

# Orpadt-Vlaams vzw

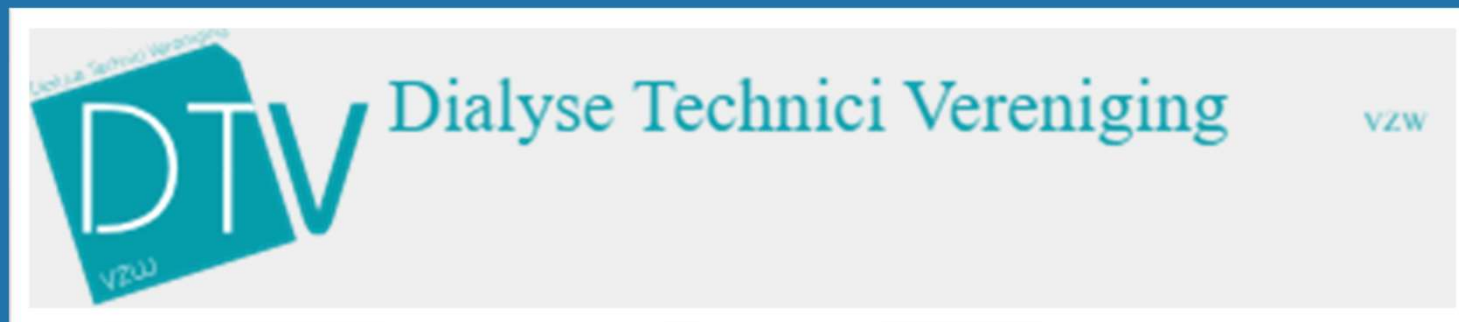
## Basisopleiding hemodialyse

Peter Stockman

Diensthofd biomedisch-technische dienst

AZ Groeninge Kortrijk

Voorzitter Dialyse Technici Vereniging



1. Hemodialyse
2. Waterbehandeling
3. Hemodialyse toestel
4. Dialysaat
5. Fysische metingen
6. De kunstnier
7. Bloedcircuit
8. Fysica in hemodialyse
9. Hemodiafiltratie en opties

1. Hemodialyse
2. Waterbehandeling
3. Hemodialyse toestel
4. Dialysaat
5. Fysische metingen
6. De kunstnier
7. Bloedcircuit
8. Fysica in hemodialyse
9. Hemodiafiltratie en opties

# Hemodialyse

- Hemodialyse is een therapie om het bloed te zuiveren en de vochtbalans te herstellen.
- Het bloed wordt via een kunstnier met een semipermeabel membraan in contact gebracht met het dialysaat.
- Het dialysetoestel maakt het dialysaat aan door menging van concentraten en gezuiverd water volgens voorschrift.
- Een waterbehandeling gaat met verschillende componenten drinkbaar water zuiveren om dialysaat te produceren.

# Hemodialyse

- Gezonde nieren zijn filters van ons lichaam

Verwijderen continu vloeistof + afvalstoffen

- Hemodialyse is technisch equivalent

Het dialyse toestel zal elke dialyse sessie:

- De ontregelde vochtbalans (48/72h) in 4h bijstellen
- De ontregelde elektrolyten via diffusie tussen plasma en dialysaat corrigeren
- De afvalstoffen (ureum, creat, ..) verwijderen

# Van drinkwater

■ = H<sup>2</sup>O + ...

- “kalk” (Ca<sup>++</sup> & Mg<sup>++</sup>);
- Chloor
- Bacteriën, algen, endotoxines
- Aluminium
- Residu:
  - » Partikels
  - » Metalen
  - » Nitraten
  - » Halogenen / Pesticiden (Round-up)

# Naar dialysaat

- Mix van zuiver water met een voorgeschreven elektrolyten concentraat.
- In contact met het bloed via het kunstnier membraan.
- Regelt de vochtbalans en elektrolyten van de patiënt.
- Elektrolyten samenstelling is gelijkaardig aan die van het plasma van een gezonde persoon.

# Verschil blootstelling aan drinkwater bij een gezonde persoon en bij een hemodialyse patiënt.

## Per week

Gezonde persoon:

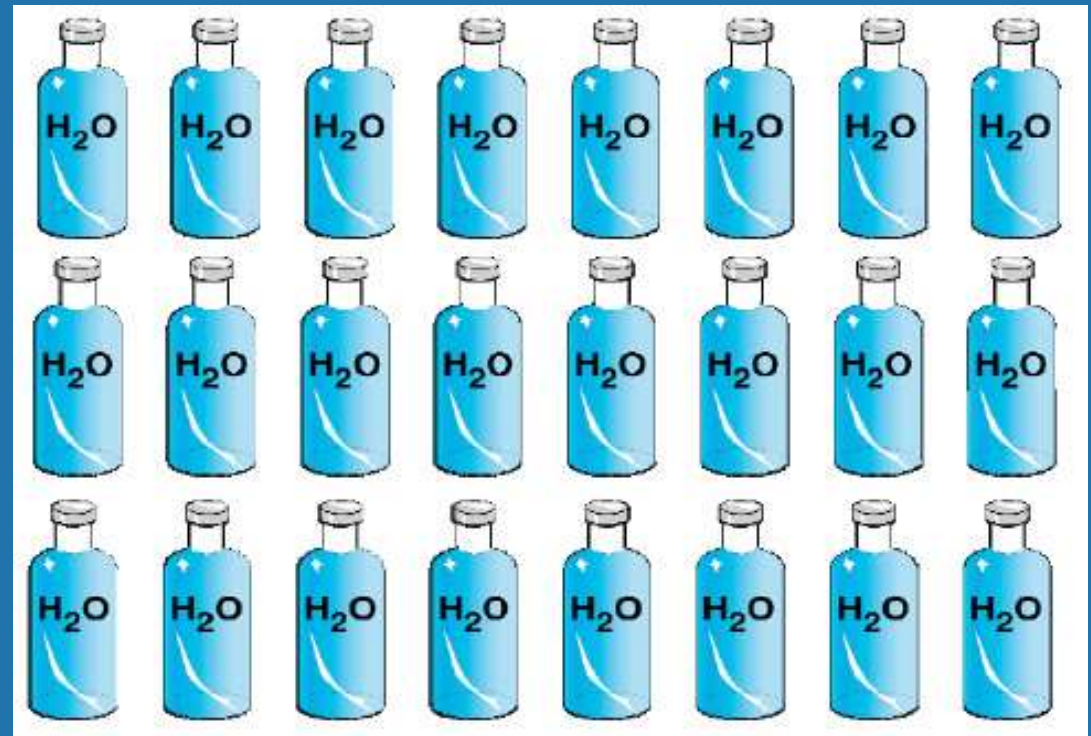
10 à 14 liter (1,5 à 2 l/dag)



