

Biophysik für Pharmazeuten

01. 04. 2020.

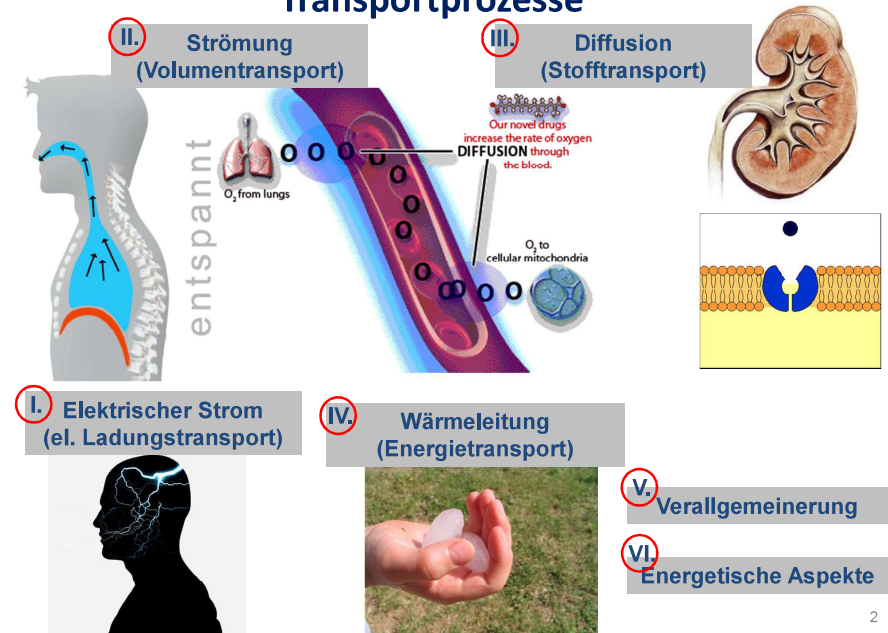
Transportprozesse

- I. Elektrischer Strom
- II. Strömungen



1

Transportprozesse



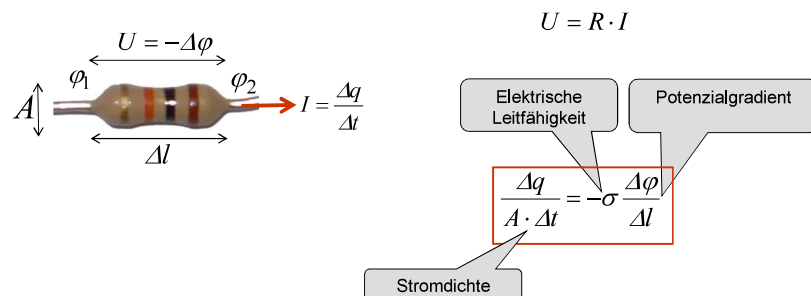
2

I. Elektrischer Ladungstransport (el. Strom)

1. Grundbegriffe

- Elektrische Stromstärke (I): $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ (A)
- Elektrische Stromdichte (J): $J = \frac{\Delta q}{A \cdot \Delta t}$ $\left(\frac{A}{m^2} \right)$
- stationärer Strom: zeitlich konstant

2. Transportgesetz (ohmsches Gesetz)



3

2. Anwendungen

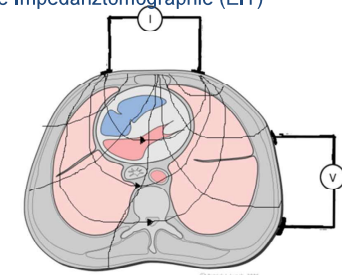
- Diagnostik
- Messung von Biopotenzialen (EKG, EEG, ...)



- Messung der elektrischen Leitfähigkeit von Geweben

Elektrische Impedanztomographie (EIT)

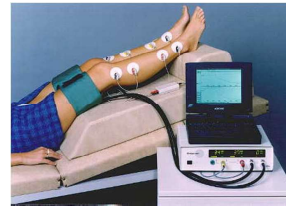
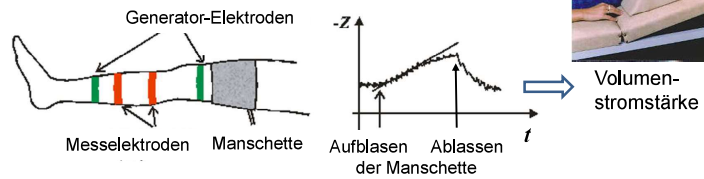
Gewebe	σ (mS/m)
Blut	700
graue Hirnmasse	300
weiße Hirnmasse	150
Haut	100
Fett	40
Knochen	10



