

Physik für Studierende der Medizin im 1. Fachsemester

(PFMF-V); 09410100

Dienstag mit Freitag 8.15-9.00

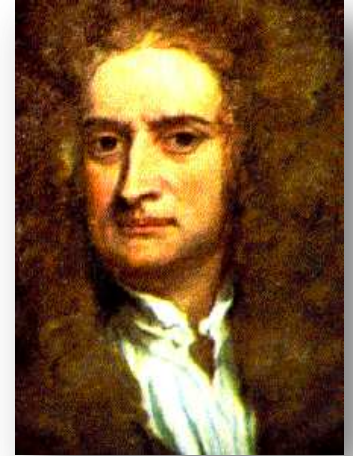
Mechanik Teil 3 am 16.04.2021



Dr. Simon Moser
Lehrstuhl für Exp. Physik IV
Universität Würzburg
simon.moser@physik.uni-wuerzburg.de



Wiederholung: Newton's Gesetze



I. Newton Axiom (Trägheitsprinzip)

Jeder Körper verharrt im Zustand der Ruhe oder der geradlinig gleichförmigen Bewegung, wenn er nicht durch äußere Kräfte gezwungen wird, diesen Zustand zu ändern.

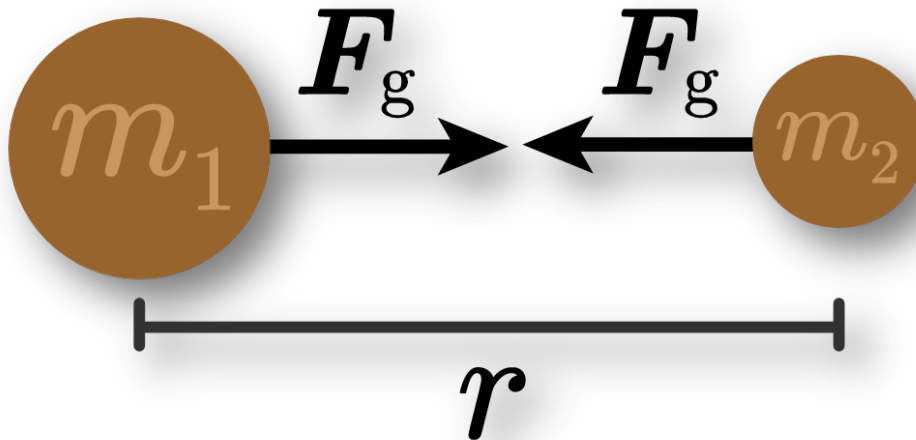
II. Newton Axiom (Aktionsprinzip)

Die Beschleunigung \mathbf{a} , die ein frei beweglicher Körper erfährt ist umgekehrt proportional zu seiner Masse m und direkt proportional zu der auf ihn wirkenden (resultierenden) Kraft \mathbf{F}

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$\text{Einheit [F]} = 1N = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

2.2 Kräfte: Gravitationskraft



Eigenschaften

- ① Unsichtbar
- ② Kontaktlos
- ③ Über die Distanz
- ④ Attraktiv = anziehend
- ⑤ Stärke sehr gering

$$F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

m_1	= Masse des Körpers 1
m_2	= Masse des Körpers 2
r	= Abstand der beiden Körper
G	= Gravitationskonstante = $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg s}^2)$



2.2 Kräfte: Gewichtskraft

$$F_g = G \cdot \frac{M_E \cdot m}{R_E^2}$$

M_E = Masse der Erde = $5,97 \cdot 10^{24}$ kg
 m = Masse des Körpers
 R_E = Radius der Erde = 6371 km
 G = Gravitationskonstante
= $6,67 \cdot 10^{-11}$ m³/(kg s²)

Die Kraft, die die Gravitation der Erde auf einen Körper ausübt, nennt man Gewichtskraft F_g :

