

# Grundlagen der medizinischen Biophysik

4. Vorlesung 21. 09. 2018

## Mechanik – Druck



1. Druck
2. Dichte
3. Hydrostatischer Druck
4. Gasdruck
5. Luftdruck
6. Partialdruck
7. Blutdruckmessung



1

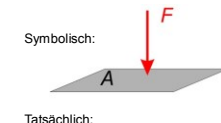
## Druck



- Die Deformation eines Körpers hängt nicht nur von der auf ihn wirkenden Kraft ab, sondern auch davon, auf welche Fläche die Kraftwirkung konzentriert oder verteilt ist.
- Die Kraft reicht also nicht aus die Wechselwirkung völlig beschreiben zu können. Man braucht eine neue Größe, die auch die Fläche berücksichtigt → „Druck“.

$$\text{Druck } (p): p = \frac{F}{A} \left( \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa} \right)$$

Pascal



Andere häufig gebrauchte Einheiten sind:  
Bar (bar), Atmosphäre (atm), Millimeter Quecksilbersäule (mmHg)

(gleichmäßig verteilt)

2

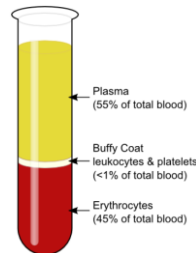
## Dichte

$$\text{Dichte } (\rho): \rho = \frac{m}{V} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

- Die Dichte eines Körpers ist abhängig von:
  - Material
  - Druck
  - Temperatur

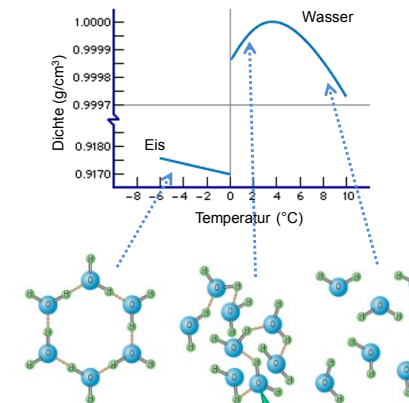
Stoff	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )
Luft (0°C, 101 kPa)	0,00129
Wasser (4°C)	1
Fettgewebe	≈ 0,9
Blut	≈ 1,05
Knochen	≈ 1,8
Körporgewebe (Mittelwert)	≈ 1,04
Gold (Au)	19,3
Quecksilber (Hg)	13,6

Zentrifugiert man Blut, so erhält man aufgrund der unterschiedlichen Dichten der Blutbestandteile drei sichtbare Fraktionen: Erythrozyten, Leukozyten und Thrombozyten, Plasma



3

## Dichte des Wassers



4

## Übung

Wie groß ist der Druck, den ein Mann ( $m = 80 \text{ kg}$ ) beim Stehen auf die Unterstützung ausübt  
a) mit Ski

b) ohne

c) auf Schlittschuhen



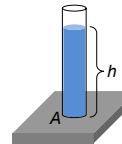
5

## Übung

Berechnen Sie den Druck, den der Goldwürfel der Kantenlänge  $10 \text{ cm}$  auf den Tisch ausübt.



Berechnen Sie den Druck, den die Wassersäule ( $h = 10 \text{ cm}$  und  $A = 2 \text{ cm}^2$ ) auf die untere Grundfläche des Rohres ausübt.



6

## Hydrostatischer Druck (Schweredruck)

Der Druck, der sich innerhalb einer Flüssigkeit durch den Einfluss der Gravitation einstellt:

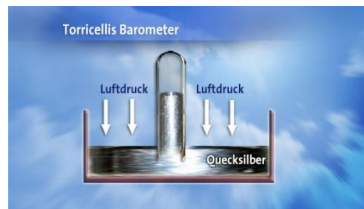
$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

Bemerkung:  
Der Druck nimmt also mit zunehmender Tiefe linear zu. Dies gilt jedoch nur, wenn die Dichte der Flüssigkeit konstant bleibt (inkompressible Flüssigkeit).



