

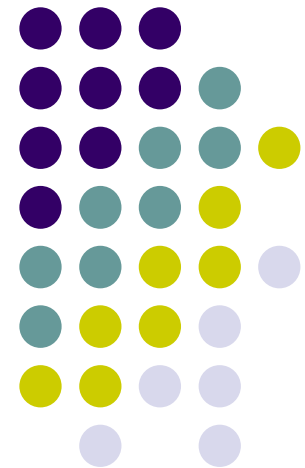
Biophysik für Pharmazeuten

21.03.2023.

Transportprozesse

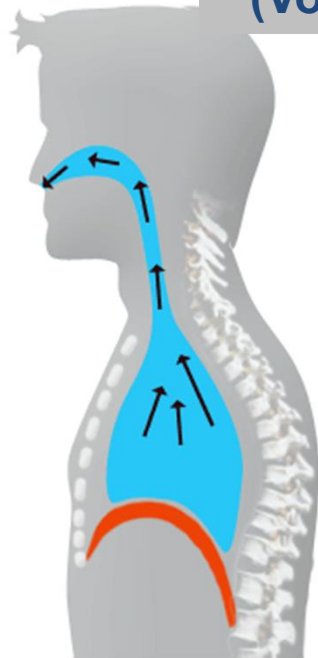
I. Elektrischer Strom

II. Strömungen



Transportprozesse

II. Strömung (Volumentransport)



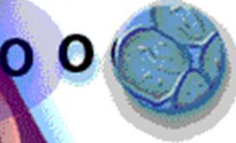
entspannt



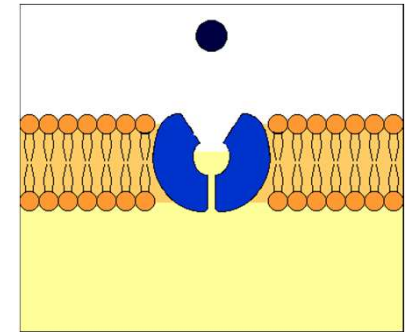
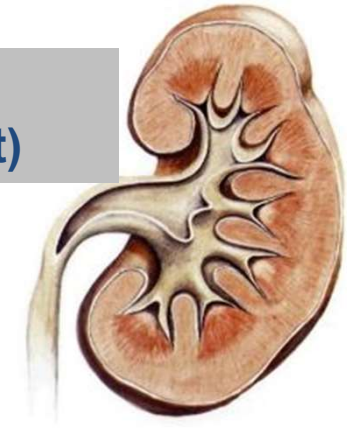
O O O

DIFFUSION

O₂ to
cellular mitochondria



III. Diffusion (Stofftransport)



I. Elektrischer Strom (el. Ladungstransport)



IV. Wärmeleitung (Energietransport)



V. Verallgemeinerung

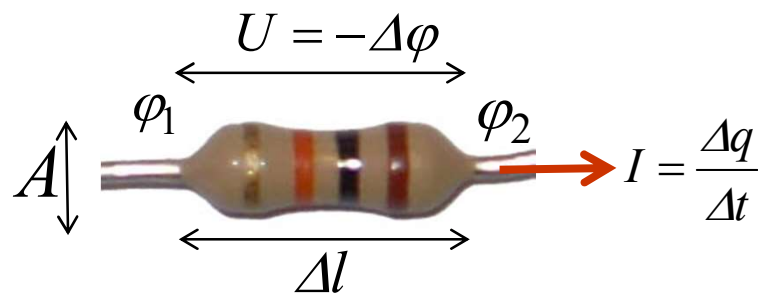
VI. Energetische Aspekte

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

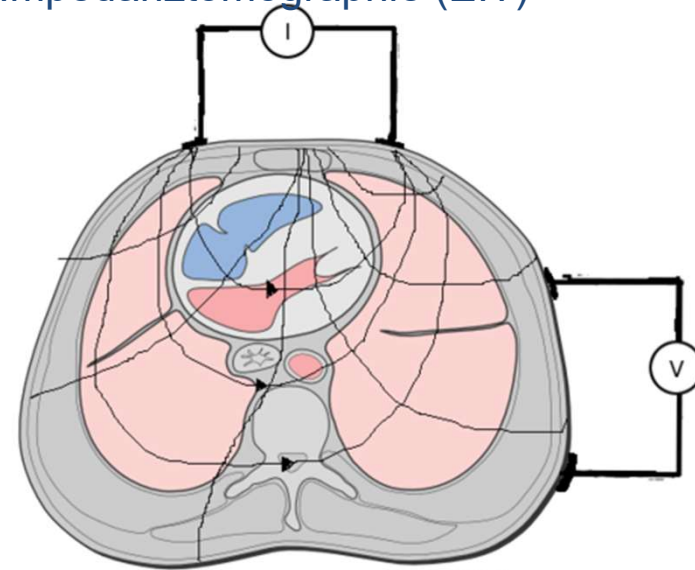
- Messung von Biopotenzialen (EKG, EEG, ...)