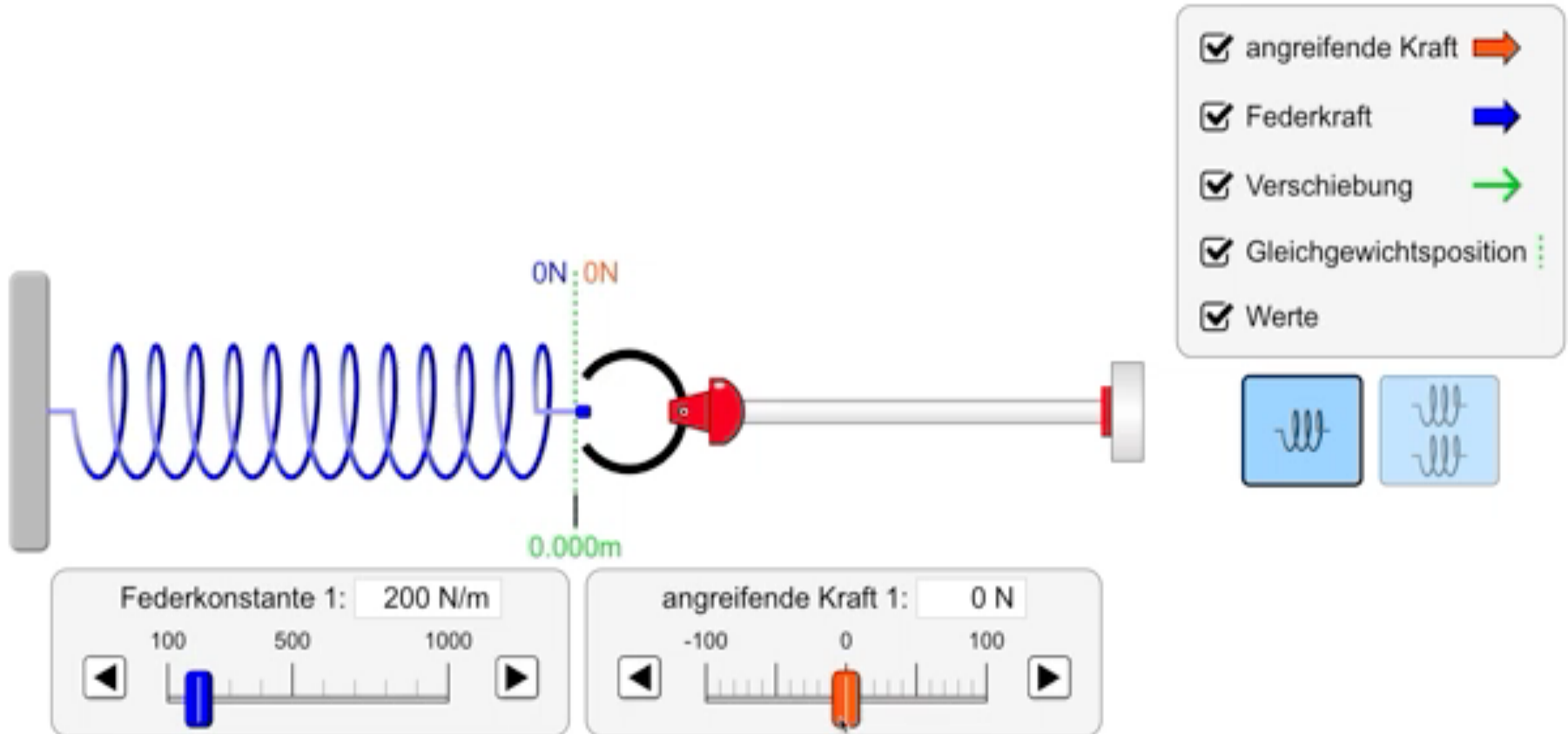
Gewichtskraft: $F_g = m \cdot g$

g = Erdbeschleunigung, Erdoberfläche: $g = 9.81$ m/s²



2.3 Kräfte: Messen von Kräften

Elastische Kraft einer Schraubenfeder



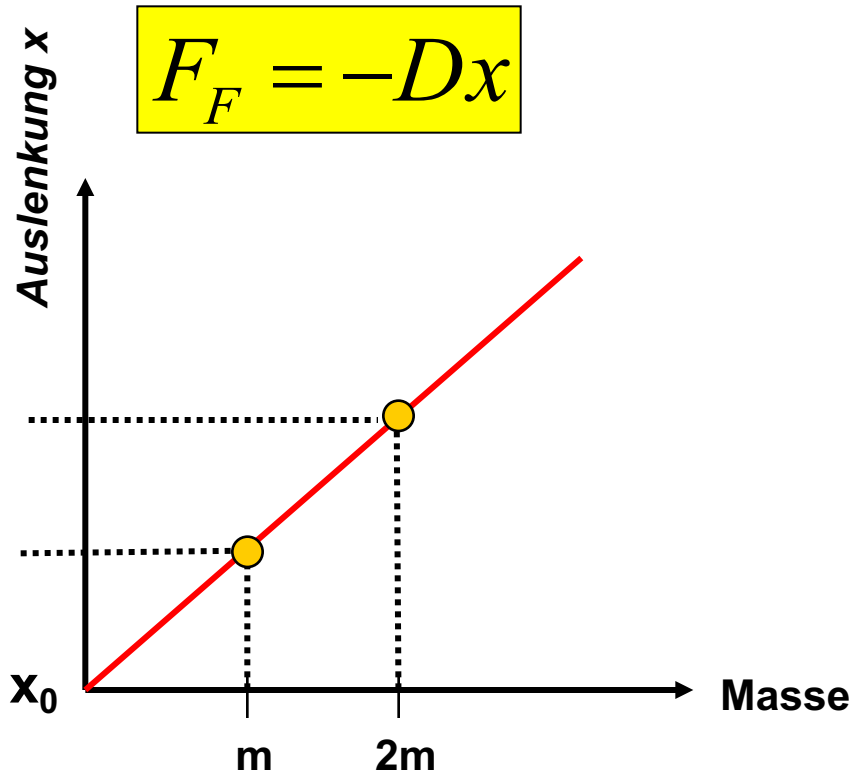
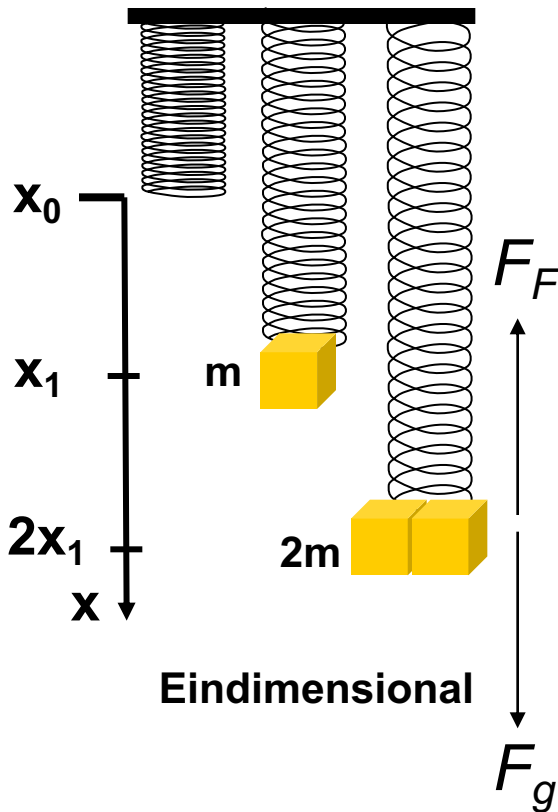
Federdehnung = Auslenkung ist proportional zur angreifenden Kraft

2.3 Kräfte: Messen von Kräften

Elastische Kraft einer Schraubenfeder (Verformung von Körpern)

