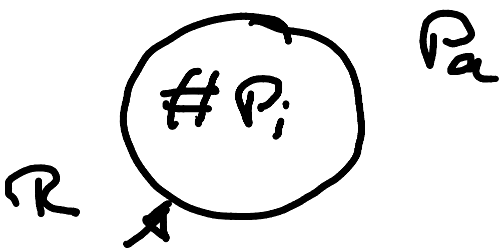
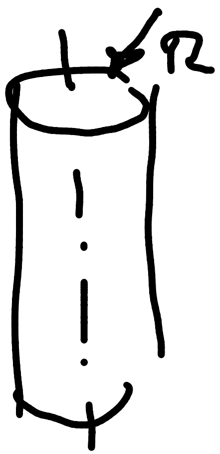
Hydrostatische Kräfte auf Wände

Trennflächen und ~~Hüpse~~ Kapillardruck



$$p_i = p_a + \frac{2C}{R}$$



$$p_i = p_a + \frac{C}{R}.$$

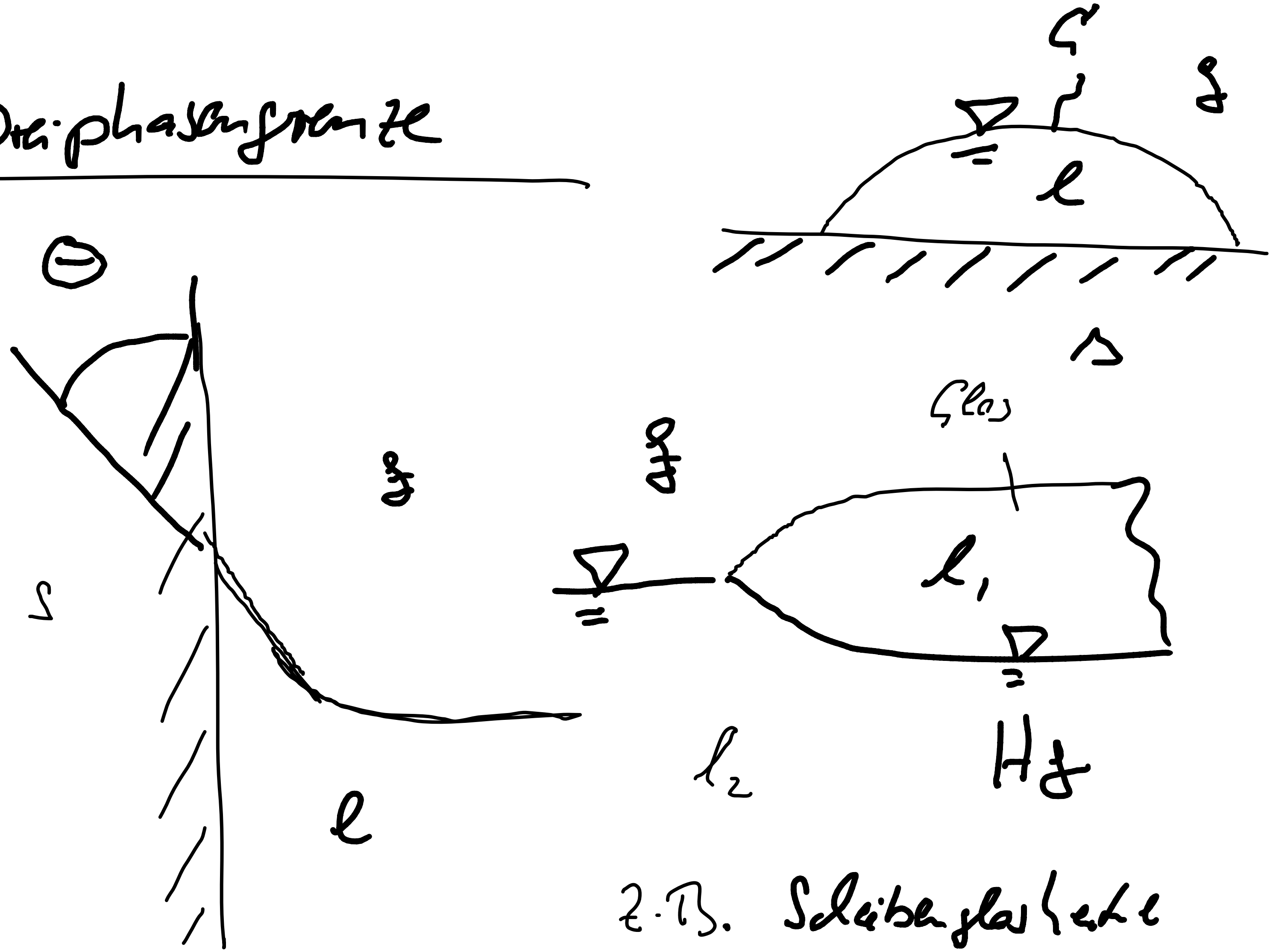
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

Dreiphasengrenze



z.B. Scheibenglasherstellung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

Θ Kontaktwinkel an der Dreiphasengrenze

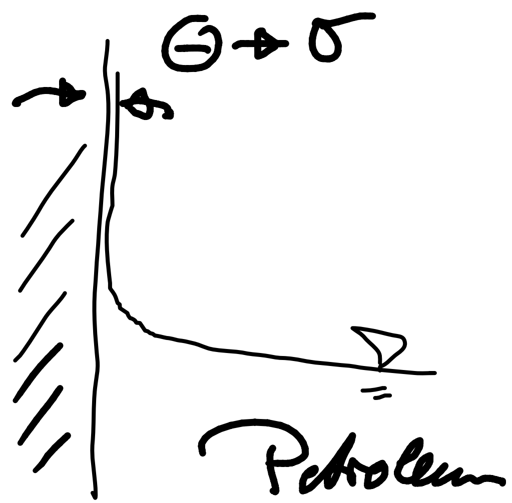
Θ ist eine Systemeigenschaft.

