Heute findet keine VRÜ statt.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3

Hydrostatik

$$\nabla p = \vec{f}$$

$$\vec{f} = \rho \Omega r^2 \vec{e}_r \gg \rho g \vec{e}_z$$

$$\rho g \vec{e}_z$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3

Notwendige Bed.

$\vec{f}$ muß ein Potential haben und das Potential muß eindeutig sein.

Beispiel: Arnold Sommerfeld

Mechanik der deformierbaren Medien.

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

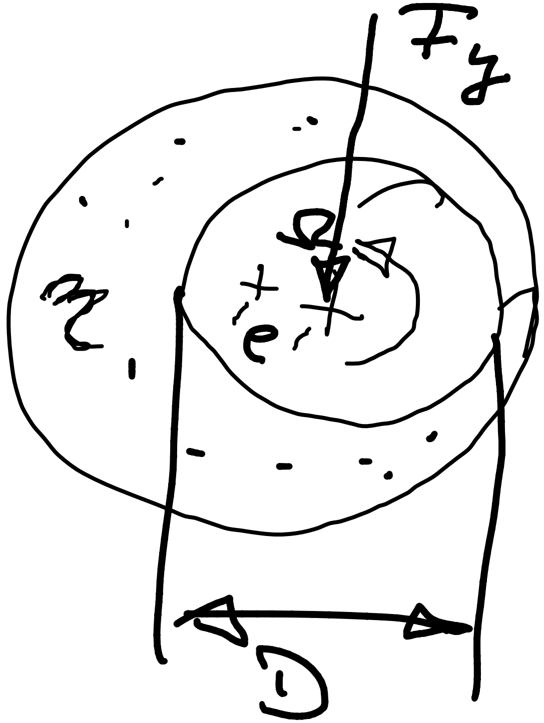
FLUID SYSTEM TECHNIK

Sommerfeld-Zahl

$$So = So(\varepsilon)$$

$$So = \frac{F_y}{\Omega \eta D}\left(\frac{\bar{h}}{D}\right)^2 = fu(\varepsilon)$$