Dialysepatiënt:

360 à 400 liter: 3 x 4u HD  
meer met HDF

Of op 2 jaar evenveel als  
een gezonde persoon in  
**zijn hele leven!**



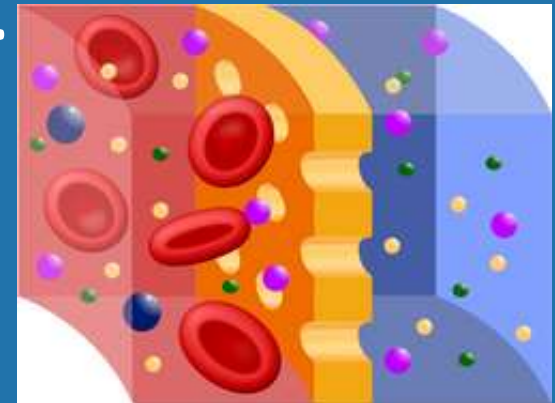


## Verskil in blootstellingswijze:

- Complexe **gastro-intestinale barrière** bij een gezonde persoon.



- Inert en **weinig selectieve** dialysemembraan vormt de enige barrière tussen het dialysaat en het bloed van de dialysepatiënt.



- Het dialysaat is **niet steriel**.

# Mogelijke chemische contaminanten en hun concentratie toxisch geassocieerd in HD.

Aluminium	0,06	Toegevoegd door de distributeur
Chloor	0,25	
Fluor	1,0	
Koper	0,49	buizen materiaal
Zink	0,2	
Nitraat	21	Aanwezig in het winningswater
Calcium/Magnesium	88	
Natrium	300	
	mg/l	

# Potentiële microbiologische contaminanten water & dialysaat

## ■ Bacteriën

### Gram -negatieve

### Mycobacteriën

Burkholderia	M chelonae
Flavobacterium	M abscessus
Pseudomonas	M gordonae
Ralstonia	M mucogenicum
Serratia	M scrofulaceum
Sphingomonas	M kansasii, M avium, M intracellulare

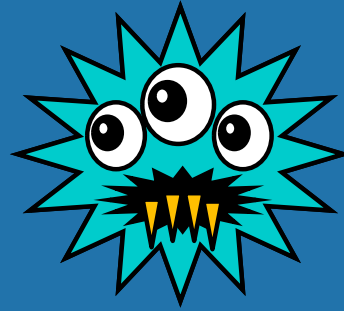
### Korte termijn

### Lange termijn

<b>Pyrogene reacties:</b>	Amyloidose
Koorts	Verminderde EPO respons
Rillingen	Verminderde immuunrespons
Hypotensie	Verminderde spierkracht
Braken	Verhoogde mortaliteit
Hoofdpijn	

# Bacteriën & endotoxines

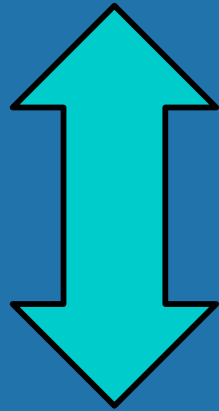
- Bacteriën



- kweken



Staal bacteriologie via  
membraanfiltratie, 7 dagen  
kweken op R2A bodem 25°C.



- Endotoxine test



Bepaling endotoxine

## Microbiologische analyses

	Micro-organismen CFU/ml	Endotoxines IU/ml
■ Drinkwater	gemiddeld 100	-
■ Gezuiverd water	<100	<0,25
■ Extra gezuiverd water (HF, HDF)	<0,1	<0,05
■ Extra gezuiverde dialysevloeistof (HDF)	<0,1	<0,05
■ Substitutievloeistof	<0,000001	<0,03

- Aangepaste testmethode gebruiken.