---

z.B. Petroleum / Luft / Stahl

$\Theta \to 0$

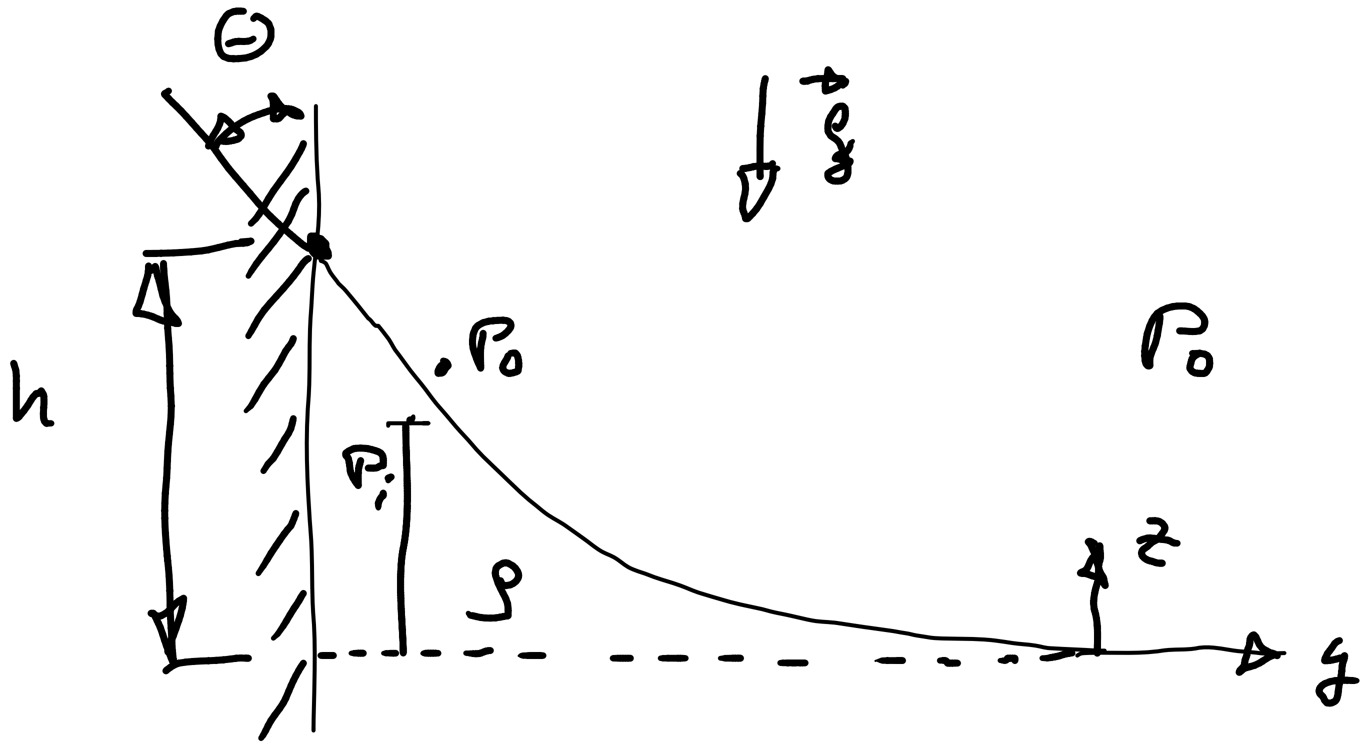
vollständige Benetzung der Wand.



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4



$p_i < p_0$

$$\rho g z = p_0 - \frac{C}{R_1} = C \frac{z''}{(1+z')^{3/2}}$$

$$z' = \frac{dz}{dy}$$

$$\hookrightarrow h = a\sqrt{2(1-\sin\Theta)}$$

$$z'' = \frac{d^2 z}{dy^2}$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

$$a = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho g}}$$ Kapillare Länge

$$\sigma_{H_2O/Luft} = 72\,\frac{mN}{m} \quad \text{bei RT.}$$

$$\rho = 10^3\,\frac{kg}{m^3}\ ; \quad g = 9.81\,\frac{m}{sec^2}$$

$$\rightarrow \quad a = 2.7\,mm.$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

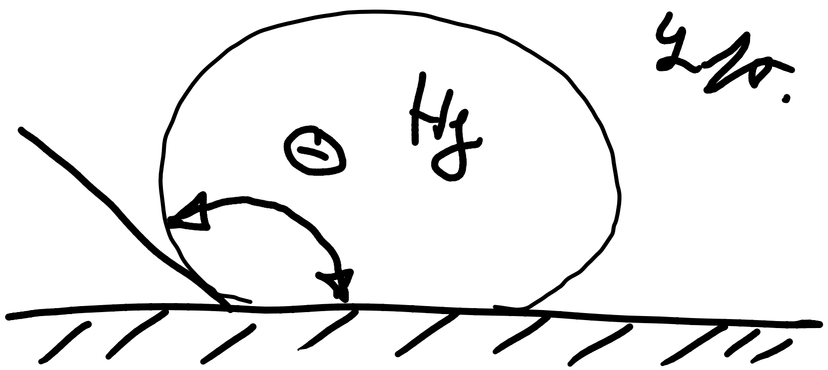
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

