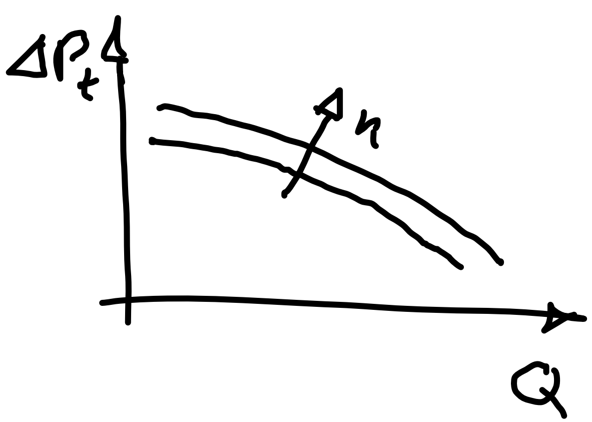
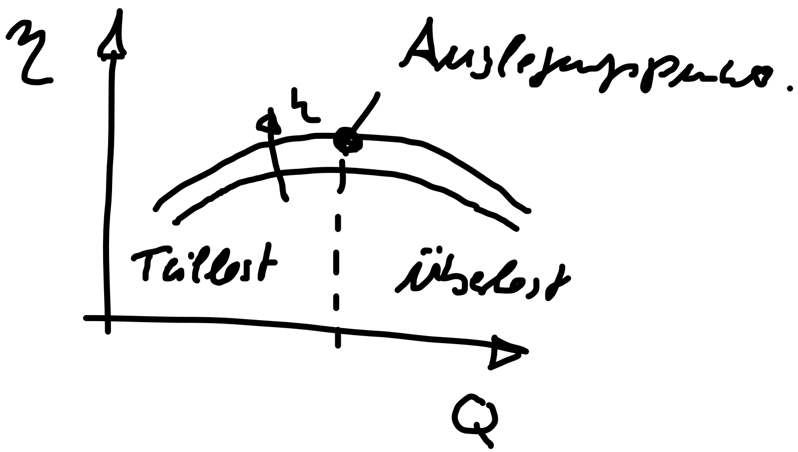
Dimensionslose Kennlinien von Maschinen

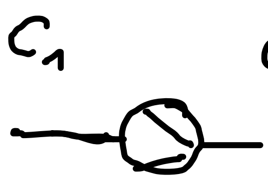




$$gH = fn(Q, d, n, \rho, \nu, k, \alpha, \dots)$$

$$\eta = fn(\dots\dots)$$

$$gH := C_2 - C_1$$



$$C = \frac{u^2}{2} + \int \frac{dp}{\rho}$$

Bernoulli Konstante.

$p = c\rho^n$: $C = \frac{u^2}{2} + \frac{n}{n+1}\frac{p}{\rho} = \frac{u^2}{2} + \frac{n}{n+1} RT.$

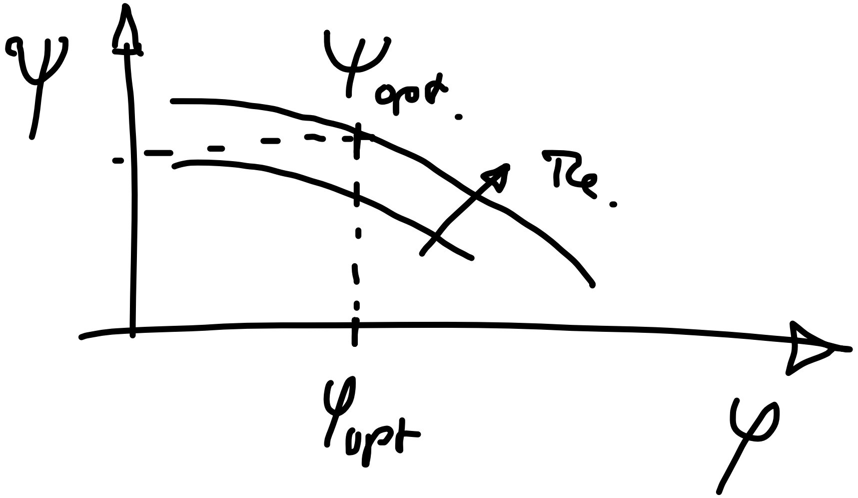
$\rho =$ const.