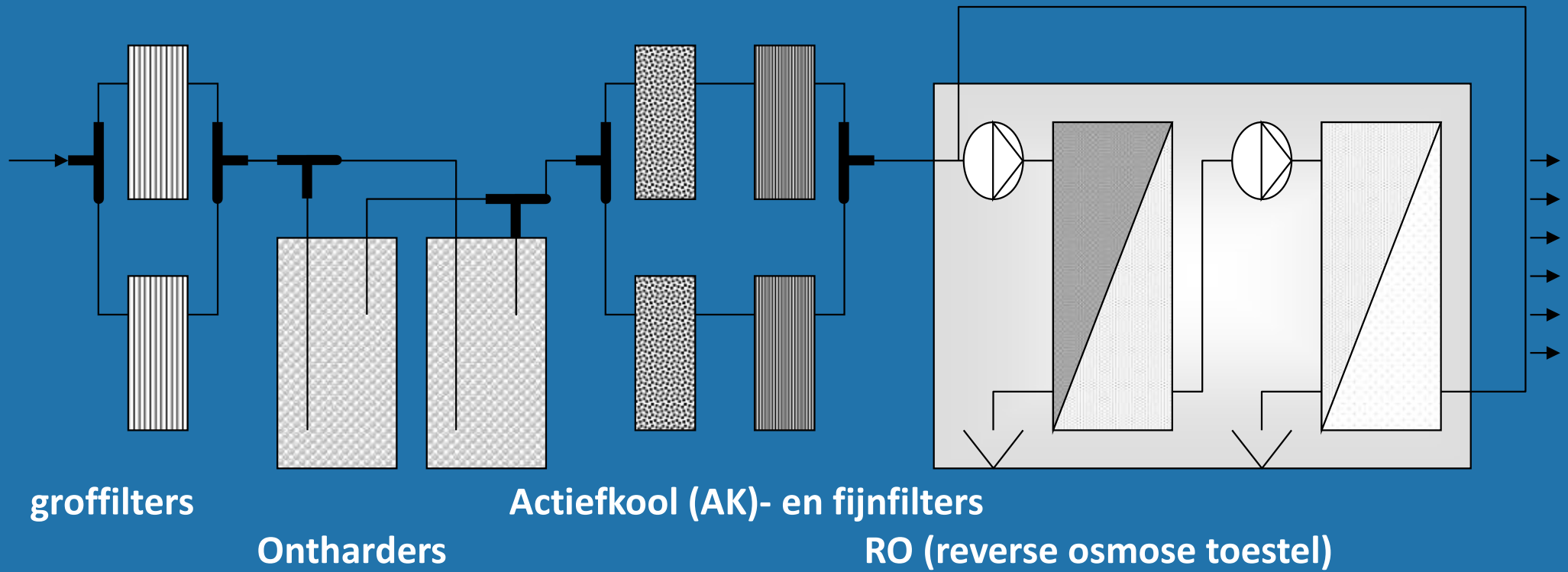
1. Hemodialyse
2. Waterbehandeling
3. Hemodialyse toestel
4. Dialysaat
5. Fysische metingen
6. De kunstnier
7. Bloedcircuit
8. Fysica in hemodialyse
9. Hemodiafiltratie en opties

## Waterbehandeling

# Veel componenten → veel risico's

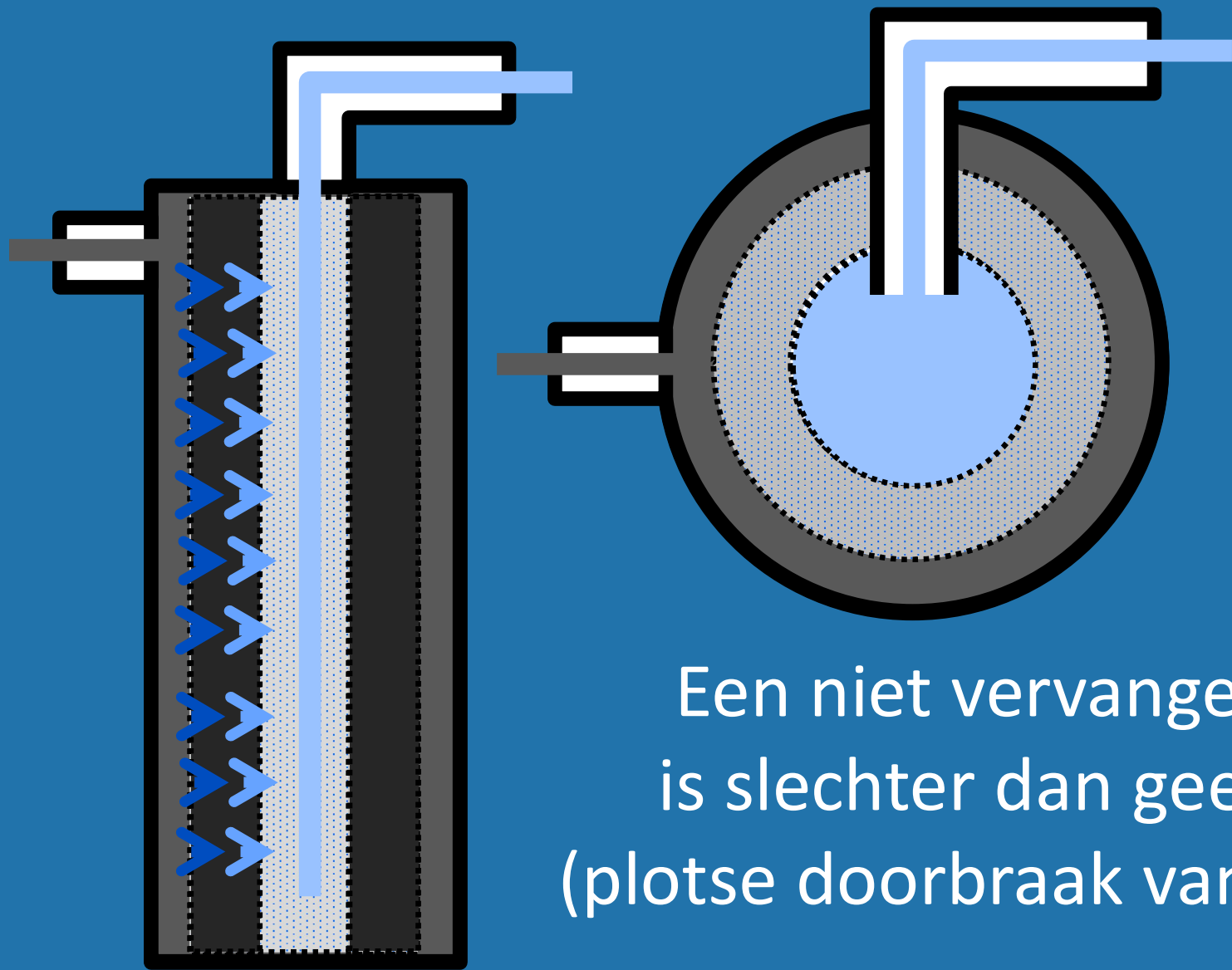
- Fluorvergiftiging wegens ontregelde demineralisator  
→ 3 doden;
- Overbelaste actieve koolfilter laat chloramine door  
→ 41 ptn. bloedtransfusie;
- Verkeerde waterstofperoxide strips na desinfectie  
→ 3 ped. ptn. bloedtransfusie;
- Aluminium residu van een pomphuis  
→ dialysedementie bij 17ptn;
- Benzeen residu bij opstart nieuwe membranen;

