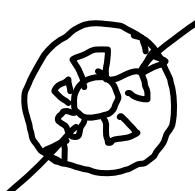


Kommende Woche 9:50 Uhr
 Treffer am Zahnrad

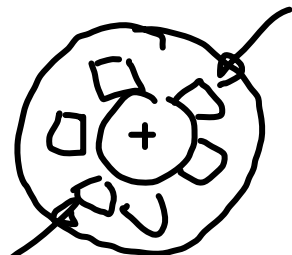
hr. Strömung.

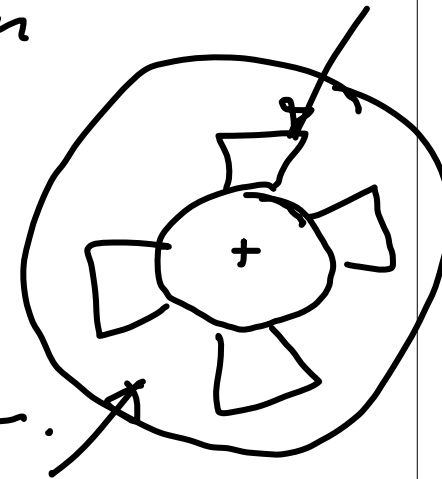
$$\frac{h'}{d'} = \mathcal{H}_k$$

$d' = 250 \text{ mm}$



$d = 1000 \text{ mm}$





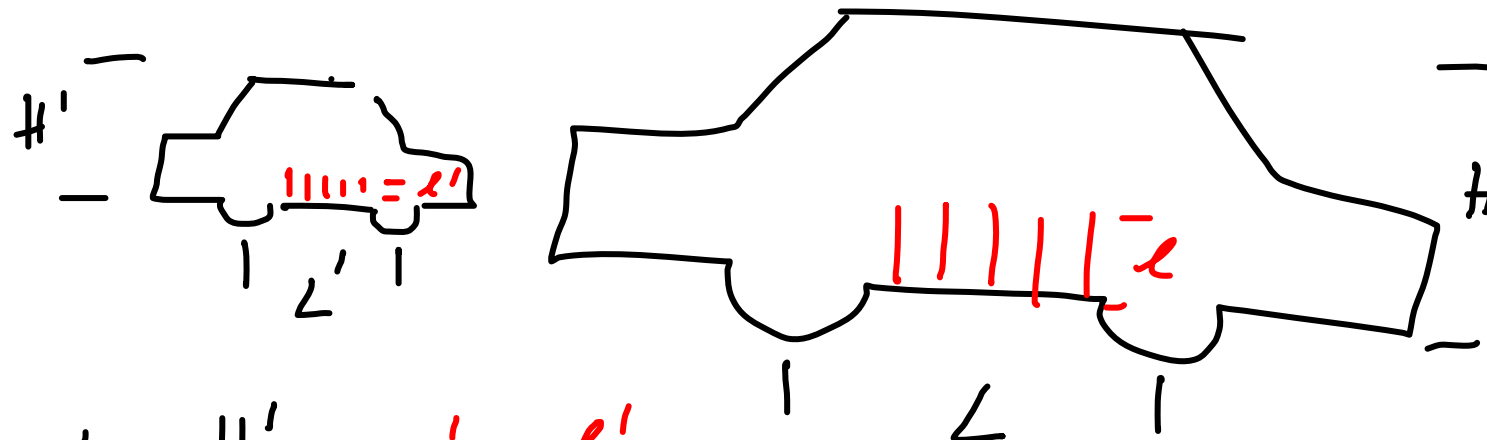
Geometrisch Ähnliche Positionen.

