Ankündigung

Fr. 29.4.: 17⁰⁰ Uhr
K24 Petersenstr. 35

Hr. Schellhelber
VW
Kraft-Wärme-Kopplung.

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

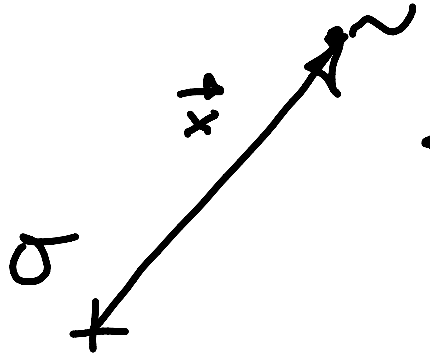
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 1

Hydrostatik

Keine Relativbewegung zwischen Flüssigkeitsteilchen.



Flüssigkeitsteilchen.

Dichte $\rho = \lim\limits_{\Delta V \to 0} \frac{\Delta m}{\Delta V}$

Modellvorstellung.

Kontinuumshypothese.

Theorie verdünnter Gase
statistische Mechanik

Kontinuums-
mechanik.

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 1

Weitere Kontinuumsmechanik Größe

Dyn. Viskosität η $\quad \{\eta\} = \text{Pa sec}$

Kinematische Viskosität $\nu = \frac{\eta}{\rho}$

$$\{\nu\} = \frac{m^2}{sec}$$

$$\left\{\frac{\eta^2}{\rho}\right\} = N.$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011

Einführung in die Hydrodynamik

Vorlesung 1

a b = c

Unterscheidung von Kräften nach Volumenkraft und Oberflächenkraft.

$$\vec{f} = \lim_{\Delta V \to 0} \frac{\Delta \vec{F}_V}{\Delta V} \qquad \Bigg| \qquad \vec{t} = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta \vec{F}_S}{\Delta S}$$

z.B.

$$\vec{F}_V = \iiint_V \vec{f}\, dV \qquad \Bigg| \qquad \vec{F}_S = \iint_S \vec{t}\, dS$$

$$\vec{f} = \rho \vec{g}$$

$\vec{g}$ massenspez. Schwerkonstant.

$$\vec{f} = +\rho r \Omega^2 \vec{e}_r$$ Zentrifugal-kraft

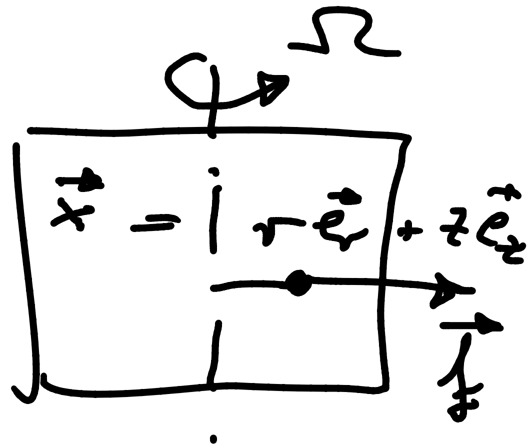
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 1

Volumenkraft

$$\vec{F} = \int_V \vec{f}\, dV$$



$$\vec{G} = m\vec{g} = \int_m \vec{g}\, dm = \int_V \vec{g}\rho\, dV$$

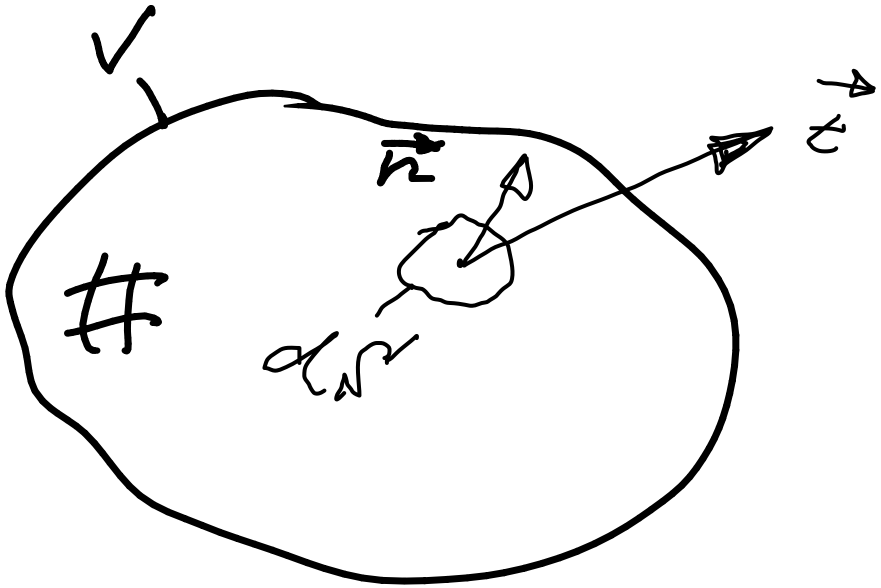
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 1

