

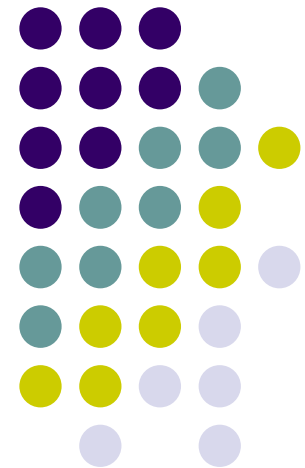
Biophysik für Pharmazeuten

22.03.2022.

Transportprozesse

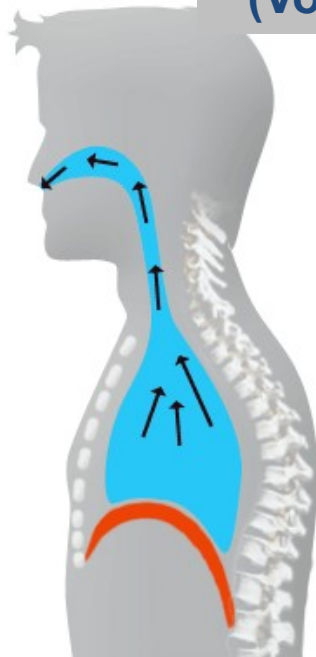
I. Elektrischer Strom

II. Strömungen

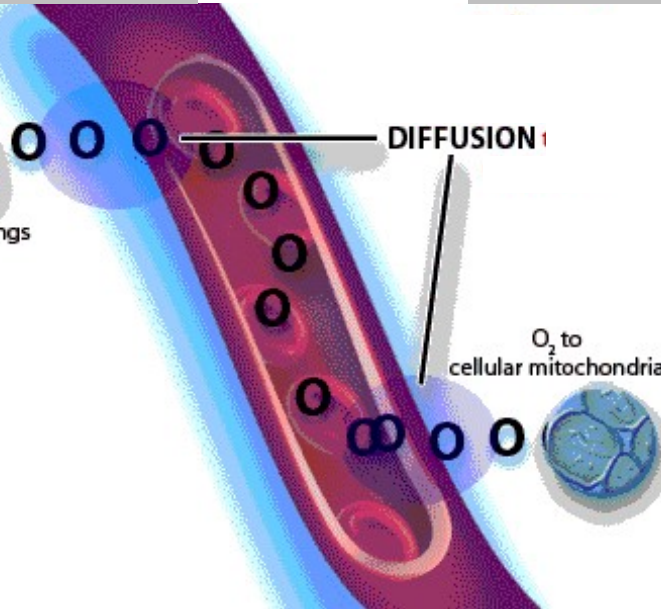


Transportprozesse

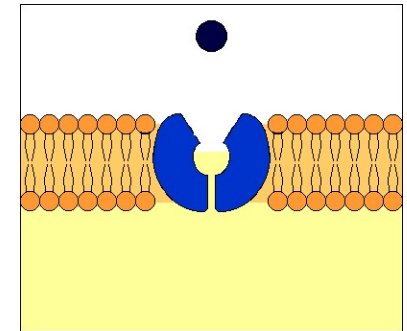
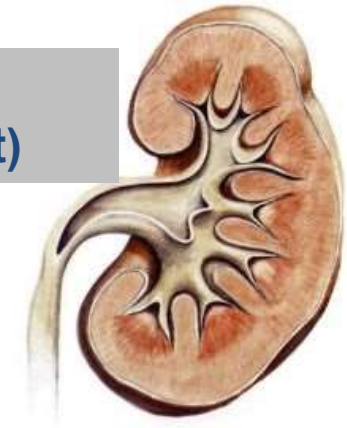
II. Strömung (Volumentransport)