$\psi'(\varphi, Re)$	$\xrightarrow[\text{Anwendung.}]{\text{Up-scaling}}$	$\psi(\varphi, Re)$	Druckanfragen
$\eta'(\varphi, Re)$	\longrightarrow	$\eta(\varphi, Re)$	Wirkungsgrad
$Z_w(\varphi, Re)$			Schleffermittlung.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
 Sommersemester 2010
 Fluidenergiemaschinen
 Vorlesung 7

Systeme sind dann geometrisch ähnlich, wenn alle Längsverhältnisse



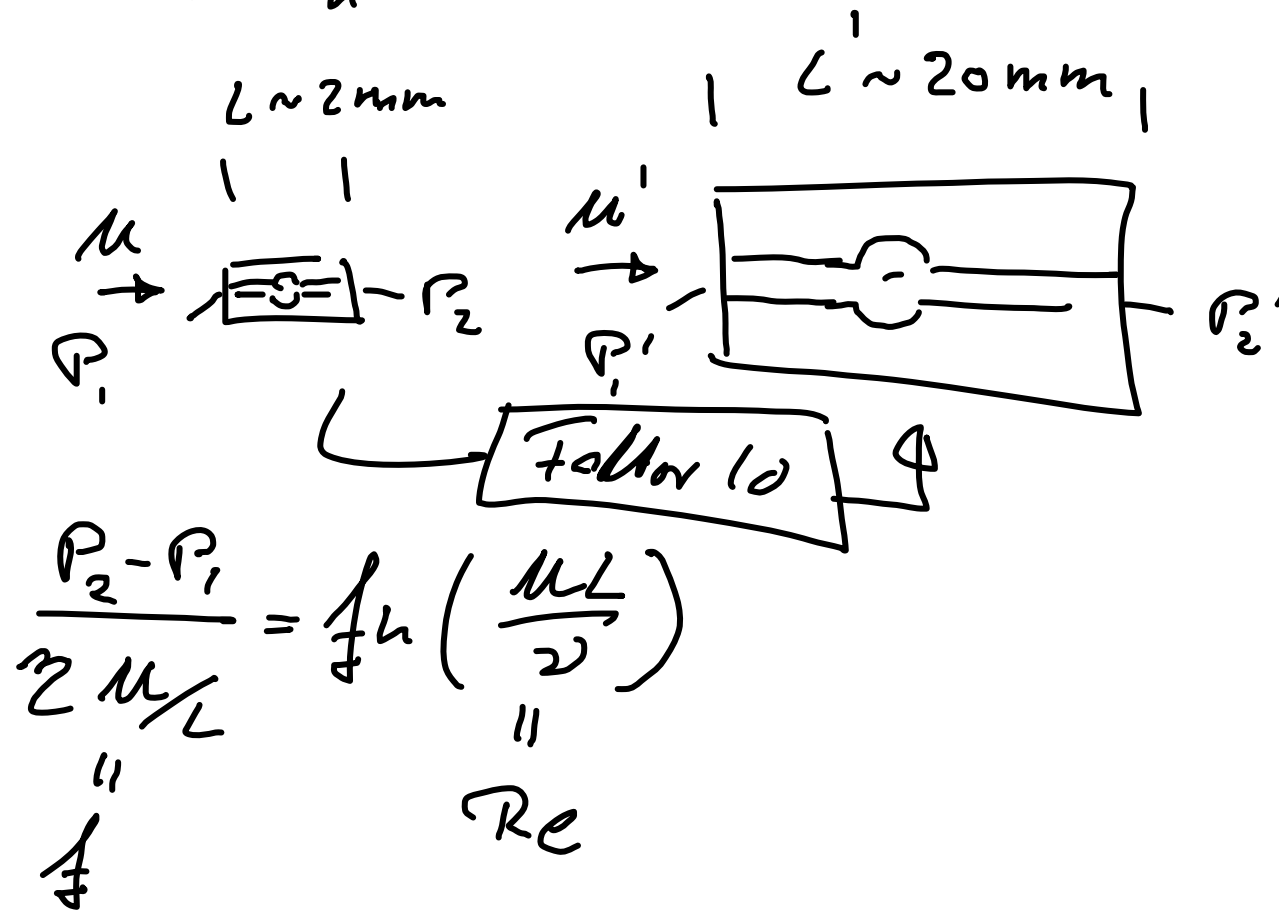
$$\begin{aligned} \mathcal{K}_H' &:= \frac{H'}{L'} & \mathcal{K}_L' &:= \frac{L'}{L'} \\ \vdots & & & \\ \mathcal{K}_i' & & & \\ & \stackrel{!}{=} & & \\ \mathcal{K}_H &:= \frac{H}{L} & \mathcal{K}_L &:= \frac{L}{L} \\ & & & \\ \mathcal{K}_i & & & \quad i = 1, \dots, n \end{aligned}$$

