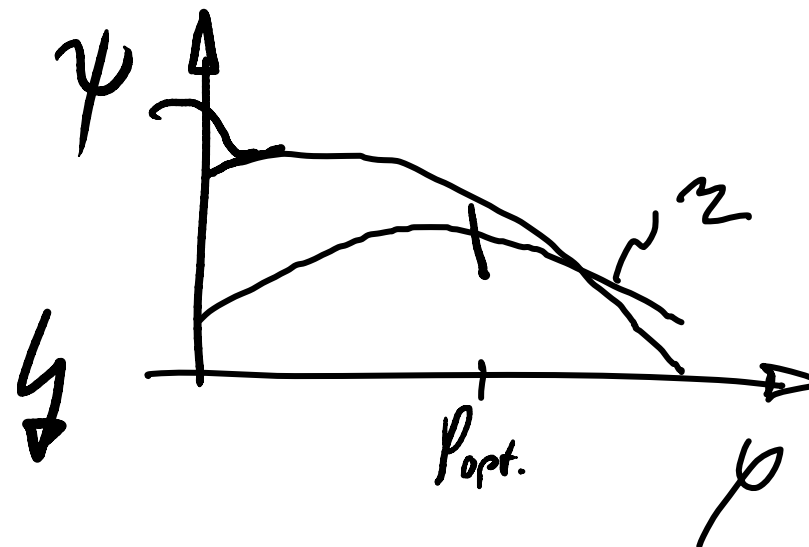
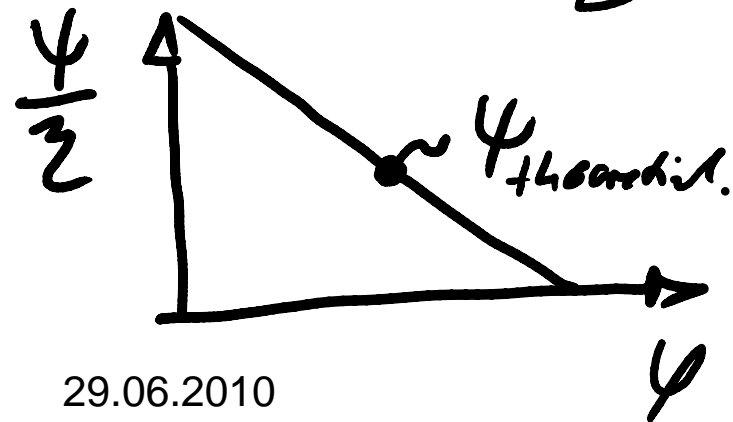


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2010  
Fluidenergiemaschinen  
Vorlesung 9

$$\frac{\Delta P_v}{\rho v^2 d^2} \sim \psi_v \quad \text{Verlust an Druckstf.}$$

