

Physik für Biologen und Zahnmediziner

Kapitel 8: Hydrodynamik, Grenzflächen

Dr. Daniel Bick



Universität Hamburg

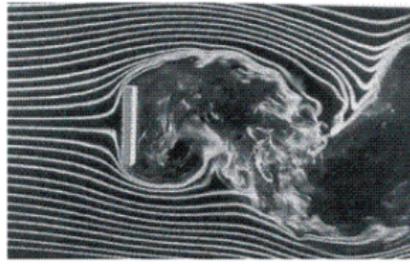
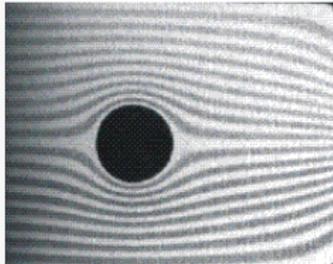
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

01. Dezember 2017

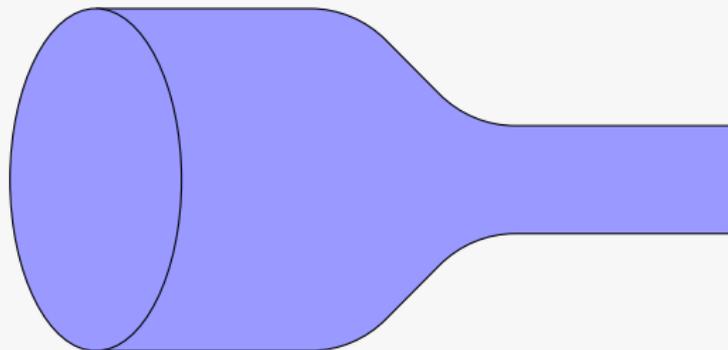
1 Mechanik deformierbarer Körper

- Hydrodynamik
- Turbulenzen
- Grenzflächen

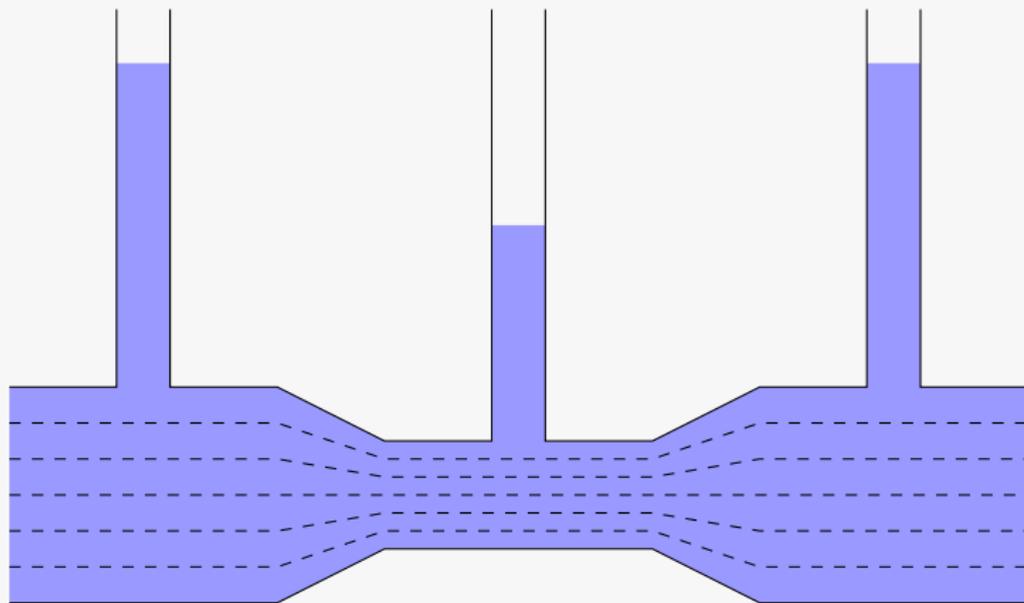
- Lehre von bewegten Flüssigkeiten
 - Wieder idealisiert
 - Inkompressibel
 - Nicht viskos
- Gase verhalten sich oft ähnlich
- ▷ Zusammenfassung zu Fluiden