Geometrisch Ähnlichkeit



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

Downscaling: "Jobs on chip" ^L.



$$\frac{P_2 - P_1}{2 \frac{uL}{\nu}} = f \cdot L \left(\frac{uL}{\nu} \right)$$

\parallel \parallel
 f Re

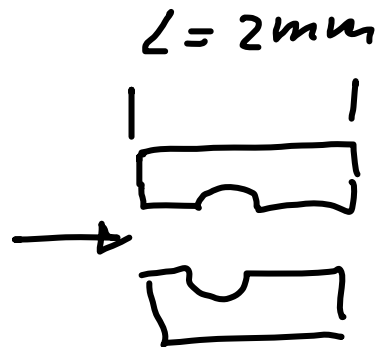
$$f = f(Re, \kappa_i) \quad f' = f'(Re', \kappa_i')$$

$$f = f' \text{ folgt für } Re = Re' \text{ und } \kappa_i = \kappa_i'$$

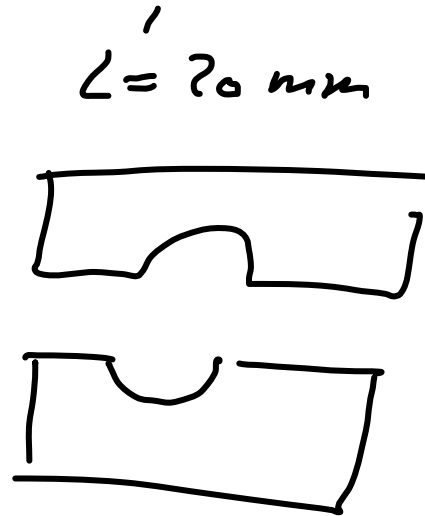


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

Vollständige Ähnlichkeit alle dimensionale
 Parameter sind gleich (Modell = Groß/Klein ausführlich)



$$u = \frac{10 \text{ mm}}{\text{sec}}$$



$$\left. \begin{array}{l} \eta = 1 \text{ mPa} \cdot \text{sec} \\ \rho = 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \end{array} \right\} \nu = 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{sec}} = 1 \frac{\text{mm}^2}{\text{sec}}$$

Wasser.

$$Re = \frac{uL}{\nu} \stackrel{!}{=} Re' = \frac{u'L'}{\nu'}$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
 Sommersemester 2010
 Fluidenergiemaschinen
 Vorlesung 7

Maßstabfaktor
 für die Länge
 ist i. d. R. gegeben.

$$M_L := \frac{L'}{L} = \frac{20 \text{ mm}}{2 \text{ mm}} = 10$$

Maßstab für die
 Geschwindigkeit

$$M_M := \frac{u'}{u}$$

Maßstab für die
 Viskosität.

$$M_\nu := \frac{\nu'}{\nu}$$

$$Re' = \frac{u' L'}{\nu'} \stackrel{!}{=} Re = \frac{u L}{\nu}$$

$$\frac{u'/u \cdot L'/L}{\nu'/\nu} = \frac{M_M M_L}{M_\nu} \stackrel{!}{=} 1.$$

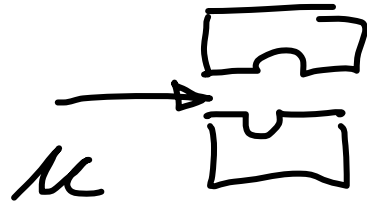


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
 Sommersemester 2010
 Fluidenergiemaschinen
 Vorlesung 7

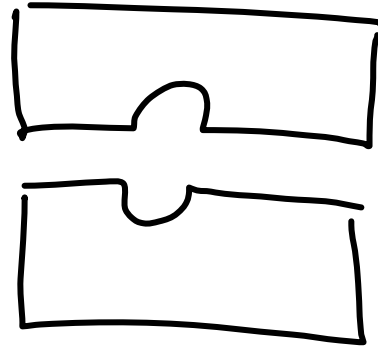
Vollständige Ähnlichkeit bedeutet, daß die Prozeduren der Navier-Stokes-Gleichungen identisch sind.

Größenskalen.

