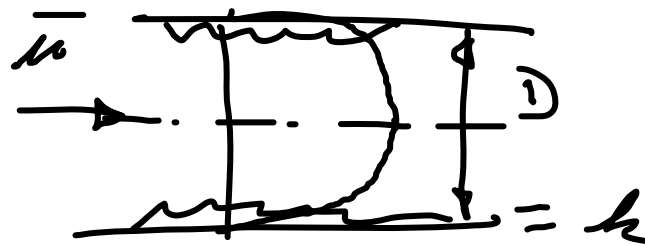


Widerstandsersatz

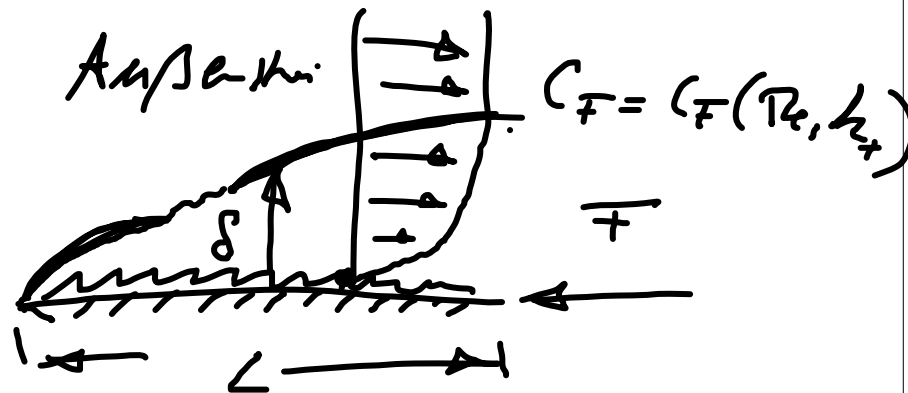
$$\underbrace{\frac{\Delta P_L}{L} \frac{D}{\frac{\rho}{2} \bar{u}^2}}_{\lambda \text{ Widerstandszahl}} = f_u \left(\frac{\bar{u} D}{\nu}, \frac{k}{D} \right) \quad \lambda = \lambda(\text{Re}, k_+)$$

λ Widerstandszahl



Innenströmung

$$\underbrace{\frac{F}{\frac{\rho}{2} u_\infty^2 L}}_{C_F} = f_L \left(\frac{u_\infty L}{\nu}, \frac{k}{L} \right)$$



F Kraft pro Turbinenlänge



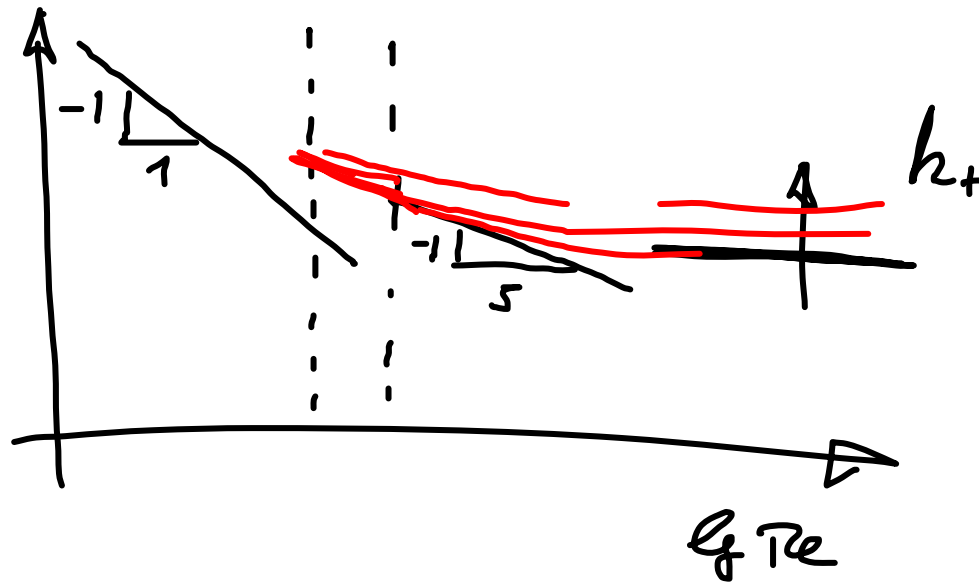
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 6



