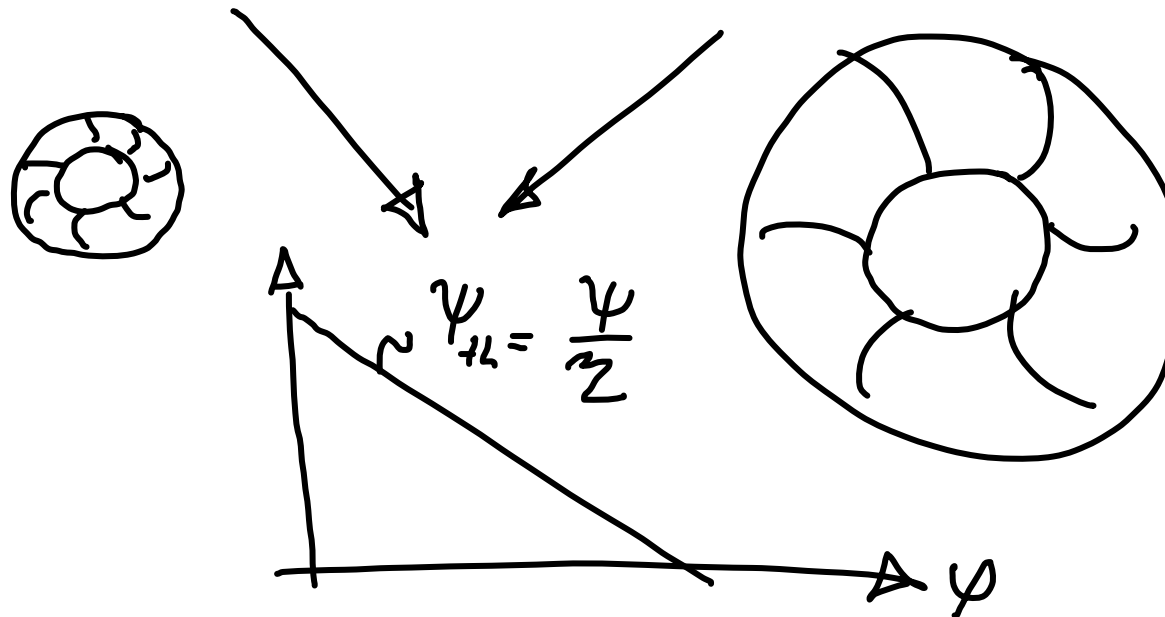
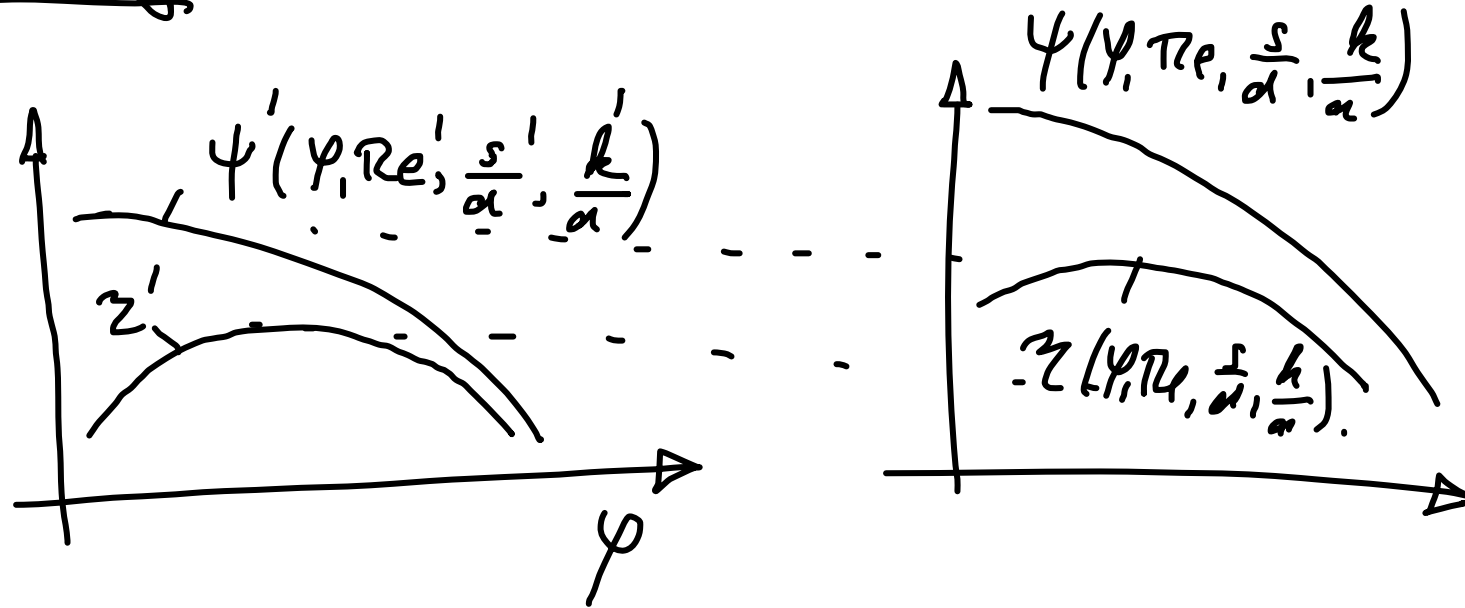
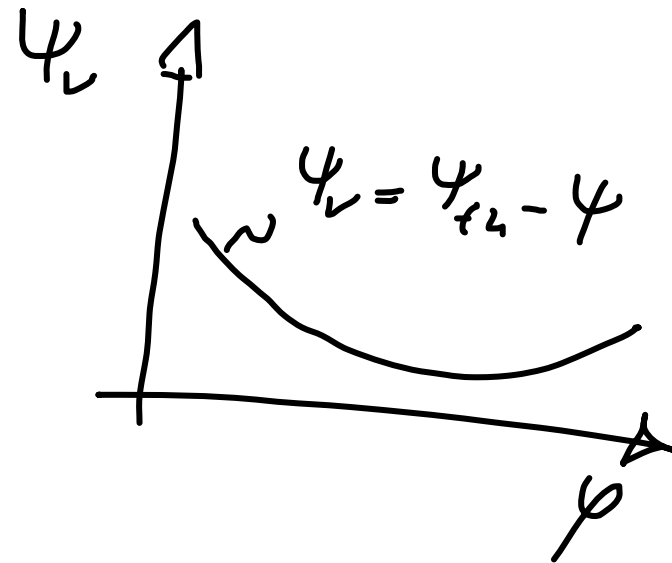
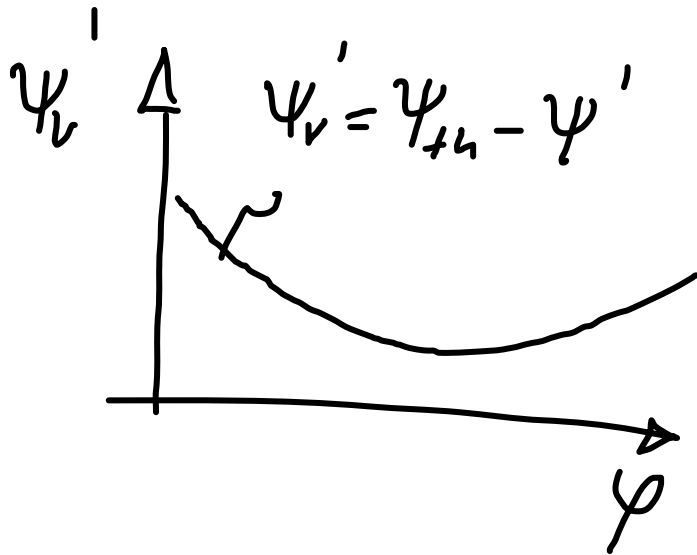