Modell



$$\mu' = \frac{1}{10} \mu$$



$$Re = Re'$$

$$\rho) \quad \frac{\mu_m \mu_c}{\mu_s} = 1 \Rightarrow \mu_m = \mu_c^{-1} = \frac{1}{10}$$

Für $\mu_s = 1$ (keine Stoffänderung)



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

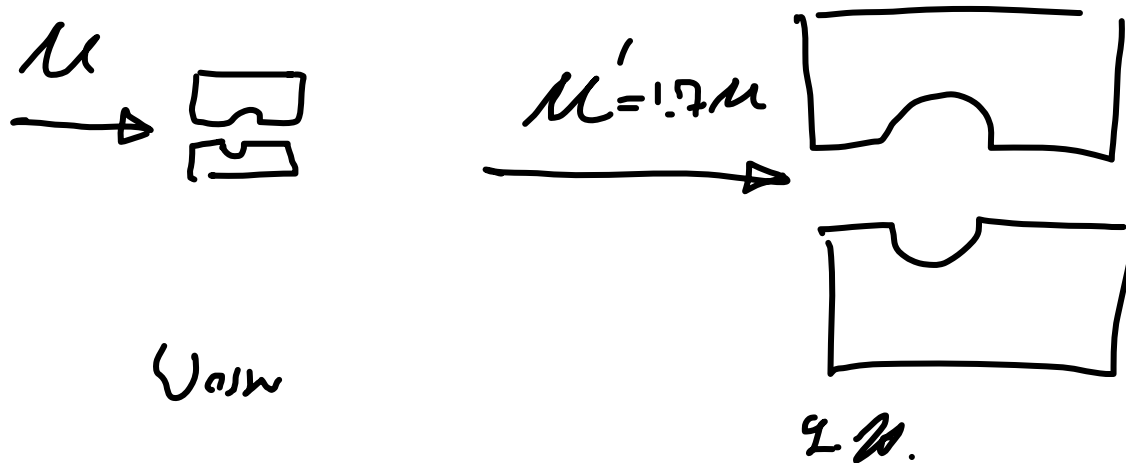
FLUID
SYSTEM
TECHNIK



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

$$b) \quad \eta_{22} = \frac{v^1}{v} = \frac{v_{Luft}}{v_{Wasser}} = 17$$

$$\eta_M = \frac{\eta_{22}}{\eta_2} = \frac{17}{10} = 1.7$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

Im Prinzip ist eine vollständige Ähnlichkeit und Testumsetzung möglich.

Modell



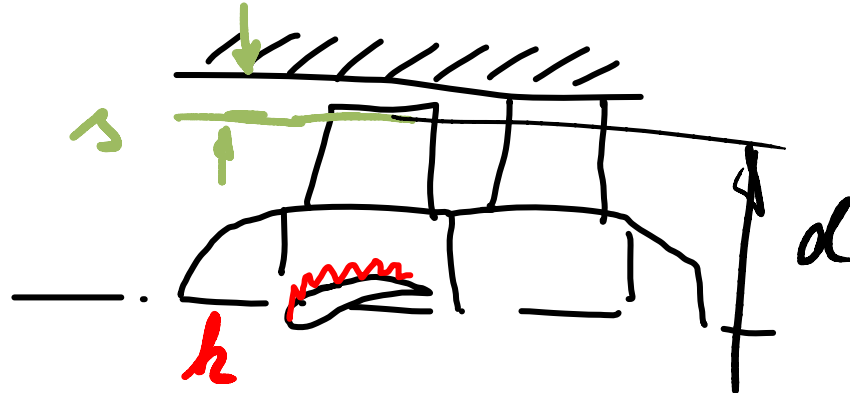
$$\psi' \sim \Delta P_e'$$

$$\zeta' \sim \Delta P_v'$$

$$\varphi' \sim Q'$$

$$Re \sim \frac{h'}{d'}, \quad \frac{s'}{a'}$$

Größenk.:



$$\psi \sim \Delta P_e$$

$$\zeta \sim \Delta P_v$$

$$\varphi \sim Q$$

$$Re \sim \frac{h}{d}, \quad \frac{s}{a}$$



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

FLUID
SYSTEM
TECHNIK



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

Vollständige Ähnlichkeit.

