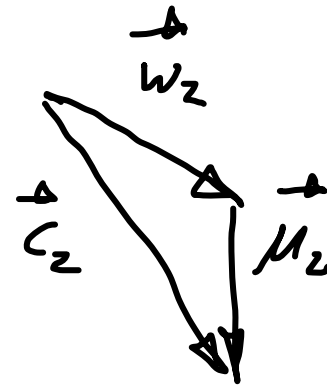
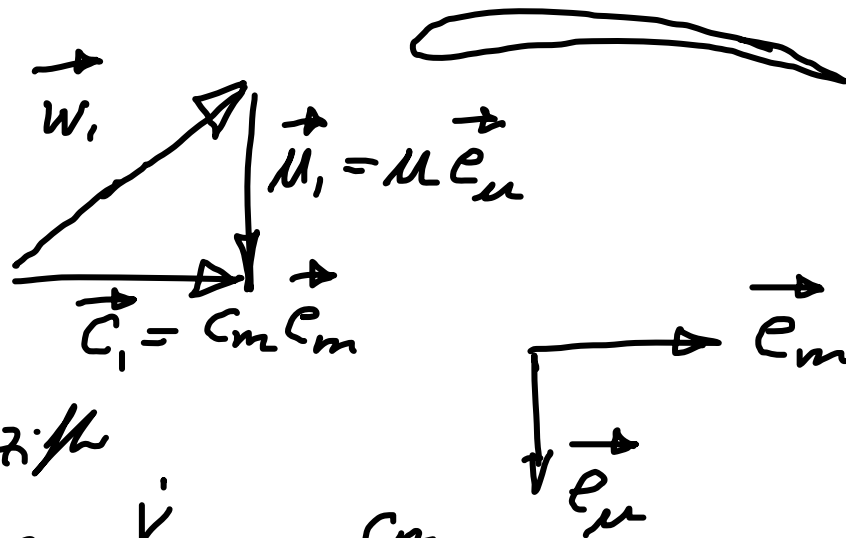


Unvollständige Ähnlichkeit; Aufwertung

Verluste bei einer Turbomachine.

1. Stoßverluste, Fehlentwicklung des Schaufel
Freiheitswinkel

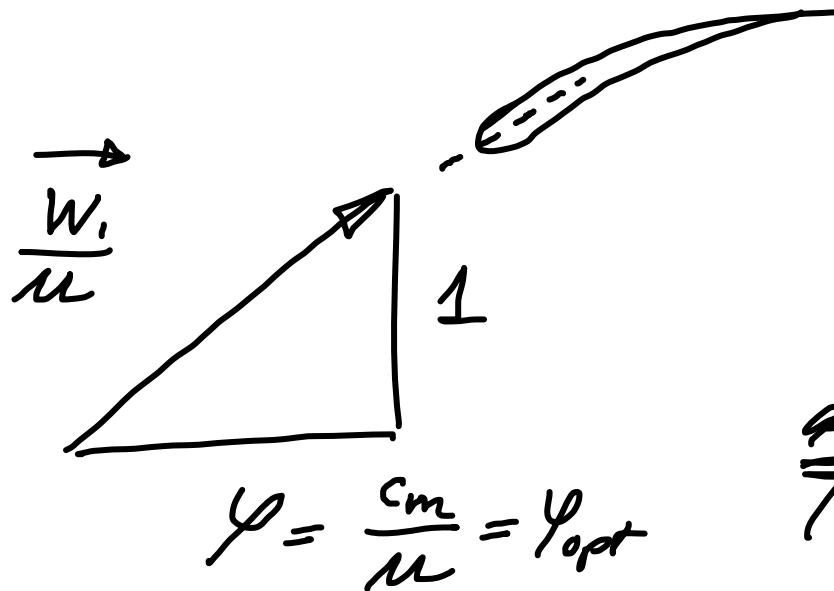


Durchflusszahl

$$\varphi = \frac{\dot{V}}{\pi r^2 u} = \frac{c_m}{u}$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 21



Stoßfreie Anströmung.

Verdichtungsstoß



Teiltest $\varphi < \varphi_{opt}$.
→ Ablösung auf der Saugseite.