$$\varepsilon = \frac{e}{D}$$

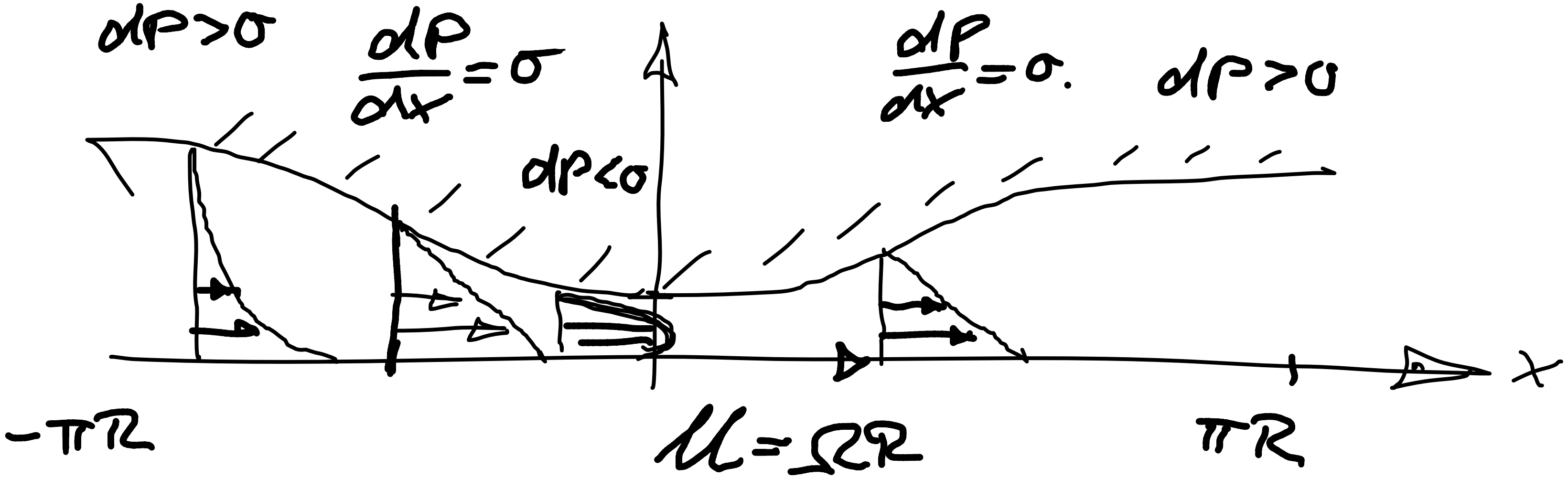


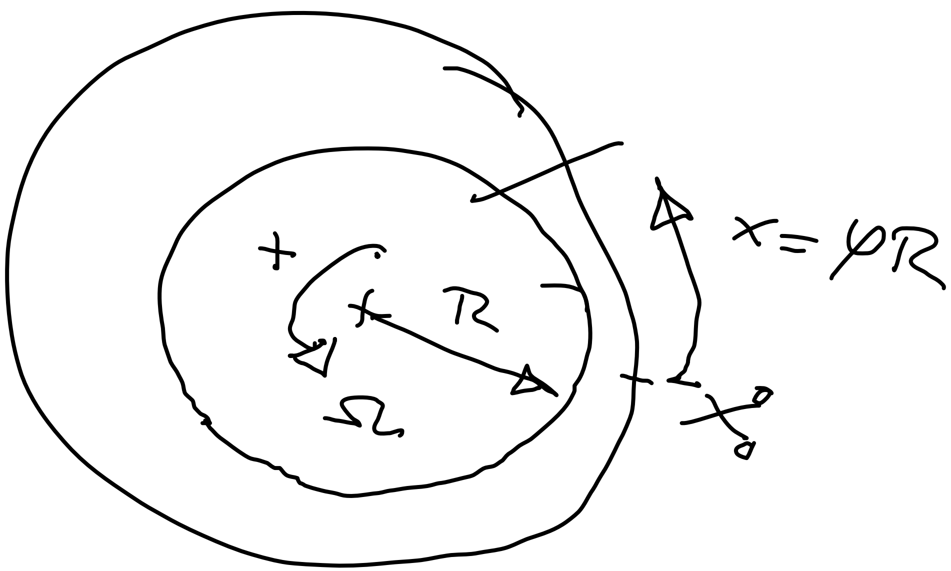
Gleitlager

→ Schichtenströmung

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3

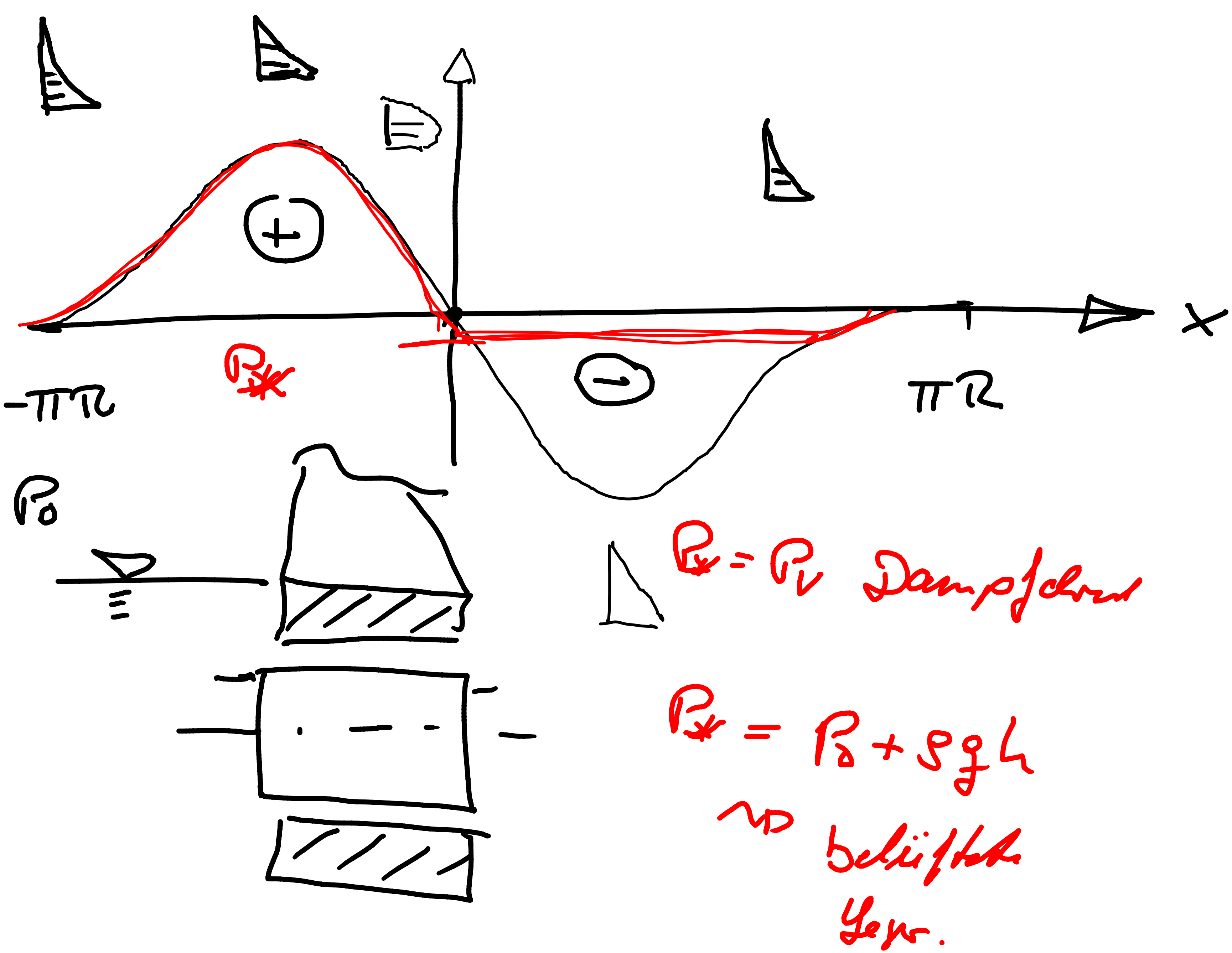




TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

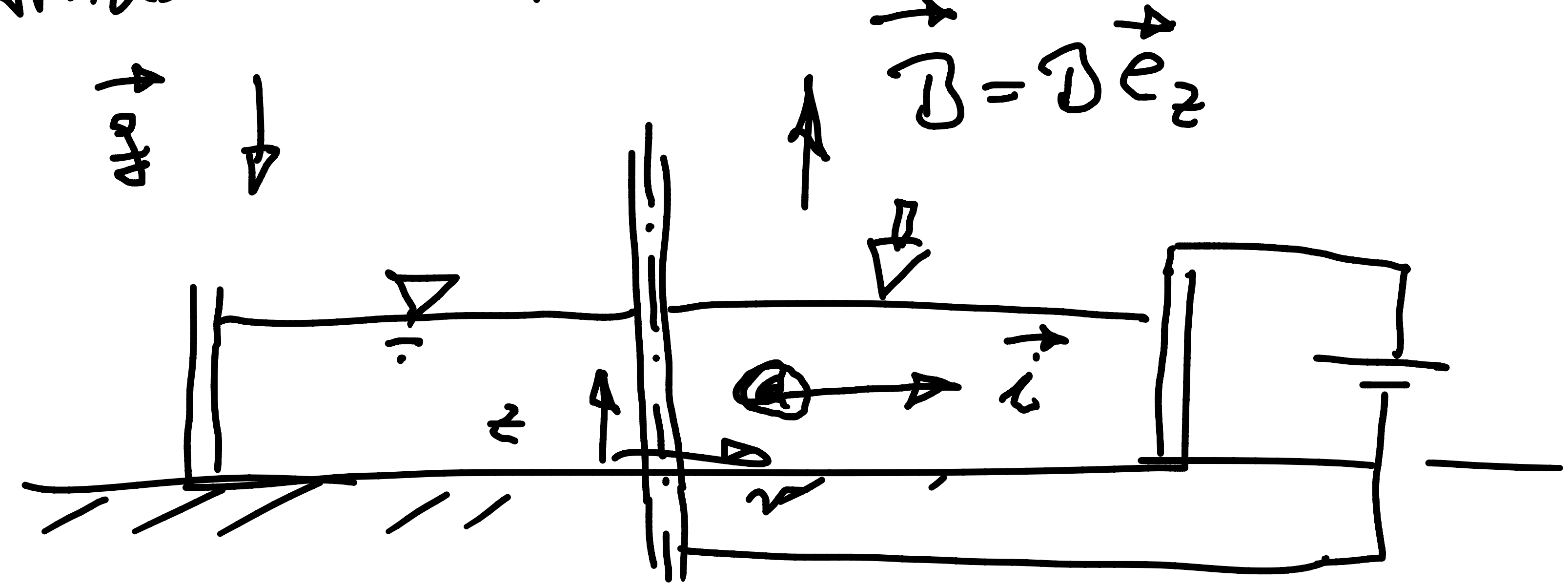
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3

Arnold Sommerfeld.