Elastische Kraft einer Feder ist proportional zur Auslenkung:
Hook'sches Gesetz

Feder



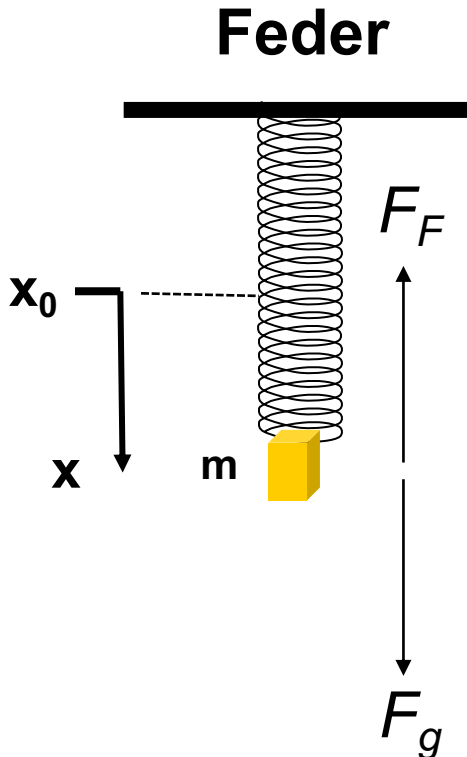
2.3 Kräfte: Messen von Kräften

Elastische Kraft einer Schraubenfeder (Verformung von Körpern)

Elastische Kraft einer Feder ist proportional zur Auslenkung:

Hook'sches Gesetz

$$F_F = -Dx$$



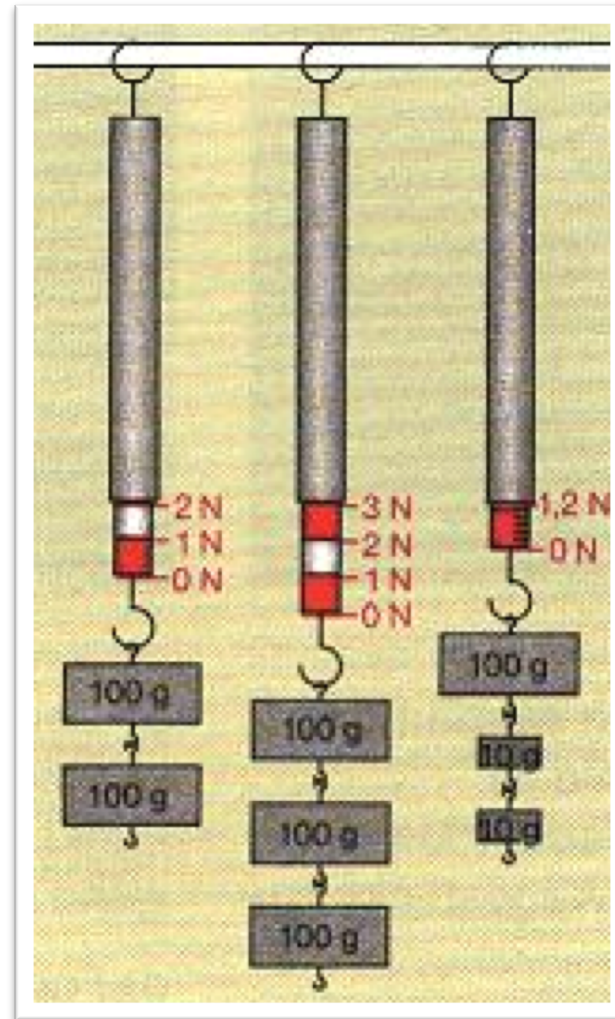
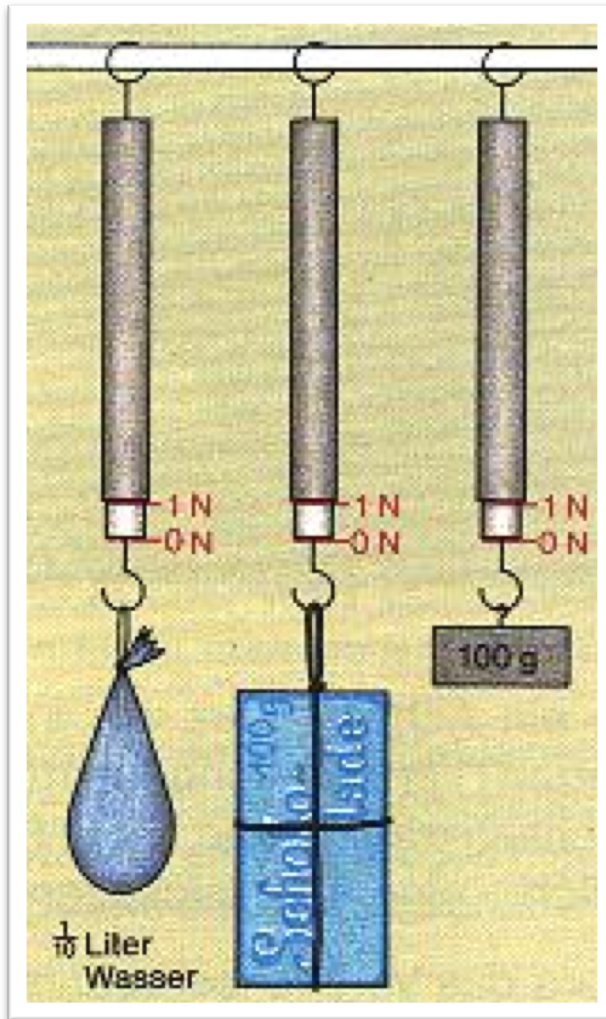
Kräfte, die an der Masse angreifen bei Ruhelage:

$$F_g + F_F = mg - Dx = 0$$

Die Auslenkung x kompensiert die Gewichtskraft !

2.3 Kräfte: Messen von Kräften

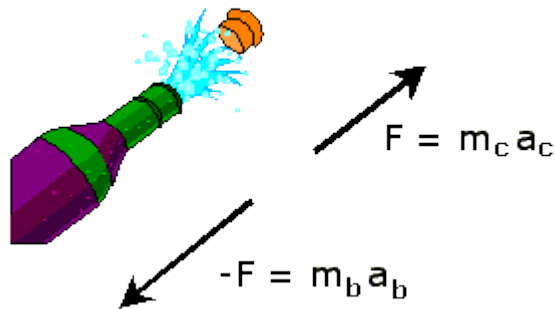
Kraftmesser: Elastische Kraft einer Schraubenfeder



2. Kräfte: Axiome von Newton

III. Newton Axiom (Reaktionsprinzip: *Actio gleich Reactio*)

Wirken zwischen zwei Körpern Kräfte, so ist die Kraft \mathbf{F}_{12} , die der Körper 1 auf den Körper 2 ausübt, dem Betrag nach gleich, der Kraft \mathbf{F}_{21} , die vom Körper 2 auf den Körper 1 wirkt, aber entgegengesetzt groß



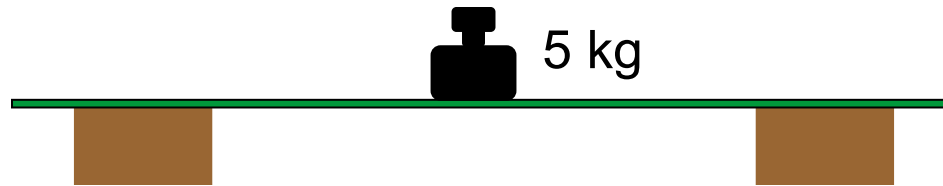
Kraft (actio) und Gegenkraft (reactio) greifen immer an zwei verschiedenen Körpern an !