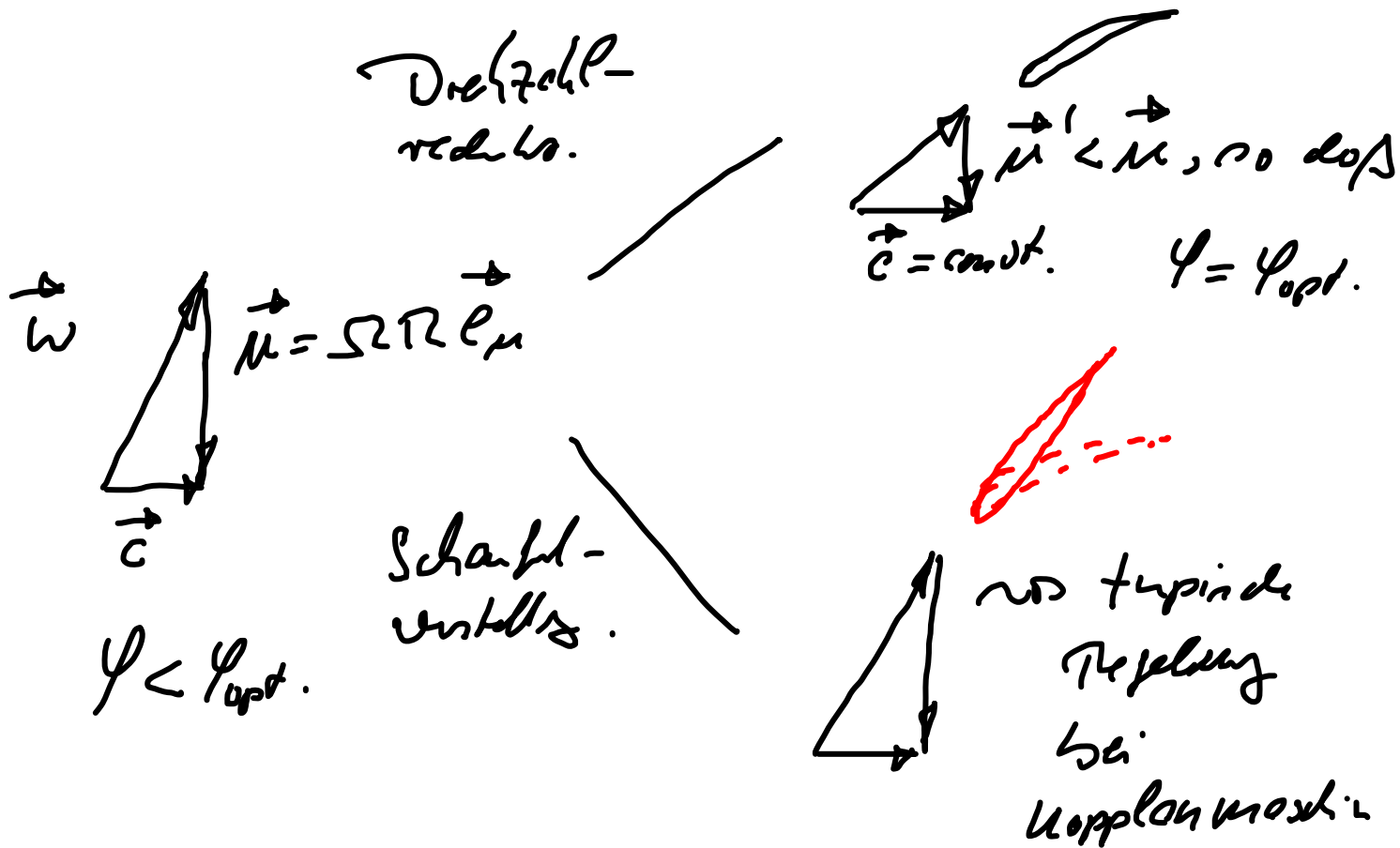


überlast $\varphi > \varphi_{opt}$.
→ Ablösung auf der Druckseite.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 21