- Messung der elektrischen Leitfähigkeit von Geweben

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

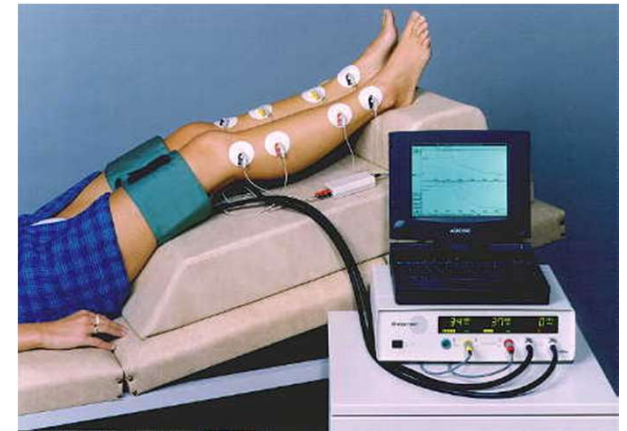
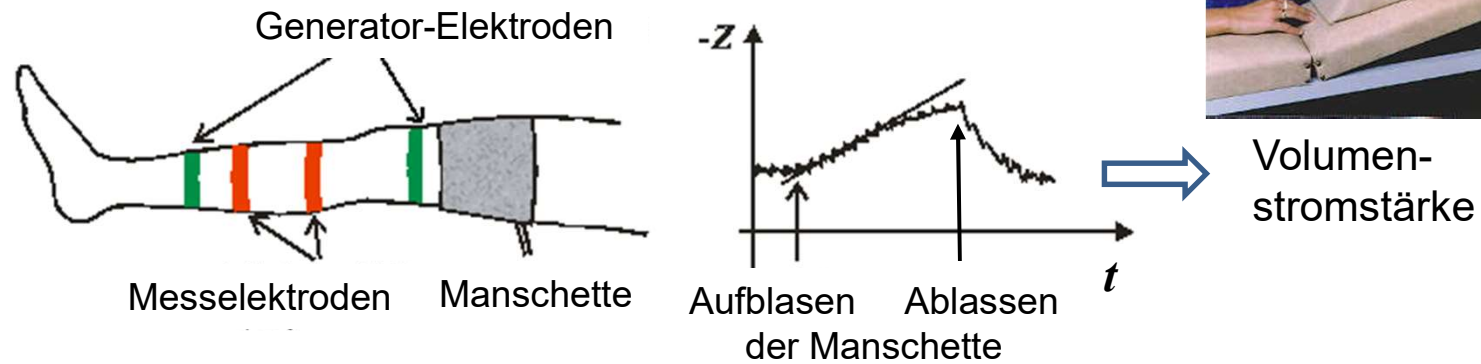
Elektrische Impedanztomographie (EIT)



© Patrick J. Lynch, 2006

Impedanzplethysmographie (IPG)

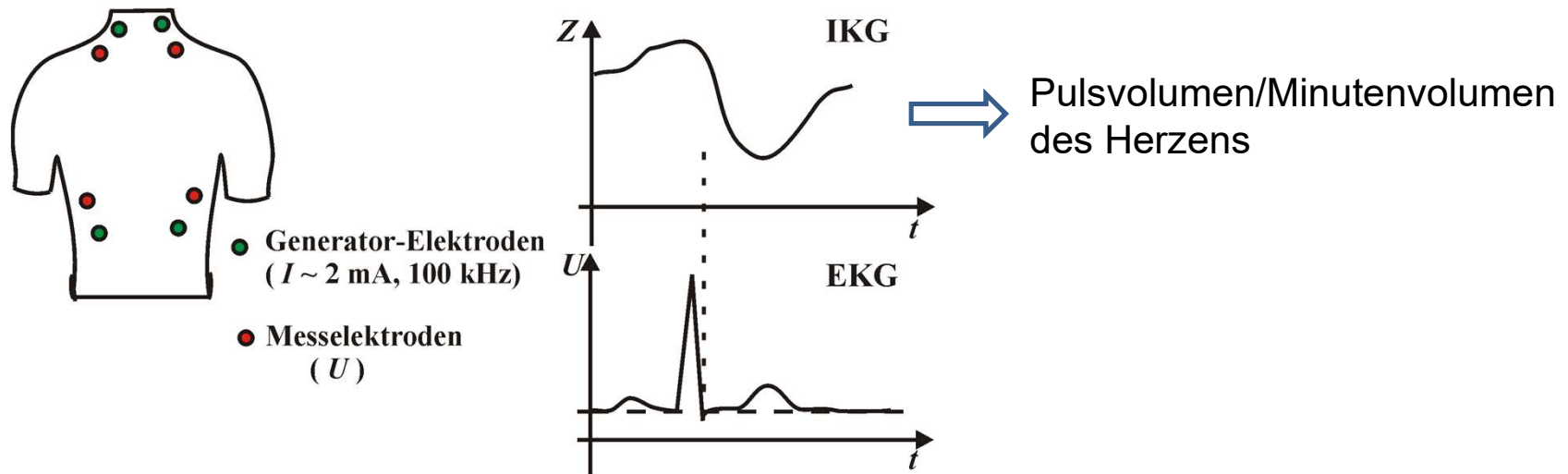
Untersuchung der Blutströmung in den Extremitäten



Impedanzkardiographie (IKG)