## Opbouw



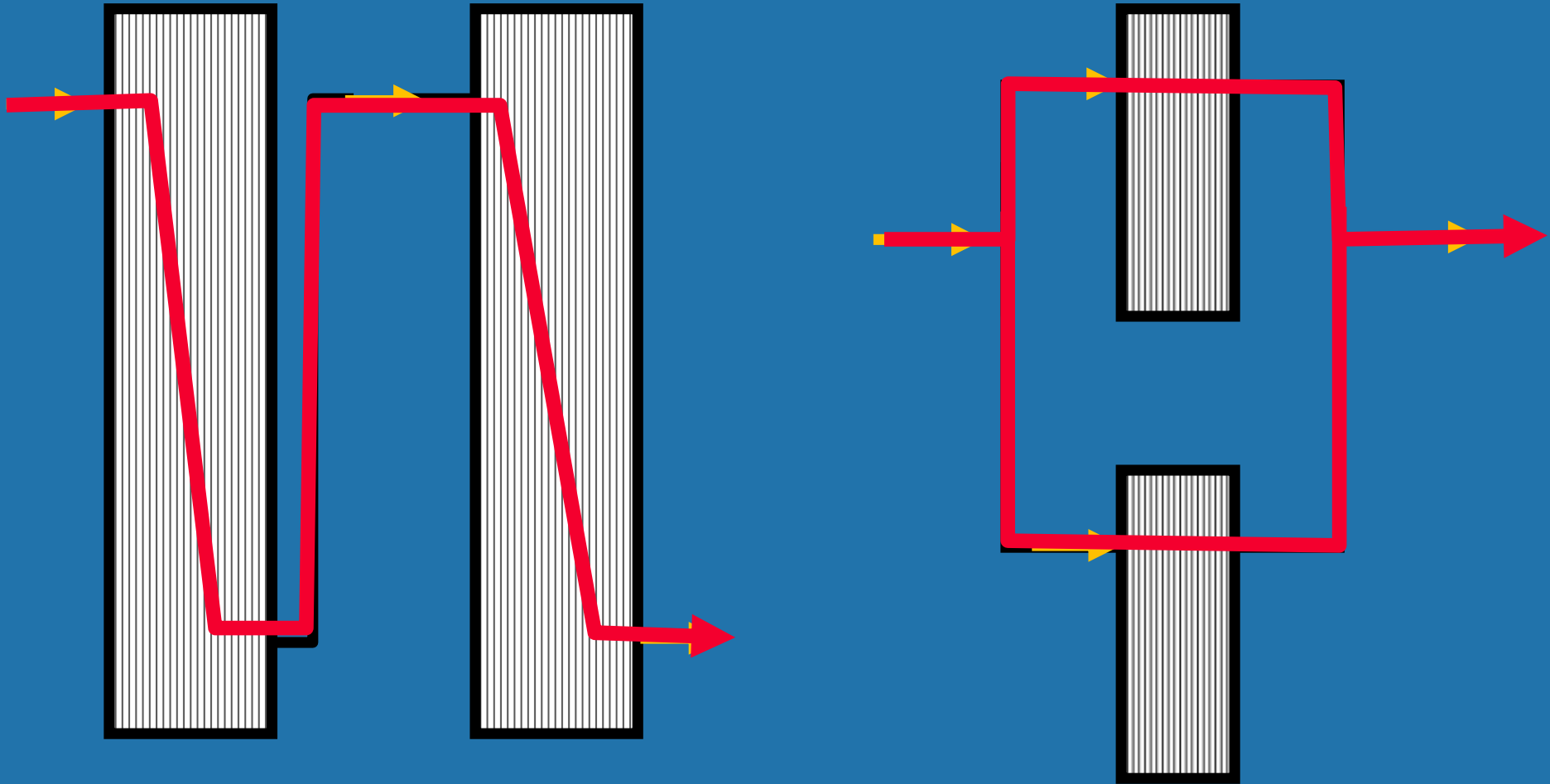


# Filtratie

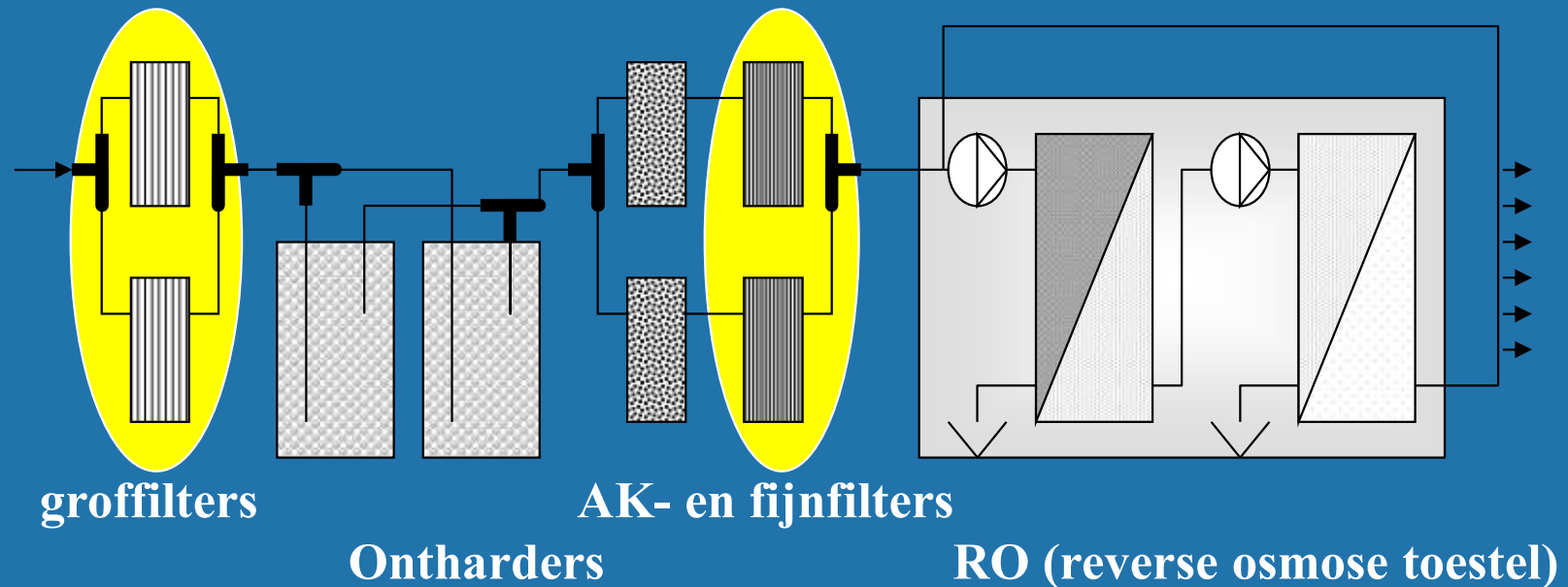


Een niet vervangen filter  
is slechter dan geen filter.  
(plotse doorbraak van partikels)