Volumenkraft $\vec f = \vec i \times \vec B + \rho_e \vec E - \rho g \vec e_z$. Lorentzkraft.

$\vec B$ Magnetfeld

$\vec E$ elektrostatisches Feld.

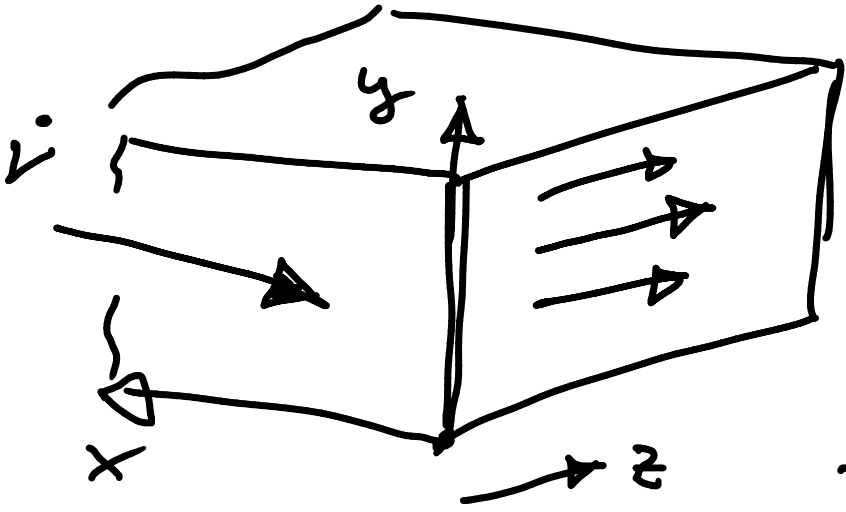
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3

Technische Umsetzung MHD Pumpe



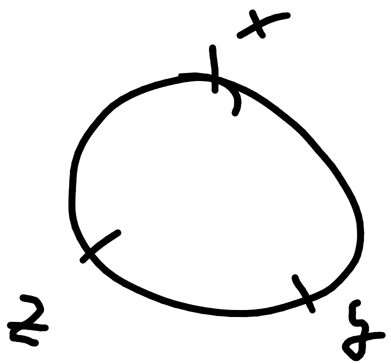
$$\vec{i} = i\,\vec{e}_z$$ Stromdichte-vektor.

$$\vec{B} = B\,\vec{e}_y$$

$$\vec{f} = \vec{i} \times \vec{B} =$$

$$= iB\,\vec{e}_z \times \vec{e}_y$$

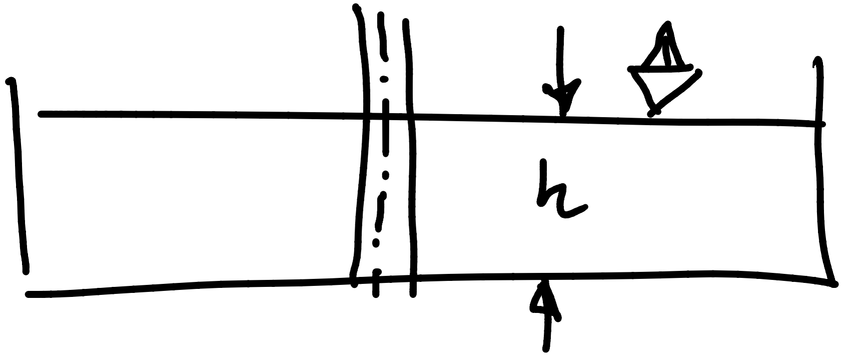
$$= -iB\,\vec{e}_x$$

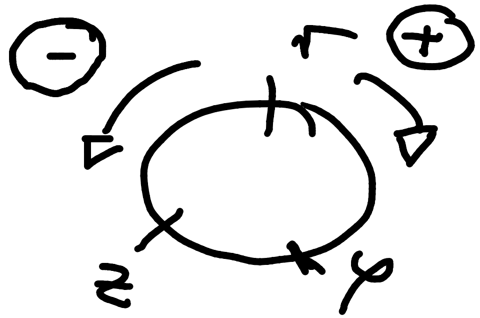


TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3





$$\vec{i} = \frac{I}{2\pi r h}\vec{e}_r \qquad \vec{B} = B\vec{e}_z$$

$$\vec{f} = -\frac{BI}{2\pi r h}\vec{e}_\varphi \; \varrho g \vec{e}_z$$

$$\Psi = \frac{IB}{2\pi h}\varphi + \varrho g z$$

$$\nabla = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial \varphi}\vec{e}_\varphi + \frac{\partial}{\partial r}\vec{e}_r + \frac{\partial}{\partial z}\vec{e}_z$$

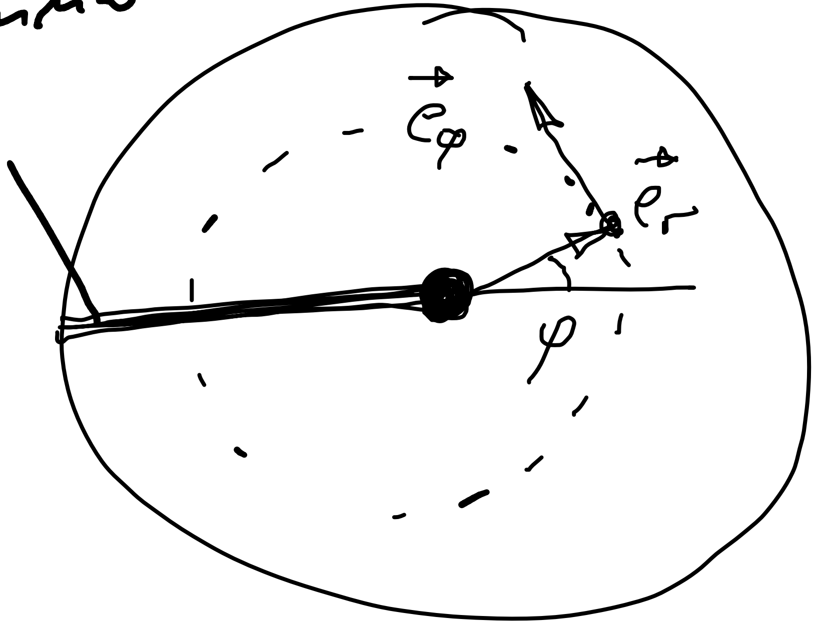
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3