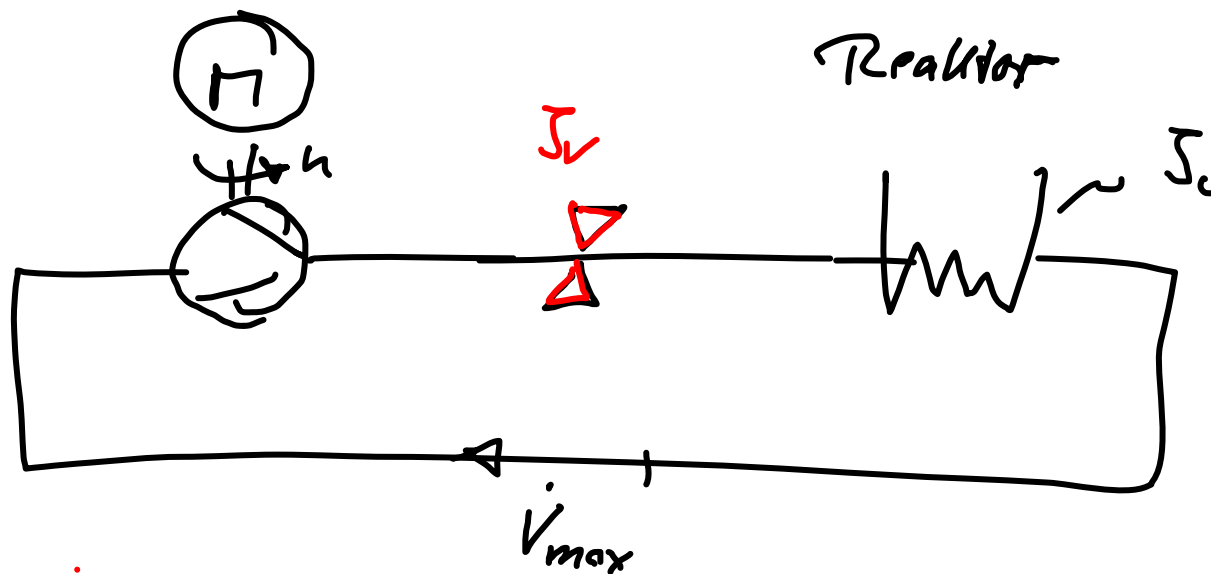
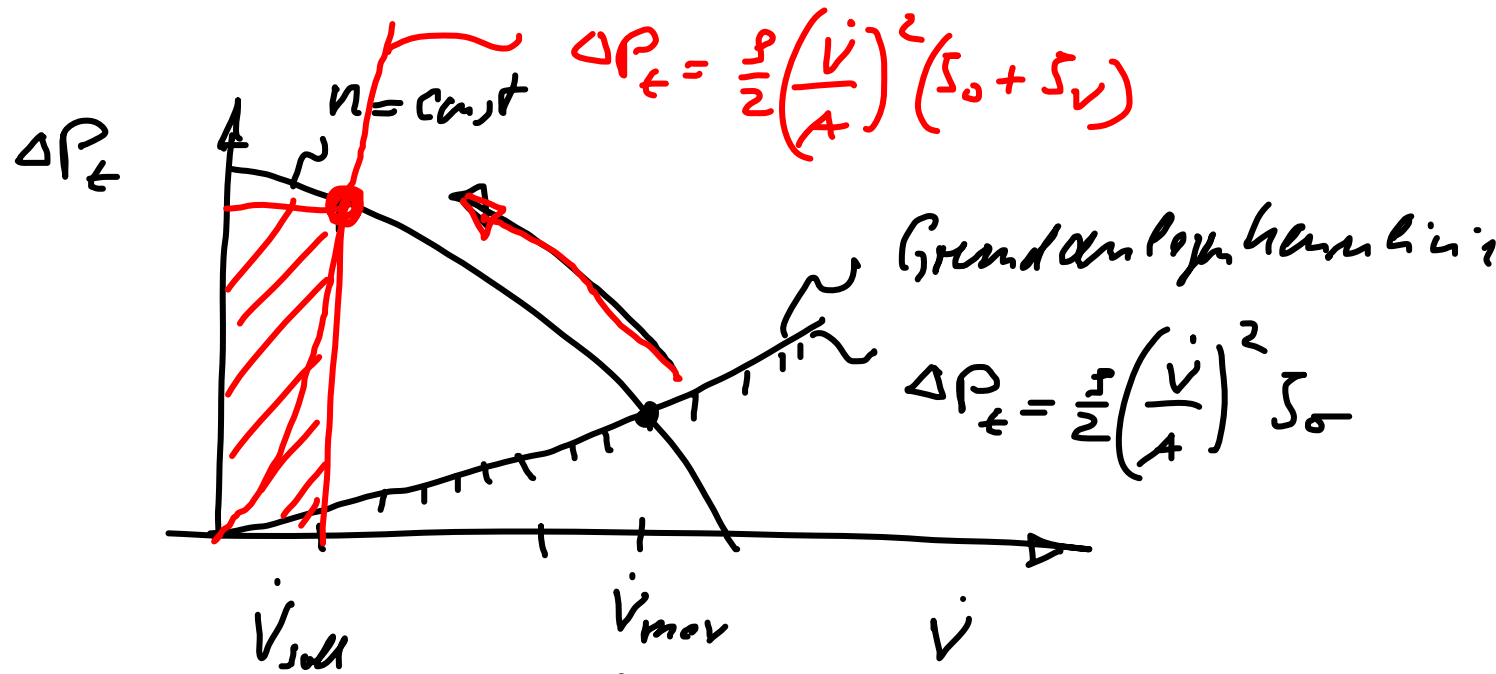
→ Reduktion von Kopfwerten
 durch Drehmomentpassung oder
Schaufelverstellung



