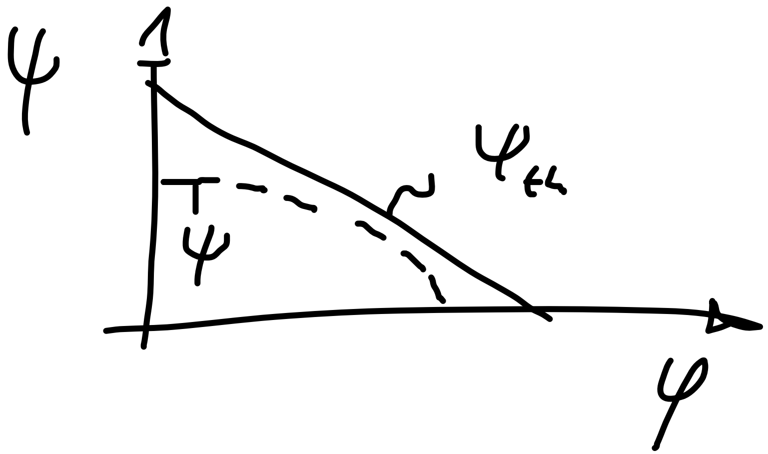
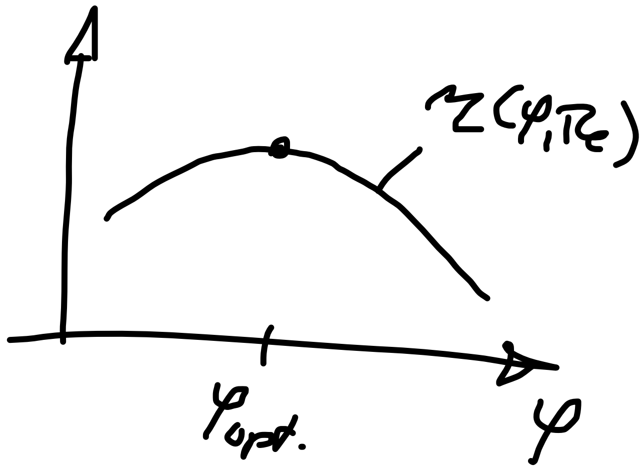
Theoretische Kennlinie einer Turbomaschine





$$\psi_{th} = 1 - \varphi \cot \beta_2$$ Eulerkennlinie

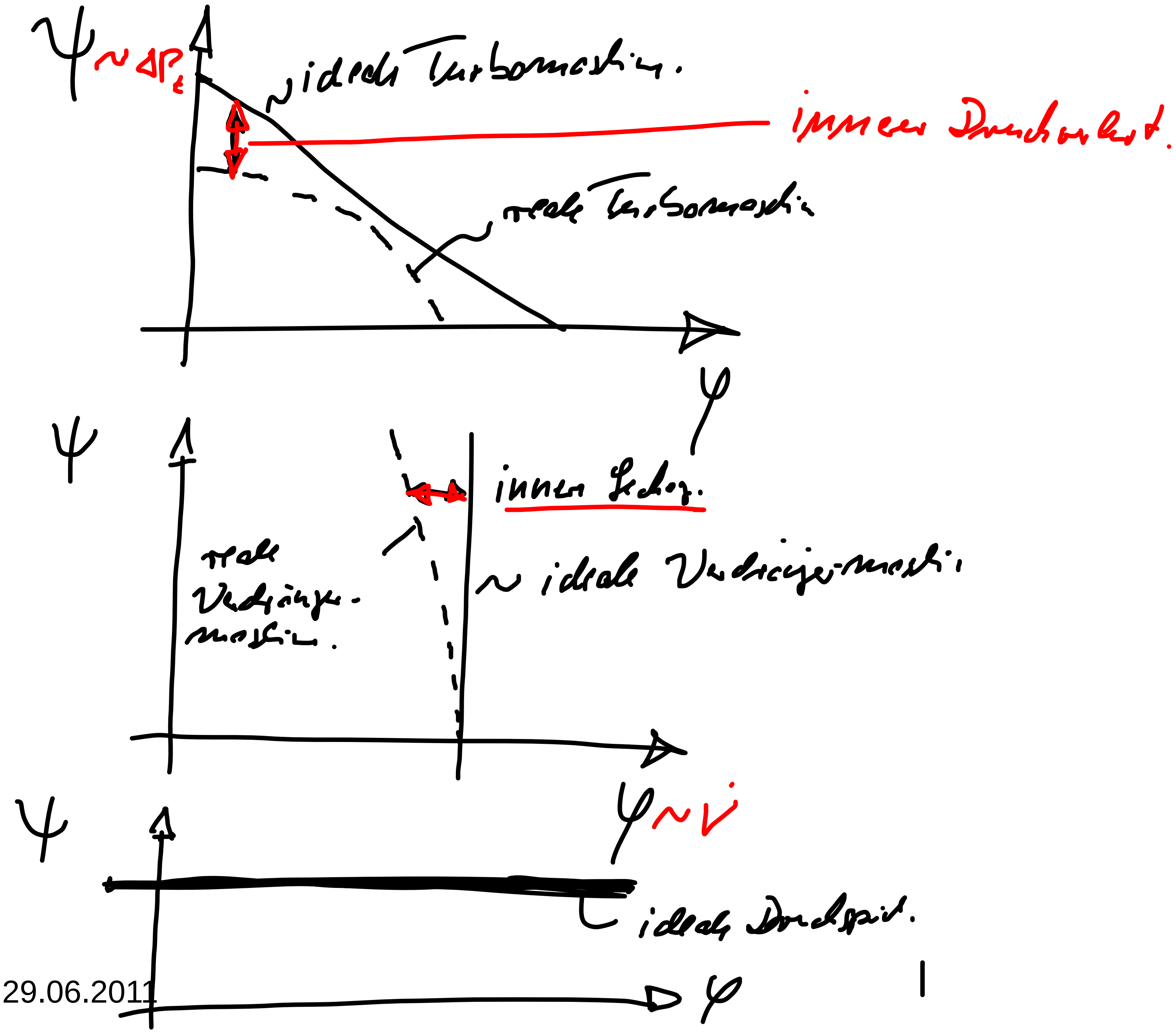
$$\psi = \eta \, \psi_{th} \qquad \eta = \eta(Re, \varphi)$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 20



