Ähnlichkeit

$$\frac{dM_{S1}}{d\dot{m}} = r_2 c_{u2} - r_1 c_{u1} \quad \Big| \cdot \Omega$$

$$\frac{dP_{S'}}{d\dot{m}} = u_2 c_{u2} - u_1 c_{u1} \qquad \text{Euler} \qquad (1)$$

$$\frac{dP_{S'}}{d\dot{m}} = h_{t2} - h_{t1} \qquad \text{1. Hauptsatz} \qquad (2)$$

(1) = (2)

$$h_{t2} - h_{t1} = u_2 c_{u2} - u_1 c_{u1}$$

$\rightsquigarrow$ Hauptgleichung einer Turbomaschine.

Kennlinie einer Turbomaschine

$$\underbrace{h_{t2} - h_{t1}}_{\text{„Energieänderung"}} = \underbrace{u_2 c_{u2} - u_1 c_{u1}}_{\text{kinematische Größen}}$$

kinematische Größen
→ Drehzahl $n = \frac{\Omega}{2\pi}$
und Geometrie
der Schaufelgitter

Bezugsgröße $\frac{u_2^2}{2}$

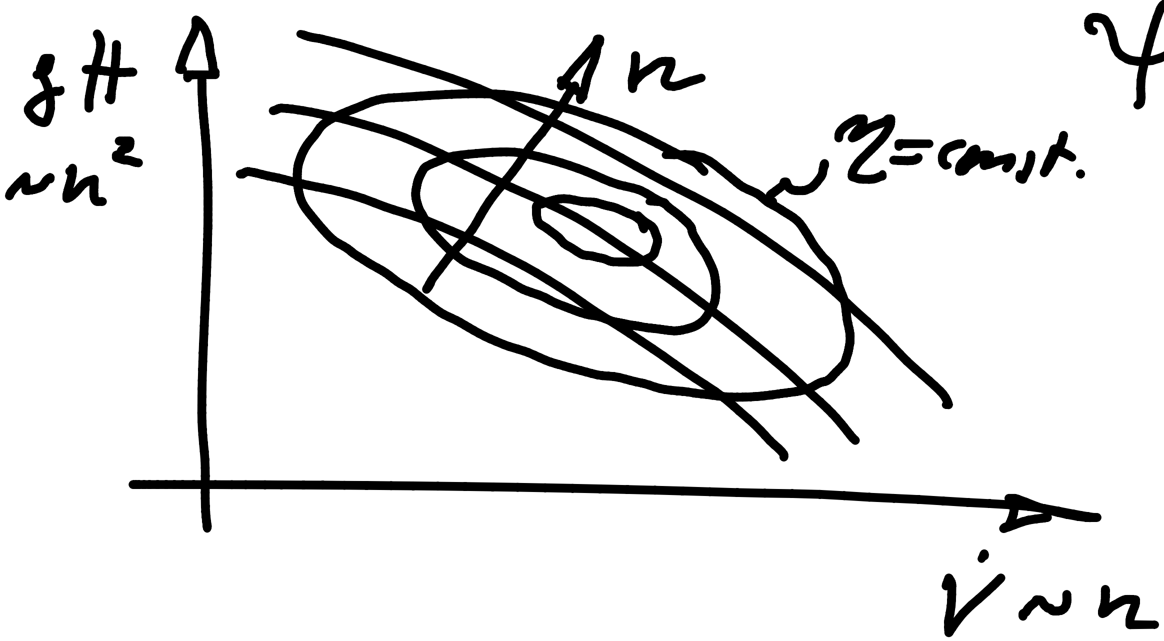
⇝ Druckziffer $\quad \psi := \frac{gH}{u_2^2/2} \sim$ Druckdiffz.