# Filters in serie of parallel



## 2. (micro-)filtratie



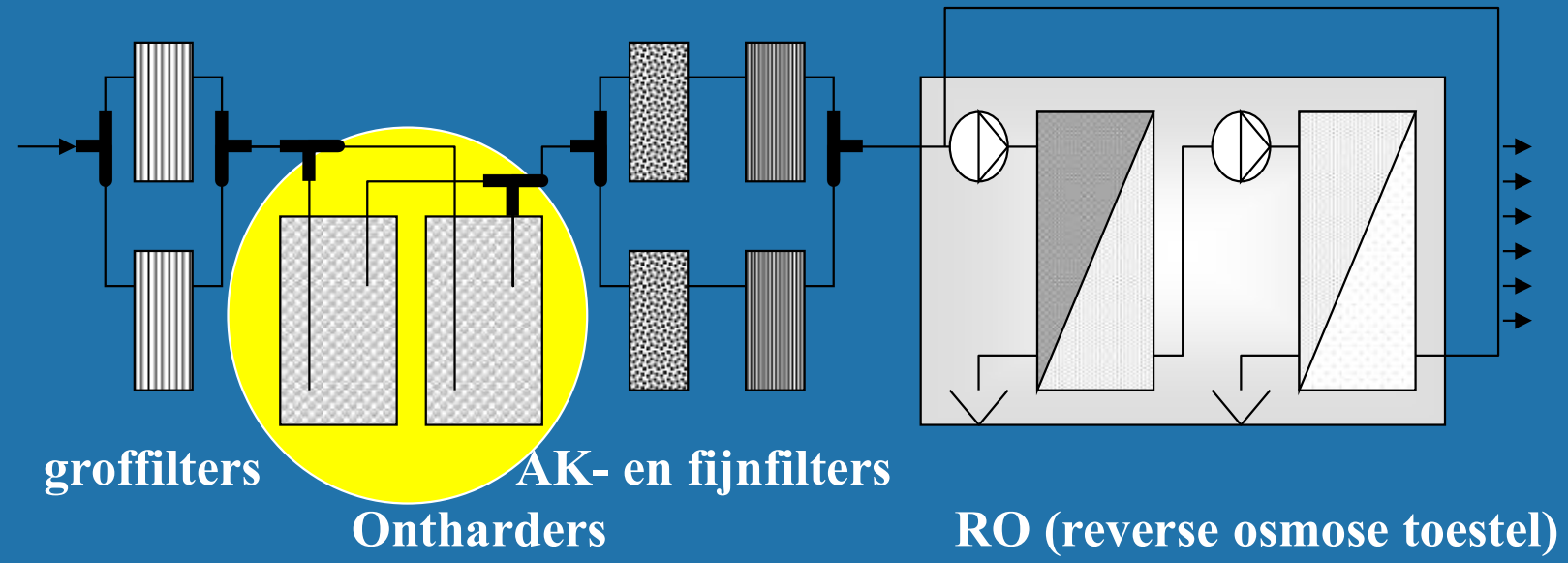
- Restrictie voor partikels;
- tegenspoeling of vervanging;
- Opletten voor waterstagnatie

# Filtratie

■ = H<sup>2</sup>O + ...