Hydrophil

$0 \le \Theta < \frac{\pi}{2}$

Hydrophob

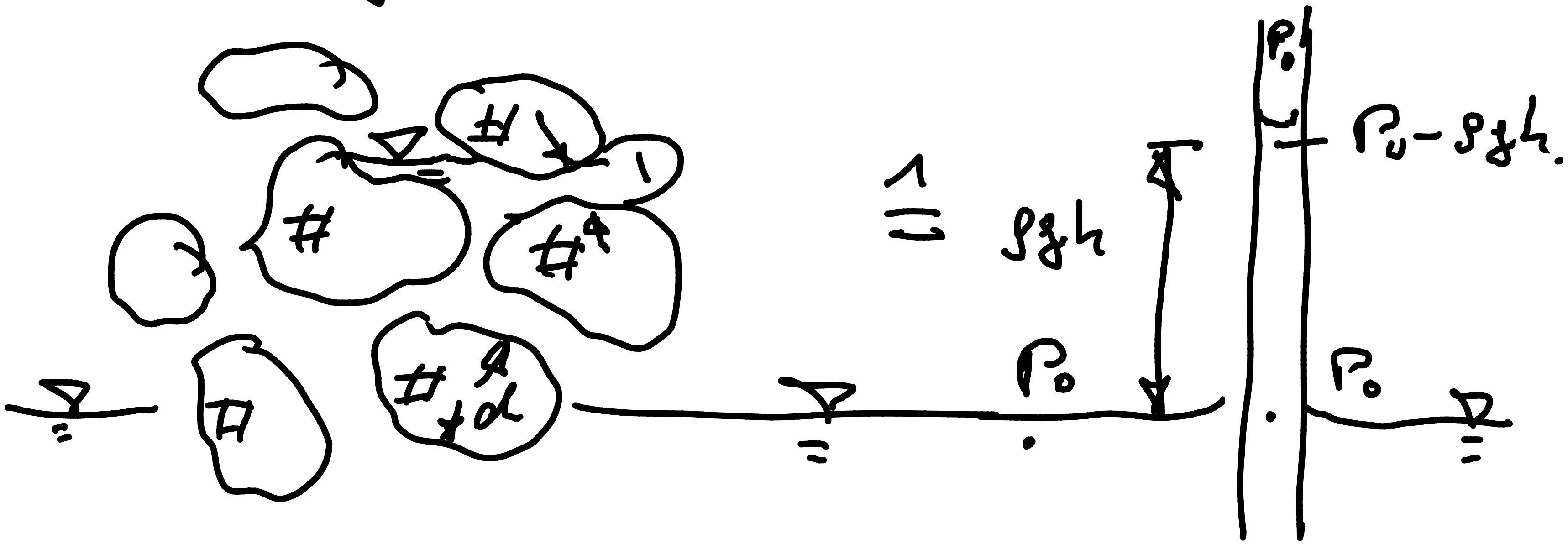
$\Theta \geq \frac{\pi}{2}$



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

Benetzung von porösen Medien.



$$\frac{\text{Hohlraumvolumen} \quad V_H}{\text{Gesamtvolumen} \quad V} = \varepsilon \quad \text{Porosität.}$$

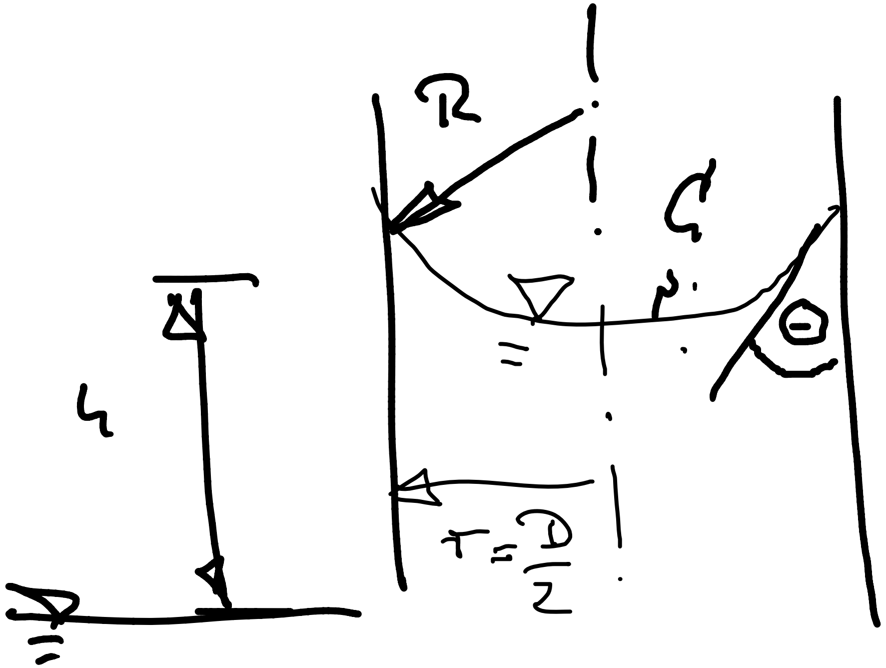
$$D = d \, f_1(\varepsilon)$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
FLUID SYSTEMTECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK



Steighöhe

$$R = \frac{r}{\cos\theta}$$

$$\Delta p = \frac{2\sigma}{r}\cos\theta$$

$$\rho g h = \frac{2\sigma}{r}\cos\theta$$

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g}\frac{1}{r}\cos\theta$$

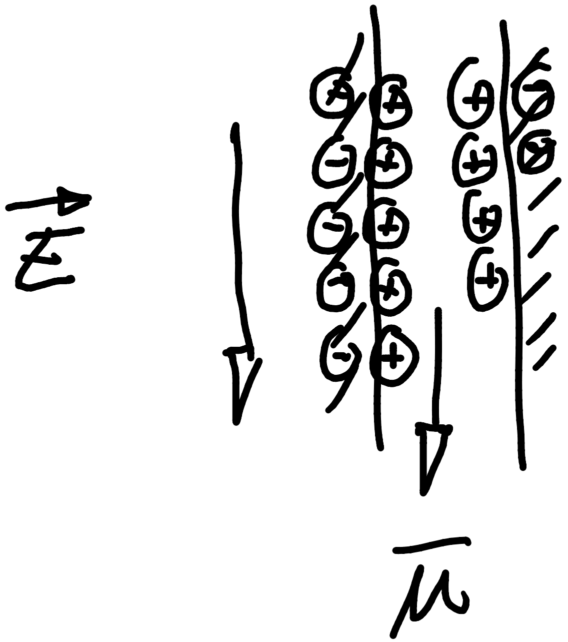
$$= 2\frac{a^2}{r}\cos\theta.$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

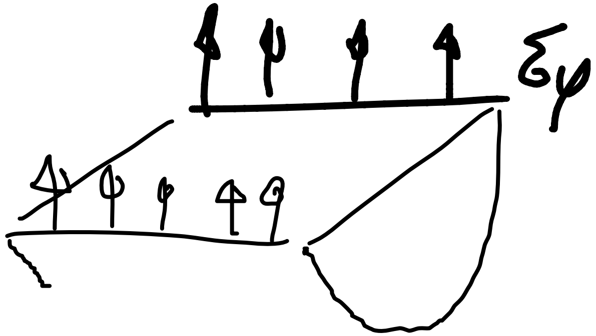
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

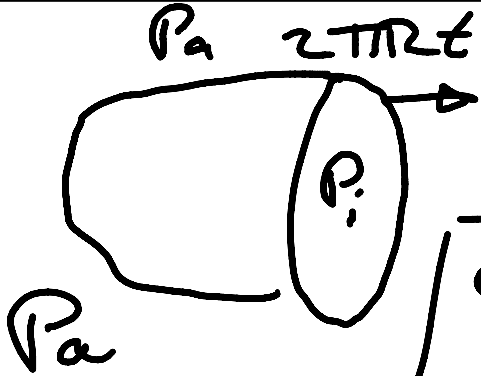
FLUID SYSTEM TECHNIK

Elektroosmotische Pumpe.