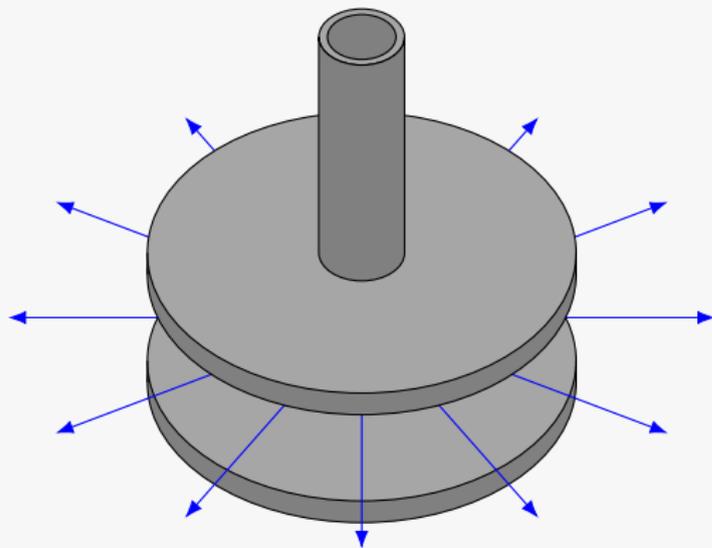


- Für stationäre (zeitlich stabile) Strömung idealer Fluide

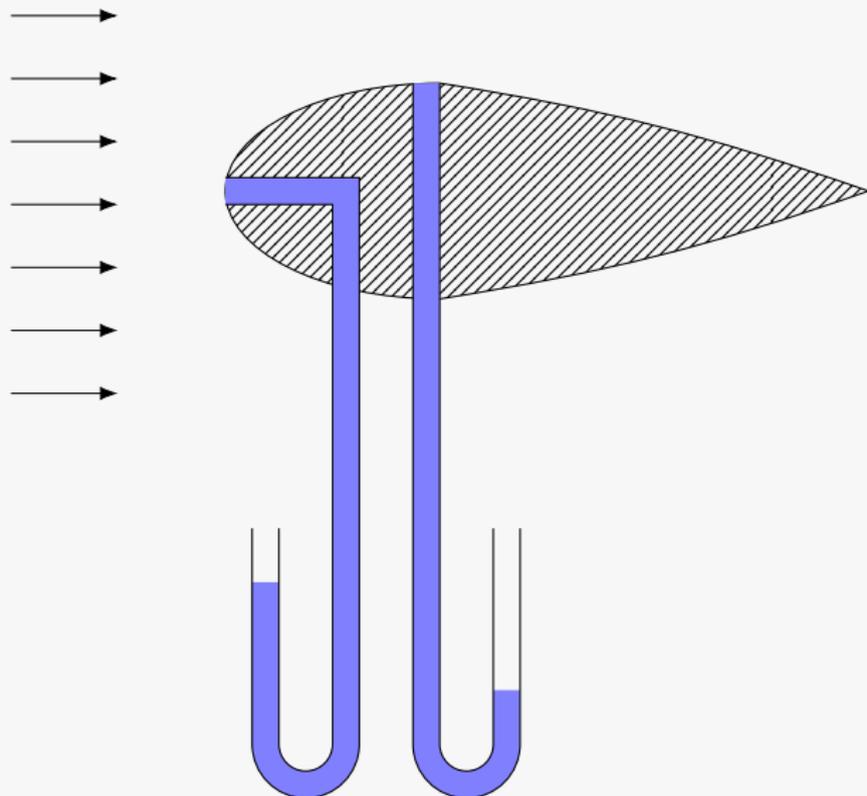


- Stömung wird in Engstellen schneller

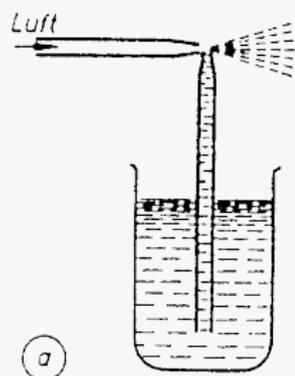




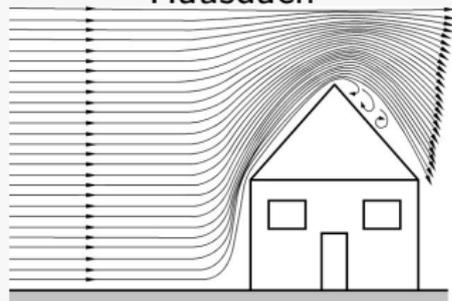
- Reibung mit Umgebungsluft am Rand des Luftstroms



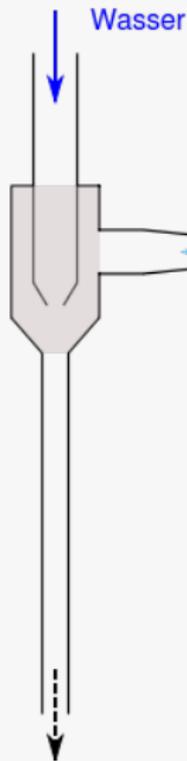
Zerstäuber



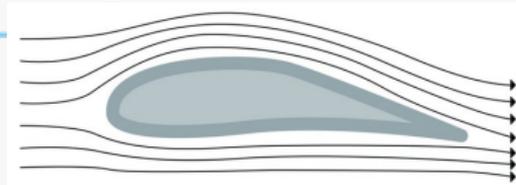
Hausdach



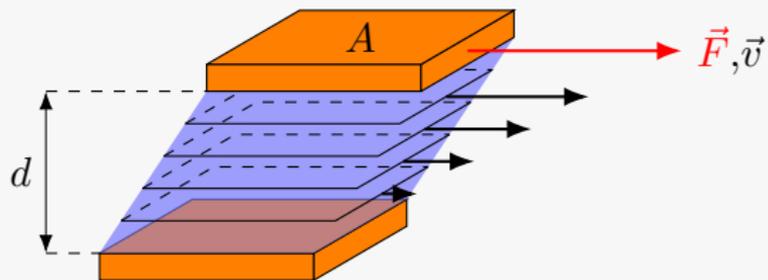