entspannt



III. Diffusion (Stofftransport)



I. Elektrischer Strom (el. Ladungstransport)



IV. Wärmeleitung (Energietransport)



V. Verallgemeinerung

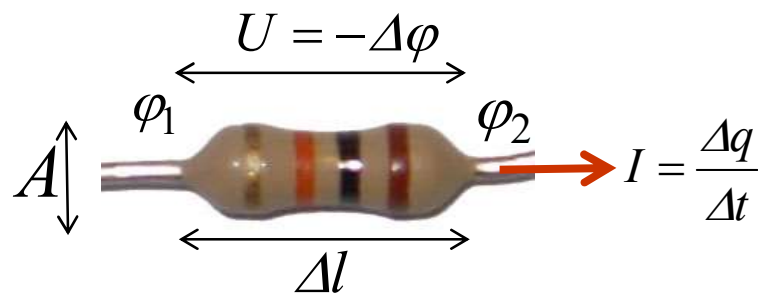
VI. Energetische Aspekte

I. Elektrischer Ladungstransport (el. Strom)

1. Grundbegriffe

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

2. Transportgesetz (ohmsches Gesetz)



$$U = R \cdot I$$

Elektrische
Leitfähigkeit

Potenzialgradient

$$\frac{\Delta q}{A \cdot \Delta t} = -\sigma \frac{\Delta\varphi}{\Delta l}$$

Stromdichte

2. Anwendungen

- Diagnostik

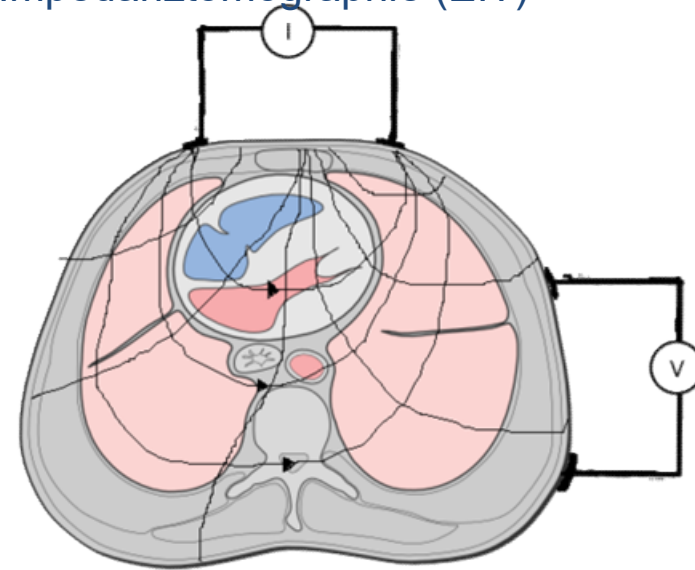
- Messung von Biopotenzialen (EKG, EEG, ...)



- Messung der elektrischen Leitfähigkeit von Geweben

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

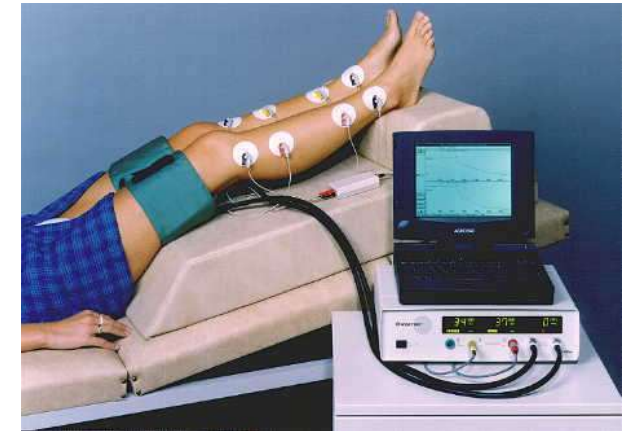
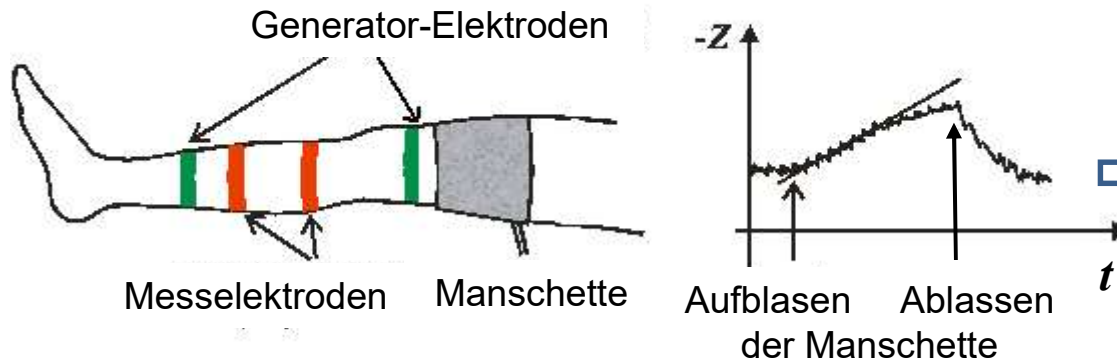
Elektrische Impedanztomographie (EIT)



© Patrick J. Lynch, 2006

Impedanzplethysmographie (IPG)

Untersuchung der Blutströmung in den Extremitäten

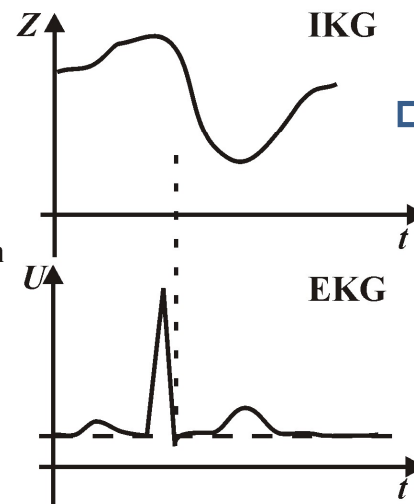
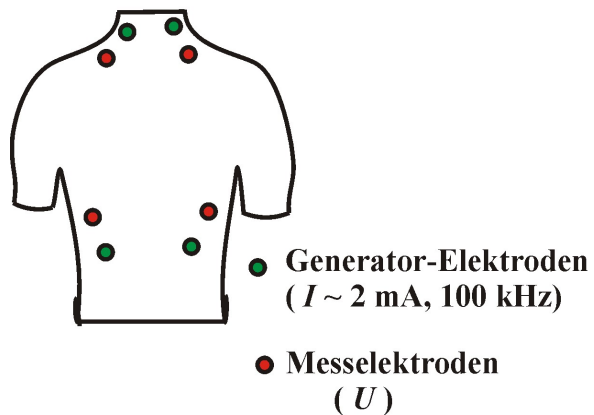