Auswertung



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10

Verluste (Druckverlust $p = \text{const}$ od. Enthalpieverlust
 $p \neq \text{const}$)



Modell für die Verluste

$$\psi_v = \underbrace{\psi_f \left(\text{Re}, \frac{k}{d}, \psi \right)}_{\text{Reibungsverlust.}} + \underbrace{\psi_i \left(\psi, \frac{s}{d} \right)}_{\text{Trägheitsverlust.}}$$

$f \hat{=} \text{friction}$ $i \hat{=} \text{inertie.}$



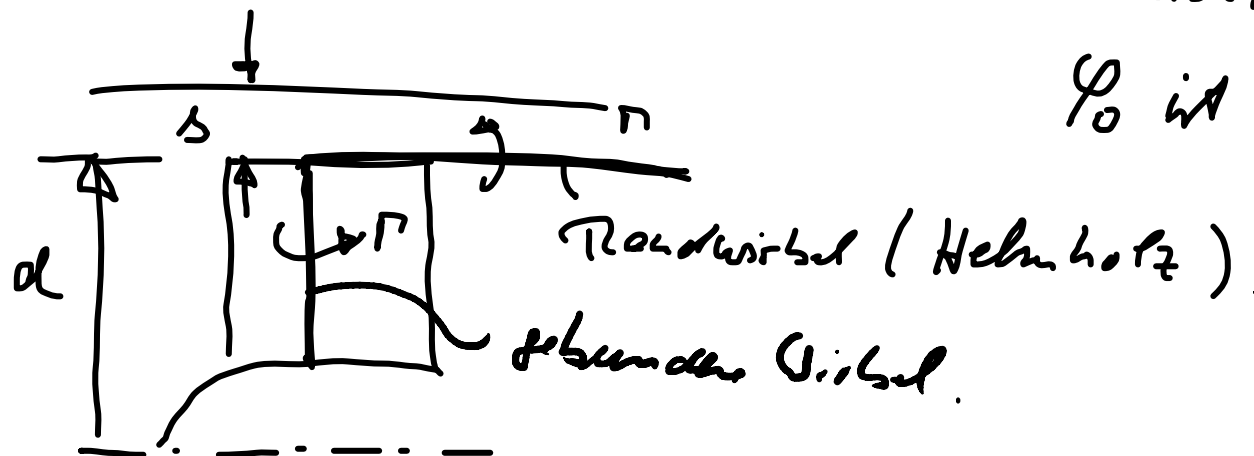
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10



▽ Hinweis: Die Totflussverluste können
weit an Spalte und in
Spaltverlust + Incidenzverluste (Stoßverluste)

$$\psi_i(\psi, \frac{s}{d}) = \underbrace{\frac{1}{2} \left(\frac{s}{d}\right) \psi_{\text{th}}^2(\psi)}_{\text{Spaltverlust}} + \underbrace{c \sqrt{g^2 (\psi - \psi_0)}}_{\text{Incidenzverlust.}}$$

