

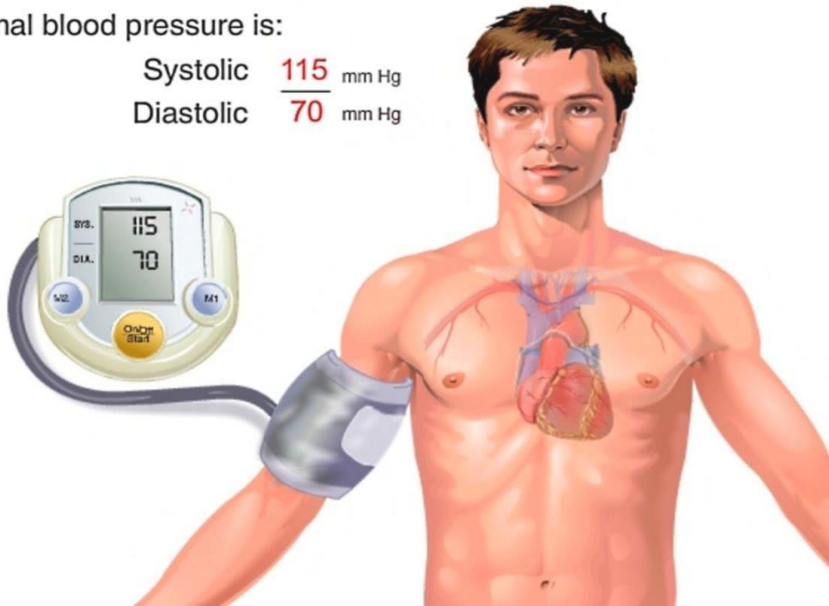
Grundlagen der Biophysik

4. Vorlesung 14. 09. 2023

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

Druck

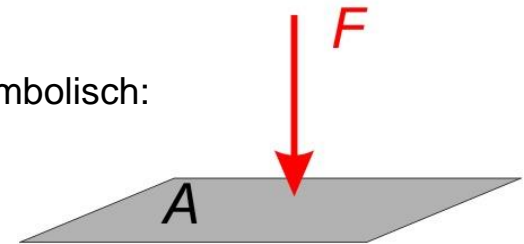


- Die Deformation eines Körpers hängt nicht nur von der auf ihn wirkenden Kraft ab, sondern auch davon, auf welche Fläche die Kraftwirkung konzentriert oder verteilt ist.
- Die Kraft reicht also nicht aus die Wechselwirkung völlig beschreiben zu können. Man braucht eine neue Größe, die auch die Fläche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

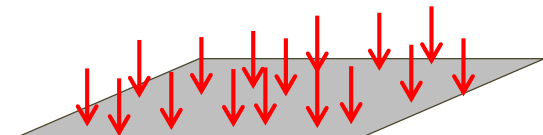
$$\text{Druck } (p): \quad p = \frac{F}{A} \quad \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa} \right)$$

Pascal

Symbolisch:



Tatsächlich:



(gleichmäßig verteilt)

Andere häufig gebrauchte Einheiten sind:

Bar (bar), Atmosphäre (atm), Millimeter Quecksilbersäule (mmHg)