Untersuchung der Herzfunktion

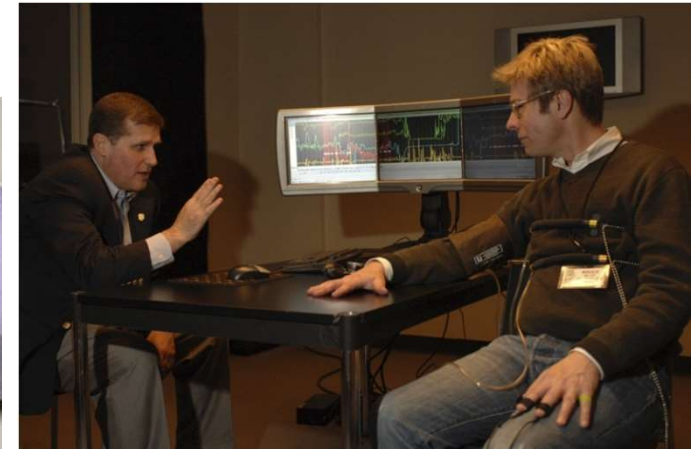
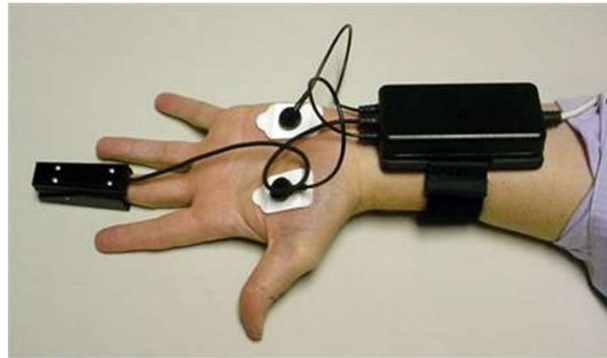
Impedanzkardiographie (IKG)