$$1 - \eta = \frac{\psi_v}{\psi_{\text{theoriet.}}}$$

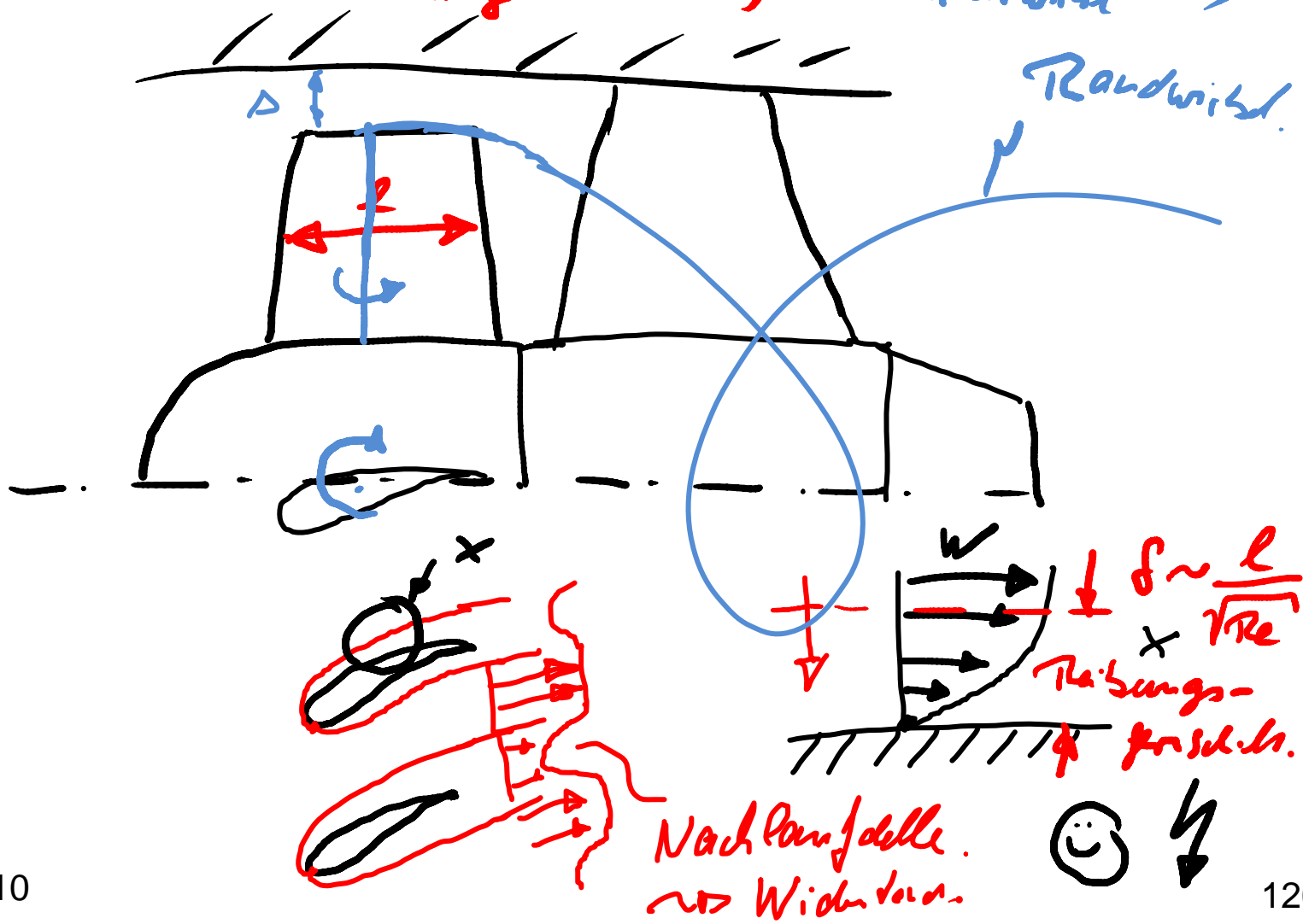
$$\psi_{\text{theoriet.}} = \frac{\psi}{\zeta}$$





Verlust an Druckhöhe (Druckverlust, Eulerpotential +  $\Psi_{\text{viskos}} (\Psi)$ )

$$\Psi_V = \dot{?} = \Psi_{\text{Reibung}} (Re, k/d) + \Psi_{\text{Speitweise}} (s/d)$$