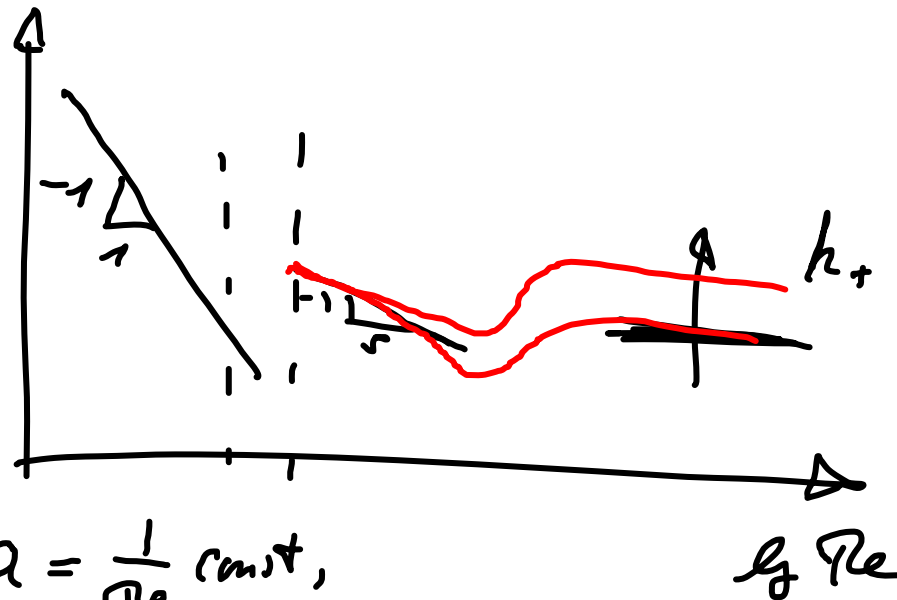
Laminar

turbulent

$\lg \lambda$



$\lg C_F$



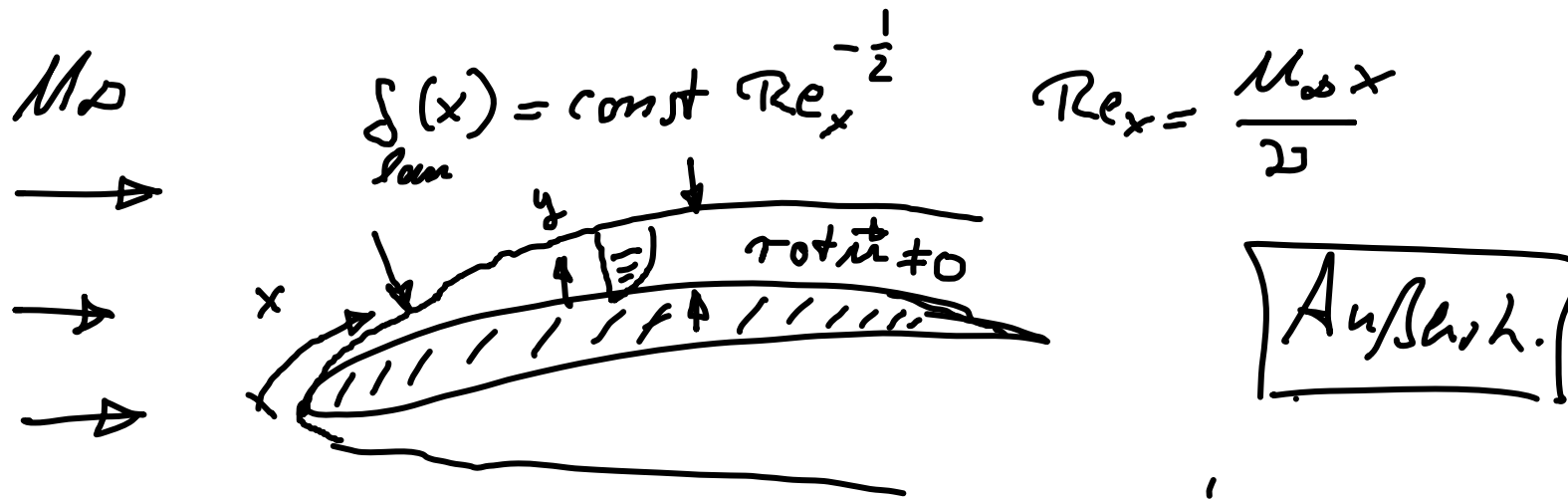
$$\lim_{Re \rightarrow \infty} \lambda = \text{const} \left(\frac{h}{Re} \right)$$

