Karlsruher Institut für Technologie

Klassische Physik 1

WS 2014/15

Johannes Blümer

V25 29.1.15

KIT-Centrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA

Inhalt

1. Einführung
   - 1.1. Was ist Physik?
   - 1.2. Physikalische Größen und Einheiten
   - 1.3. Messungen, Datenauswertung, Fehler
2. Klassische Mechanik
   - 2.1. Kinematik der Massenpunkte
   - 2.2. Dynamik der Massenpunkte
   - 2.3. Systeme von Massenpunkten
   - 2.4. Rotation
3. Gravitation
   - 3.1. Gravitationsgesetz
   - 3.2. Feld und Potential
   - 3.3. Planetenbahnen: Kepler
   - 3.4. Massenverteilungen
   - 3.5. Dunkle Materie
4. Relativistische Mechanik
   - 4.1. Bezugsysteme und Transformationen
   - 4.2. Spezielle Relativitätstheorie
   - 4.3. Relativistische Kinematik
   - 4.4. Elemente der Allgemeinen Relativitätstheorie
5. Feste Körper, Flüssigkeiten, Gase
   - 5.1. Feste Körper
   - 5.2. Hydrostatik und Hydrodynamik
6. Schwingungen und Wellen
   - 6.1. Schwingungen
   - 6.2. Wellen

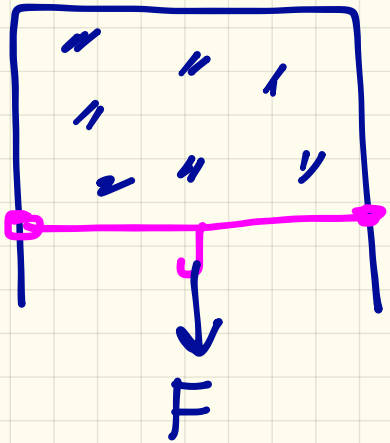
Zusammenfassung von V24 vom 27. Januar 2015

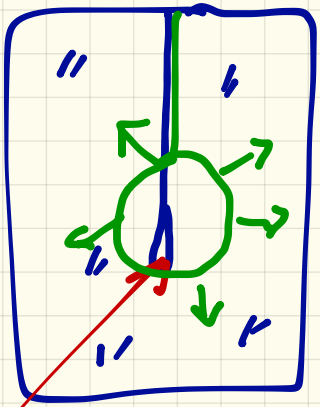
Auftrieb(skraft) F_A = Gewicht(skraft) des verdrängten Fluids (auch bei Gasen, d.h. bei Messung in Luft)
$G_{rel} = G / F_A$ = relative Dichte ⇨ z.B. $= \rho / \rho_{Wasser}$

Gasdruck: kinetisches Modell mit Impulsübertrag von schnellen leichten Teilchen (Moleküle!) auf Gefäßwande u.ä.

Zustandsgleichung: $PV=NkT$; nur für "ideale" Gase. Auch als Definition von Temperatur (in [Kelvin]): $1/2\ m_{Mol.}\ v^2 = 3/2\ k_B\ T$;
$k = 1{,}4\ 10^{-22}$ J/K Boltzmann-Konstante