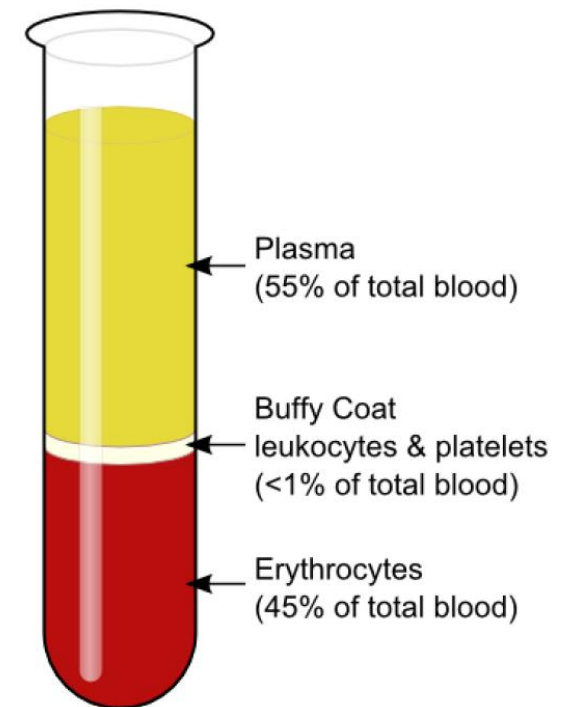
Dichte

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

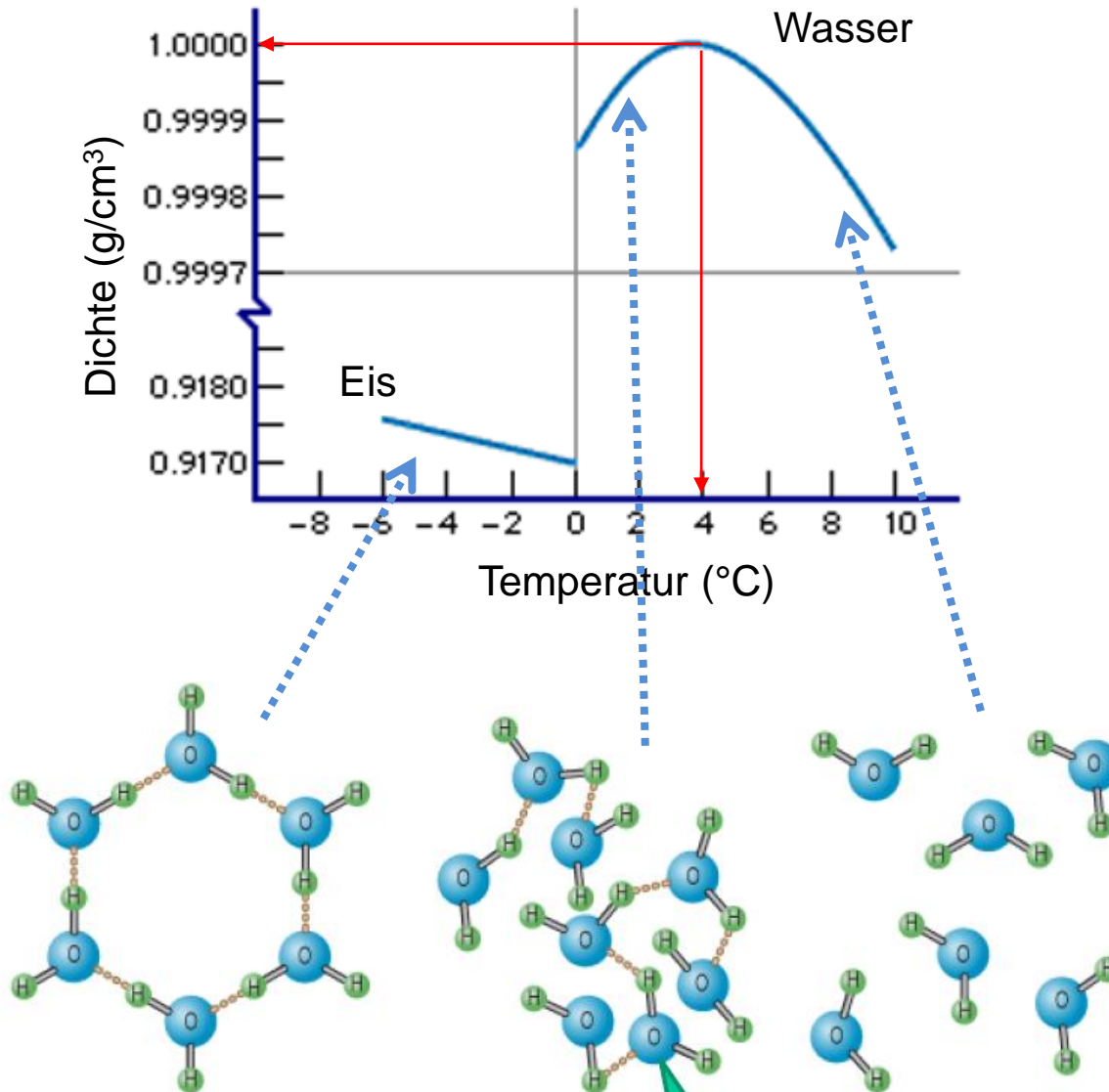
- Die Dichte eines Körpers ist abhängig von:
 - Material
 - Druck
 - Temperatur