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

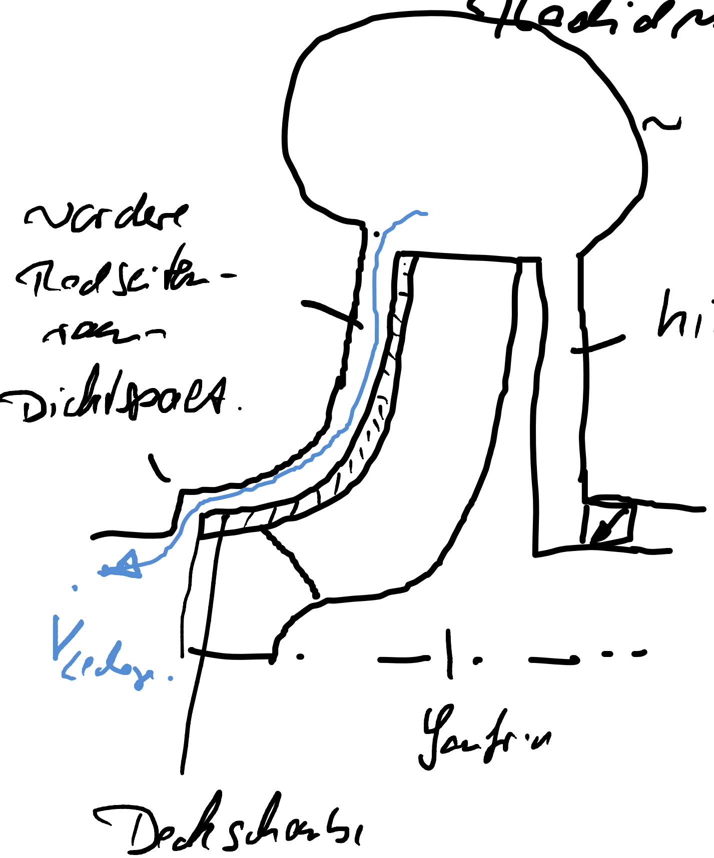
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 20

Anm.: Jede Turbomaschine zeigt Schlupfverlust.

Bsp. Strömung durch den Radseitenraum einer Radialmaschine.

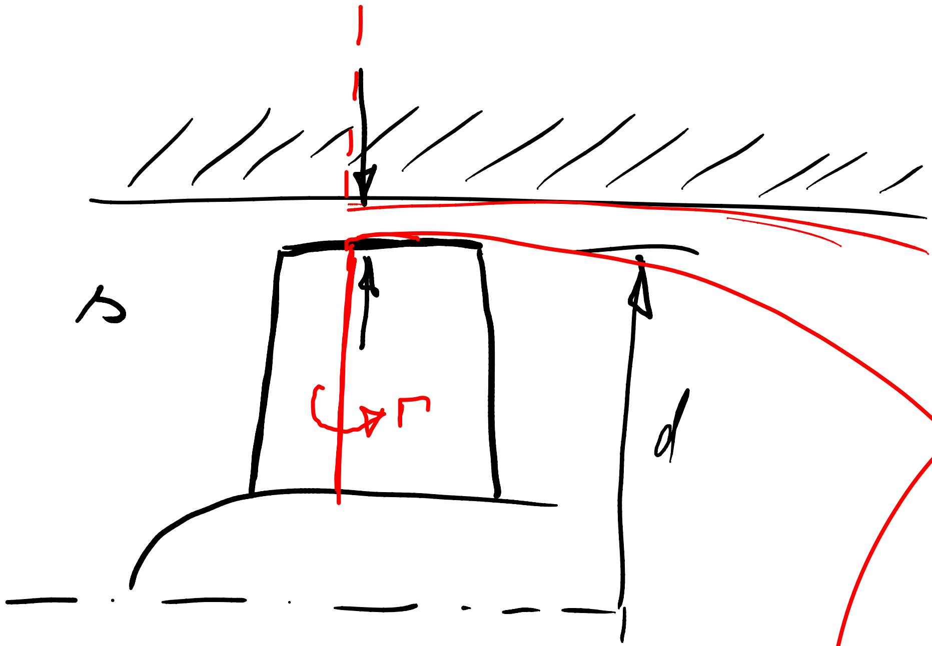


TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

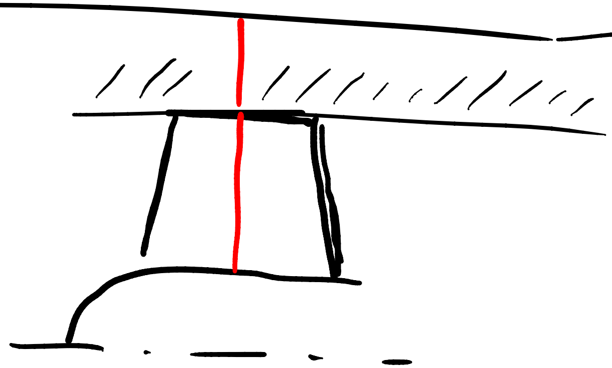
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 20