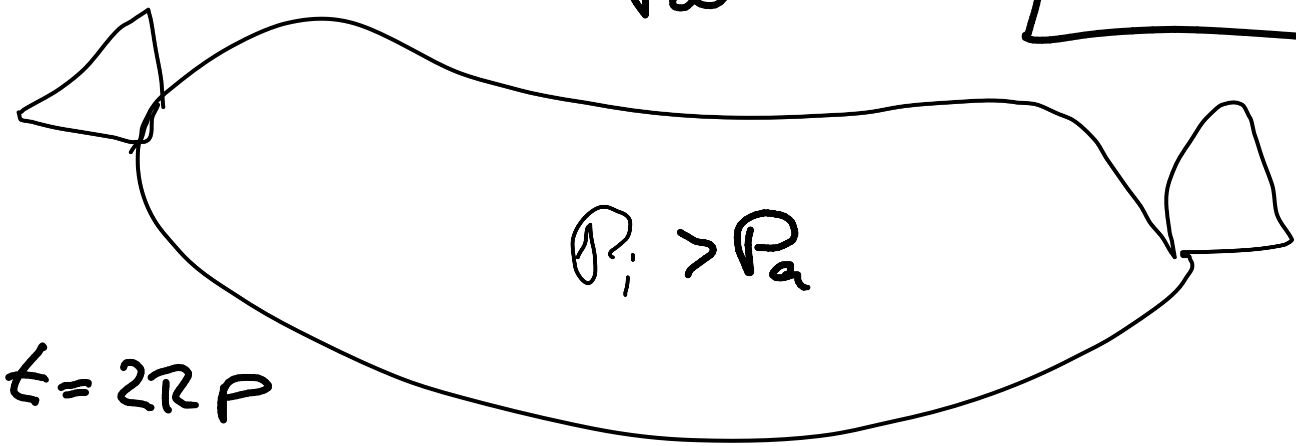
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4