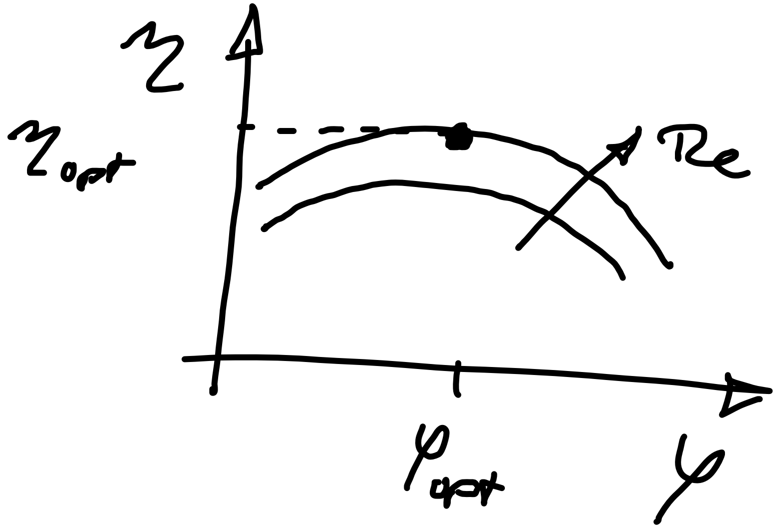
$$C = \frac{u^2}{2} + \frac{p}{\rho}$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenenergiemaschinen
Vorlesung 4





$$\psi = \frac{2}{\pi^2}\frac{gH}{n^2 d^2} \sim gH \qquad \text{Druckziffer}$$

$$\varphi = \frac{4}{\pi^2}\frac{Q}{n d^3} \sim Q \qquad \text{Durchflußziffer}$$

$$Re = \frac{n d^2}{\nu} \qquad \text{Reynoldszahl.}$$

$$Ma = \frac{n d}{a}$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2010
Fluidenenergiemaschinen
Vorlesung 4

$$\psi = \psi(\varphi, Re) \qquad gH = gH(d, n, \nu, Q)$$

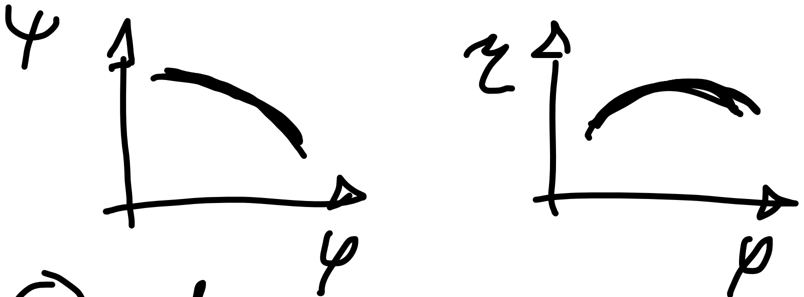
$$\eta = \eta(\varphi, Re) \qquad \eta = \eta(d, n, \nu, Q)$$

⊕ Reduktion der Zahl der Veränderlichen.

⊕ Häufig ist Re so groß, dass

$$\psi = \psi(\varphi), \quad \eta = \eta(\varphi)$$

nur zwei Kennlinien!



⊕ Skalieren ist einfach möglich.

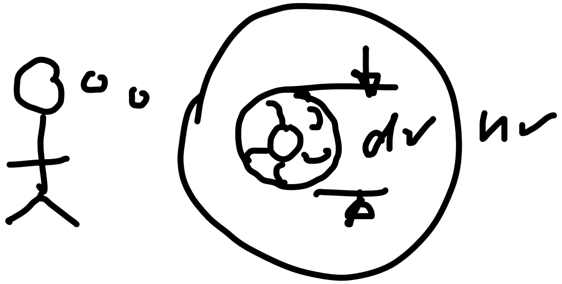
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenenergiemaschinen
Vorlesung 4