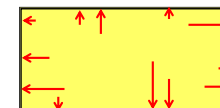
Berechnen Sie den Druck, den eine Quecksilbersäule der Höhe  $1 \text{ mm}$  ausübt.

$$1 \text{ mmHg} = 133 \text{ Pa}$$



7

## Druck in Gasen



$$\left( \begin{array}{l} \text{S. später:} \\ pV = NkT \end{array} \right)$$

- Die Gasteilchen bewegen sich aufgrund ihrer thermischen Energie in alle beliebigen Richtungen (thermische Energie wird in kinetische Energie umgewandelt)
- Dabei prallen die Gasteilchen auch auf die Wände des Behälters, in dem sie sich befinden und es finden elastische Stoßereignisse statt
- Die bei diesen Stoßereignissen auf die Wand ausgeübten Druckkräfte ergeben den Gasdruck
- Der Gasdruck entsteht somit als Summe aller durch ein Gas oder Gasgemisch wirkenden Kräfte auf die Gefäßwand

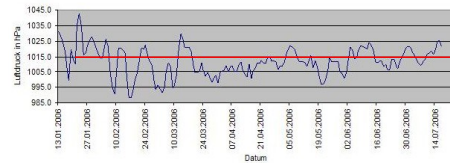
8

## Luftdruck

Das Experiment von Otto von Guericke:

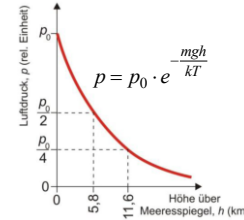


Mittelwert Luftdruck

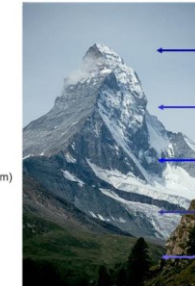


Normdruck = 101 kPa =  
=1010 hPa

## Atmung in großer Höhe



Höhenluft bzw. „Hypoxie“

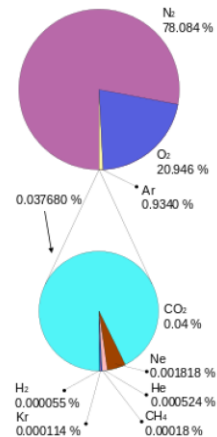


Höhe (m)	p Luft (hPa)	p O <sub>2</sub> (hPa)	O <sub>2</sub> Vol %
4.000	616	129	20,9
3.000	701	147	20,9
2.000	795	166	20,9
1.000	898	188	20,9
NN	1.013	212	20,9

- Die prozentuale Zusammensetzung der Luft verändert sich nicht (kaum) mit zunehmender Höhe im Bereich von für den Menschen relevanten Höhen
- Trotzdem bekommen wir mit zunehmender Höhe Probleme mit der Atmung und unsere Leistungsfähigkeit nimmt ab (→ Höhenraining)
- Ursächlich dafür ist der abnehmende Luftdruck und somit auch Partialdruck von Sauerstoff, der maßgeblich die Sauerstoffaufnahme und -abgabe des Körpers beeinflusst

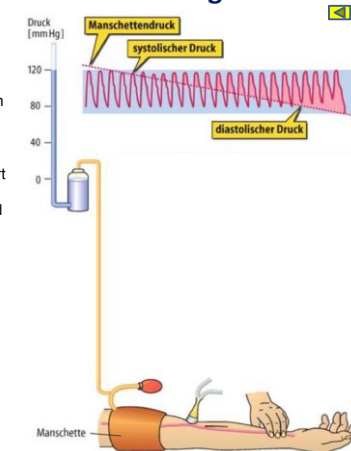
## Partialdruck (Teildruck)

- Luft besteht aus einem Gasgemisch (Stickstoff, Sauerstoff, Kohlendioxid,...)
- Jedes einzelne Gas in dem Gasgemisch trägt zu einem gewissen Teil zum Gesamtdruck bei
- Der Partialdruck entspricht dem Druck, den eine einzelne Gaskomponente eines Gasgemisches bei alleiniger Vorhandensein im betreffenden Volumen ausüben würde



## Blutdruck und seine Messung

- Manschette wird solange aufgeblasen, bis Manschettendruck den Blutdruck in der A. brachialis um ca. 20 mmHg übersteigt
- Es fließt jetzt kein Blut mehr in den Arm hinein (und auch nicht hinaus)
- Das Stethoskop wird über der A. brachialis positioniert und der Druck in der Manschette wird langsam verringert
- Sobald der Druck so gering ist, dass das Blut wieder zu fließen beginnt, sind Geräusche zu hören = Korotkow-Geräusche
- Solange der Manschettendruck zwischen dem systolischen und dem diastolischen Druck liegt, sind Geräusche zu hören, da in diesem Bereich der Blutstrom turbulent ist



Bemerkung:  
Der gemessene Druckwert ist als Überdruck zu verstehen (= überhalb des Luftdruckes).