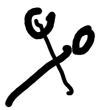
$$\sigma_z = (p_i - p_a)\pi R^2$$

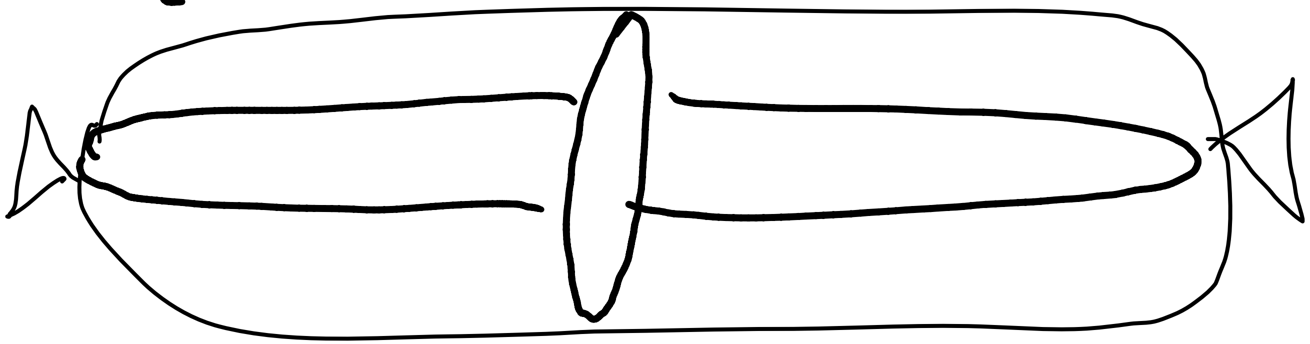
$$\sigma_z = \Delta p \frac{R}{2t}$$



$$2\sigma_\varphi t = 2Rp$$

$$\sigma_\varphi = \Delta p \frac{R}{t}$$





TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

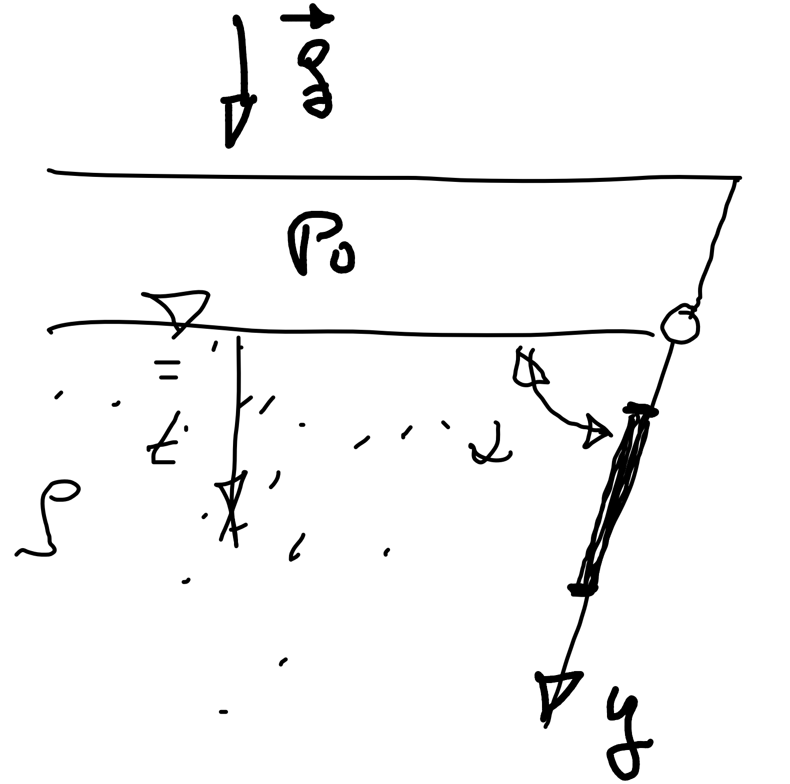
FLUID SYSTEM TECHNIK

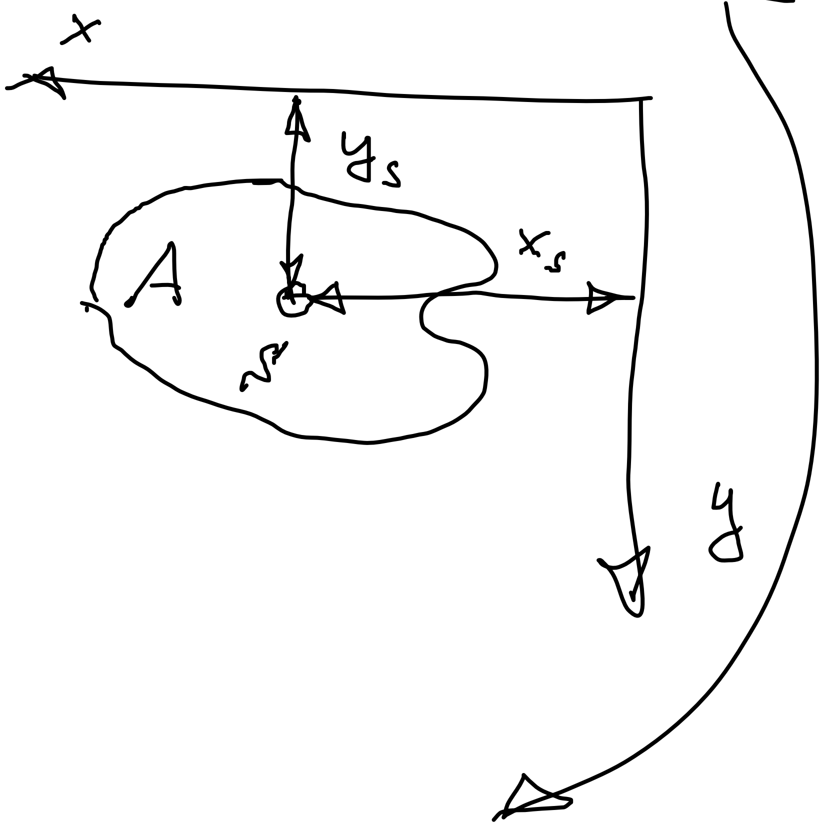
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

Kraft auf Wände

$$\vec{x}_S A = \int_A \vec{x}\, dA.$$

$$x_S = \frac{1}{A}\int x\, dA;\quad y_S = \frac{1}{A}\int y\, dA$$





$$\vec{F} = \int -p\vec{n}\, dA$$

$$F = \int p\, dA = \int p_0 + \rho g y \sin\alpha\, dA$$

$$= p_0 A + \rho g y_S \sin\alpha A = p_S A$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

p_S Druck im Flächenschwerpunkt.

$$F = \left(p_0 + \rho g y_S \sin\alpha\right) A.$$

Kraft = Fläch * Druck im Flächenschwerpunkt.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

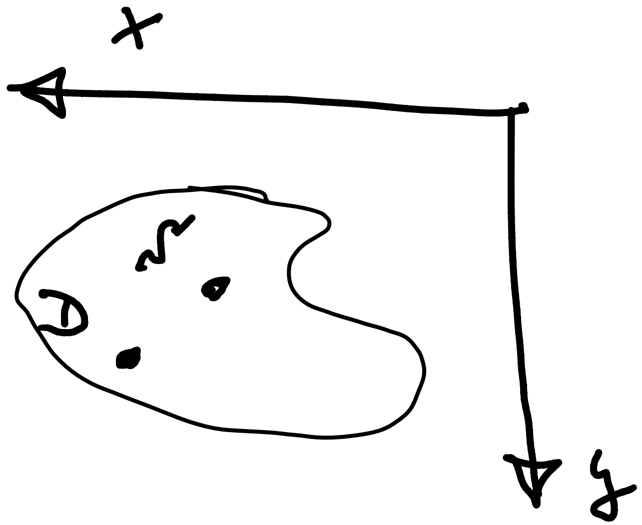
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

Flächenschwerpunkt ist vom Kraftangriffspunkt zu unterscheiden

$$F_{Fe}\, y_D = \int (p - p_0)\, y\, dA$$

$$= \int \rho g y^2 \sin\alpha \, dA$$

$$= \rho g I_x \sin\alpha ,$$



S Flächenschwerpunkt

D Kraftangriffspunkt

mit dem Flächenträgheitsmoment

$$I_x = \int y^2 \, dA$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

mit $F_{Fl} = \varrho g y_S \sin\alpha A$

$$y_D A y_S = I_x$$

$$\boxed{y_D = \frac{I_x}{A y_S}}$$

Kraftangriffspunkt.

$$F_{Fl} x_D = \int_A (p - p_0) x \, dA = \int \varrho g y \sin\alpha \, x \, dA$$

$$= \varrho g \sin\alpha \, I_{xy}$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

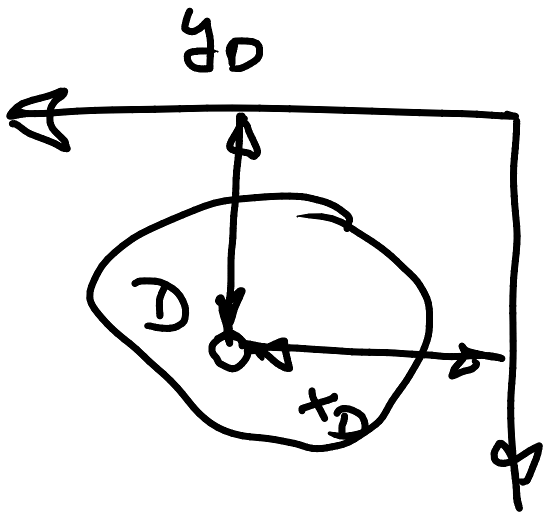
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

$$I_{xy} = \int xy \, dA \quad \text{Deviationsmoment.}$$

mit $F_{Fl} = \rho g y_s \sin\alpha A$.

