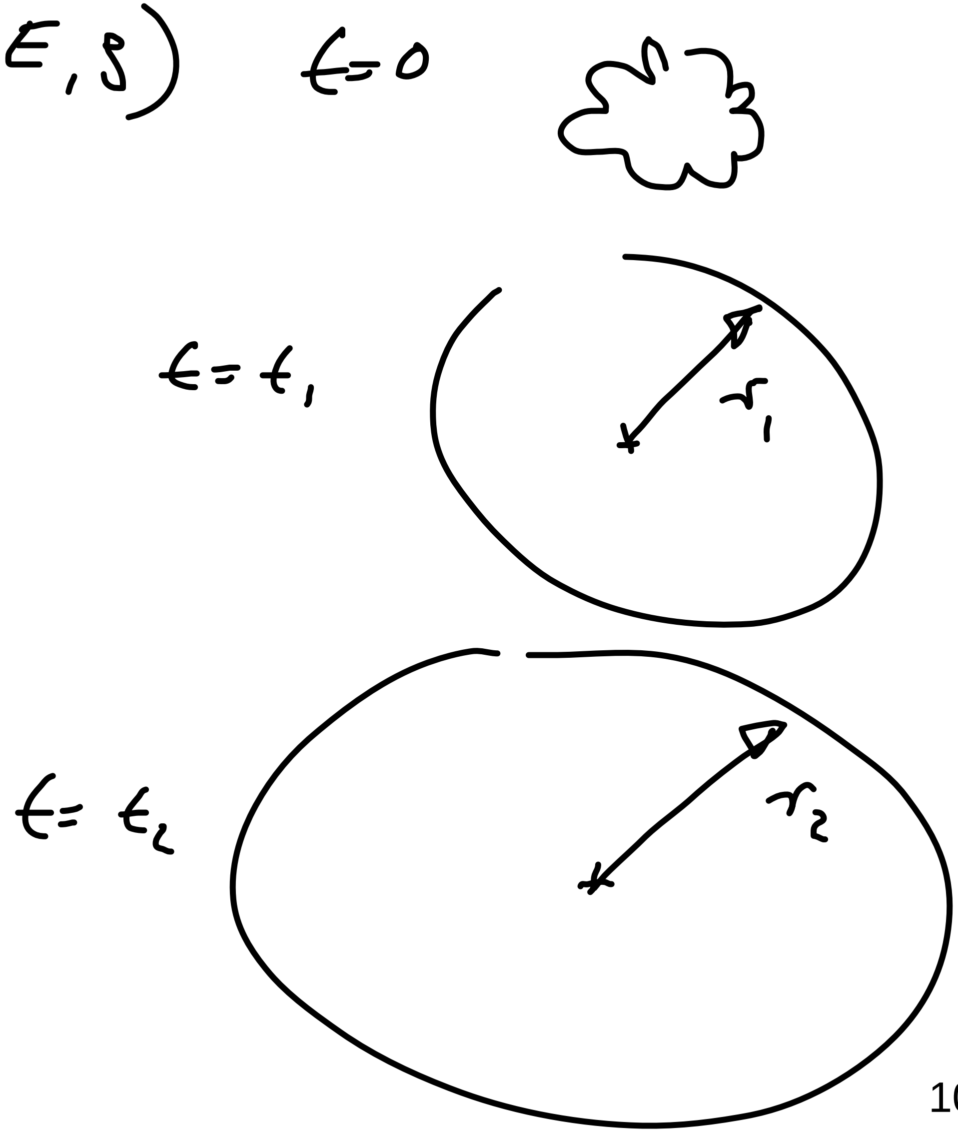
Starke Explosion

$$r = f_L(t, E, \rho)$$

$$r \sim t^{2/5}$$



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

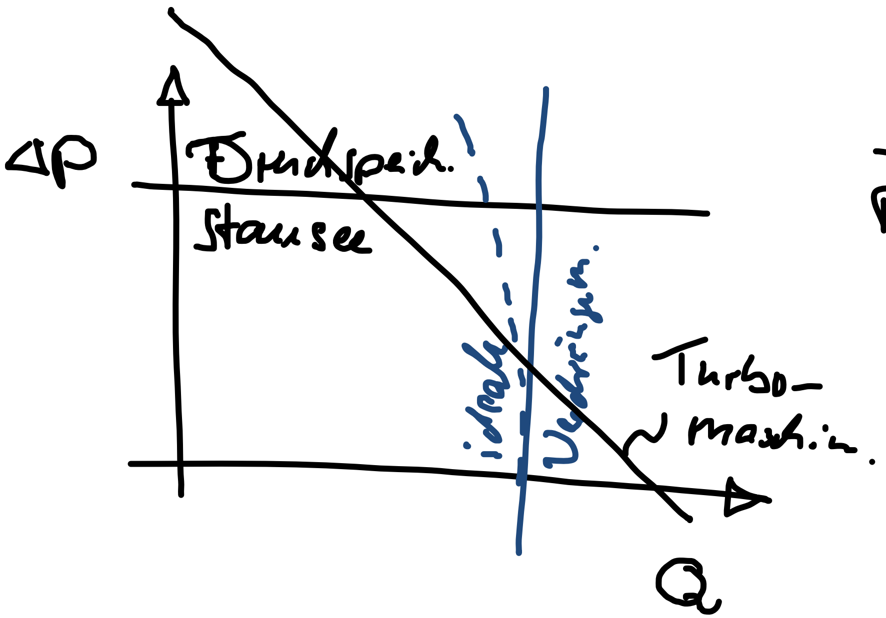
FLUID SYSTEM TECHNIK

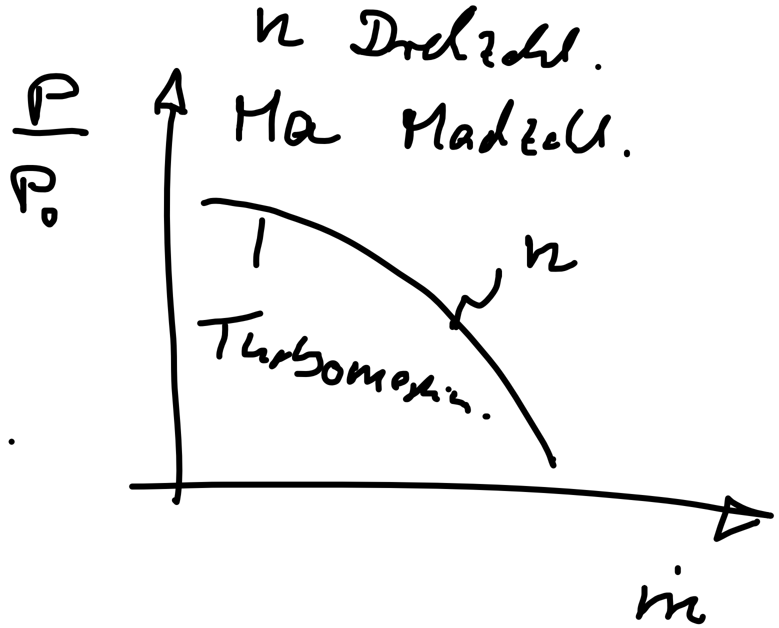
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Wintersemester 2010/11