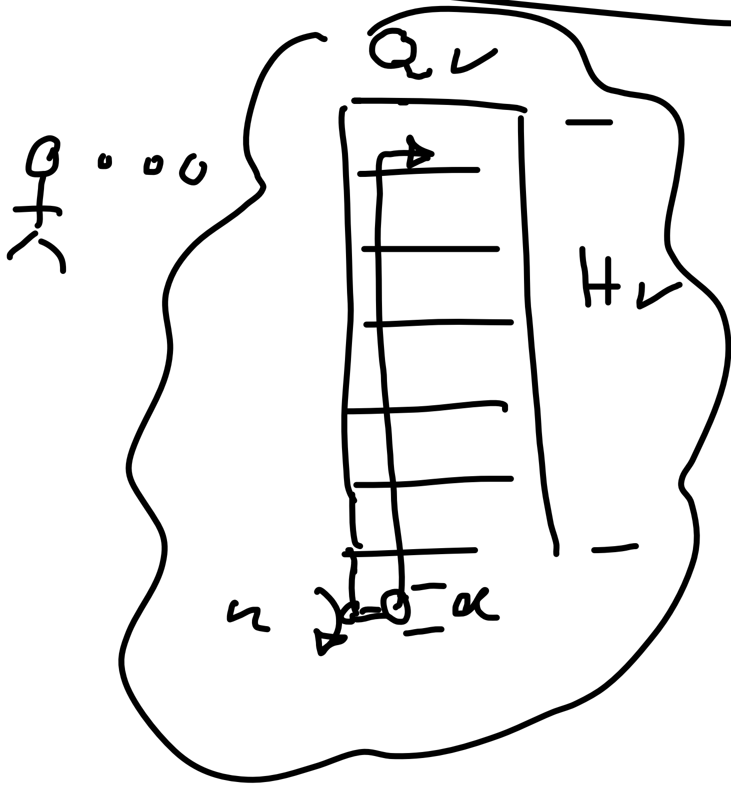
Ökonomie

Geg: d, n Ges: gH, Q



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

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



$\Pi_1 \sim Q \sim \varphi$

$\Pi_2 \sim gH \sim \psi$

$\Pi_1 \sim d \sim \delta$

$\Pi_2 \sim n \sim \sigma$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 4

Dimensionsanalyse für die Anlagenplaner.

Geg.: Q, gH

Ges.: d, n

$$\left.\begin{array}{l}\text{Geg.: } Q,\ gH \\ \text{Ges.: } d,\ n\end{array}\right\} \quad \begin{array}{l} d = d(Q, gH) \\ n = n(Q, gH)\end{array}$$

	d	Q	$\sqrt{gH}$
L	1	3	1
T		-1	-1

$\Longleftrightarrow$

	d	$Q\,(gH)^{-\frac{1}{2}}$	gH
L	1	2	2
T	0	0	-2

$$\Pi_1 = \frac{d}{\sqrt{Q}}\,(gH)^{\frac{1}{4}} \sim d$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

	n	Q^2	$(gH)^3$
L		6	6
T	-1	-2	-6

$\Longleftrightarrow$

	n	$\frac{Q^2}{(gH)^3}$	~~gH~~
~~L~~		~~0~~	~~2~~
T	-1	4	~~-2~~

$$\Pi_2 = n\,\frac{Q^{\frac{1}{2}}}{(gH)^{3/4}} \sim n$$

Durchmesserzahl $\sim d$

$$\delta := \left(\frac{\pi^2}{8}\right)^{\frac{1}{4}} \Pi_1 = \frac{1}{2}\left(2gH\right)^{\frac{1}{4}} Q^{-\frac{1}{2}} \pi^{1/2} d$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenenergiemaschinen
Vorlesung 4

Schnellaufzahl $\sim n$

$$\sigma = (2\pi^2)^{\frac{1}{4}} \Pi_2 = 2n\,(2gH)^{-\frac{3}{4}}\, Q^{\frac{1}{2}}\, \pi^{\frac{1}{2}}$$

Anm.: Die Vorfaktoren (z.B. $(2\pi^2)^{\frac{1}{4}}$) sind reine Definitionen.
In Diagrammen sollte die Definition zu allen dimensionslosen Produkten angegeben sein.