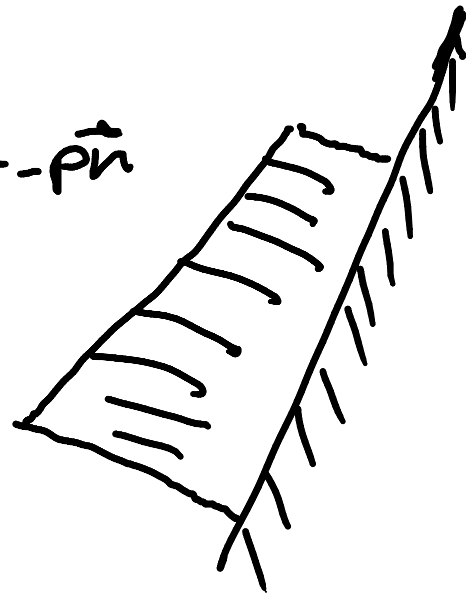
$$x_D = \frac{I_{xy}}{S_x}.$$



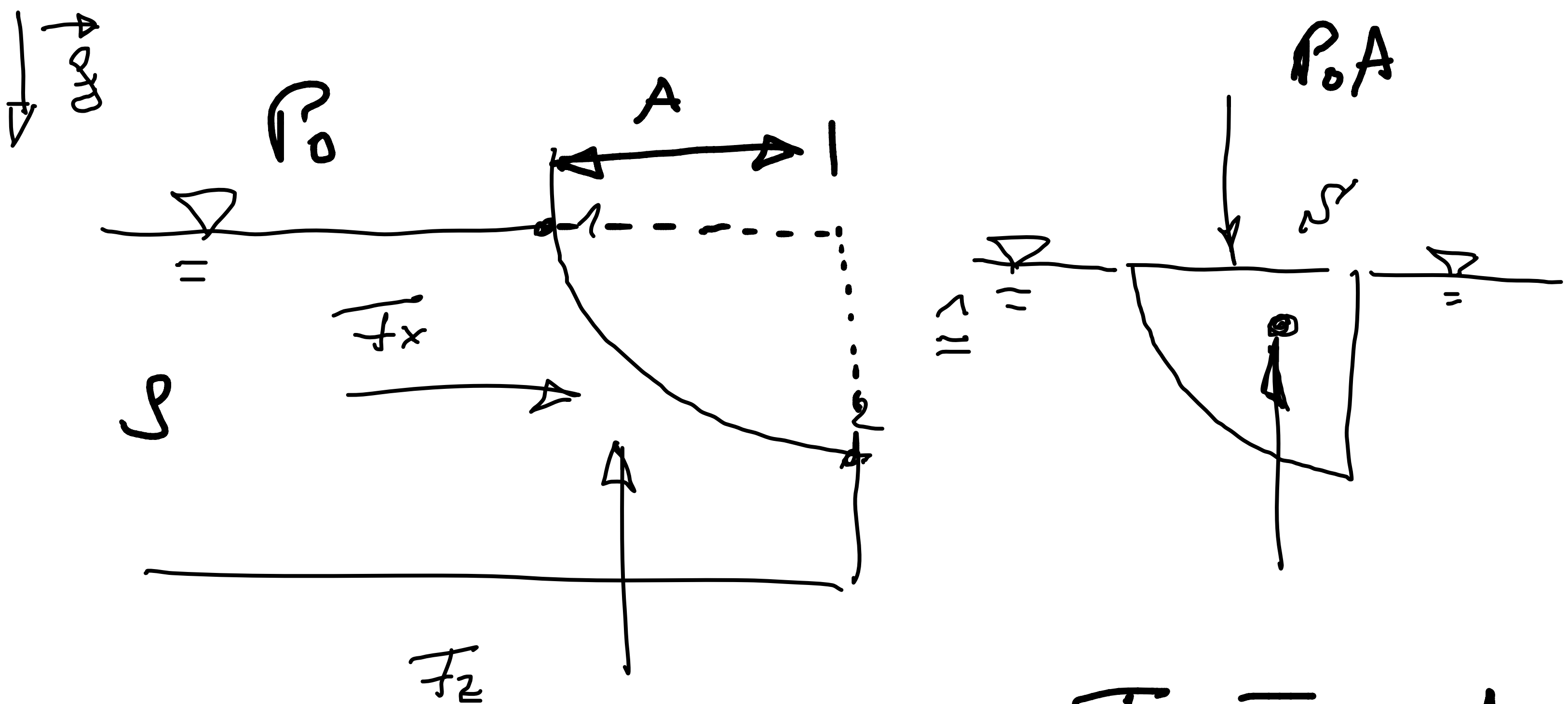
$$S_x = x_s A = \int x \, dA$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