Trennwand ⇝ Potential wird eindeutig.



$$\Psi = \Psi_0 + \frac{\Gamma}{2\pi h} N \, 2\pi \qquad N = 0, 1, 2 \ldots$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3

Für den Versuch mit Trennwand berechne die Oberflächenkontur.

$$p + \psi = p_0$$

phys

⇝

$$p(\varphi, z) = p_0 - \frac{IB}{2\pi h}\varphi - \rho g z$$

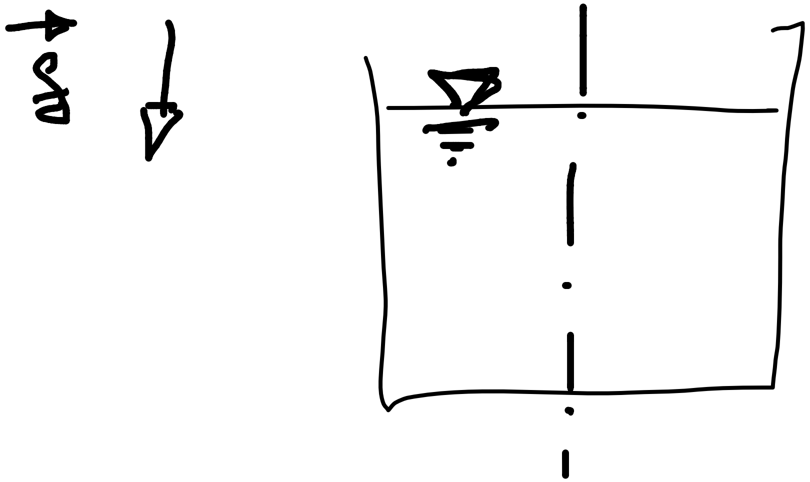
$$p(z=h) = p_u$$

$$h(\varphi)$$

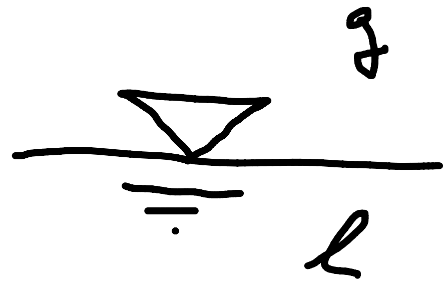
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3

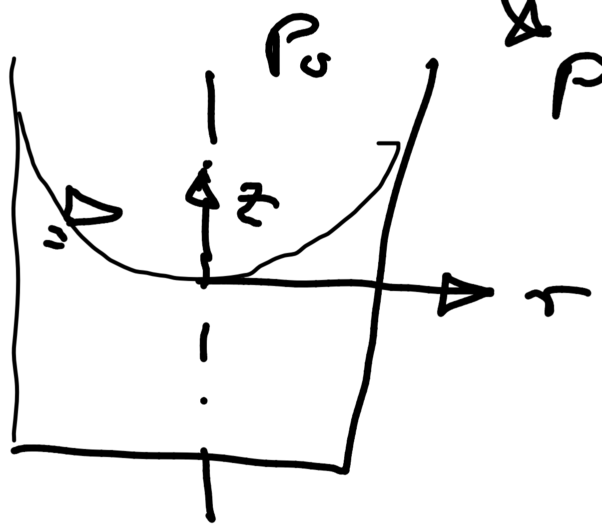


$\Omega = 0$



$$\nabla p = \vec{f} = -\nabla \psi$$

$$p = p_0 - \psi$$



$$\psi = \rho g z - \frac{1}{2}\rho(\Omega r)^2$$

$$p = p_0 - \rho g z + \frac{1}{2}\rho(\Omega r)^2$$

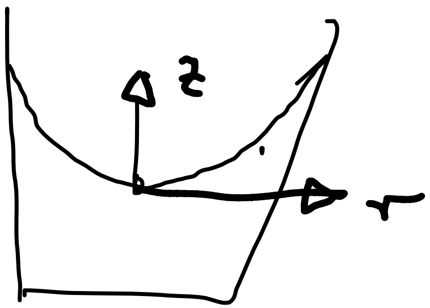
An der freie Oberfläch gilt $p = p_0$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