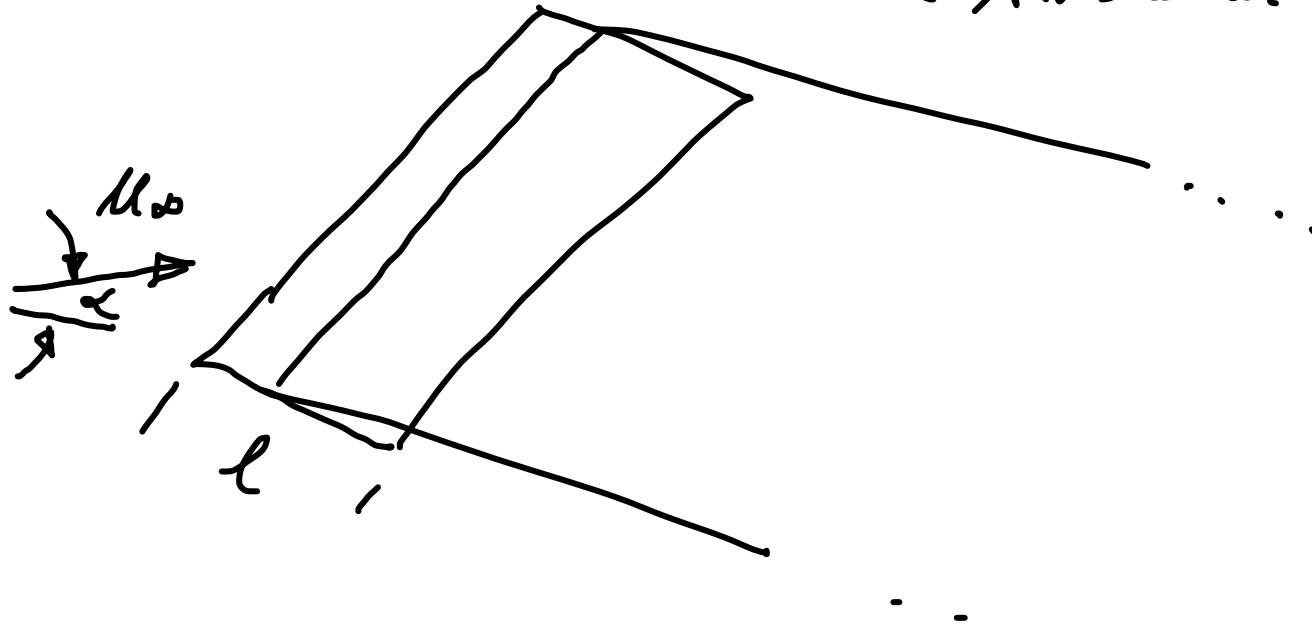
ψ_0 ist der Bestdruck.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10



l Profillänge
 α Anstellwinkel



$A = -s M_\infty \Gamma$ Kutta-Joukowski

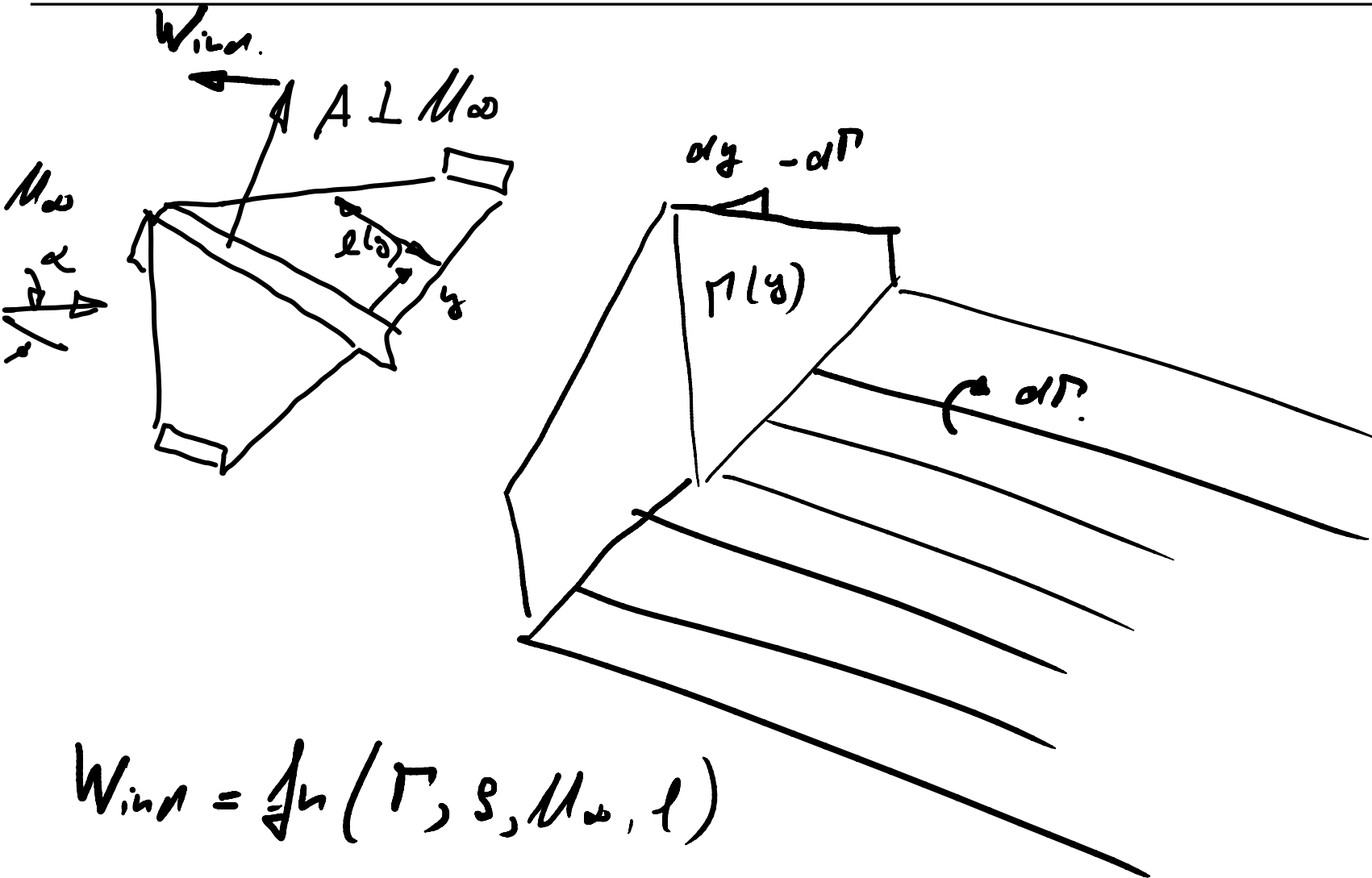
$A := C_A \frac{\rho}{2} M_\infty^2 l$ Def. des Auftriebsbeiwerts

$\Gamma = -\frac{1}{2} M_\infty l C_A$

$C_A = C_{A0} \alpha + O(\alpha^3)$ Angenommene Funktion von α !