Technische Fluidsysteme

Vorlesung 9



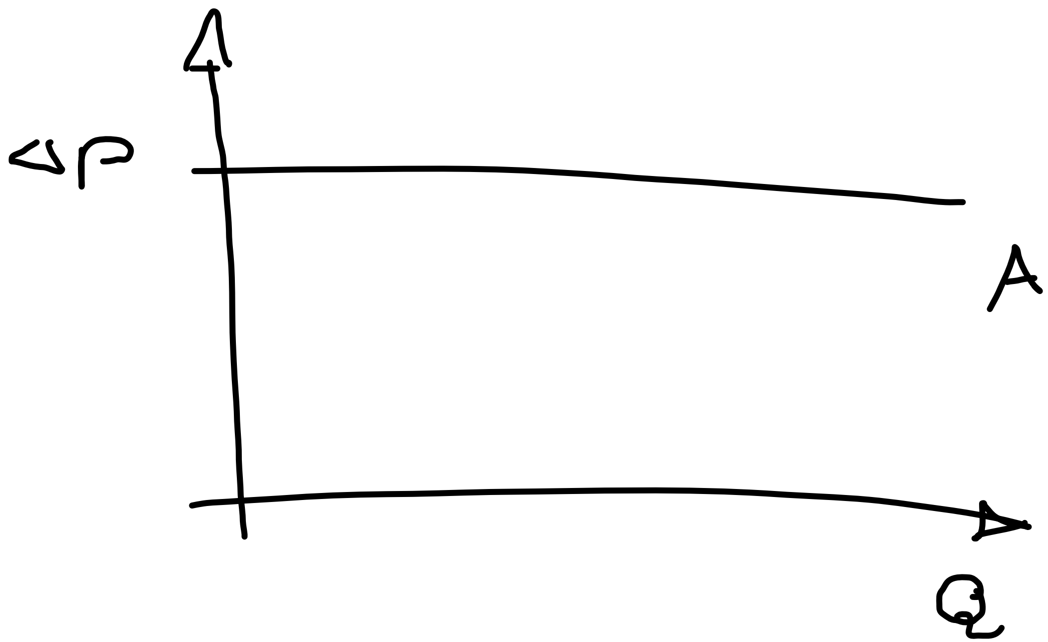


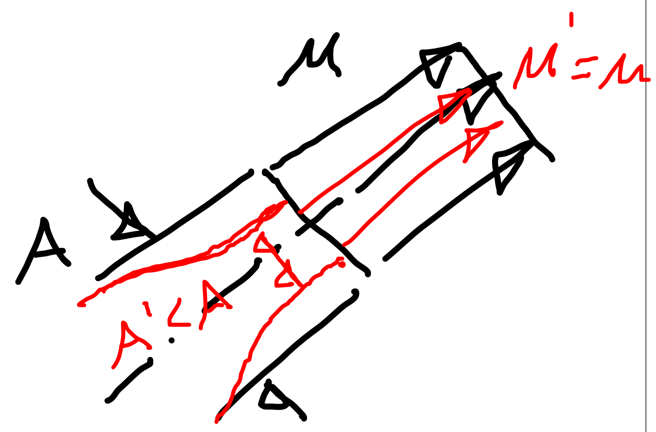
Inkompressible Ström.		Kompressible Ström.
⇝ Druckdifferenz Δp		⇝ Druckverhältnisse $\frac{p}{p_0}$
⇝ Volumenstrom Q		⇝ Massenstrom $\dot{m}$
z.B. Hydrost. Kolbenmot.	Kraftmaschin.	z.B. Gasturbine, Verdichter } Turbolader.
Kolbenpump.	Arbeitsmaschin	

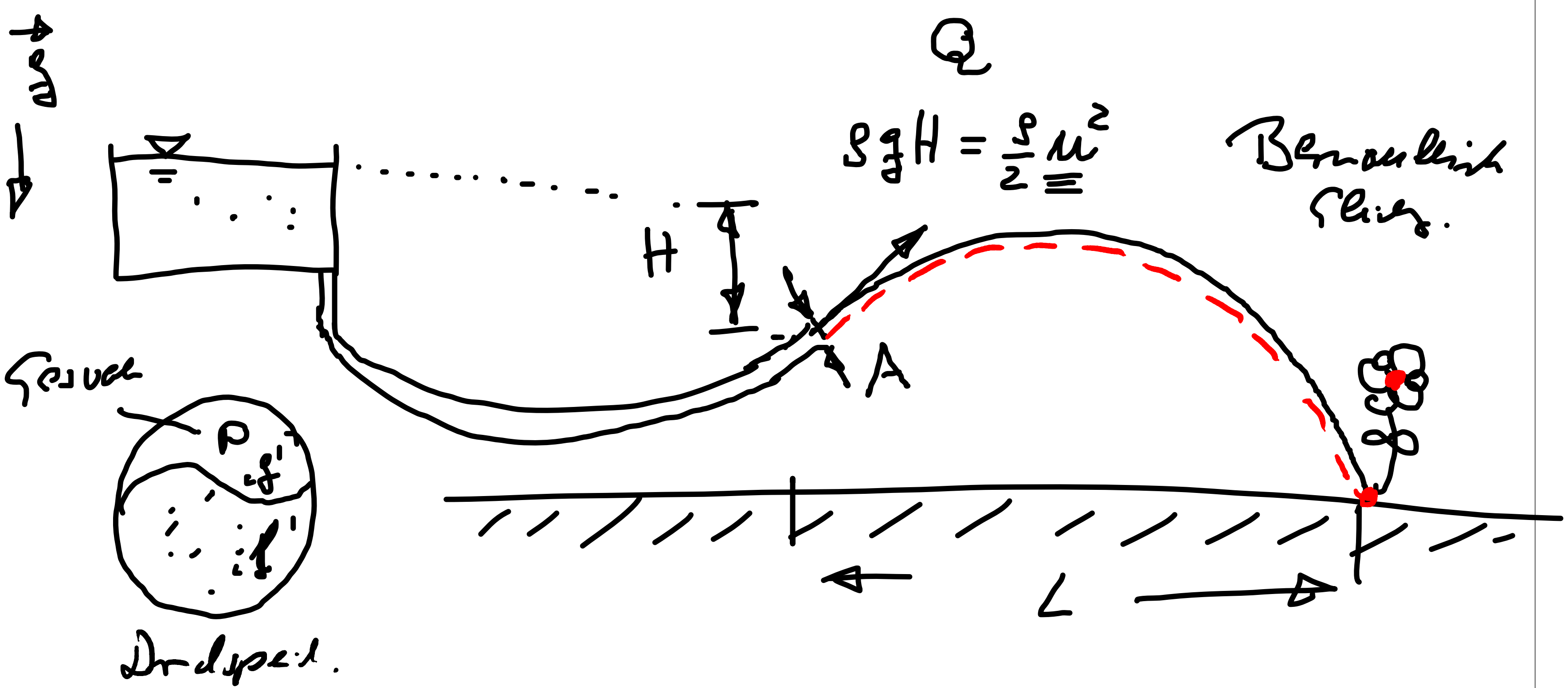
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