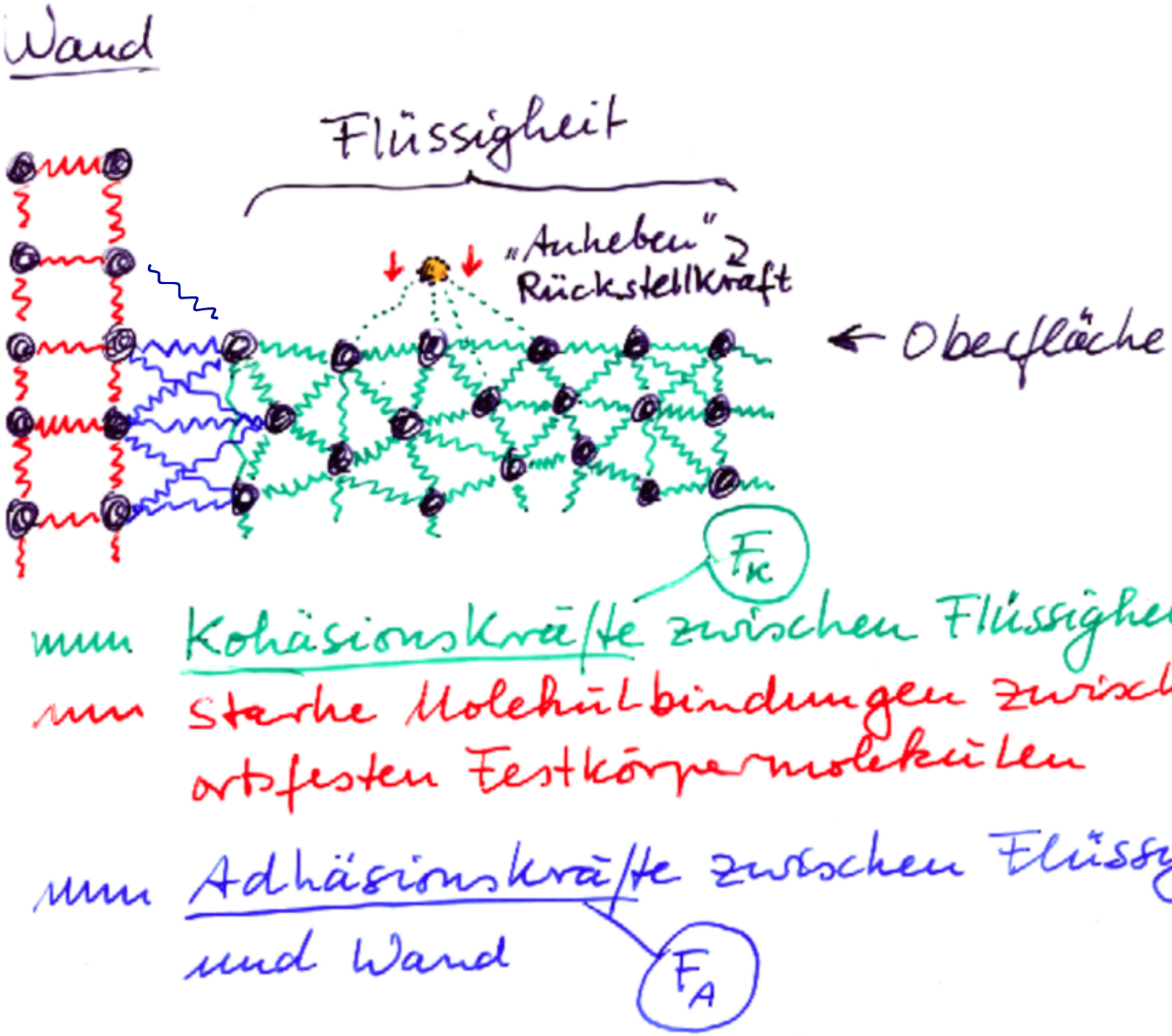
Barometerformel: exponentielle Abnahme von Druck und Dichte mit der Höhe h (ideal: Temperatur konstant):
$P(h) = P_0 \exp(-\ g\ \rho_0/P_0\ h)$; Indizes: Werte bei h=0.



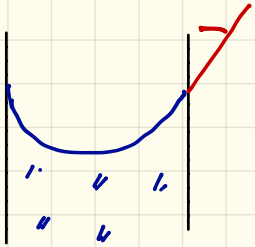


Schlaufe aufdecken

Oberflächenspannung



$F_A > F_K$: Flüssigkeit benetzt Wand & steigt an ihr hoch

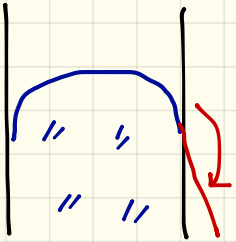


θ_K Kontaktwinkel

$\theta_K^{Wasser} \sim 0$

konkave Krümmung

$F_A < F_K$



Flüssigkeit benetzt die Wand nicht, konvexe Krümmung

zB $\theta_K^{Hg} \sim 140°$

Kapilleffekt: "Hochsteigen" von Flüssigkeiten im dünnen Röhrchen

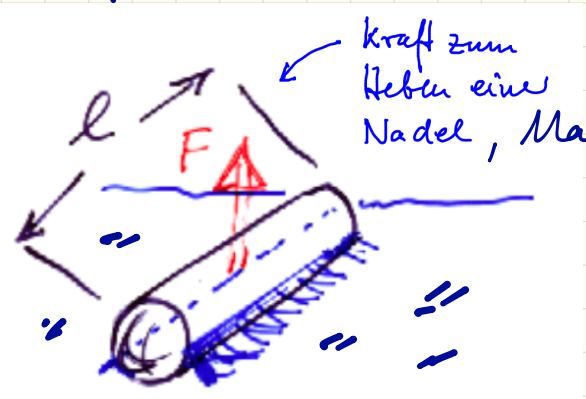
↳ vertikale Komponente der Oberflächenspannung stellt sich im Gleichgewicht mit der Gewichtskraft der Flüssigkeitssäule ein