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
 Sommersemester 2011
 Grundlagen der Turbo-
 maschinen und Fluidsysteme
 Vorlesung 21



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 21

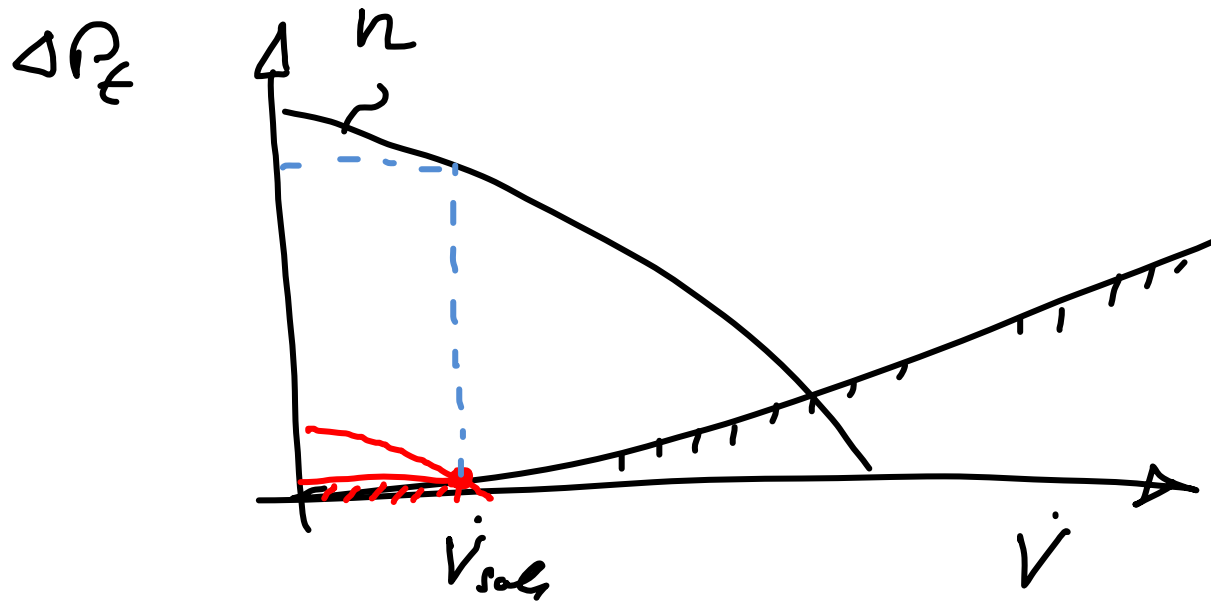


$P_A = \frac{1}{2} \Delta P_{\epsilon} \dot{V}_{soll}$

\dot{V}_{soll}

Drosselmodell

Energieverlust bzw. ist die Drehzahl hoch.



$$P_A = \left(\frac{1}{2} \Delta P_t V_{\text{opt}} \right) \ll \left(\frac{1}{2} \Delta P_t V_{\text{max}} \right)_{\text{Drossel}}$$

Drehzahl



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

FLUID
SYSTEM
TECHNIK



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 21

Skizze von Turbomachina.

$$\psi = \psi \left(Re, \varphi, \frac{k}{\alpha}, \frac{D}{d}, \dots \right)$$

$$\eta = \eta \left(Re, \varphi, \frac{k}{\alpha}, \frac{D}{d}, \dots \right)$$

Ist eine vollständige Ähnlichkeit möglich?