Wasserstrahlpumpe

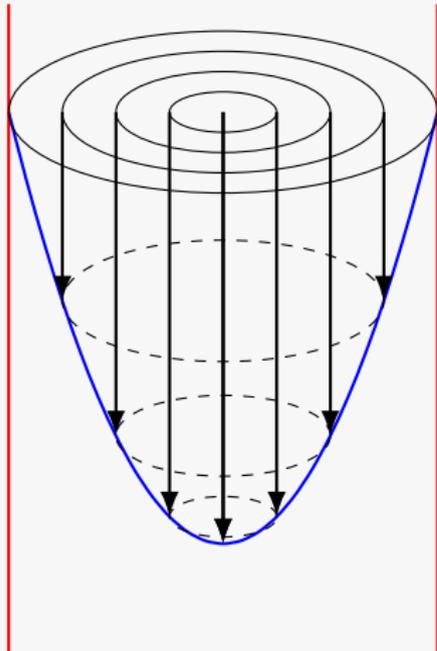


Dynamischer Auftrieb



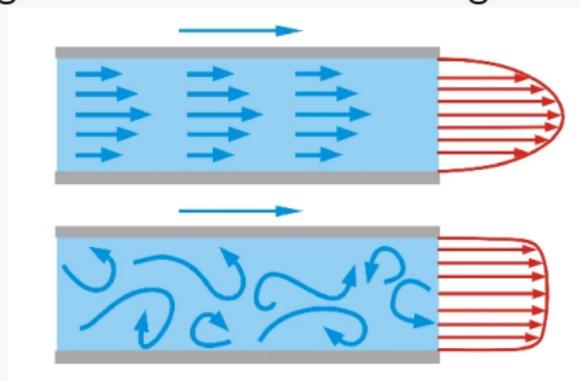
- Reibung wird berücksichtigt → Viskosität
- Wir betrachten weiterhin laminare Strömungen
 - Geschwindigkeit an den zwei Seiten einer Grenzfläche ist gleich





- Damit ein Strom fließt, brauche ich eine Druckdifferenz Δp

Wird eine **kritische Geschwindigkeit** überschritten, wird aus einer **laminaren** Strömung eine **turbulente** Strömung.