Volumen-
stromstärke

Impedanzkardiographie (IKG)

Untersuchung der
Herzfunktion

Impedanzkardiographie (IKG)

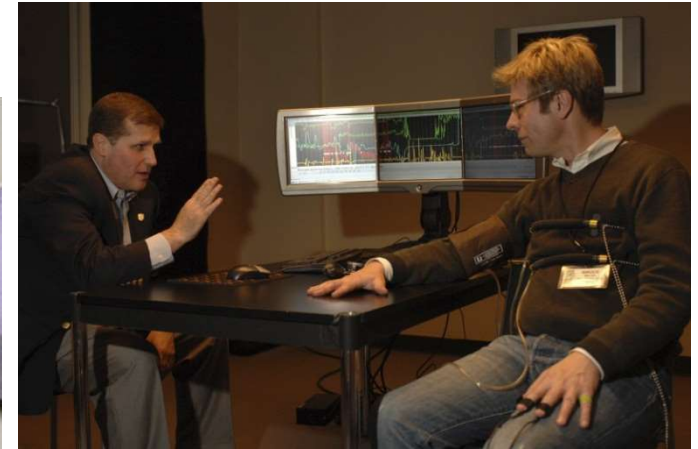
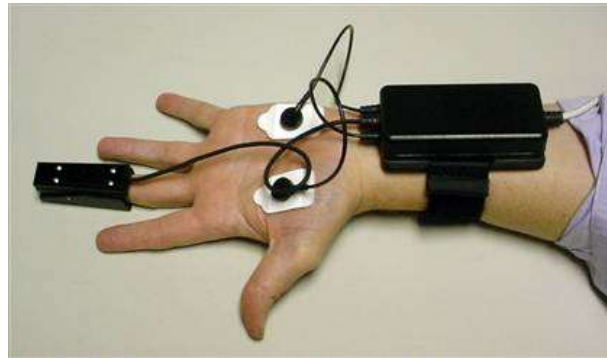