$$\lim_{Re \rightarrow \infty} \lambda = \frac{1}{Re} \text{const},$$

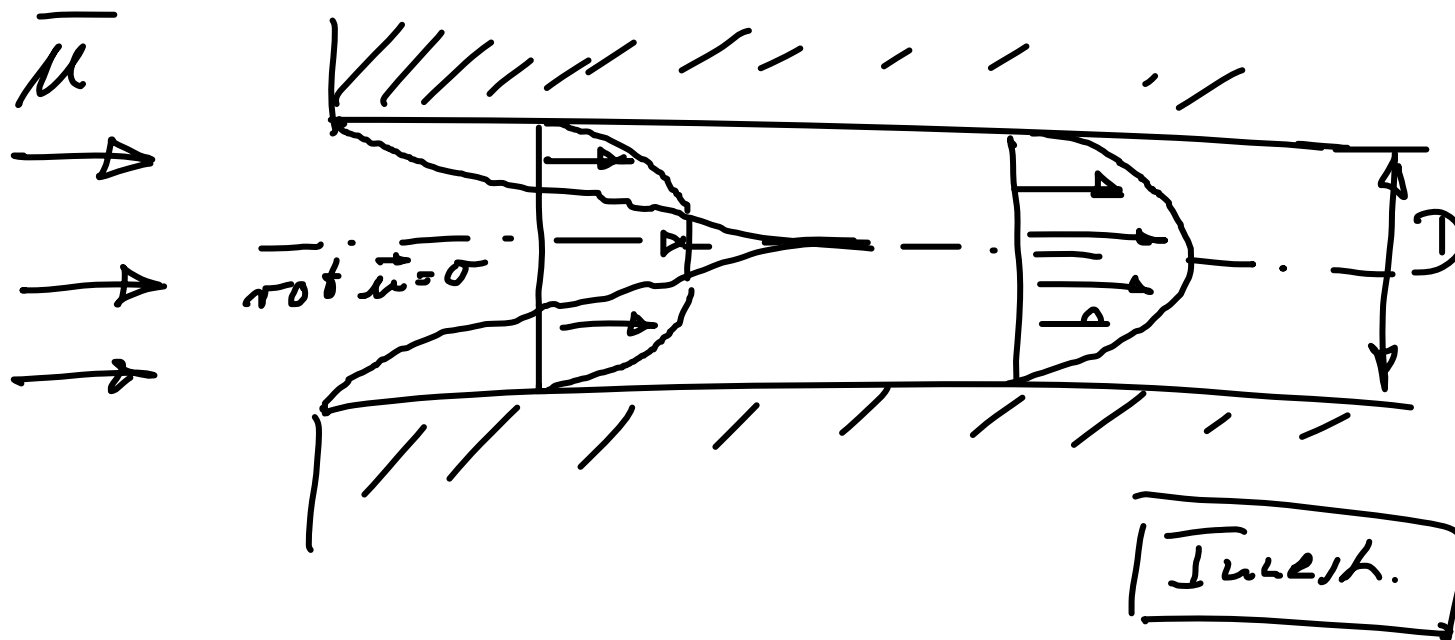
$$\text{da } \lambda \neq \frac{1}{4}(\rho)$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 6



