

# Physik für Studierende der Medizin im 1. Fachsemester

(PFMF-V); 09410100

Dienstag mit Freitag 8.15-9.00

## Mechanik Teil 4 am 20.04.2021



Dr. Simon Moser  
Lehrstuhl für Exp. Physik IV  
Universität Würzburg  
[simon.moser@physik.uni-wuerzburg.de](mailto: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)

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

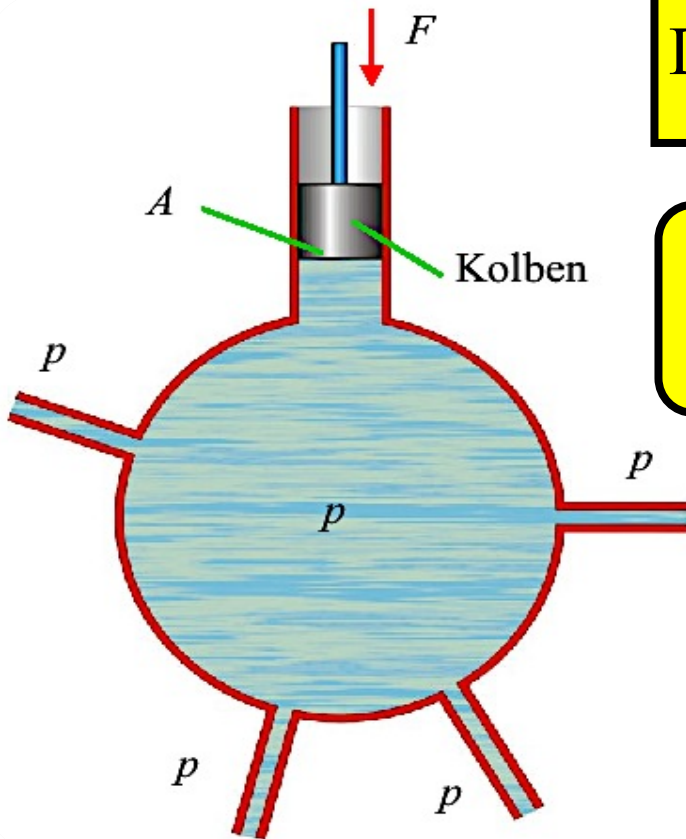
Die Beschleunigung  $\mathbf{a}$ , die ein frei beweglicher Körper erfährt ist umgekehrt proportional zu seiner Masse  $m$  und direkt proportional zu der auf ihn wirkenden (resultierenden) Kraft  $\mathbf{F}$

## 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.

$$\mathbf{F}_{12} = - \mathbf{F}_{21}$$

# Wiederholung:



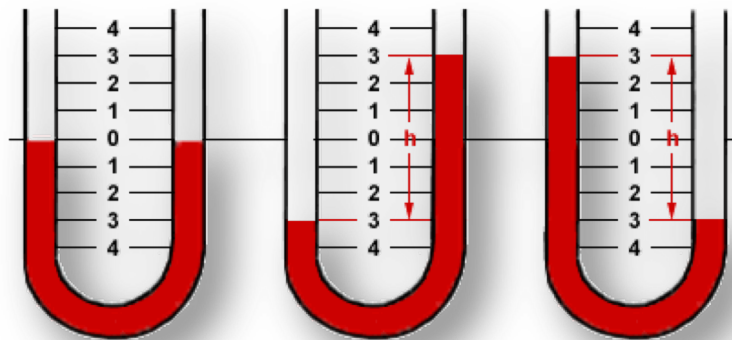
$$\text{Druck} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}} = \frac{F}{A}$$

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

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

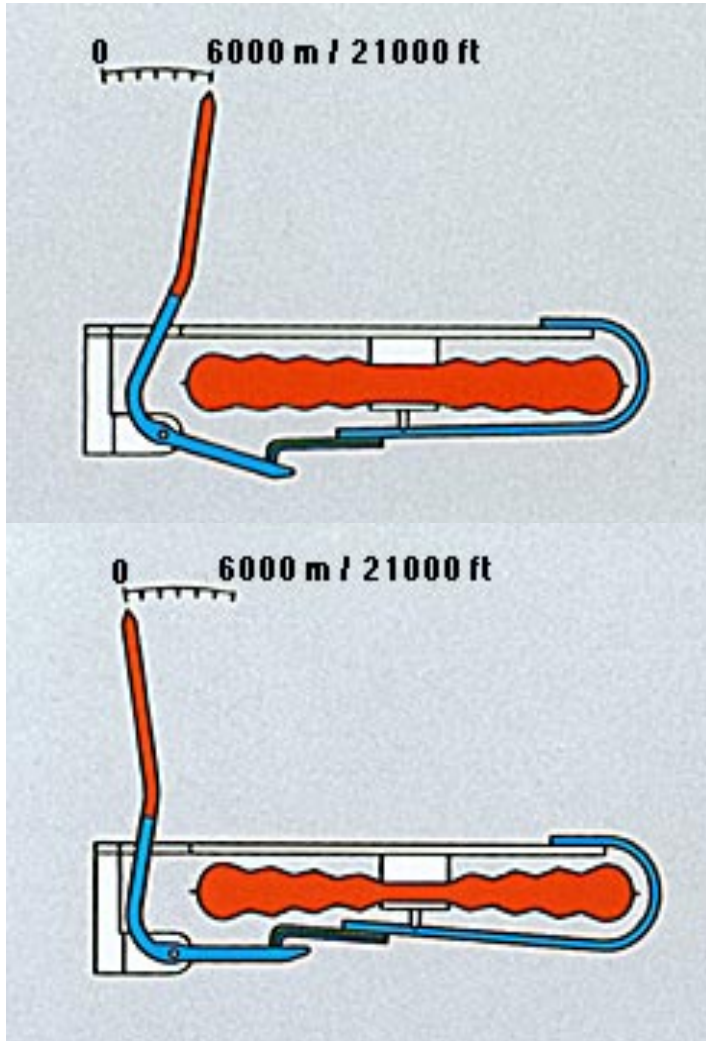
Schweredruck:

$$p = \rho g h$$



# 2.5 Kräfte in Flüssigkeiten, Druck

## Druckmessung mit einem Federbarometer:

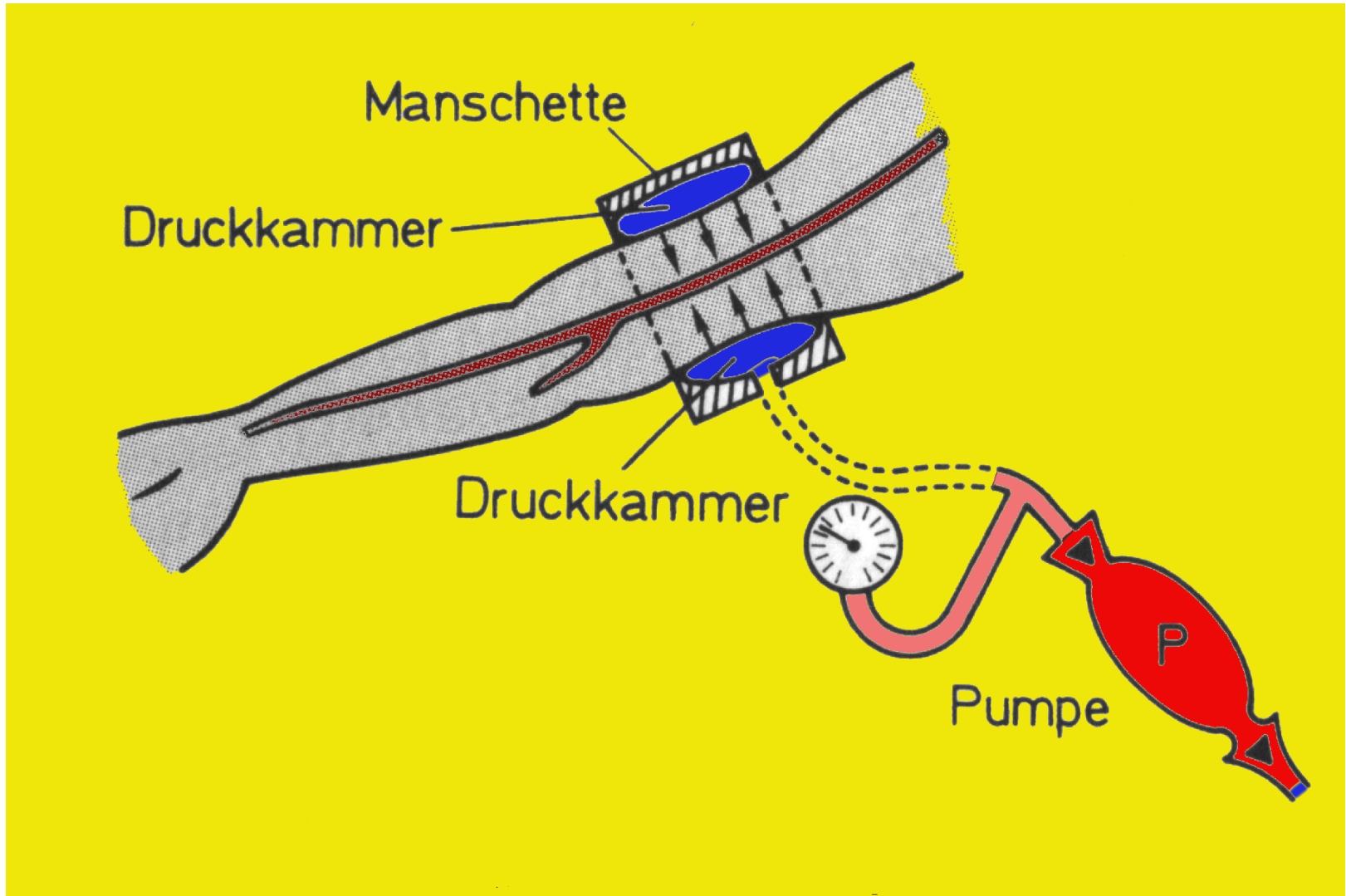


### Prinzip:

Eine luftleere Dose wird durch den Luftdruck mehr oder weniger stark zusammengedrückt und setzen das „Ausbeulungsverhalten“ in einen Zeigerausschlag um

## 2.5 Blutdruckmessung

Blutdruckmessung (Riva Rocci 1895) erfolgt indirekt:



