

Grundlagen der medizinischen Biophysik

4. Vorlesung 21. 09. 2018

Mechanik – Druck

Normal blood pressure is:
 Systolic 115 mm Hg
 Diastolic 70 mm Hg



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



1

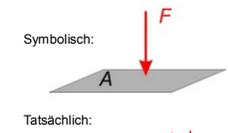
Druck



- 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“.

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

Pascal



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

(gleichmäßig verteilt)

2

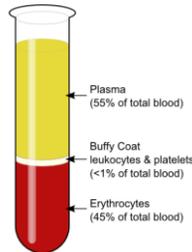
Dichte

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

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

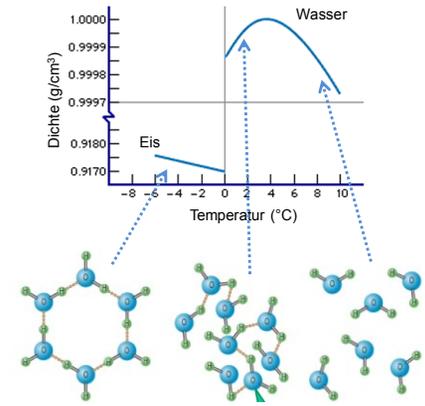
Stoff	ρ (g/cm ³)
Luft (0°C, 101 kPa)	0,00129
Wasser (4°C)	1
Fettgewebe	≈ 0,9
Blut	≈ 1,05
Knochen	≈ 1,8
Körpergewebe (Mittelwert)	≈ 1,04
Gold (Au)	19,3
Quecksilber (Hg)	13,6

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

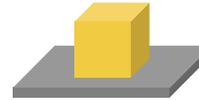
c) auf Schlittschuhen



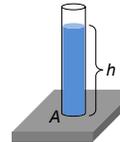
5

Übung

Berechnen Sie den Druck, den der Goldwürfel der Kantenlänge 10 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).

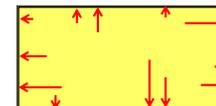
$$1 \text{ mmHg} = 133 \text{ Pa}$$



Berechnen Sie den Druck, den eine Quecksilbersäule der Höhe 1 mm ausübt.

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 Gasmisch wirkenden Kräfte auf die Gefäßwand

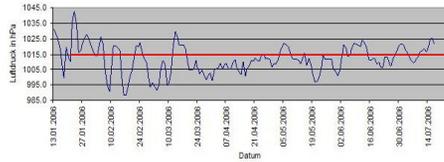
8

Luftdruck

Das Experiment von Otto von Guericke:

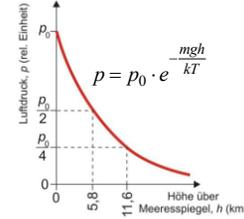


Mittelwert Luftdruck



Normdruck = 101 kPa =
= 1010 hPa

Atmung in großer Höhe



Höhenluft bzw. „Hypoxie“

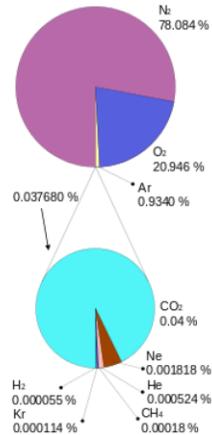


Höhe (m)	p Luft (hPa)	p O ₂ (hPa)	O ₂ Vol %
4.000	616	129	20,9
3.000	701	147	20,9
2.000	795	166	20,9
1.000	898	188	20,9
NN	1.013	212	20,9

- 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 (→ Höhenstraining)
- Ursächlich dafür ist der abnehmende Luftdruck und somit auch Partialdruck von Sauerstoff, der maßgeblich die Sauerstoffaufnahme und -abgabe des Körpers beeinflusst

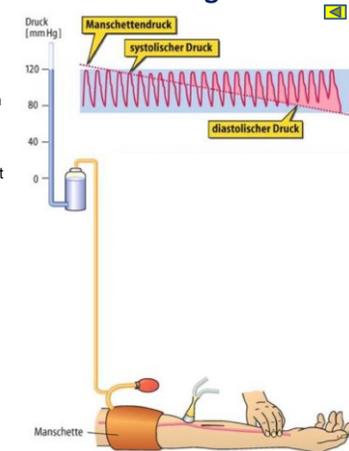
Partialdruck (Teildruck)

- 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).