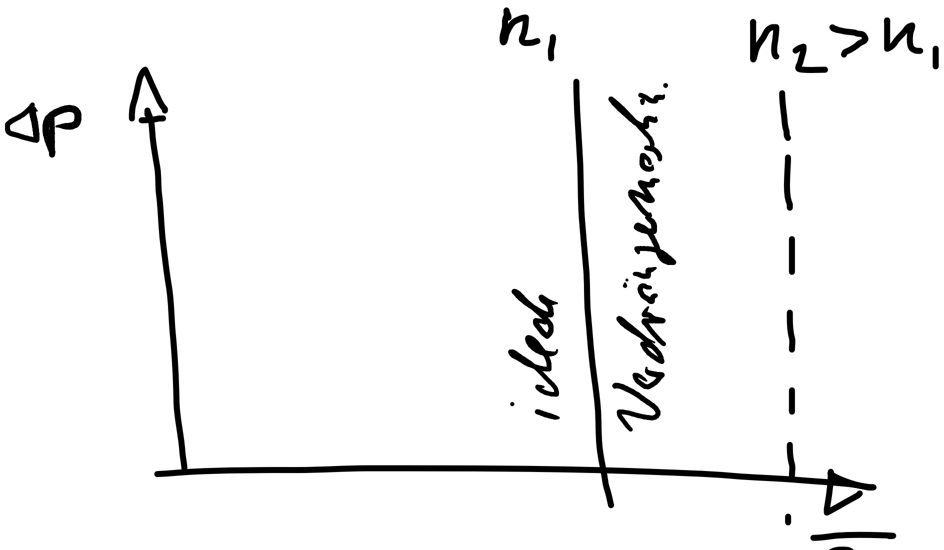
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Technische Fluidsysteme
Vorlesung 9

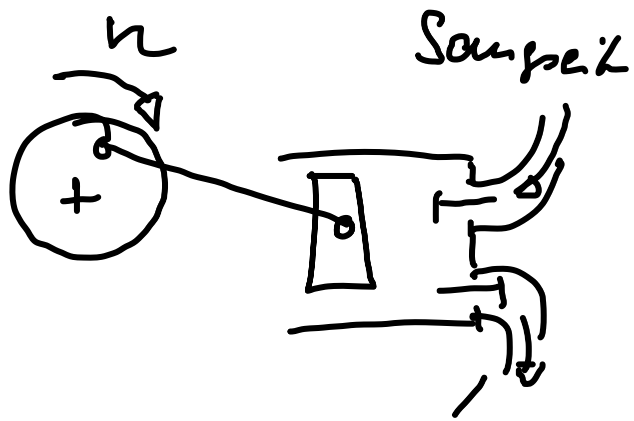






Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Technische Fluidsysteme
Vorlesung 9