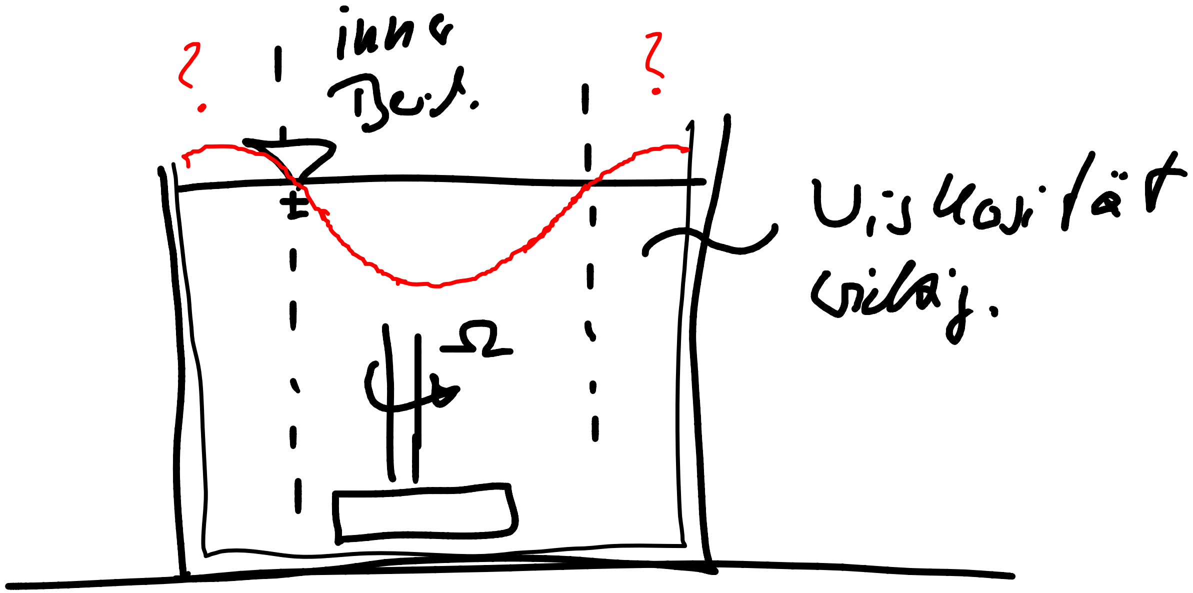
FLUID SYSTEM TECHNIK

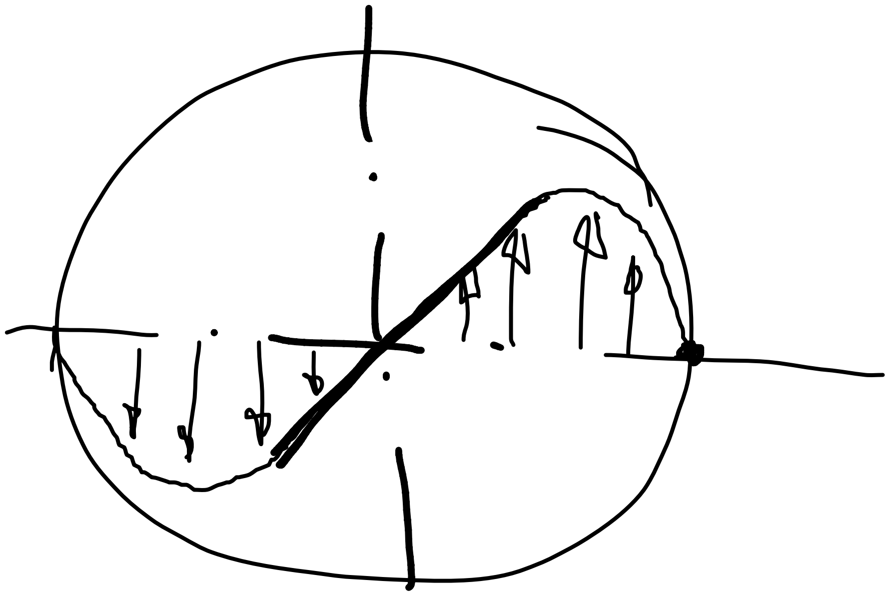
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3

$$\leadsto \quad z = \frac{(\Omega r)^2}{2g} \sim r^2$$



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz





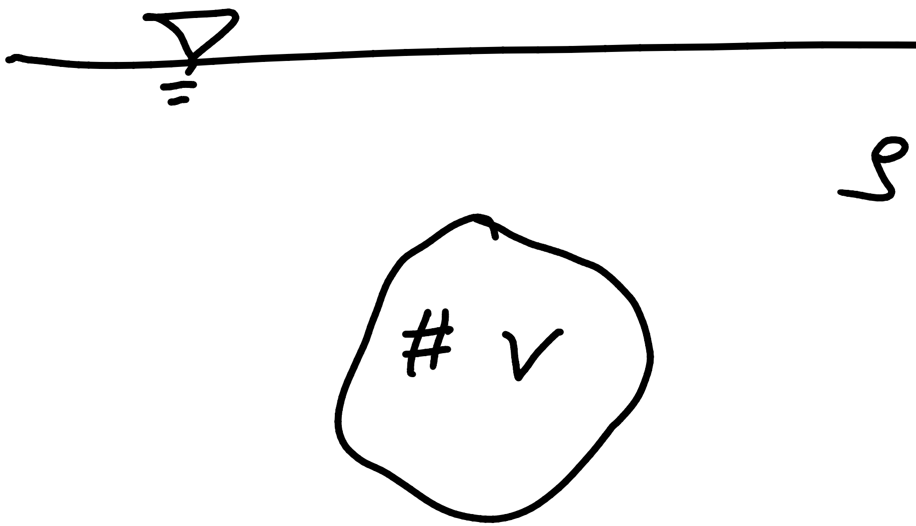
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3

Archimedischer Auftrieb.

$\downarrow \vec{f}$



$$\nabla p = \vec{f}$$

Kraft der Flüssigkeit auf den Körper

$$\vec{F} = \oint_S -p\,\vec{n}\,dS = \int_V -\nabla p\,dV = \int_V -\vec{f}\,dV$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK

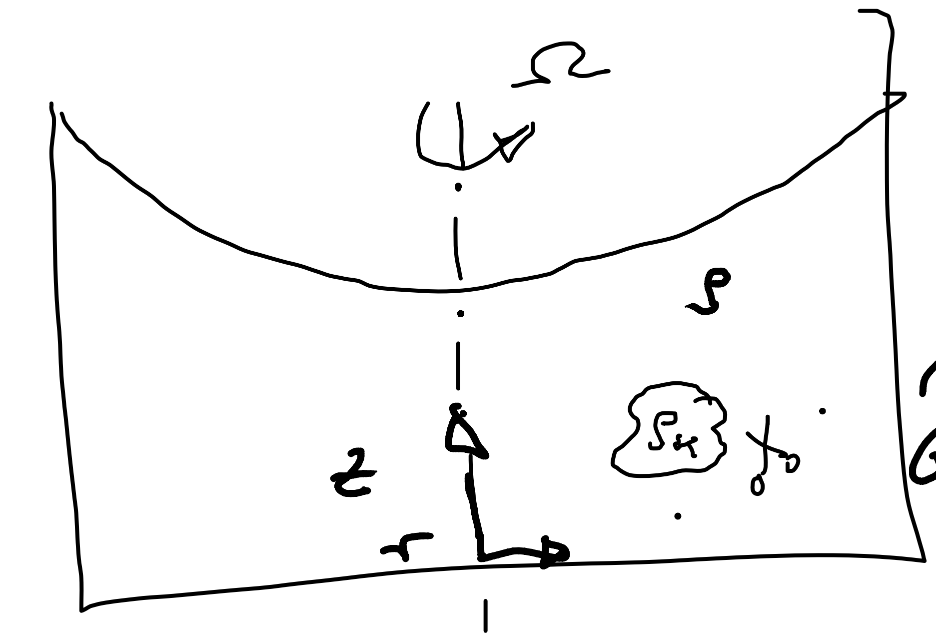
Für den Spezialfall $\vec{f} = \text{const}$, kann die Volumenkraft vor das Integral gezogen werden.