## 2.5 Blutdruckmessung

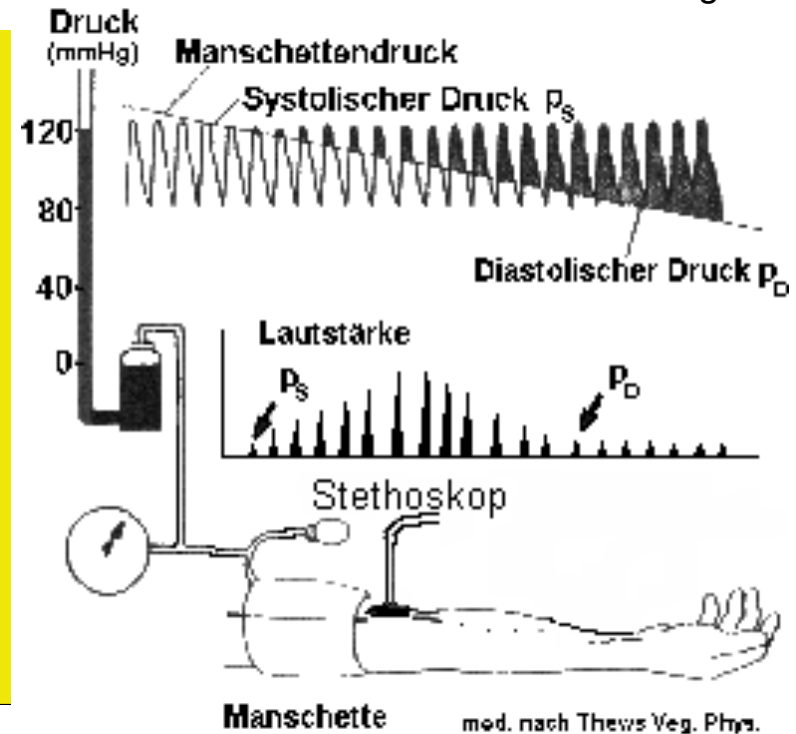
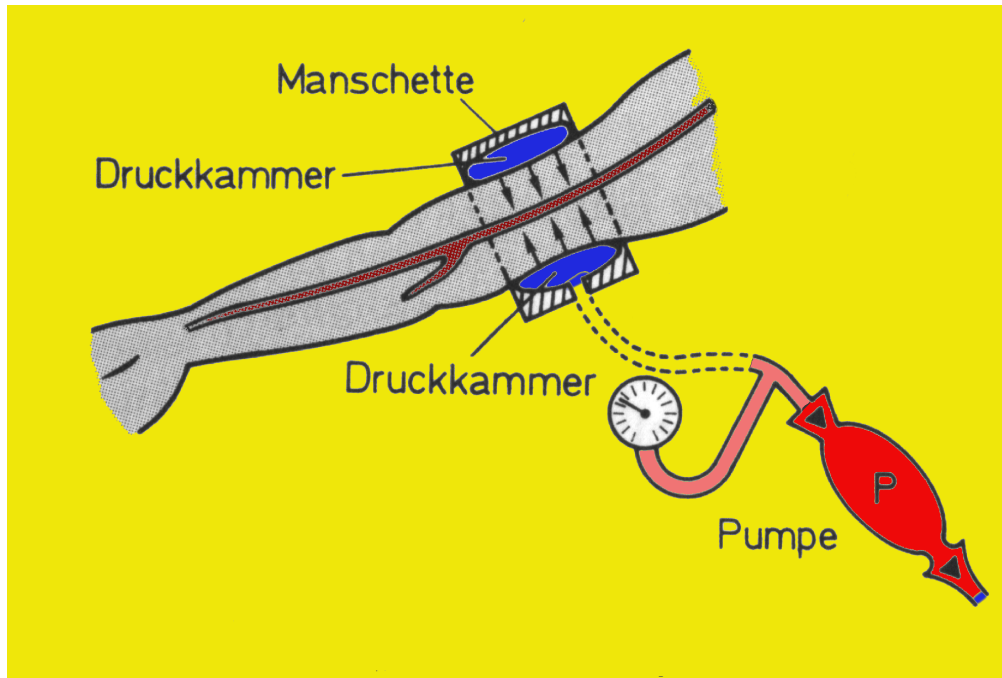


Warum gibt es beim Blutdruck zwei Werte? | Wissen macht Ah! | DAS ERSTE | WDR

# 2.5 Blutdruckmessung

Blutdruckmessung (Riva Rocci 1895) erfolgt indirekt

120 mmHg Druckablass:  
2-3 mmHg/s  
80 mmHg



- ① Arterie wird zusammengepresst: Wenn der äußere Druck größer ist als der innere Blutdruck plus der Druck der Gefäßwand, fließt kein Blut
- ② Befühlen des Pulses (Palpationsmethode)
- ③ Abhören in der Ellenbeuge (Auskultationsmethode)

# Wdh.: Schweredruck

Druck in einer ruhenden Flüssigkeit (Schweredruck)

Resultierender  
Schweredruck:

$$p(h) = \rho \cdot g \cdot h$$

Der Druck in einer Flüssigkeit nimmt  
linear mit zunehmender Tiefe zu!

Welche Konsequenzen hat das?