4

Impedanzplethysmographie (IPG)

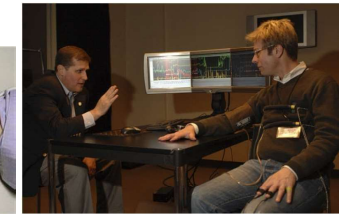
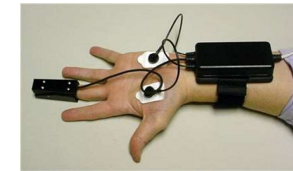
Untersuchung der Blutströmung in den Extremitäten



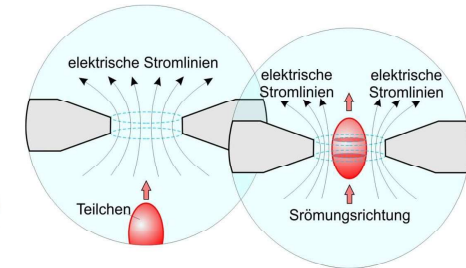
Apex-Locator



Lügendetektor

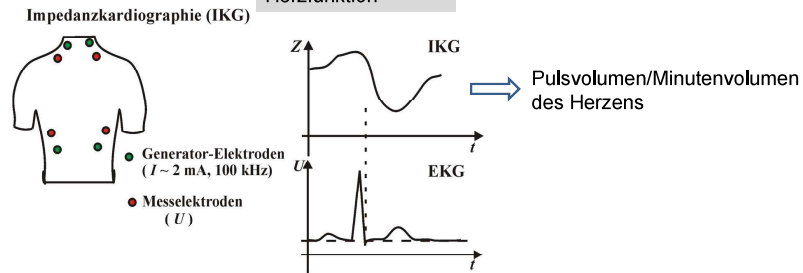


Coulter-Zähler



Impedanzkardiographie (IKG)

Untersuchung der Herzfunktion



5

6

Therapie

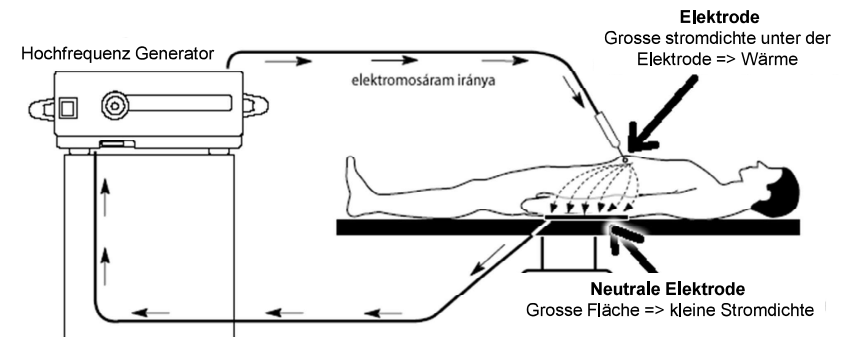
Elektrostimulation



Herzschrittmacher



Defibrillator



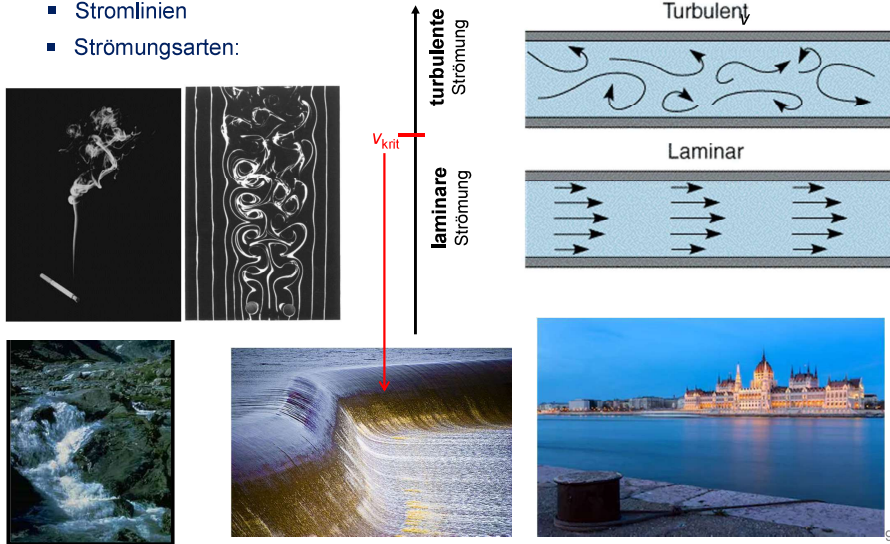
7

8

II. Volumentransport (Strömungen)

1. Grundbegriffe

- Stromlinien
- Strömungsarten:



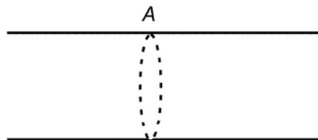
Beispiele für laminare Strömung



- stationärer Strom: zeitlich konstant

- Volumenstromstärke (I): $I = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$

- Volumenstromdichte (J): $J = \frac{\Delta V}{A \cdot \Delta t} \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$

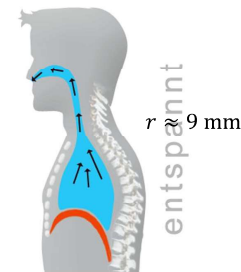


$$I =$$

$$J =$$

Anwendung: Atmung

- Volumenstromstärke und Strömungsgeschwindigkeit in der Luftröhre in Ruhe?



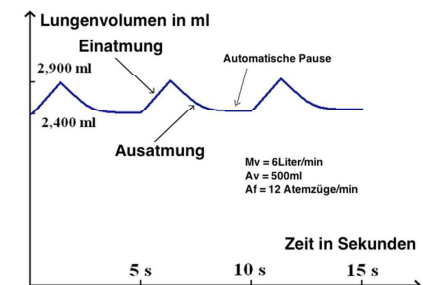
Im Durchschnitt:

$$\bar{I} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \approx 6 \frac{\text{Liter}}{\text{min}}$$

Maximal:

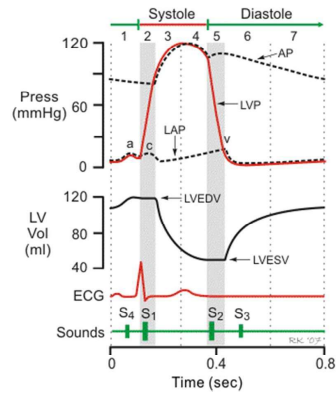
$$I_{\text{max}} =$$

$$v_{\text{max}} =$$



Anwendung: Blutströmung

- Volumenstromstärke und Strömungsgeschwindigkeit in der Aorta?



$$r \approx 12 \text{ mm}$$

Im Durchschnitt:

$$\bar{I} = \frac{\Delta V}{\Delta t} =$$

$$\bar{v} =$$

Maximal:

$$I_{\max} =$$

$$v_{\max} =$$

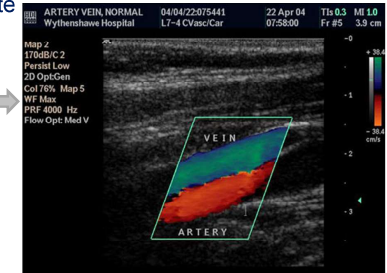
13

Blutströmung

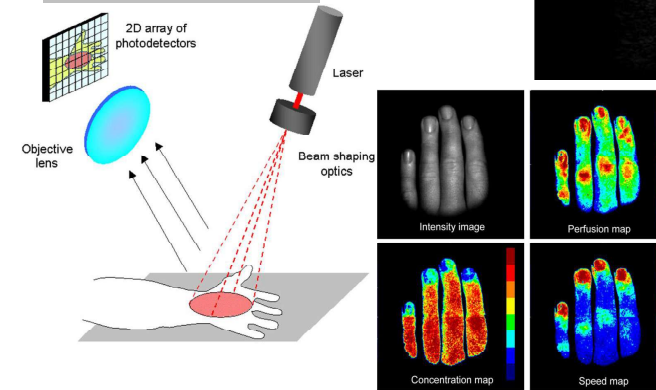
- Volumenstromstärke: $I \approx \text{ca. } 5\text{-}6 \text{ Liter/Minute}$

- Messmethoden der Volumenstromstärke:

Ultraschall-Doppler



Laser-Doppler

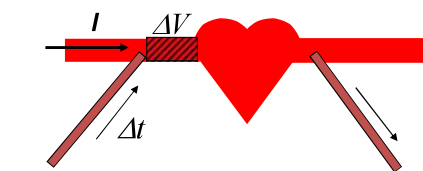


14

Impedanz-Methoden

Siehe bei dem elektrischen Strom

Verdünnungsmethoden



- Zugabe des Markierstoffes ΔV**
- Fluoreszenzfarbstoffe
 - Radioisotope
 - kalte phys. Salzlösung,
 - ...