$$gH := C_2 - C_1 = (h_{t2} - h_{t1})\, \eta^{\pm 1}$$

$+1$: Kraftmaschinen

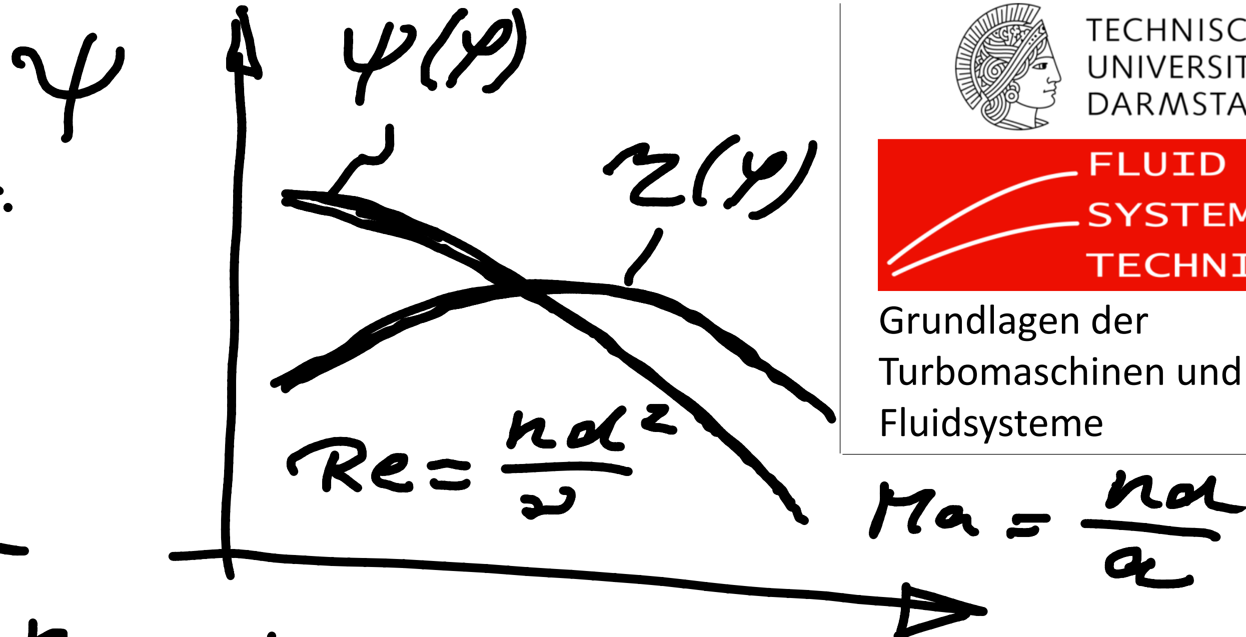
-1 : Arbeitsmasch.

⇝ Durchflußziffer $\quad \varphi := \frac{c_{2m}}{u_2} \sim$ Volumenstr.



Muscheldiagramm

dimensionsbehaftetes Kennfeld



$\psi = \psi(\varphi, Re, Ma, \varphi_{Gestalt})$

$\eta = \eta(\varphi, Re, Ma, Gestalt)$

dimensionsloses Kennfeld.

⊖ weniger Anschaulich.

⊕ viel übersichtlich

⊕ weniger Aufwand

- im Versuch
- Ablegen von Daten.

Allgemein

$$gH = gH(\dot{V}, n, d, \nu, a, \text{Gestalt}) \quad 6 \text{ Größe}$$

ρ 7

$$\eta = \eta(\dot{V}, \ldots)$$

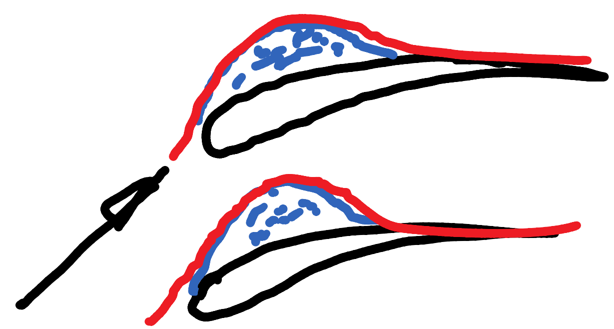
Dimensionsanalyse

$\Longleftrightarrow$ $\sim\psi$ $\sim Re$ $\sim Ma$ 4 Größe.

$$\frac{gH}{n^2 d^2} \approx \psi = \psi\left(\frac{\dot{V}}{nd^3}, \frac{nd^2}{\nu}, \frac{nd}{a}, \text{Gestalt}\right)$$