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

FLUID  
SYSTEM  
TECHNIK

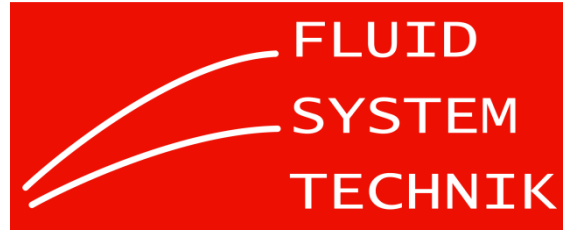
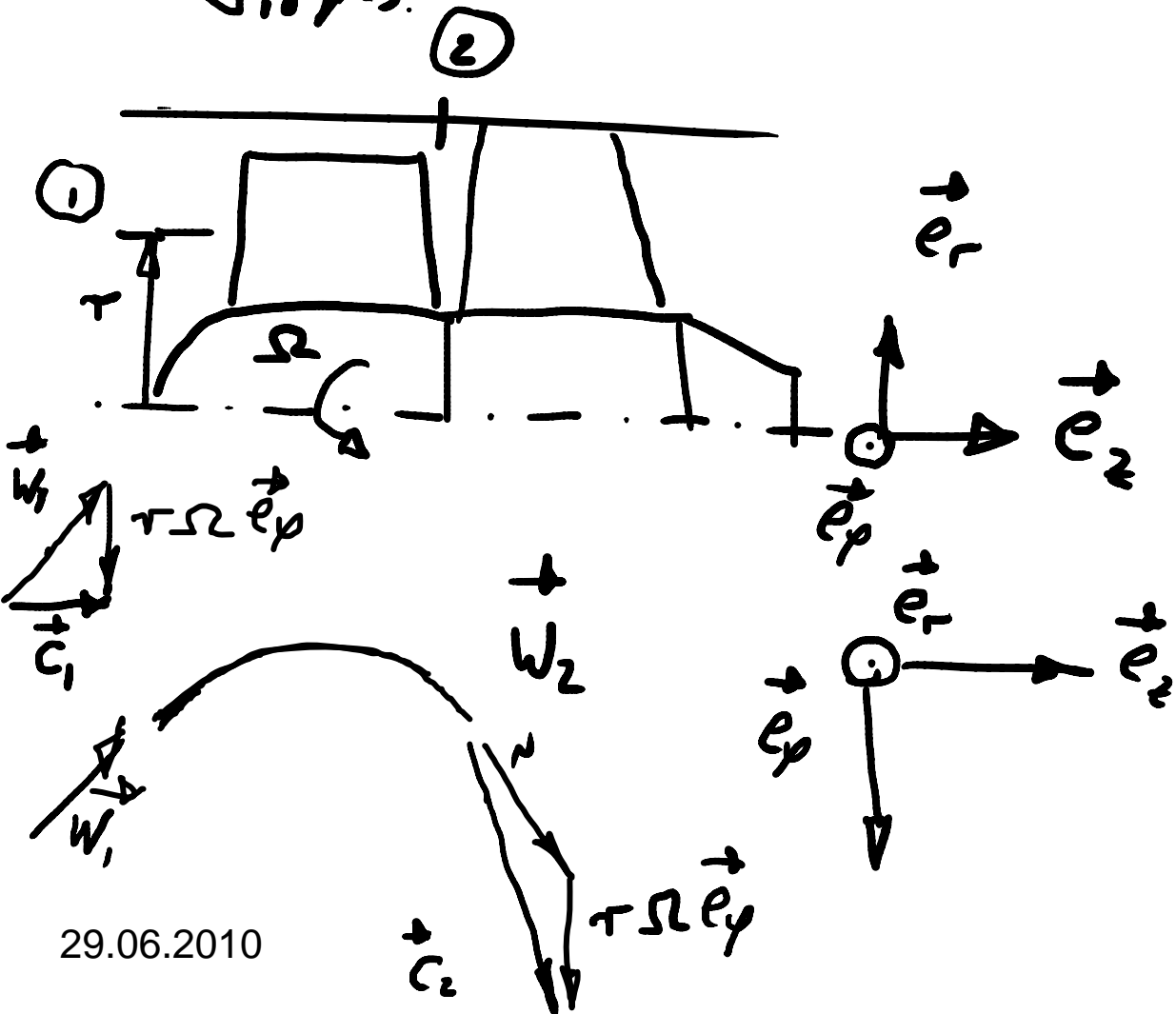


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2010  
Fluidenergiemaschinen  
Vorlesung 9