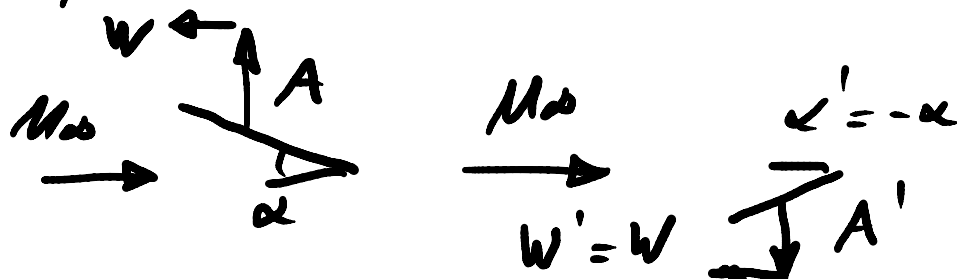


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10



$$W_{\text{Wind}} = \int \Gamma(\Gamma, \rho, M_{\infty}, t)$$

Wind muß eine feste Funktion von α





$$C_{W_{ind.}} := \frac{W}{\frac{\rho}{2} M_0^2 l} \stackrel{!}{=} C_A^2$$

Handbuch Tragflügeltheorie.

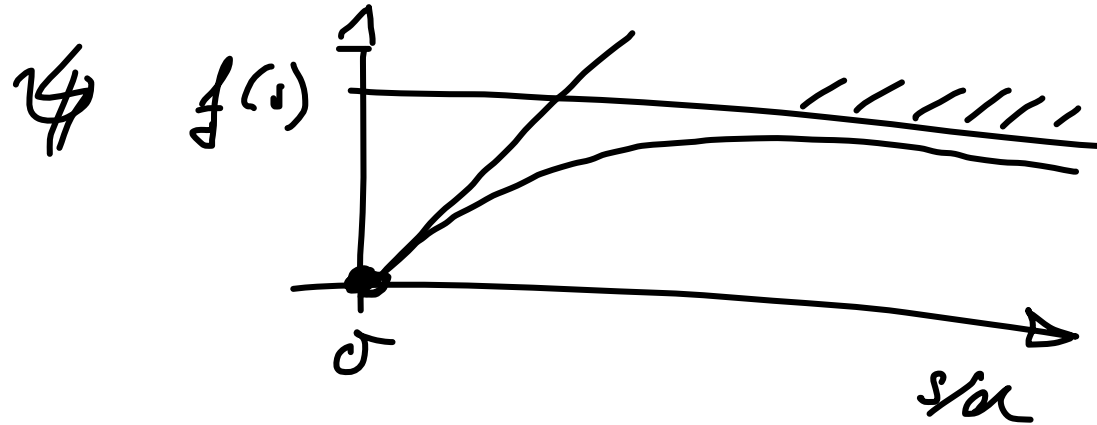
Was bedeutet dies für ein Turbinenmaschin?

$$C_A \stackrel{\hat{=}}{=} \psi_{th.}$$

$$C_{W_{ind.}} \stackrel{\hat{=}}{=} \psi_{v_{speel.}} \sim \psi_{th.}^2 f\left(\frac{s}{d}\right),$$

mit $f(0) = 0$ und $f(\infty) = const.$

Taylorentwicklung für klein $s/\alpha \ll 1$.



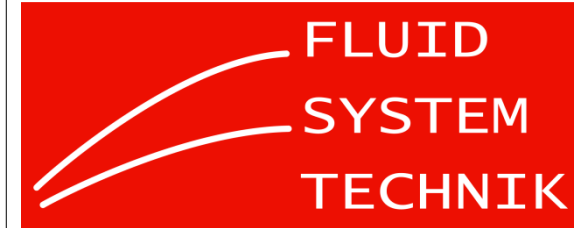
$$f\left(\frac{s}{\alpha}\right) = c \frac{s}{\alpha} + o\left(\frac{s}{\alpha}\right)$$

$$f\left(\frac{s}{\alpha}\right) \approx c \frac{s}{\alpha}$$

$$\Psi_{\text{rot}}\left(\frac{s}{\alpha}, \varphi\right) = \Psi_{\text{rot}}^2 c \frac{s}{\alpha}$$



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10

$$1 - \eta = \frac{\psi_v}{\psi_{th}}$$

$$1 - \eta' = \frac{\psi_v'}{\psi_{th}}$$

$$\frac{1 - \eta}{1 - \eta'} = \frac{\psi_v}{\psi_v'} = \frac{\psi_A + \psi_i}{\psi_A' + \psi_i'}$$

$$V := \frac{\psi_A'}{\psi_v'}$$

$$\frac{1 - \eta}{1 - \eta'} = \frac{\psi_i}{\psi_i'} + V \left(\frac{\psi_{th}}{\psi_A'} - \frac{\psi_i}{\psi_i'} \right)$$