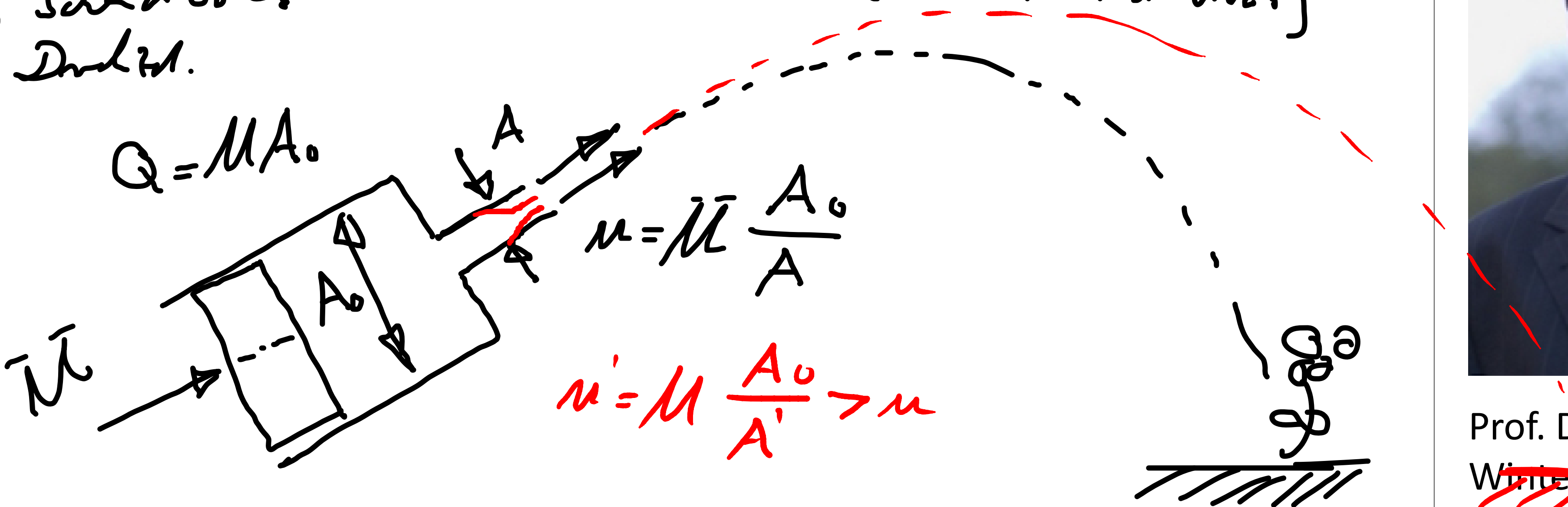
$\dot{Q} = z V_0 n$

z Zahl der Arbeitsräume

V_0 Schluckvolumen

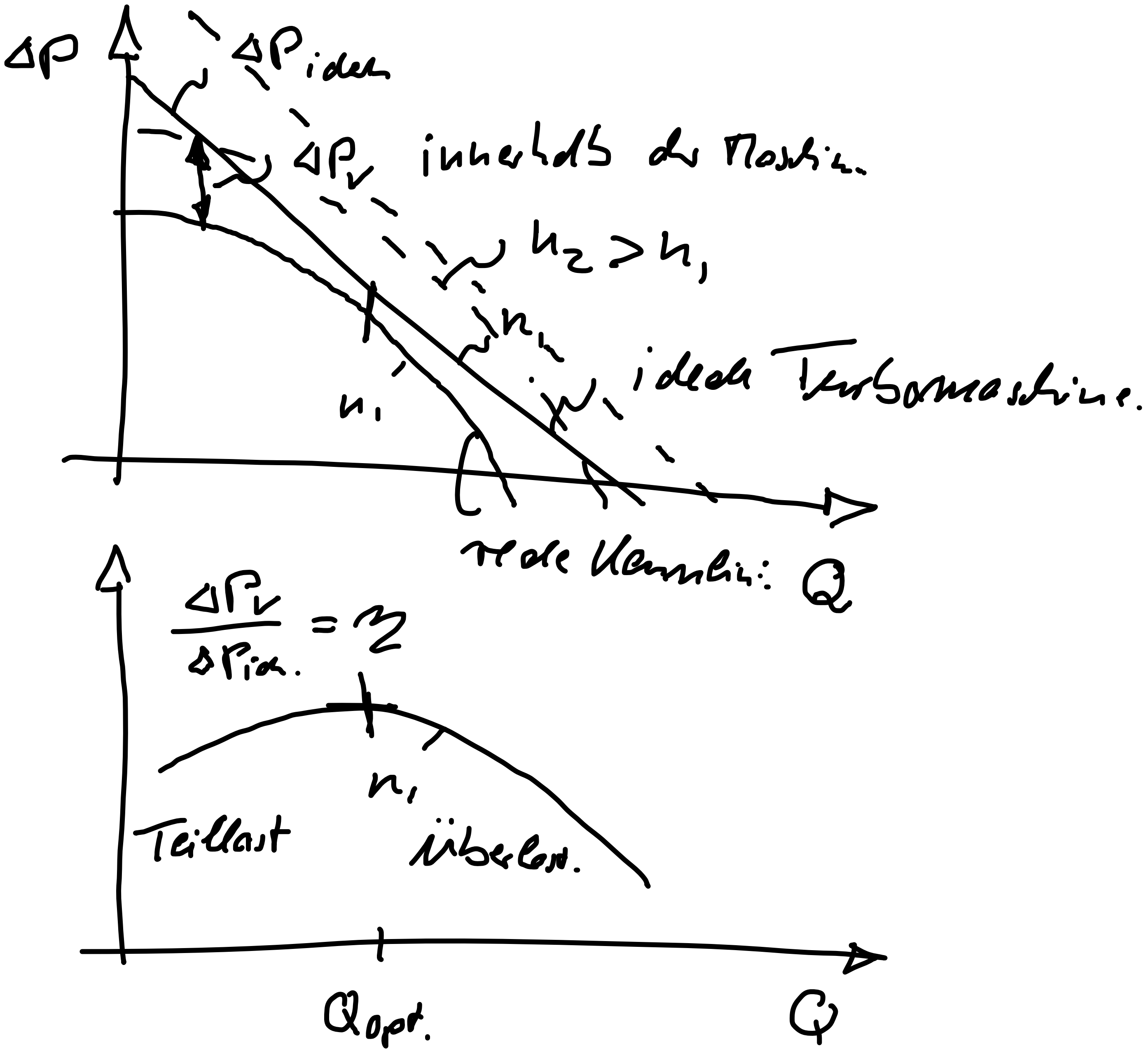
n Drehzahl

$\rho = const$ (inkompressible Strömung)