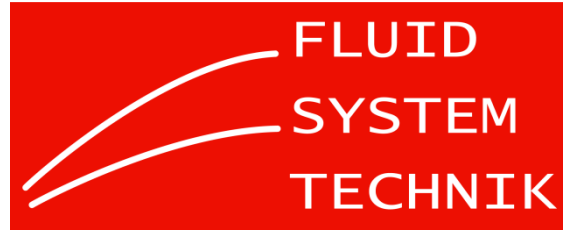
Modell

$$Re_m = \frac{\rho_m d_m^2 \omega_m}{\eta_m}$$

! für eine Re-Ähnlichkeit

Großausführ.

$$Re = \frac{\rho d^2 \omega}{\eta}$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 21

$$\frac{M_n M_d^2}{M_v} \stackrel{!}{=} 1 \quad \text{für eine} \\ \text{Reynoldszahl-Ähnlichkeit.}$$

$$Ma = \frac{d_n}{a} = \mathcal{L} \quad \text{Geschwindigkeit} \\ \text{Maßstabsfaktor} \\ \text{i.d.R. durch} \\ \text{vergeben.}$$

$$M_v = \frac{v_n}{v} = 1 \quad \left. \begin{array}{l} \text{Gleiches Reiterial im} \\ \text{Modell und in der} \\ \text{Großanströmung.} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{muß} \\ \text{nicht so} \\ \text{sein.} \end{array}$$



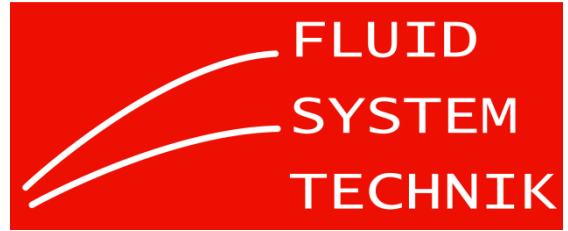
↳ $M_n = \mathcal{R}^{-2}$ für ein Reynoldszahlverhältnis
mit gleichem Wert.

z.B. $\mathcal{R} = \frac{1}{10}$

$n_n = 100 \text{ n}$ ⚡

$\varphi_n \sim \frac{\dot{V}_n}{n_n d_n^3} \stackrel{!}{=} \varphi \sim \frac{\dot{V}}{n d^3}$

$\frac{M_{\dot{V}}}{n_n M_n^3} \stackrel{!}{=} 1 \rightsquigarrow \underline{M_{\dot{V}} = M_n M_n^3}$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 21

Für ein gehalten Reynoldszahlen
bei gleichen Material

$$M_i = \mathcal{R}^3 \mathcal{R}^{-2} = \mathcal{R}$$

Vollständige Ähnlichkeit bei Turbomaschinen
ist theoretisch möglich.

Leistung einer Turbomaschine.

$$P_A = \frac{1}{2} \Delta P_t \dot{V} \sim \rho n^2 d^2 n d^3 \\ \sim \rho n^3 d^5$$





Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 21

$$M_{P_f} = \frac{P_{fM}}{P_f} = M_g M_a^5 M_n^3$$

Annahme $M_g \equiv 1$ flücht. Modell
im Modell und Großausföhr.

$$M_{P_f} = \mathcal{K}^5 (\mathcal{K}^{-2})^3 = \mathcal{K}^{-1}$$

In Beispiel $\mathcal{K} = \frac{1}{10} \rightsquigarrow M_{P_f} = 10.$

Physikalisch ist eine vollständige
 Ähnlichkeit im Fall von Turbomaschinen.
 bei gleichem Material unmöglich!

Ausweg: Aufgabe der Reynoldszahl.

