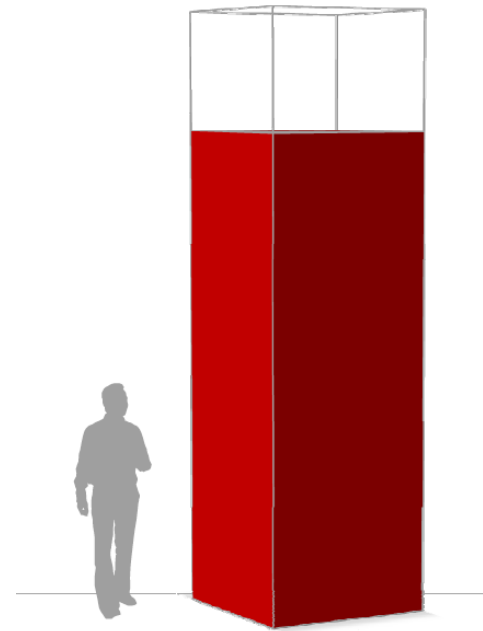


# Nierenersatzverfahren

12.12.2017

Prof. Dr. med. Ferruh Artunc  
Universitätsklinikum Tübingen  
Medizinische Klinik Abt. IV  
Sektion Nieren- und Hochdruckkrankheiten

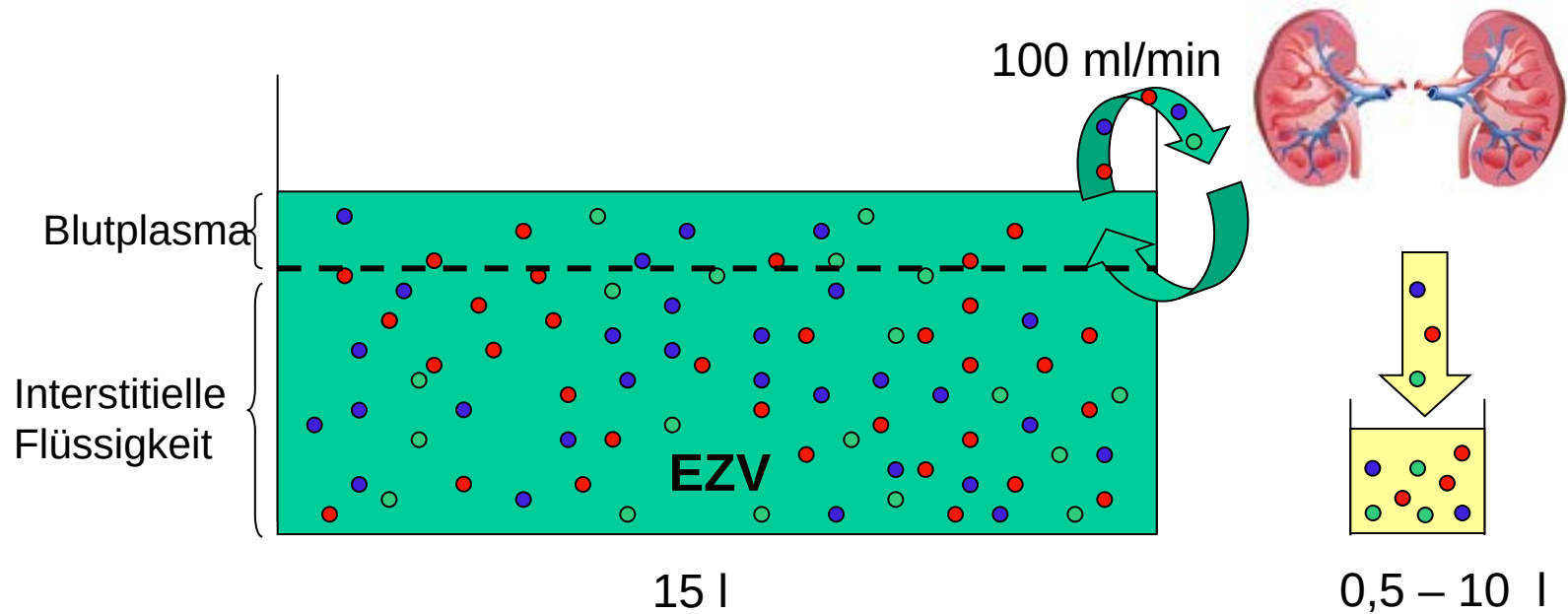


**1800 l pro Tag**

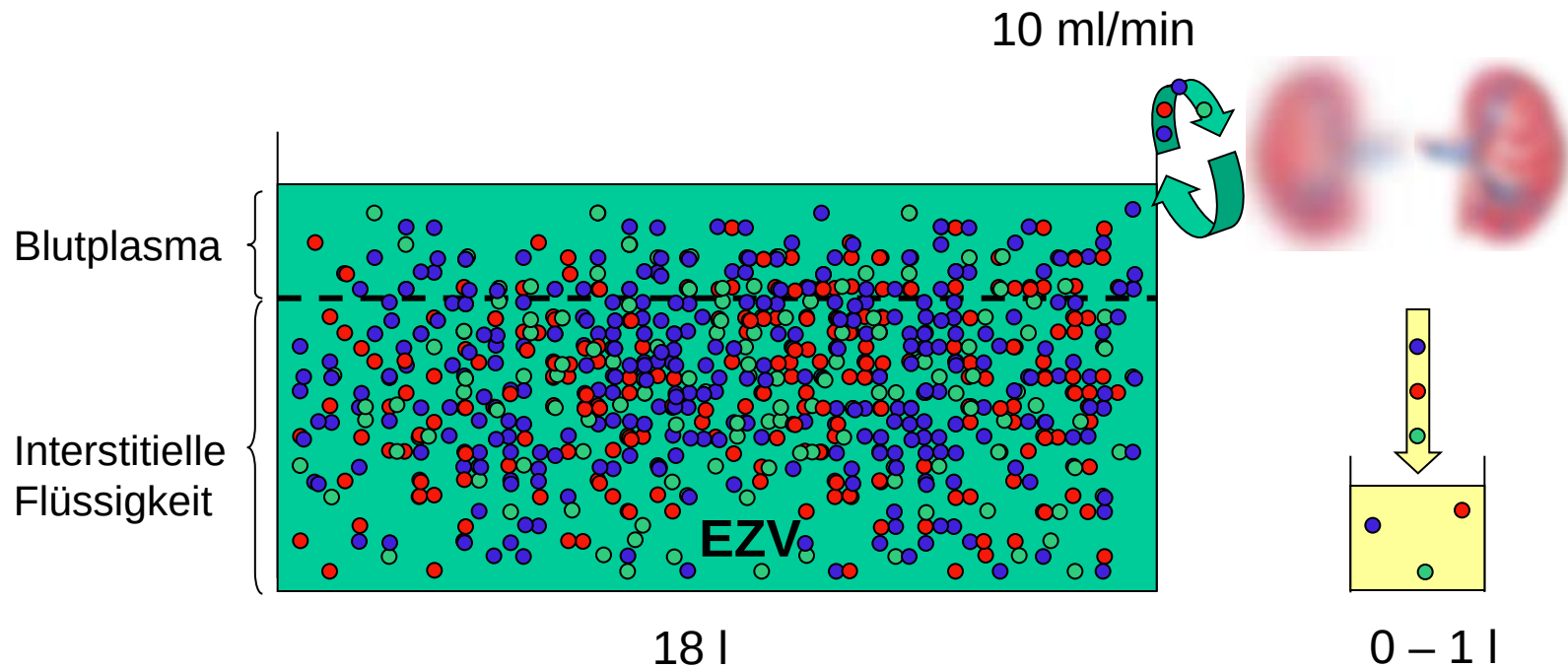


**1,8 l pro Tag**

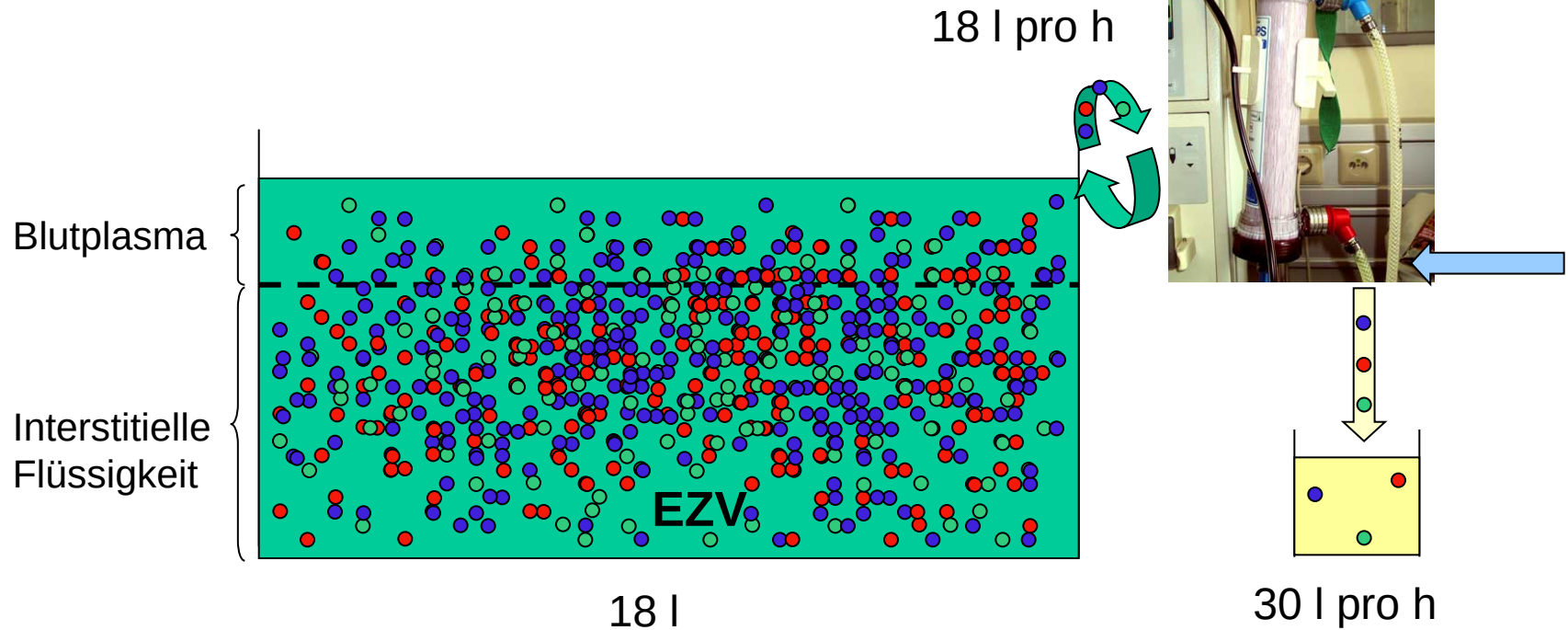
# Modell für die GFR



# Niereninsuffizienz



# Prinzip der Dialyse



# Indikationen zur Dialyse

- Akutes oder chronisches Nierenversagen ( $\text{GFR} < 10 \text{ ml/min/1,73 m}^2$ ) mit Urämie:
  - urämischer Fötor
  - urämische Perikarditis
  - urämische Enzephalopathie / Koma
- Akutes oder chronisches Nierenversagen und nicht konservativ zu beherrschende
  - Überwässerung mit Blutdruckentgleisung und/oder Lungenödem
  - Hyperkaliämie
  - Azidose