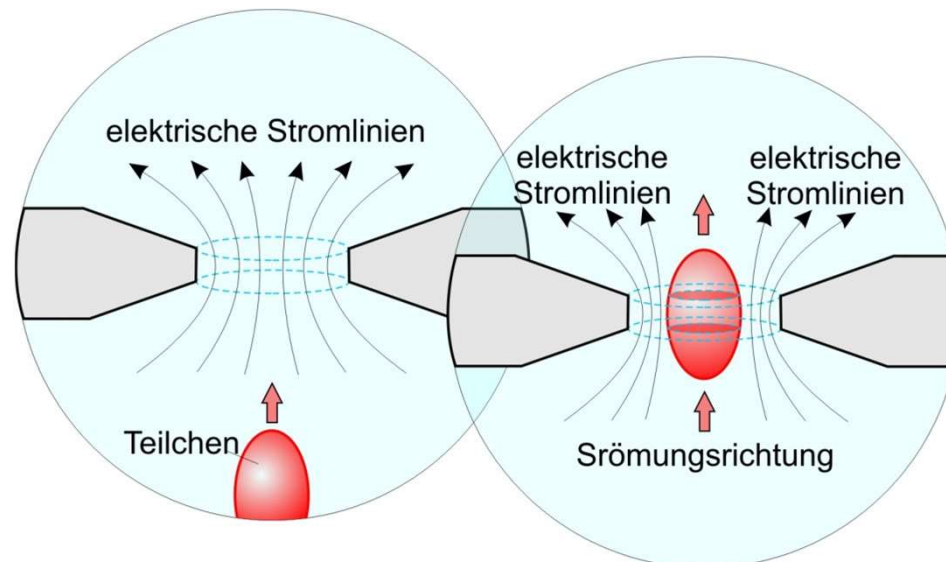
Apex-Locator



Lügendetektor



Coulter-Zähler



- Therapie

Elektroreizung

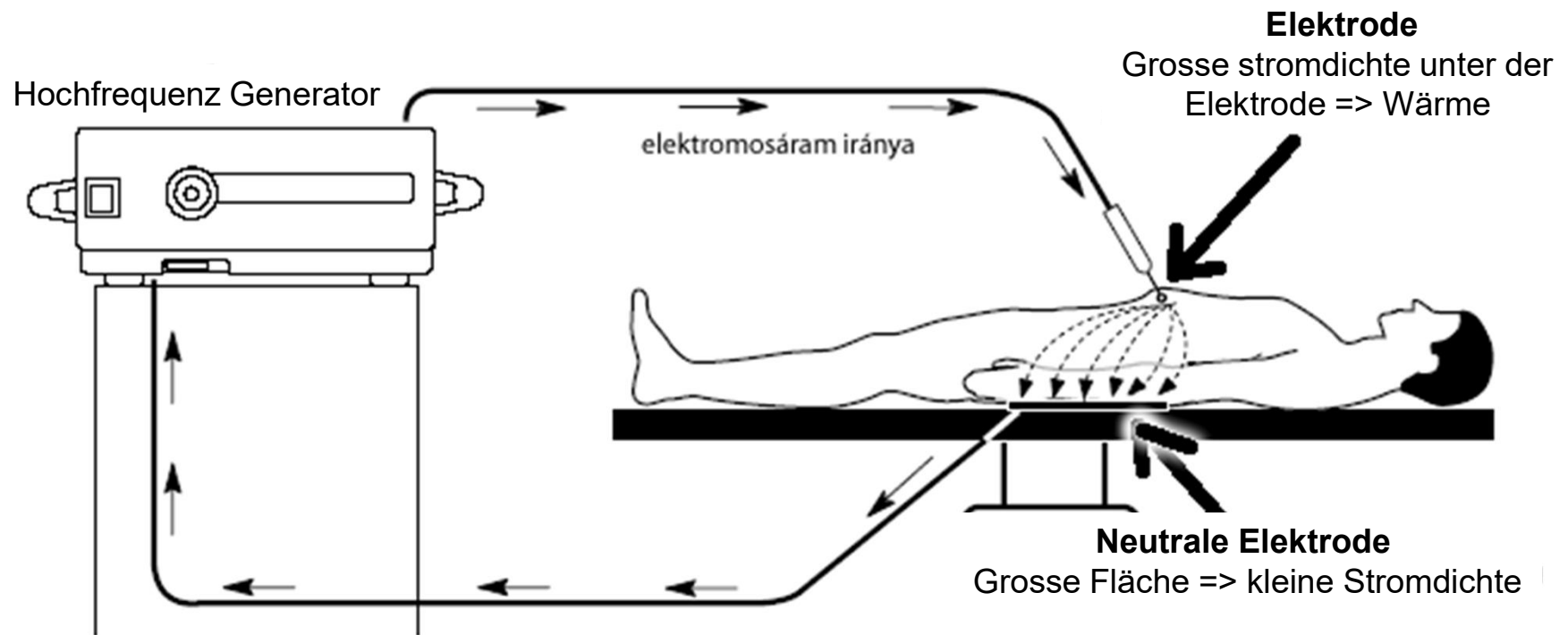


Herzschrittmacher



Defibrillator

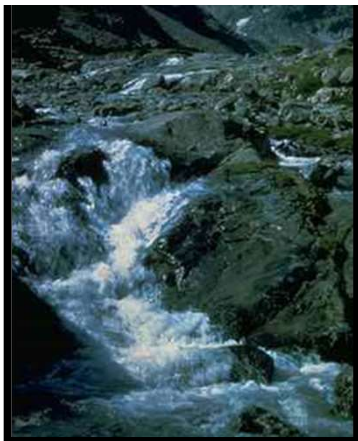
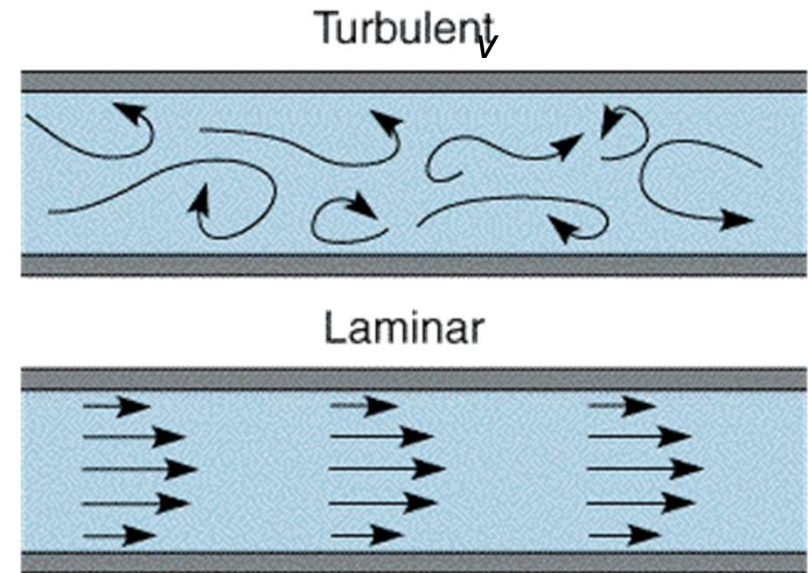
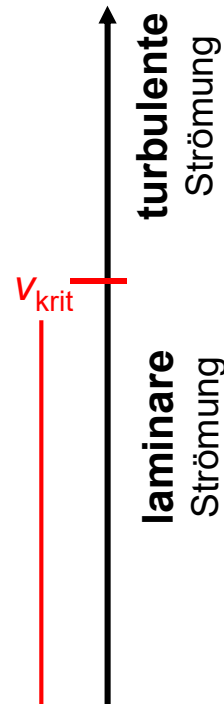




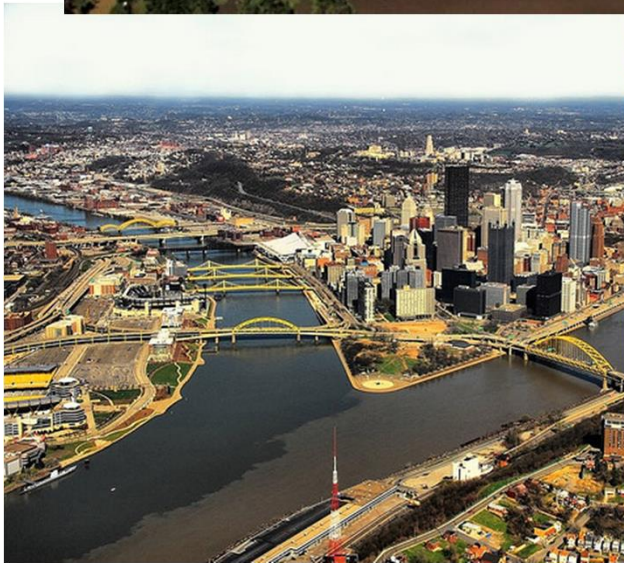
II. Volumentransport (Strömungen)