$\text{rot } \vec{u} = 0$ $\delta_{\text{ins}}(x) = \text{const } Re_x^{-\frac{1}{2}}$



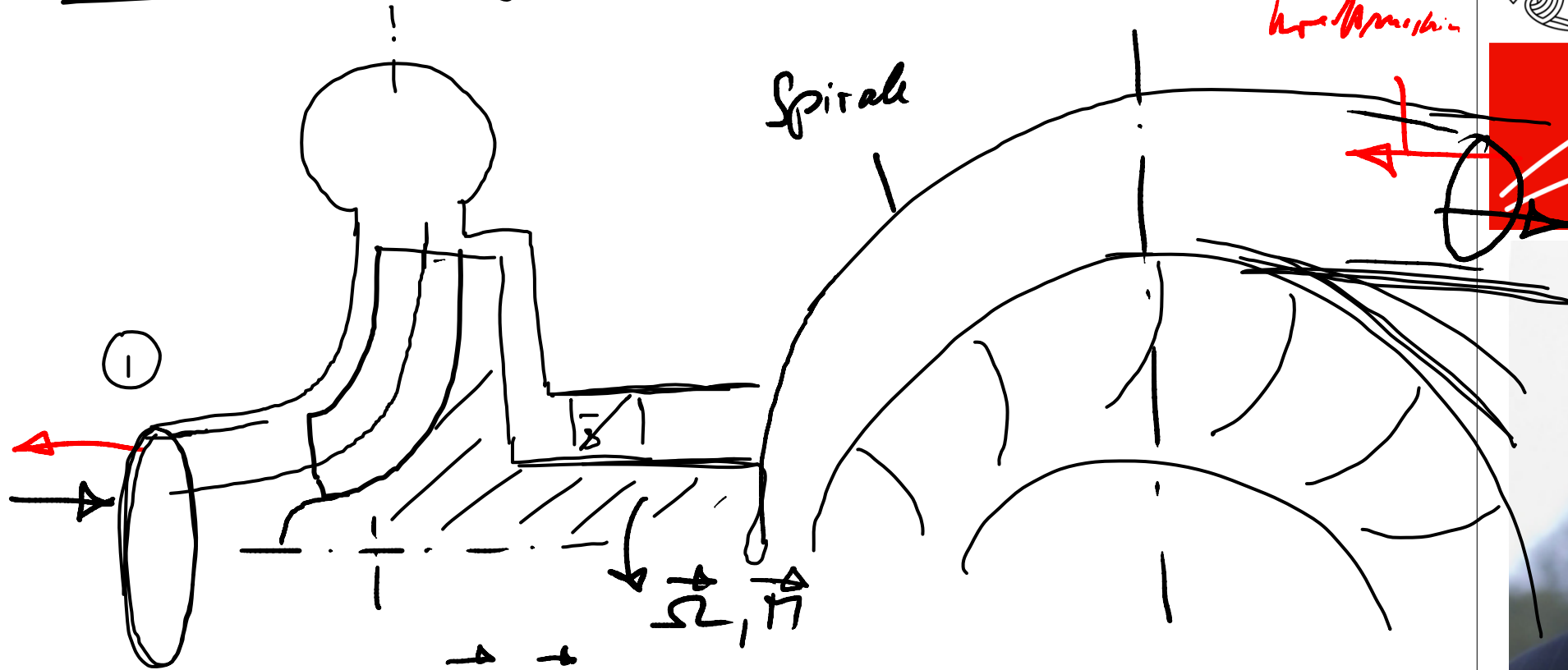
2. Kontingiergleichung für eine Strömungsmaschine