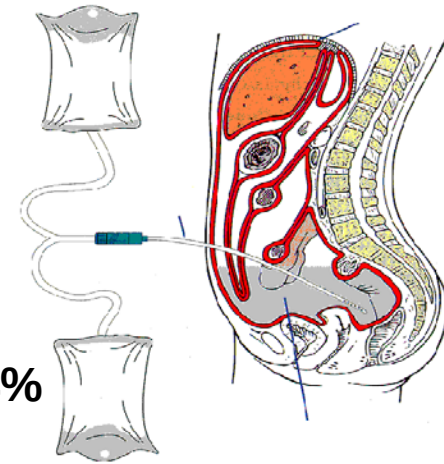
# Nierenersatztherapie

## Anteil der Patienten

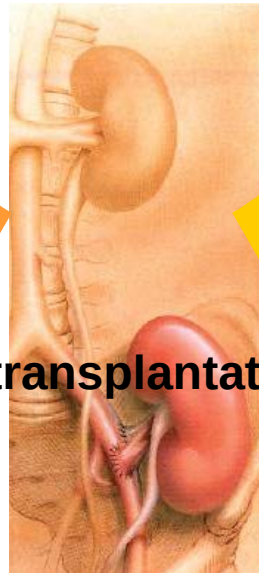


**Hämodialyse 71%**

**Peritonealdialyse 4%**



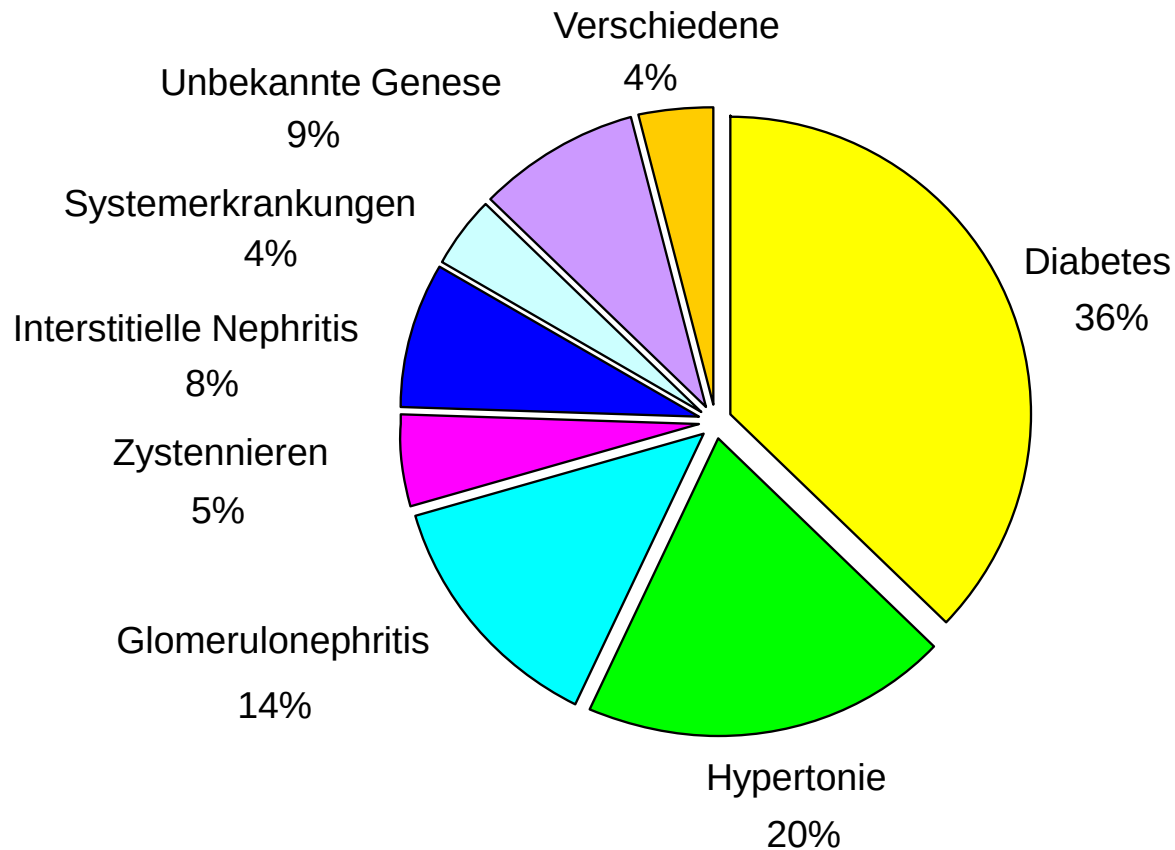
**Nierentransplantation 25%**



# Wieviele Menschen sind terminal niereninsuffizient?

- 1-2 / 800 Einwohner
- 2.000.000 Millionen Menschen an Dialyse weltweit
- ca. 80.000 in Deutschland
- 15-20% Mortalität pro Jahr
- 6-8 fach höhere Sterblichkeit zur Normalbevölkerung

# Ursachen der terminalen Niereninsuffizienz



# Prinzipien der Hämodialyse

1924 erste HD am Menschen – Georg Haas (Gießen)

1945 Trommeldialysegerät, erste erfolgreiche HD am Patienten – Willem Kolff (Kampen, NL)

1946 Ultrafiltration – Nils Alwall

1967 Hohlfaser-Dialysator



Diffusion

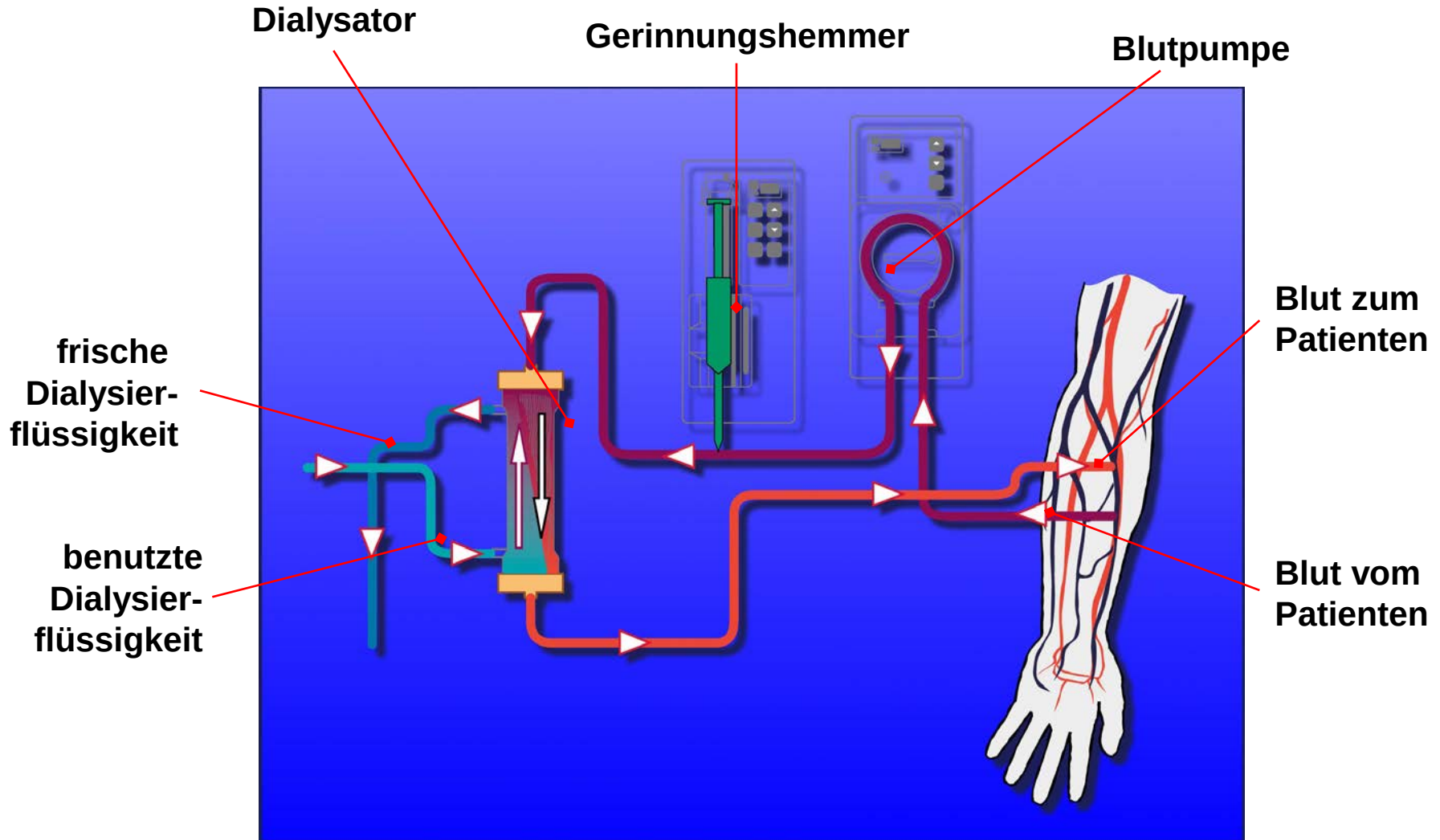


Konvektion

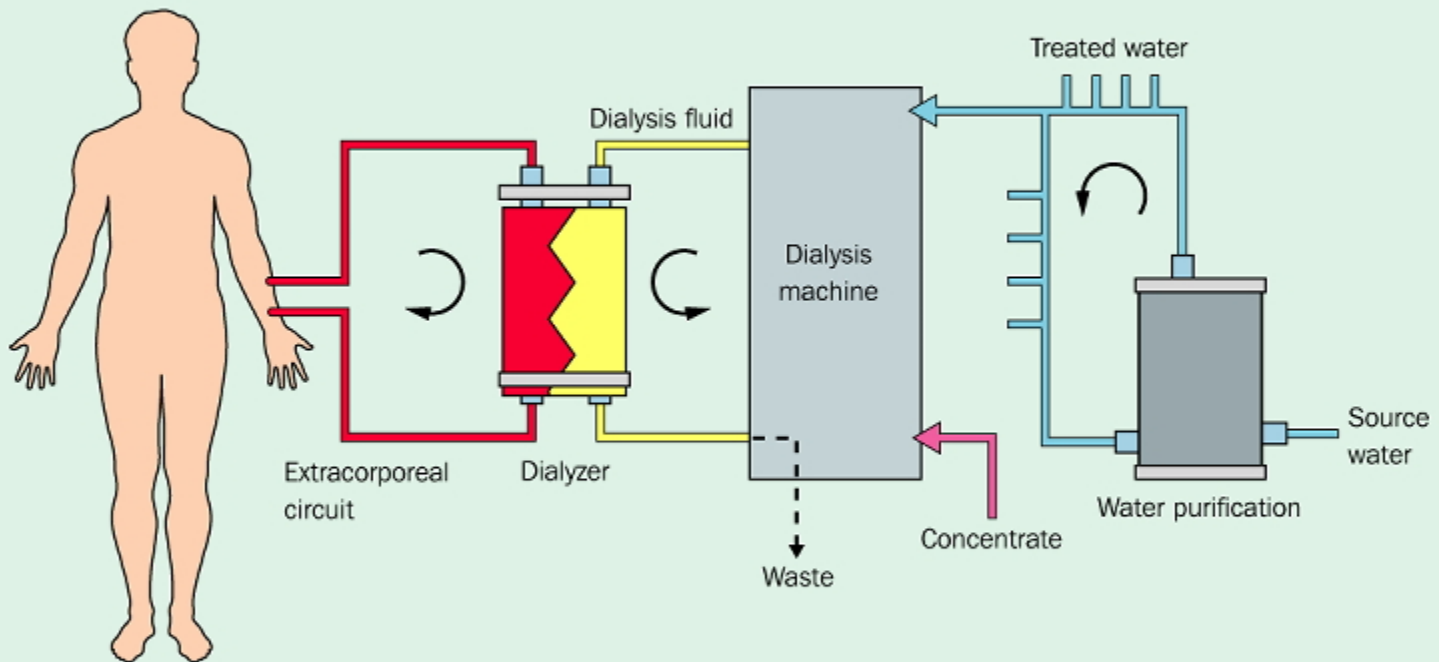




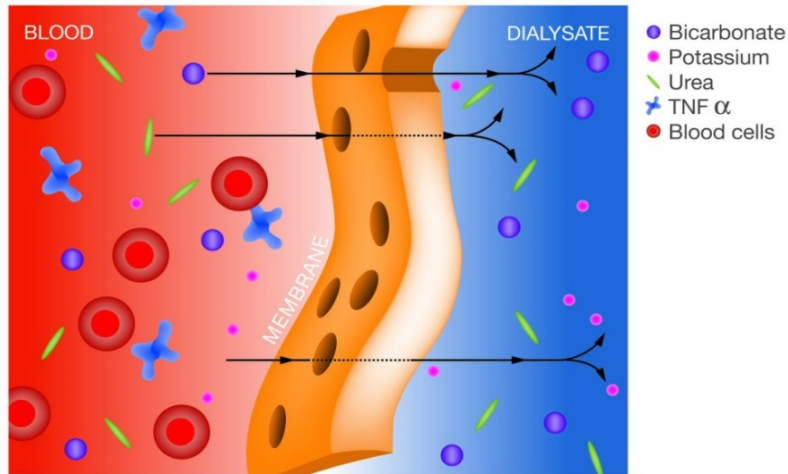
# Flussschema Hämodialyse (HD)



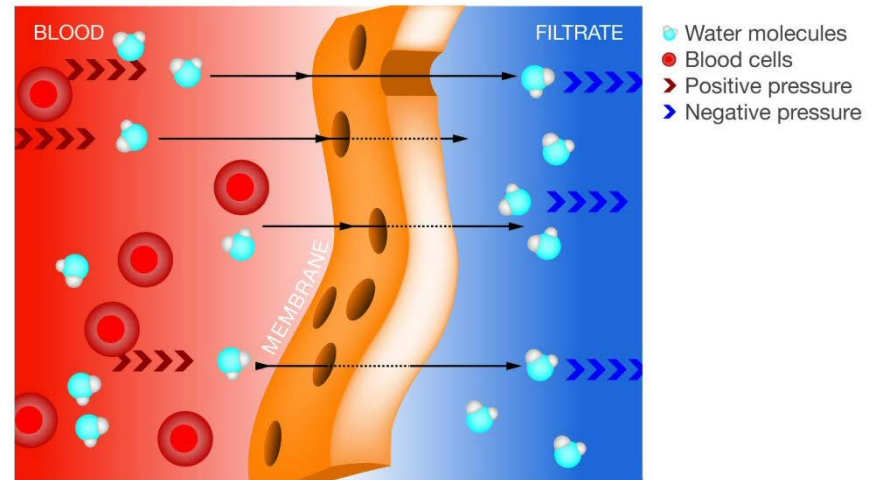
## Components of the hemodialysis system



