

Klausur

- **Klausur 12.2.2010, 10h-12h, HZO 10**
- **Nachklausur 26.3.2010, 10h-12h, HZO 20**

- **Anmeldung zur Klausur: In VSPL zur Vorlesung anmelden**

- **Erlaubte Hilfsmittel**
 - Ein *eigenhändig* beidseitig beschriebenes DIN A4-Blatt (Kein Computerausdruck!)
 - nicht Internet-fähiger Taschenrechner

Letzte Stunde

- Laminare Strömung
 - Schichten der Flüssigkeit (Lamellen) gleiten übereinander hinweg
- Turbulente Strömung
 - Bei größeren Geschwindigkeiten bilden sich Wirbel
- Viskosität η
 - Zähigkeit der Flüssigkeit, Einheit: Pa s
- Gesetz von Hagen-Poiseulle
 - Volumstrom im Rohr Radius R , Länge l , Druckunterschied $p_1 - p_2$

$$I_V = \frac{\pi R^4}{8\eta} \frac{p_1 - p_2}{l}$$

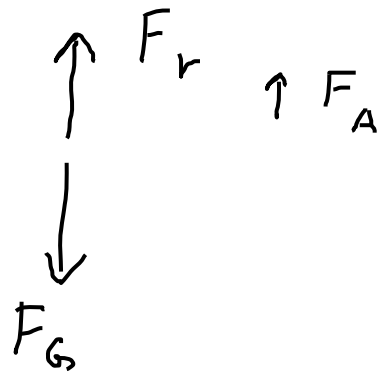
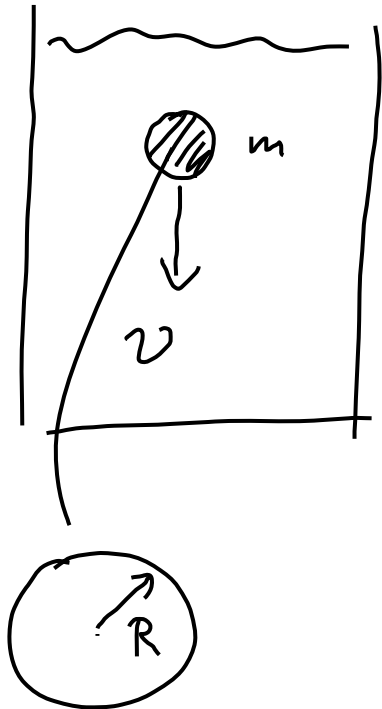
Heute