2. Kräfte: Axiome von Newton

III. Newton Axiom (Reaktionsprinzip: *Actio gleich Reactio*)

Das Prinzip von Kraft und Gegenkraft gilt auch, wenn keine Beschleunigungen auftreten:

Versuch: Durchbiegung einer mit Gewicht belasteten Tischplatte



Die Gewichtskraft der Masse wirkt auf den Balken (Kraft zeigt nach unten)

Die Durchbiegung des Balkens (elastische Verformung) bewirkt Kraft auf das Gewichtsstück. (Kraft zeigt nach oben).

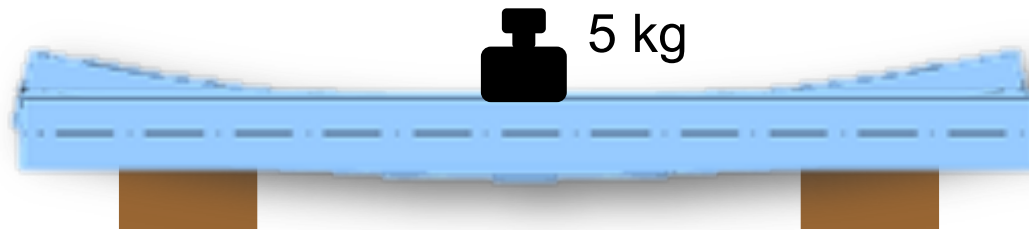
Actio = Reactio

2. Kräfte: Axiome von Newton

III. Newton Axiom (Reaktionsprinzip: *Actio gleich Reactio*)

Das Prinzip von Kraft und Gegenkraft gilt auch, wenn keine Beschleunigungen auftreten:

Versuch: Durchbiegung einer mit Gewicht belasteten Tischplatte



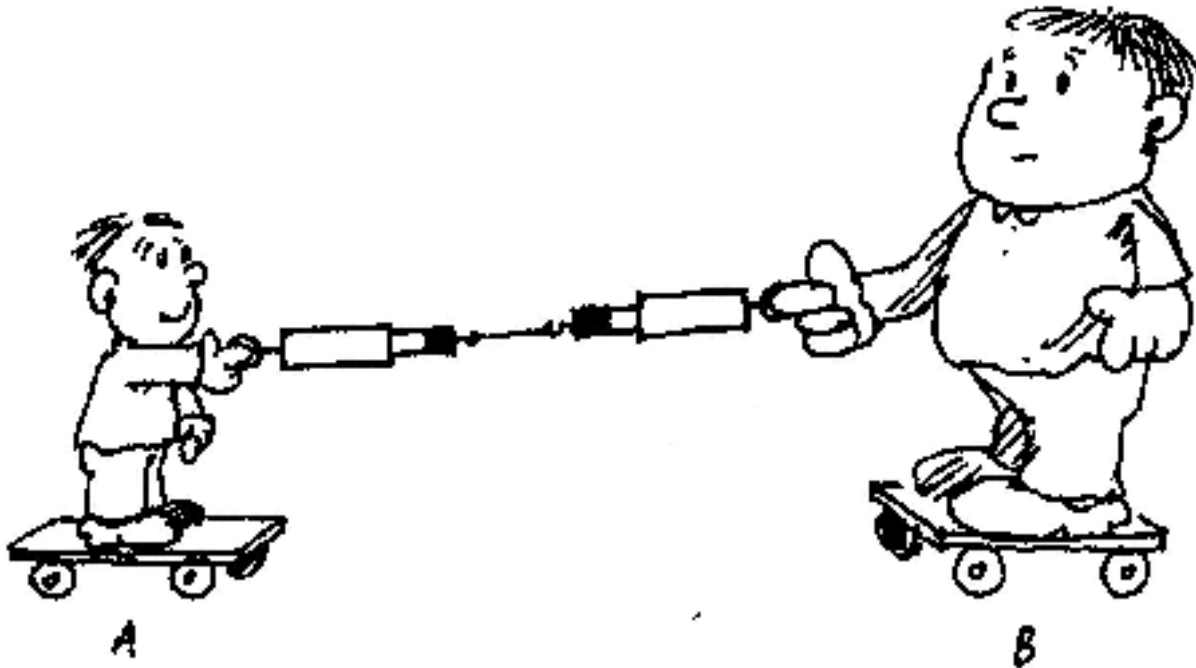
Die Gewichtskraft der Masse wirkt auf den Balken (Kraft zeigt nach unten)

Die Durchbiegung des Balkens (elastische Verformung) bewirkt Kraft auf das Gewichtsstück. (Kraft zeigt nach oben).

Actio = Reactio

2. Kräfte: Axiome von Newton

III. Newton Axiom (Reaktionsprinzip: *Actio gleich Reactio*)

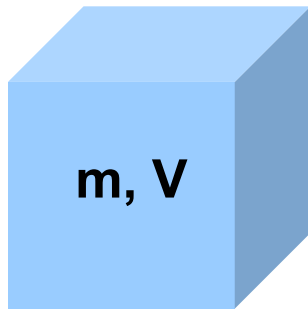


Ob Groß, ob Klein, ein jeder schafft
beim Ziehen hier mit gleicher Kraft.