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 6

②
Kontingiergleichung

Spirale

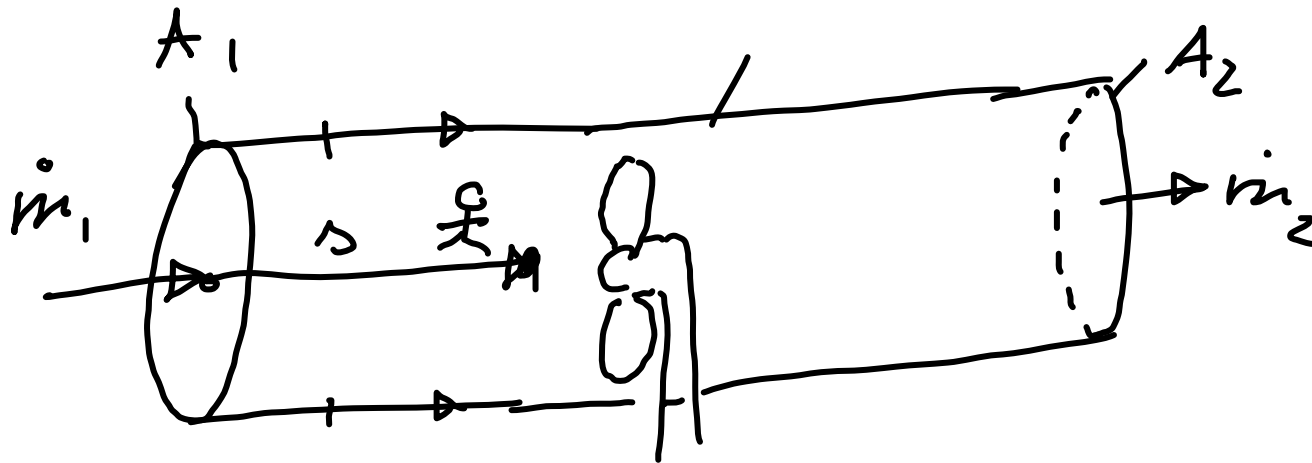


$$\vec{\Omega} \cdot \vec{\Pi} > 0 \text{ Arbeitsmaschine}$$

$$\vec{\Omega} \cdot \vec{\Pi} < 0 \text{ Kontingiermaschine}$$



Stromröhre

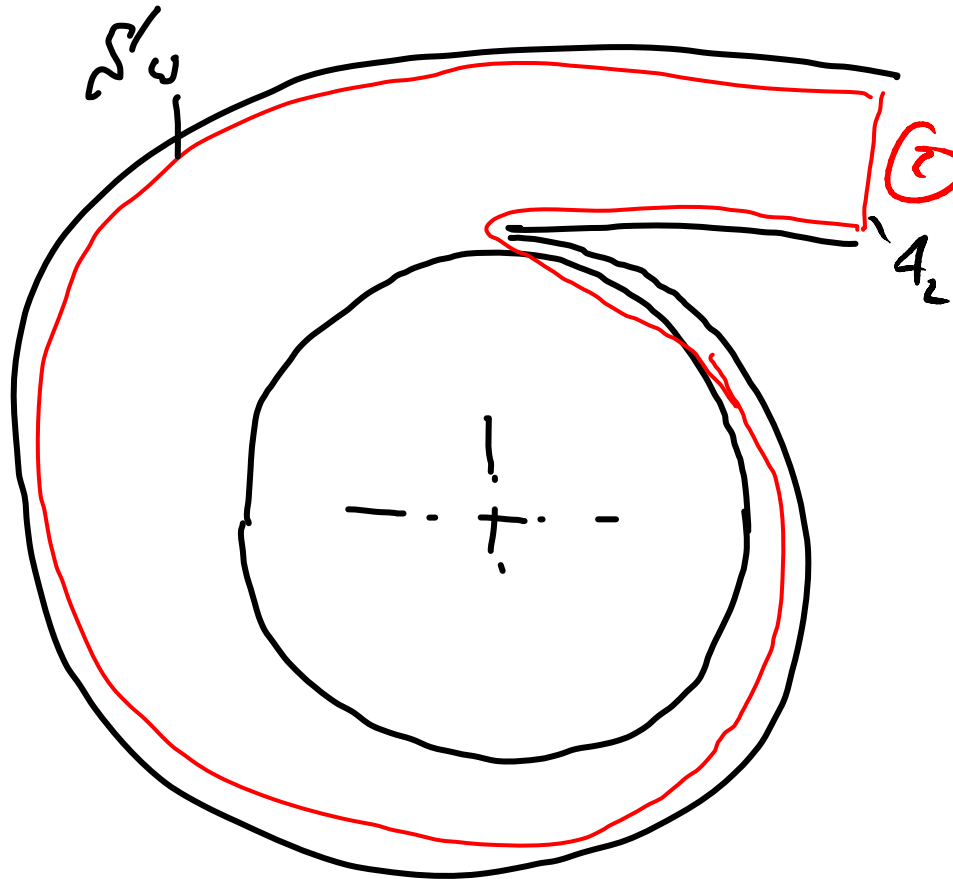
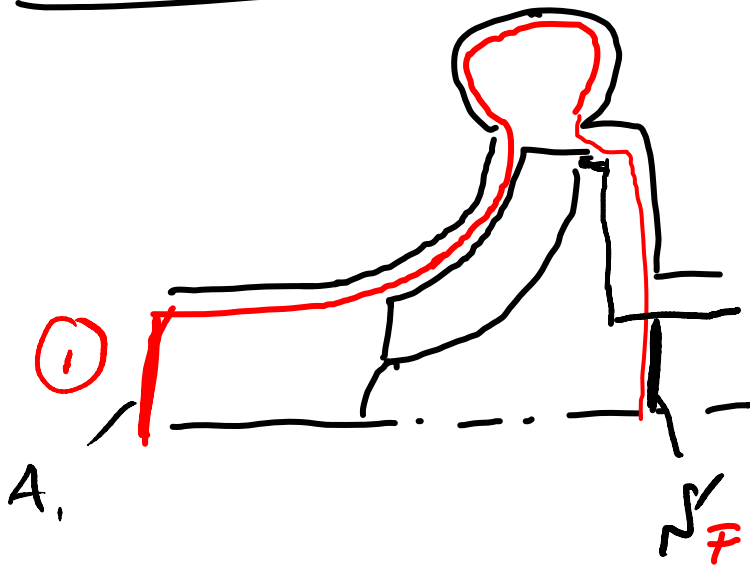


⊕ Besonders einfache Darstellung der Erhaltungssätze
in der 1D-gebildeten Stromröhre