Puls-
volumen/Minutenvolumen
des Herzens

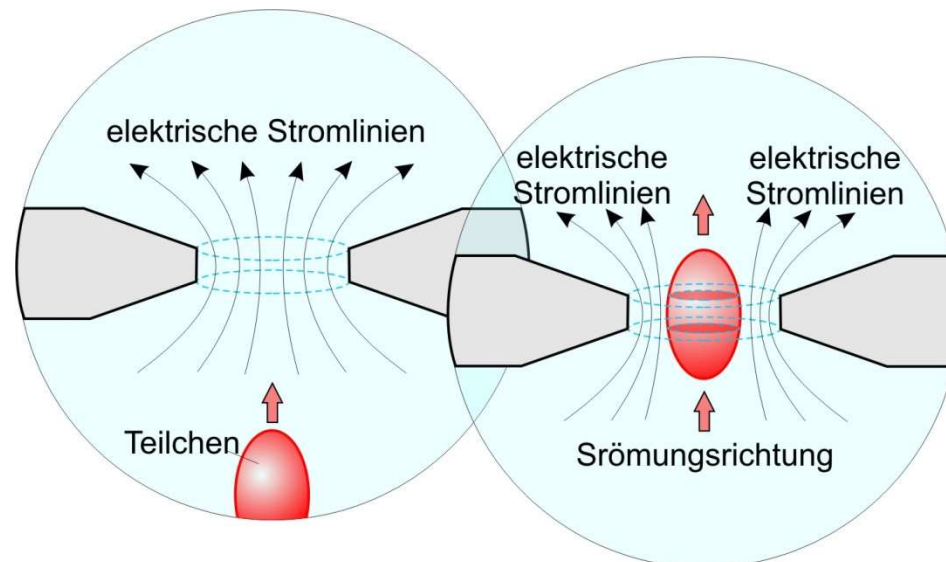
Apex-Locator



Lügendetektor



Coulter-Zähler



- Therapie

Elektroreizung

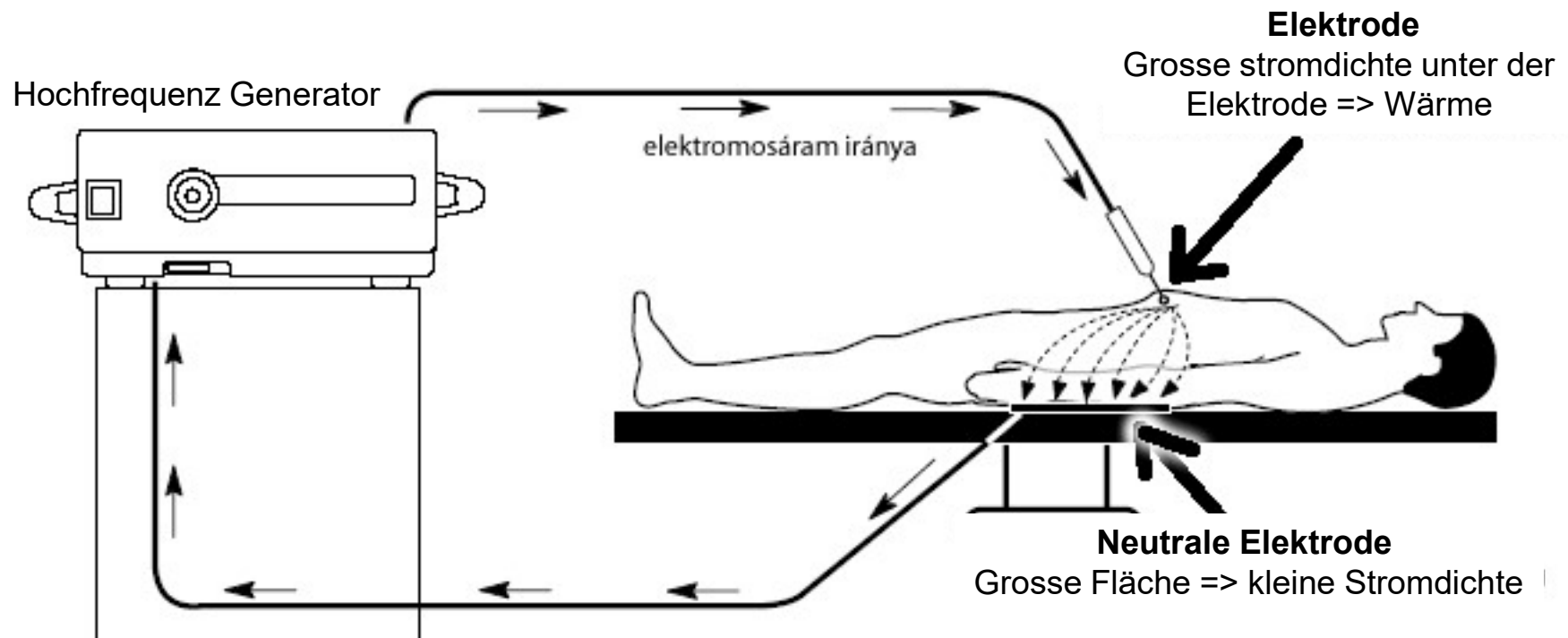


Herzschrittmacher



Defibrillator

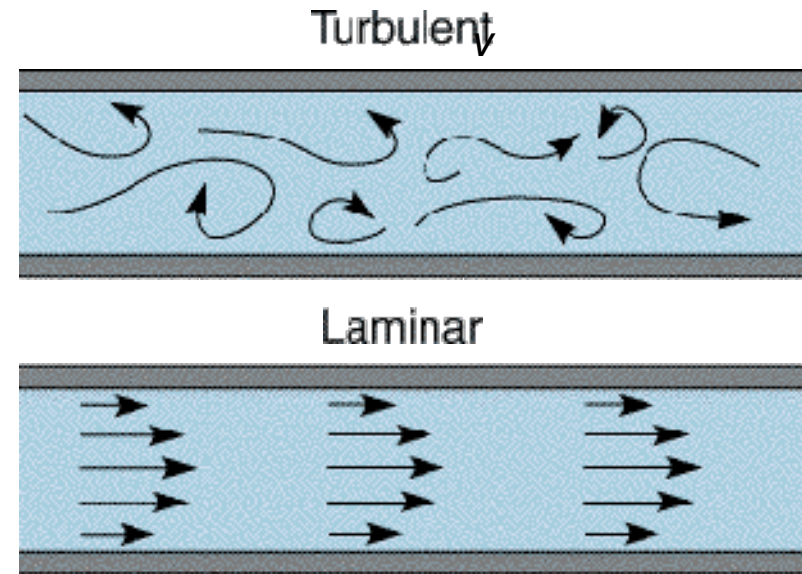
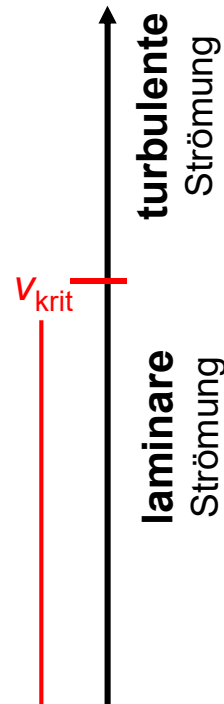




II. Volumentransport (Strömungen)

1. Grundbegriffe

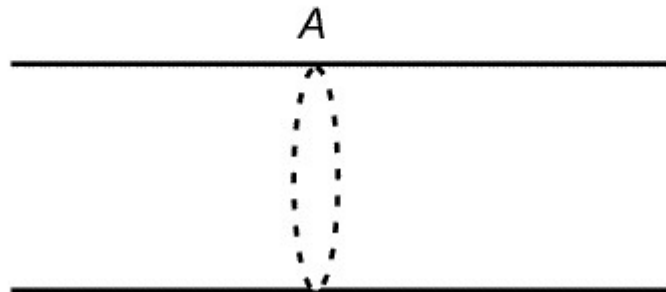
- Stromlinien
- Strömungsarten:



- stationärer Strom: zeitlich konstant

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

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

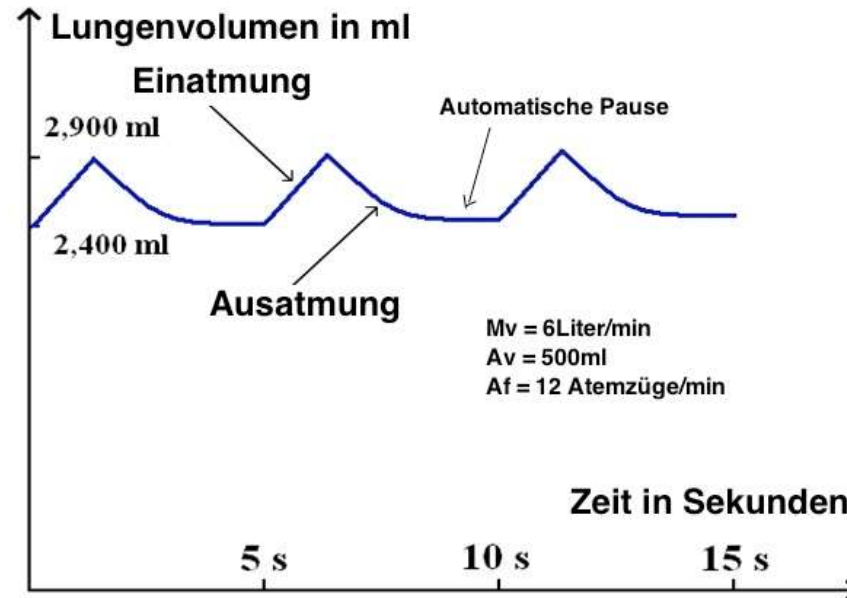
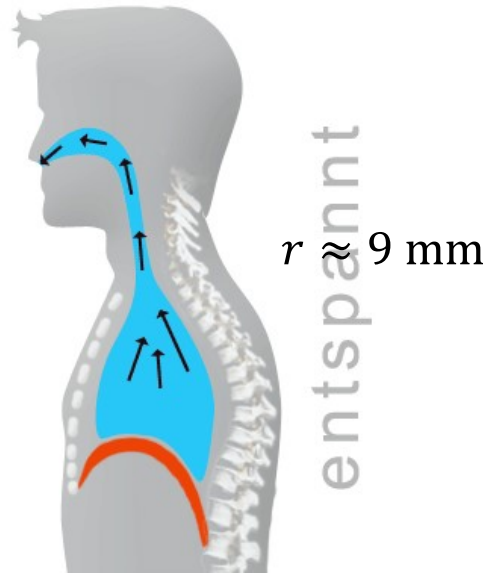


$$I =$$

$$J =$$

Anwendung: Atmung

- Volumenstromstärke und Strömungsgeschwindigkeit in der Luftröhre in Ruhe?



Im Durchschnitt:

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

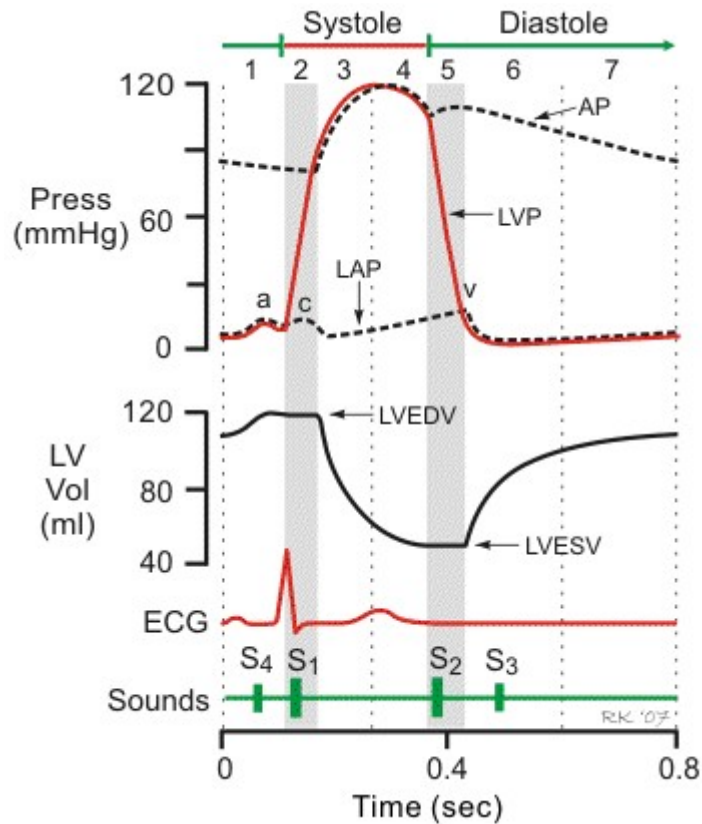
Maximal:

$$I_{\max} =$$

$$v_{\max} =$$

Anwendung: Blutströmung

- Volumenstromstärke und Strömungsgeschwindigkeit in der Aorta?