Actio = Reactio

2.4 Dichte

Dichte ρ eines Körpers ist die Masse m des Körpers pro Volumen V



$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\text{Einheit } [\rho] = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$



- Dichte ρ wird manchmal auch **spezifische Masse** genannt.
- Dichte von H_2O (bei 4°C) = 10^3kg/m^3 (SI); $1,00 \text{kg/L}$
- Dichte des menschlichen Körpers?

Einige Zahlenwerte:

- | | | | |
|----------|---------------------------------|-------------------|---------------------------|
| - Eisen: | $7,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ | - Schwarzes Loch: | 10^{19} kg/m^3 |
| - Erde: | $5,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ | - Weltall: | 10^{-20} kg/m^3 |

2.5 Kräfte in Flüssigkeiten, Druck

Kraft pro Fläche nennt man Druck p

$$p = \frac{F}{A}$$

$$\text{Einheit } [p] = 1 \frac{N}{m^2} = 1 \text{ Pascal} = 1 \text{ Pa}$$

Beispiele:

TV-Röhre = 10^{-4} Pa

Luftdruck = 100.000 Pa

Bleistiftabsatz = 10^7 Pa

Hammer & Nagel = 10^{10} Pa

Druck „Erddinnere“ = 10^{12} Pa

Verschiedenste andere Druckeinheiten:

$$1 \text{ Bar} = 10^5 \text{ N} / \text{m}^2 = 100 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ Bar} = 0,987 \text{ Atmosphäre} = 0,987 \text{ Atm}$$



In der Medizin noch von Bedeutung (Blutdruckmesswerte):

$$1 \text{ Millimeter Quecksilber} = 1 \text{ mm Hg} =$$

$$1 \text{ Torr} = 133,3 \text{ Pa} \approx 1.3 \text{ mbar}$$

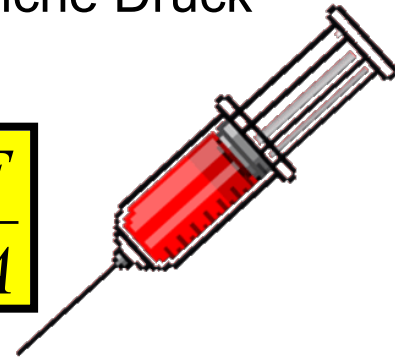
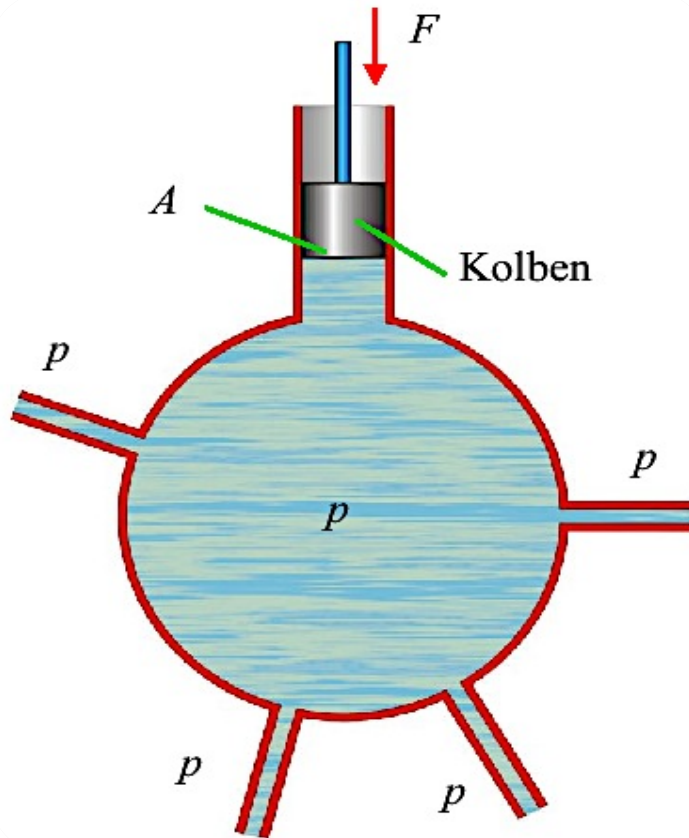
2.5 Kräfte in Flüssigkeiten, Druck

Im Inneren und an der Grenzfläche einer Flüssigkeit (unter der Vernachlässigung der Schwerkraft) herrscht überall der gleiche Druck (Stempel- oder Kolbendruck)

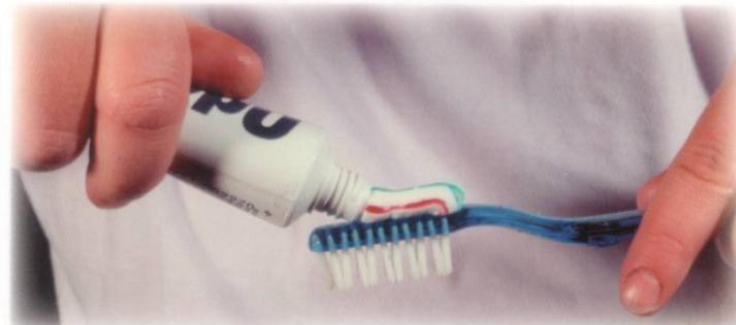
$$\text{Druck} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}} = \frac{F}{A}$$

$$[p] = 1 \text{ N/m}^2 = \text{Pa}$$

In einem geschlossenen Volumen breitet sich der Druck allseitig aus, dabei sei die Gravitation vernachlässigt.