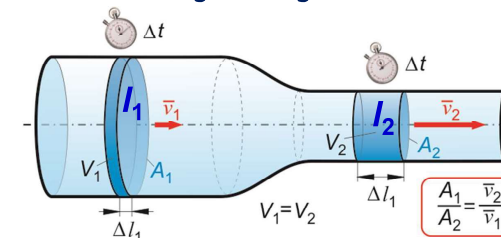
Probenentnahme

Die Konzentration des Markierstoffes in der Probe:

$$c = \frac{\Delta v}{\Delta V} = \frac{\Delta v}{I \cdot \Delta t} \Rightarrow I = \frac{\Delta v}{c \cdot \Delta t}$$

Stoffmenge

2. Kontinuitätsgleichung

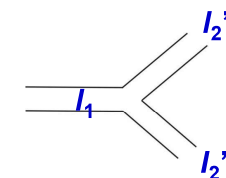


$$I_1 = I_2$$

$$A_1 \cdot \bar{v}_1 = A_2 \cdot \bar{v}_2$$

Bedingungen:

- laminare Str.
- inkompressible Fl.
- starrs Rohr oder stationäre Str.

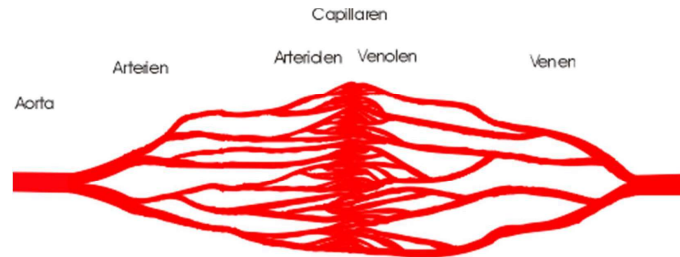


$$I_1 = I_2' + I_2''$$

15

16

Kontinuitätsgleichung im Blutkreislauf



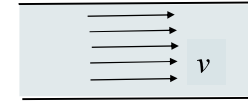
Gefäß	Aorta	Arterien	Arteriolen	Kapillaren	Venolen	Venen	Hohlvenen
A (cm ²)	4,5	20	400	4500	4000	40	18
v (cm/s)	23	5	0,25	0,022	0,025	2,5	6

17

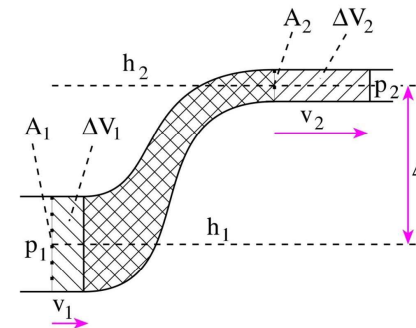
3. Strömung von idealen Flüssigkeiten

- Ideale Flüssigkeit: ohne innere Reibung

- Geschwindigkeitsprofil:



- Bernoullische Gleichung:



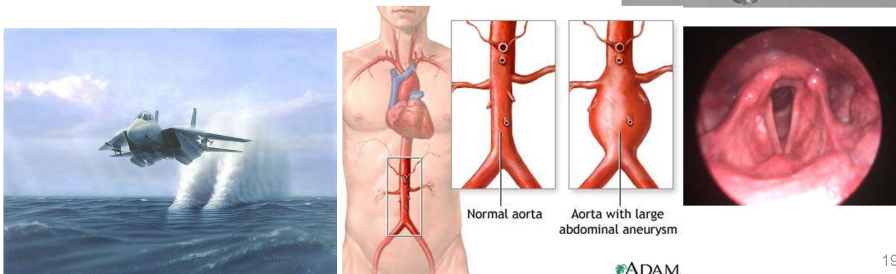
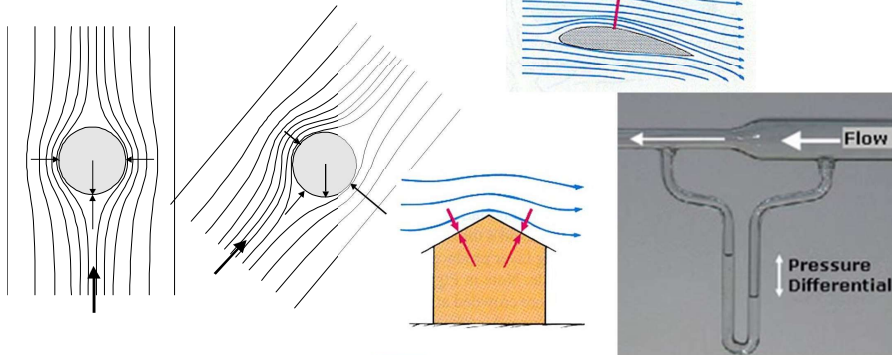
$$p + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot h = \text{konstant}$$



Daniel Bernoulli
1700-1782
Mathematiker
Physiker
Anatom

18

Anwendungen der bernoullischen Gleichung



19