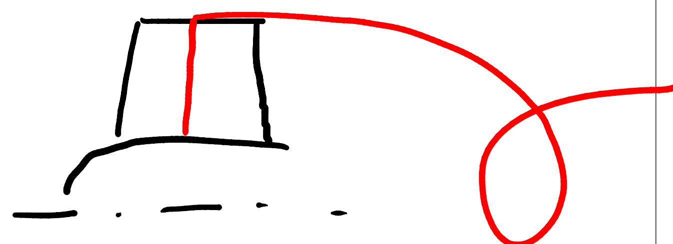


$$\Delta \psi_v = f\left(\frac{s}{d}\right) \psi_{th}^2$$

$\lim \frac{s}{d} \to 0$



$\lim \frac{s}{d} \to \infty$



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

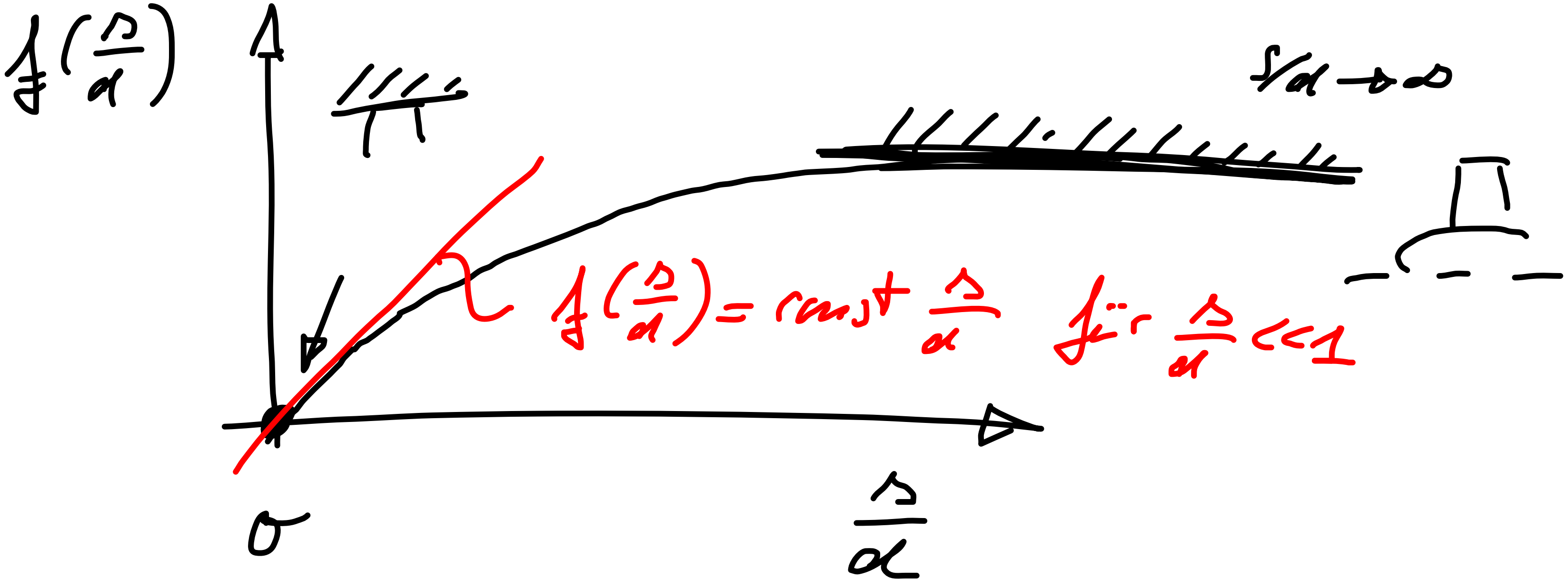
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 20

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK



$$\frac{\Delta}{a} \sim 10^{-2} \ldots 10^{-3}$$

$$\Delta\Psi_v = \text{const}\,\frac{\Delta}{a}\,\Psi_{th}^2 .$$

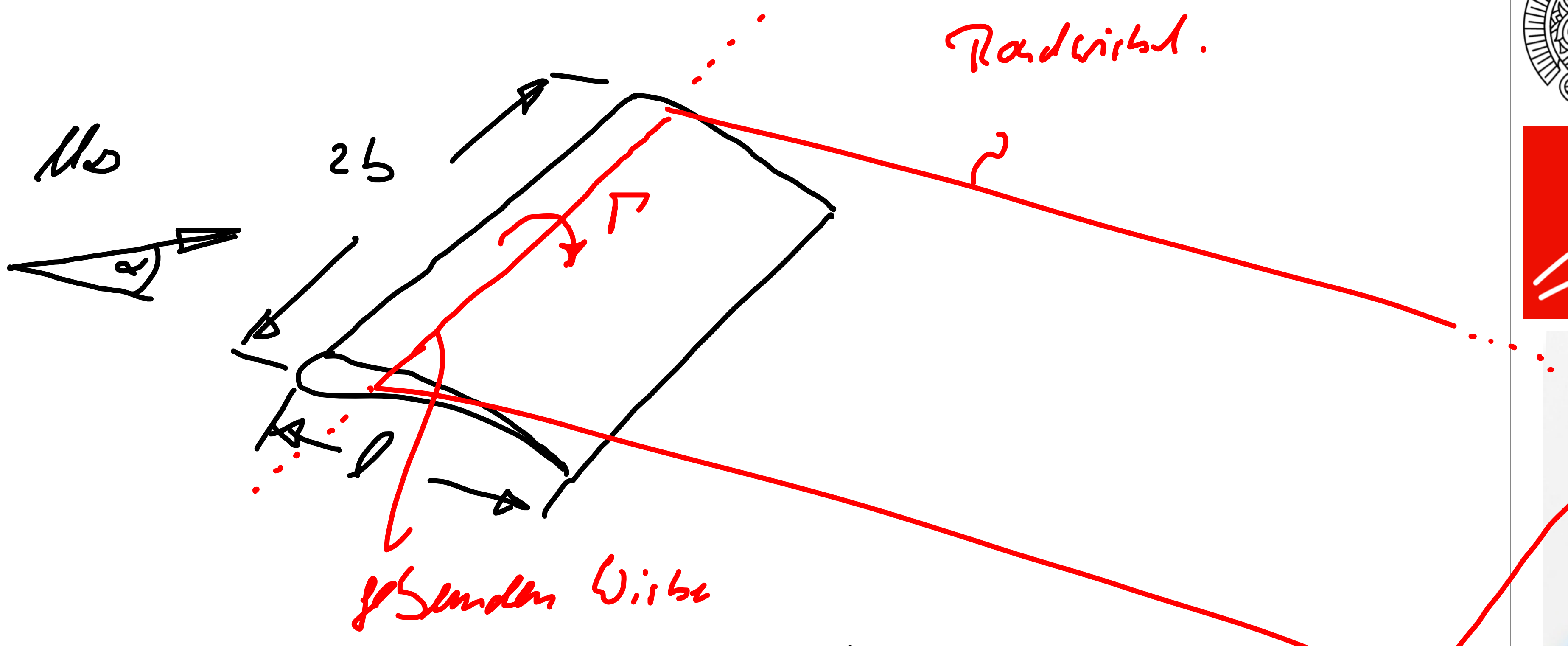
Analogie Prandtlsche Tragflügeltheorie.

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

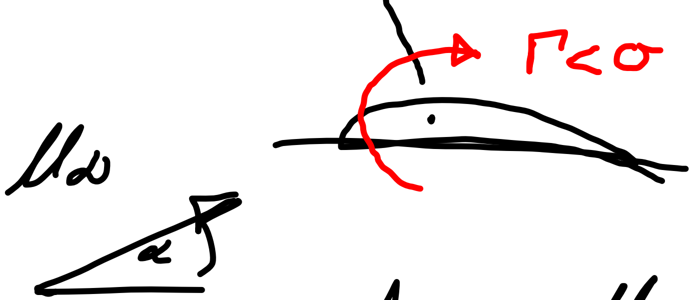
Sommersemester 2011

Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme

Vorlesung 20



$A \perp u_\infty$ für ein Profilsegment.