$F_v = F \cdot \cos\theta_K$ Randlänge der Kontaktoberfläche $= 2\pi r$

$F_v = \gamma 2\pi r \cos\theta_K = \rho \pi r^2 h g$ [Krümmung des oberen Randes ignor.]

↳ Steighöhe $h = \frac{2\gamma \cos\theta_K}{\rho r g} \rightarrow h \propto \frac{1}{r}$

Oberflächenspannung → Heben einer Nadel



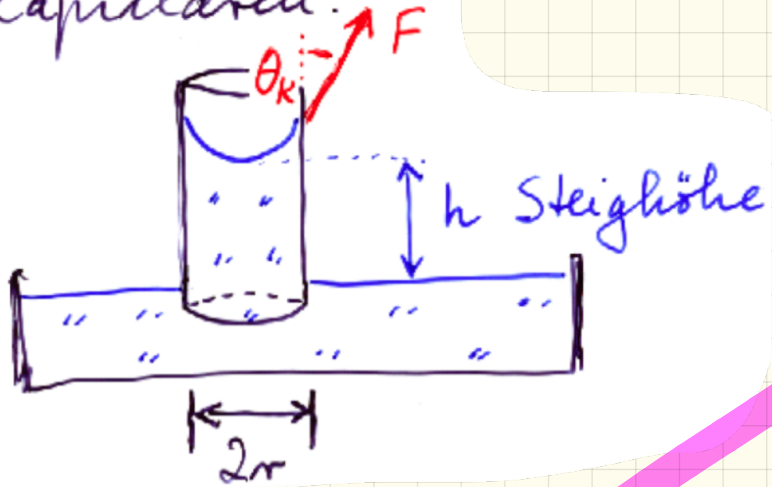
Kraft : $F = mg + \gamma \underbrace{2l}_{}$

eff. Länge des abreissenden Oberflächenfilms

γ Koeff. der Oberflächenspannung, $\gamma^{Wasser} \approx 0.07\ N/m$

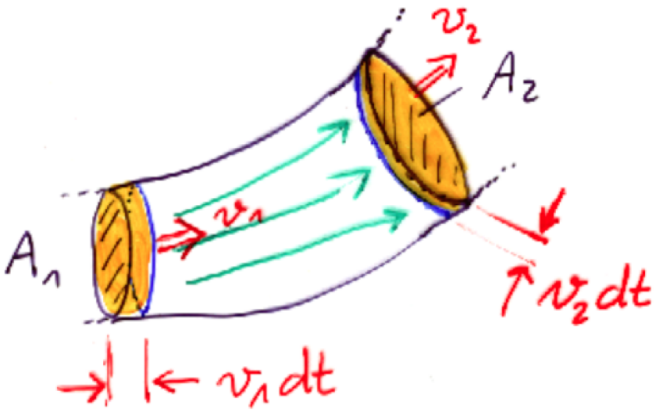
$\gamma^{Hg} \approx 0{,}47\ N/m$

Kapillaren:



Statische Fluide → Strömende Fluide

Kontinuitäts-Gleichung



Betr. inkompressible Flüssigkeit

$\rho = \text{konst}$

ohne innere Reibung
„nicht viskos"

dV_1 (links) $= dV_2$ (rechts) in der gleichen Zeit dt

$$A_1 v_1 \underline{dt} = A_2 v_2 \underline{dt}$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \longrightarrow \boxed{v \cdot A = \dot{V} = \text{konst}}$$

„Kontinuitätsgleichung"

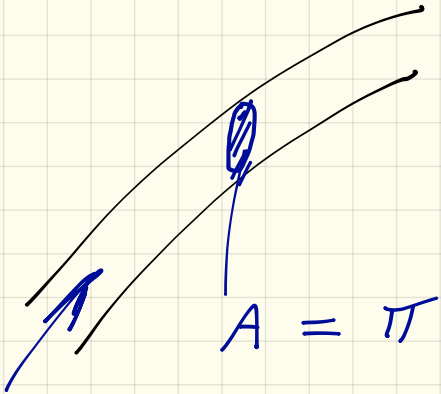
++ Bewegung von Fluiden

++ innere Reibung

fast: $PV = NkT$

Energiebetrachtungen! Energieumwandlung!