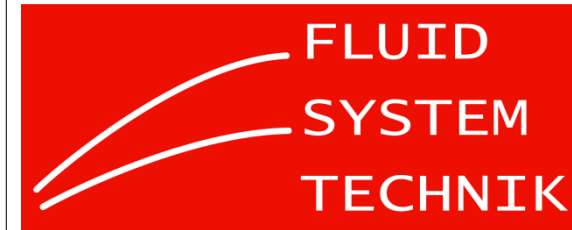
$$\psi_i / \psi_i' = 1$$

$$\frac{\psi_A}{\psi_A'} = \frac{C_f(\tau_0, h/a)}{C_f(\tau_0', h'/a')}$$

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

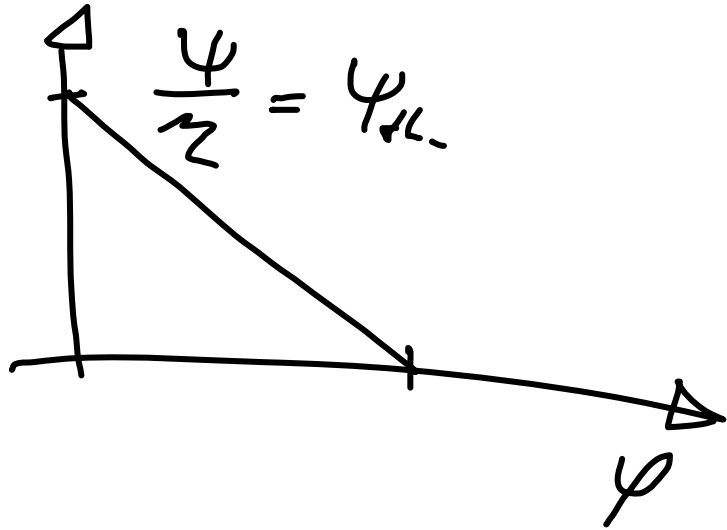


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10

Warum ist Eulerform die Gesch?



Drehmoment

$$\frac{dM_z}{dz} = \tau_2 c_{u2} - \tau_1 c_{u1} \quad | \cdot \Omega$$

$$\frac{dP_A}{dz} = M_2 c_{u2} - M_1 c_{u1}$$

Drehmoment

Energiegleich

$$\frac{dP_A}{dz} + \frac{d\dot{Q}}{dz} = h_{e2} - h_{e1}$$

Q

$$\left. \begin{matrix} (1) \\ (2) \end{matrix} \right\} \Delta h_e = M_2 c_{u2}$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10

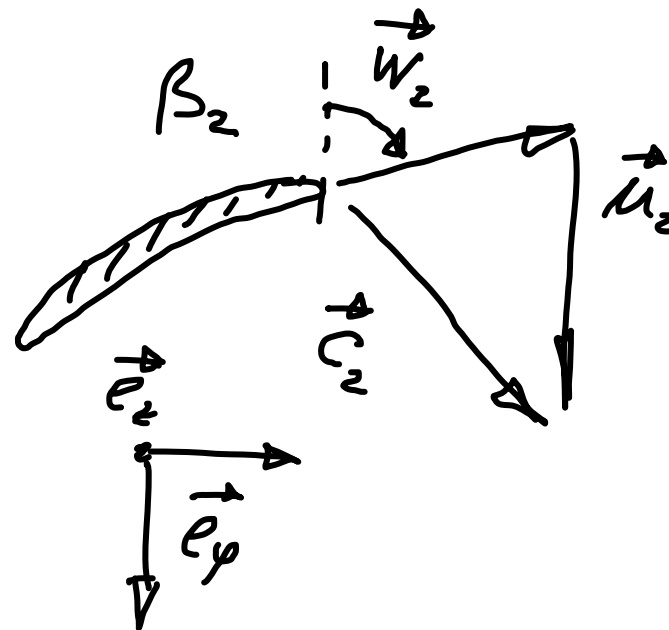


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10

$$\Delta h_E = u_2 c_{u2} \quad | \quad \frac{1}{u_2^2}$$

$$\frac{\Delta h_E}{u_2^2} = \frac{c_{u2}}{u_2}$$

Axialmaschine.



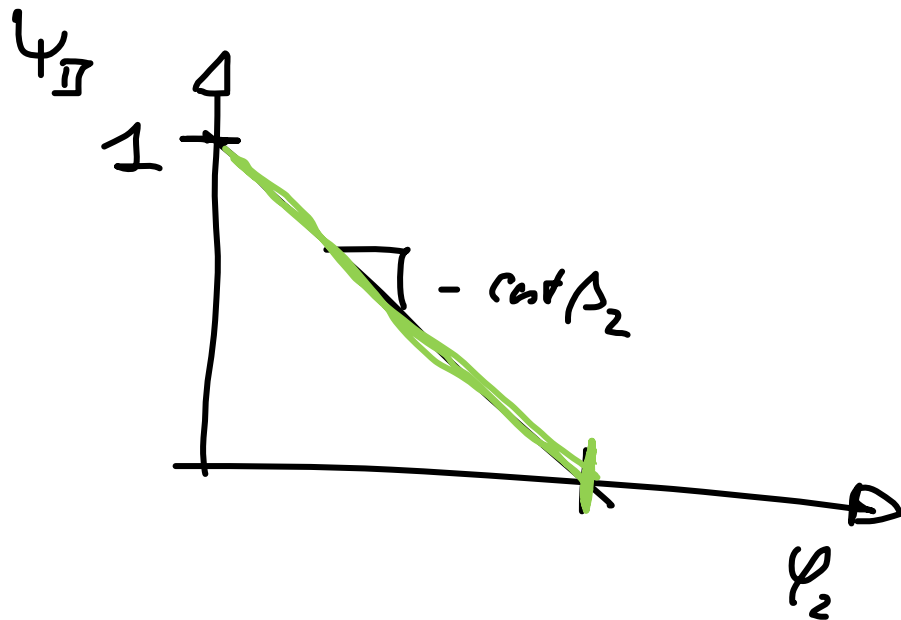
$$\underbrace{\frac{\Delta h_t}{u_2^2}}_{\sim \psi} = 1 - \underbrace{\frac{c_{2t}^2}{u_2^2}}_{\sim \psi/2} \cot^2 \beta_2$$