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 4

$$\varphi = \frac{1}{\delta^3 \sigma}$$

$$\psi = \frac{1}{\delta^2 \sigma^2}$$

Transformation von einem Satz dimensionsloser Produkte $\Pi_1, \dots \Pi_{n-r}$ auf einen neuen Satz dimensionsloser Produkte

$$\Pi_1', \dots, \Pi_{n-r}'$$

$$\Pi_1 = \varphi, \quad \Pi_2 = \psi \quad \Longleftrightarrow$$

$$\Pi_1' = \delta, \quad \Pi_2' = \sigma$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2010

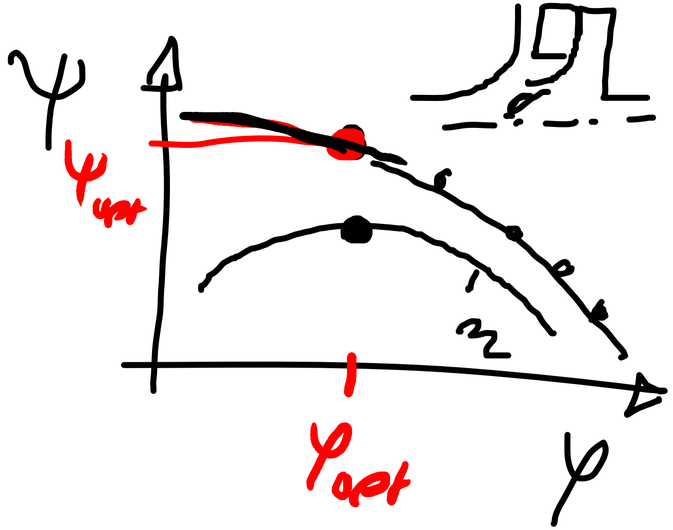
Fluidenenergiemaschinen

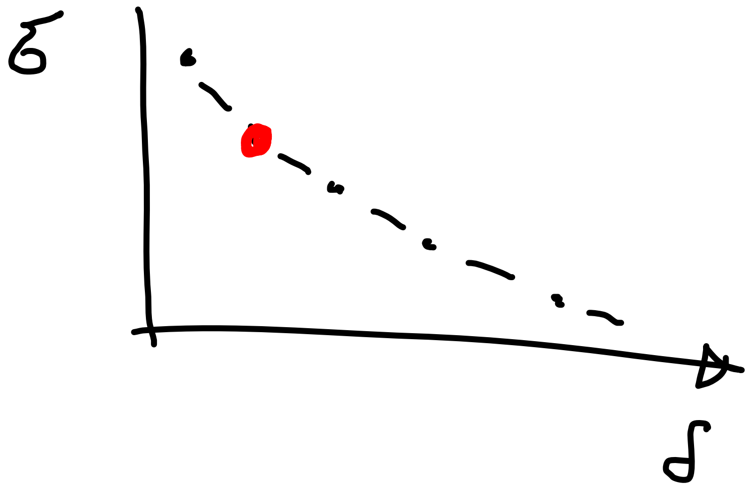
Vorlesung 4

$$\Psi = \Psi(\varphi)$$

$$\Updownarrow$$

$$\sigma = \sigma(\delta)$$





TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

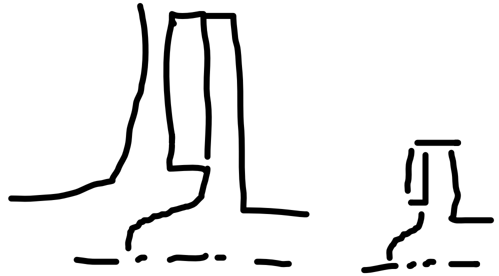
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

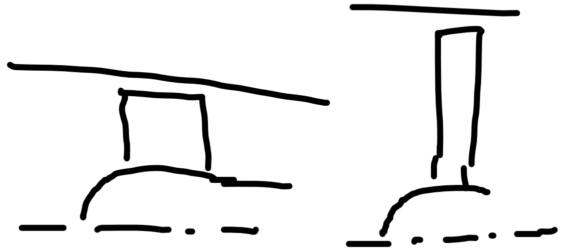
Sommersemester 2010
Fluidenergiemaschinen
Vorlesung 4

Cordier 1953

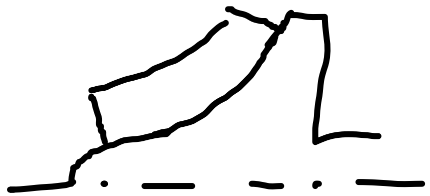
$\psi_{opt} = \psi_{opt}(\varphi_{opt})$ Maschine 1.