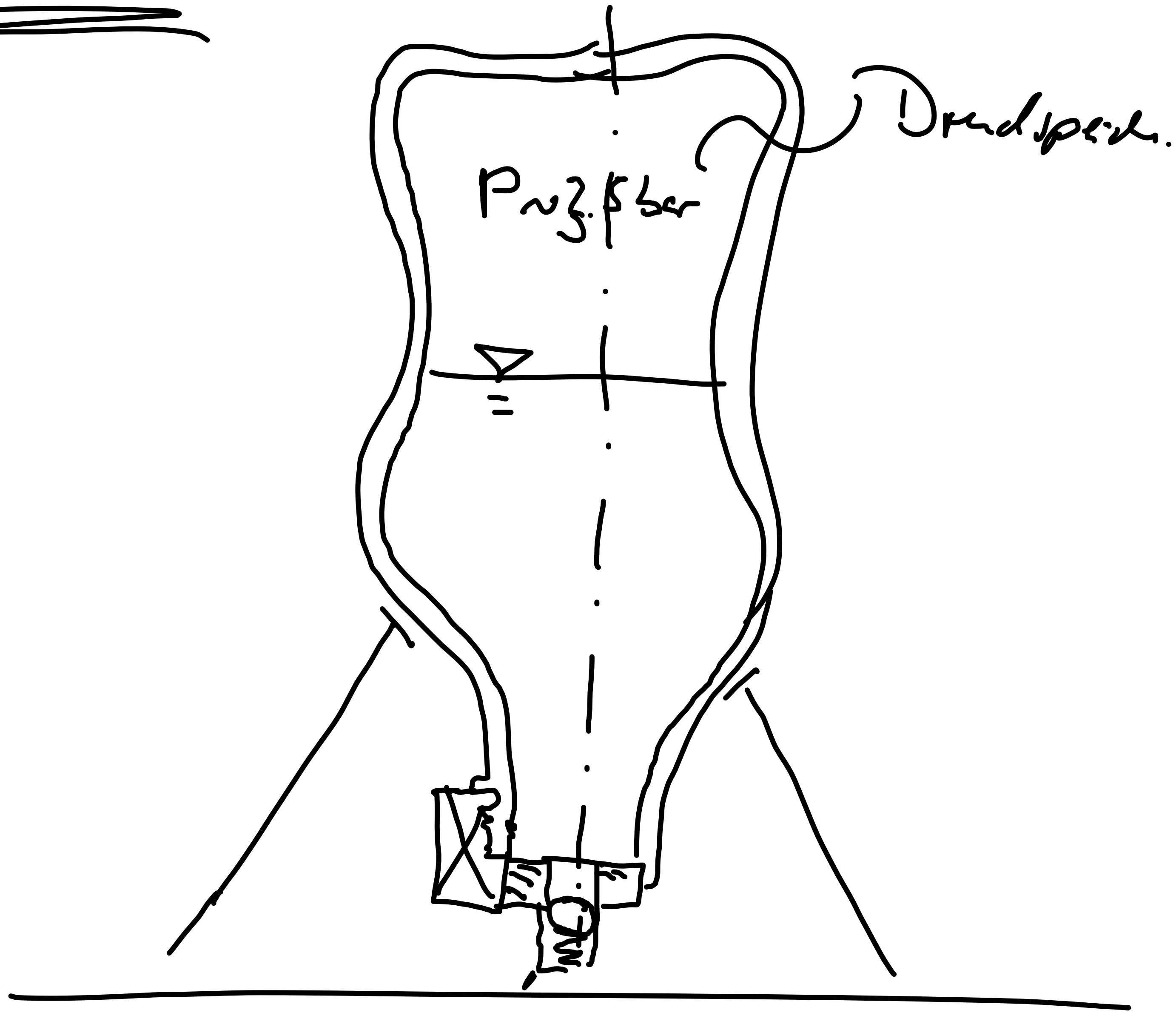
$\bar{\mathcal{M}} = const$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
~~Wintersemester~~ 2010/11
Technische Fluidsysteme
Vorlesung 9

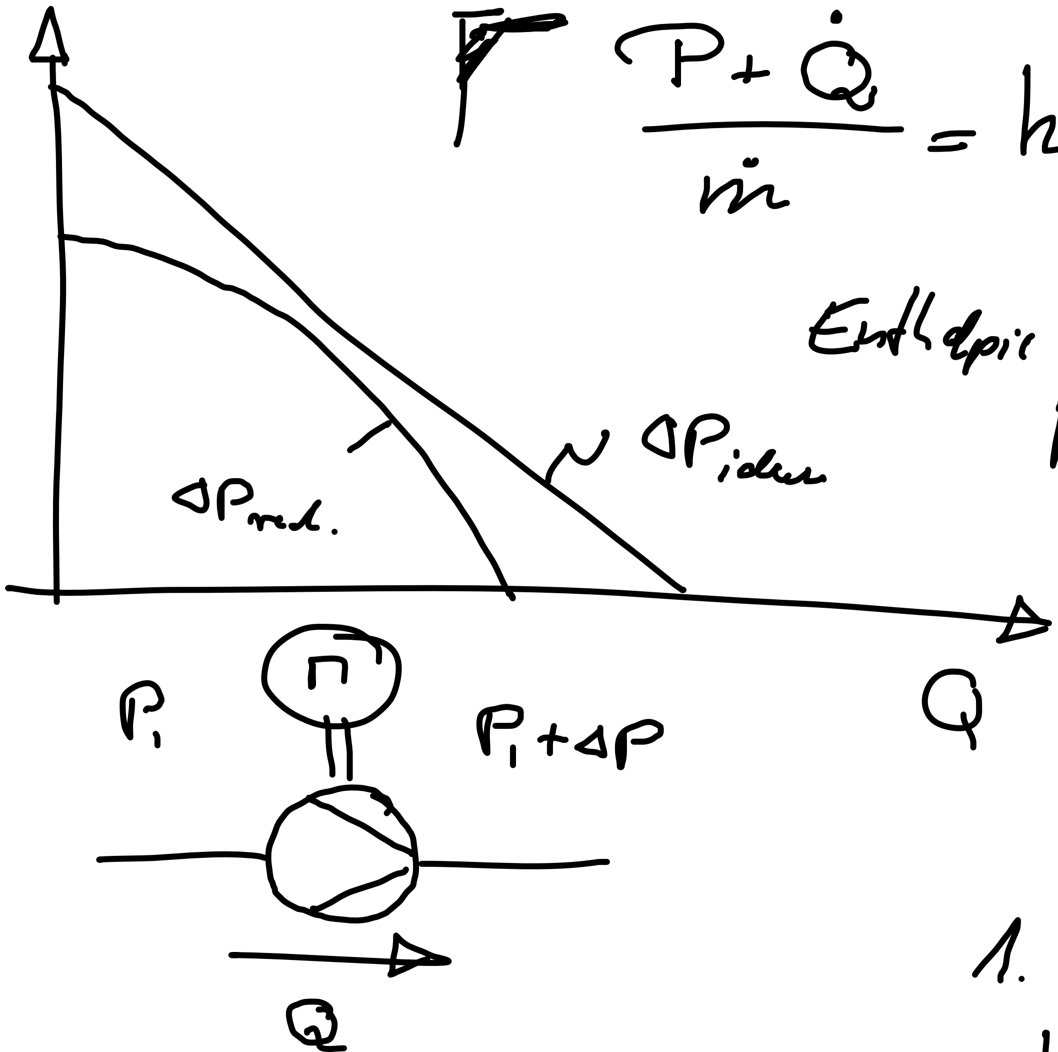


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Technische Fluidsysteme
Vorlesung 9

Wasserrakete.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Technische Fluidsysteme
Vorlesung 9



$$\frac{P + \dot{Q}}{\dot{m}} = h_{t2} - h_{t1}$$

Enthalpie

$$h_t = h + \frac{u^2}{2}$$

total

$$h = \frac{p}{\rho} + e$$

1. HS

Zugeführte Leistung $P = M\Omega = \eta \Delta p Q$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Technische Fluidsysteme
Vorlesung 9

Erster Hauptsatz für stationäre Zustände

$$\frac{P+\dot{Q}}{\dot{m}} = h_{t_2} - h_{t_1}$$

P zugeführte Leistung $P > 0$ Arbeitsmaschine

$P < 0$ Kraftmaschine

$\dot{Q}$ zugeführte Wärme.