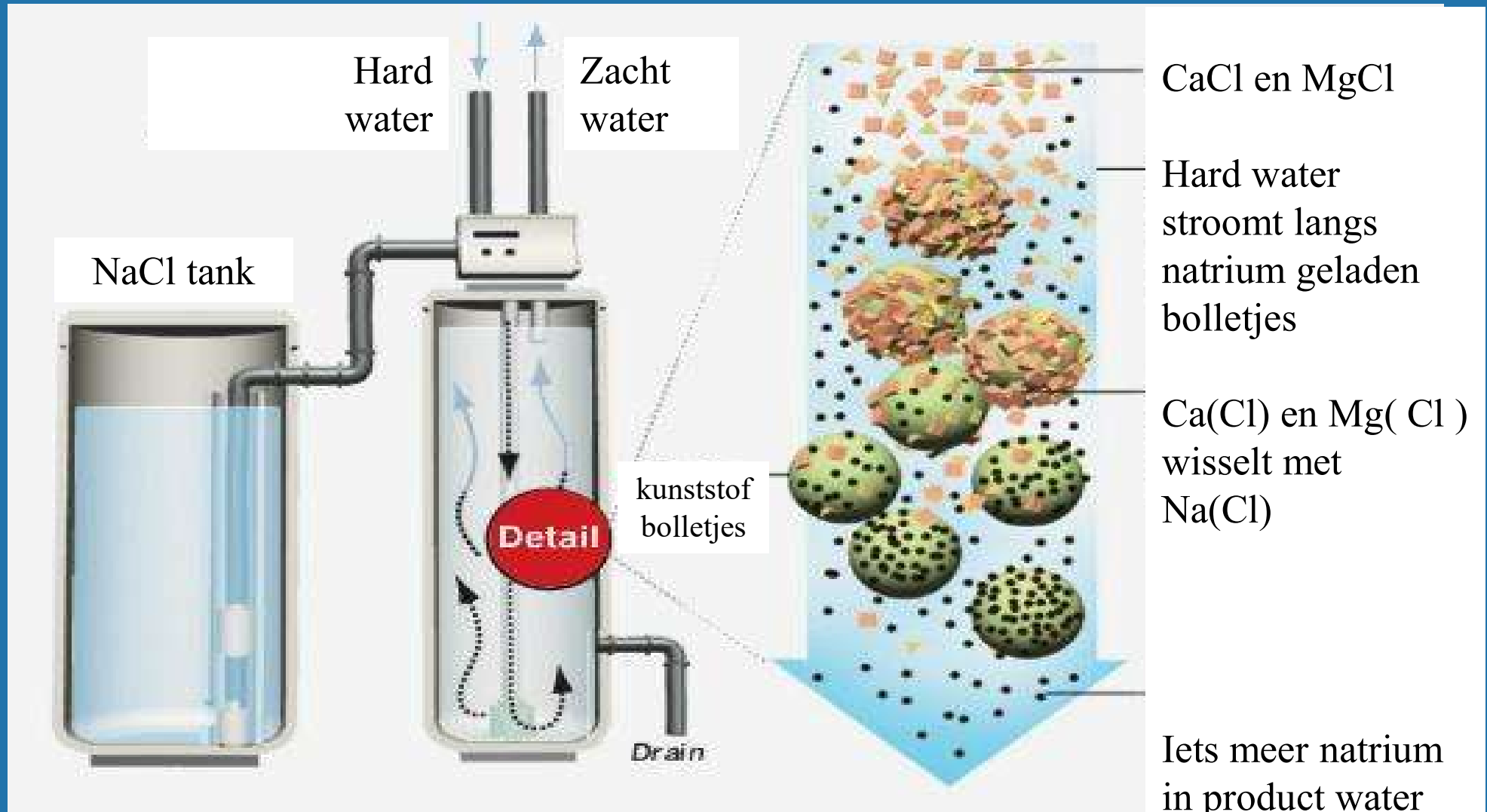
- “kalk” (Ca<sup>++</sup> & Mg<sup>++</sup>);
- Chloor
- Bacteriën, algen, endotoxines
- Aluminium
- Residu:
  - » ~~Partikels~~
  - » Metalen
  - » Nitraten
  - » Halogenen / Pesticiden (Round-up)

# Ionenwisselaar



- Demineralisator → kationen & anionen ↻  $H + O_2 = H_2O$
- Ontharder → kationwisselaar Ca & Mg ↻ Na
- Opletten voor stagnatie

## Ontharder



# Ionenwisselaar

■ = H<sup>2</sup>O + ...

~~– “kalk” (Ca<sup>++</sup> & Mg<sup>++</sup>);~~

– Chloor

– Bacteriën, algen, endotoxines

– Aluminium

– Residu:

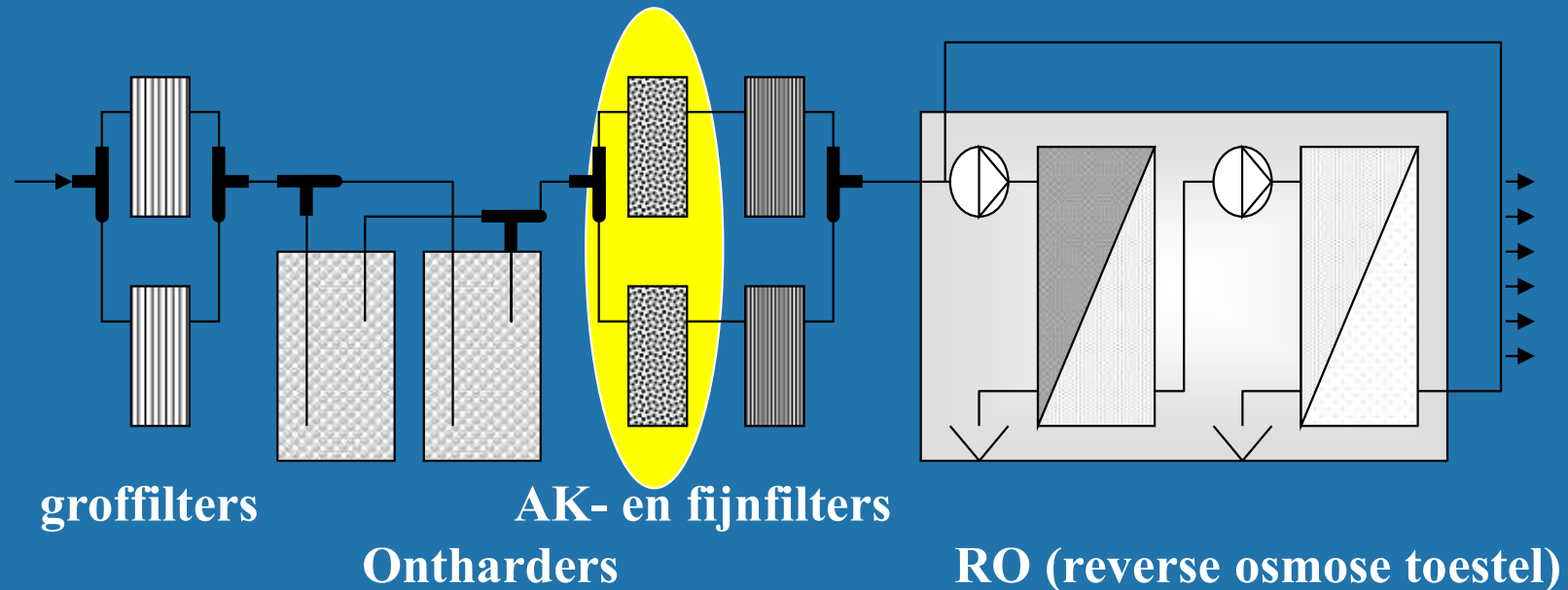
~~» Partikels~~

» Metalen

» Nitraten

» Halogenen / Pesticiden (Round-up)

# Adsorptie over Actieve Kool



- Adsorptie = aanhechting (Absorptie = opslorping).
- Periodieke spoeling of vervanging actieve kool
- Bacteriegroei door trage doorstroming
- Koolstofresidu bij vervanging



# Adsorptie

■ = H<sup>2</sup>O + ...