Im Durchschnitt:

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

$$\bar{v} =$$

Maximal:

$$I_{\max} =$$

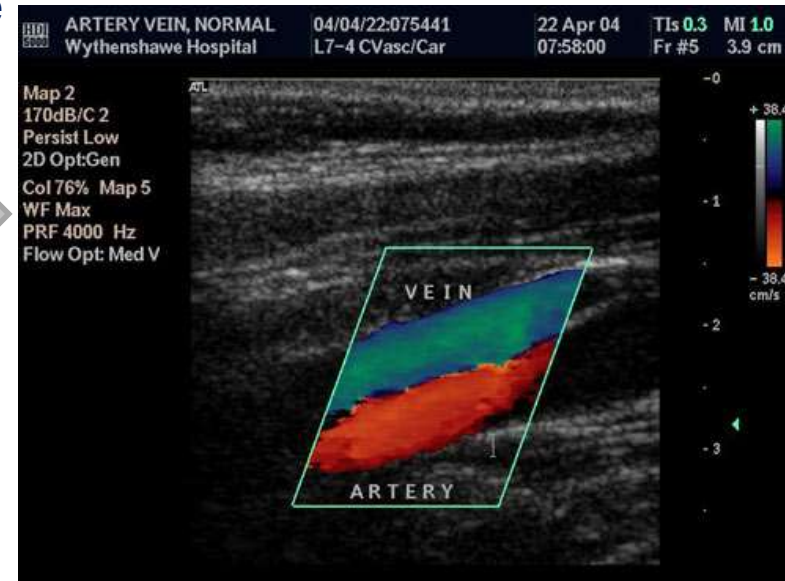
$$v_{\max} =$$

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

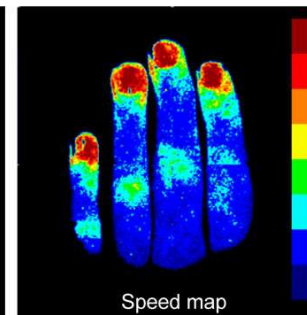
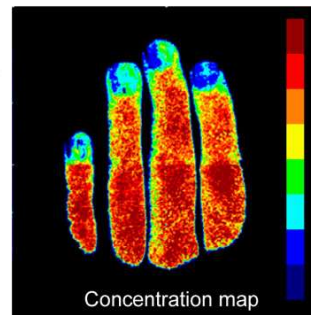
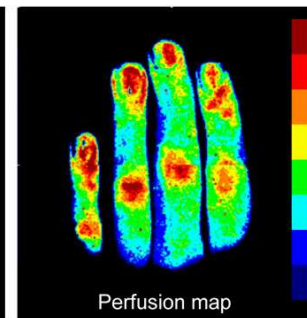
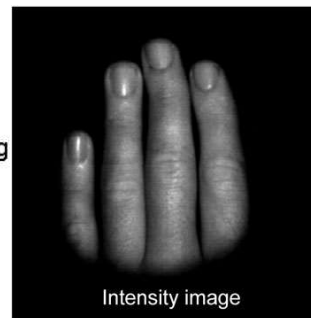
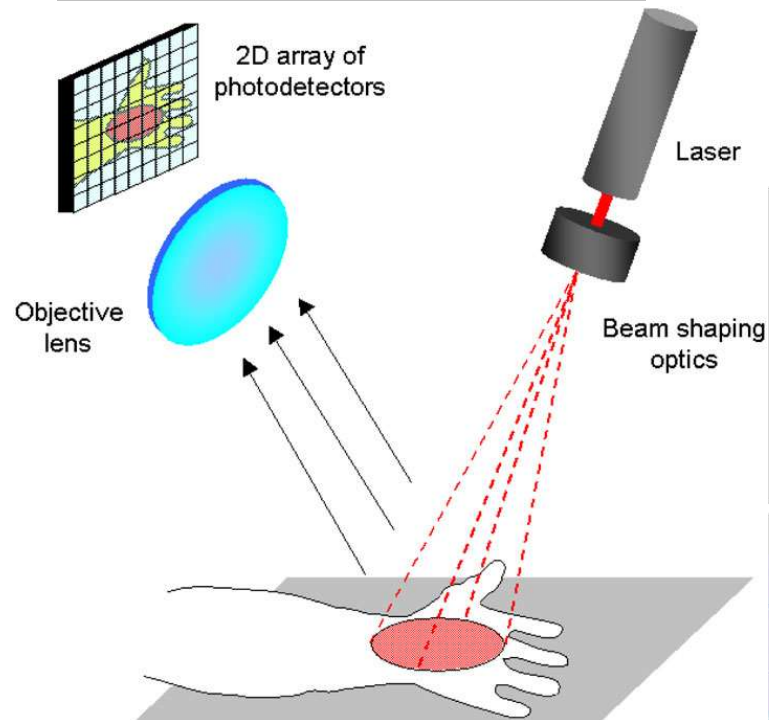
Blutströmung