$$\left. \begin{array}{l}
 \psi' = \psi, \text{ für } Re' = Re \\
 \eta' = \eta \\
 \left(\frac{s}{\alpha}\right)' = \frac{s}{\alpha} \\
 \left(\frac{h}{\alpha}\right)' = \frac{h}{\alpha}
 \end{array} \right\} \begin{array}{l}
 \frac{M_n M_\alpha^2}{M_\nu} \stackrel{!}{=} 1 \\
 \frac{M_\alpha}{M_n M_\alpha^3} \stackrel{!}{=} 1 \\
 \frac{M_s}{M_\alpha} \stackrel{!}{=} 1 \\
 \frac{M_k}{M_\alpha} \stackrel{!}{=} 1
 \end{array}$$

z.B.
 Vorgehen ist $M_\alpha = 0.1$
 $M_\nu = 1$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_\alpha^{-2} = 100 \\
 M_\alpha &= M_n M_\alpha^3 = M_\alpha = 0.1 \\
 M_s &= M_\alpha^{+1}, \quad M_k = M_\alpha^{+1}
 \end{aligned}$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
 Sommersemester 2010
 Fluidenergiemaschinen
 Vorlesung 7

Leistungsanforderung der Modellmaschine.

$$P_d \sim \Delta P_t Q \quad \text{1. WS.}$$

$$\hookrightarrow M_{P_d} = M_{\Delta P_t} M_Q = \underbrace{M_n^2}_{M_d^{-2}} M_d^2 \underbrace{M_p}_1 M_Q = M_d^{-1}.$$

$M_{\Delta P_t}$ folgt aus $\psi = \psi'$

$$\frac{M_{\Delta P_t}}{M_n^2 M_d^2 M_p} = 1$$

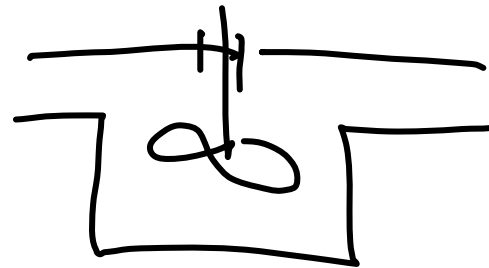
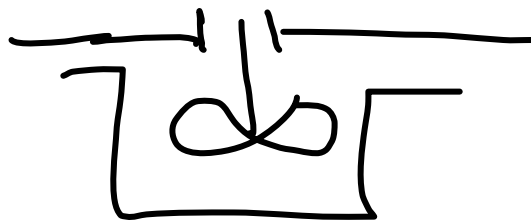
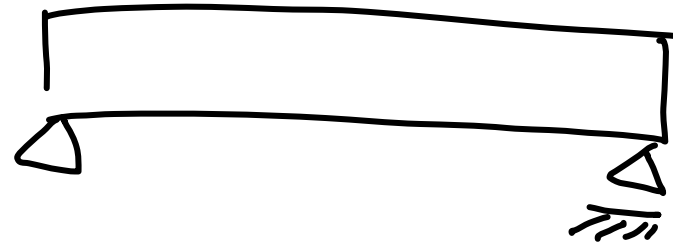
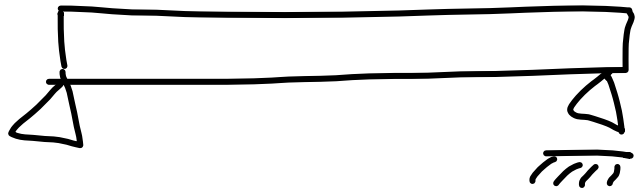
$$\leadsto M_{\Delta P_t} = M_n^2 M_d^2 M_p$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

Fazit: Vollständige Ähnlichkeit ist
 bei T_r Sommerstrom theoretisch möglich und
 praktisch selbst bei geometrischer
 Ähnlichkeit unmöglich.