$$\leadsto \frac{c_{u2}}{u_2} = 1 - \cot^2 \beta_2 \frac{c_{2t}^2}{u_2^2}$$

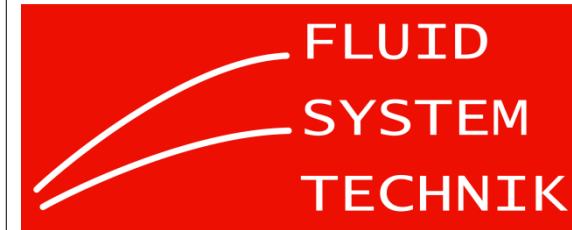
Mit der Notation von Brenner

$$\psi_B = 1 - \psi_2 \cot \beta_2$$

$$\psi = 2 - 2\psi_2 \cot \beta_2 \quad \text{d.h. in Notation}$$

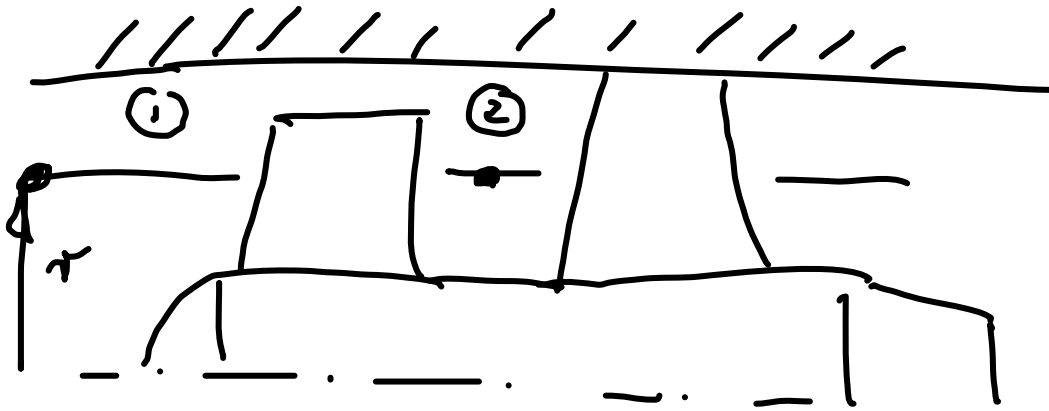


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10

Auslegung einer Axialmaschine mittels radialen Rührpfl.

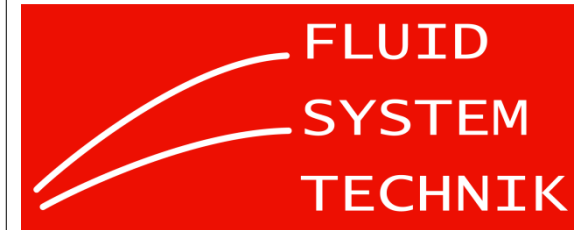


Frage: Wie muss die Schaufel gestaltet sein,
damit der Flüssigkeitsanteil auf eine
Zylinder $r = \text{const}$ bB.B.D.

Weg: Herleite eine Differentialgleichung für die
Drehmoment an der Well (2).



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10

Drehmoment

$$\frac{dM_z}{dmi} = \tau_2 c_{u2} - \tau_1 c_{u1} \quad | \cdot \Omega$$

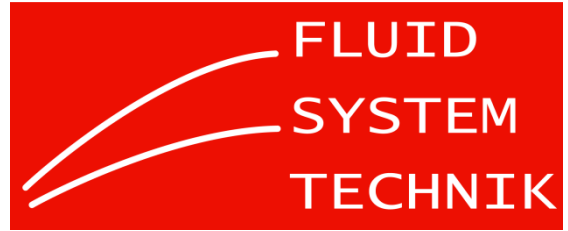
$$\frac{dP_A}{dmi} = \underbrace{M_2 c_{u2}} - \underbrace{M_1 c_{u1}} = \underbrace{\gamma}_{\text{Schicht}} \quad (1)$$

$\equiv 0$. (Schauflorbeit)

Energiegleichung

$$\frac{dP_A}{dmi} = \left(\frac{P_2}{\rho_2} + \frac{c_2^2}{2} \right) - \left(\frac{P_1}{\rho_1} + \frac{c_1^2}{2} \right) + \underbrace{(e_2 - e_1)}_{\gamma} = \frac{1}{2} \gamma$$

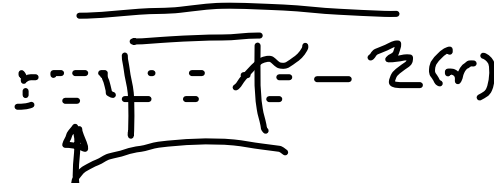
$$\approx \frac{dP_A}{dmi} = \left(\frac{P_2}{\rho_2} + \frac{c_2^2}{2} \right) \gamma - \left(\frac{P_1}{\rho_1} + \frac{c_1^2}{2} \right) \gamma$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10

Energie = Drehloch

$$\rho \Omega r c_{u2} = \left(\frac{p_2}{\rho} + \frac{c_2^2}{2} \right) - \left(\frac{p_1}{\rho} + \frac{c_1^2}{2} \right) \bigg| \frac{d}{dr}$$



$$\frac{1}{\rho} \frac{dp_2}{dr} = \frac{c_{u2}^2}{r}$$

vgl. Spurb im Anhang für $\Omega \equiv 0$.

r-Komponente der Euler-Gl.