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

Ultraschall-Doppler



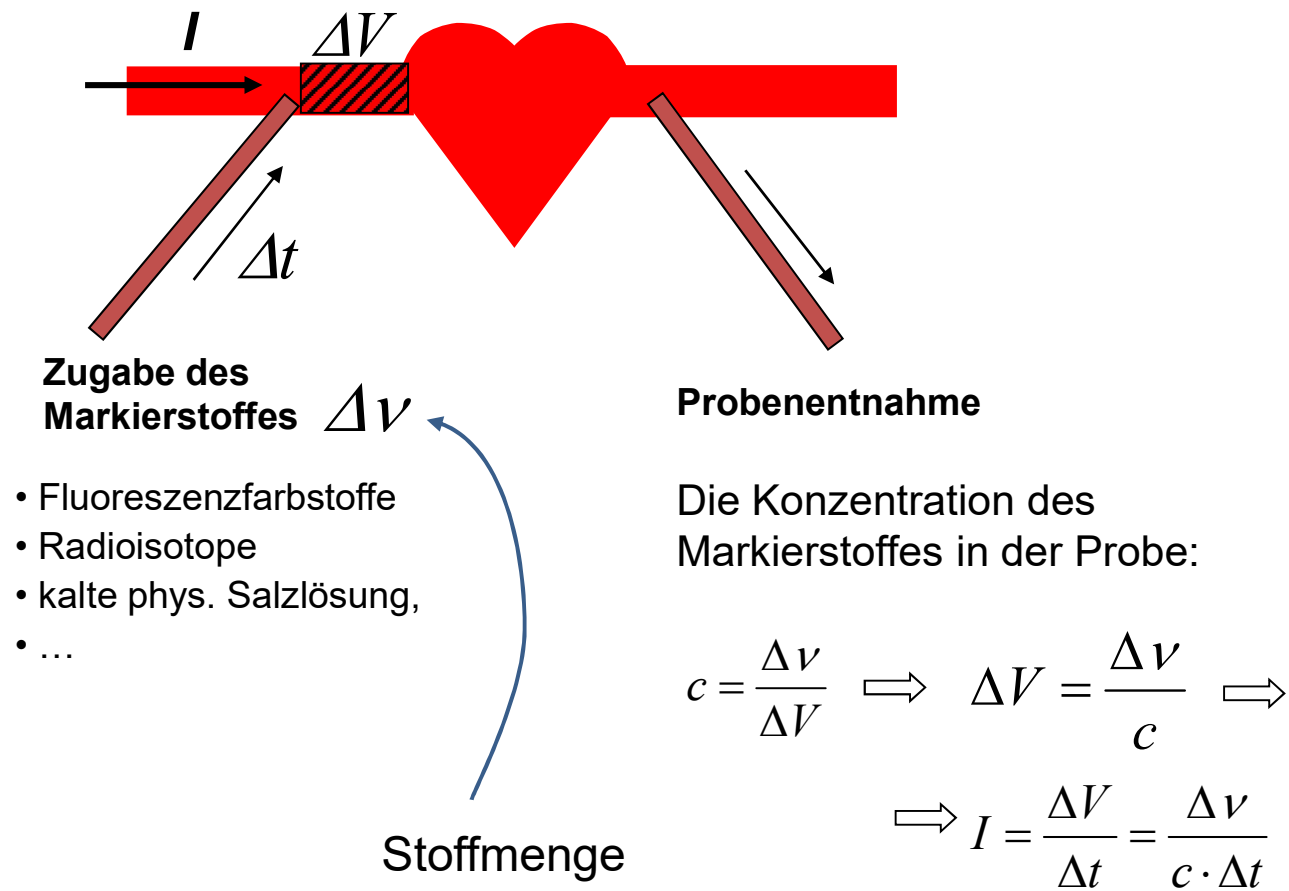
Laser-Doppler



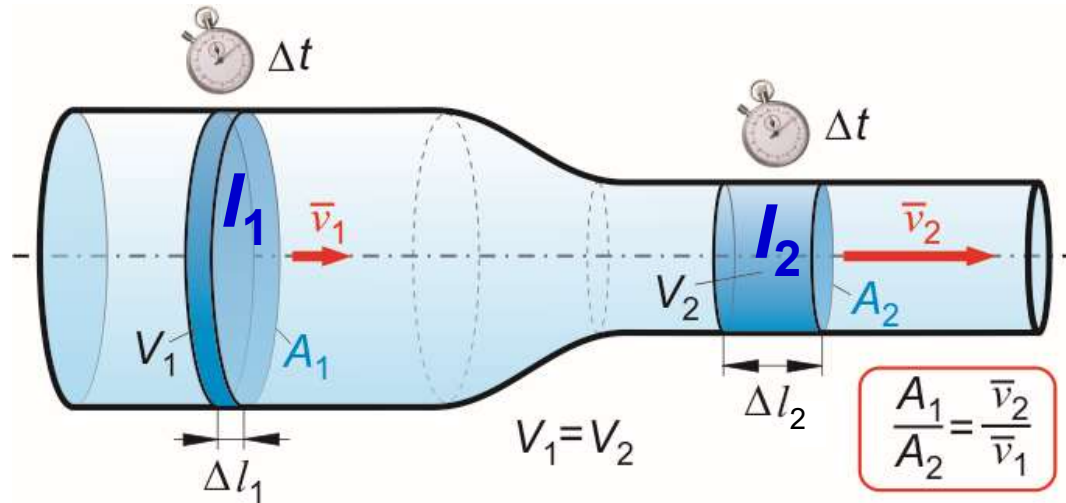
Impedanz-Methoden

Siehe bei dem elektrischen Strom

Verdünnungsmethoden



2. Kontinuitätsgleichung

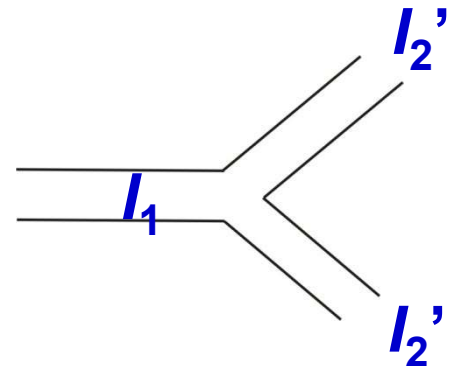


$$I_1 = I_2$$

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

Bedingungen:

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



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

Kontinuitätsgleichung im Blutkreislauf

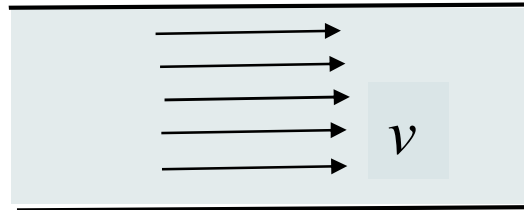