- zu 8.6 Viskose Strömungen: Turbulenz
- 9. Wellen: Beschreibung von Wellen

<http://www.ep1.rub.de/lehre/veranstaltungen/ws0910/physikcbg/>

zu 8.6 Viskose Strömungen

Stokessches Gesetz

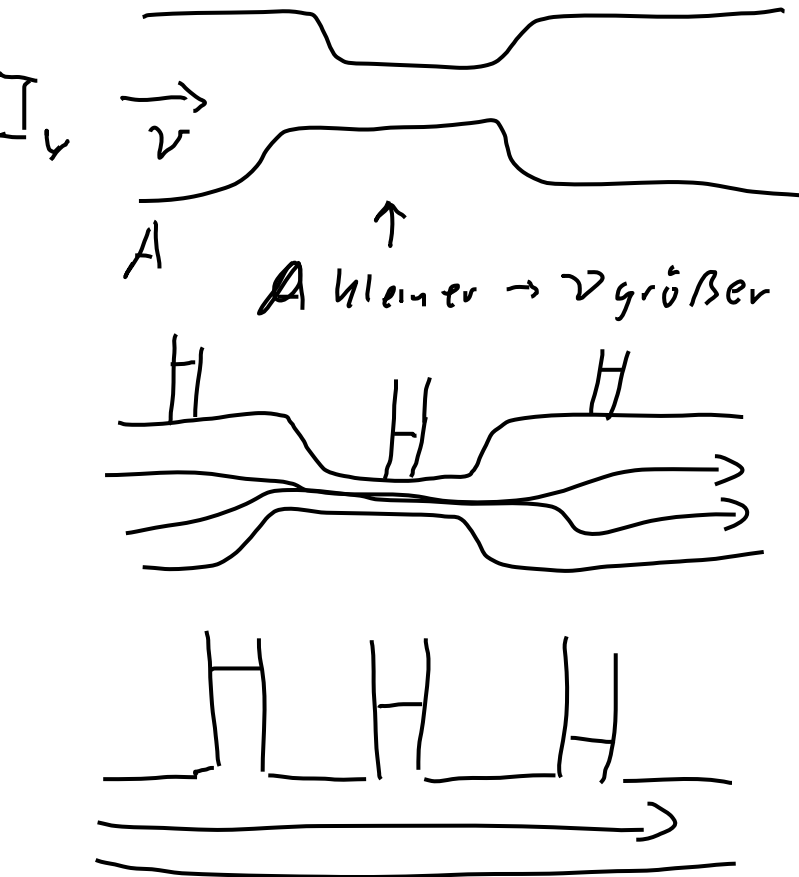


$$F_r = 6 \pi \eta R \cdot v$$

$$F_G = \rho_{fl} \cdot V_k \cdot g$$

$$F_A = \rho_{fl} \cdot V_k \cdot g$$

Zusammenfassung für laminare Strömungen



Kontinuitätsgleichung

$$\dot{I}_v = A \cdot v = \text{Konst}$$

Bernoulli-Gleichung (Reibungsfreie)

$$P + \frac{\rho}{2} v^2 + \rho \cdot g \cdot h = \text{Konst.}$$

Hagen-Poiseulle (Viskosität η)

$$\dot{I}_v = \frac{\pi R^4}{8 \eta} \frac{(P_1 - P_2)}{l}$$

Turbulente Strömung

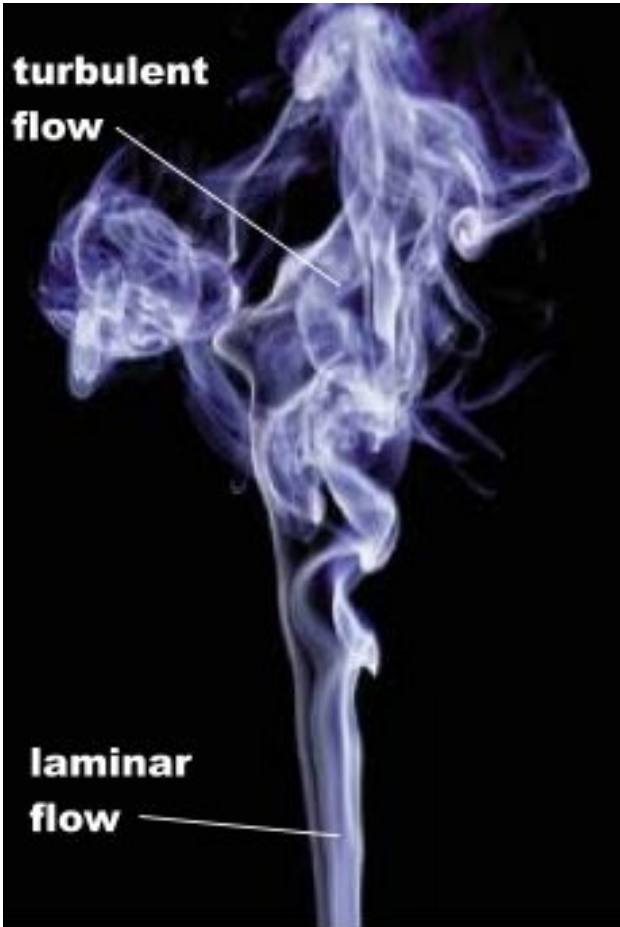
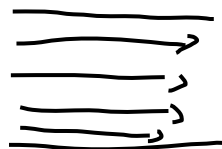
Turbulente Strömung