# 2.6 Auftriebskraft

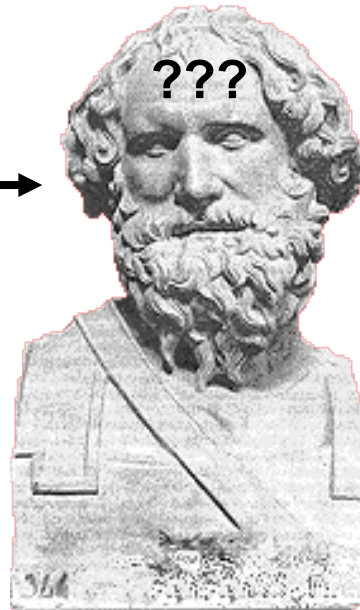
## Auftriebsmethode nach Archimedes



Goldene Krone ???



Hiero II,  
König von Syrakus  
306-215 BC

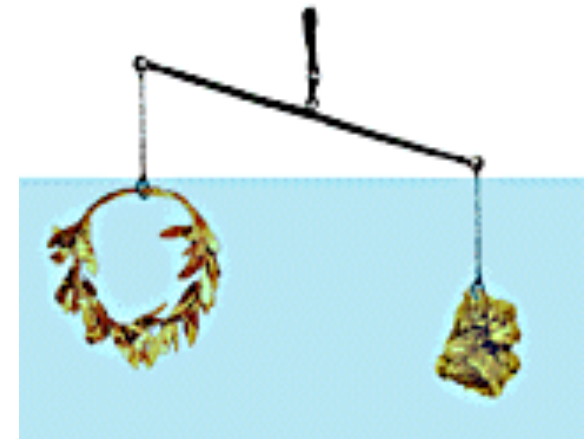


Archimedes  
287-212 BC

HEUREKA



Wiegen in Luft



Wiegen in Wasser

## 2.6 Auftriebskraft

### Gesetz des Archimedes:

Die Auftriebskraft ist so groß wie das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit bzw. des verdrängten Gases.

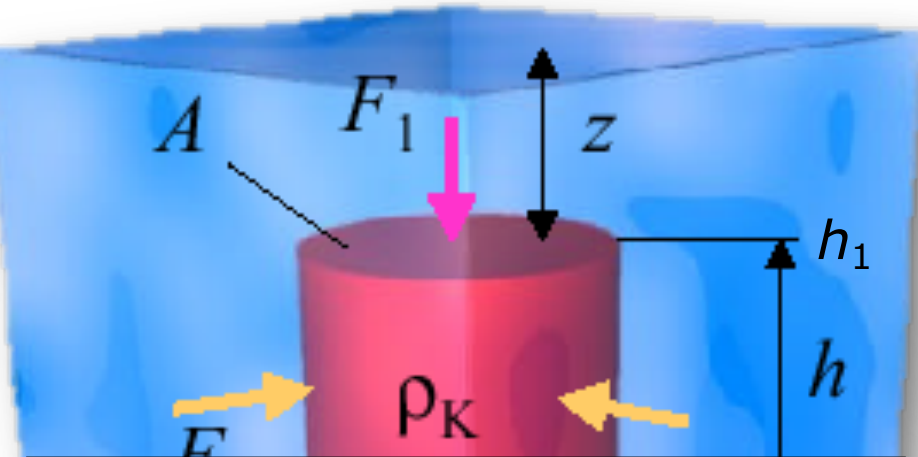


### In anderen Worten

Die Auftriebskraft  $F_A$  eines Körpers mit einem Volumen  $V_K$  in einer Flüssigkeit ist dem Betrag nach genauso groß wie die Gewichtskraft  $F_{Fl}$  des vom Körper mit dem Volumen  $V_K$  verdrängten Flüssigkeitsvolumens

## 2.6 Auftriebskraft

Zunahme des Schweredruckes mit der Tiefe führt zu einer aufwärts gerichteten Kraft:



### Gesetz des Archimedes:

Die Auftriebskraft ist so groß wie das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit bzw. des verdrängten Gases.

Kraft in der Tiefe  $h_1$  auf die Fläche  $A$

$$F_1 = p_1 \cdot A = \rho_{Fl} \cdot g \cdot h_1 \cdot A$$

Kraft in der Tiefe  $h_2$  auf die Fläche  $A$

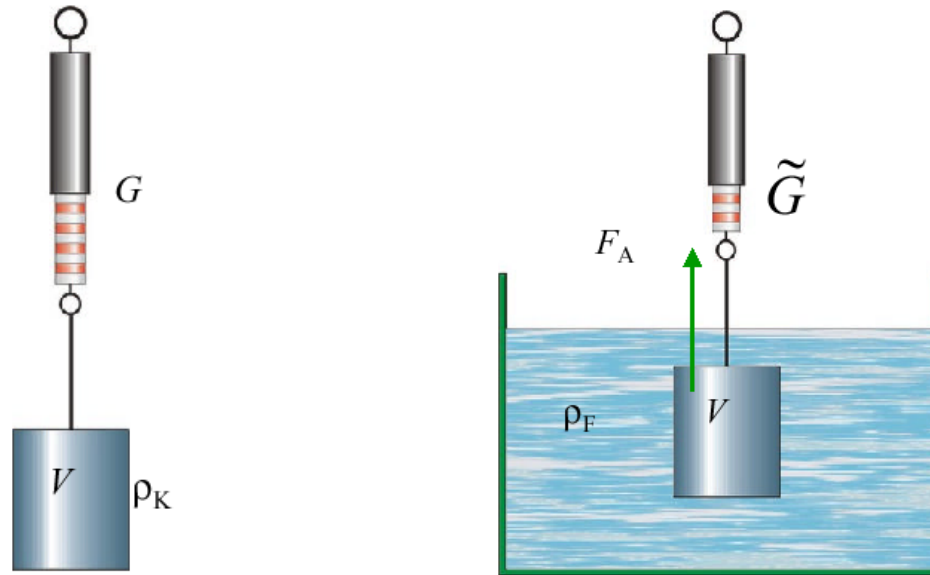
$$F_2 = p_2 \cdot A = \rho_{Fl} \cdot g \cdot h_2 \cdot A$$