$\dot{m} = \rho u A$ Massenstrom

h_t totale Enthalpie $h_t = \underbrace{\frac{p}{\rho} + e}_{h} + \frac{u^2}{2}$

$\dot{Q} \equiv 0$; $\rho = \text{const.}$ $\dot{m} = \rho Q$

$\nabla \equiv$ Identität

$:=$ Def.

$=$ Δ

$$P = Q\Big[\underbrace{\big(\underbrace{p_2}_{\text{stat. Druck}} + \underbrace{\rho \frac{u_2^2}{2}}_{\text{dynamischer Dr.}}\big) - \big(p_1 + \rho \frac{u_1^2}{2}\big)}_{p_t}\Big] + Q\rho(e_2 - e_1)$$

$$= \underbrace{Q \Delta p_t} + \underbrace{Q \rho c (T_2 - T_1)}_{\Delta p_v} := \eta\, Q \Delta p_t$$

Kalorisch ideale Stoff $\Delta e = c \Delta T$

c Wärmekapazität

| $\Delta e = c_v \Delta T$ Kompressibel

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

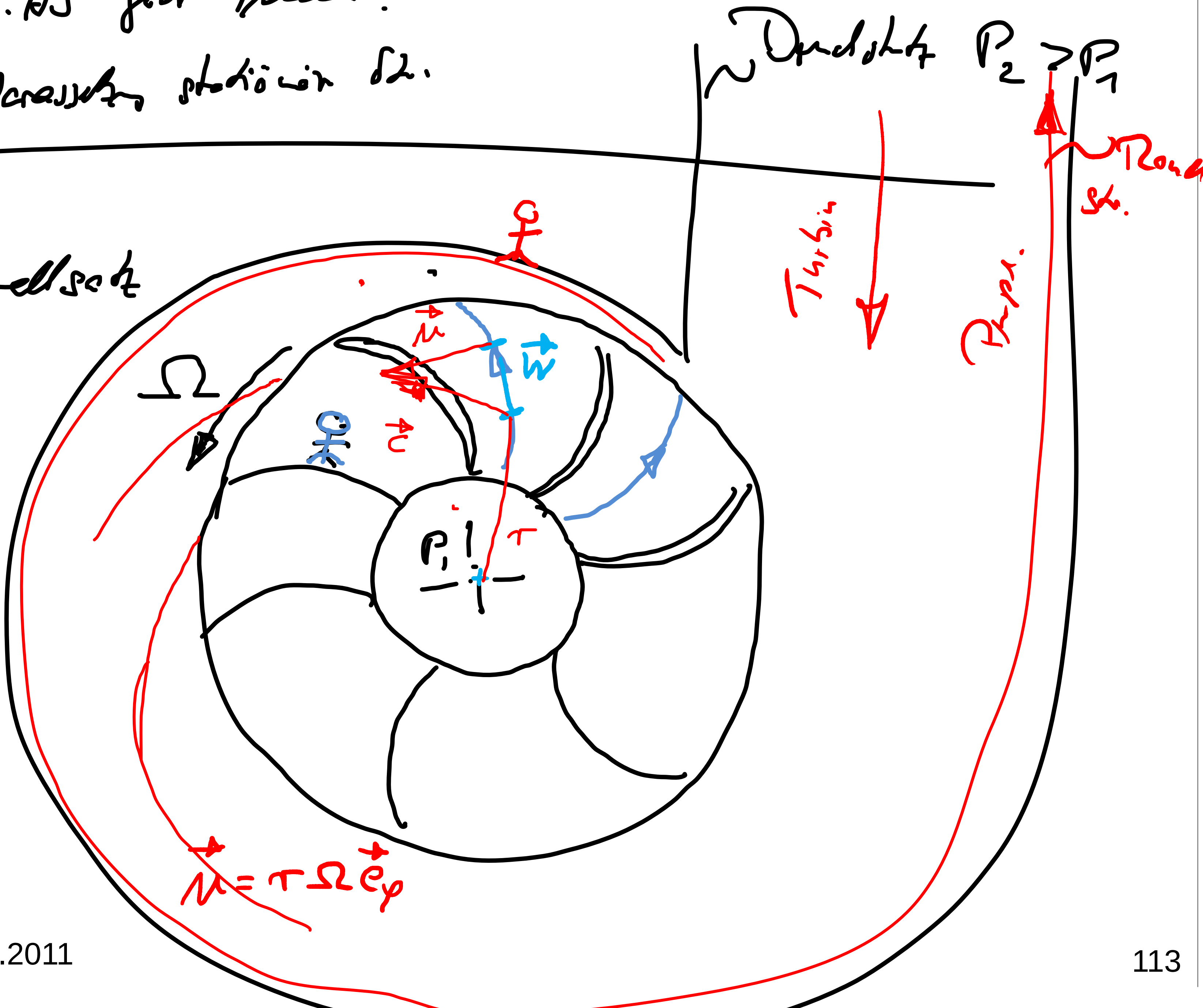
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Technische Fluidsysteme
Vorlesung 9

1. HS gilt immer!

Voraussetzung stationäre Str.

Drallsatz



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Technische Fluidsysteme
Vorlesung 9

1. Relativsystem für das Laufrad.

(+) einfach zu beschreibende Geometrie + Strömung

(+) stationärer Zustand.

Relativgeschwindigkeit $\vec{w}$.

2. Absolutsystem (Inertialsystem) für das Gehäuse, Leitapparat.
(Spirale).

Absolutgeschwindigkeit $\vec{c}$.