~~Kalk (Ca<sup>++</sup> & Mg<sup>++</sup>);~~

~~Chloor;~~

– Bacteriën, algen, endotoxines;

– Aluminium als vlokmiddel;

– Residu:

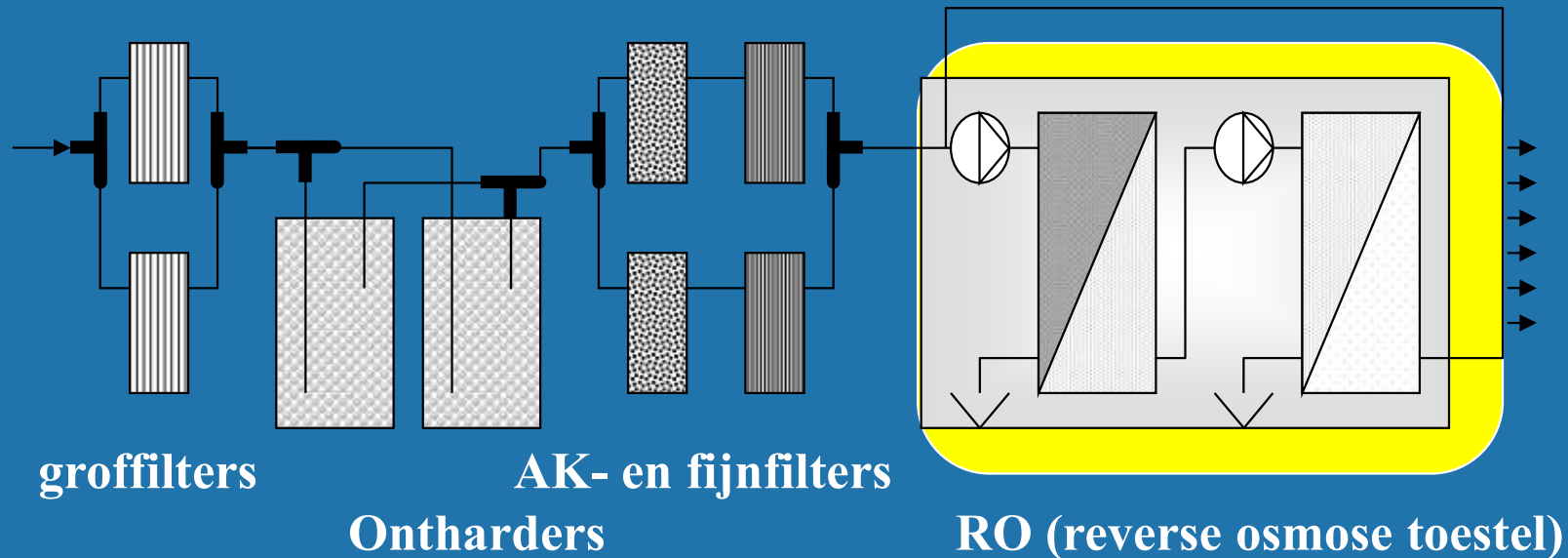
» ~~Partikels;~~

» Metalen;

» Nitraat and nitriet;

» Oestrogene / Round-up © / ...;

# Membraanfiltratie



- Filteren zeer kleine deeltjes
- Verwijderen bacteriën en endotoxines
- Voorbehandelingen noodzakelijk
- Efficiëntie > 97%