"Wärme ≈ statist. ungerichtete Bewegung, Energie von Teilchen"



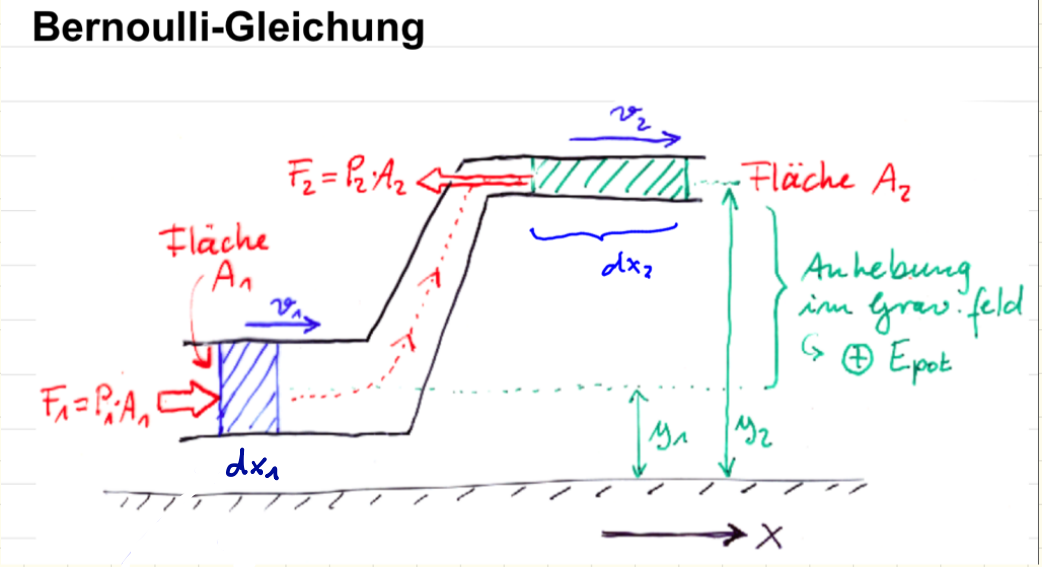
$A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$ ⊕ Kont. Gl: $\underline{\underline{v d^2 = \text{konst}}}$

Druck

d klein : v groß Nano/μ-Röhrchen

d groß : v klein "Pipeline"

Bernoulli-Gleichung



betr. Volumenelement dV mit Masse darin : $dm = \rho \cdot dV$, const.

$$\left.\begin{aligned} dV_1 &= A_1 \cdot v_1 \, dt \\ dm_1 &= \rho \, A_1 v_1 \, dt \end{aligned}\right\} \text{"u. li"} \longrightarrow \text{"o. re"} \oplus \text{Kont. gl.!}$$

$$dV_2 = A_2 v_2 \, dt = dV_1$$

$$dm_2 = dm_1$$

Hebe dm_1 von $y_1 \to y_2$ & bringe dm_1 von v_1 nach v_2

$$dE_{pot} = dm\, g\,(y_2 - y_1)$$

$$dE_{kin} = \frac{1}{2}\, dm\,(v_2^2 - v_1^2)$$

Änderung von E_{kin}, E_{pot} erfordert eine Verschiebungsarbeit

$\vec{\text{Kraft}} \bullet \vec{\text{Weg}}$

$$dW = F_1\, dx_1 - F_2\, dx_2$$

"drückt dm_1 n. re"

Gegenkraft von dm_2 n. links

$$dW = P_1 \underbrace{A_1 v_1 dt}_{dV_1} - P_2 \underbrace{A_2 v_2\, dt}_{dV_2} = (P_1 - P_2)\, dV$$

$dV_2 = dV_1$ wegen Kont. Gl.!