3. Umrechnung erfolgt über die Umfangsgeschwindigkeit:

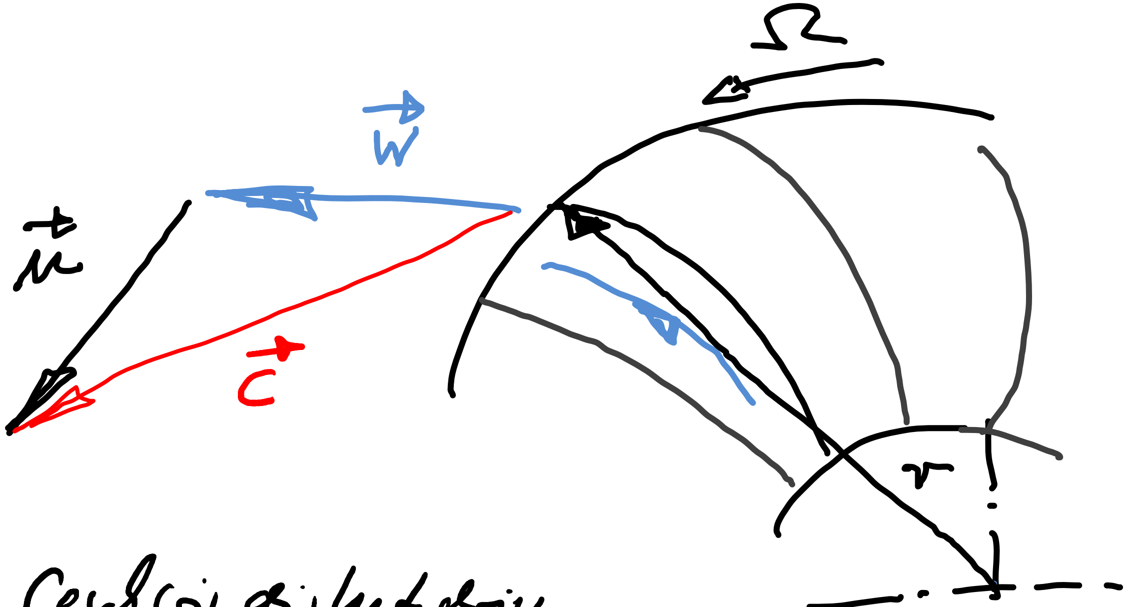
$$\vec{u} = \Omega r \vec{e}_\varphi .$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Technische Fluidsysteme
Vorlesung 9

$\vec{c} = \vec{w} + \vec{u}$



Geschwindigkeitsdreieck

Drall eines Starrkörpers

~~$\Theta\,\Omega \qquad \Theta = \int_m r^2\,dm$~~

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Wintersemester 2010/11
Technische Fluidsysteme
Vorlesung 9

Allgemeiner Drallsatz 18tes Jahrhundert Euler.

$$\frac{D}{Dt}\vec{D} = \vec{M} \quad \Big| \cdot \vec{e}_z$$

$$\vec{D} = \int_V \rho\, \vec{x} \times \vec{c}\, dV \quad \Big| \cdot \vec{e}_z \qquad \vec{e}_z = \vec{e}_\Omega$$

$$D_z = \int_V \rho (\vec{x} \times \vec{c}) \cdot \vec{e}_z\, dV$$

Für die starre Körper.

$$\vec{c} = \Omega r \vec{e}_\varphi$$

$$\vec{x} = r\vec{e}_r + z\vec{e}_z$$

$$\rightarrow D_z = \Theta \Omega \; ; \; \Theta = \int_V \rho r^2 dV$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Technische Fluidsysteme
Vorlesung 9

$$\frac{D}{Dt}\int_V \rho(\vec{x}\times\vec{c})\cdot\vec{e}_z\,dV = M_z.$$

∇

$$\frac{D}{Dt}\int_V \phi\,dV = \frac{\partial}{\partial t}\int_V \phi\,dV + \oint_S \phi\,\vec{c}\cdot\vec{n}\,dS$$

Reynoldsche Transporttheorem.

~~Beispiel~~ Starrer Körper.

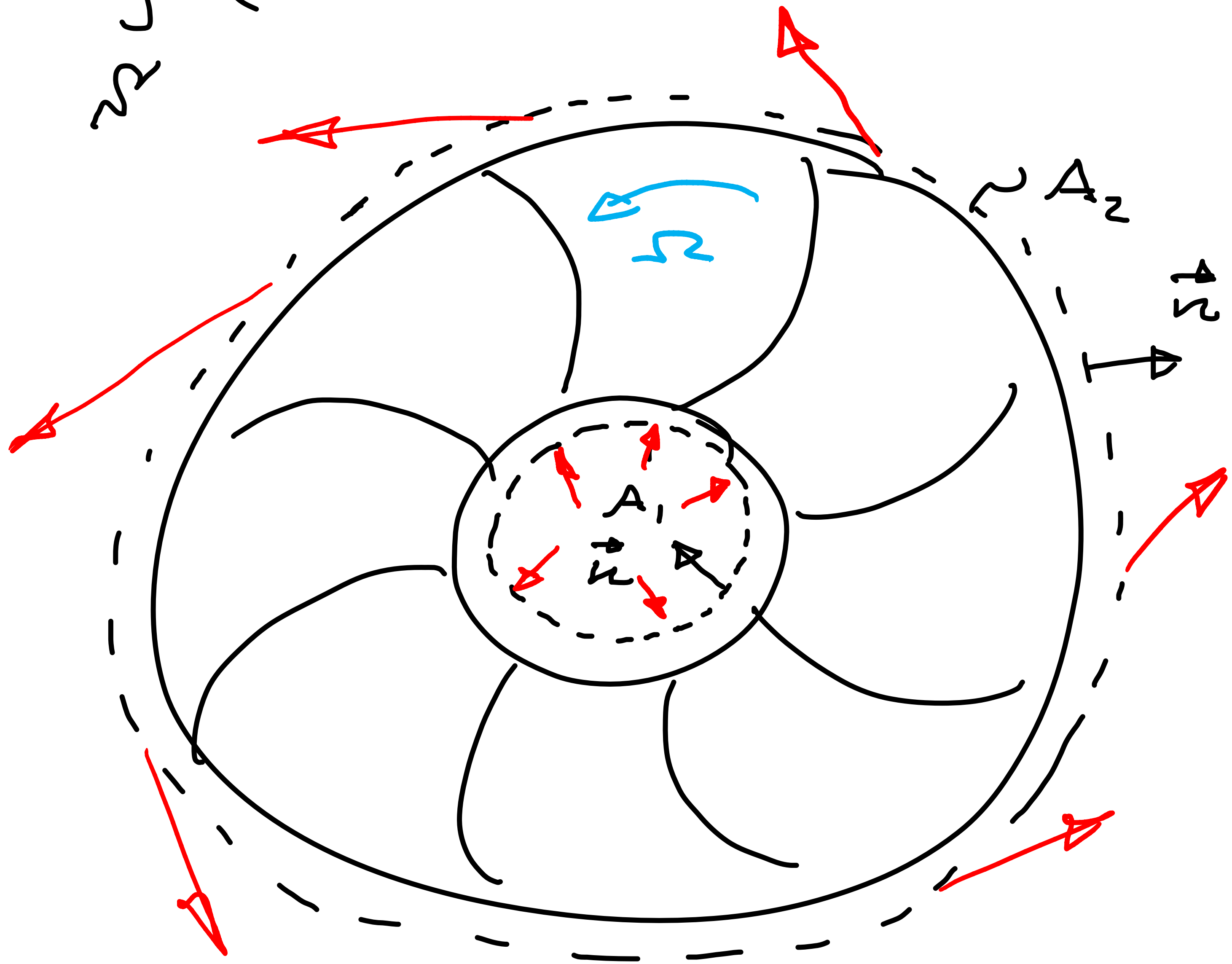
$$\frac{\partial}{\partial t}\int_V \rho(\vec{x}\times\vec{c})\cdot\vec{e}_z\,dV = \Theta\,\dot{\Omega} = M_z$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