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: 1) Erythrozyten, 2) Leukozyten und Thrombozyten, 3) Plasma



Dichte des Wassers



Übung



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

a) mit Ski (jeweils $2\text{m} \times 8 \text{ cm}$)

b) ohne ($A_{\text{Fuß}} = 100 \text{ cm}^2$)

c) auf Schlittschuhen (jeweils 2 cm^2 Unterstützungsfläche)

Übung

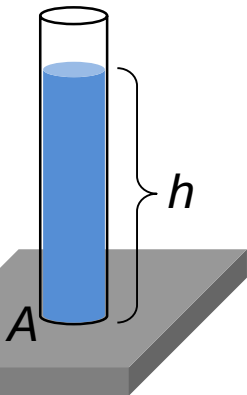


Berechnen Sie den Druck, den der Goldwürfel der Kantenlänge 10 cm auf den Tisch ausübt.



$$\rho_{\text{Au}} = 19,3 \text{ g/cm}^3$$

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



Hydrostatischer Druck (Schweredruck)

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

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

Bemerkung:

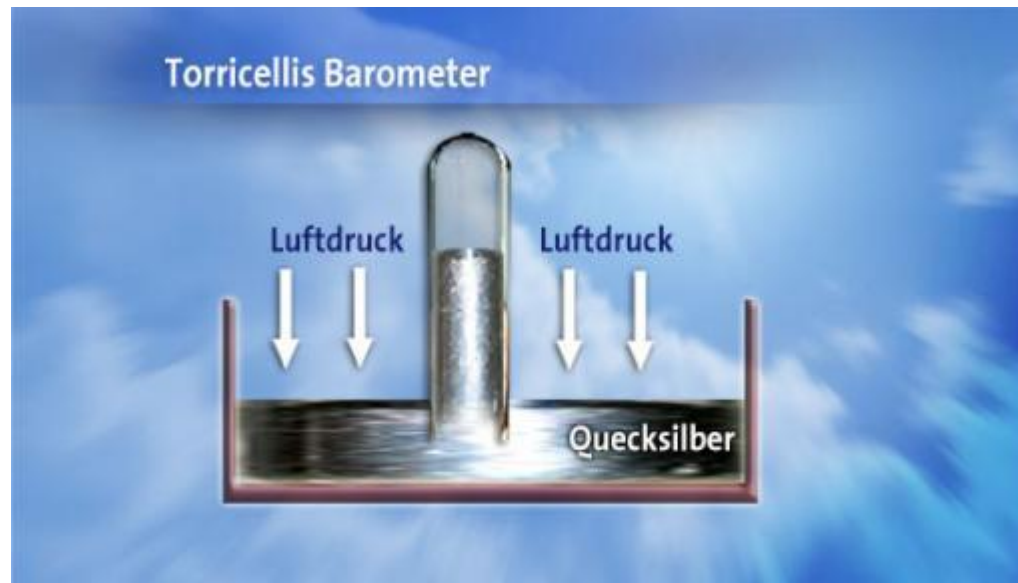
Der Druck nimmt also mit zunehmender Tiefe linear zu. Dies gilt jedoch nur, wenn die Dichte der Flüssigkeit konstant bleibt (inkompressible Flüssigkeit).