$$\vec{F} = -\vec{f}\,V$$

$$\vec{f} = -\rho g \vec{e}_z \quad \text{für das Schwerefeld}$$

$$\leadsto \vec{F} = \rho g V \vec{e}_z .$$

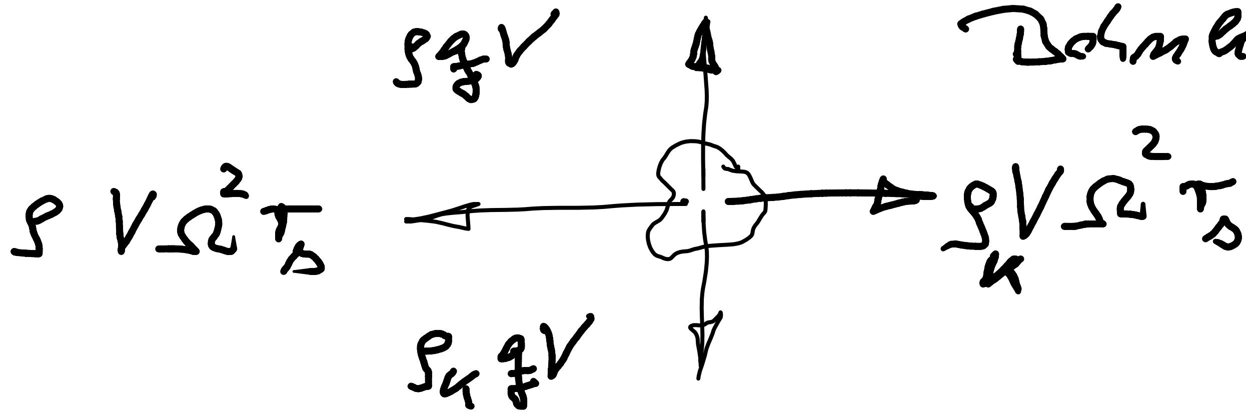
Archimedischer Auftrieb = Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit.



$\dagger$ Stokesscher Widerstand

$$6\pi \frac{d\vec{x}}{dt}\eta a = \sum \vec{F}$$

Bahnlinie der Teilchen



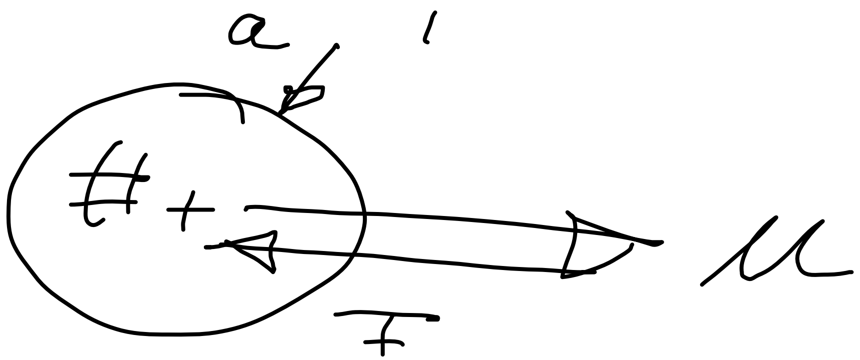
r_S := Schwerpunktskoordinate

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3

▽ Teilchen~~durchmesser~~ radius



$$F = 6\pi \eta a u \quad \text{für} \quad \frac{u a \rho}{\eta} \ll 1$$

Stokesche Widerstand

$$F = c_w A \frac{\rho}{2} u^2 \quad \text{für} \quad \frac{u \sqrt{A} \rho}{\eta} \gg 1$$

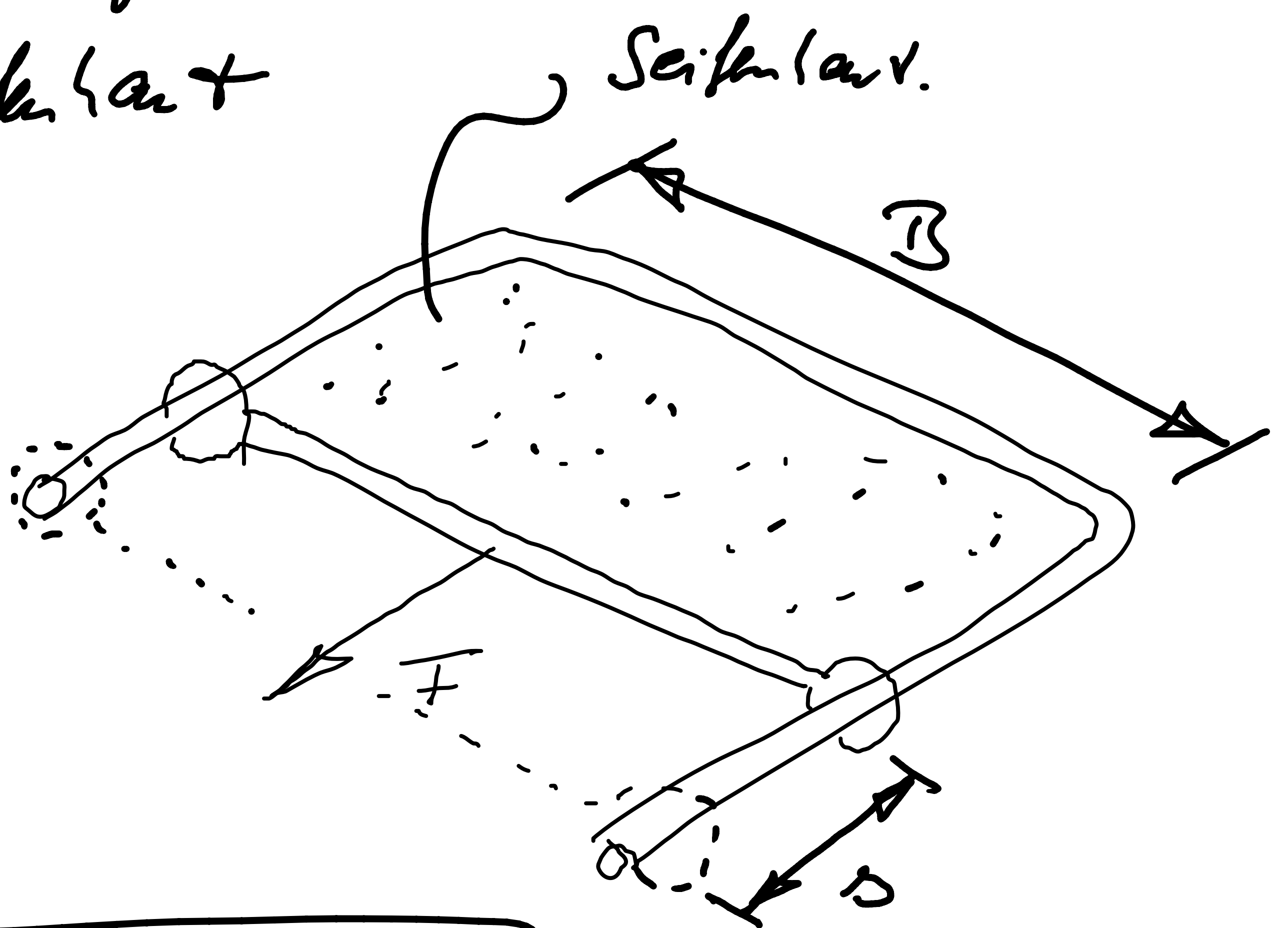
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3