Auftriebskraft = Differenz der Kräfte:

$$\begin{aligned} F_A &= F_2 - F_1 = (p_2 - p_1) \cdot A \\ &= \rho_{Fl} \cdot g \cdot (h_2 - h_1) \cdot A \\ &= \rho_{Fl} \cdot g \cdot V = m_{Fl} \cdot g \end{aligned}$$

## 2.6 Auftriebskraft

Zunahme des Schweredruckes mit der Tiefe führt zu einer aufwärts gerichteten Kraft:



Ein Körper, der vollständig in eine Flüssigkeit (ein Gas) eingetaucht ist, erfährt einen Auftrieb, welcher der Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit (des verdrängten Gases) entspricht.

$$F_A = \rho_{Fl} \cdot g \cdot V = m_{Fl} \cdot g$$

# 2.6 Auftriebskraft

**Körper**  
Material: Aluminium  
Masse: 2.70 kg  
Volumen: 1.00 l (Liter)  
Dichte: Holz, Eisen, Ziegelstein, Aluminium (2.70 kg/l)

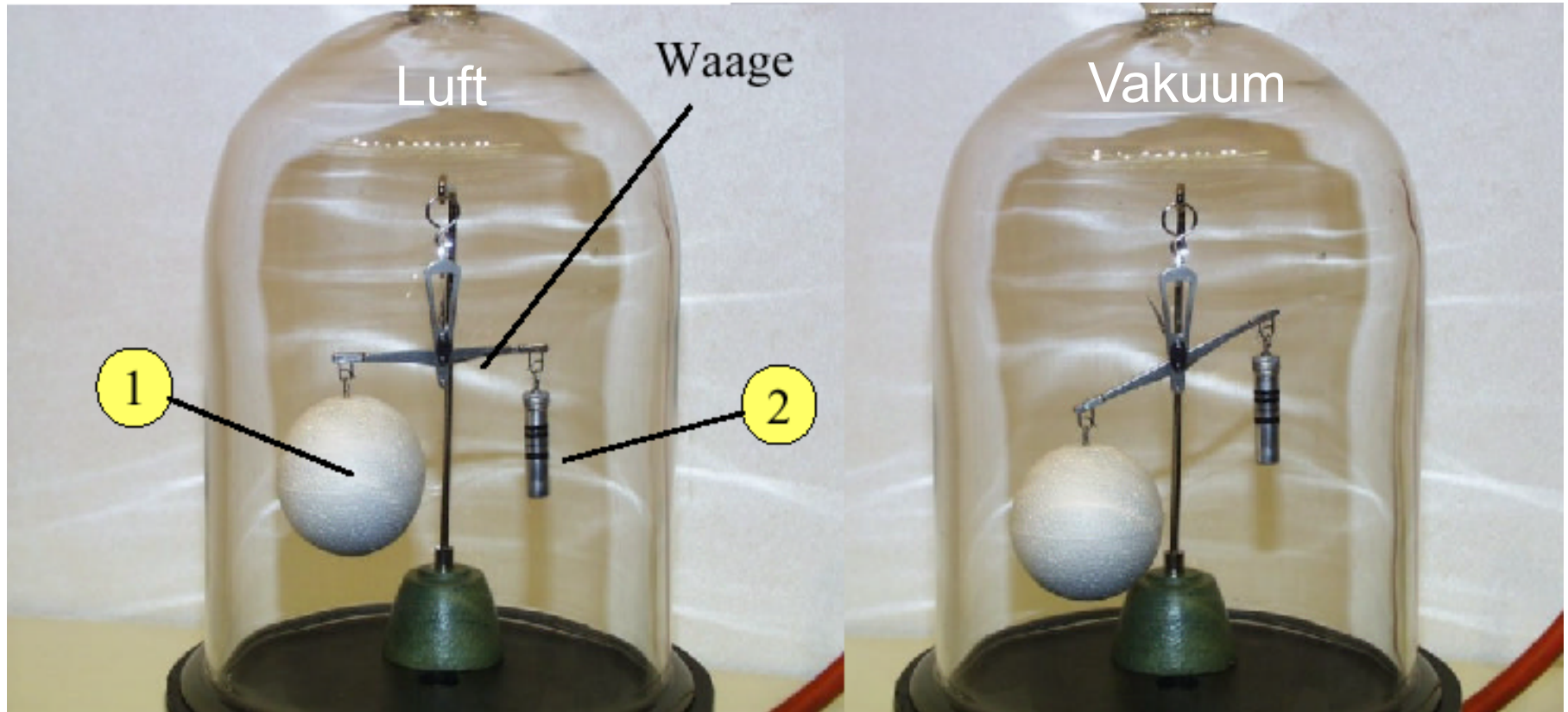
**Körper**  
Ein  
Zwei

26.46 N  
100.00 l (Liter)  
0.00 N

Kräfte veranschaulichen

## 2.6 Auftriebskraft

### Auftrieb in Luft

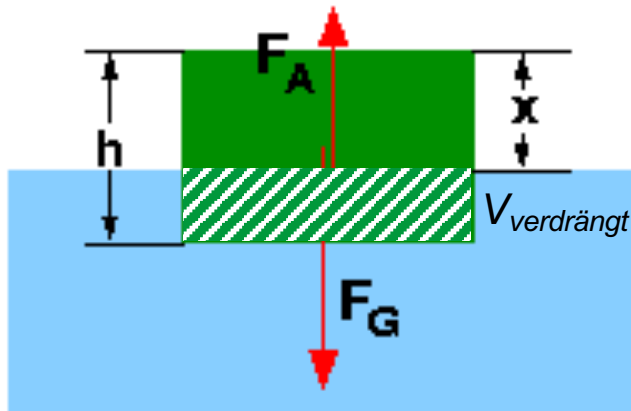


Nach dem Evakuieren ist die Waage nicht mehr im Gleichgewicht

Der Auftrieb auf die Körper an den Waagarmen ist unterschiedlich, da sie unterschiedliches Volumen besitzen

## 2.6 Auftriebskraft: Schwimmen

Ein Körper taucht so lange in das Wasser ein, bis der Auftrieb gleich der Gewichtskraft ist:



$$\rho_K \cdot V_K \cdot g = \rho_{Fl} \cdot g \cdot V_{\text{verdrängt}}$$