Bei größeren Geschwindigkeiten bilden sich Wirbel



Laminare Strömung

Schichten der Flüssigkeiten gleiten übereinander hinweg



Charakterisierung des Übergangs (in Röhren)

Radius r , Strömungsgeschwindigkeit v

Dichte ρ , Viskosität η

$$Re = \frac{r \cdot \rho \cdot v}{\eta}$$

(allgemein statt
 r eine charakteristische
Länge)

empirisch $Re < 1000$

Laminare Strömung

$Re > 1500$

turbolente Strömung

lineare Bewegungsenergie wird Rotationsenergie
umgewandelt. Anstieg des Strömungs-
widerstandes

Strömungswiderstand

F_w

$$F_w = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho v^2}{2}$$



↓
Stirnfläche

→ Staudruck

↳ Strömungswiderstands Koeffizient

Auto $c_w = 0,3 \dots 0,5$

Strömungslinienförmig $c_w \approx 0,2$

Beispiel Auto

$$P = \frac{dW}{dt}$$

$$W = \int F ds$$

$$P = F v$$

$$P = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho v^2}{2} \cdot v$$

Golf V $c_w = 0,32$

$A = 2,22 \text{ m}^2$

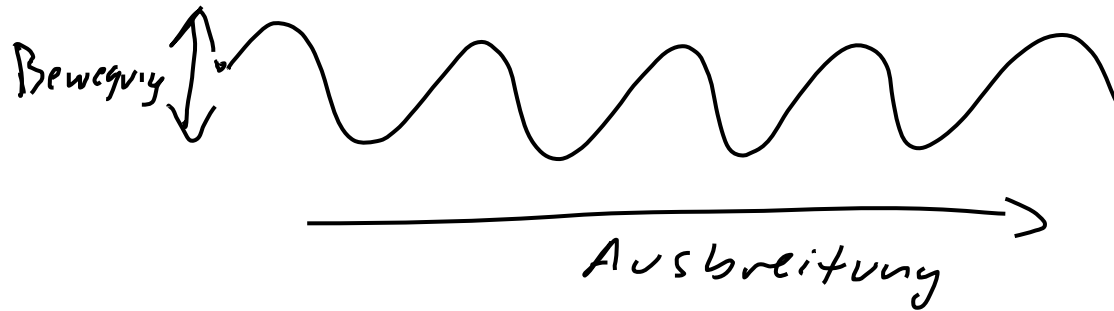
$$P = 0,32 \cdot 2,22 \text{ m}^2 \cdot \frac{1,3 \text{ kg/m}^3}{2} \left(\frac{130 \text{ m}}{3,6 \text{ s}} \right)^3 = 22 \text{ kW}$$

$\approx 60 \text{ km/h} : P = 40 \text{ kW}$

9. Wellen

Transversale Wellen:

Bewegung quer zur Ausbreitungsrichtung



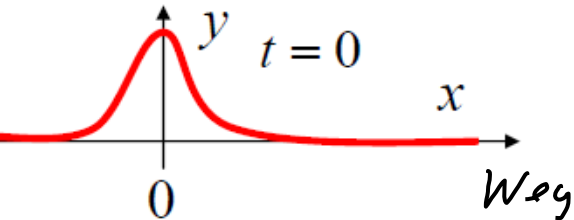
Longitudinale Wellen:

Bewegung parallel zur Ausbreitungsrichtung



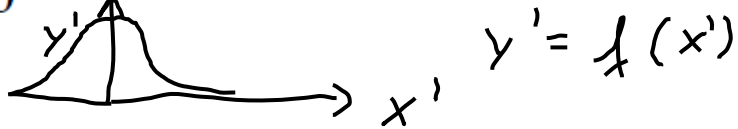
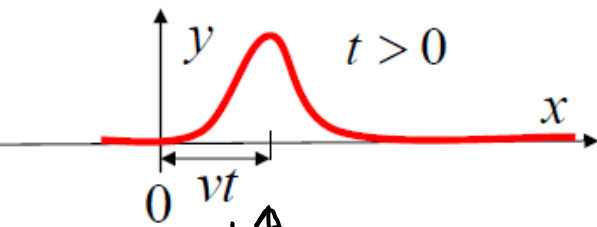
Einzelne Schwingung

Amplitude



$$y = f(x)$$

Funktion: Gestalt des Wellenberges



Verschobenes Koordinatensystem: $y' = y$
 $x' = x - vt$

$$y = f(x - vt)$$

Wellenbewegung in pos. x -Richtung

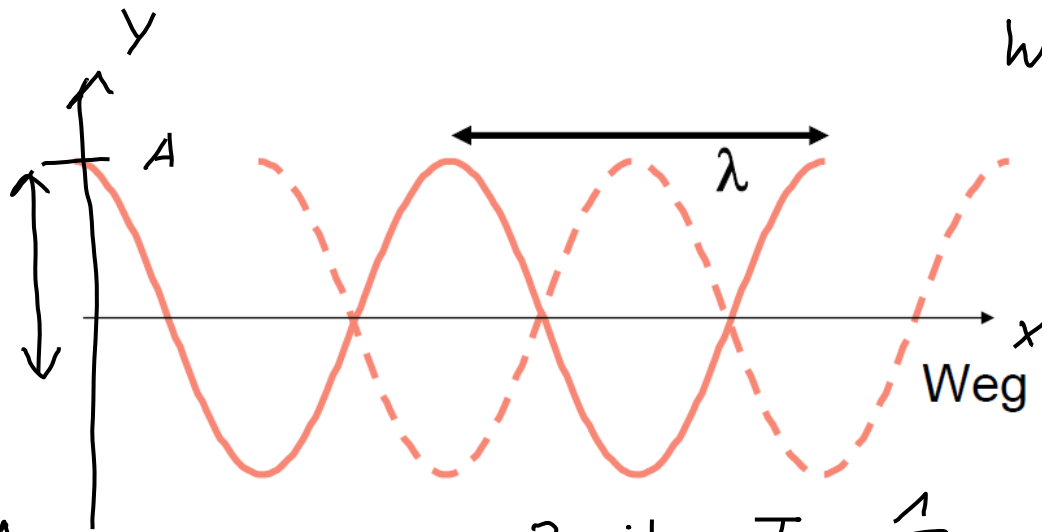
$$y = f(x + vt)$$

Wellenbewegung in neg. x -Richtung

9.1 Periodische Wellen

Alle Wellen können aus der Superposition von harmonischen Wellen erzeugt werden.

Harmonische Welle. Jeder Punkt des Mediums führt eine harmonische Schwingung aus



Wellenlänge λ

Jeder Punkt führt eine harmonische aus

Frequenz ν

Amplitude A

Zeit $T = \frac{1}{\nu}$: Wellengang um eine Strecke λ fortbewegt

Wellengeschwindigkeit $v = \frac{\lambda}{T} = \nu \cdot \lambda$

Anregung
 ν Frequenz

Zusammenfassung

- Stokessches Gesetz (Reibungskraft F_R einer Kugel mit Radius R in viskoser Flüssigkeit η)

$$F_R = 6\pi \eta R v$$

- Reynoldszahl zur Charakterisierung von laminarer/turbulenter Strömung
 - Strömungswiderstand $F_W = c_w A \rho v^2/2$
-

- Transversale Wellen
 - Bewegung quer zur Ausbreitungsrichtung
- Longitudinale Wellen
 - Bewegung parallel zur Ausbreitungsrichtung