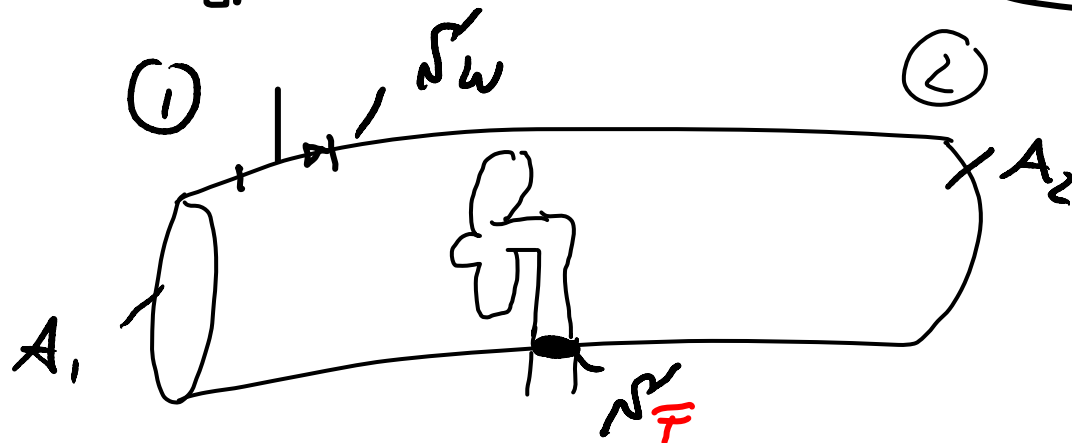
→ Erhaltungssätze in integraler Form ⊕

→ Mathematik ist einfach. ⊕

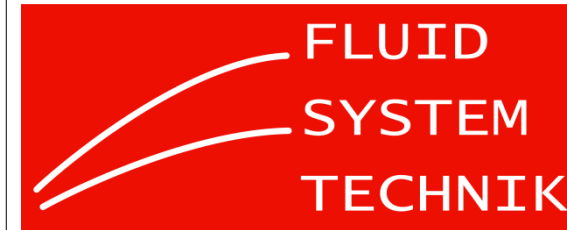
Innenwöng



Stromlinie

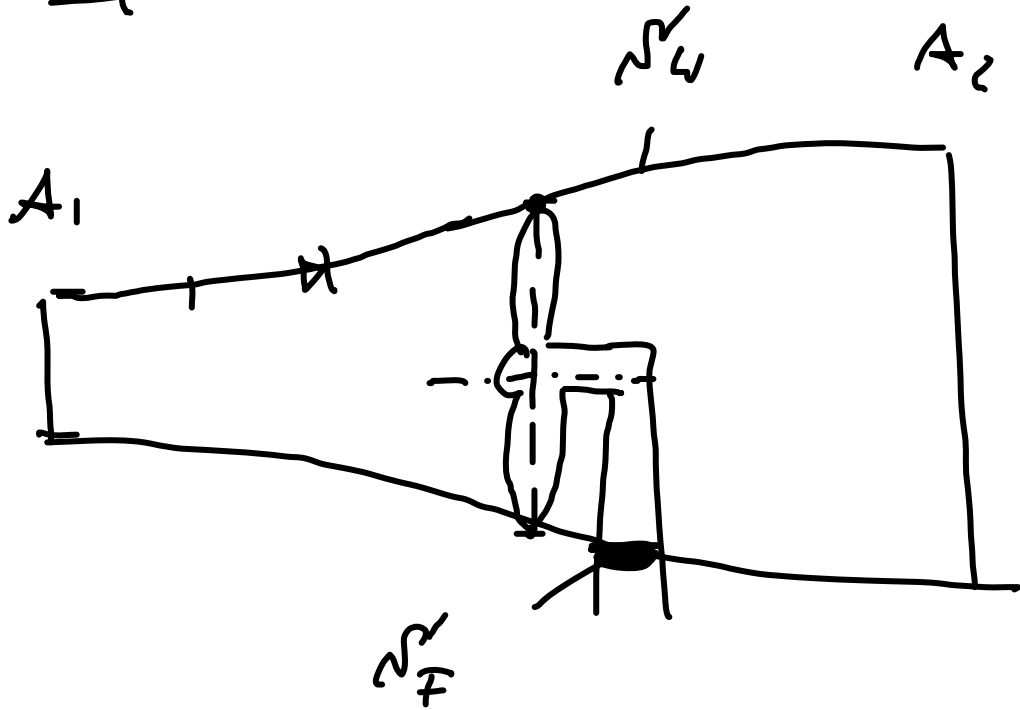


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

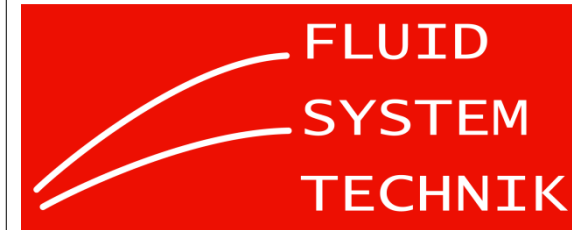


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 6

Außenströmung

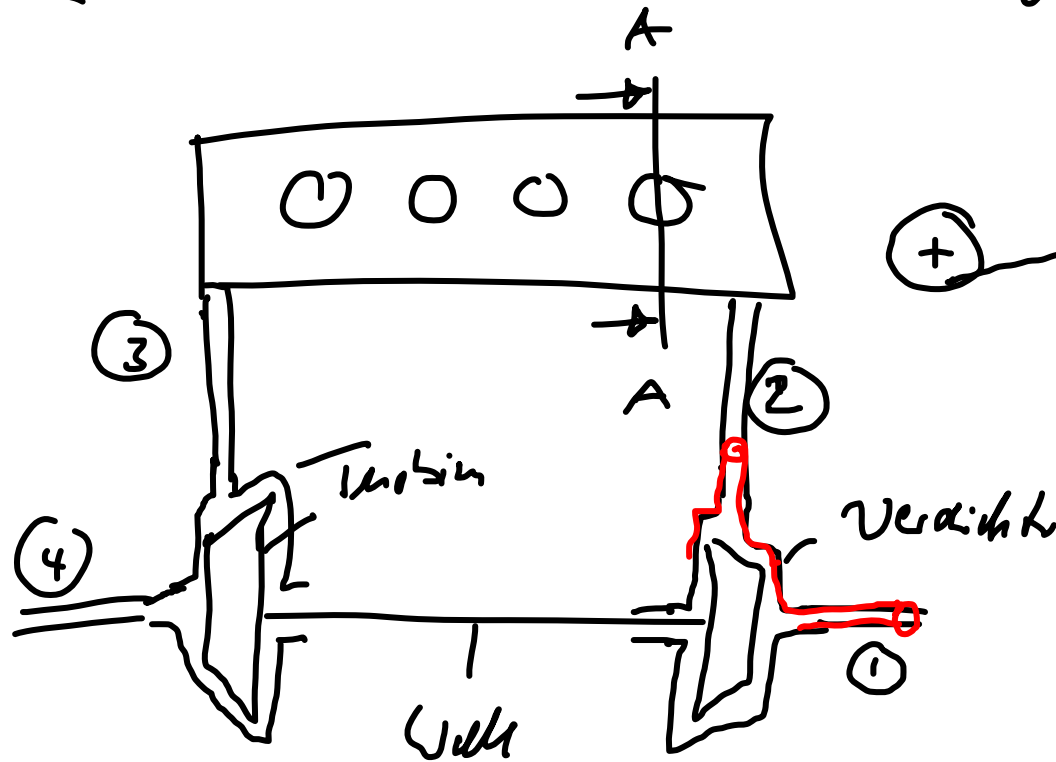


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

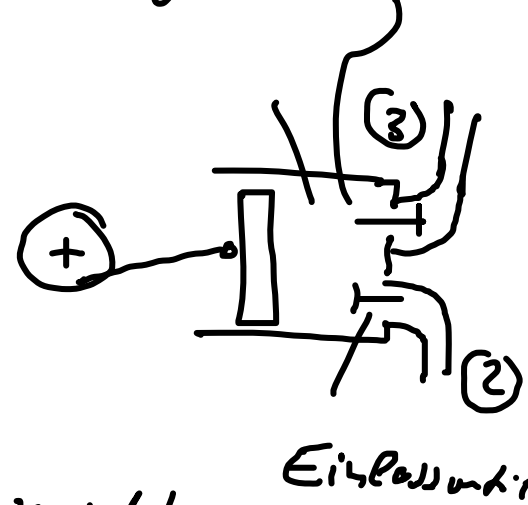


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 6

Innenströmung