Oberflächenkraft



$\vec{n}$ Flächennormale

$\vec{t}$ – Spannungsvektor.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

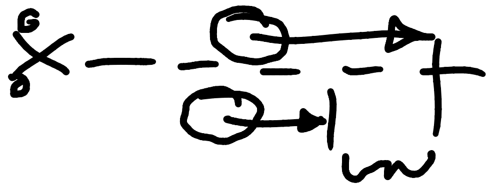
FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

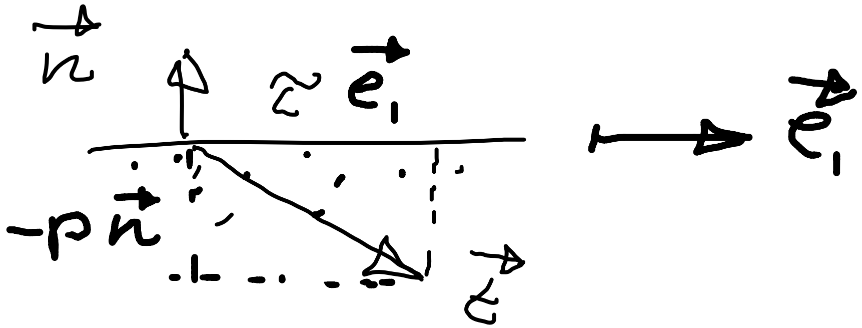
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Im Spezialfall Hydrostatik findet keine Relativbewegung zwischen allen Teilchen statt $\rightsquigarrow$ keine Komponente tangential zur Oberfläche



Relativgeschwindigkeit



$$\boxed{\vec{t} = -p\,\vec{n} \quad \text{in der Hydrostatik}}$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 1

~~Hydr~~ Herleitung der hydrostatischen Grundgleichung

① 5-Axiome

- Massenerhalt
- Impulssatz
- Drallsatz
- Energieerhaltung
- Gibbsche Relation (2ter Hauptsatz)

② Materialgesetze

z.B.

- Newtonsche Flüssigkeit
- ideale Gasgleichung.

$$p = \rho R T$$

⋮

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

⑤ Kinematische Beziehung.

$$e_{ij} = \underbrace{\frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)}$$