Annahme

$\Omega(r) \neq f(r)$: In jeder Schaufelstellung treten die Fließrichtungen Uebereinander auf.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10

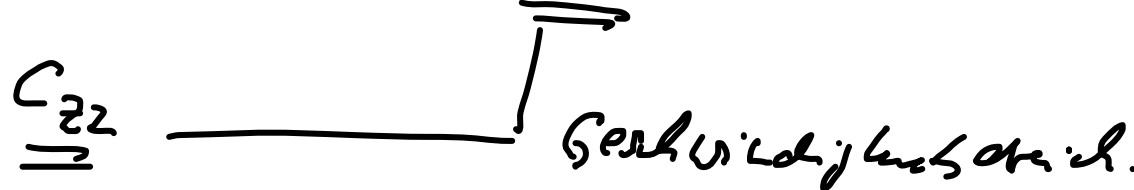


$$\eta \Omega \frac{d(\tau c_{u2})}{dr} = \underbrace{\frac{c_{u2}^2}{r} + c_{u2} \frac{dc_{u2}}{dr}}_{\frac{c_{u2}}{r} \frac{d(\tau c_{u2})}{dr}} + c_{z2} \frac{dc_{z2}}{dr}$$

$$\eta \Omega \frac{d(\tau c_{u2})}{dr} = \frac{c_{u2}}{r} \frac{d(\tau c_{u2})}{dr} + c_{z2} \frac{dc_{z2}}{dr}$$

Vorgehensweise der Drehmomentbilanz τc_{u2} an der Stelle 2.