$\psi_{opt} = \psi_{opt}(\varphi_{opt})$ Maschine 2.



$\psi_{opt} = \psi_{opt}(\varphi_{ur})$.



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

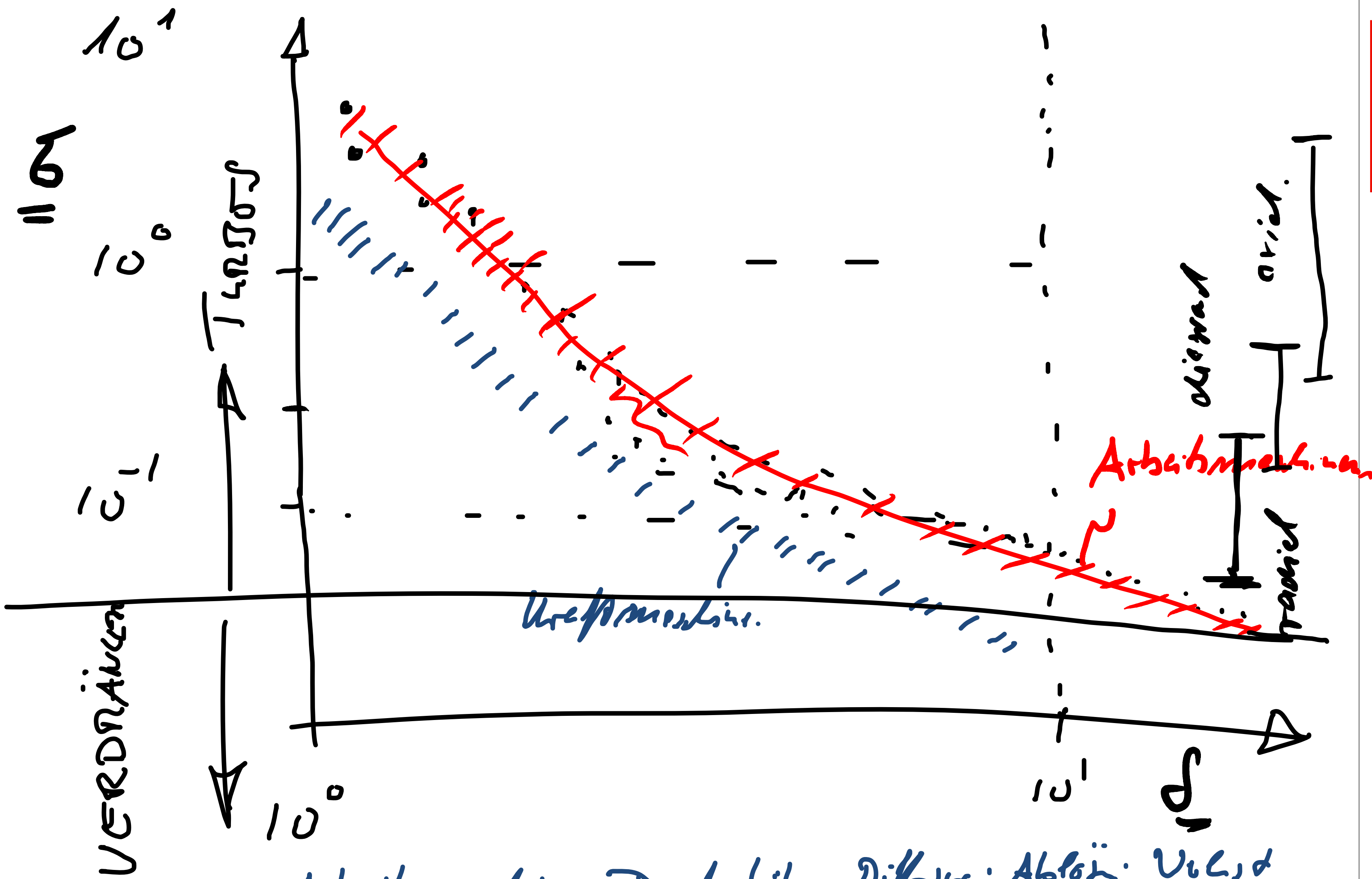
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenenergiemaschinen
Vorlesung 4