$A = -\rho u_\infty \Gamma$ Auftrieb pro Tiefeneinheit nach Kutta Joukowsky.

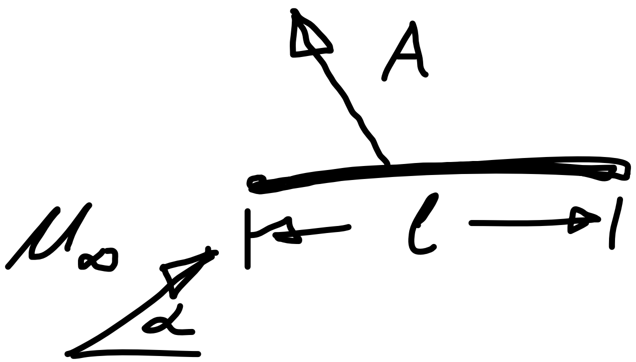
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 20

$$A := \frac{\rho}{2} u_\infty^2 \, c_a(\alpha) \, l$$

$c_a(\alpha)$ Auftriebsbeiwert.



$$c_a(\alpha) = \alpha c_1 + \alpha^3 c_3 + \alpha^5 c_5 \ldots$$

muß eine ungerade Funktion in α sein!

$$c_a = 2\pi \sin\alpha$$

für kleine Anstellwinkel

$\alpha \ll 1$

$$c_a \approx 2\pi\alpha$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 20

Für die ebene Platte

$$A = \frac{\rho}{2} u_\infty^2 \, 2\pi \alpha l \quad \text{für die ebene Platte.}$$

$$A = -\rho u_\infty \Gamma \qquad \text{Kutta-Joukowski}$$

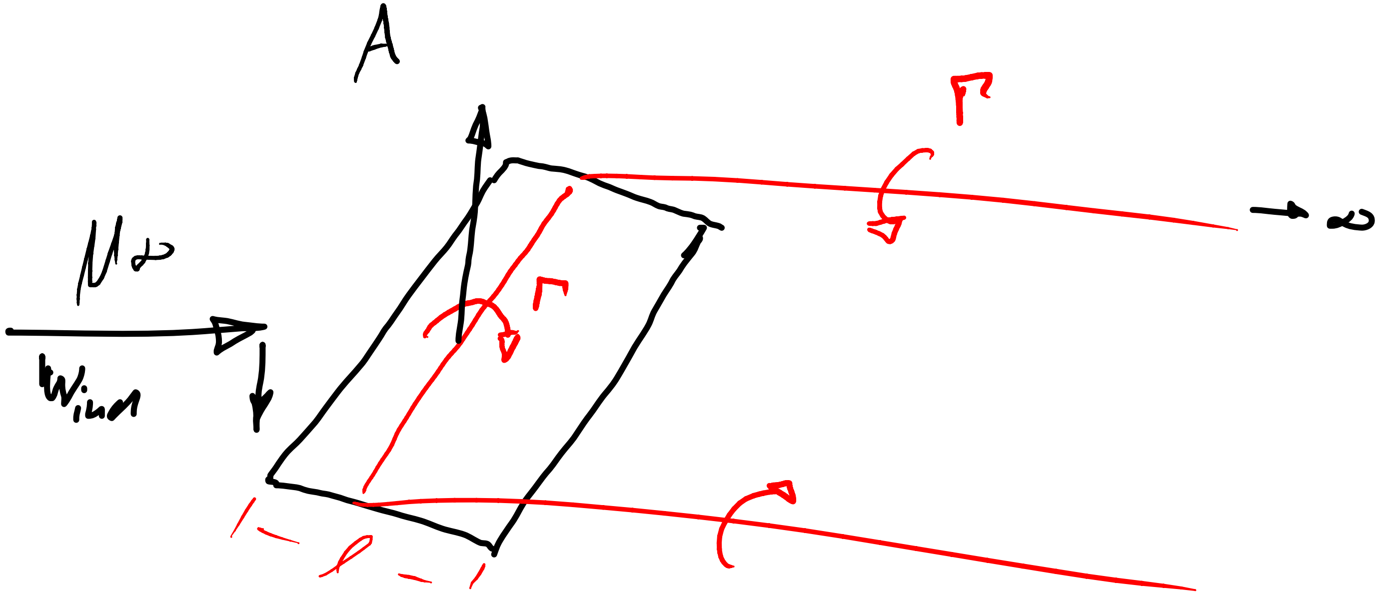
$$\leadsto \Gamma = -\frac{1}{2} 2\pi u_\infty l \alpha$$

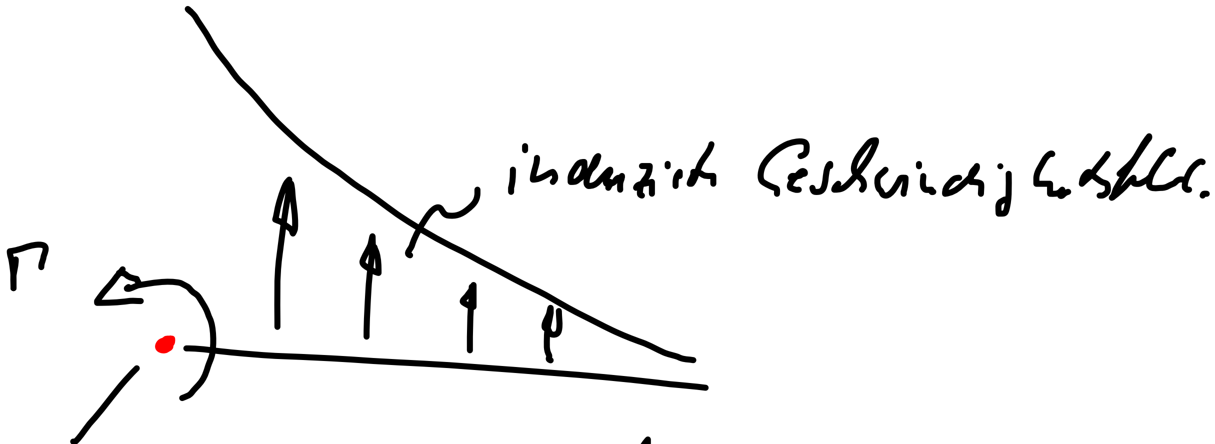
$$\Gamma = -\pi u_\infty l \alpha$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz





unendlich lange Wirbelfaden

$$\vec{u}_{ind} = \frac{\Gamma}{2\pi r}\,\vec{e}_\varphi$$

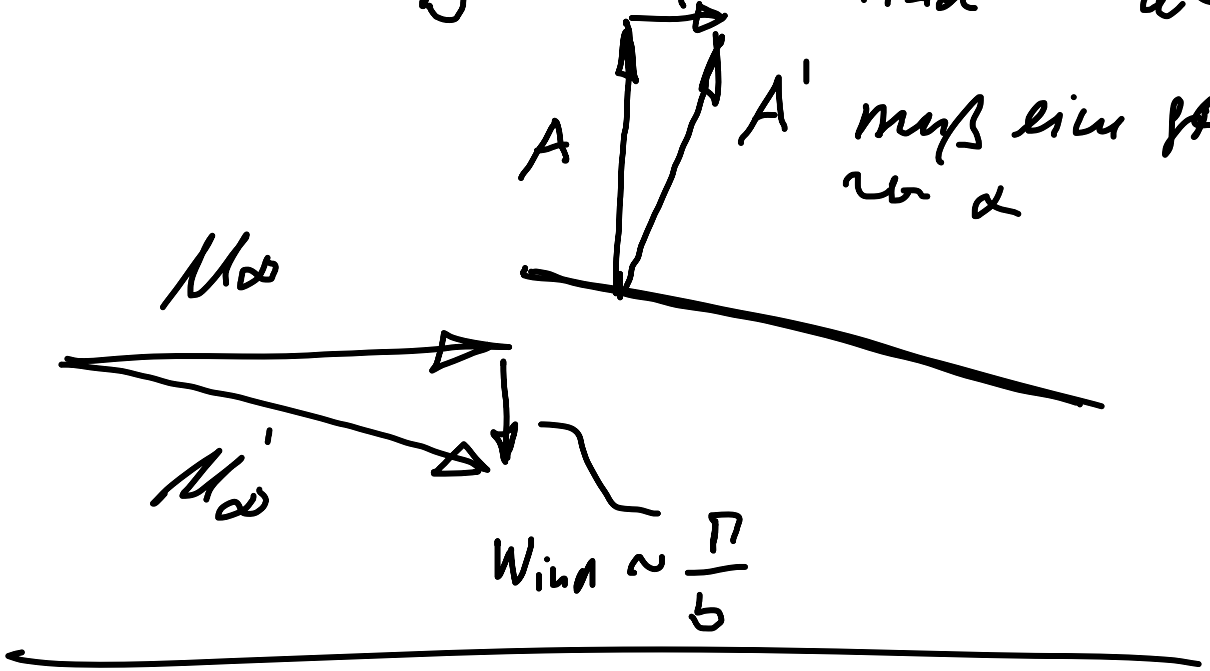
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 20

Induzierte Abwind vor dem Profil

$$w_{ind} = \frac{\Gamma}{b} \text{ const}$$

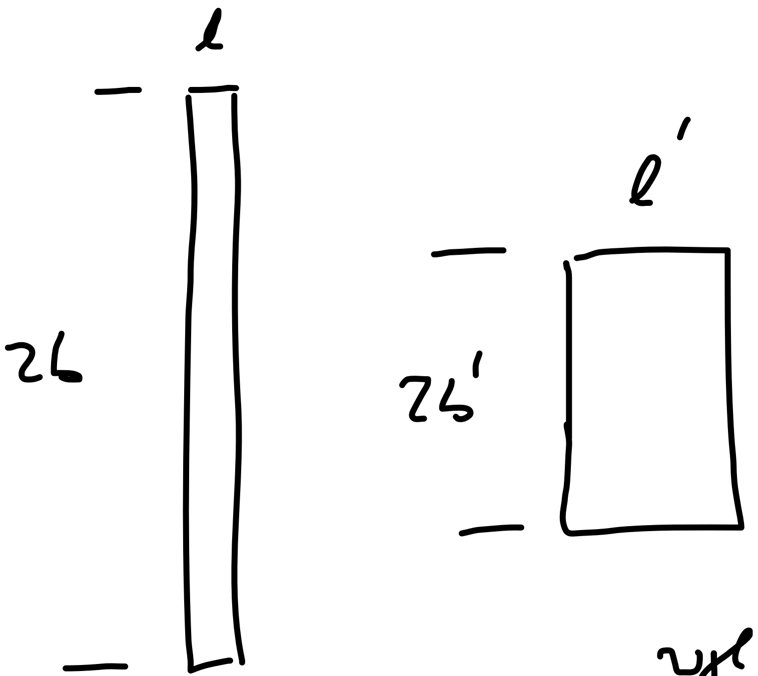
$$\sim \bar{w}_{ind} \sim c_a^2(\alpha)$$

A' muß eine gerade Funktion von α



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 20



vgl. Prandtl und Betz
Busemann

$$W_{ind} := c_W \frac{\rho}{2} u_\infty^2 l \longrightarrow \boxed{c_{W_{ind}}(\alpha) = \text{const}\; c_a^2(\alpha)}$$

$$c_W = c_{W_{ind}} + c_{W_{reib}}$$

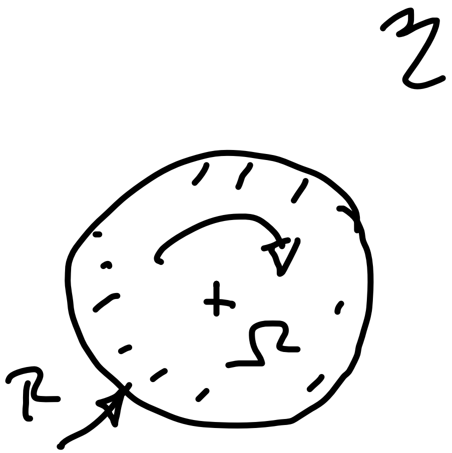
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 20