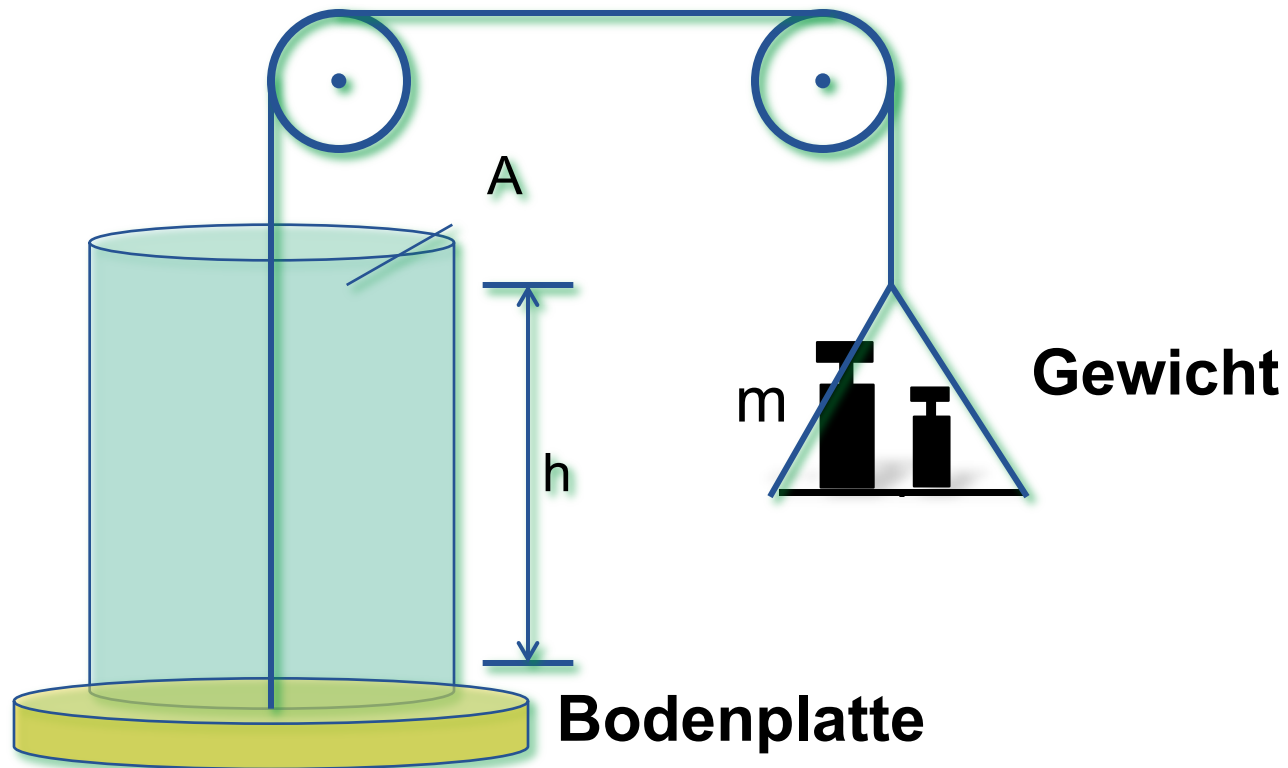
p ist an allen Auslässen gleich groß



2.5 Kräfte in Flüssigkeiten, Druck

Druck in einer Flüssigkeit (Schweredruck)

Steht in einem Rohr eine Flüssigkeitssäule der Höhe h , so bewirkt ihr Gewicht G eine Kraft F auf den Boden des Gefäßes.

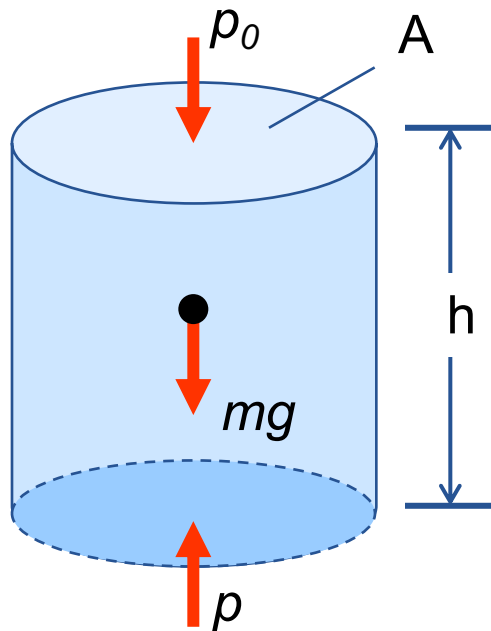


2.5 Kräfte in Flüssigkeiten, Druck

Druck in einer Flüssigkeit (**Schweredruck**)

Wenn ein Körper in eine Flüssigkeit (Gas) getaucht wird, dann bewirkt die Flüssigkeit (Gas) eine Kraft, die an jeder Stelle senkrecht zur Oberfläche des Körpers steht

- **Stichwort:** Taucher, Flugzeug



Masse der Wassersäule:

$$m = \rho \cdot A \cdot h$$

Gewichtskraft der Wassersäule:

$$F_G = m \cdot g = \rho \cdot A \cdot h \cdot g$$

2.5 Kräfte in Flüssigkeiten, Druck

Druck in einer Flüssigkeit (Schweredruck)

Resultierender Schweredruck:

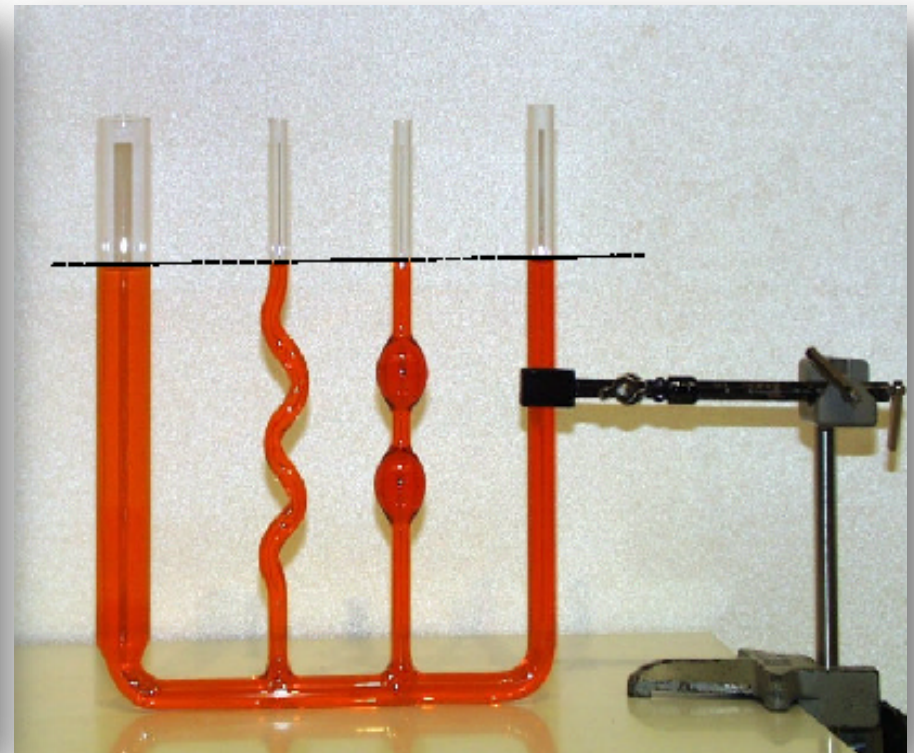
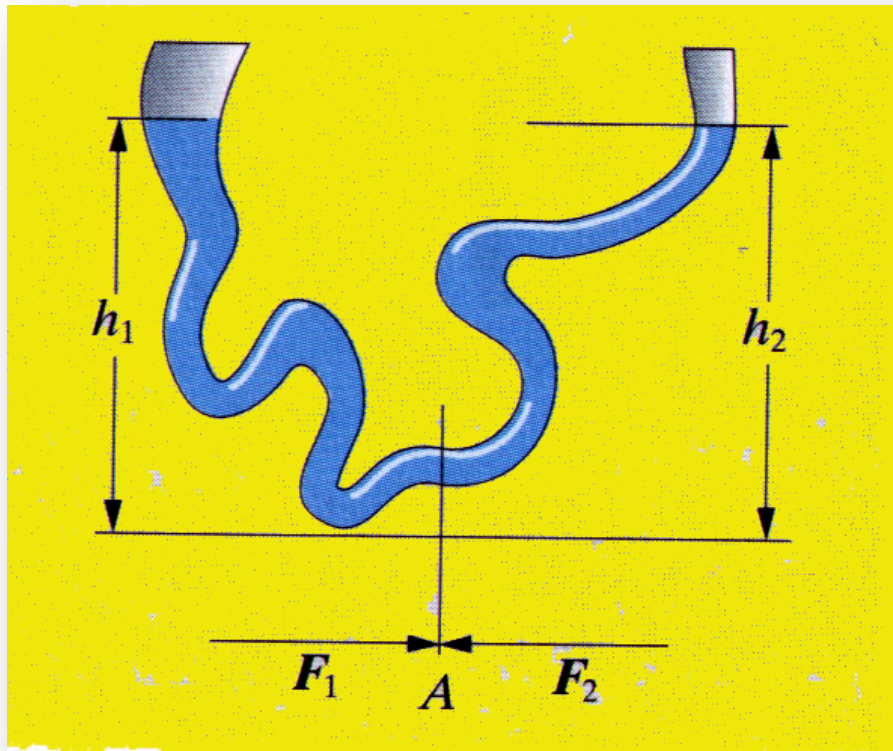
$$p = \frac{F_G}{A} = \frac{\rho \cdot A \cdot h \cdot g}{A} = \rho \cdot g \cdot h$$

Bsp.: Schweredruckanstieg bei 10 m Wassertiefe = 1Atm \approx 1 bar

- 1) Der Druck in einer Flüssigkeit nimmt mit zunehmender Tiefe zu
- 2) Der Druck in einer Flüssigkeit ist die Summe aus dem äußeren Kolbendruck und dem Schweredruck

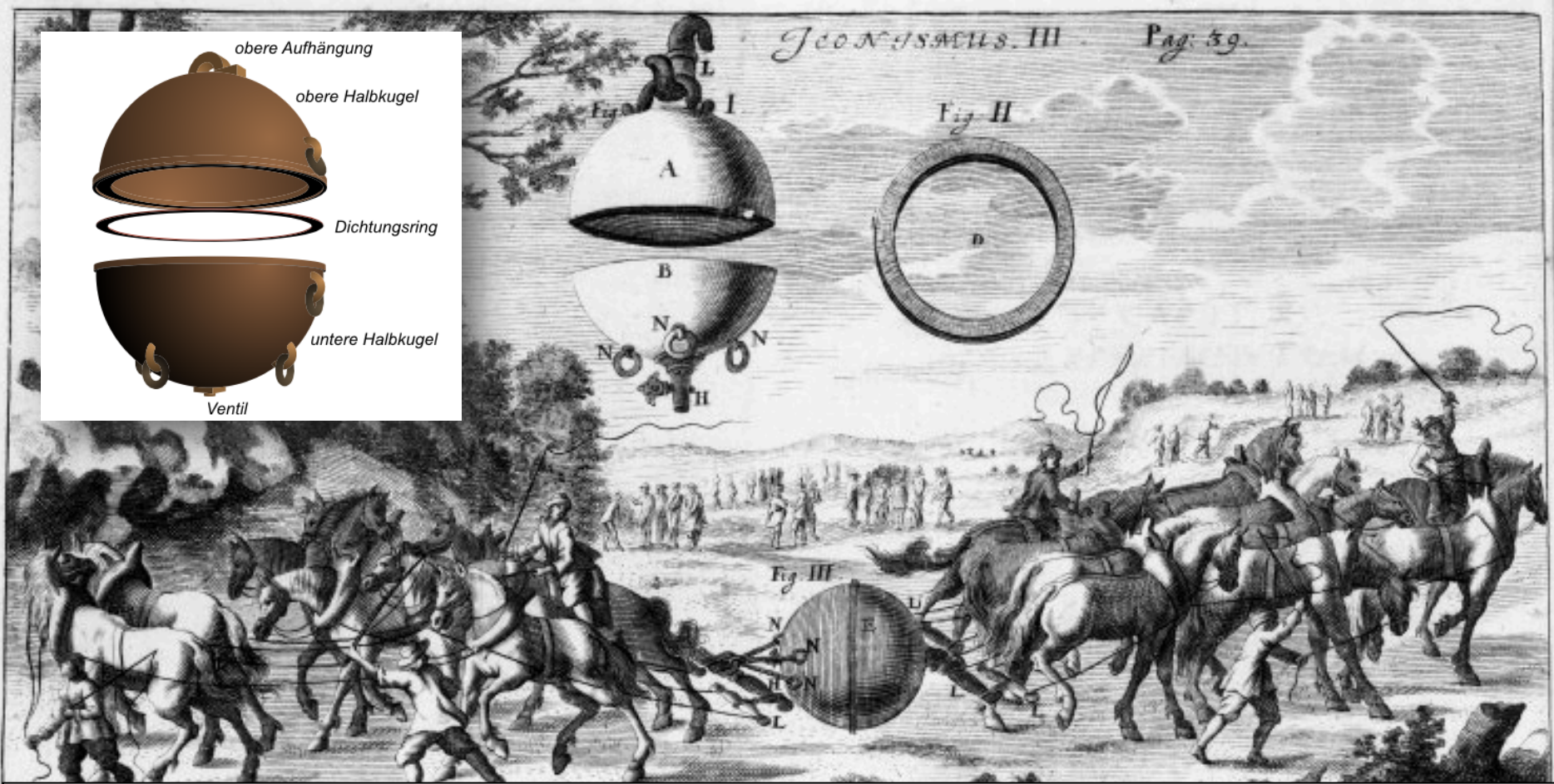
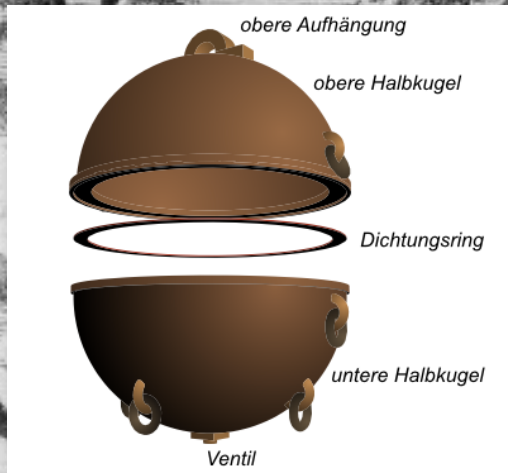
2.5 Kräfte in Flüssigkeiten, Druck