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Cordier - Diagramm 1953



⊳ Arbeitsmaschine : Druckerhöhung : Diffusor : Ablösung : Verlust
Kraftmaschine : Druckabsenkung : Düse : keine Ablösung : weniger Verl.

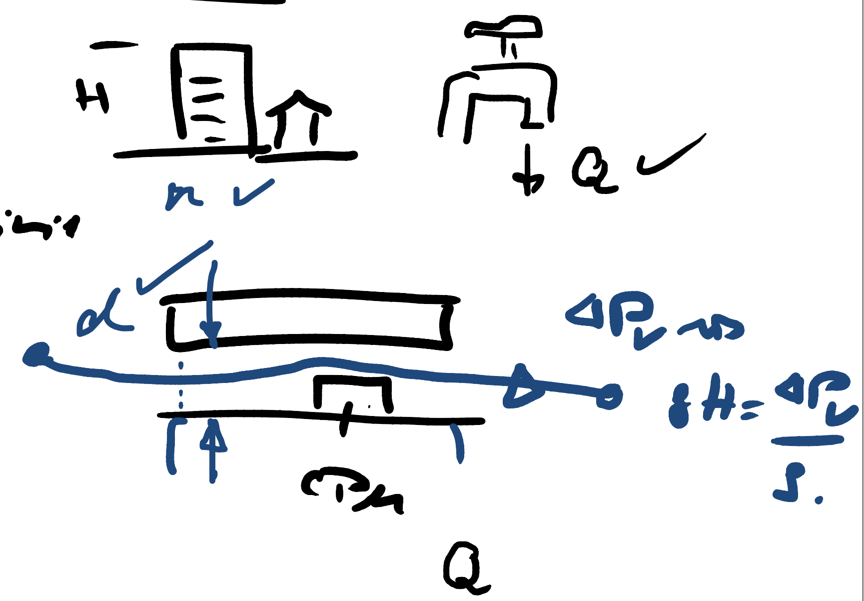
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2010
Fluidenenergiemaschinen
Vorlesung 4

Arbeiten mit dem Cordierdiagramm.