▷ Häufig auch Probleme mit
 der Froudeschen Ähnlichkeit

$$Fr = \frac{u}{\sqrt{g h}} = \frac{\text{Strömungsgeschwindigkeit}}{\text{Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Schwerkraft}}$$





$\zeta_m \stackrel{!}{=} \zeta$ Anstelle
Re-Ähnlichkeit



$$\text{Re}_m = \mathcal{K} \text{Re}$$

$$\zeta_m = \zeta_m \left(\psi, \text{Re}_m, \left(\frac{h}{d} \right)_m, \left(\frac{r}{d} \right)_m, \dots \right) \leq \zeta(\psi, \text{Re})$$

infolge unvollständiger Ähnlichkeit.

Aufwertverfahren = physikalisch
motiviert Extrapolation

Scaling

$$1 - z := \frac{P_v}{P_f} = \frac{\text{innere Verlust}}{y_i R}$$

totales Differenzial

$$-dz = \frac{dP_v}{P_f} - \frac{P_v}{P_f^2} dP_f$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 21



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 21

$$-dz = \frac{dP_v}{P_A} - \underbrace{(1-z) \frac{dP_A}{P_A}}_{\approx 0}$$

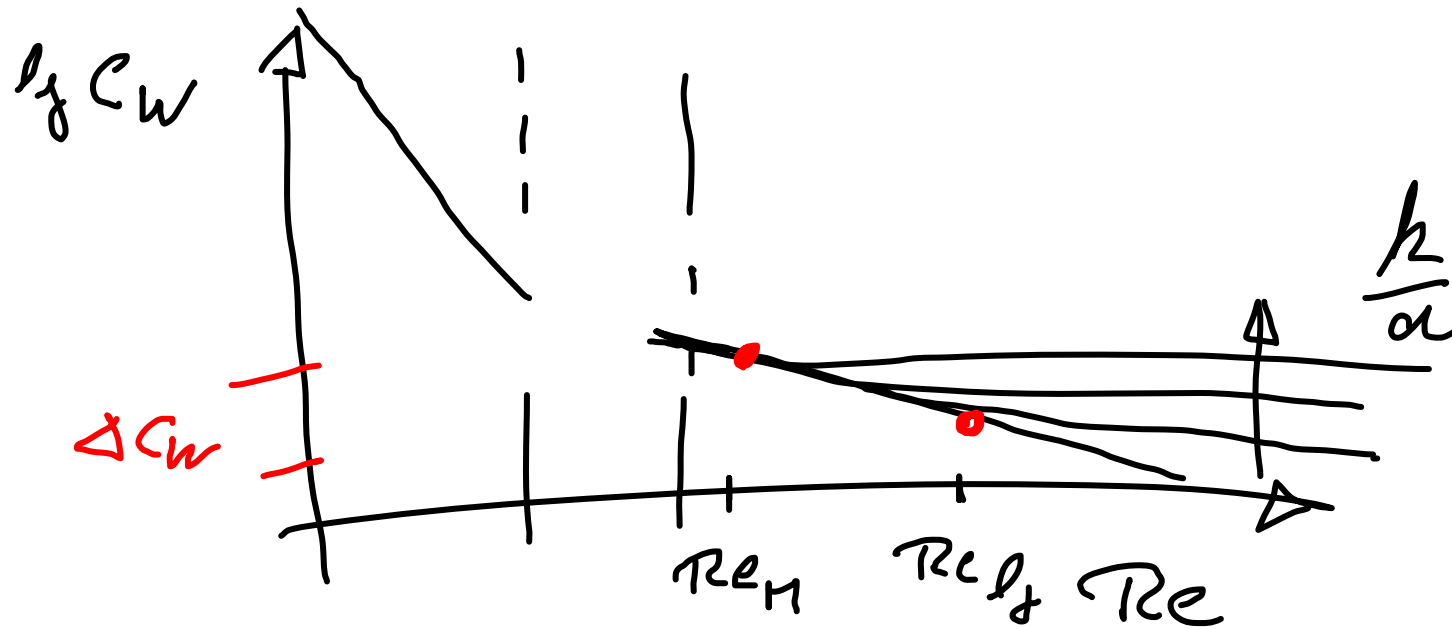
$$\frac{dP_v}{P_A} \approx \frac{dC_w}{C_w}$$

$$\Rightarrow -dz = \frac{dC_w}{C_w}$$

$$\Rightarrow -\Delta z \approx \frac{\Delta C_w}{C_w}$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 21



$$\leadsto \zeta - \zeta_M \approx \frac{c_{wM} - c_w}{c_{wM}}$$