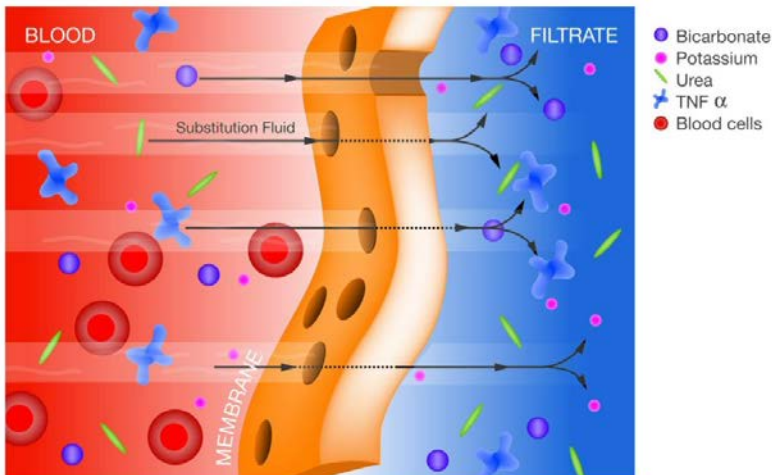
# Prinzipien des Stofftransports



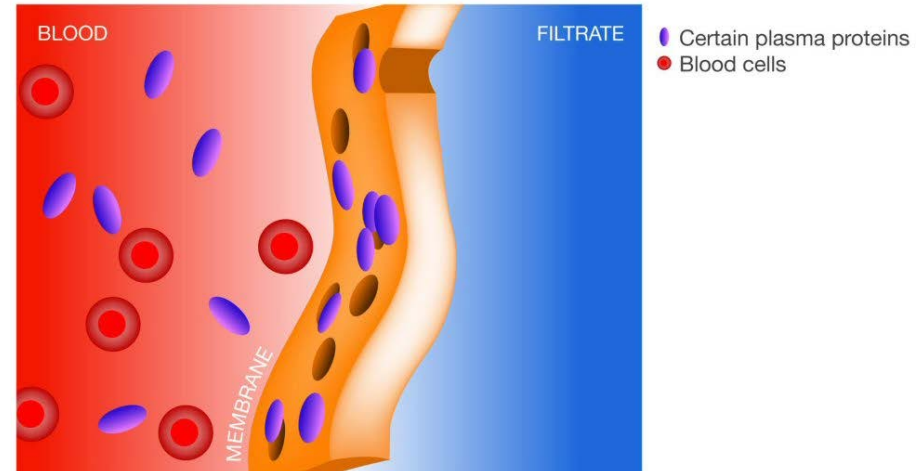
Diffusion



Filtration



Konvektion



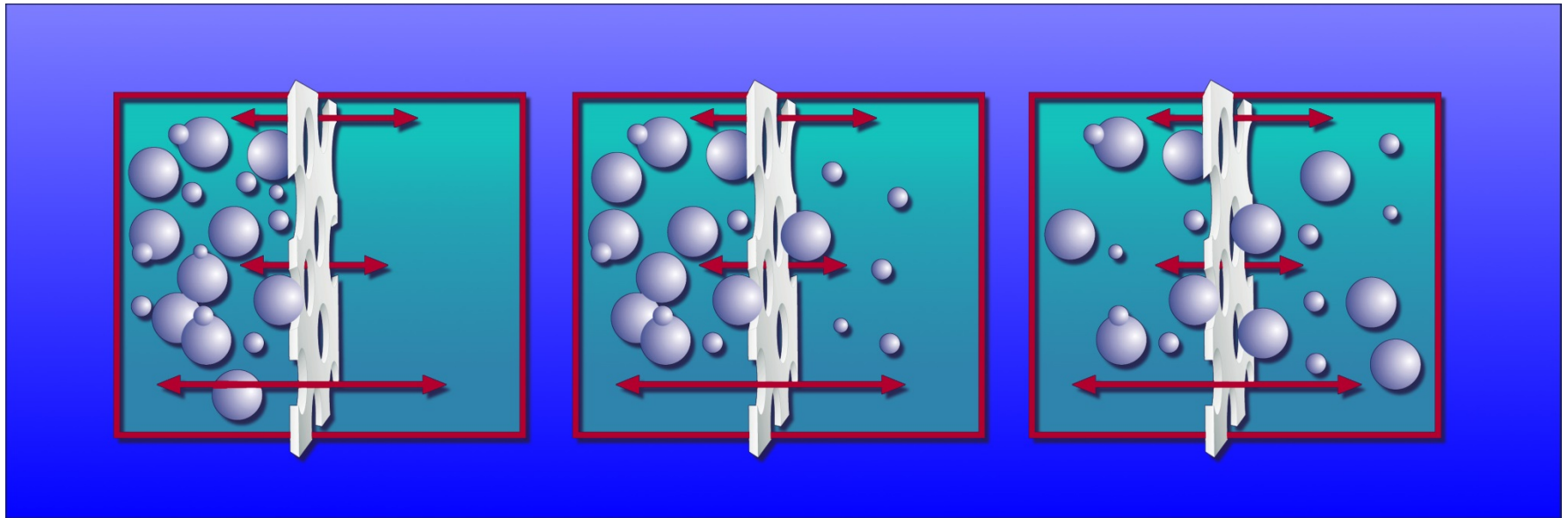
Adsorption

# Diffusion

unterschiedliche  
Konzentrationen

Zeit

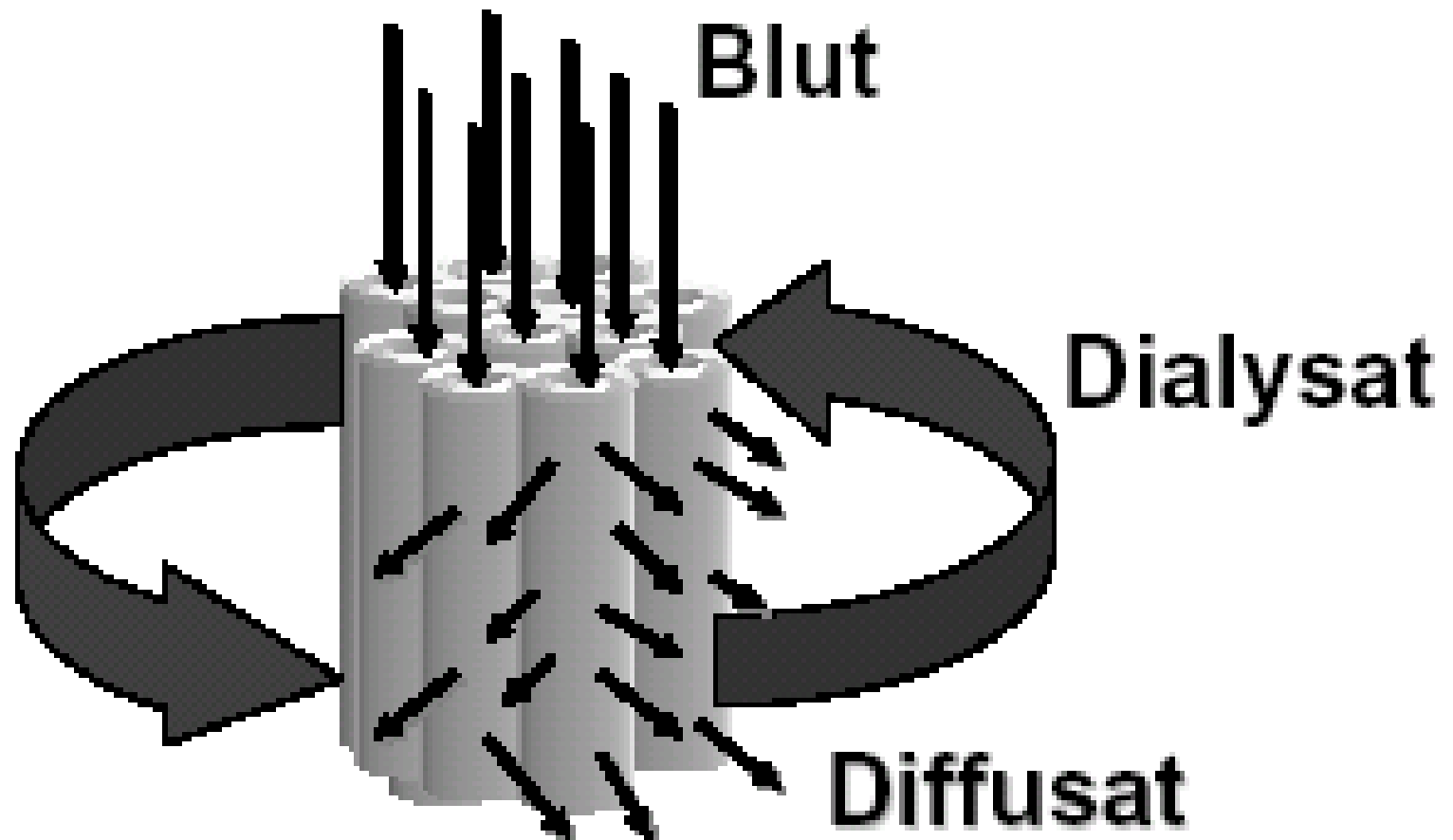
Ausgleich für Stoffe, die  
durch die Membran passen



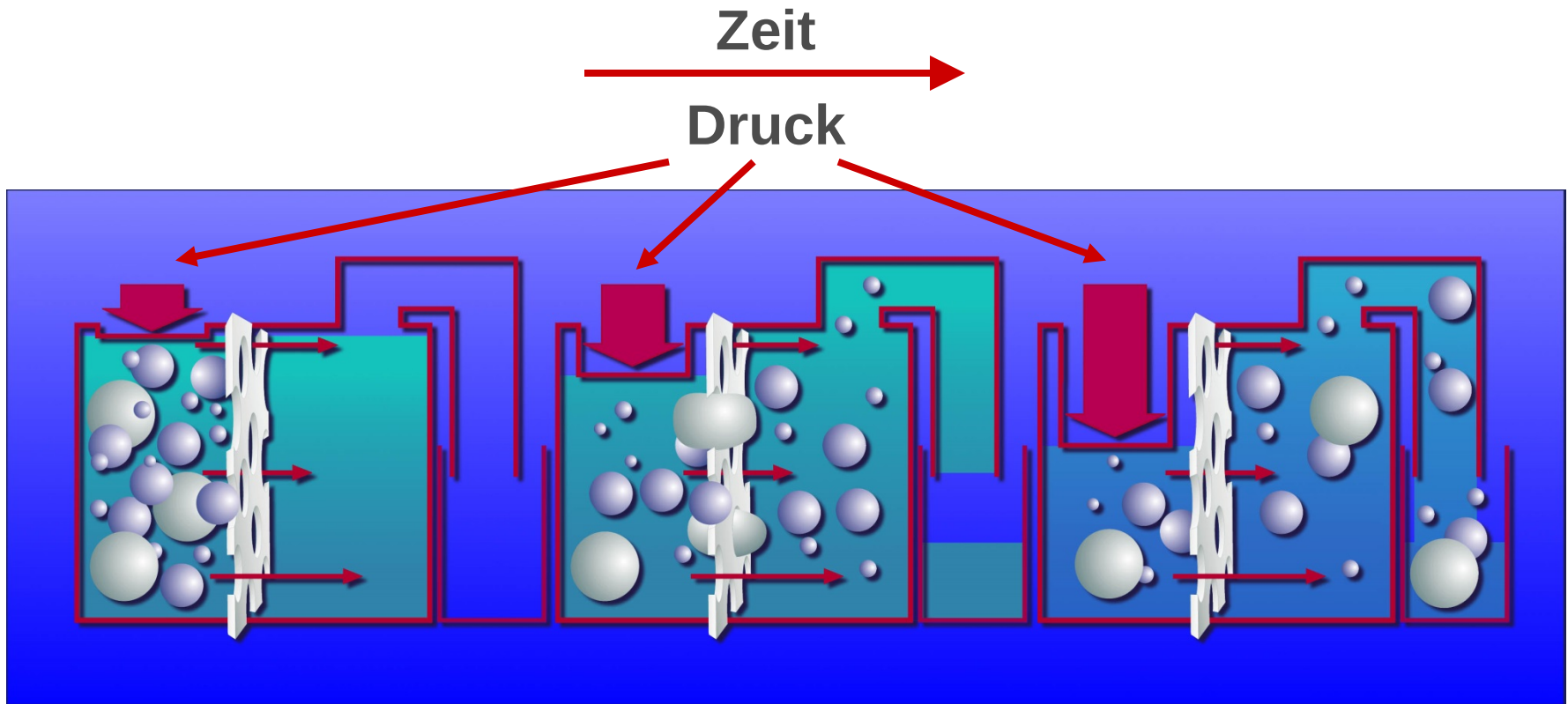
Diffusion ist eine Folge der zufälligen Bewegung  
aller Moleküle (Brown'sche Molekularbewegung).