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

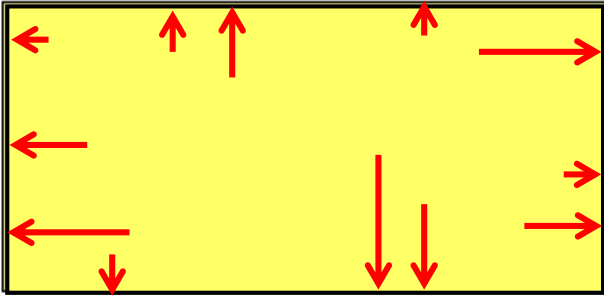
$$\rho_{\text{Hg}} = 13,6 \text{ g/cm}^3$$



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



Druck in Gasen



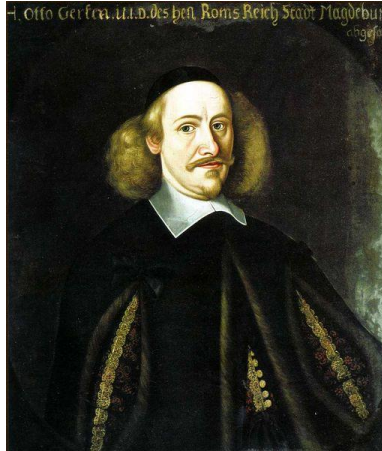
Siehe später:
Wärmelehre

$$pV = NkT$$

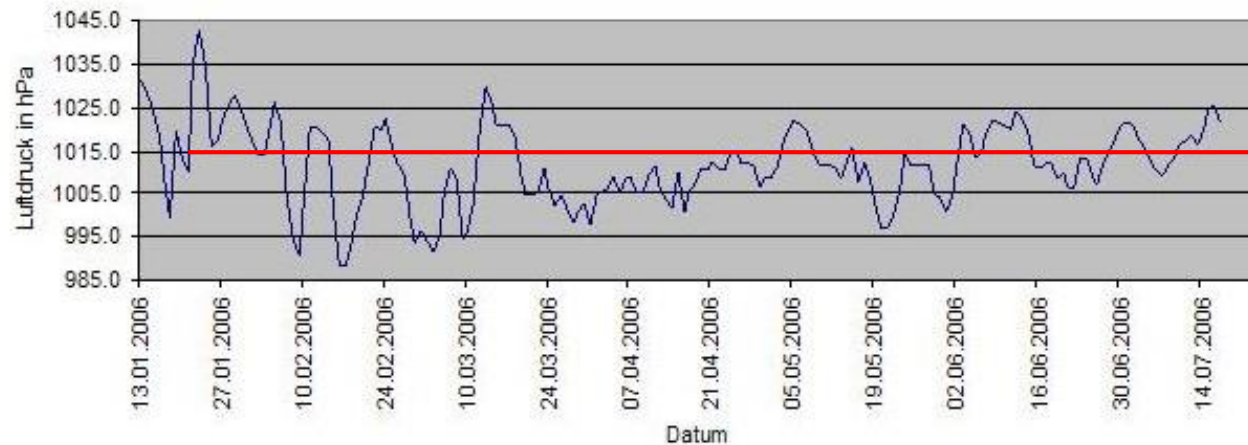
- Die Gasteilchen bewegen sich aufgrund ihrer **thermischen Energie** in alle beliebigen Richtungen (thermische Energie wird in **kinetische Energie** umgewandelt)
- Dabei prallen die Gasteilchen auch auf die Wände des Behälters, in dem sie sich befinden und es finden **elastische Stoßereignisse** statt
- 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

Luftdruck

Das Experiment von
Otto von Guericke:



Mittelwert Luftdruck



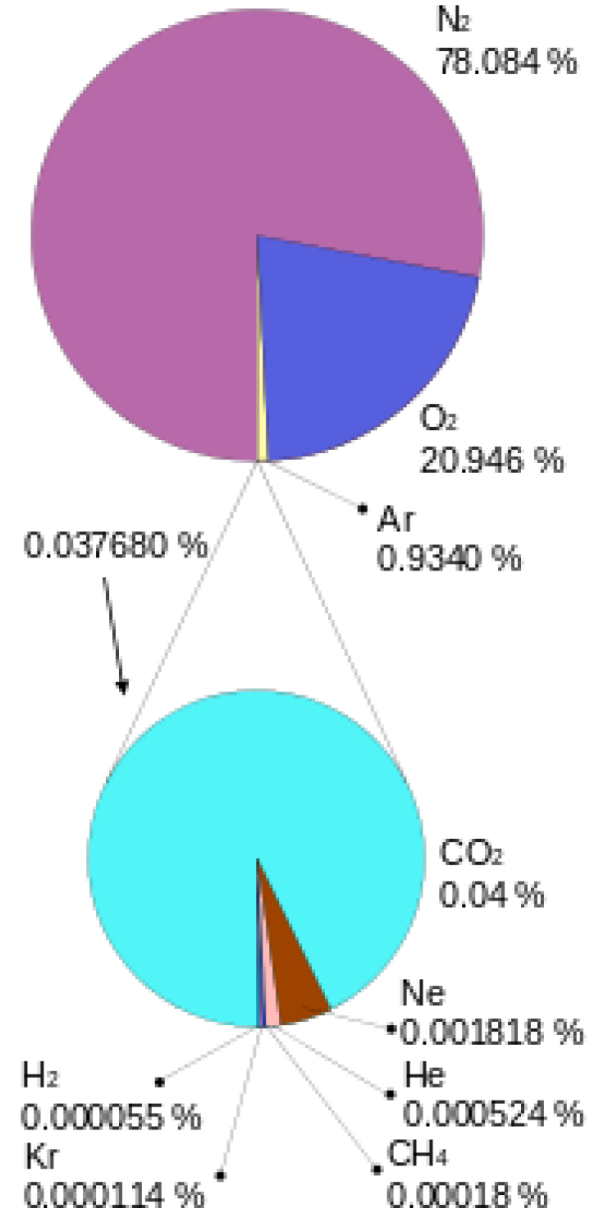
Normdruck = 101 kPa =
=1010 hPa

Luftdruck - Video

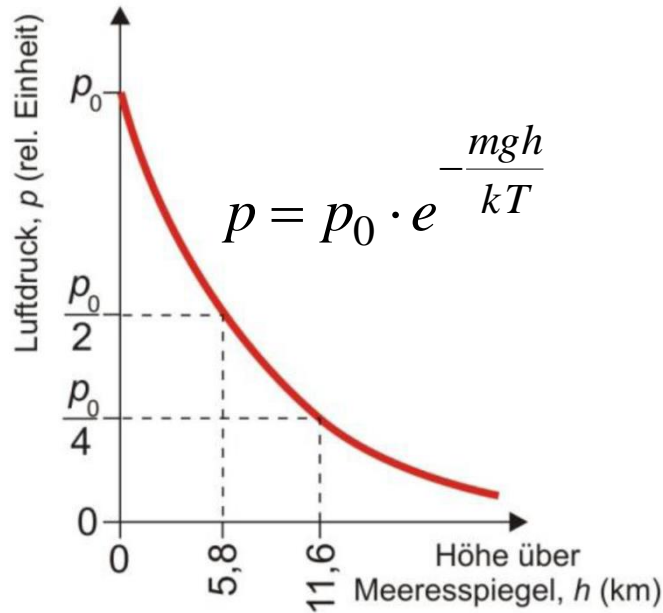


Partialdruck (Teildruck)

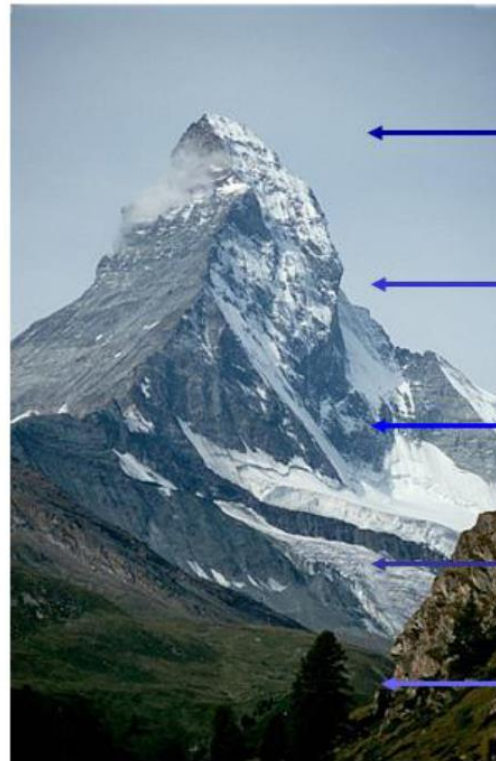
- Luft besteht aus einem Gasgemisch (Stickstoff, Sauerstoff, Kohlendioxid,...)
- Jedes einzelne Gas in dem Gasgemisch trägt zu einem gewissen Teil zum Gesamtdruck bei
- Der Partialdruck entspricht dem Druck, den eine einzelne Gaskomponente eines Gasgemisches bei alleinigem Vorhandensein im betreffenden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