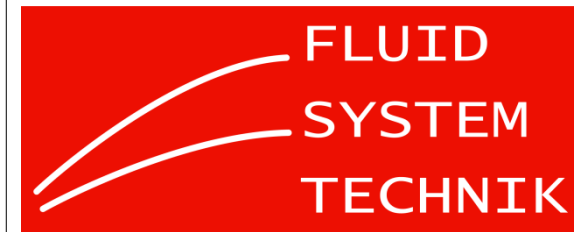
→



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10

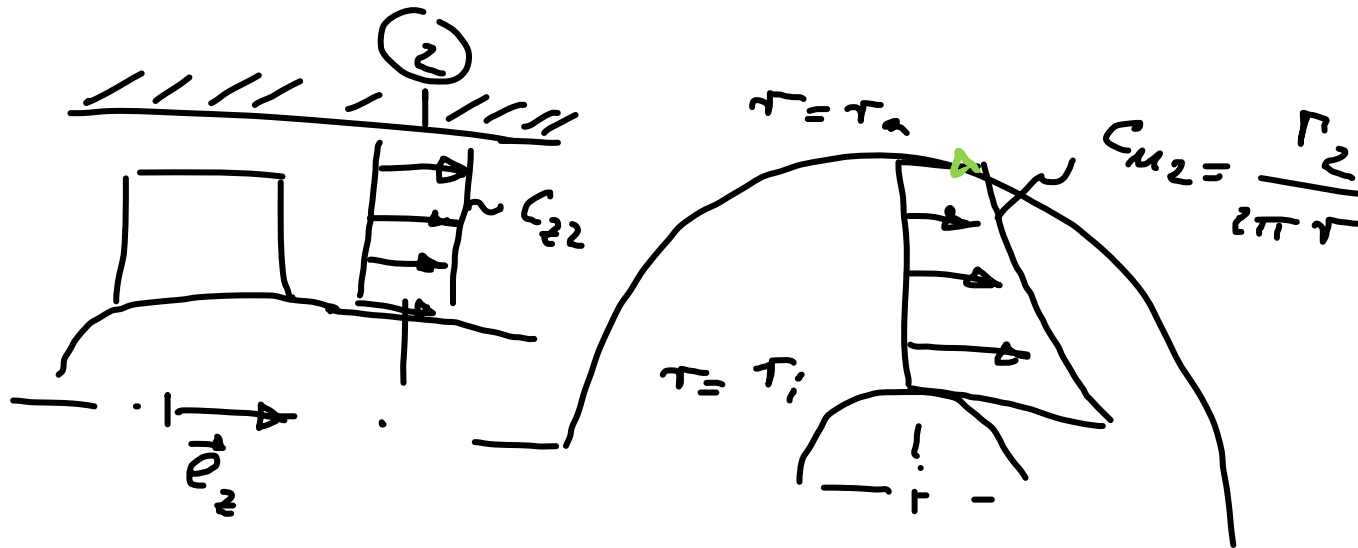


1. Lösung Vorgabe eines konstanten

Drehes

$$r c_{u2} = \text{const} = \frac{\Gamma_2}{2\pi} f_k(r)$$

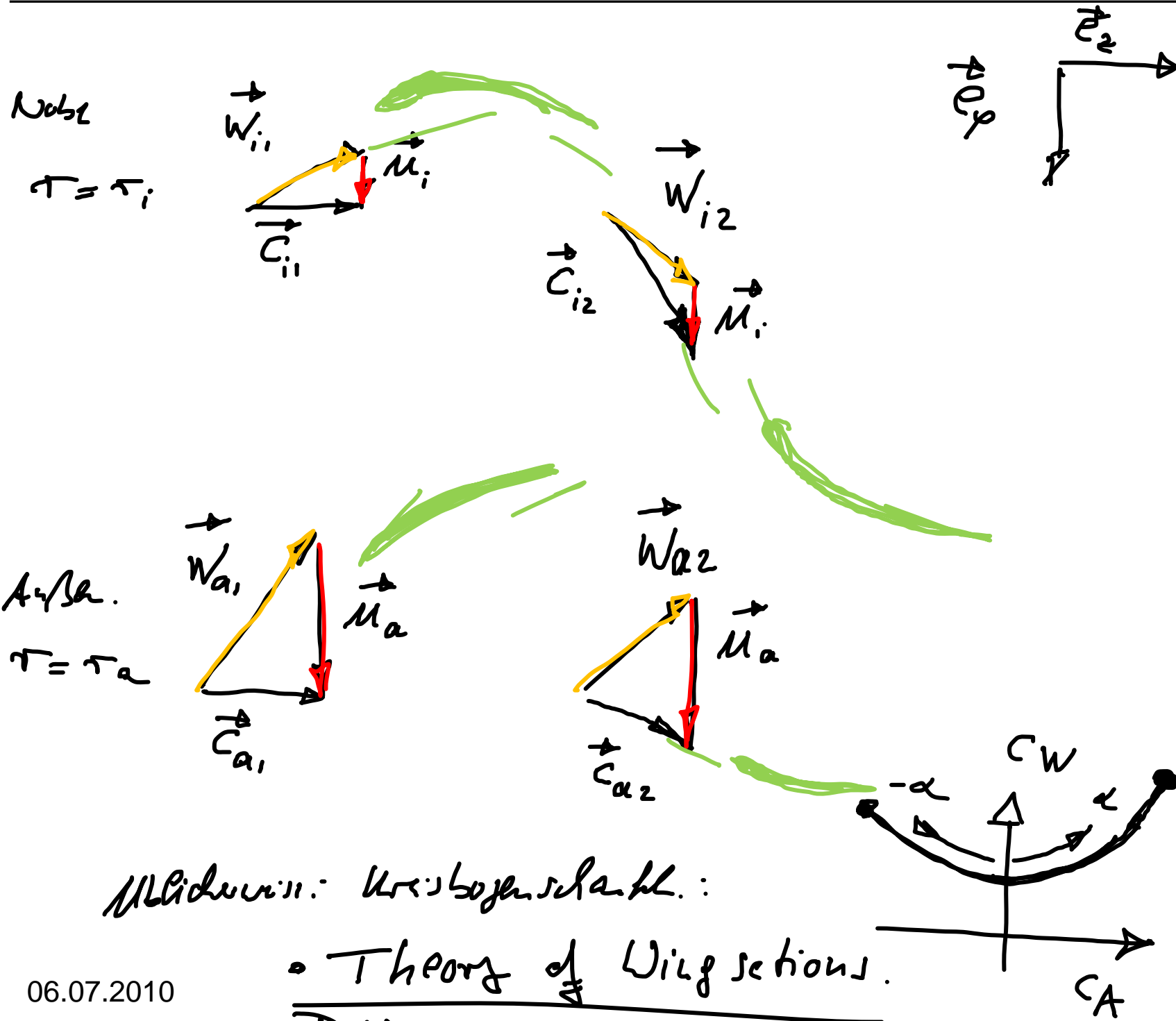
$$c_{z2} = \text{const.}$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10



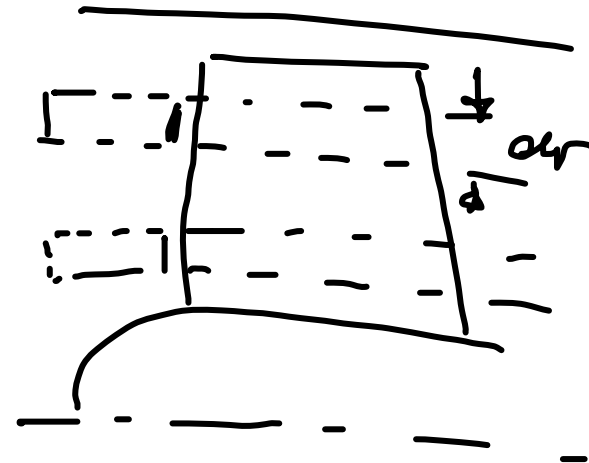
Bilden: Kreisbogenstrahl:
 • Theory of Wing sections.
 Down.



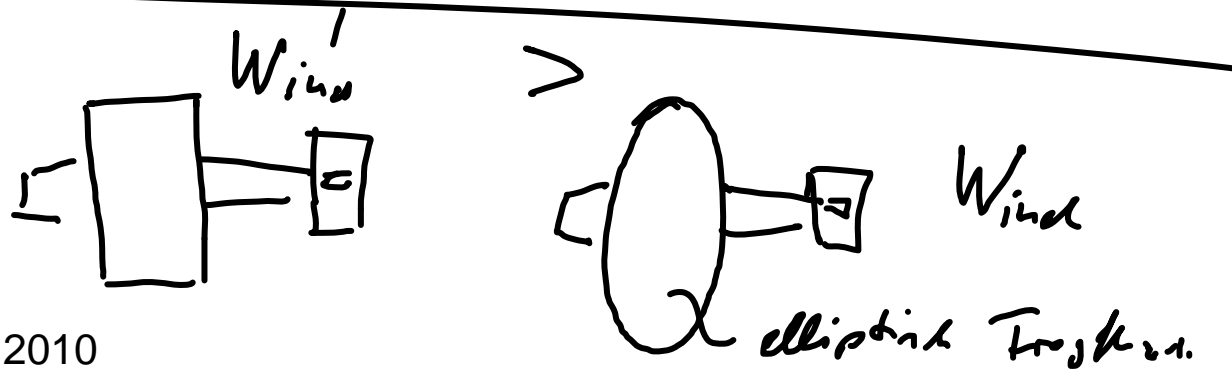
Energieumsetzung bei einer Wirbelsäule

$$\frac{dP_A}{dn} = \tau_2 \omega_2 \Omega$$

$$= \frac{\tau}{2\pi} \Omega$$



Isoperiphetale Energieumsetzung in a
Reaktion.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10

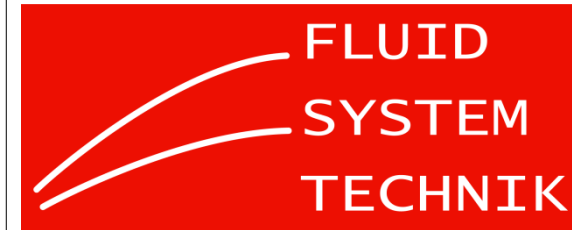
Problem bei Überdruckmessen:

⊖ Starke Abmahlung an der Nase
→ Gefahr von AS Lösung.

⊖ Verdichtungsleitfäden
→ versch.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 10