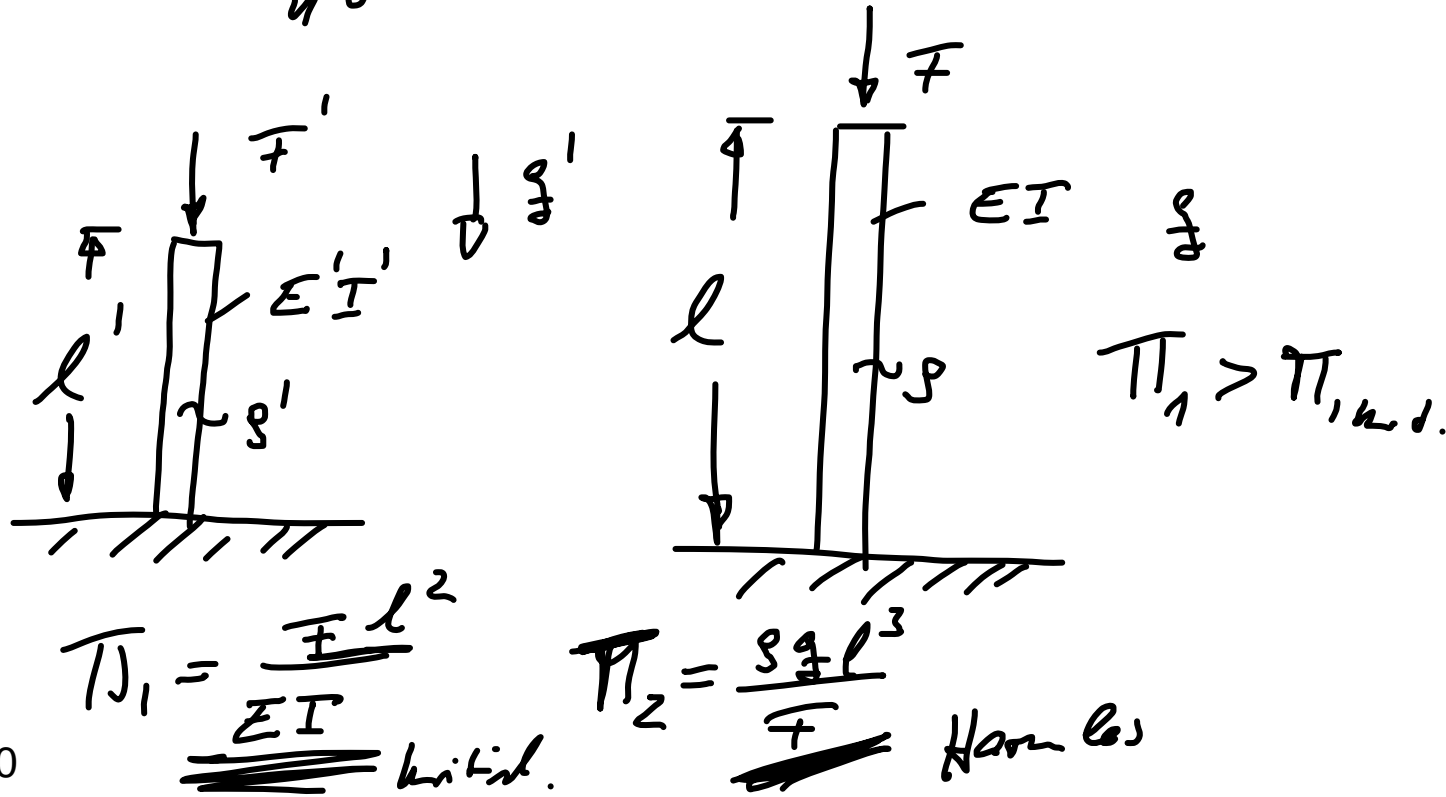
Sicheres ist wichtig in der Statik und insbesondere
 Verfahrenstechnik. Timoschenko: History of Strength of Materials.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
 Sommersemester 2010
 Fluidenergiemaschinen
 Vorlesung 7