# DIFFUSION

Hämofilter mit Kapillarwänden aus  
semipermeabler Membran

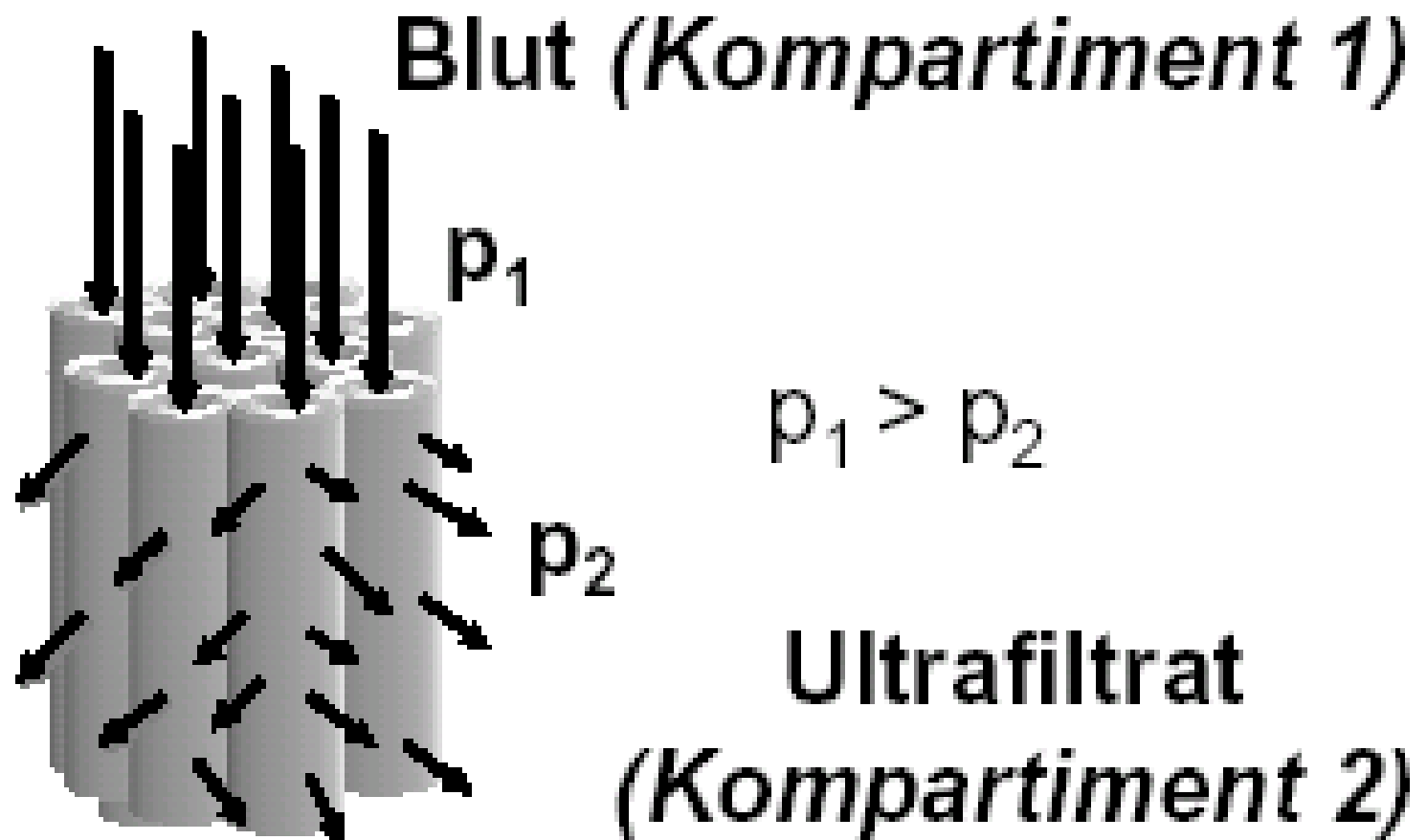


# Ultrafiltration

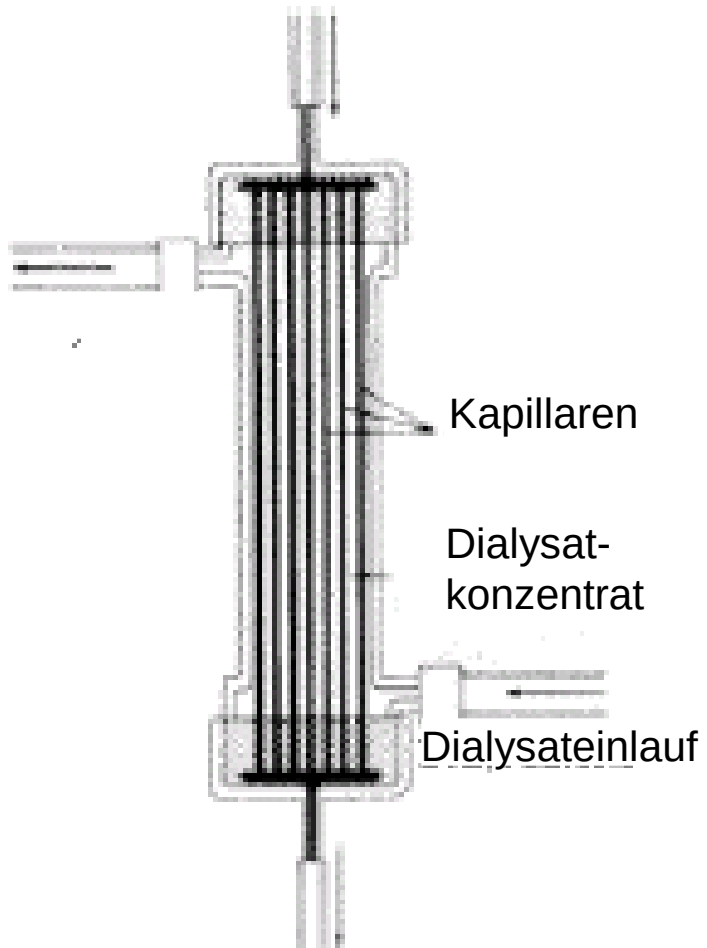


Die Ausübung von Druck auf der einen Seite der Membran führt zur Filtration von Wasser mit gelösten Stoffen.

# ULTRAFILTRATION



Bluteintritt

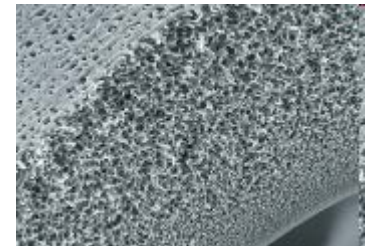


Blutaustritt



# Materialen

| Membrane type         | Hydraulic permeability | Examples                                                                                  | Biocompatibility profile |
|-----------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Regenerated cellulose | Low flux               | Cuprophane                                                                                | Poor                     |
| Modified cellulose    | Low/high flux          | Cellulose acetate<br>Cellulose diacetate<br>Saponified cellulose ester                    | Intermediate             |
| Synthetic             | High/low flux          | Polyacrylonitrile<br>Polysulphone<br>Polyamide<br>Polycarbonate<br>Polymethylmethacrylate | Good                     |



# Zusammensetzung der Dialysatlösung

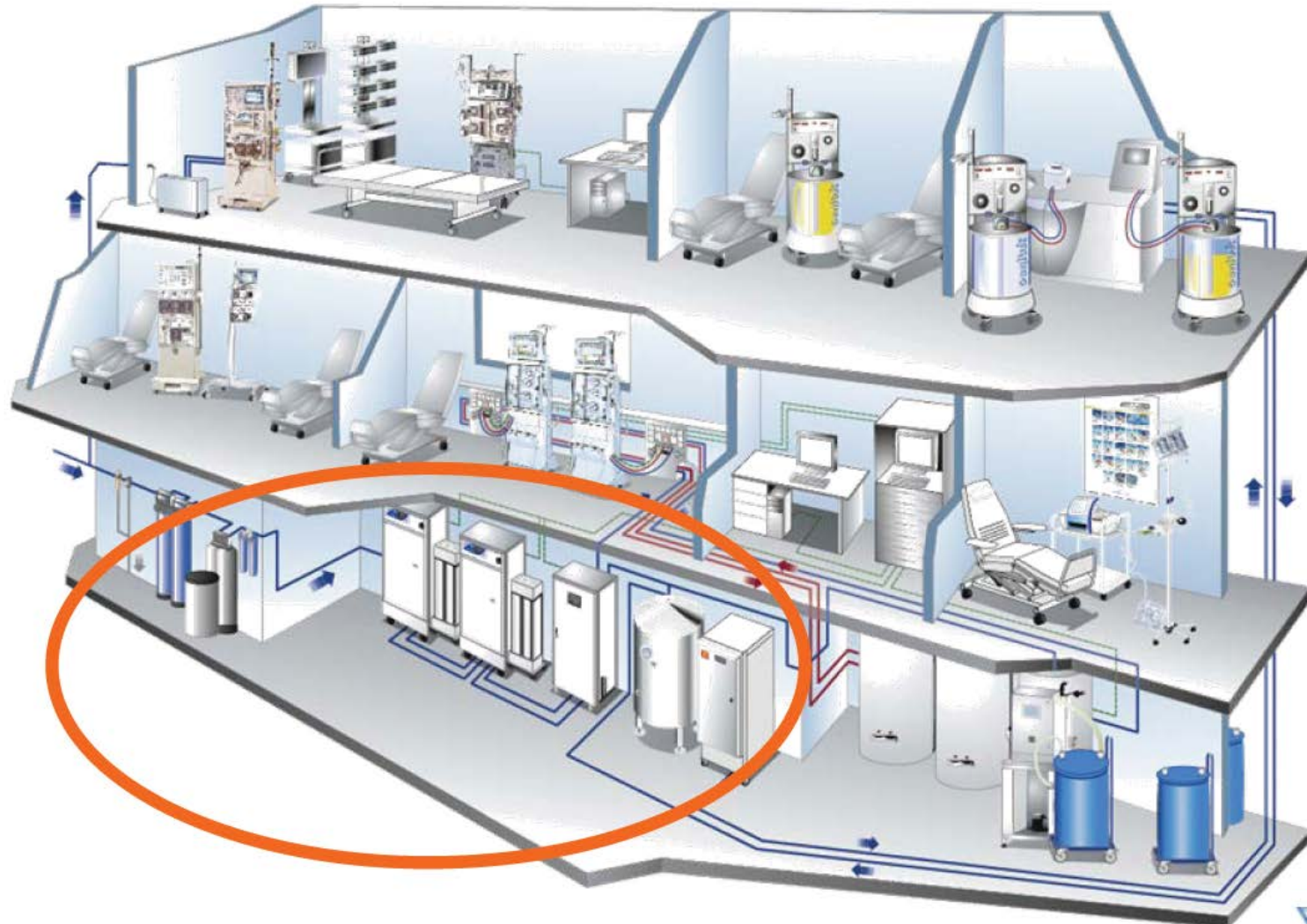
| Component                | Concentration |         |
|--------------------------|---------------|---------|
|                          | Range         | Typical |
| <b>Electrolytes</b>      |               |         |
| Sodium (mmol/l)          | 135–145       | 140     |
| Potassium (mmol/l)       | 0–4.0         | 2.0     |
| Calcium (mmol/l)         | 0–2.0         | 1.25    |
| Magnesium (mmol/l)       | 0.5–1.0       | 0.75    |
| Chloride (mmol/l)        | 87–124        | 105     |
| <b>Buffers</b>           |               |         |
| Acetate (mmol/l)         | 2–4           | 3       |
| Bicarbonate (mmol/l)     | 20–40         | 35      |
| pH                       | 7.1–7.3       | 7.2     |
| Pco <sub>2</sub> (mm Hg) | 40–100        |         |
| Glucose (mg/dl)          | 0–200         | 100     |

# Wasserqualität

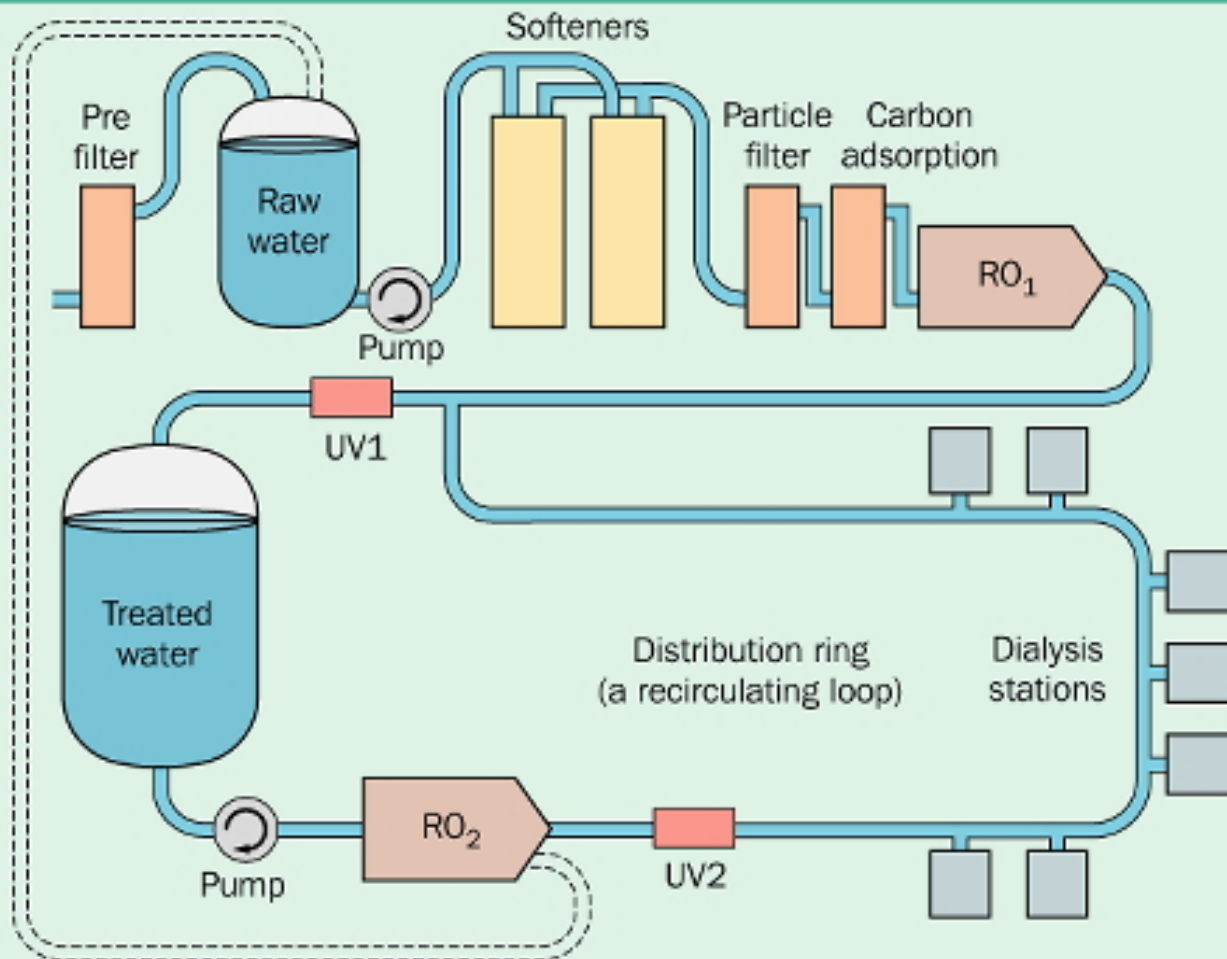
| Fluid/Organization                 | Bacteria (cfu/ml) | Endotoxin (EU/ml) |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Water for Hemodialysis             |                   |                   |
| AAMI                               | <200              | <2                |
| AAMI action level                  | 50                | 1                 |
| UK Renal Association               | <100              | <0.25             |
| European Best Practice Guidelines  | <100              | <0.25             |
| European Pharmacopeia              | <100              | <0.25             |
| Japan Society for Dialysis Therapy | <100              | <0.25             |
| Ultrapure water                    | <0.1              | <0.03             |
| Sterile water                      | <0.000001         | <0.03             |