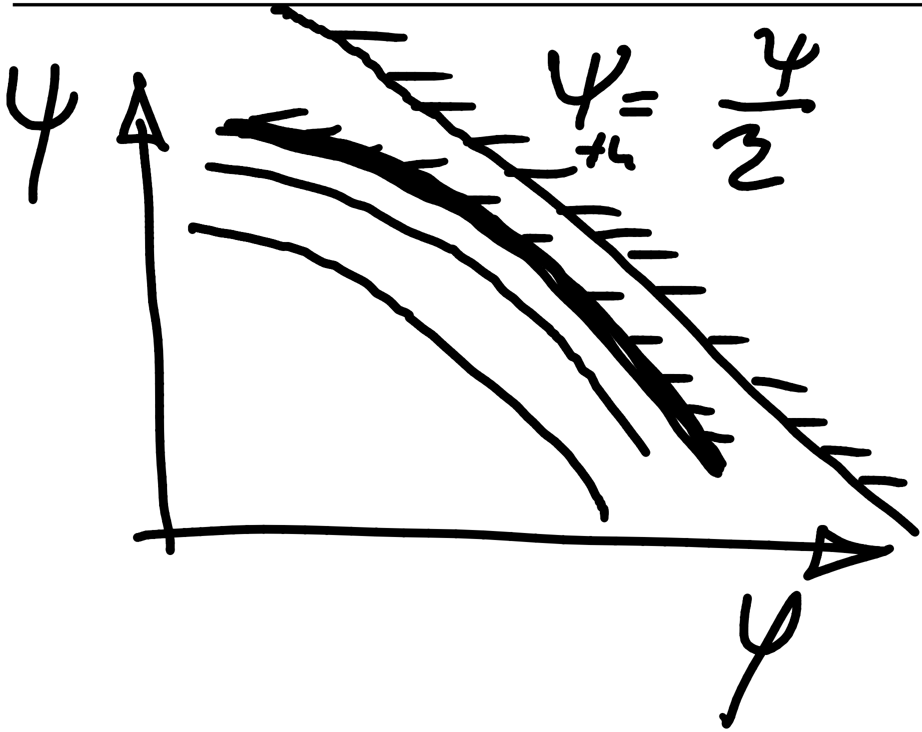
$$\eta = \eta(\varphi, Re, Ma, \text{Gestalt}).$$

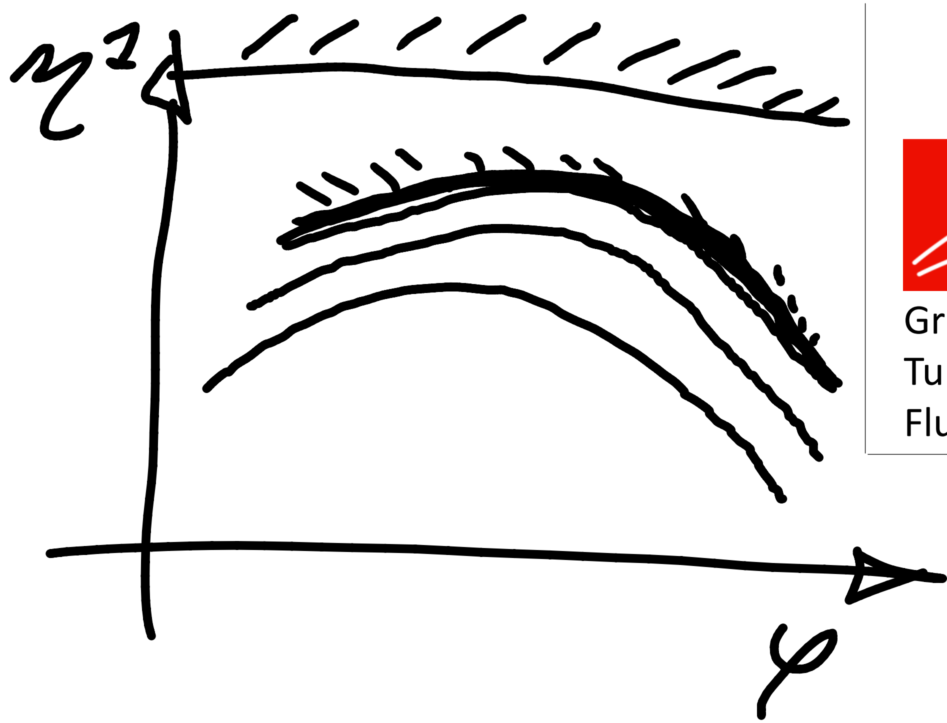
Achtung: Bei der Strömung von tropfbaren Flüssigkeiten (können eine freie Oberfläche bilden z.B. Wasser, Öl....) ist der Abstand vom Dampfdruck $p_v(T)$ wichtig. $p_v(T)$ nennt man die Dampfspannung.