1. Grundbegriffe

- Stromlinien
- Strömungsarten:



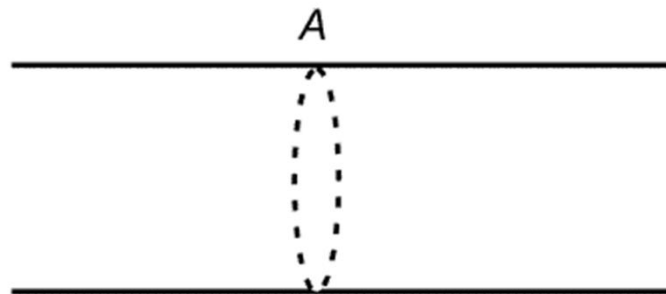
Beispiele für laminare Strömung



- stationärer Strom: zeitlich konstant

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

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

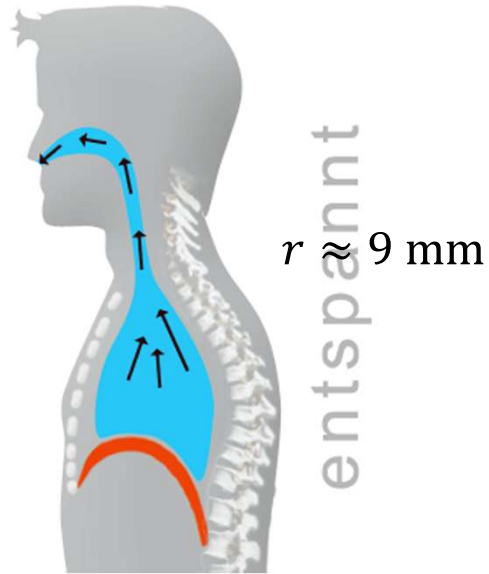


$$I =$$

$$J =$$

Anwendung: Atmung

- Volumenstromstärke und Strömungsgeschwindigkeit in der Luftröhre in Ruhe?



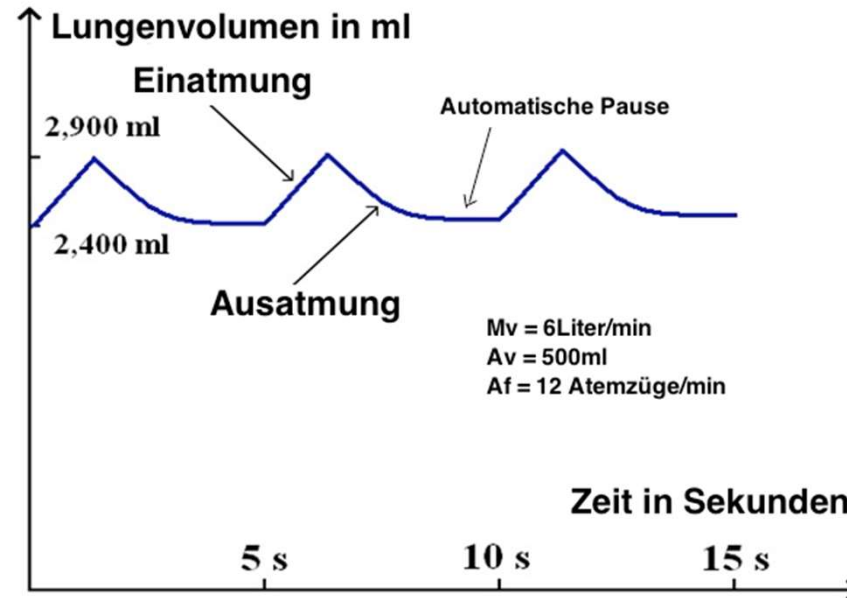
Im Durchschnitt:

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

Maximal:

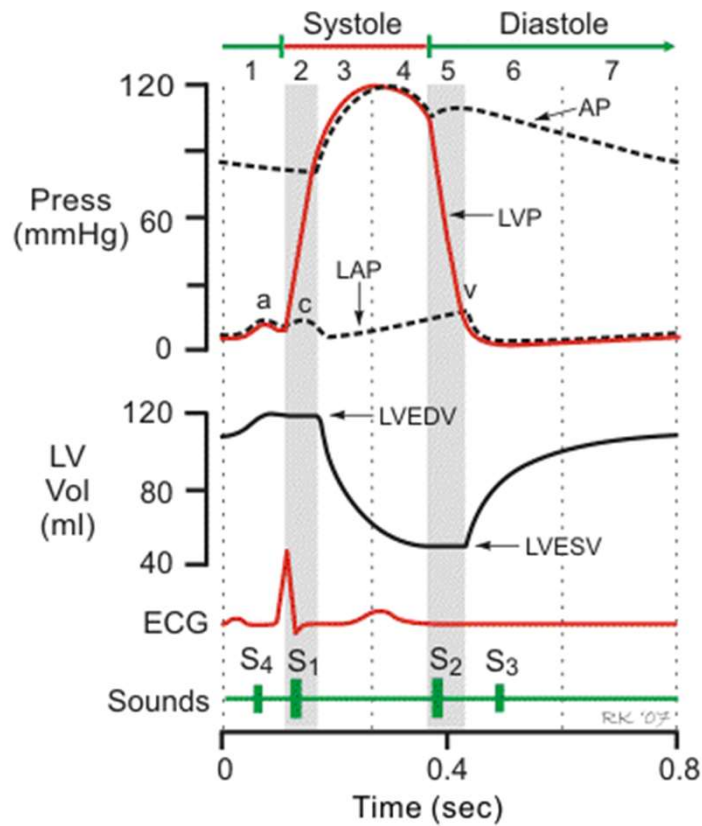
$$I_{\text{max}} =$$

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



Anwendung: Blutströmung

- Volumenstromstärke und Strömungsgeschwindigkeit in der Aorta?



Im Durchschnitt:

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

$$\bar{v} =$$

Maximal:

$$I_{\max} =$$

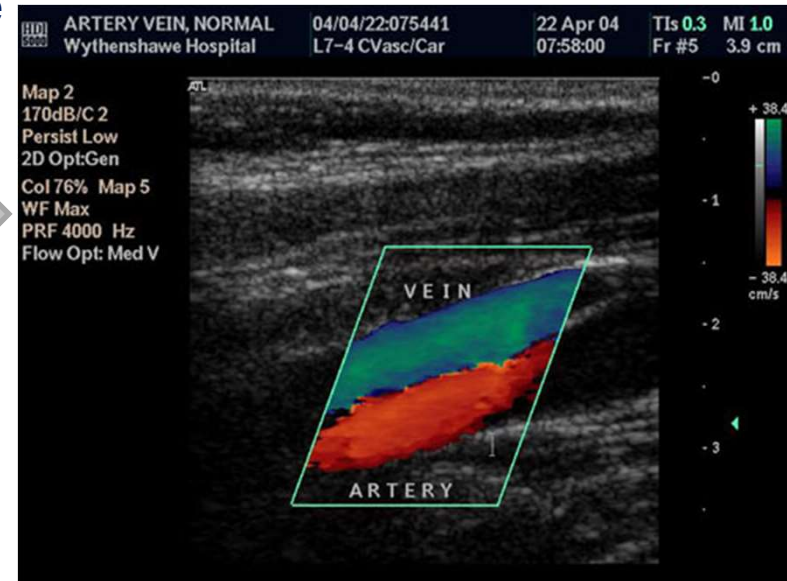
$$v_{\max} =$$

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

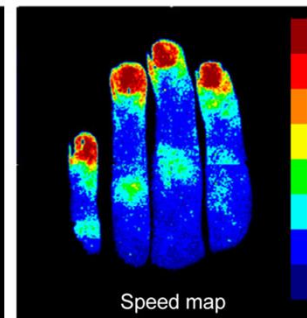
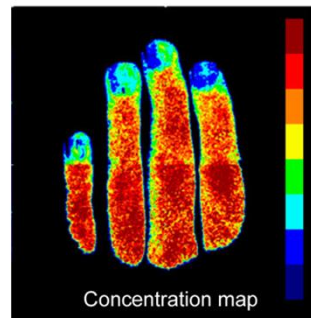
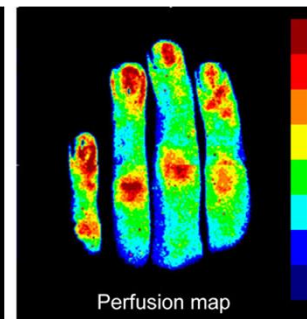
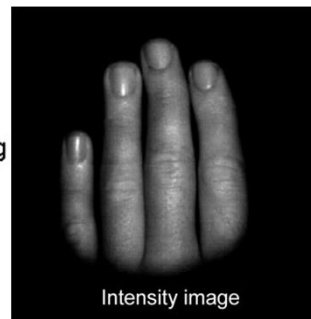
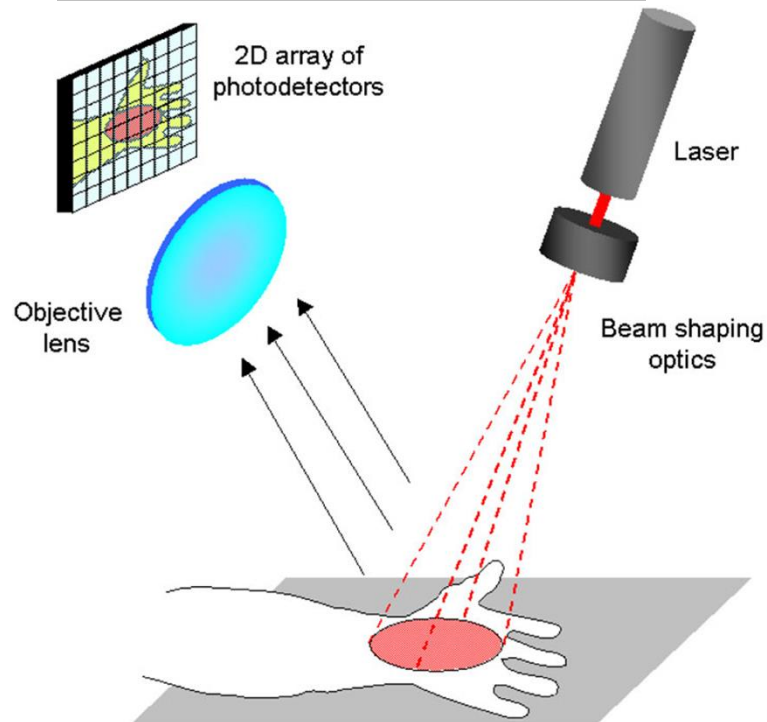
Blutströmung