# Wasseraufbereitung

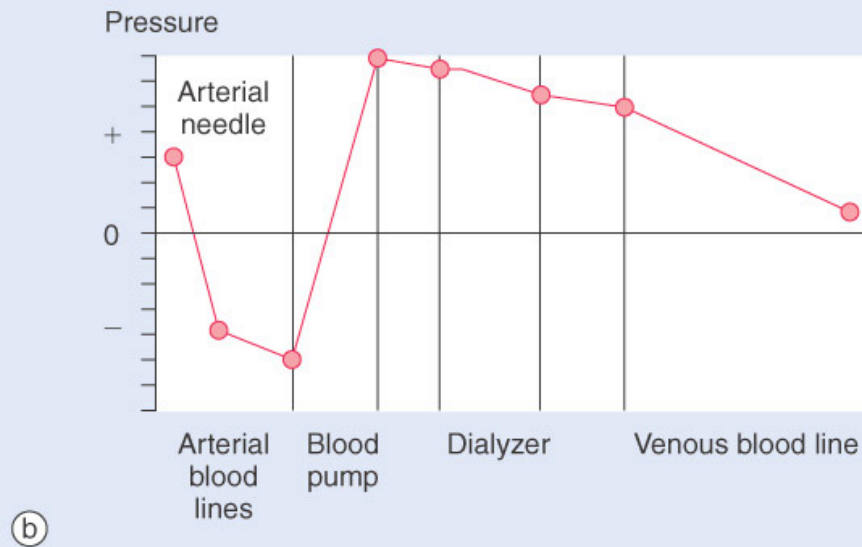
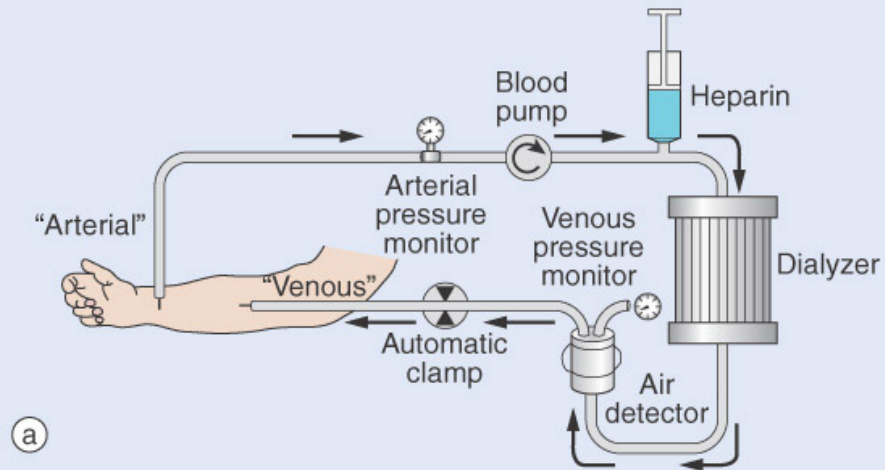


## Water treatment system for hemodialysis

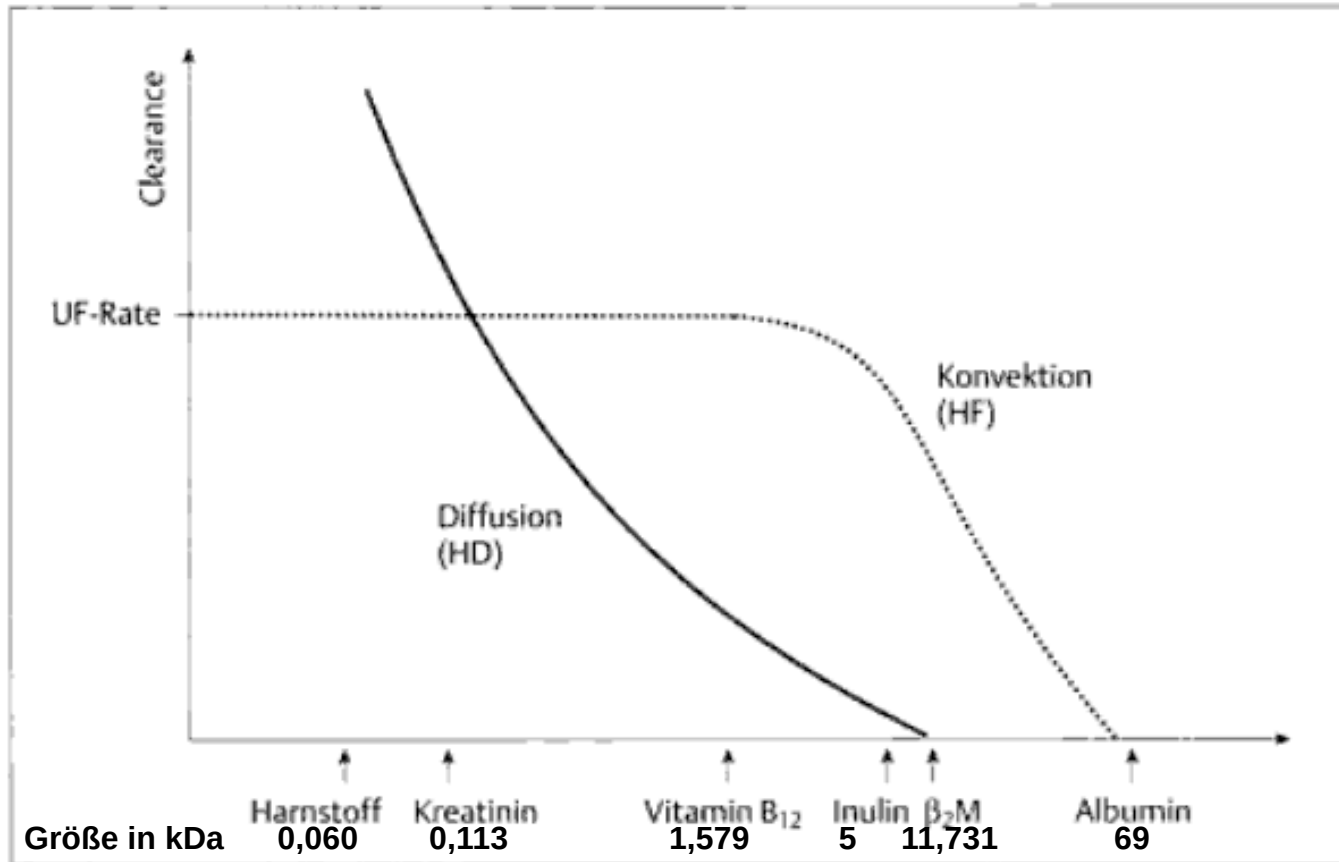




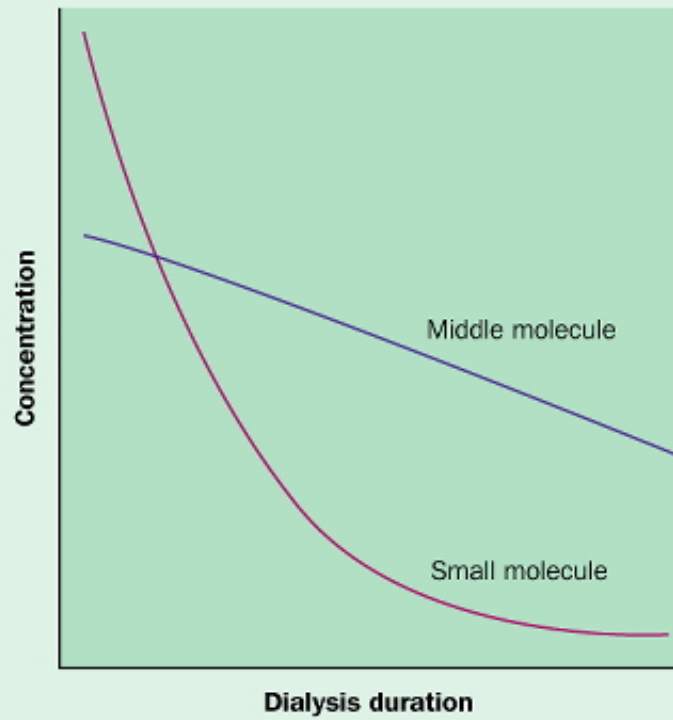
## Blood circuit for hemodialysis



# Vergleich der Clearance bei Diffusion vs. Konvektion



## Molecular size and solute removal during HD





Fresenius 4008



Fresenius 5008



CVV-Maschine

# Genius-Dialyse



# Sicherheitsaspekt

Tabelle 14.1 Zwingend vorgeschriebene Schutzsysteme eines Hämodialysegerätes

| Gefährdung                      | Schutzsystem<br>Beispiel                              | Schutzsystem<br>Prüfintervall                        |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Falsche Dialysatzusammensetzung | Leitfähigkeitsüberwachung                             | T1                                                   |
| Dialysatüber Temperatur         | Temperaturüberwachung                                 | T1                                                   |
| Falsche Ultrafiltration         | Überwachung von TMP, pD oder UF-Volumen<br>bzw. -rate | T1                                                   |
| Blutverlust in die Umgebung     | venöse Drucküberwachung                               | T1                                                   |
| Blutverlust durch Gerinnung     | Überwachung der Blutpumpenrotation                    | T1                                                   |
| Blutverlust über die Membran    | Dialysatüberwachung auf Blut                          | T1                                                   |
| Luftinfusion                    | Blutüberwachung auf Luft bzw. Blutschaum              | Blutpumpenstopp und Klemme: T1<br>Luftdetektion: < A |

TMP: Transmembrandruck, pD: Dialysatdruck, T1: vor jeder Behandlung, A = (Volumen zwischen dem Ort der Luftdetektion und der venösen Nadel)/(maximaler Blutfluss)