Gewichtskraft

Auftriebskraft

$V_K > V_{\text{verdrängt}}$      $\rho_K < \rho_{Fl}$     Der Körper schwimmt



# 2.6 Auftriebskraft: Schwimmen

The simulation interface is divided into two control panels, A and B, and a main 3D visualization area.

**Panel A (Ice):**  
Material: Eis  
Masse: 0.92 kg  
Volumen: 1.00 l (Liter)  
Dichte: 0.92 kg/l

**Panel B (Wood):**  
Material: Holz  
Masse: 0.40 kg  
Volumen: 1.00 l (Liter)  
Dichte: 0.40 kg/l

**3D Visualization:**  
A rectangular tank contains 100.00 l (Liter) of water. Object A (ice) is partially submerged, with a weight of 0.92 kg and a buoyant force of 3.92 N. Object B (wood) is fully submerged, with a weight of 0.40 kg and a buoyant force of 0.00 N. A label 'Kräfte veranschaulichen' is in the bottom left corner.

# M1 Dichte und Hydrodynamik:

Bestimmung der Dichte eines zylindrischen Körpers:

## 1. Direkte Methode:



Bestimmung der Masse  $m$   
mit (oberschaliger) Waage

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



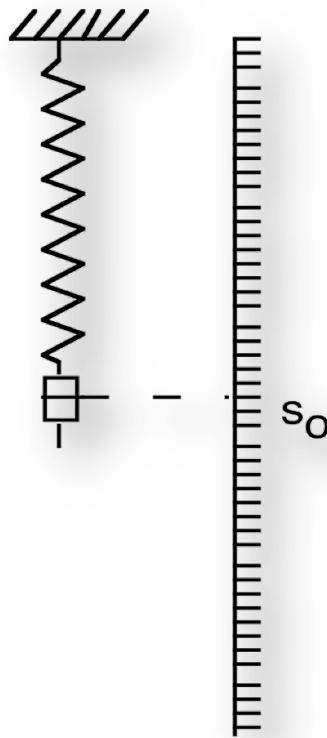
Bestimmung des Volumens  $V$   
mit Messschieber

$$\text{Volumen } V = \pi \cdot (\text{Radius } r)^2 \cdot \text{Höhe } h$$

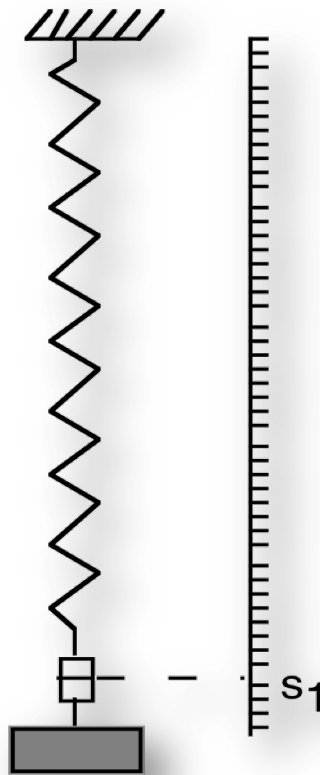
## 2.6 Auftriebskraft

Bestimmung der Dichte eines zylindrischen Körpers:

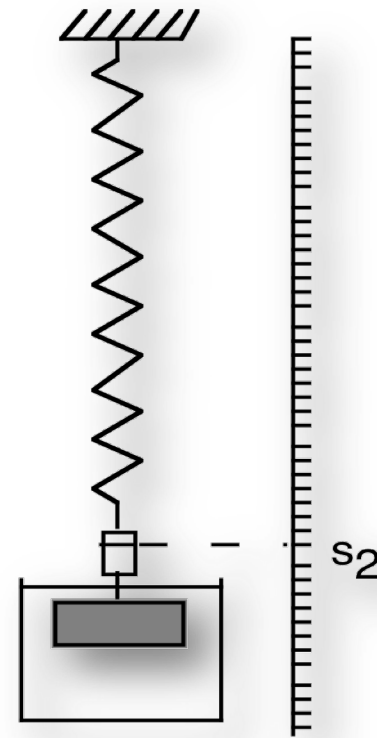
### 2. Auftriebsmethode



Stellung der  
Feder ohne  
Gewichtskraft



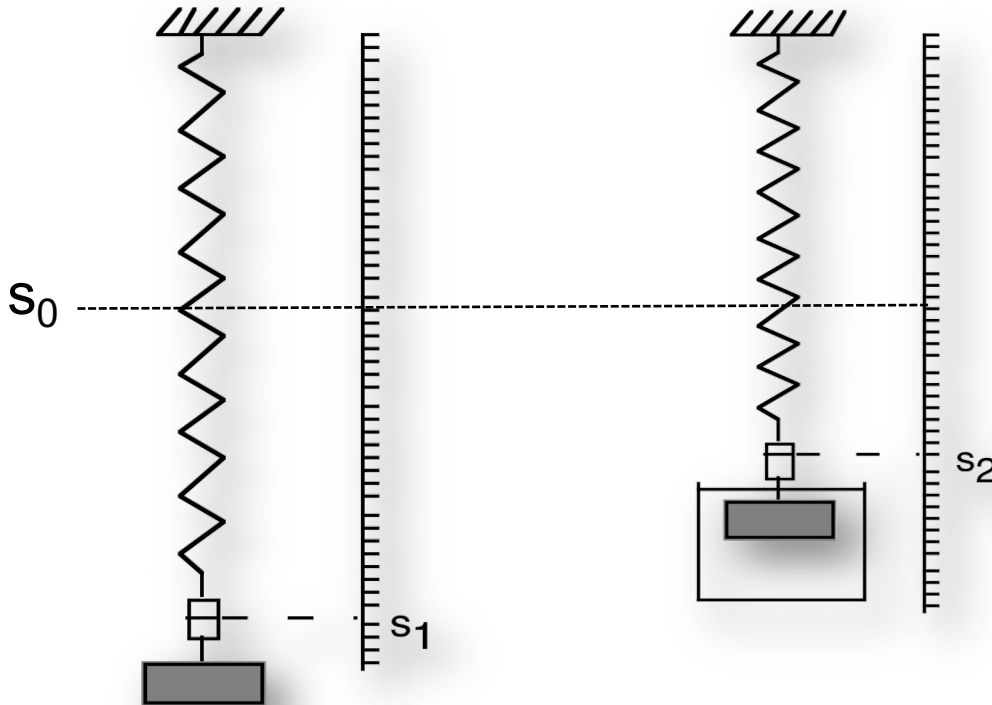
Gewichtskraft  
ohne Auftrieb



Gewichtskraft  
mit Auftrieb

# 2.6 Auftriebskraft

Ohne Flüssigkeit:      Mit Flüssigkeit:



Division: (1)/(2)

$$\frac{\rho_K \cdot V_K \cdot g}{(\rho_K - \rho_{FL}) \cdot V_K \cdot g} = \frac{D \cdot (s_1 - s_0)}{D \cdot (s_2 - s_0)}$$

Hausaufgabe:

$$\rho_K = \rho_{FL} \cdot \frac{s_1 - s_0}{s_1 - s_2}$$

$$F_1 = \rho_K \cdot V_K \cdot g = D \cdot (s_1 - s_0)$$

(1)

$$F_2 = (\rho_K - \rho_{FL}) \cdot V_K \cdot g = D \cdot (s_2 - s_0)$$

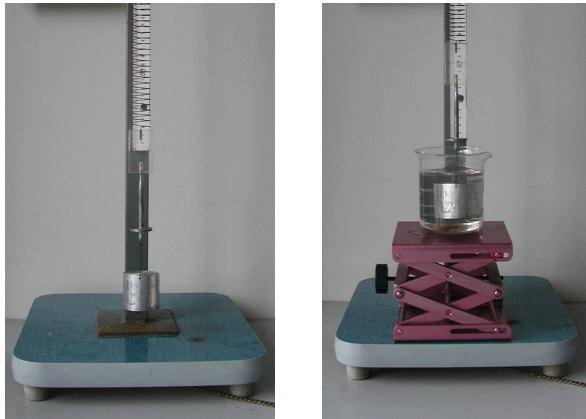
(2)



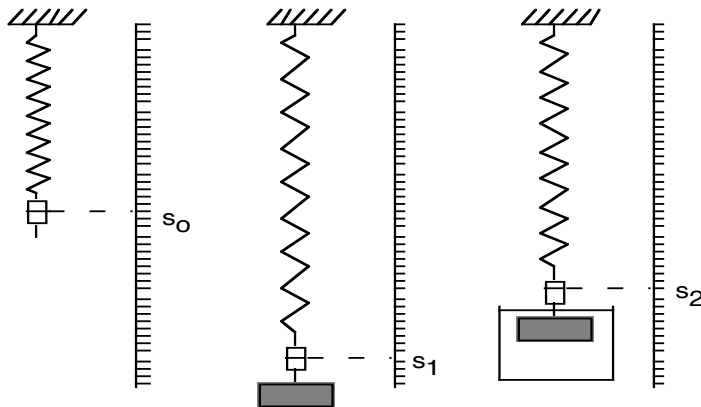
# M1 Dichte und Hydrodynamik:

Bestimmung der Dichte eines zylindrischen Körpers:

## 2. Auftriebsmethode



$s_{0,1,2}$ : Auslenkungen der Feder  
 $\rho$ : gesuchte Dichte des Körpers  
 $\rho_{FL}$ : bekannte Dichte der Flüssigkeit



Stellung der Feder ohne Gewichtskraft

Gewichtskraft ohne Auftrieb

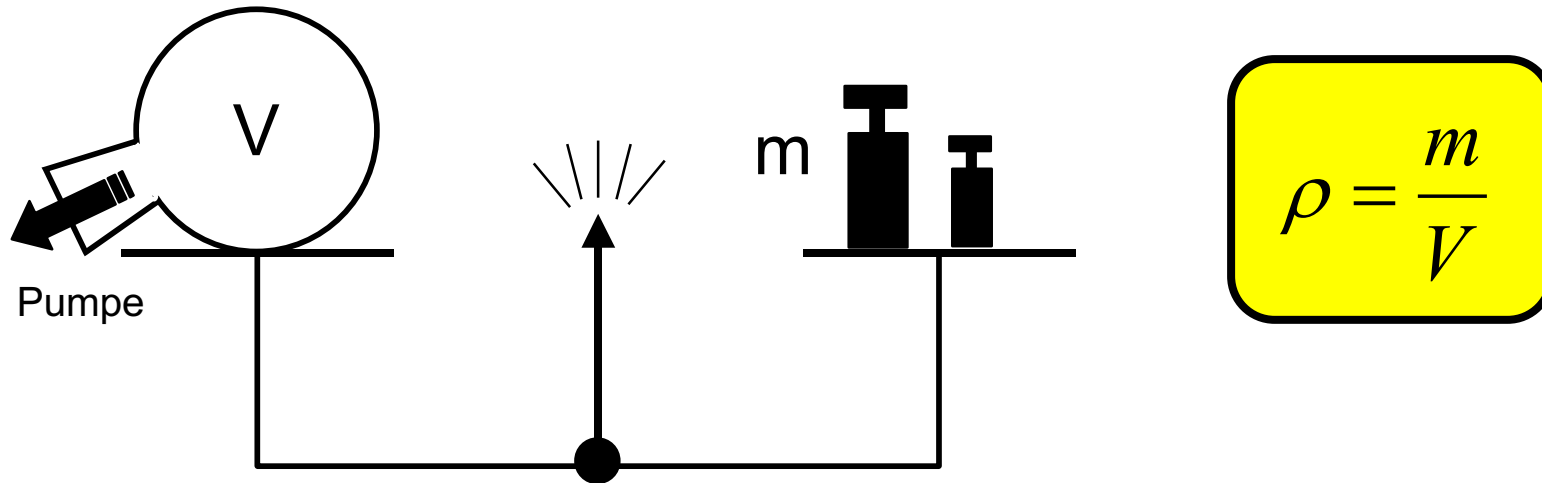
Gewichtskraft mit Auftrieb

Betrachtung liefert:

$$\rho_K = \rho_{FL} \cdot \frac{s_1 - s_0}{s_1 - s_2}$$

## 2.4 Dichtebestimmung von Gasen

Experimentelle Dichtemessung von Gasen durch Bestimmung der Masse  $m$  und des Volumens  $V$



**Beispiel „Luft“:**

$$V = 4l = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$m_{\text{Luft}} = m - m_{\text{evak}} = 5\text{g}$$

$$\rho_{\text{Luft}} = m_{\text{Luft}} / V = 1.25 \text{ kg m}^{-3}$$

**Nebenbemerkung:**

Dichte von Gasen ist *temperaturabhängig & druckabhängig*

# M1 Dichte und Hydrodynamik:

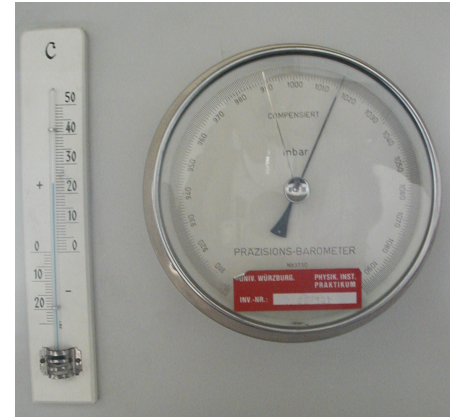
## Bestimmung der reduzierten Dichte der Luft



**Vakuumpumpe  
mit  
aufgesetztem Glaskolben**



**Wiegen des Glaskolbens  
vor/nach Evakuierung:  $m$**



**Bestimmung von  
Umgebungsdruck/Temperatur**

$$\rho = \rho(p, T) = \frac{m}{V}$$

**Dichte bei  
Umgebungsdruck/Temperatur**