# Zum Inriz. Verhiv.

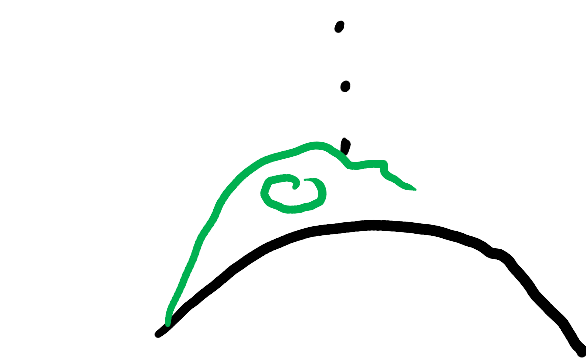
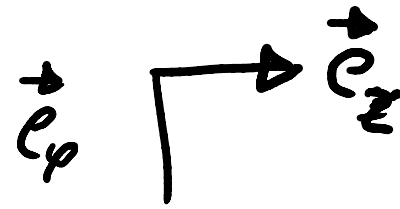
Traglastverhiv durch Felldrung d  
 Profils.



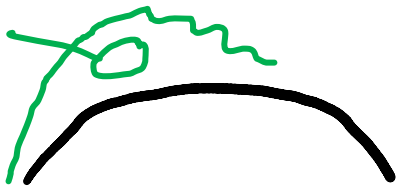
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
 Sommersemester 2010  
 Fluidenergiemaschinen  
 Vorlesung 9



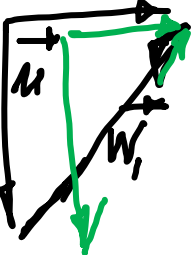
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2010  
Fluidenergiemaschinen  
Vorlesung 9



Totwert.

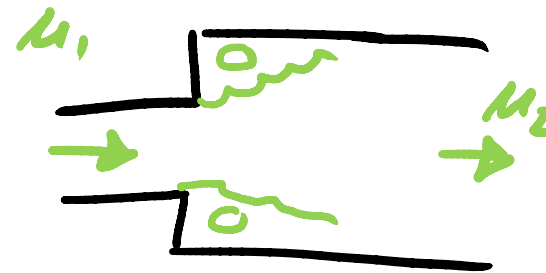


$\vec{c}$



Als Parameter auf der  
Saugseite des Profils  
kann Totwert.