Geg.: gH ✓ Druckhöhe

Anlagenkennlinie



Q ✓

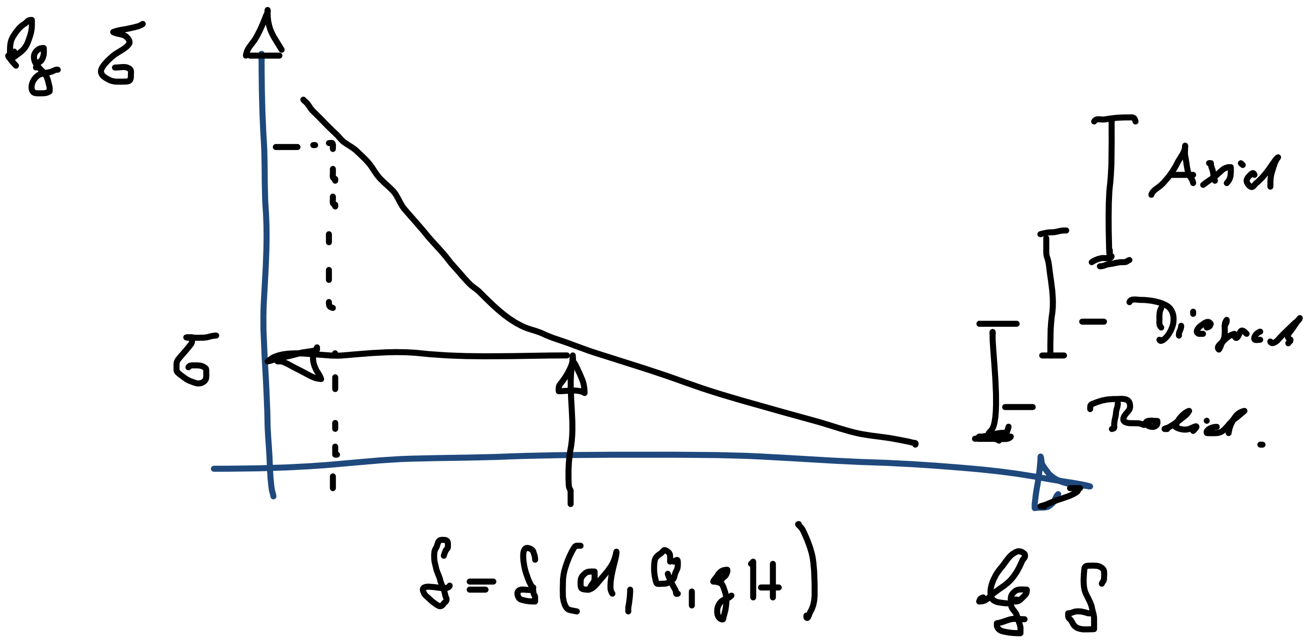
d ✓, sofern der Bauraum relevant ist.

⇒ δ ist bekannt.

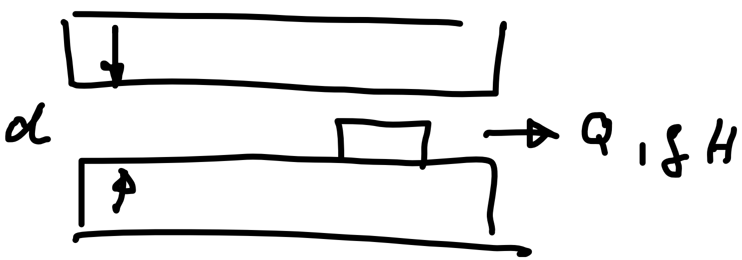
$\sigma(\delta)$ ist durch das Cordierdiagramm geg.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK



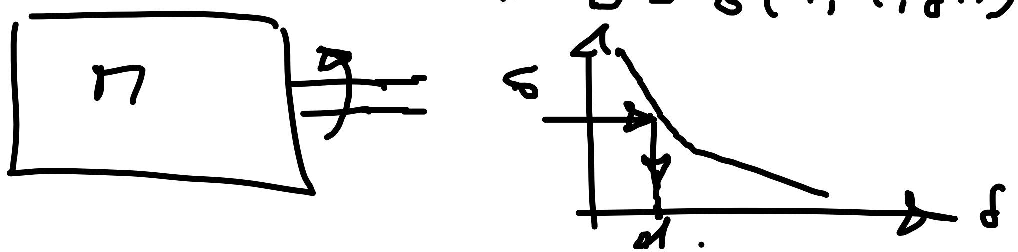
$\delta = \delta(d, Q, gH)$



Zweite Auslegungsaufgabe

$n = 3000$ rpm, Q, gH

$\to \sigma = \sigma(n, Q, gH)$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenenergiemaschinen
Vorlesung 4

$$\sigma \sim n \frac{Q^{\frac{1}{2}}}{(gH)^{3/4}}$$

dimensionslose Zahl.

$\sigma \lesssim 0.01$ Verdrängermaschine — translatorisch, rotatorisch

$0.02 \lesssim \sigma \lesssim 0.3$ Radialmaschine

$0.25 \leq \sigma \leq 1.0$ Diagonalmaschine

$0.6 \leq \sigma$ Axialmaschine

$$n_s = n \frac{Q_{opt.}^{\frac{1}{2}}}{H_{opt.}^{3/4}} \qquad [n_s] = \frac{1}{T}$$

$n_s\ 26$"

$$\{n_s\} = min^{-1} = rpm$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2010
Fluidenenergiemaschinen
Vorlesung 4