Zylinder Anschluss



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

FLUID
SYSTEM
TECHNIK

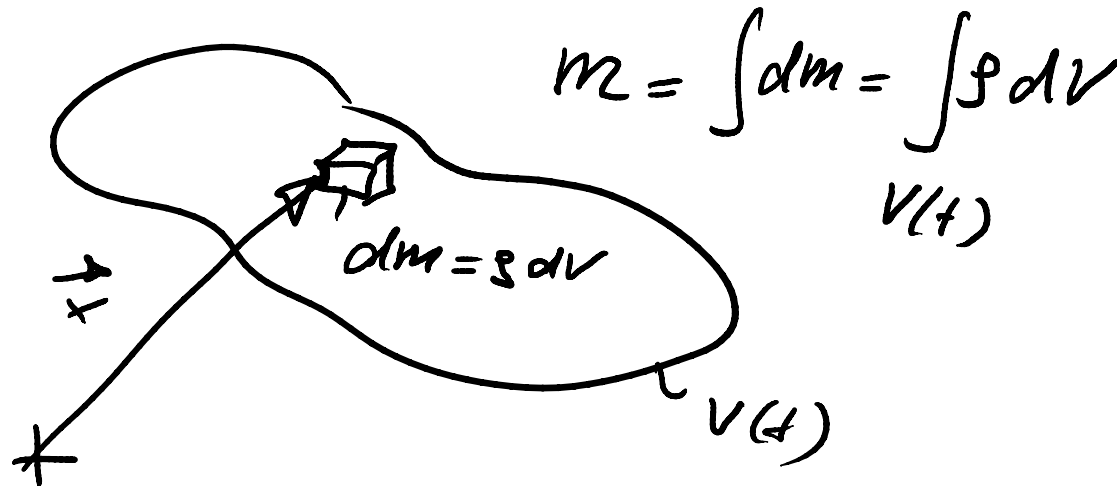
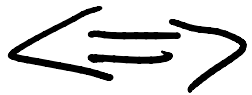


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 6

Kontinuität

Die ^m Masse eines materiellen Körpers ist konstant.

$$m = \text{const.}$$



$$\frac{Dm}{Dt} = 0$$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 6



$$\frac{D}{Dt} \int_{V(t)} \rho dV = 0$$

$V(t)$ ☹️

Problem:
Integranden sind
zeitlich veränderlich.

$\frac{D}{Dt}$ materiall Änderung

Körper für den die Erhaltungsgleichung gilt.