Druck in einer Flüssigkeit (Schweredruck)
(Hydrostatisches Paradoxon)



Der Druck ist allseitig gleich und unabhängig von der Gefäßform !!!

2.5 Schweredruck der Luft: Magdeburger Halbkugeln



- ① Magdeburger Bürgermeister Otto von Guericke (1645) führte Experimente mit Vakuumpumpen durch
- ② 16 Pferde können zwei evakuierte Halbkugelschalen nicht auseinanderziehen

2.5 Schweredruck der Luft

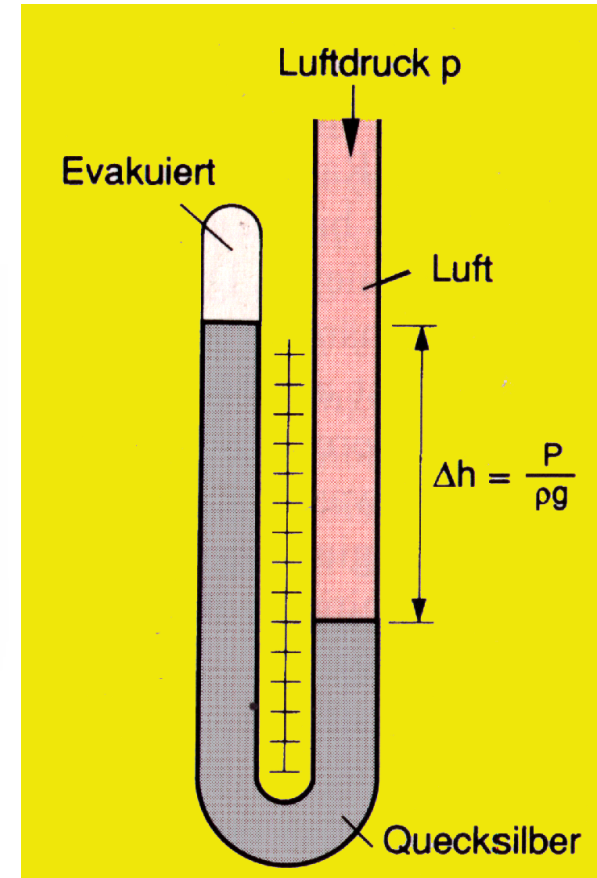
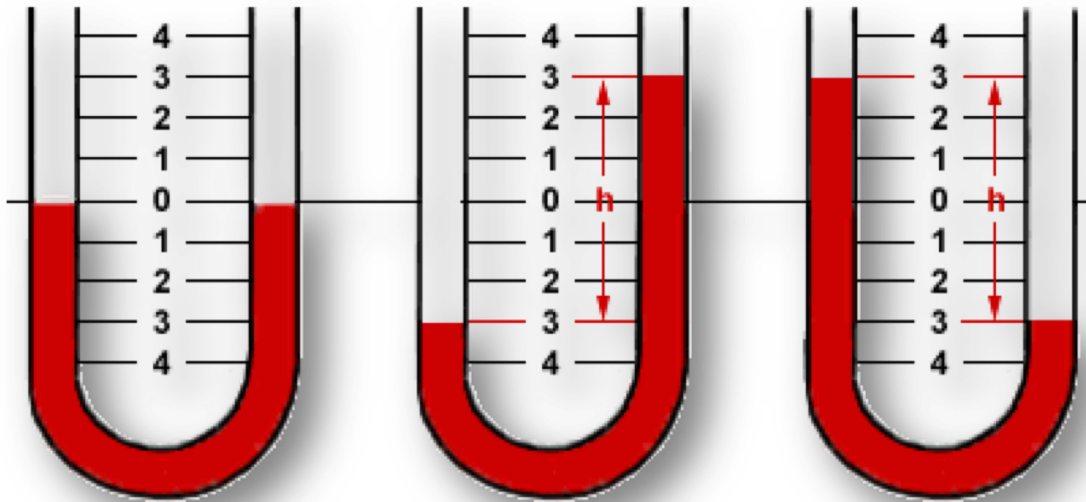


Experiment für zuhause !!!

2.5 Kräfte in Flüssigkeiten, Druck

Druckmessung mit einem U-Manometer

$$p = \rho g h$$



Nebenbemerkung:

1 Torr = Druck von 1 mm Hg-Säule = 133.3 Pa = 1.333 hPa = 1.333 mbar