Atmung in großer Höhe



Höhenluft bzw. „Hypoxie“



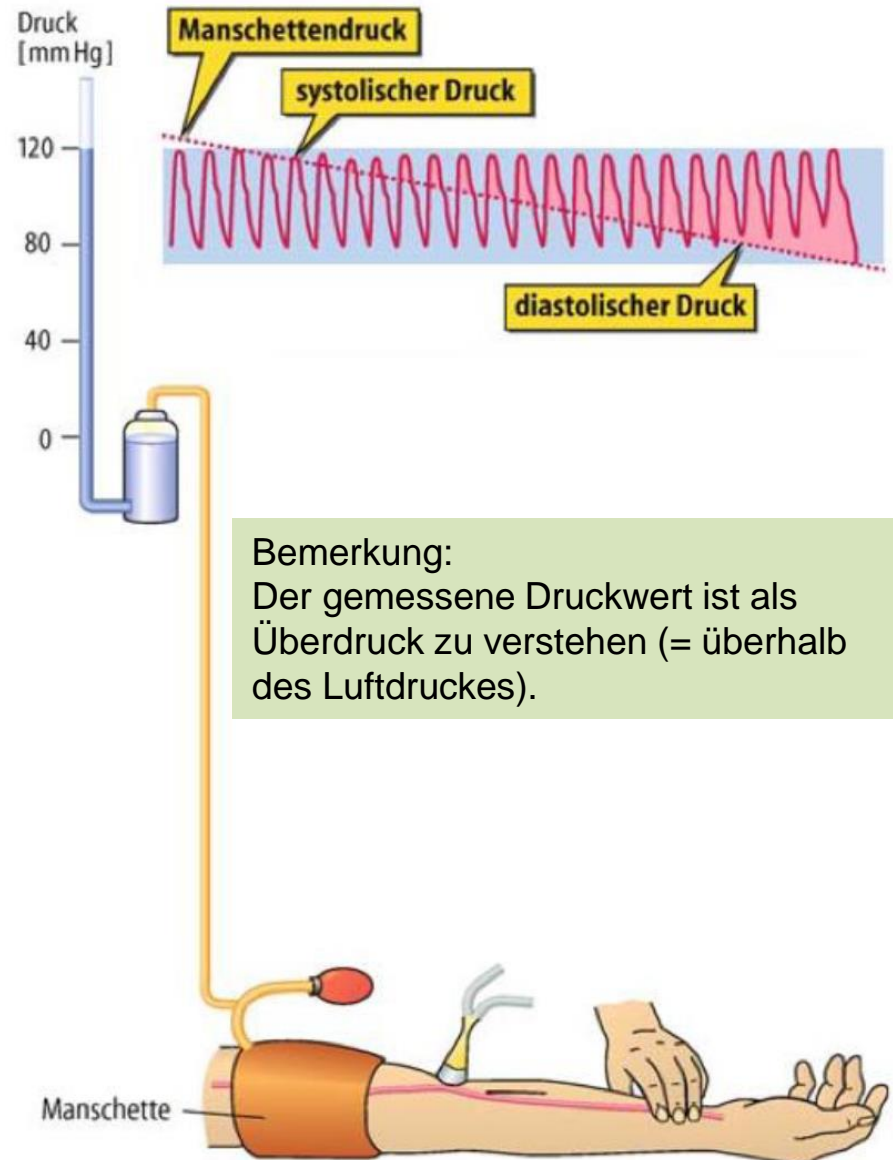
Höhe (m)	p Luft (hPa)	p O ₂ (hPa)	O ₂ Vol %
4.000	616	129	20,9
3.000	701	147	20,9
2.000	795	166	20,9
1.000	898	188	20,9
NN	1.013	212	20,9

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

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



Hausaufgaben: Grundschrift Kapitel 7 und 8