Oberflächenspannung

Freie Oberfläche z.B. eine Seifenhaut



$F \sim B$

$$\boxed{F \neq F(b)}$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Materialgesetz

$$F = C\,2B$$

C Kapillarkonstante

$$\{C\} = \frac{N}{m}$$

$$[C] = \frac{\text{Kraft}}{\text{Länge}}$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Mit steigender Temp. nimmt σ' ab. Am kritischen Punkt verschwindet σ'.

Energie für Oberflächenvergrößerung

$$W = \int F\,ds = \int 2B\sigma'\,ds = \sigma' A$$

A ist die neu erzeugte Oberfläche

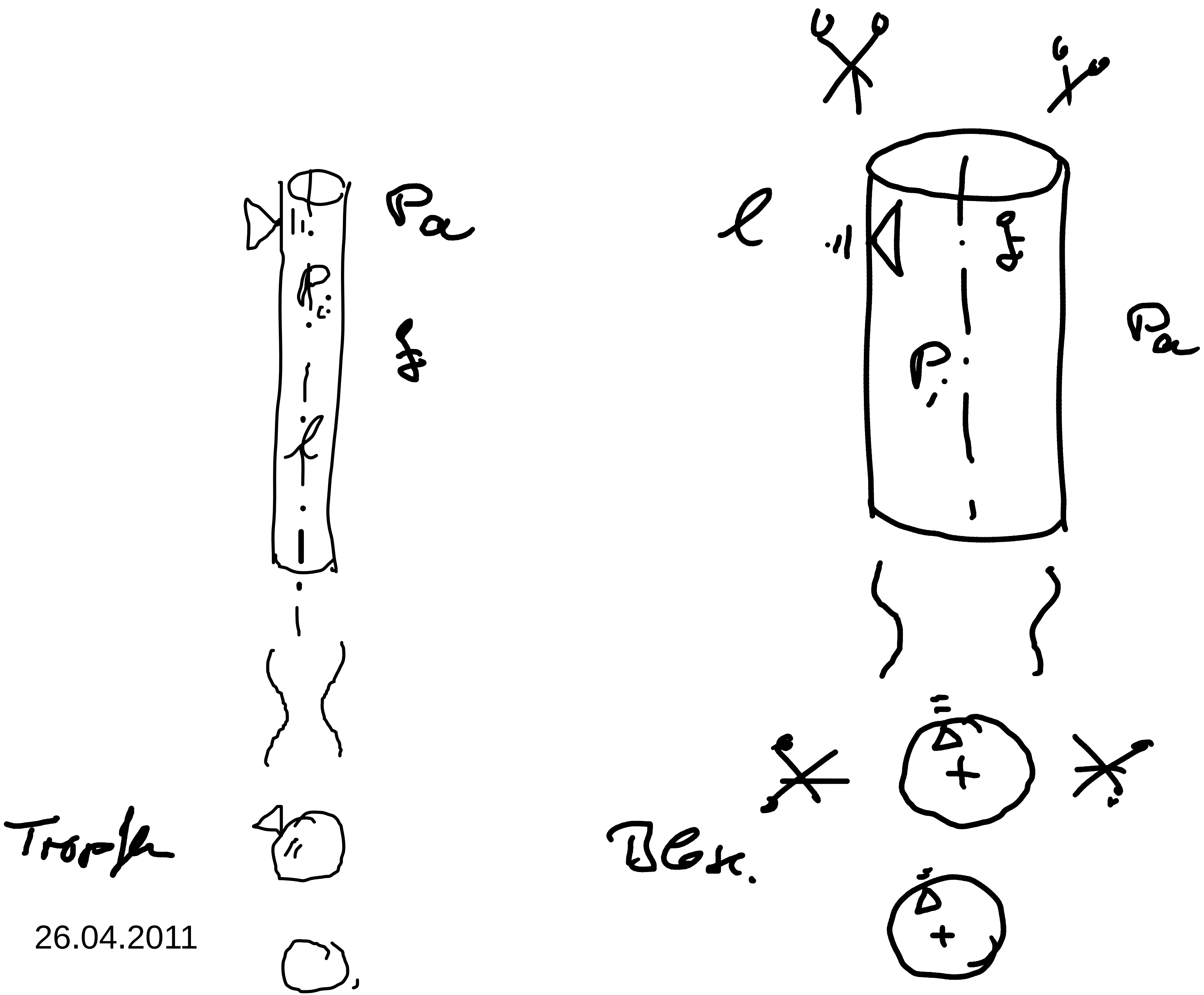
$$\sigma' = \frac{W}{A}.$$ Oberflächenspez. Arbeit.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3

Kapillarstrahl od. zylindrische Blase.