$$dW = (P_1 - P_2)\, dV$$

Gesamtenergiebilanz: $dW = dE_{pot} + dE_{kin}$

$$(P_1 - P_2)\, dV = dm\, g\, (y_2 - y_1) + \frac{1}{2}\, dm\, (v_2^2 - v_1^2)$$

$\div\, dV$, $\frac{dm}{dV} = \rho$, ausmult., nach Indizes sortieren

$$P_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$\downarrow$

allg.

stat. (Außen-) Druck

Schwere-druck

$$\boxed{P + \rho g y + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{konst}}$$

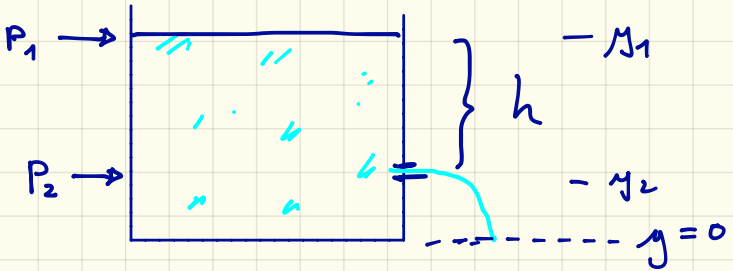
Bernoulli-Gl.

dynamischer Druck

a) statischer Fall $v=0$

$$p + \rho g y = \text{konst} \Rightarrow p_1 - p_2 = \rho g (y_2 - y_1)$$
$$= \rho g h$$

b) Ausfluss aus einem "großen Tank"



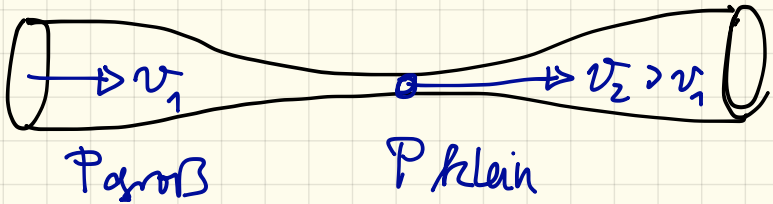
B.-gl $\Rightarrow$

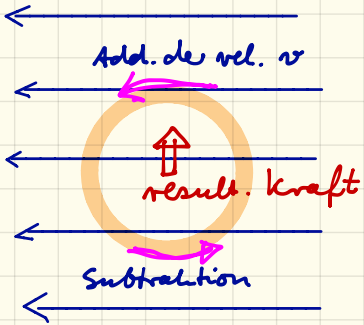
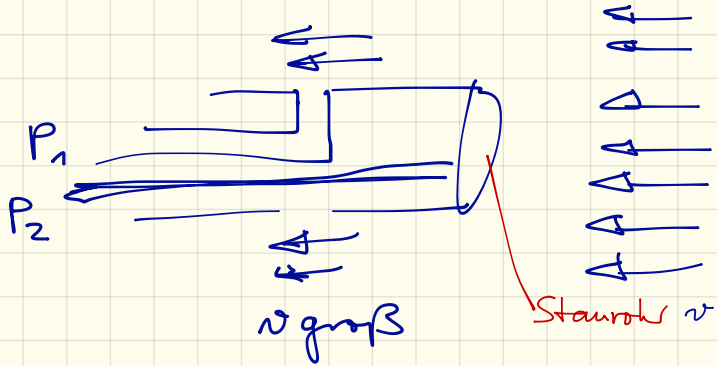
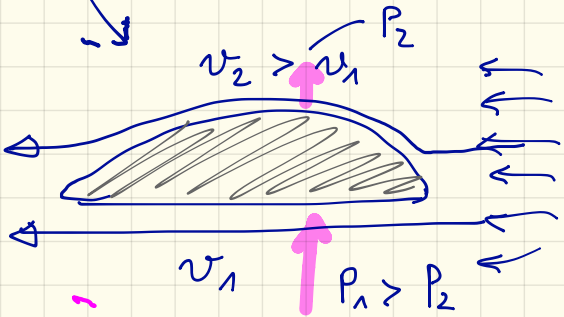
Ausströmgeschwindigkeit

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

$\equiv$ Fallgeschwindigkeit aus Höhe h

c)



Magnus-Effekt, Tragflügel, Staurohr

drehende Rolle vollführt eigenartige Flugbahn (keine Wurfparabel)