$$c_{Wind} \hat{=} \Delta \Psi_V$$

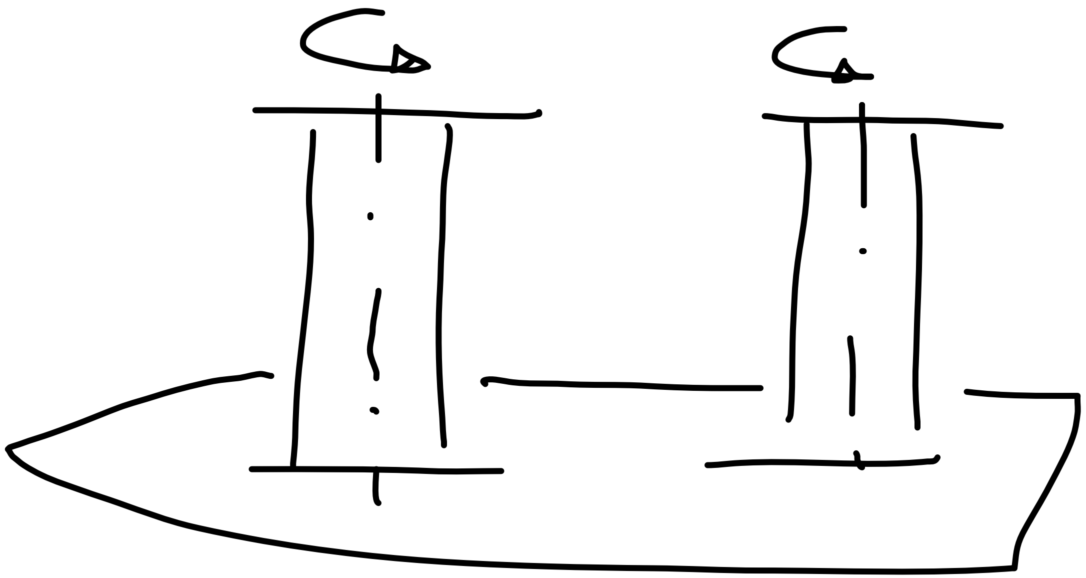
$$c_a \hat{=} \Psi_{th}(\beta_2)$$

$$\underbrace{\Delta \Psi_V = const \, \frac{s}{a} \, \Psi_{th}^2}$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz



$$\Gamma = \Omega R^2 2\pi$$

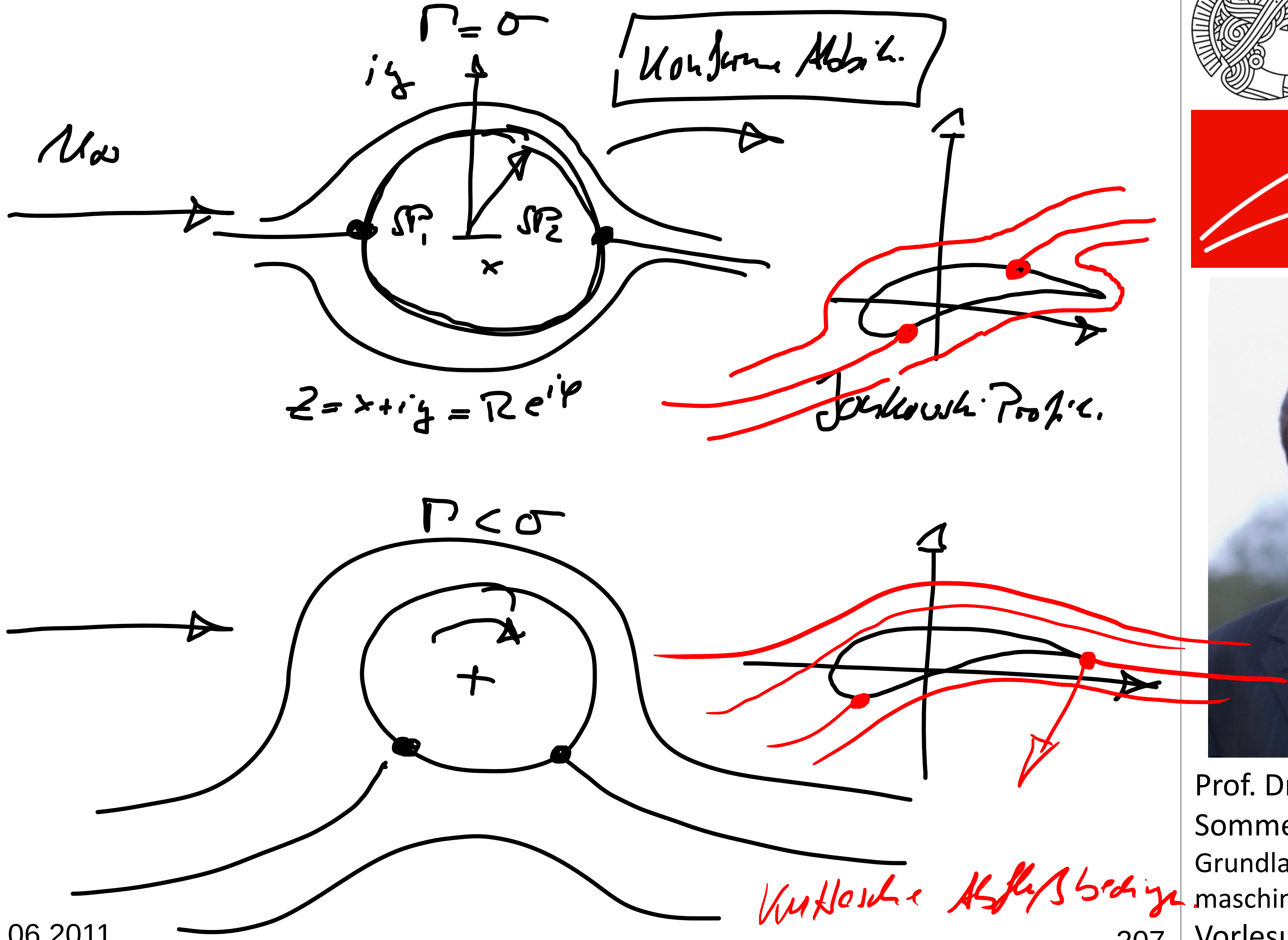


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011

Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme

Vorlesung 20

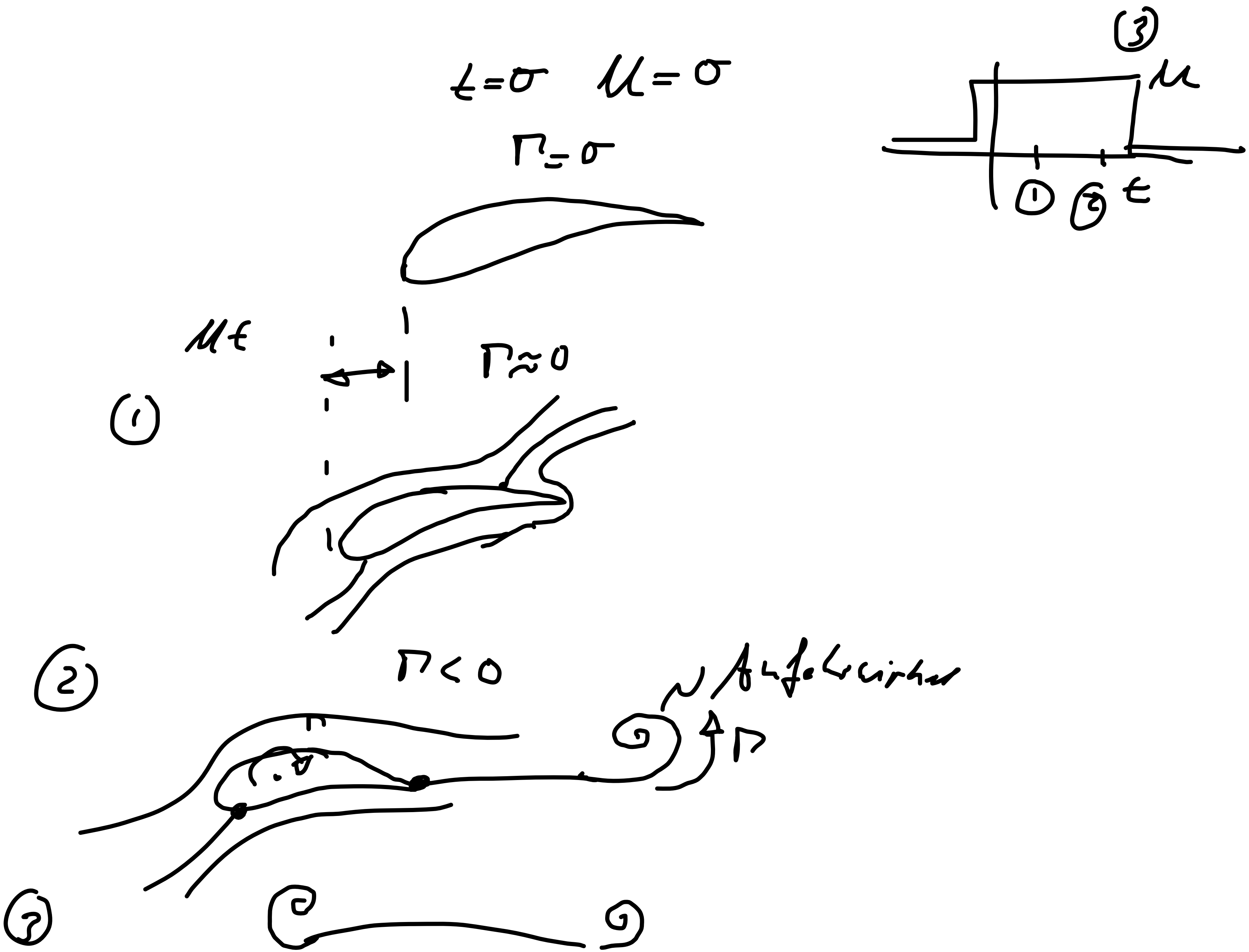


TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 20



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 20

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Zurück zur letzten Vorlesung

	gH	$\dot V$	n	d	ν	ρ	a	X_i
L								0
M								0
T								0

⇝ Ziel: Mache gH mit d, n dimensionslos.

Mache $\dot V$ " " "

$$\underbrace{\frac{gH}{n^2 d^2}}_{\psi} = \mathrm{fn}\left(\underbrace{\frac{\dot V}{n d^3}}_{\varphi}, \underbrace{\frac{n d^2}{\nu}}_{Re}, \underbrace{\frac{n d}{a}}_{Ma}, X_i\right)$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 20

	η	gH	$\dot{V}$	d	n	ν	ρ	a	K_i
L									
M									
T									

$$\eta = \eta(\psi, \varphi, Re, Ma, K_i)$$

$$\psi = \psi(\varphi, Re, Ma, K_i)$$

Maschinen-kennlinie.

$$\Rightarrow \boxed{\eta = \eta(\varphi, Re, Ma, K_i)}$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 20

$$\psi := \frac{gH}{n^2 d^2} \frac{2}{\pi^2}$$

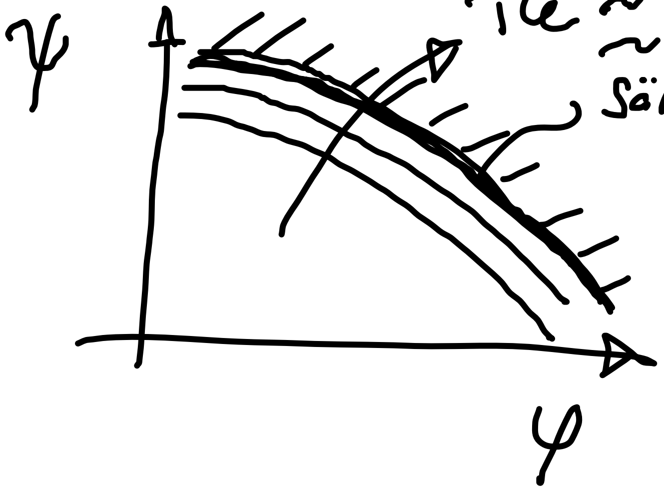
<u>Hinweis:</u>

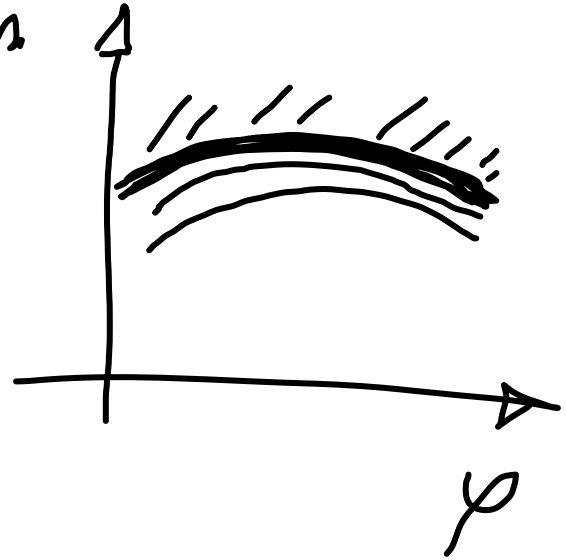
- Bitte immer die Definition mit angeben.
- Immer Maßstab mit angeben.

$$\varphi := \frac{\dot{V}}{n d^3} \frac{4}{\pi^2}$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 20

$Re \sim$ dimensionslose Drehzahl
$\sim$ " Maschinengröße
Sättig.