$$\frac{p_1 - p_v(T)}{\frac{\varrho}{2} u_2^2} = \sigma \quad \text{Kavitationszahl.}$$

$$\psi = \psi(\varphi, Re, \sigma) \qquad \eta = \eta(\varphi, Re, \sigma).$$

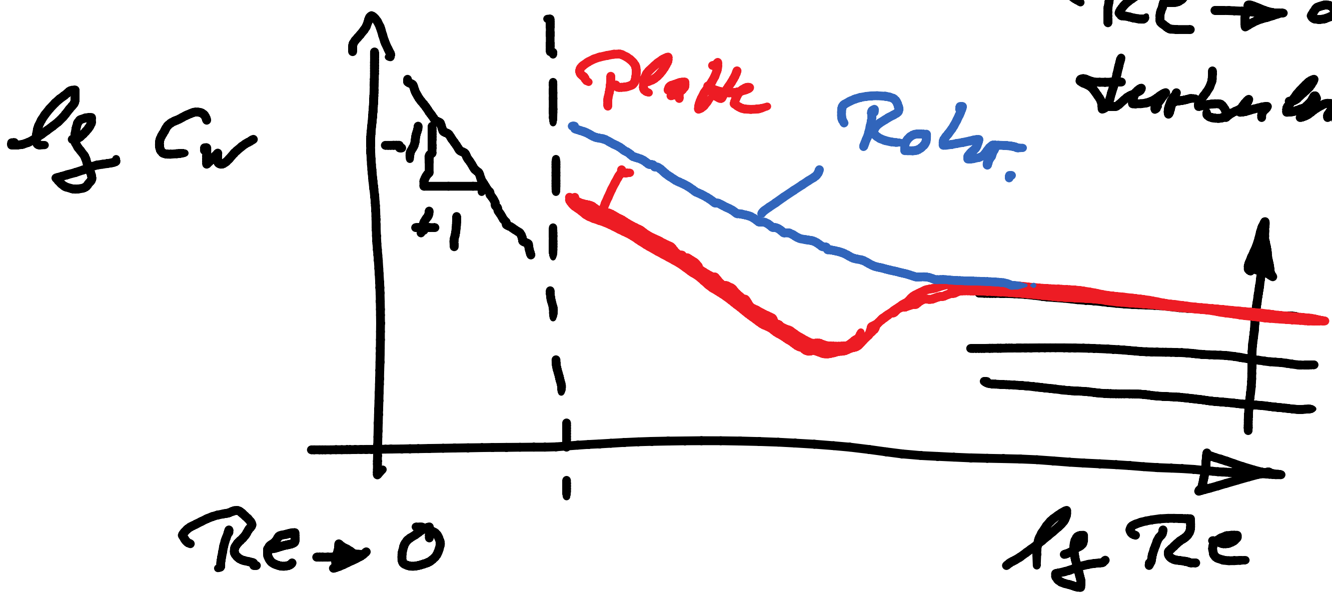




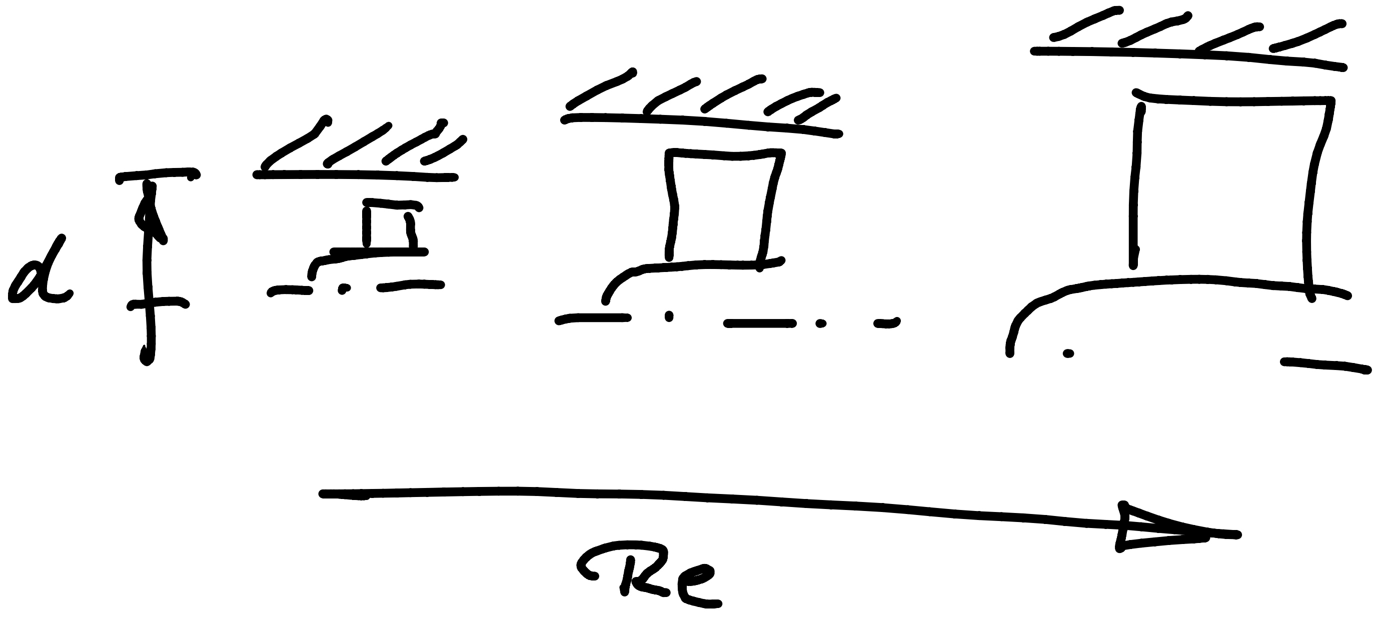
Einfluß der Reynoldszahl.