- Höhere Geschwindigkeit → mehr Reibung
- **Grenzgeschwindigkeit** hängt ab von:
 - Radius r
 - Viskosität η
 - Dichte ρ

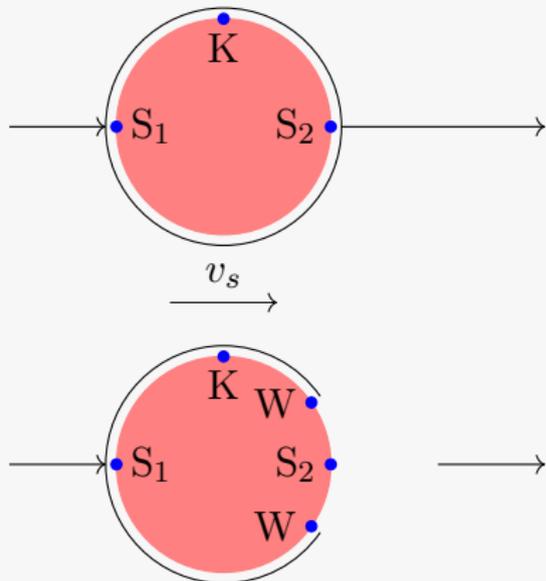
Kennzahl, um Strömungen vergleichbar zu machen:

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot L}{\eta}$$

Charakteristische Größe L ist ein Maß für die Ausdehnung des Gefäßes.
Für ein Rohr:

Turbulente Strömung im Rohr beginnt bei etwa $R_e > R_{e,\text{krit}} \simeq 2200$

Verwirbelungen: die Rotationsenergie muss von der Strömung aufgebracht werden!

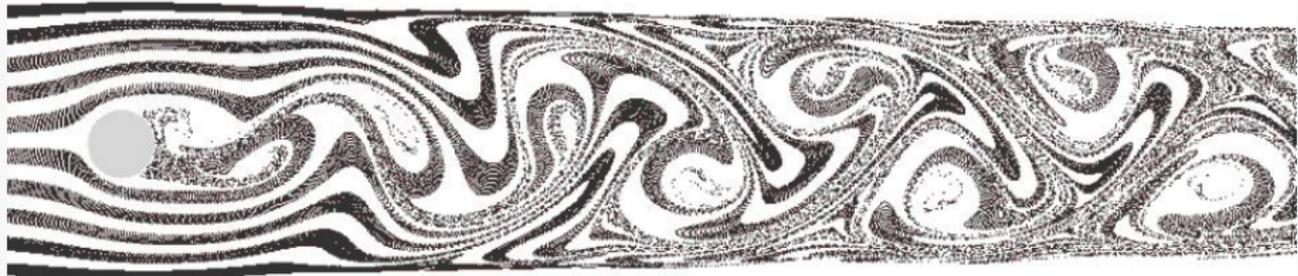


$$v_s < v_{\text{krit}}$$

- Reibung vernachlässigbar
- Bei S_1 und S_2 ist $v = 0$
→ maximale potentielle Energie, da hoher Druck
- Bei K ist $v = v_s$
→ maximale kinetische Energie

$$v_s > v_{\text{krit}}$$

- Reibung in Grenzschicht
- Zwischen S_1 und S_2 geht kinetische Energie verloren
- Teilchen können nicht S_2 , sondern nur W erreichen