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

Ultraschall-Doppler



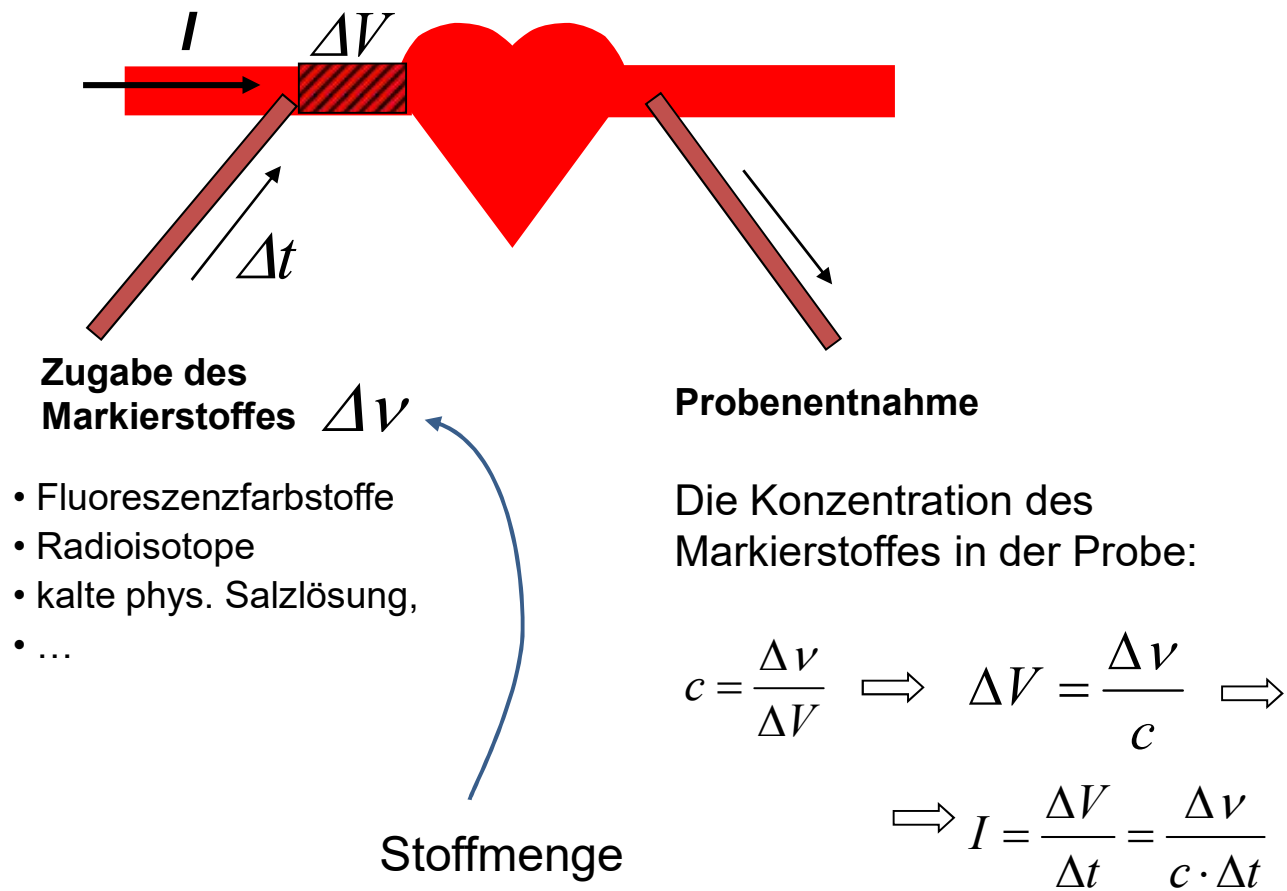
Laser-Doppler



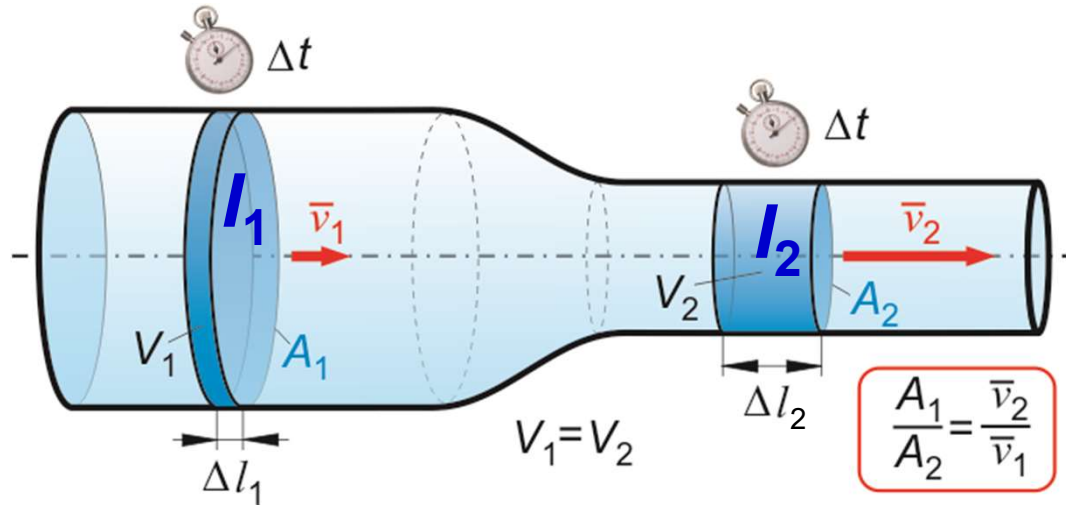
Impedanz-Methoden

Siehe bei dem elektrischen Strom

Verdünnungsmethoden



2. Kontinuitätsgleichung

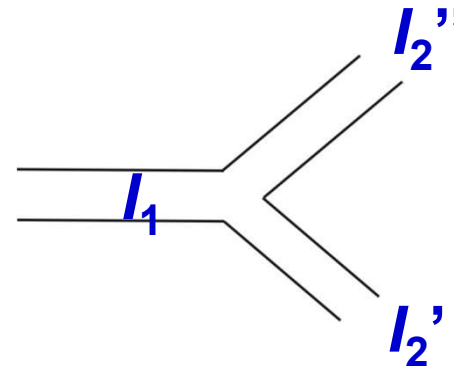


$$I_1 = I_2$$

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

Bedingungen:

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