η

Widerstandsgesetz.



Re → ∞
turbulent & vollkommen rauh.

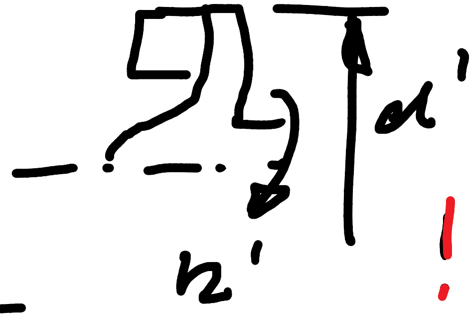


- Baureihe
- Modellversuche

} Einfluss der Reynoldszahl.

$$Re = \frac{n\,d^2}{\nu}$$

- Betrieb mit unterschiedlicher kinematischer Viskosität. ND Flugtreibstoff

Modell 

Großausführung. 

Gestalt' $\overset{!}{=}$ Gestalt.

(Problem relative Rauheit & relative Spalt)

$Re' \overset{!}{=} Re$

$\varphi' \overset{!}{=} \varphi$

Vollständige Ähnlichkeit.

$\Rightarrow$ $\zeta' = \zeta$

$\psi' = \psi$

$d' = \kappa\, d \qquad \kappa = M_d \overset{z.B.}{=} \frac{1}{10}$

$\nu' = \nu \qquad M_\nu = 1$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme

Anwdg: Vollständige Ähnlichkeit

$$Re' = \frac{n' d'^2}{\nu'} \overset{!}{=} Re = \frac{n d^2}{\nu}$$

mit $\nu' = \nu$

$d' = \varkappa d$

$$\leadsto \quad n' = n \left(\frac{d}{d'}\right)^2 = n \varkappa^{-2} \checkmark$$

wenn $\varkappa = \frac{1}{10}$, dann folgt

$n' = 100\, n$

Unitind ist die Leistungsansatz

$$\frac{P_s}{n^2 d^5 \rho} = \lambda \qquad \text{Leistungszahl.}$$

$$\lambda = \Sigma^{\pm 1} \psi \varphi$$

$$\lambda' = \lambda$$

+1 Arbeitsmasch.

-1 Arbeitsmasch.

$$\rightarrow \frac{P_s'}{n'^2 d'^5 \rho'} = \frac{P_s}{n^2 d^5 \rho}$$

$$\frac{P_s'}{P_s} = \left(\frac{n'}{n}\right)^2 \left(\frac{d'}{d}\right)^5 = \kappa^{-4} \kappa^5 = \kappa^1$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme

⇝ Leistungsdichte in der Modellmaschine ist viel zu hoch!

$$\frac{P_s}{d^3} \sim \mathcal{H}^{-2}$$

technisch nicht umsetzbar!

Lösung ⇝ Aufgabe der Reynoldszahlähnlichkeit.

$$gH' \overset{!}{=} gH$$

$$\rightarrow \frac{gH'}{n'^2 d'^2} \overset{!}{=} \frac{gH}{n^2 d^2}$$

$$\rightsquigarrow n' = \varkappa^2 n$$