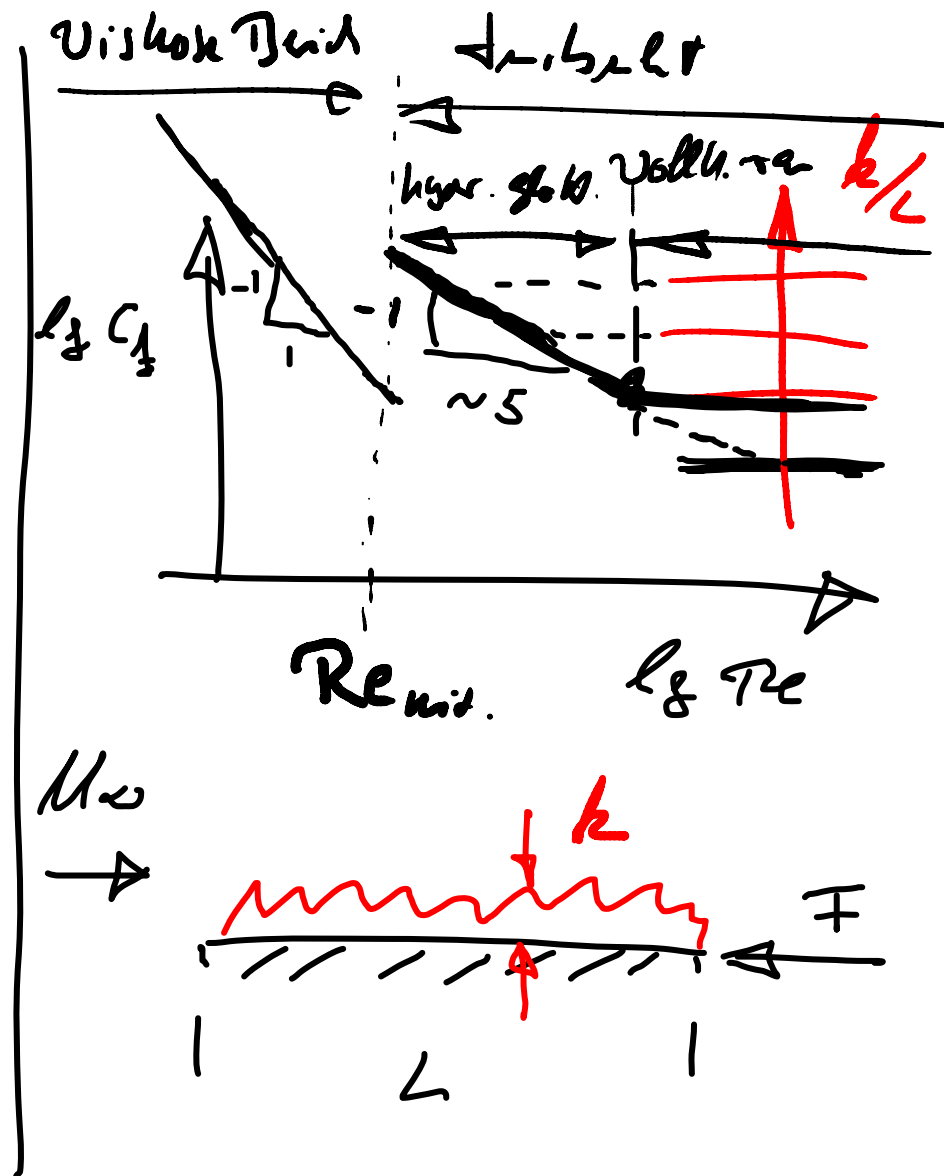
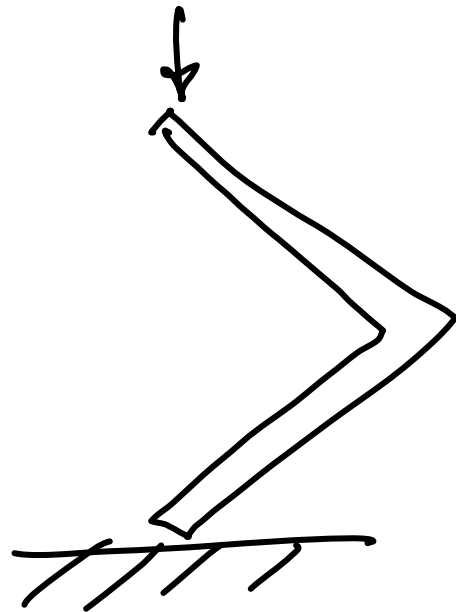
Lösung bei praktisch unmöglich vollständige
Ähnlichkeit. \rightarrow Aufgabe einer Ähnlichkeit
unvollständigen Ähnlichkeit.

Pr: Aufgabe der Ähnlichkeit, bei
der ein „geometrisches“ Verhalten bewertet wird.