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

Kontinuitätsgleichung im Blutkreislauf

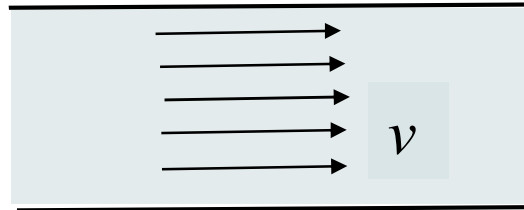


Gefäß	Aorta	Arterien	Arteriolen	Kapillaren	Venolen	Venen	Hohlvenen
R (cm)	1,2	0,2	0,0015	0,00035	0,001	0,25	1,7

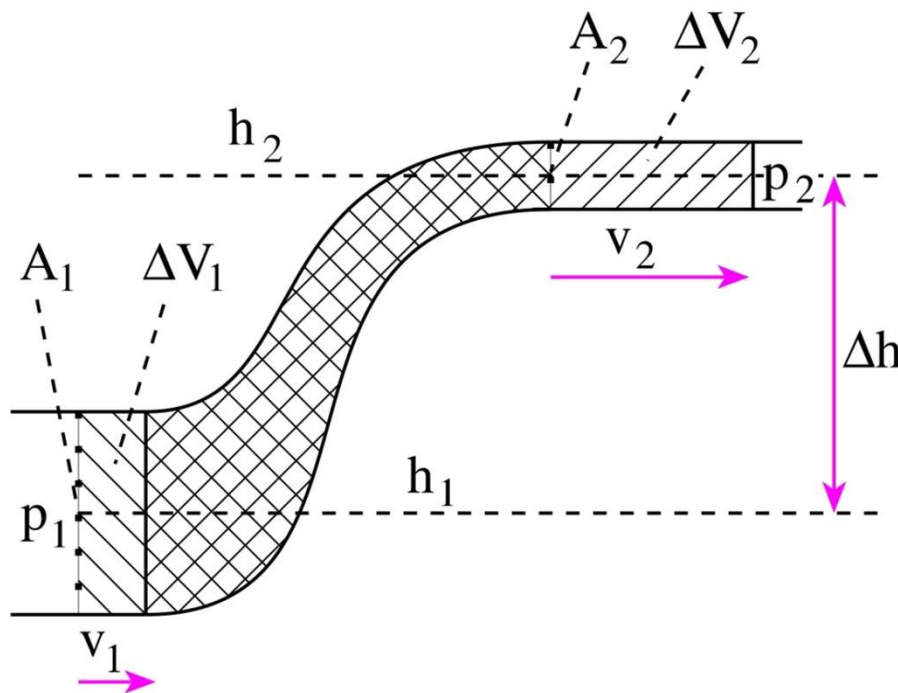
3. Strömung von idealen Flüssigkeiten

- Ideale Flüssigkeit: ohne innere Reibung

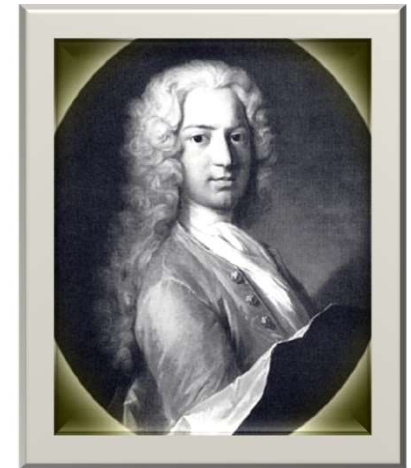
- Geschwindigkeitsprofil:



- 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