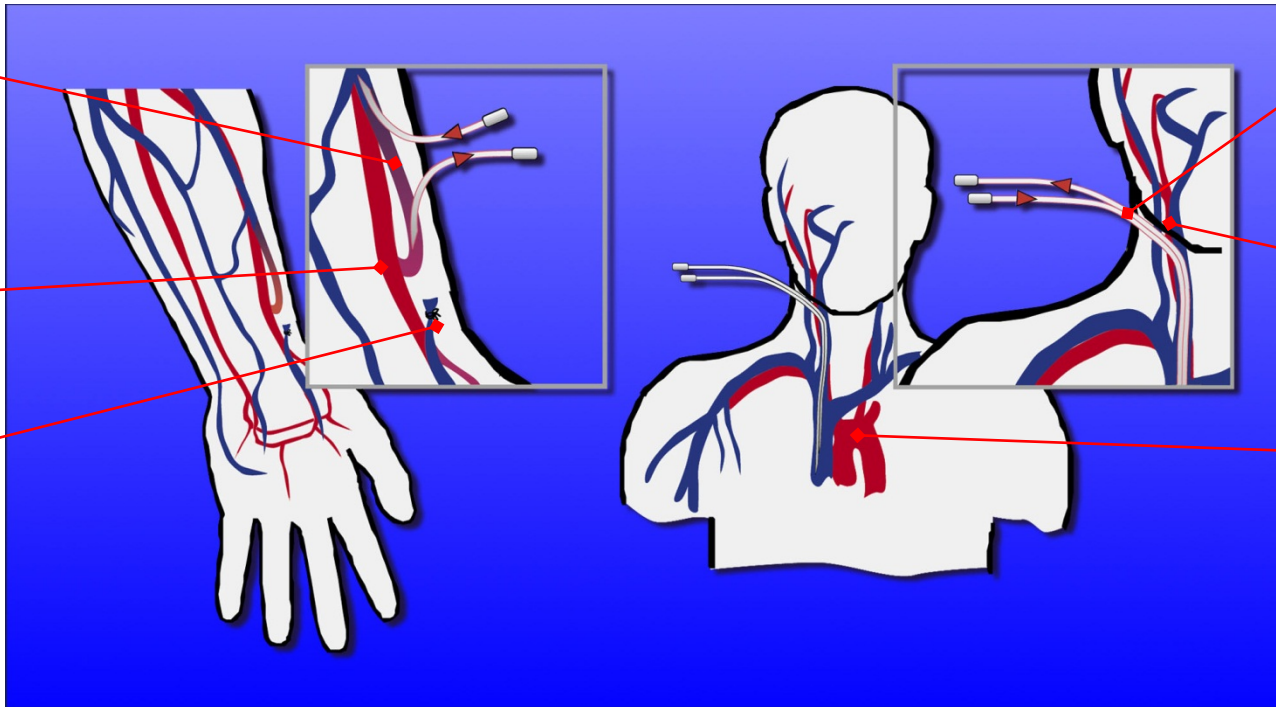
# Hämodialyse

## Gefäßzugänge

erweiterte  
Armvene  
- Shunt -

Verbindung:  
Vene mit  
Arterie

Verschuß  
des zweiten  
Venenendes



Katheter mit  
2 Öffnungen

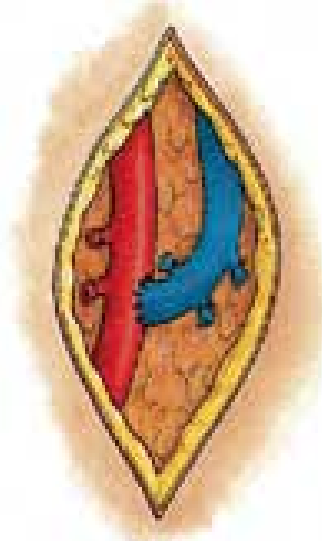
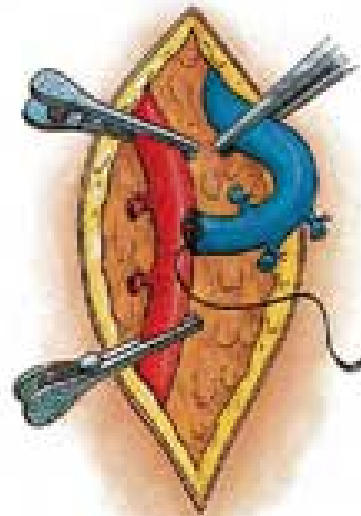
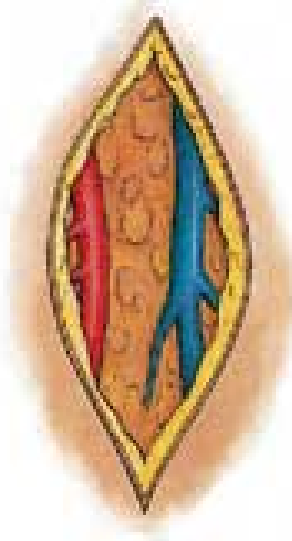
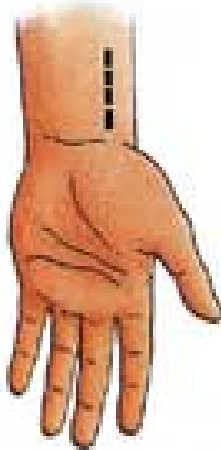
Halsvene  
(V. jugularis  
interna)