$$\vec{t} = -p\vec{n}$$



Kraft auf gekrümmte Fläche



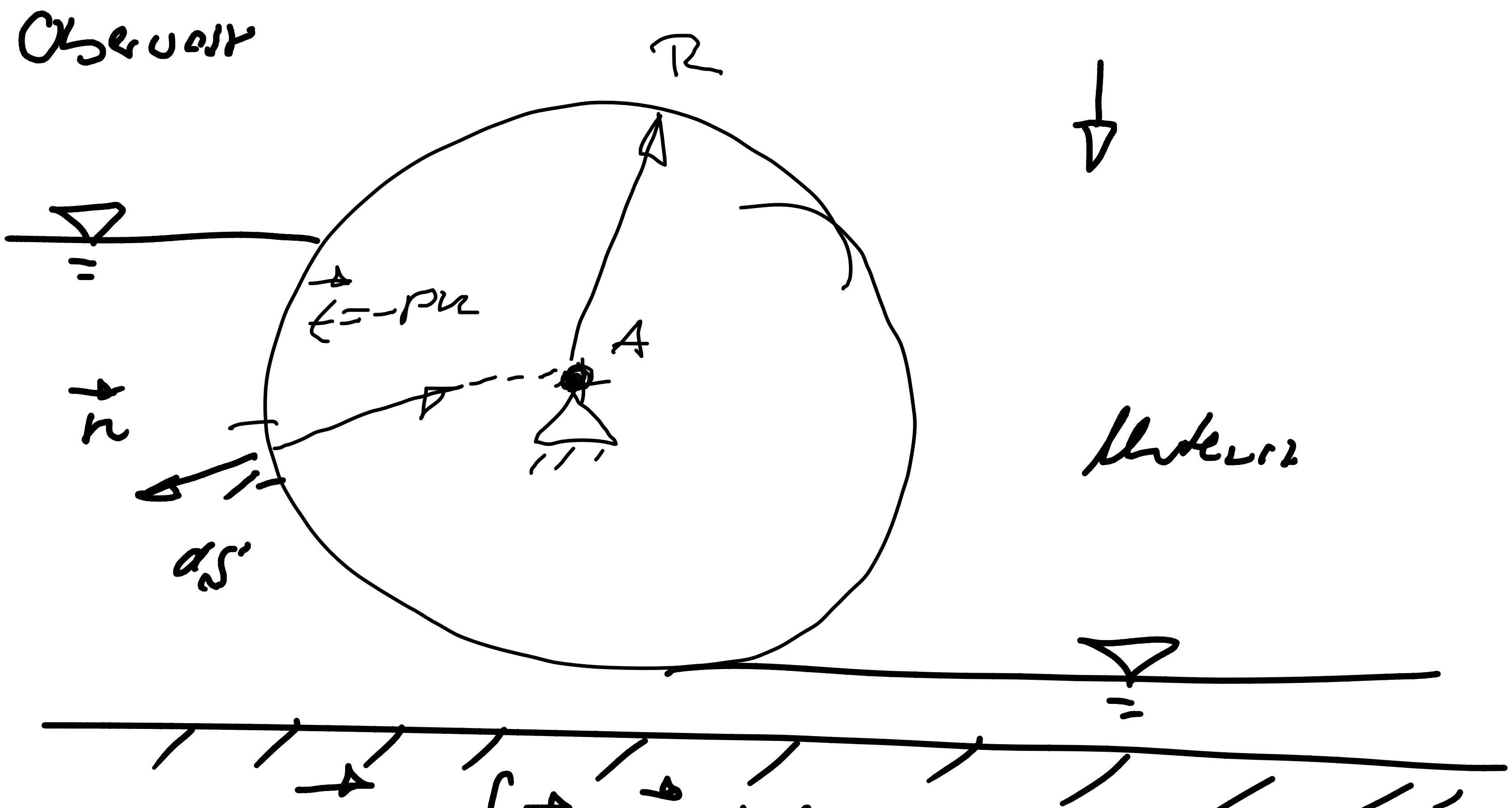
$$F_z = F_A - p_0 A$$

Auftriebskraft F_A folgt über Archimedes

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4



$$\vec{M}_A = \int \vec{x} \times \vec{t} \, dS$$

$$\int R\vec{e}_r \times (-p\vec{e}_r) \, dS \equiv 0.$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

Spannungsvektor $\vec{t} = -p\vec{n}$

in der Hydrostatik.

$$\vec{t} := \lim_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta \vec{F}}{\Delta A},$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

3. Bernoullische Gleichung und Impulssatz.

Kinematische Grundbegriffe

Bahnlinie

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{u}(\vec{x}, t)$$ DGL der Bahnlinie

$$\vec{x}(0) = \vec{\xi}$$ materielle Koordinaten.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

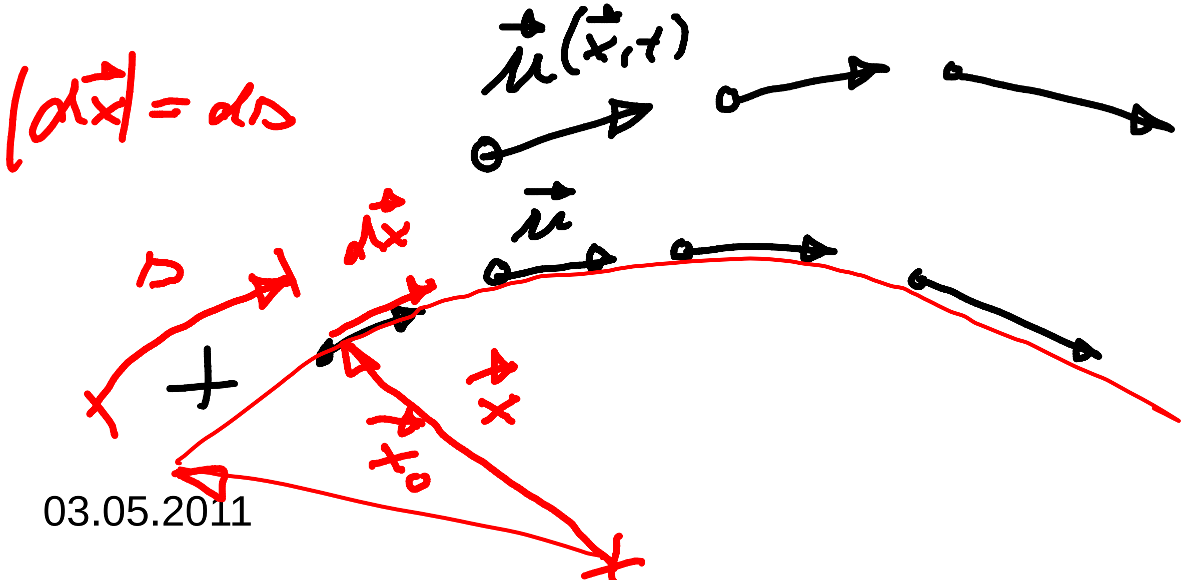
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Stromlinie