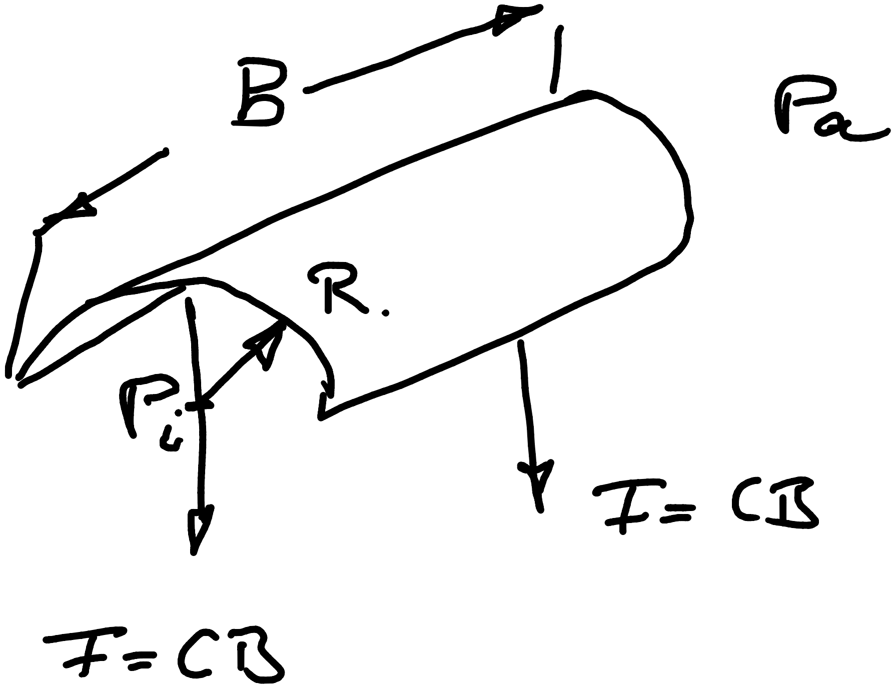


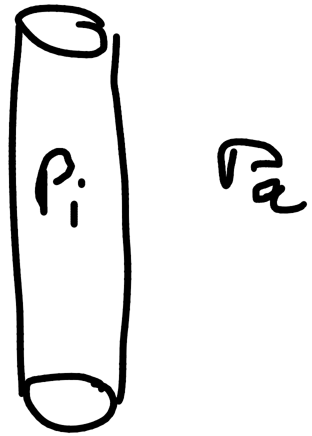
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

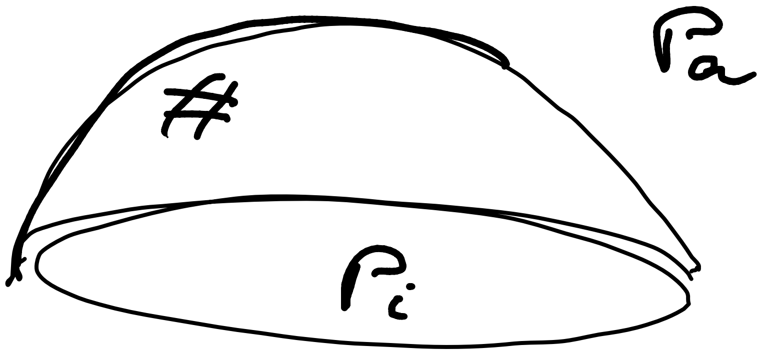
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3





$$\Delta P = P_i - P_a = \frac{C}{R}$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEM TECHNIK



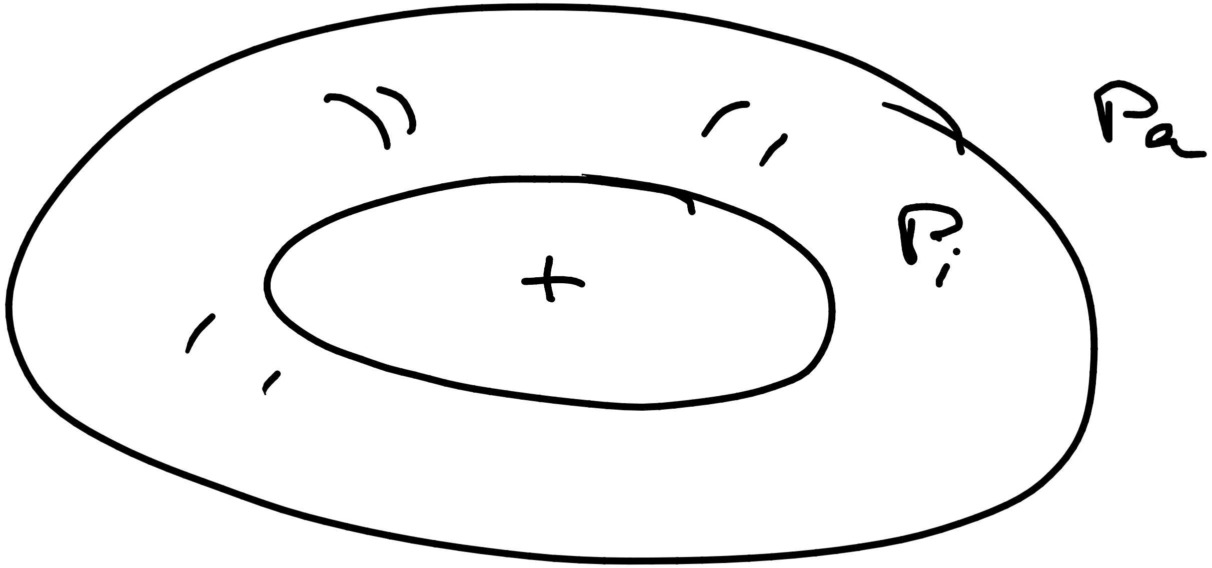
$$\Delta p = p_i - p_a = \frac{2\sigma}{R}$$

$$p_i \pi R^2 - p_a \pi R^2 = 2\pi R \sigma$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3



$$\Delta P = C\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

R_1, R_2 Hauptkrümmungsradien der Fläche.

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 3