$$\oint_S \rho (\vec{x}\times\vec{c})\cdot\vec{e}_z \, \vec{c}\cdot\vec{n}\, dS = M_z .$$



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

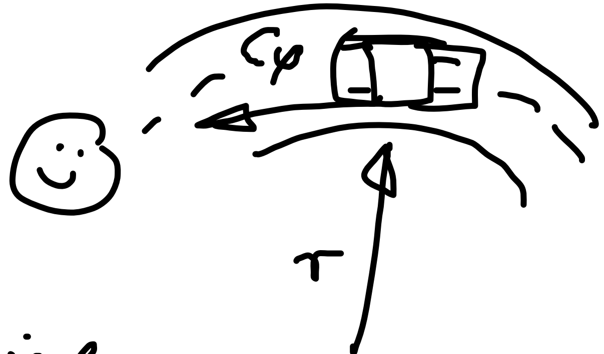
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Technische Fluidsysteme
Vorlesung 9

Häufig drallfreie Zuströmung $c_{1\varphi} \equiv 0$.

$$\vec{c}_1 = c_{1r}\,\vec{e}_r + c_{1z}\,\vec{e}_z$$

$$(\vec{x} \times \vec{c}) \cdot \vec{e}_z = r\,c_\varphi$$



$$\vec{x} = r\,\vec{e}_r + z\,\vec{e}_z$$

Drall eines Flüssigkeitsteilch.

$$\vec{c} = c_r\,\vec{e}_r + c_z\,\vec{e}_z + c_\varphi\,\vec{e}_\varphi$$

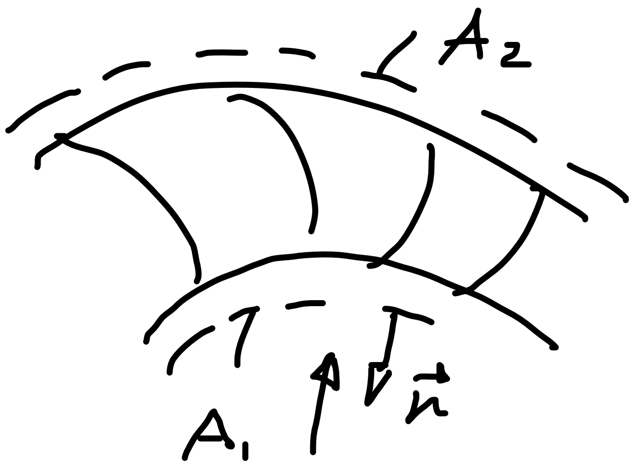
$$(\vec{x} \times \vec{c}) \cdot \vec{e}_z = r\,c_\varphi$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Technische Fluidsysteme
Vorlesung 9

$$\rho \int_{A_1} r c_\varphi \, \vec{c}\cdot\vec{n} \, dA + \rho \int_{A_2} r c_\varphi \, \vec{c}\cdot\vec{n} \, dA = M_z$$



$$\boxed{\rho Q \left(r_2 c_{\varphi_2} - r_1 c_{\varphi_1} \right) = M_z}$$

Eulersche Turbinengleichung.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

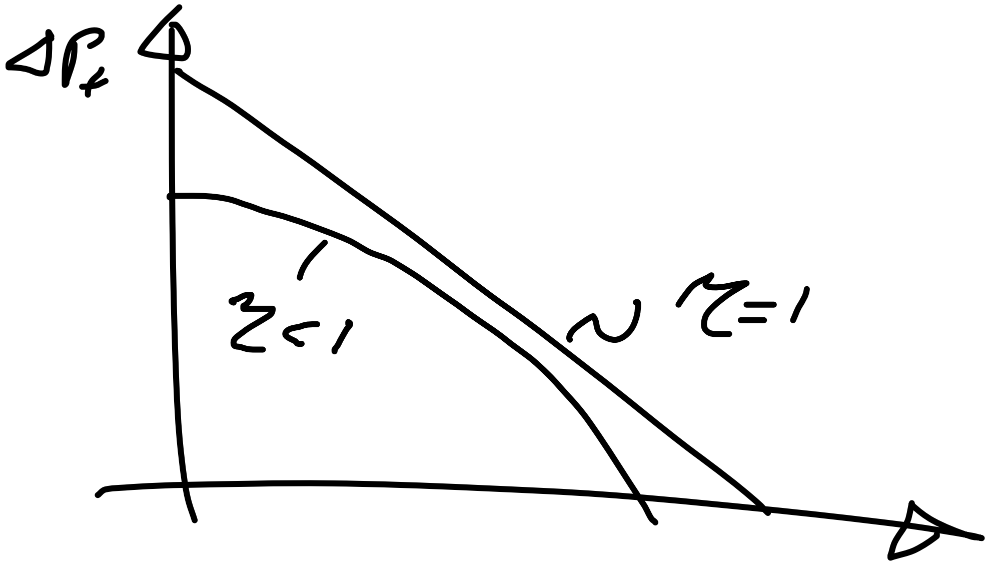
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Wintersemester 2010/11

Technische Fluidsysteme

Vorlesung 9

$$\rho \not{Q} \left(u_2 c_{\varphi 2} - u_1 c_{\varphi 1} \right) = \eta \, \Delta p_t \not{Q}$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Wintersemester 2010/11
Technische Fluidsysteme
Vorlesung 9