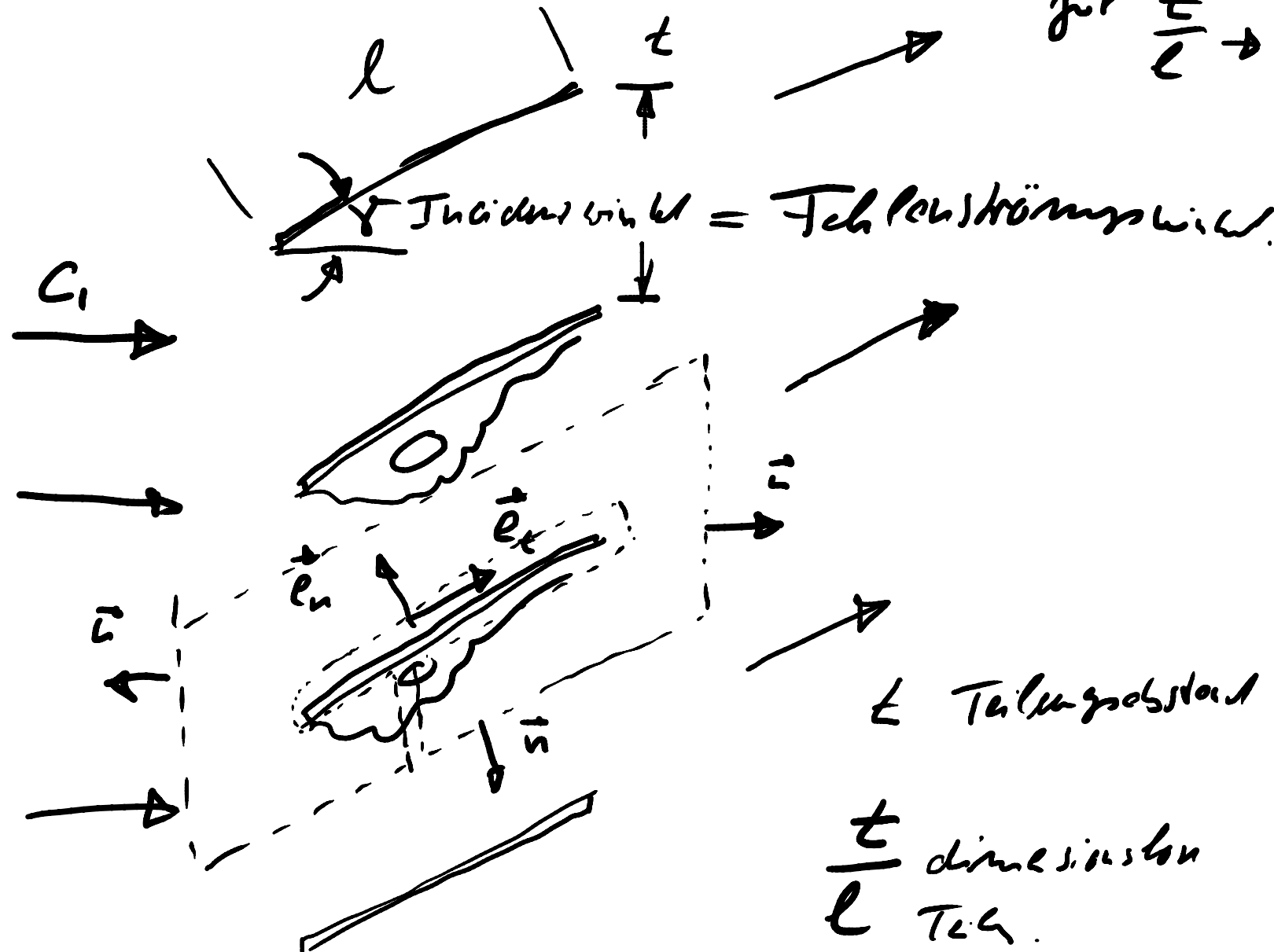
$$\Delta P_v = \frac{\rho}{2} (u_1 - u_2)^2$$



- Incidenzverlust  $\hat{=}$  Carnot'scher  
Stoßverlust.
- $\psi_{\text{inc}} \text{ ist minimal}$   
für  $\psi = \psi_{\text{opt}}$ .
- $\neq f_{\text{L}}(Re)$



Schönfinkel-Konzept Abstraktion  
für  $\frac{t}{l} \rightarrow 0$ .



Lösungsweg: 1. Kraft  $\vec{F}$  auf die Strömung  
über Impulsdruck.

$$2. \vec{F} \cdot \vec{e}_z = \sigma$$

3. Bernoulli  
1 → 2

$$(P_1 - P_2)_{\text{ideal}}$$

$$\Delta P_V = (P_1 - P_2)_{\text{ideal}} - (P_1 - P_2)_{\text{real}}$$

$$\zeta := \frac{\Delta P_V}{\frac{\rho}{2} c_1^2} = \zeta \cdot \gamma$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2010  
Fluidenergiemaschinen  
Vorlesung 9

# Zusätzliches Verh. bei Radialmaschine.

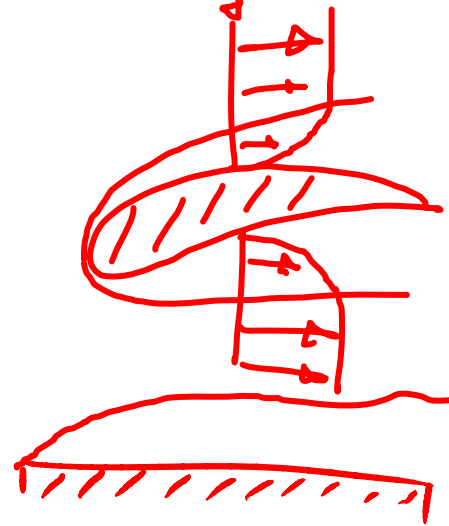
vordere  
Rad-  
seite.