Haupt-  
schlagader

# Gefäßzugang Cimino-Shunt AV-Fistel

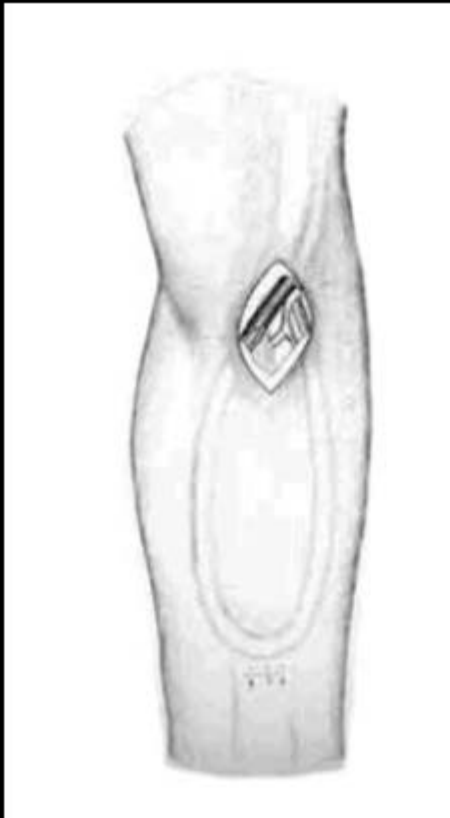
AV-FISTEL

A. radialis

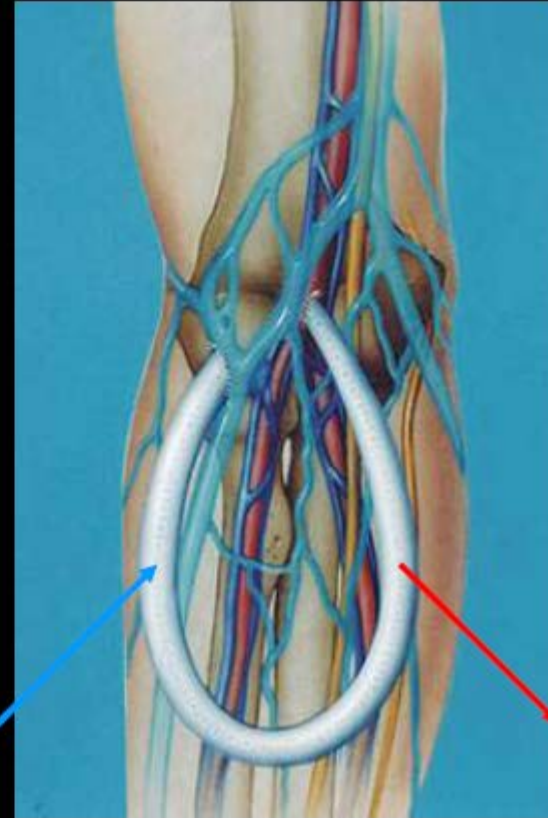


V. cephalica antebrachii

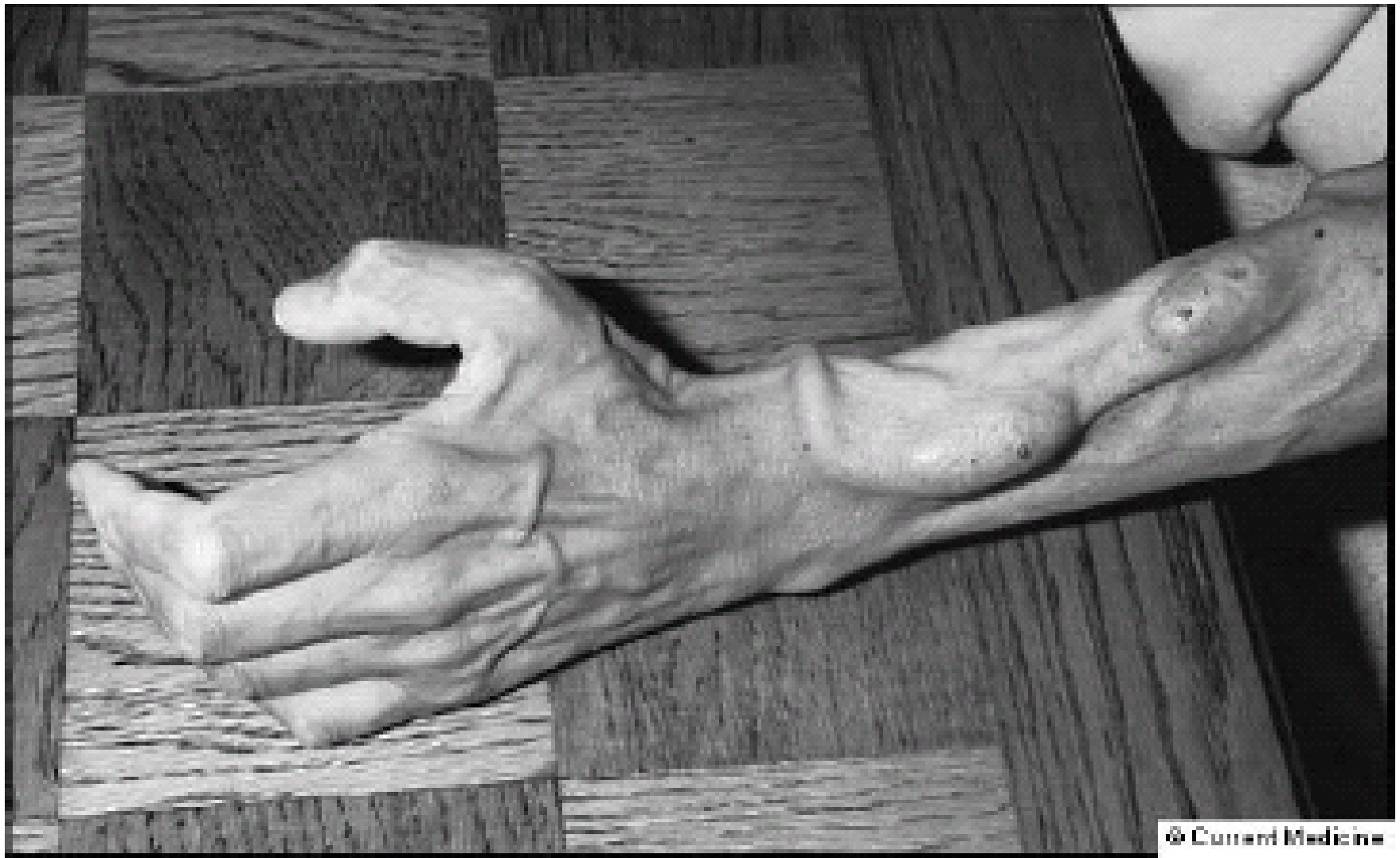
## Rechter Arm, Innenseite



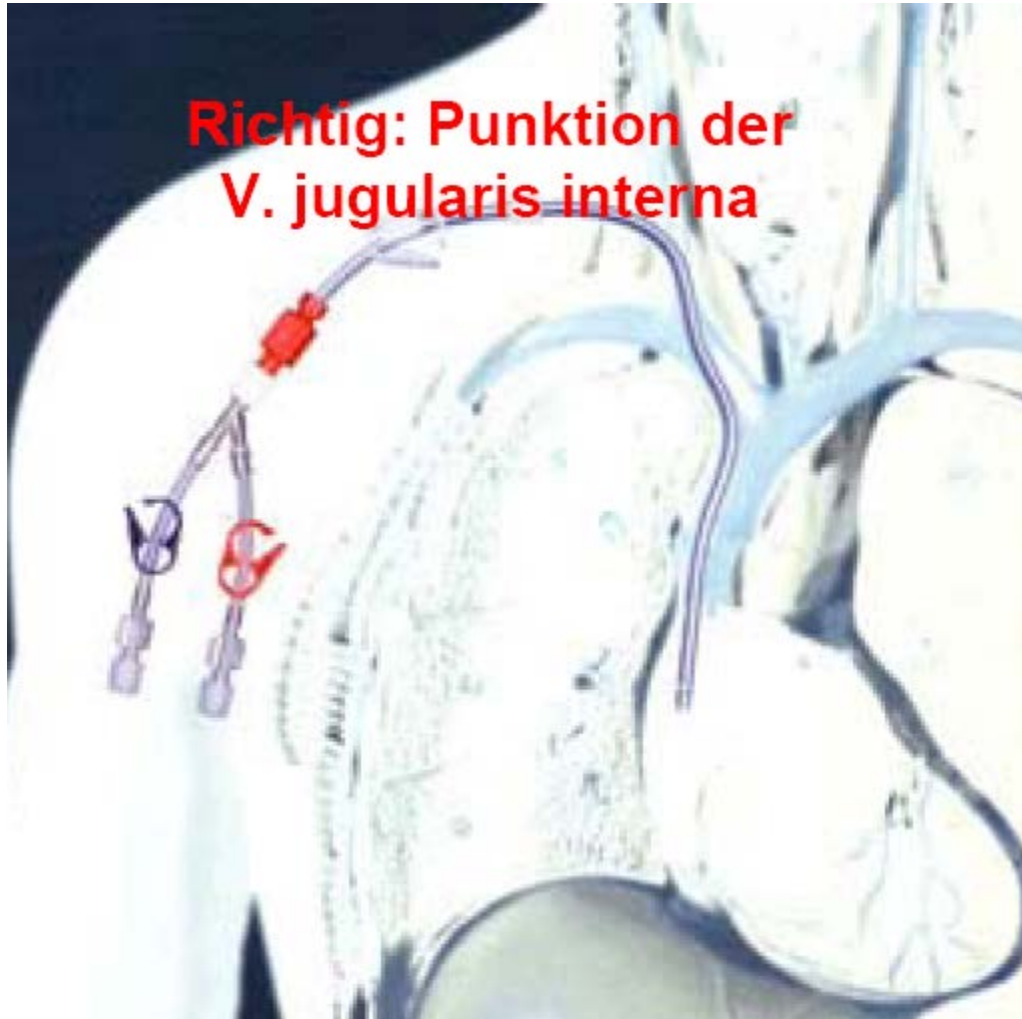
V



A



**Richtig: Punktion der  
V. jugularis interna**



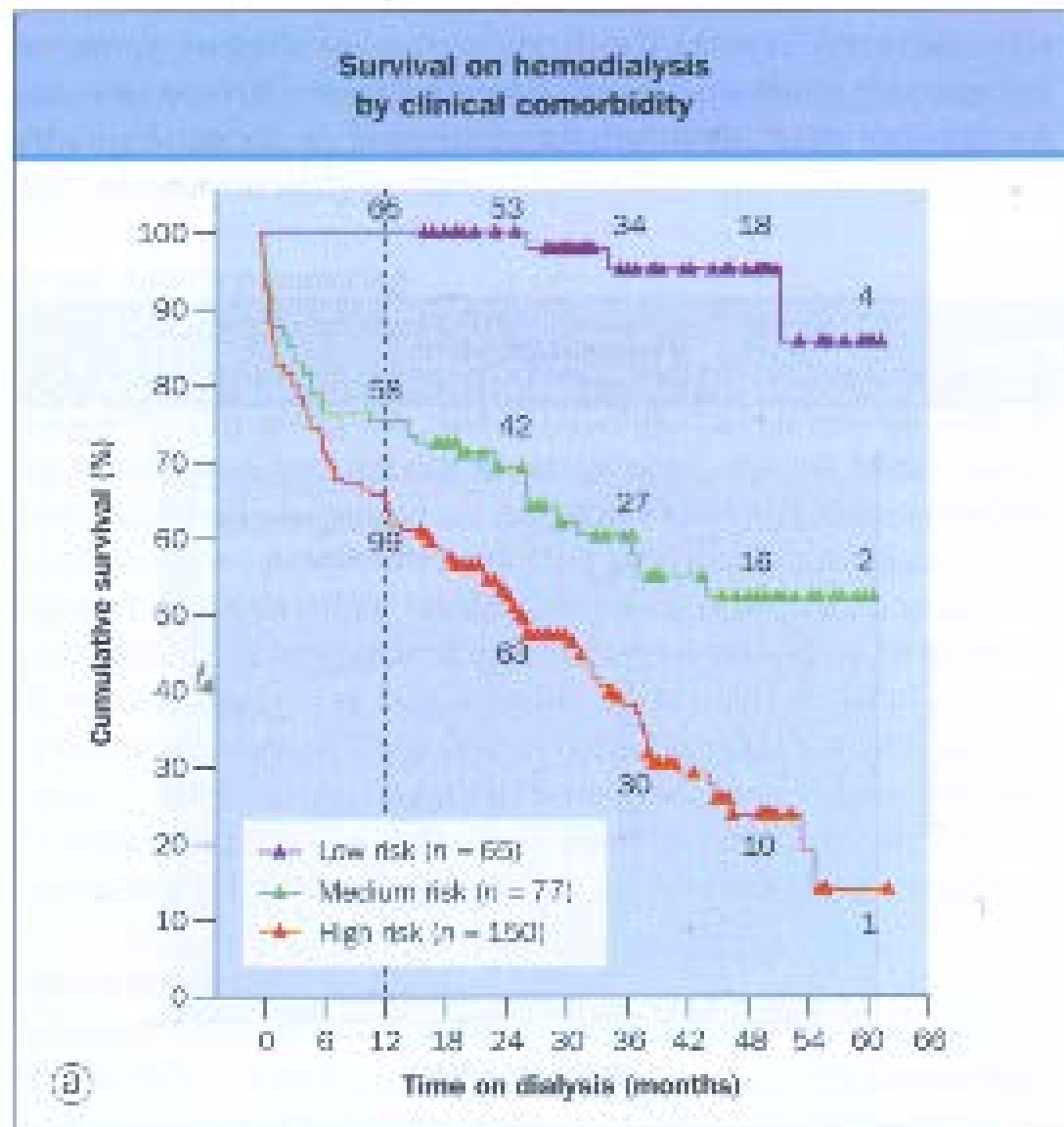
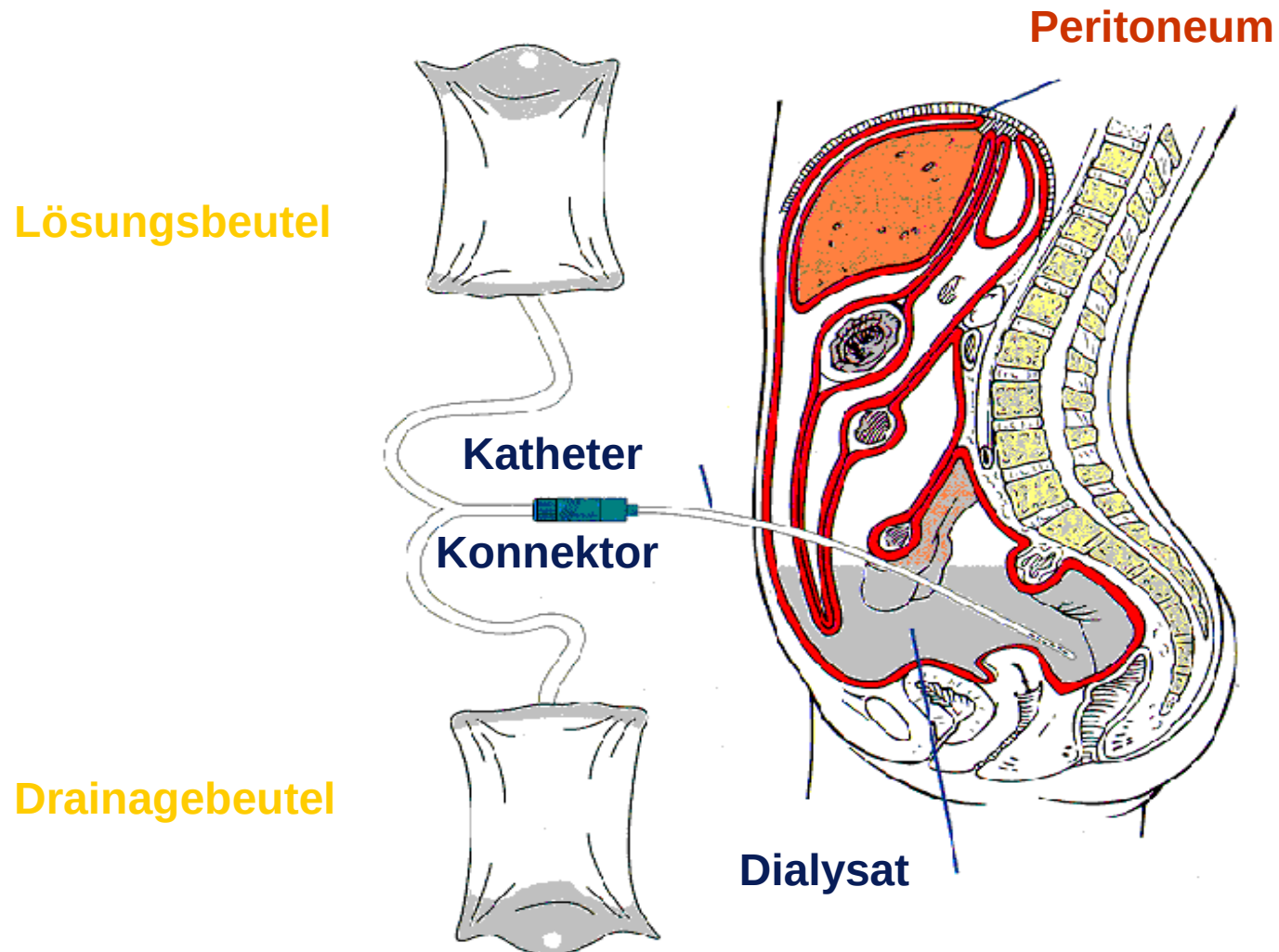
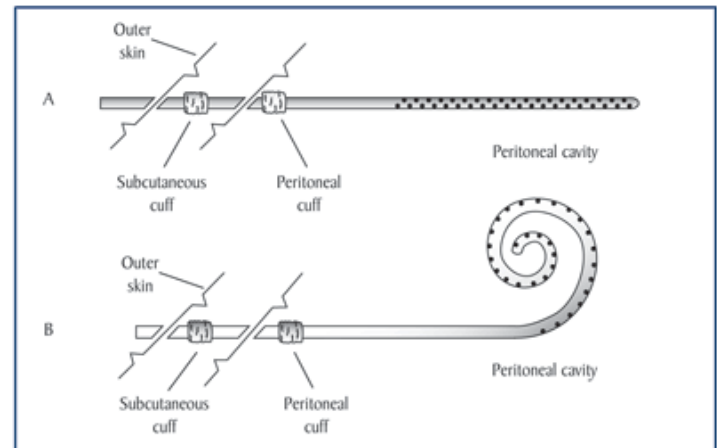
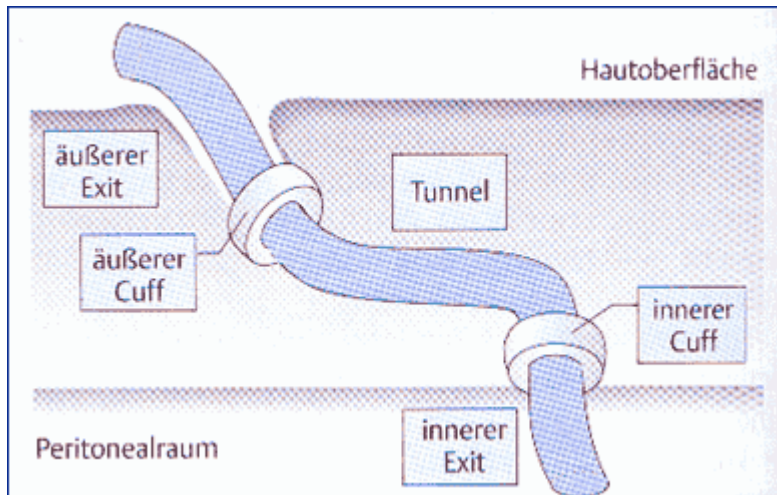
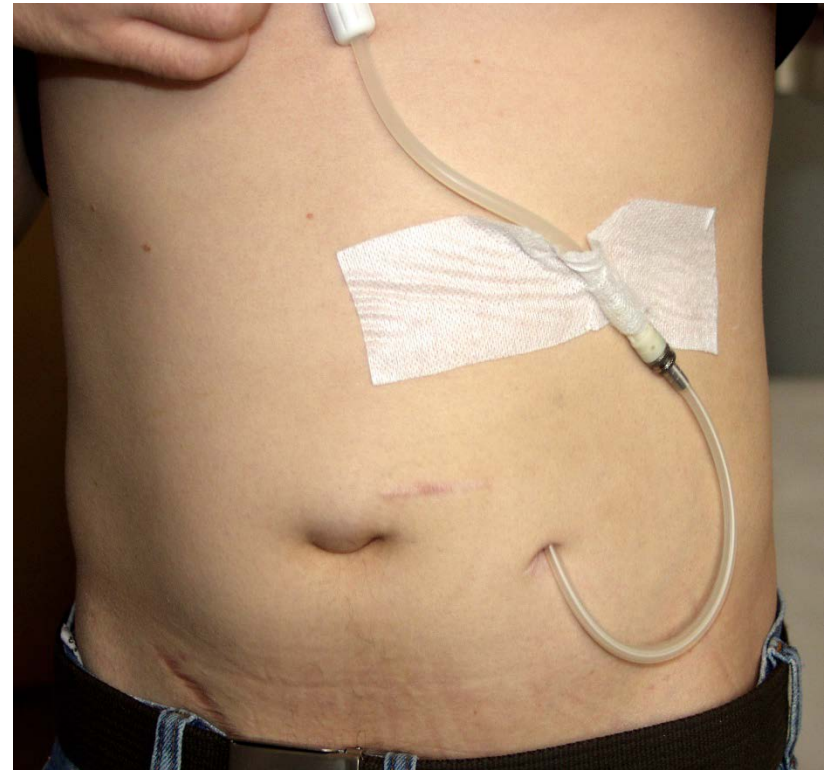