$$C_w = 1,33$$

$$C_w = 0,35$$

$$C_w = 1,17$$

$$C_w = 0,4$$

$$C_w = 0,05$$



$$C_w = 0,28 - 0,4$$



$$C_w = 0,6 - 0,9$$



$$C_w = 0,6 - 1,2$$



$$C_w = 0,03$$

Bei Turbulenten Stömungen hängt die Reibungskraft von v^2 ab

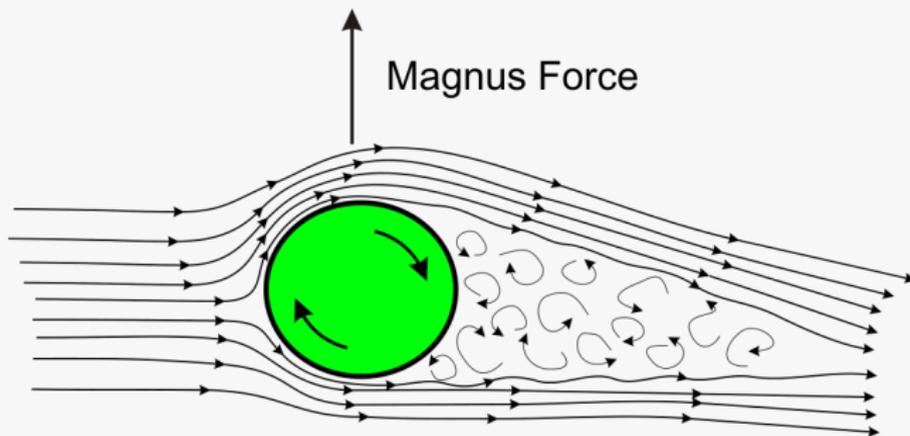


- Vögel verringern Turbulenzen durch die Form ihrer Flügelspitzen
- Mehr Auftrieb und weniger Luftwiderstand bei gleicher Spannweite

Winglets beim Flugzeug

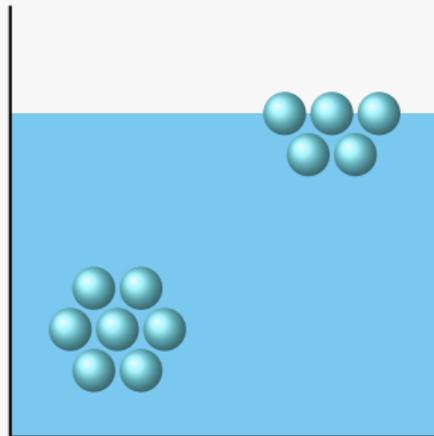
- ca. 5% mehr Auftrieb







Quelle: <http://water.usgs.gov/edu/gallery/adhesion-leaves.html>



Oberflächenspannung Tropfen/Seifenblase (o. Herleitung)

In einem Tropfen oder einer Seifenblase verursacht die Oberflächenspannung einen **Binnendruck**



Tropfen

$$p = \frac{2\sigma}{r}$$



Seifenblase

$$p = \frac{4\sigma}{r}$$

A Die große Seifenblase wird größer und die kleine kleiner.

B Die große Seifenblase wird kleiner und die kleine größer, bis sie gleich groß sind.

C Die Seifenblasen platzen sofort.

D Es passiert nichts.



<https://arsnova.eu/mobile/#id/80394860>

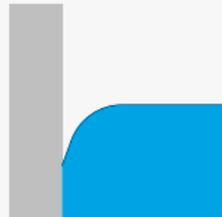
Adhäsion

Wirkung zwischenmolekularer Kräfte zwischen Flüssigkeit und Festkörper

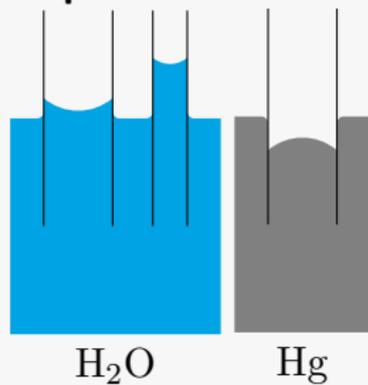
Benetzende Flüssigkeit



Nicht benetzende Flüssigkeit



Kapillare: sehr dünne Röhre





Viele kleine Erhebungen → große Oberfläche