hintere Radseite

Abstraktion.

$$\psi_{\text{Rad}} \sim C_f (Re, k/d)$$



$$1 - \eta = \frac{\psi_v}{\psi_{\text{theor.}}} = \frac{z}{\psi} \psi_v$$

$$= \frac{z}{\psi} \left[ \psi_{\text{Rad}} (Re, k/d) + \psi_{\text{spul}} \left( \frac{s}{d}, \dots \right) + \psi_{\text{diffus}} (\psi) \right]$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2010  
Fluidenergiemaschinen  
Vorlesung 9



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2010  
Fluidenergiemaschinen  
Vorlesung 9

$$\Psi_v = \Psi_{\text{Reib}} \left( \text{Re}, \frac{h}{d} \right) + \Psi_{\text{Res.}}$$

$$V = \frac{\Psi_{\text{Reib}}}{\Psi_v} \quad V \stackrel{!}{=} V' \\ \leadsto \Psi_{\text{Res.}} = (1 - V)$$

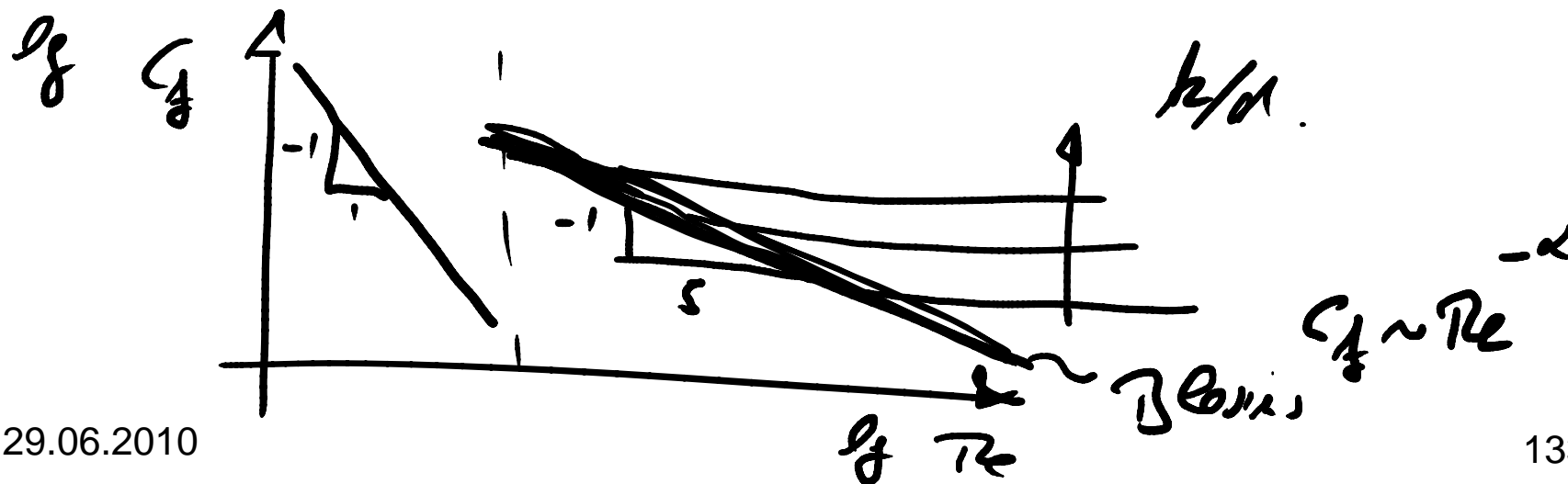
$$1 - \eta' = \frac{1}{\Psi_{\text{sh.}}} \Psi_v' = \frac{1}{\Psi_{\text{sh.}}} \Psi_{\text{Reib}} (\text{Re}')$$

$$1 - \eta = \frac{1}{\Psi_{\text{sh.}}} \left( \Psi_{\text{Reib}} (\text{Re}) \right)$$



$$\frac{1-\eta}{1-\eta'} = (1+V) + V \left( \frac{c_f(Re, h/d)}{c_f(Re', h'/d)} - 1 \right)$$