Figure 78.11 Survival on hemodialysis in the UK in the 1990s. (a) Survi

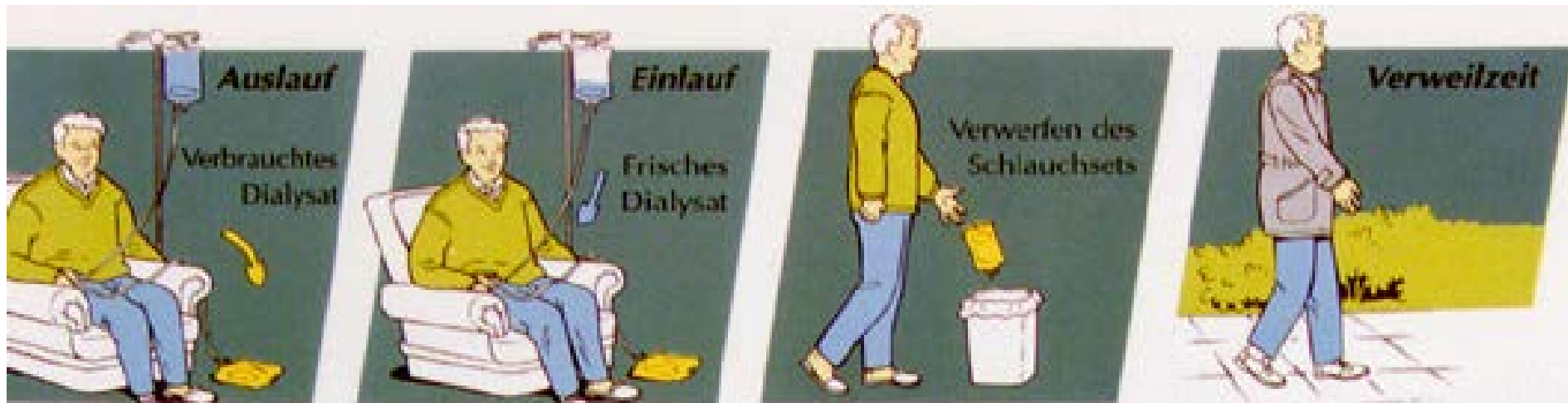
# Peritonealdialyse

# Prinzip der Peritonealdialyse

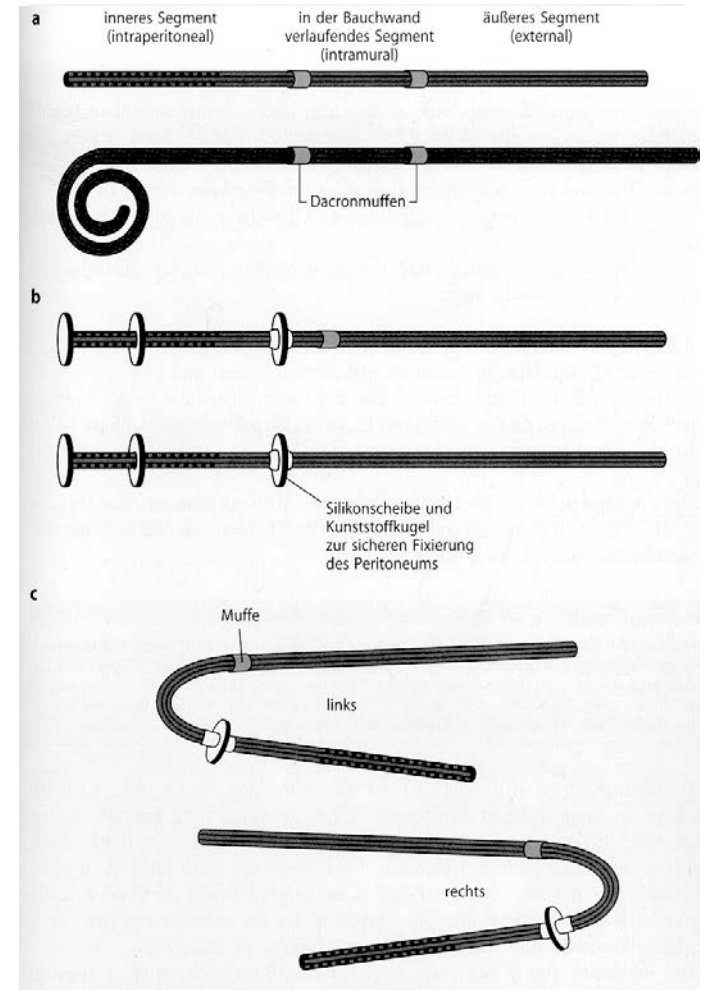
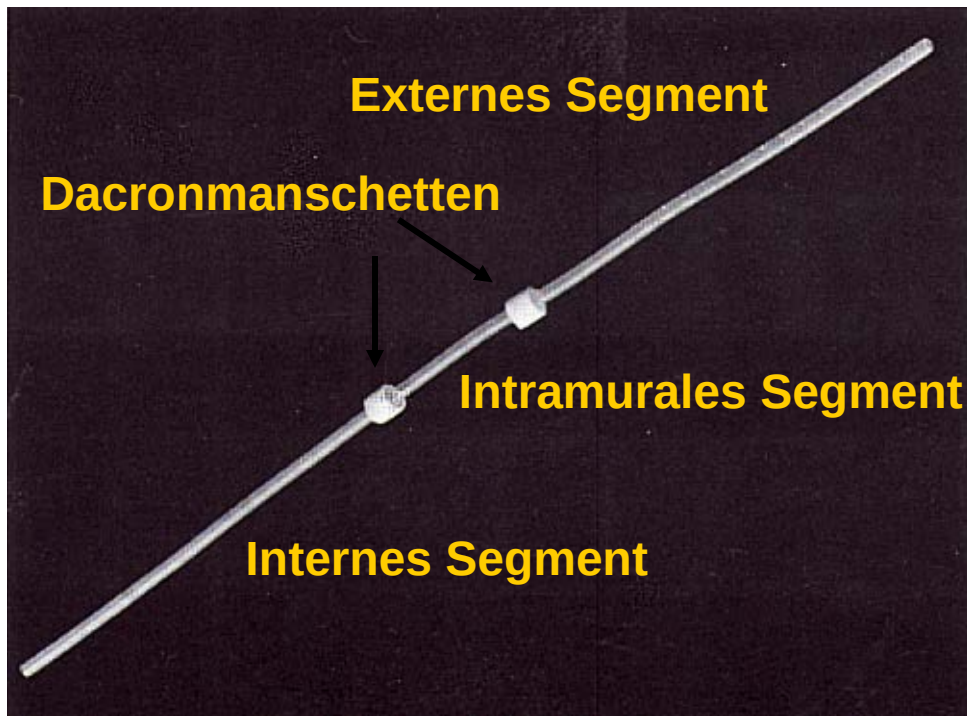




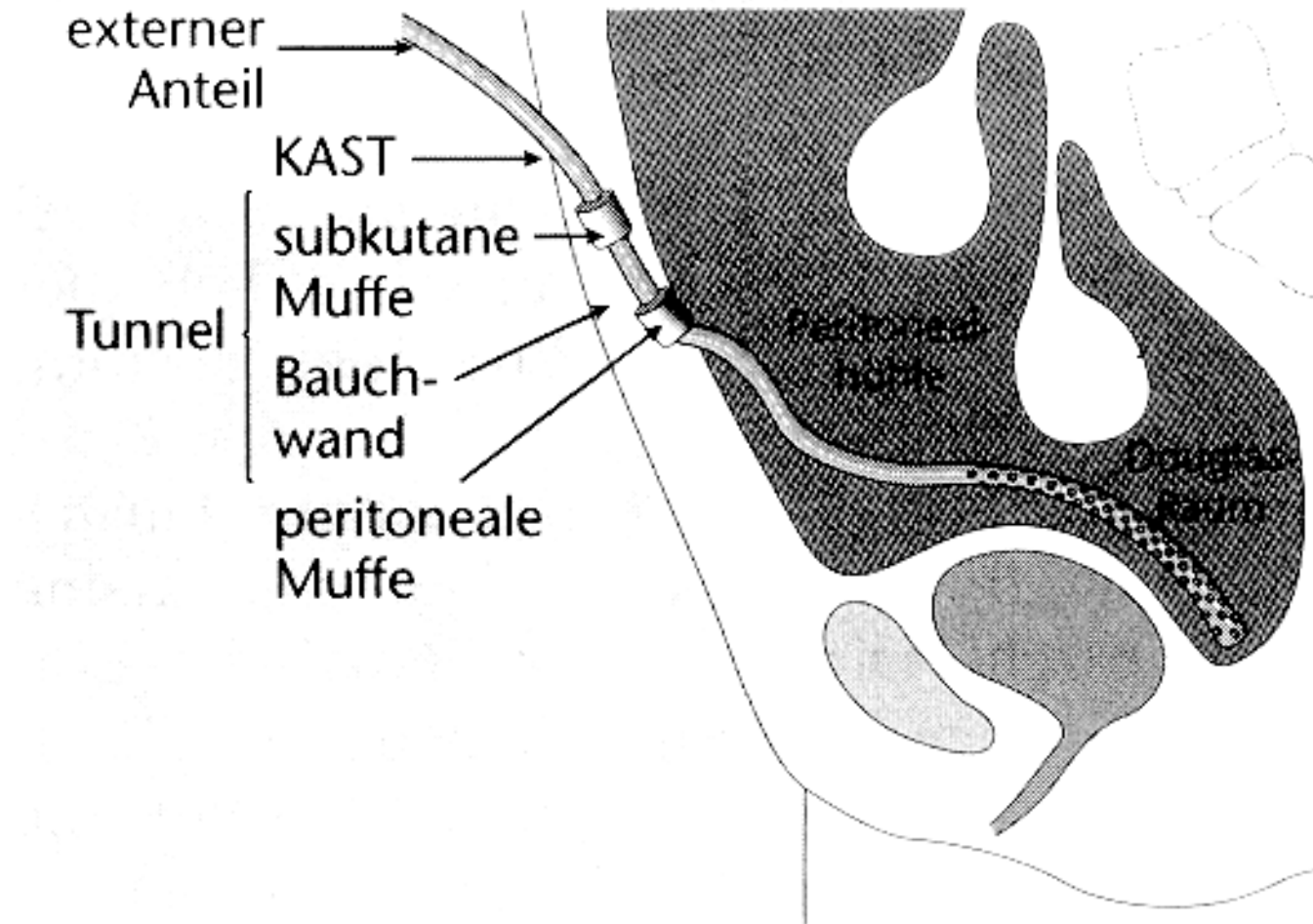
# Ablauf der Peritonealdialyse



# Der Peritonealdialyse-Katheter



# Schema der PD-Katheteranlage



# Röntgen-Abdomen-Übersicht



Korrekte Katheterlage mit Spitze im Douglas-Raum

# Peritoneale Dialyseregime

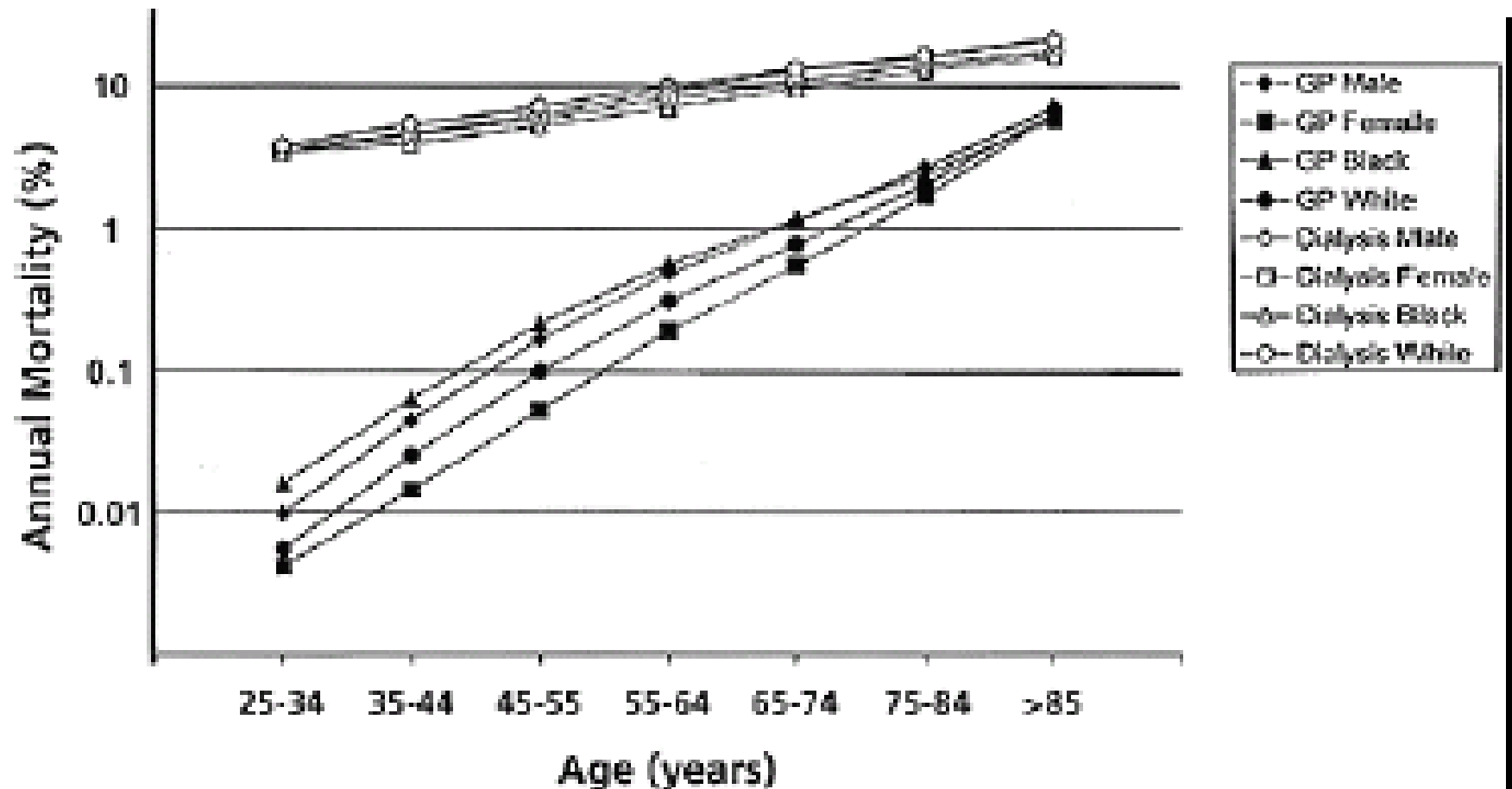
- CAPD (=kontinuierliche ambulante Peritonealdialyse)
  - Dialysatwechsel 4-5 x/d manuell
  - Peritoneum ist ständig mit Dialysat gefüllt
- APD:
  - automatisierte Peritonealdialyse
  - Dialysatwechsel über Gerät (sog. Cycler), gewöhnlich nachts



# Komplikationen der Peritonealdialyse

- Peritonitis (Ziel: 1 Episode alle 24 Monate)
- Exit-Site-Infektion, Tunnelinfektion
- Katheterdysfunktion / Auslaufstörung
- Schmerzen beim Ein- und Auslauf
- Dialysatleckage: Bauchwandödem, Hydrothorax
- Hernien
- Fibrose der Peritonealmembran und Diffusionsversagen
- Enkapsulierende sklerosierende Peritonitis

# Mortalität bei Dialysepatienten



US Renal Data System

# Nierentransplantation

---