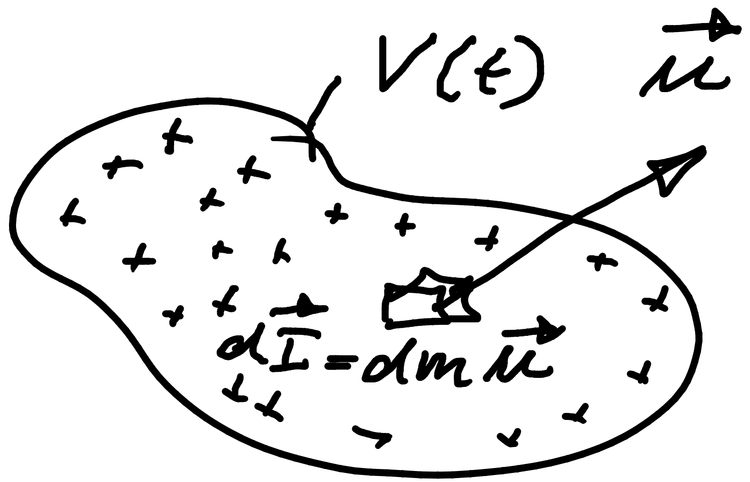
$$\parallel$$

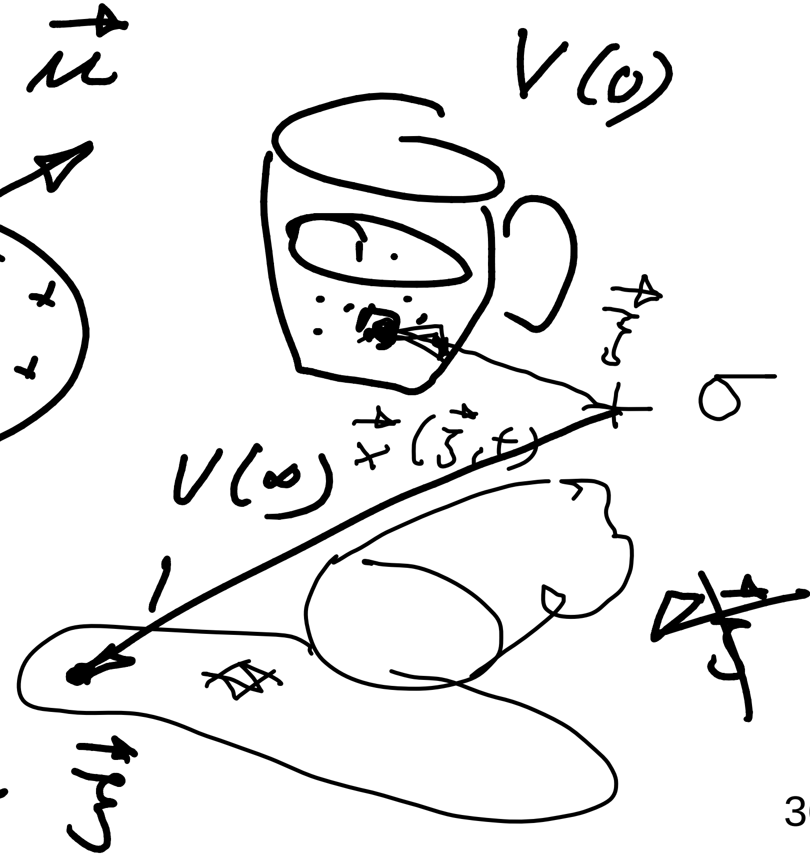
$$\dot{\gamma} = \frac{u}{h}$$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 1

Impulssatz

Die zeitliche Änderung des Impulses eines <u>Körpers</u> ist gleich der auf den <u>Körper</u> wirkenden Kraft.





$\vec{x}(\vec{\xi},t)$ Bahnlinie des materiellen Teilchens mit der Koordinate $\vec{\xi}$

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 1

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Impuls

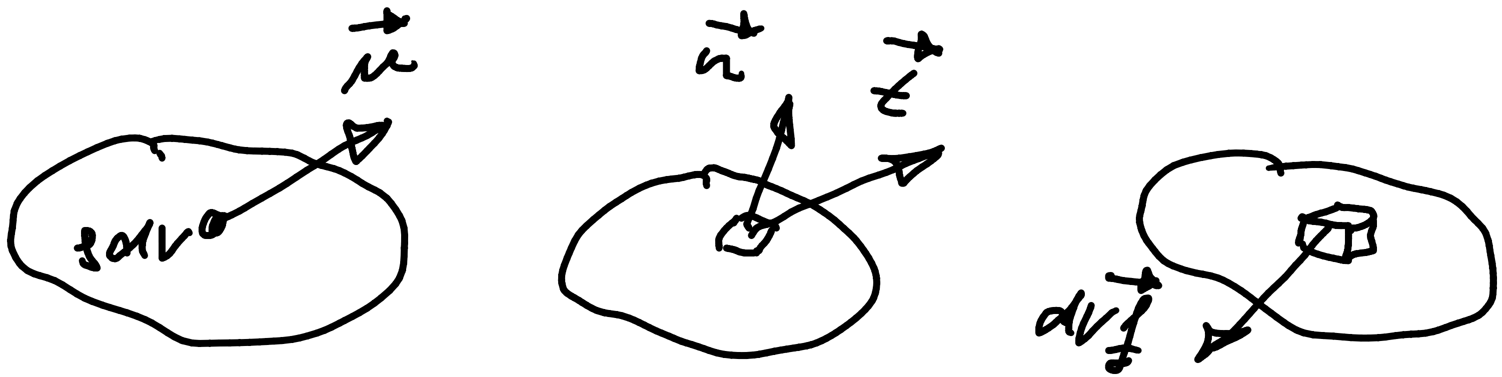
$$\vec{I} = \int d\vec{I} = \int_m \vec{u}\,dm = \int_V \rho\vec{u}\,dV$$

$$\boxed{\frac{D\vec{I}}{Dt} = \vec{F} = \vec{F}_V + \vec{F}_{\partial V}}$$

„$\frac{D}{Dt}$" materielle zeitliche Änderung

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 1

$$\frac{D}{Dt}\int_{V(t)} \rho \vec{u}\, dV = \oint_{S'} \vec{t}\, dS' + \int_{V} \vec{f}\, dV .$$