Tangentenlinie an das momentane herrschende Geschwindigkeitsfeld

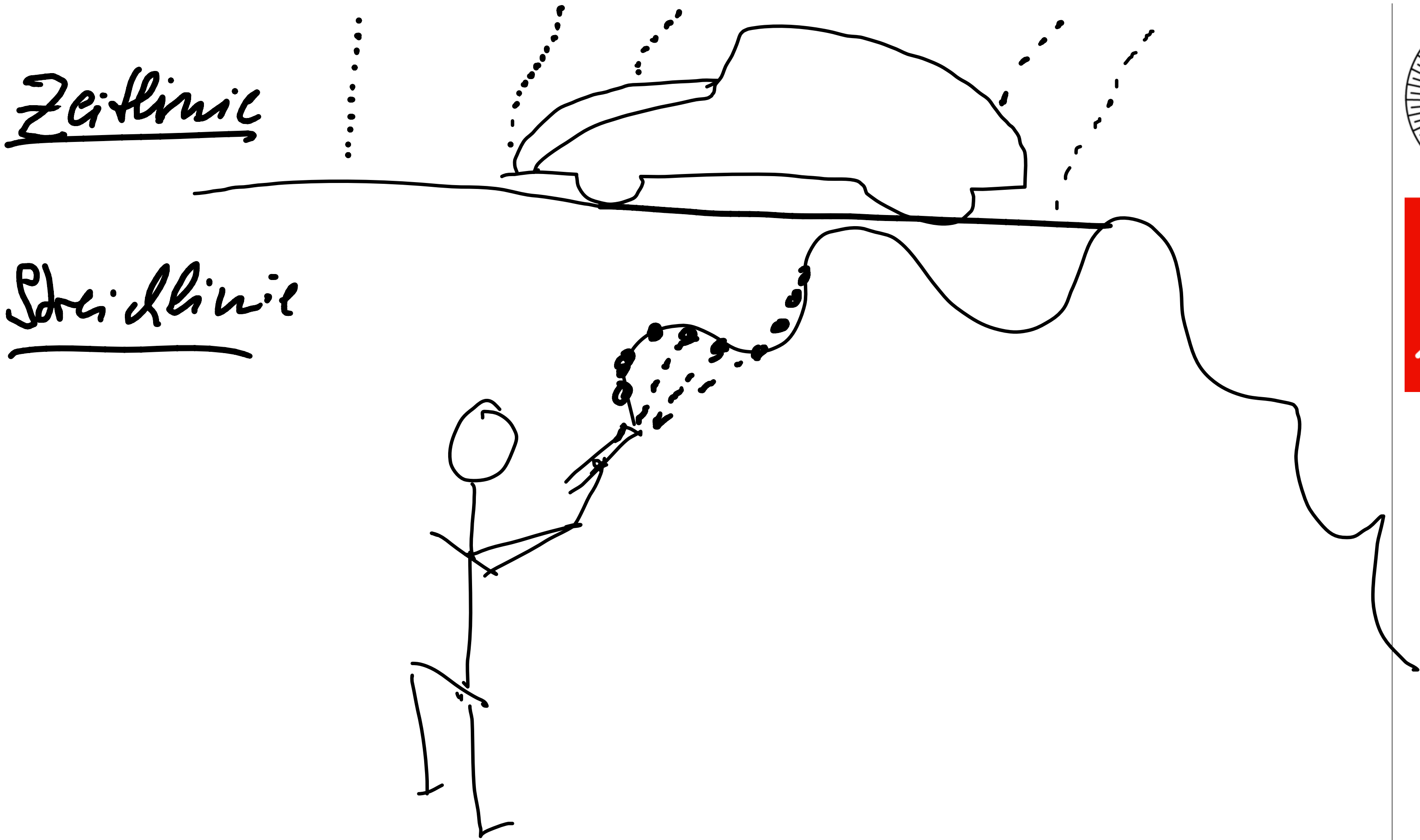
$$\frac{d\vec{x}}{ds} = \frac{\vec{u}}{|\vec{u}|} \qquad \vec{x}(s=0) = \vec{x}_0$$



t = konst.
Momentaufnahme.

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

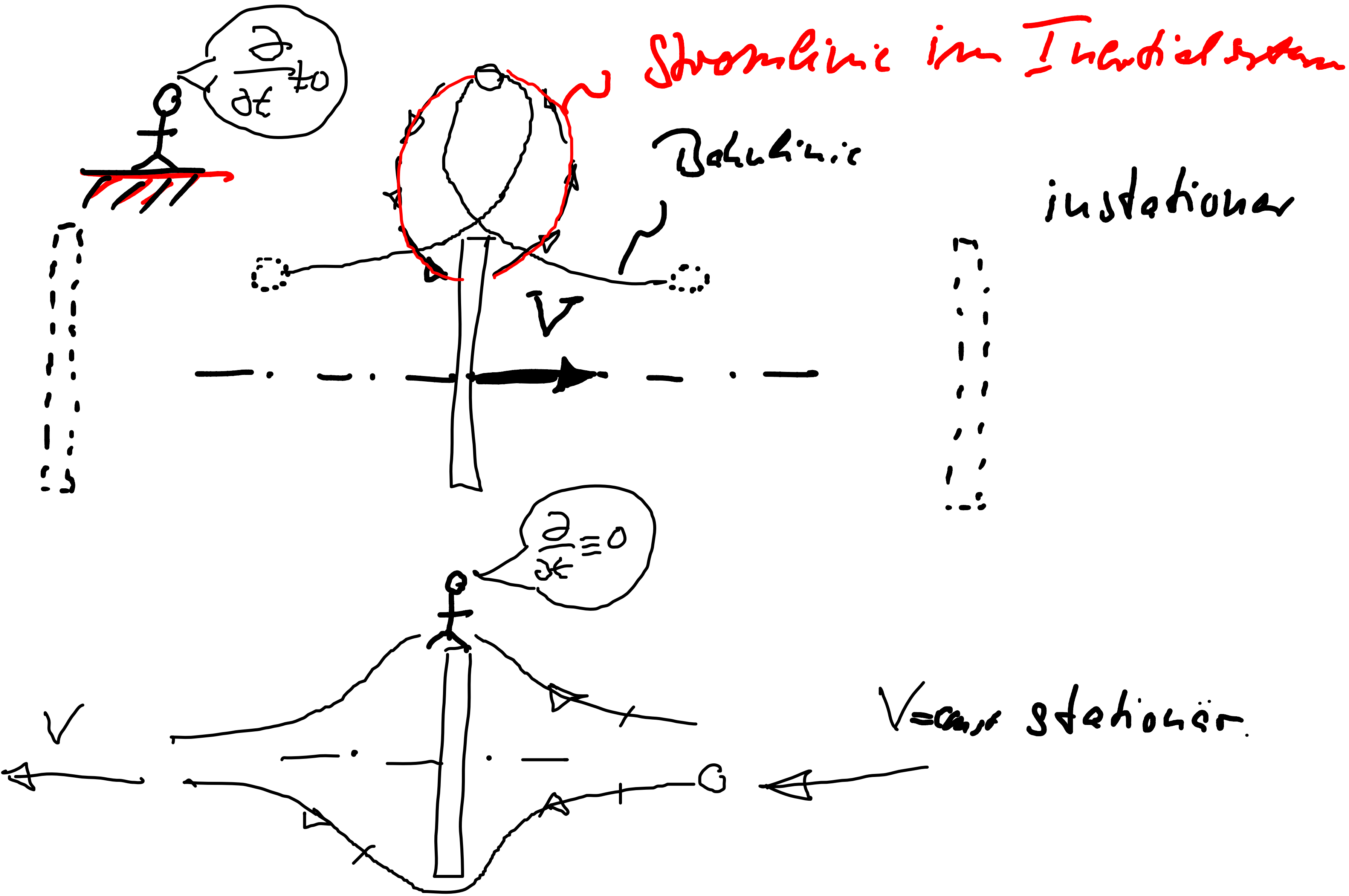


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4

- Bei stationären Strömungen fallen Bahnlinie, Stromlinie und Streichlinie zusammen.

- Die kinematischen Linien sind vom Bezugssystem abhängig.

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 4