Gefäß	Aorta	Arterien	Arteriolen	Kapillaren	Venolen	Venen	Hohlvenen
R (cm)	1,2	0,2	0,0015	0,00035	0,001	0,25	1,7
Anzahl d. Äste	1	160	$57 \cdot 10^6$	$12 \cdot 10^9$	$1,3 \cdot 10^9$	200	2
A (cm ²)	4,5	20	400	4500	4000	40	18
v (cm/s)	23	5	0,25	0,022	0,025	2,5	6

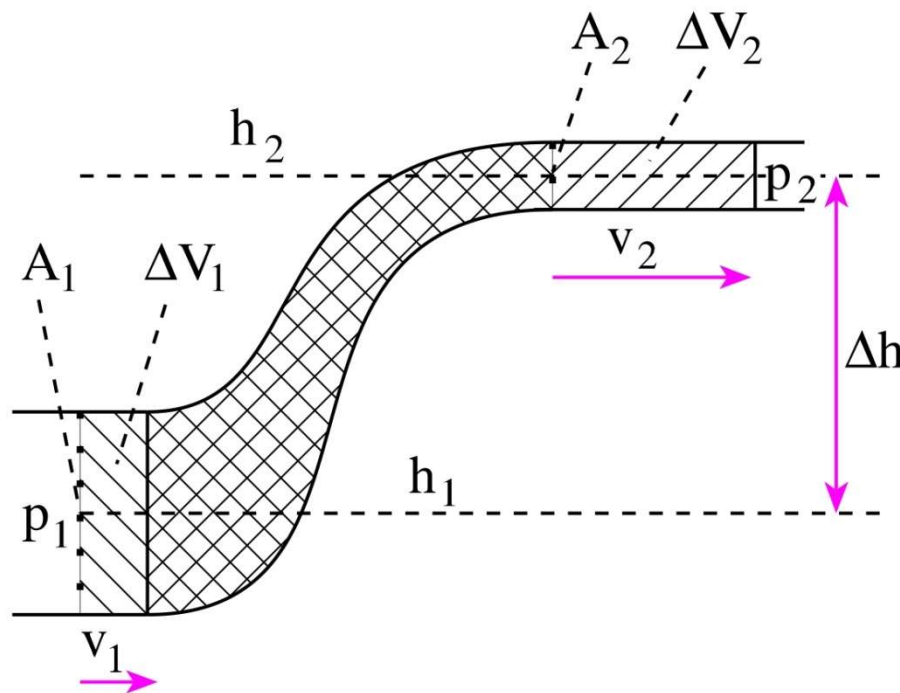
3. Strömung von idealen Flüssigkeiten

- Ideale Flüssigkeit: ohne innere Reibung

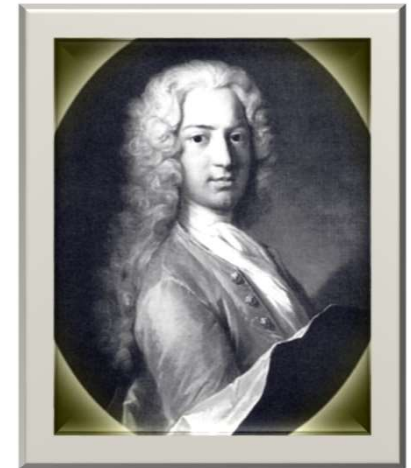
- Geschwindigkeitsprofil:



- Bernoullische Gleichung:



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



Daniel Bernoulli
1700-1782
Mathematiker
Physiker
Anatom

Anwendungen der bernoullischen Gleichung