$\frac{d}{dt}$ allgemein totale zeitliche Änderung

$\frac{\partial}{\partial t}$ partielle zeitliche Änderung.



$$\frac{D}{Dt} \int_{V(t)} \rho dV = \int_V \left(\frac{D\rho}{Dt} + \underbrace{\rho \frac{1}{dV} \frac{DdV}{Dt}}_{\text{div } \vec{u}} \right) dV$$

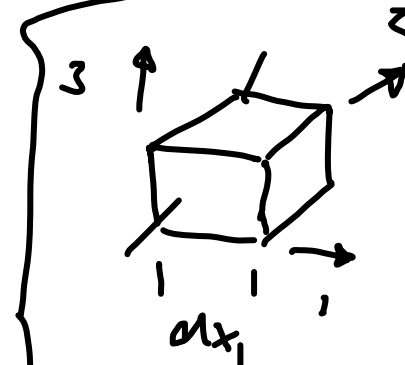
$$\frac{1}{dV} \frac{DdV}{Dt} = \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \frac{\partial u_2}{\partial x_2} + \frac{\partial u_3}{\partial x_3} = \text{div } \vec{u}$$

$dV = dx_1 dx_2 dx_3$

$$\left[\frac{1}{dV} \frac{DdV}{Dt} \right] = \frac{1}{T} \text{ "Rate" }$$

relative Volumenänderungsrate eines
Teilchens des Körpers

Herleitung über
eine materielle
Quete.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 6

$$\frac{D}{Dt} \int \rho dV = \int \frac{D\rho}{Dt} dV + \frac{D}{Dt} \int dV$$

$V(t)$
materiell Volumen

V
Kontrollvolumen zeitlich fix

$$= \int_V \left(\frac{D\rho}{Dt} + \rho \frac{1}{dV} \frac{D dV}{Dt} \right) dV$$

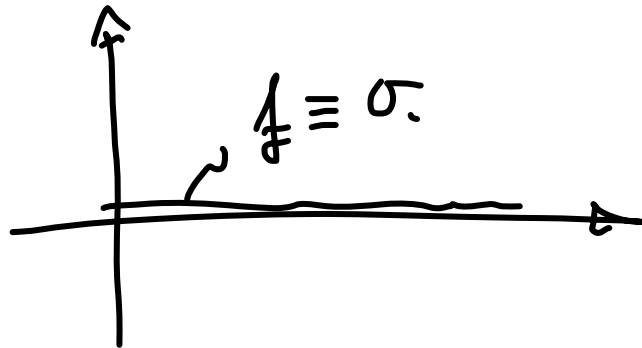
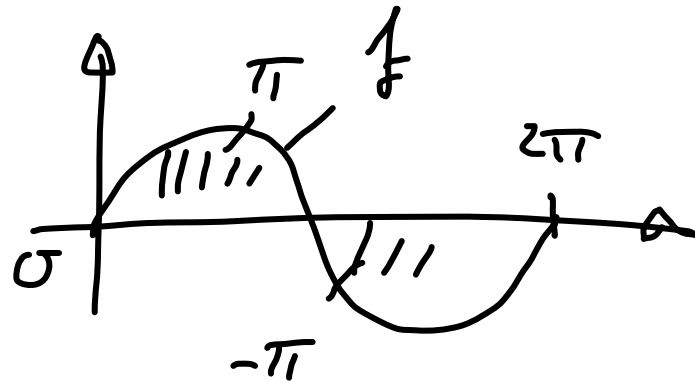
$$= \int_V \left(\frac{D\rho}{Dt} + \rho \operatorname{div} \vec{u} \right) dV = 0$$

Kontrollvolumen ist beliebig.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 6

Wenn ein Integral für bestimmte Integrations-
 bereiche Null ist, dann muss das Integral
 Null sein



$$\int_0^{2\pi} \sin \varphi \, d\varphi = 0$$

$$\int_0^{\pi} \sin \varphi \, d\varphi = \frac{\pi}{2}$$

$$\int_V \frac{D\rho}{Dt} + \rho \operatorname{div} \vec{u} \, dV = 0 \Leftrightarrow \boxed{\frac{D\rho}{Dt} + \rho \operatorname{div} \vec{u} = 0}$$

Kontinuitätsgleichung



TECHNISCHE
 UNIVERSITÄT
 DARMSTADT

FLUID
 SYSTEM
 TECHNIK



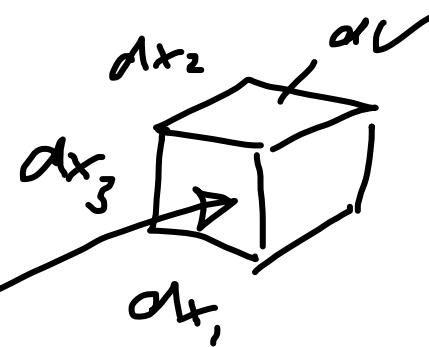
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
 Sommersemester 2011
 Grundlagen der Turbo-
 maschinen und Fluidsysteme
 Vorlesung 6



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbo-
maschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 6

$$\frac{D\rho}{Dt} + \rho \operatorname{div} \vec{u} = 0.$$

Behälter



Für inkompressible
Strömung ist die
materielle Ableitung der
Dichte

$$\frac{D\rho}{Dt} \equiv 0.$$

ρ ist konstant längs der
Behälter

$t=0$