$Ma \ll 1$

$\underline{\underline{Re \to \infty}}$ beobachtet man eine Sättig.

$$\psi = \psi(\varphi, \mathcal{H}_i)$$

$$\eta = \eta(\varphi, \mathcal{H}_i)$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

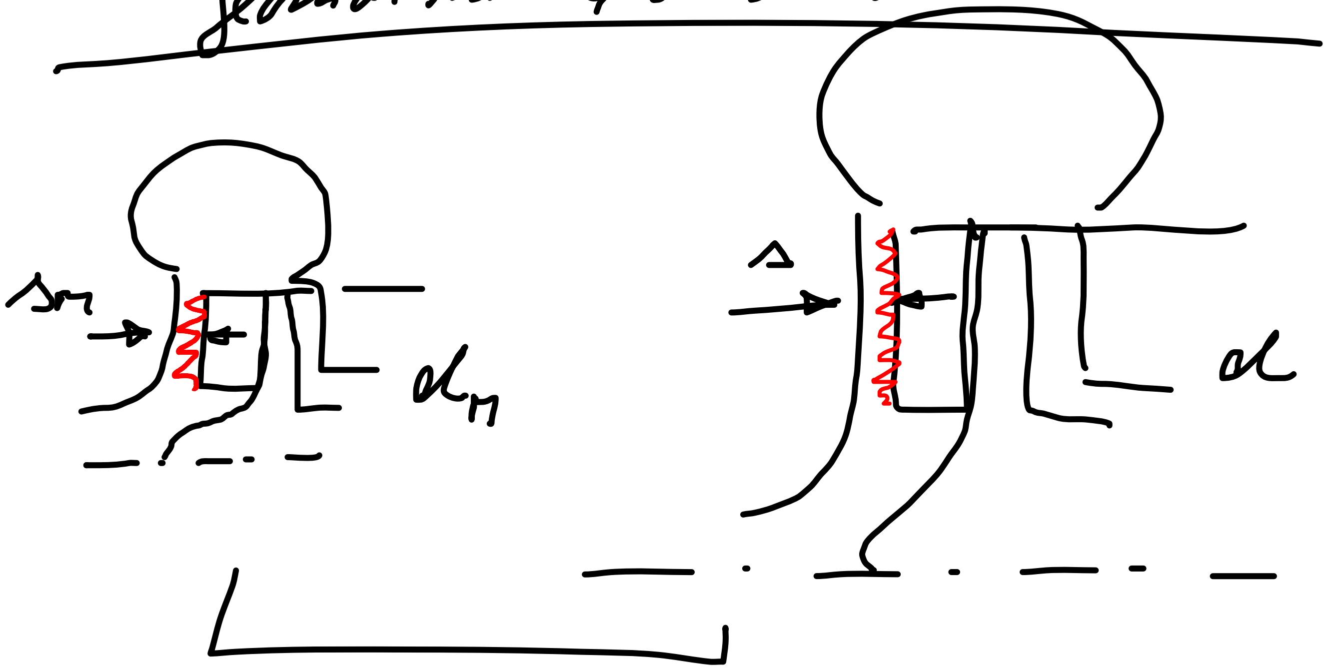
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 20

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

$$\underbrace{\Pi_i:\ \Pi_1 = \frac{\Delta}{d},\quad \Pi_2 = \frac{l}{d},\quad \Pi_3 = \frac{s}{d},\ \dots}_{\text{geometrische Gestalt der Maschine.}}$$

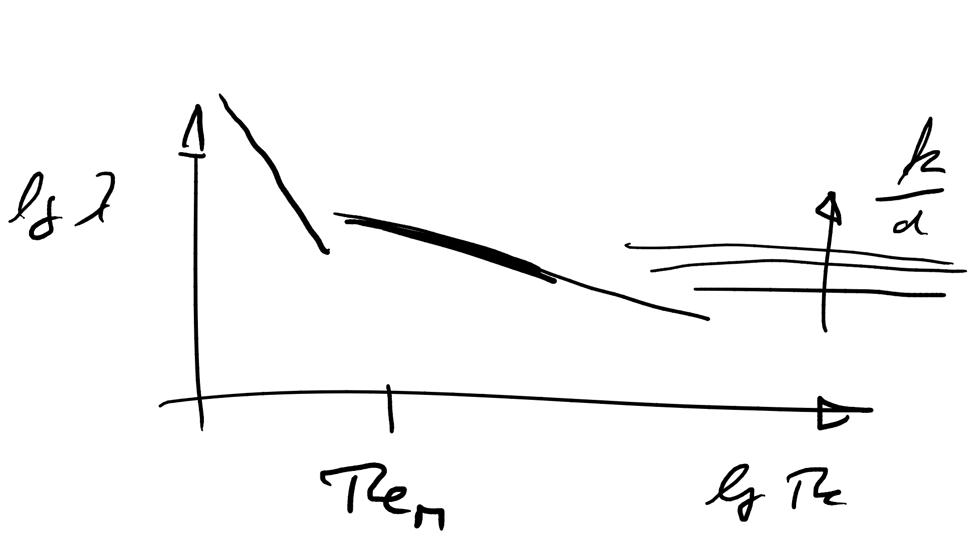


$$\Pi_{i,M} \equiv \Pi_i$$

$$\eta_M \equiv \eta \quad \text{für } Re_M, Re \to \infty$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 20

$Re_M, Re_n < \infty$.



Frage: Wann eine vollständige Ähnlichkeit erreicht wird?

$$Re_M \stackrel{!}{=} Re$$

$$\varphi_M \stackrel{!}{=} \varphi \rightarrow \frac{\dot{V}_M}{d_M^3 n_M} \stackrel{!}{=} \frac{\dot{V}}{d^3 n}$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 20

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

$$\rightarrow \quad \varphi_\Pi \overset{!}{=} \varphi$$

$$\frac{\dot V_\Pi / \dot V}{\left(\frac{d_\Pi}{d}\right)^3 \frac{n_\Pi}{n}} \overset{!}{=} 1 \quad \rightsquigarrow \quad \left(\frac{M_{\dot V}}{M_n}\right)^{\frac{1}{3}} = K$$

i.d.R. Vorgabe.

$\frac{d_\Pi}{d} = M_d$ Maßstabsfaktor für die Länge $= K$

$\frac{n_\Pi}{n} = M_n$ " " Drehzahl

$\frac{\dot V_\Pi}{\dot V} = M_{\dot V}$ " " Vol.str.

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011

Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme

Vorlesung 20