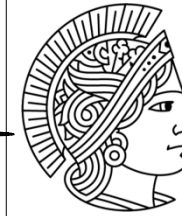
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

$$\pi_1 > \pi_1 \text{ krit}$$



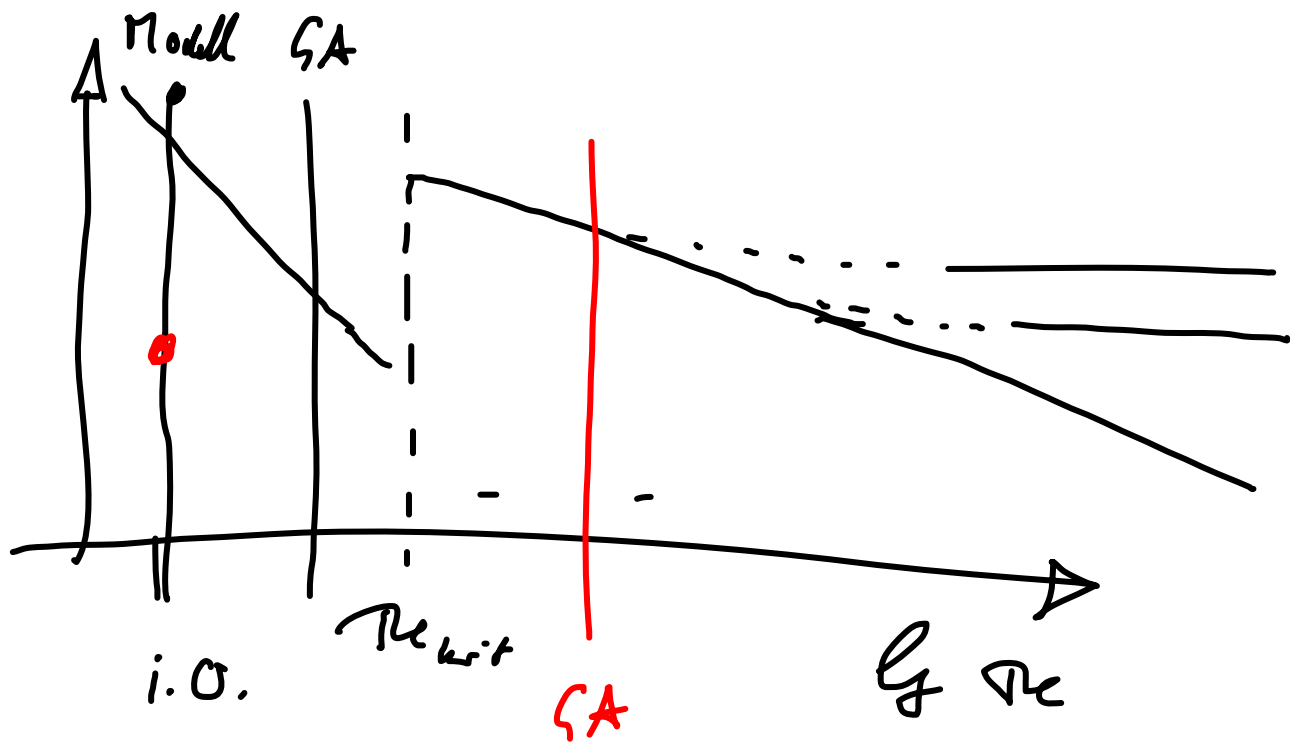
$$C_F := \frac{F}{\frac{\rho}{2} u_0^2 L}$$

$$Re := \frac{u_0 L}{\nu}$$



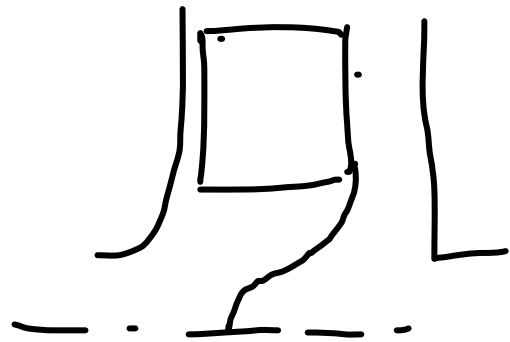
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7

ρC_f



Aufgabe nicht möglich!

gut!!!



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

FLUID
SYSTEM
TECHNIK



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 7