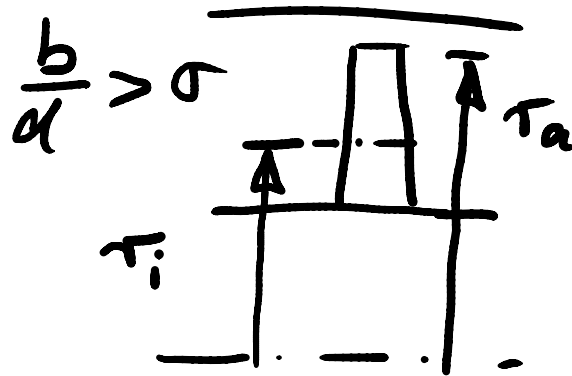
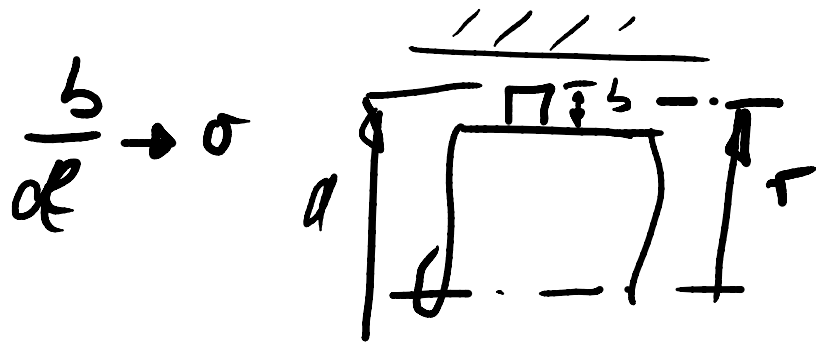
$$\frac{1-\eta}{1-\eta'} = \left( \frac{Re}{Re'} \right)^{-\alpha} \quad \text{Pfeil über}$$