Spezialfall Hydrostatik.

$$0 = \oint_{S'} \underbrace{-p\vec{n}\, dS'}_{\nabla p\, dV} + \int_{V} \vec{f}\, dV$$

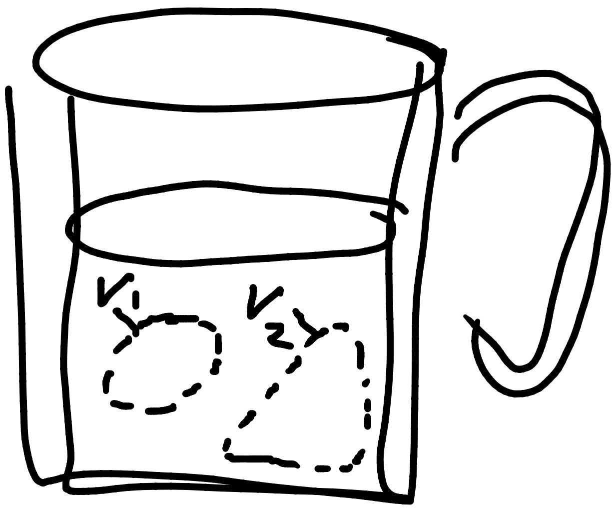
Gauß.

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

$$0 = \int_V -\nabla p \, dV + \int_V \vec{f} \, dV$$

$$= \int_V -\nabla p + \vec{f} \, dV.$$

D.h. das Volumen ist beliebig



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

hydrostatische Grund-gleichung.

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 1

∇

∇ Nabla Operator. $\nabla = \frac{\partial}{\partial x}\vec{e}_x + \frac{\partial}{\partial y}\vec{e}_y + \frac{\partial}{\partial z}\vec{e}_z$

$\nabla \phi$ Gradient der skalaren Funktion ϕ $\quad \text{grad}\,\phi$

$\nabla \cdot \vec{\phi}$ Divergenz des Vektors $\vec{\phi}$ $\quad \text{div}\,\vec{\phi}$

$\nabla \times \vec{\phi}$ Rotation des Vektors $\vec{\phi}$ $\quad \text{rot}\,\vec{\phi} = \text{curl}\,\vec{\phi}$

$\oint \vec{n}(\,)\,dS = \int \nabla(\,)\,dV$ Satz von Gauß.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 1

Wann ist hydrostatisches Gleichgewicht möglich?

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

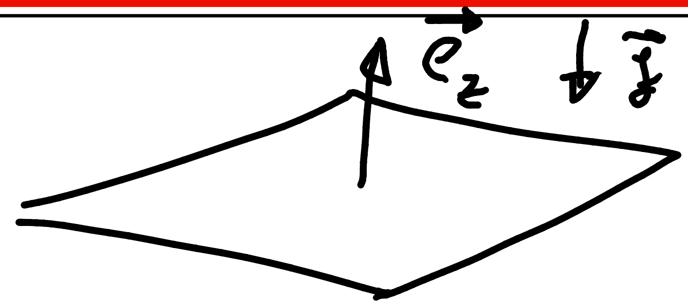
$$\nabla \times \nabla p = \nabla \times \vec{f}$$

$$0 = \nabla \times \vec{f}$$

Notwendige Bedingung für hydrostatisches Gleichgewicht: Rotation der Volumenkraft muß verschwinden.

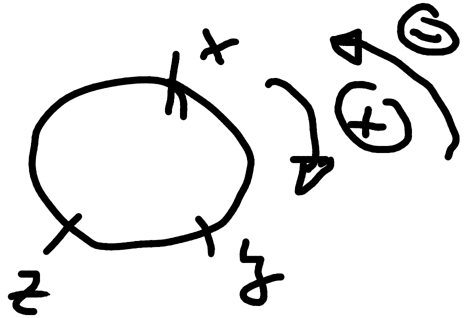
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 1

z.B. $\vec{f} = -\rho g \vec{e}_z$



$$\left(\frac{\partial}{\partial x}\vec{e}_x + \frac{\partial}{\partial y}\vec{e}_y + \frac{\partial}{\partial z}\vec{e}_z\right) \times \rho g \vec{e}_z$$

$$\frac{\partial(\rho g)}{\partial x}\overbrace{\vec{e}_x \times \vec{e}_z}^{-\vec{e}_y} + \frac{\partial \rho g}{\partial y}\overbrace{\vec{e}_y \times \vec{e}_z}^{\vec{e}_x} + \underbrace{\frac{\partial \rho g}{\partial z}\vec{e}_z \times \vec{e}_z}_{0}$$



$$-g\left(\frac{\partial \rho}{\partial y}\vec{e}_x - \frac{\partial \rho}{\partial x}\vec{e}_y\right) \overset{!}{=} 0.$$