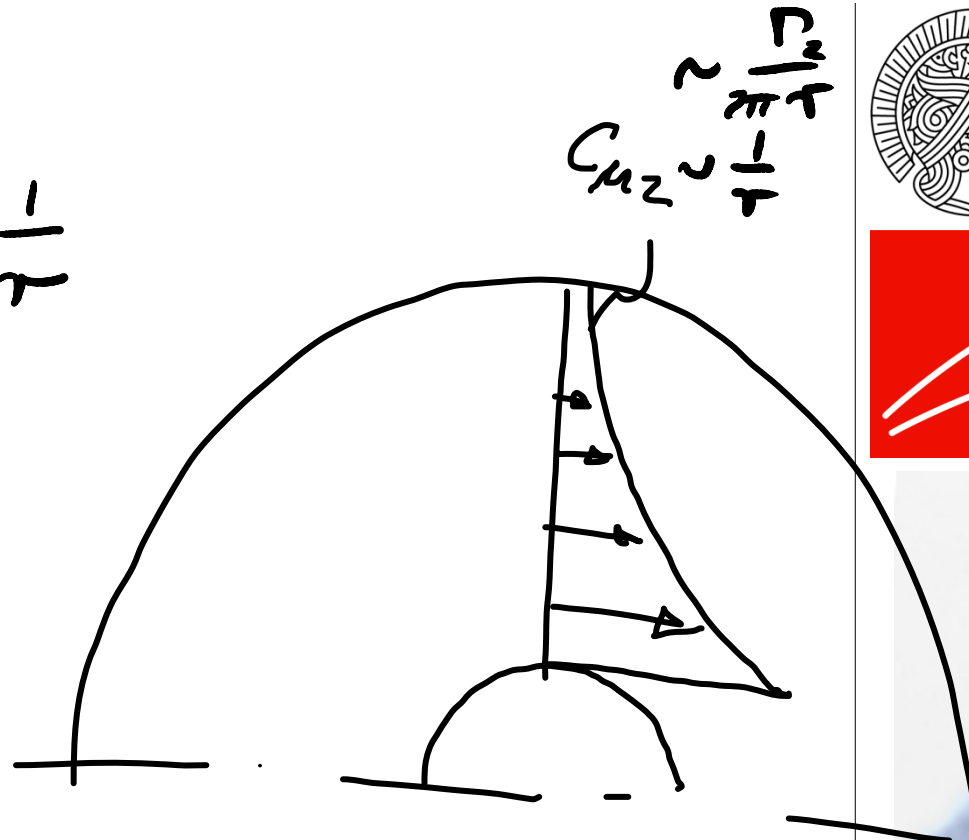
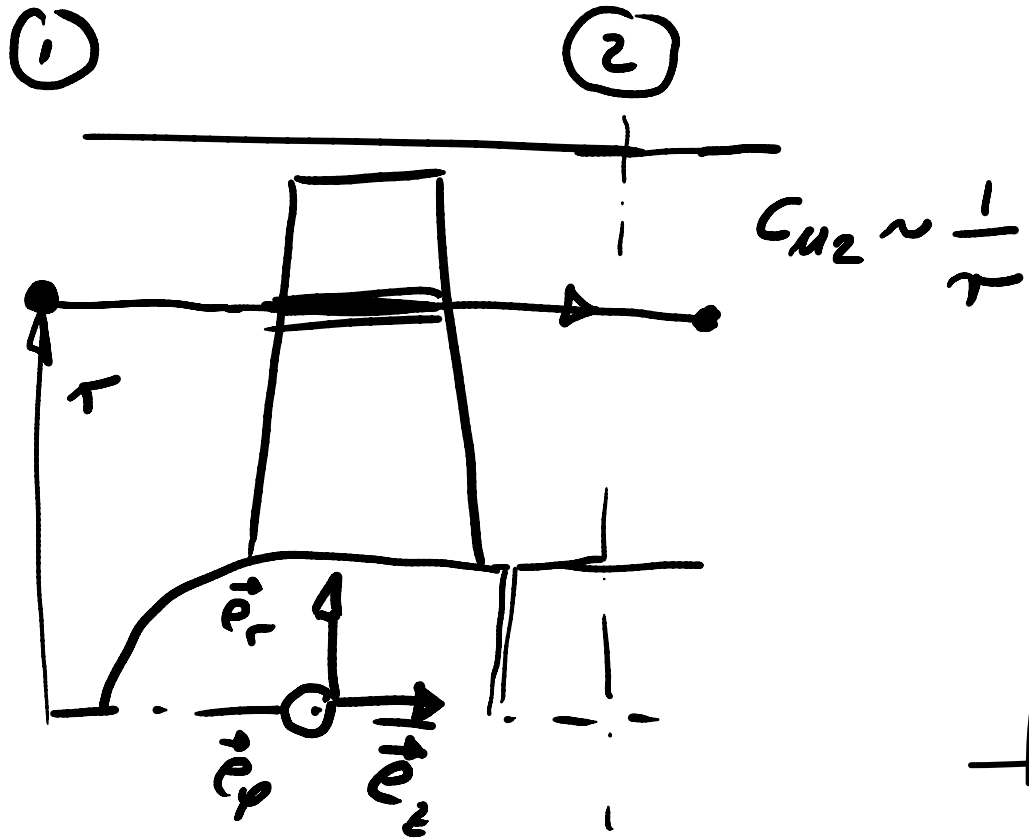


Auslegung einer Axialmaschine mit  
 kleinen Teilgeometrien  $\frac{t}{c} \rightarrow 0, \frac{b}{d} \neq 0$

- Radial Spielpunkt  $\rightarrow$  Wirbelflussmaschine.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
 Sommersemester 2010  
 Fluidenergiemaschinen  
 Vorlesung 9



Ausgabe: erst, daß  
an der Stelle ② die  
Geschwindigkeit der  
eine Potentialeinstellung



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2010  
Fluidenergiemaschinen  
Vorlesung 9