Potential der Volumenkraft. $\nabla \times \vec{f} = 0$

$$\hookrightarrow \underline{\vec{f} = -\nabla \psi}$$

ψ Potential der Volumenkraft.

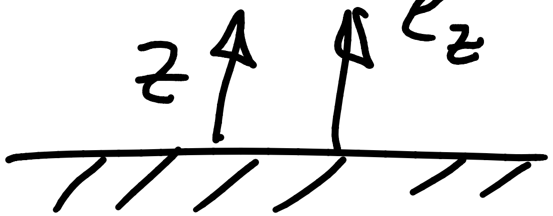
$$\nabla p = \vec{f} = -\nabla \psi$$

$$p = -\psi + p_*$$

p_* ist ein Bezugsdruck.

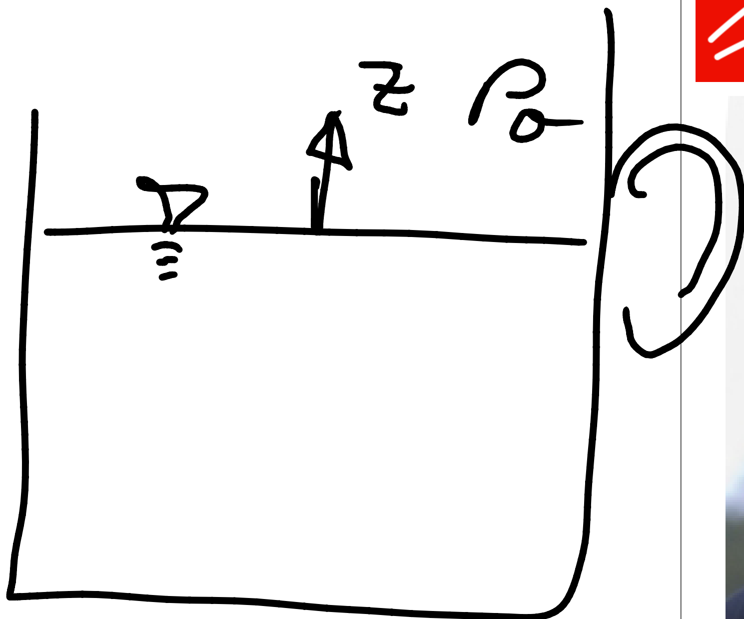
Potential der Massenkraft der Schwere

$$\downarrow \; \vec{g} = -g\,\vec{e}_z$$



$$\vec{f} = -\rho\, g\, \vec{e}_z$$

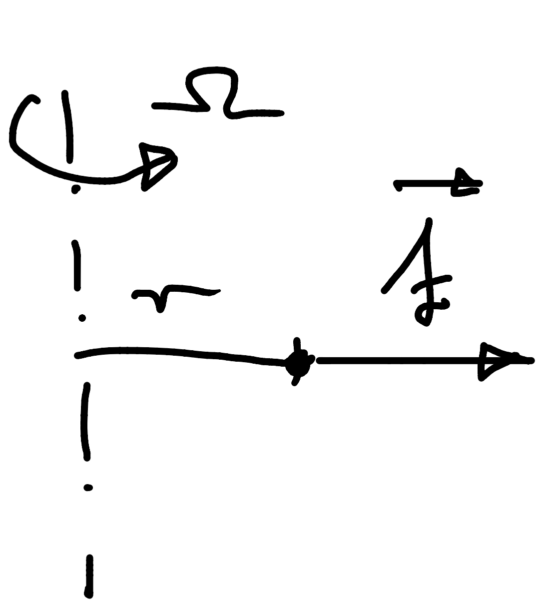
$$\psi = \rho\, g\, z$$



$$p = -\rho\, g\, z + p_*$$

$$p = -\rho\, g\, z + p_0$$

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



$$\Psi = -\frac{\rho}{2} r^2 \Omega^2$$

Pause bis 15^{10}

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Einführung in die Hydrodynamik
Vorlesung 1