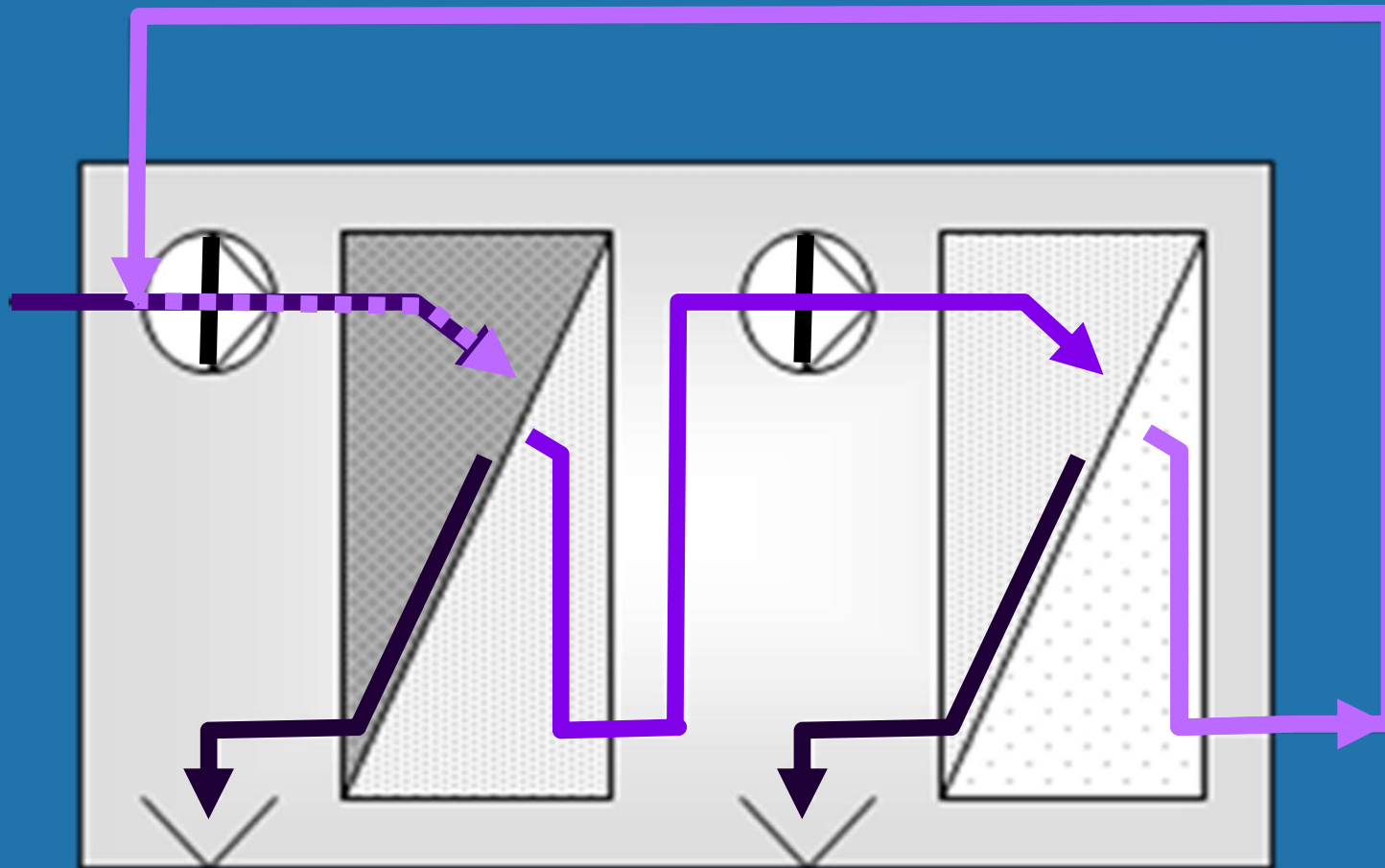
# Membraanfiltratie

## a) Omgekeerde Osmose

(aka Reverse Osmose):

- Behandeling van inkomend water,
- Duur / groot / onderhoudsintensief,
- Kwaliteitsbewaking,
- Voorbehandeling nodig,

# Omgekeerde Osmose



# Membraanfiltratie

## b) Submicron filters:

- Nabehandeling RO productiewater,
- Extra bacteriologische veiligheid (0,2 $\mu$ m)

## c) Ultrafilters:

- In waterbehandeling en in dialysetoestel
- Verwijderen bacteriën en endotoxines
- Gebruikt bij HF en HDF (validatie tot x dialyses)

# Membraanfilters

■ =  $H^2O$  + ...

– “kalk” ( $Ca^{++}$  &  $Mg^{++}$ );

– Chloor

– Bacteriën, algen, endotoxines

– Aluminium

– Residuen:

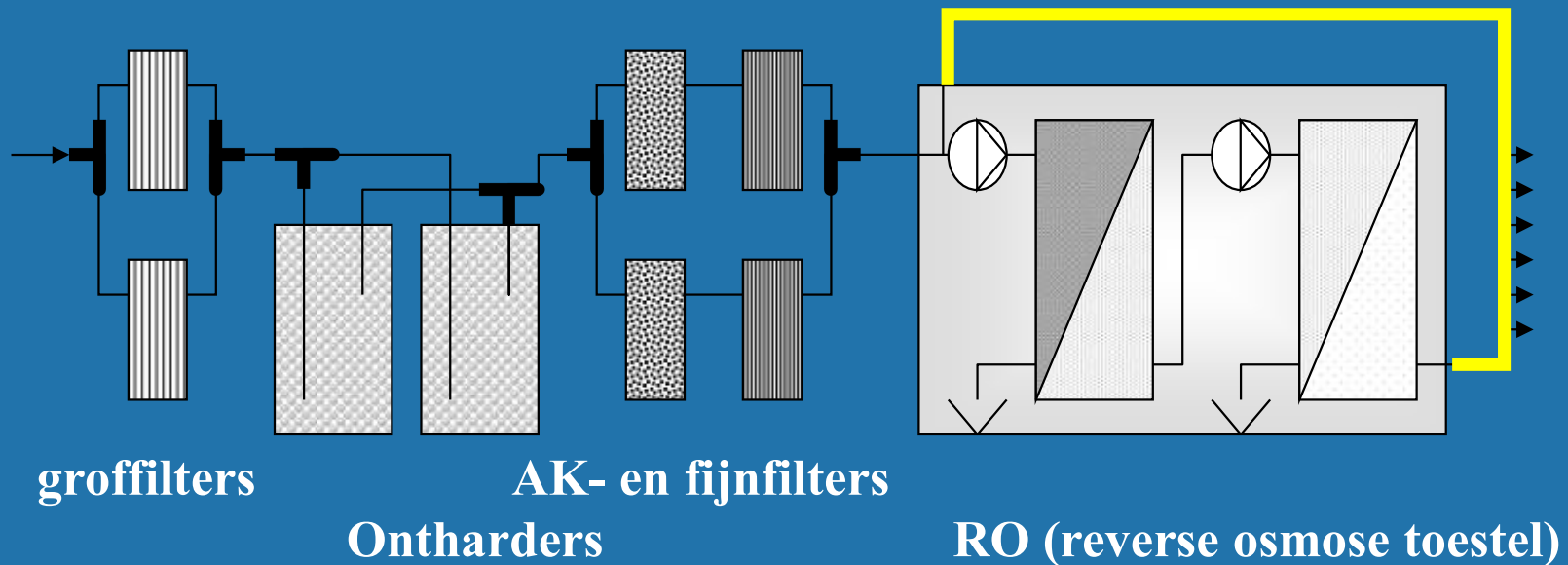
» Partikels

» Metalen

» Nitraten

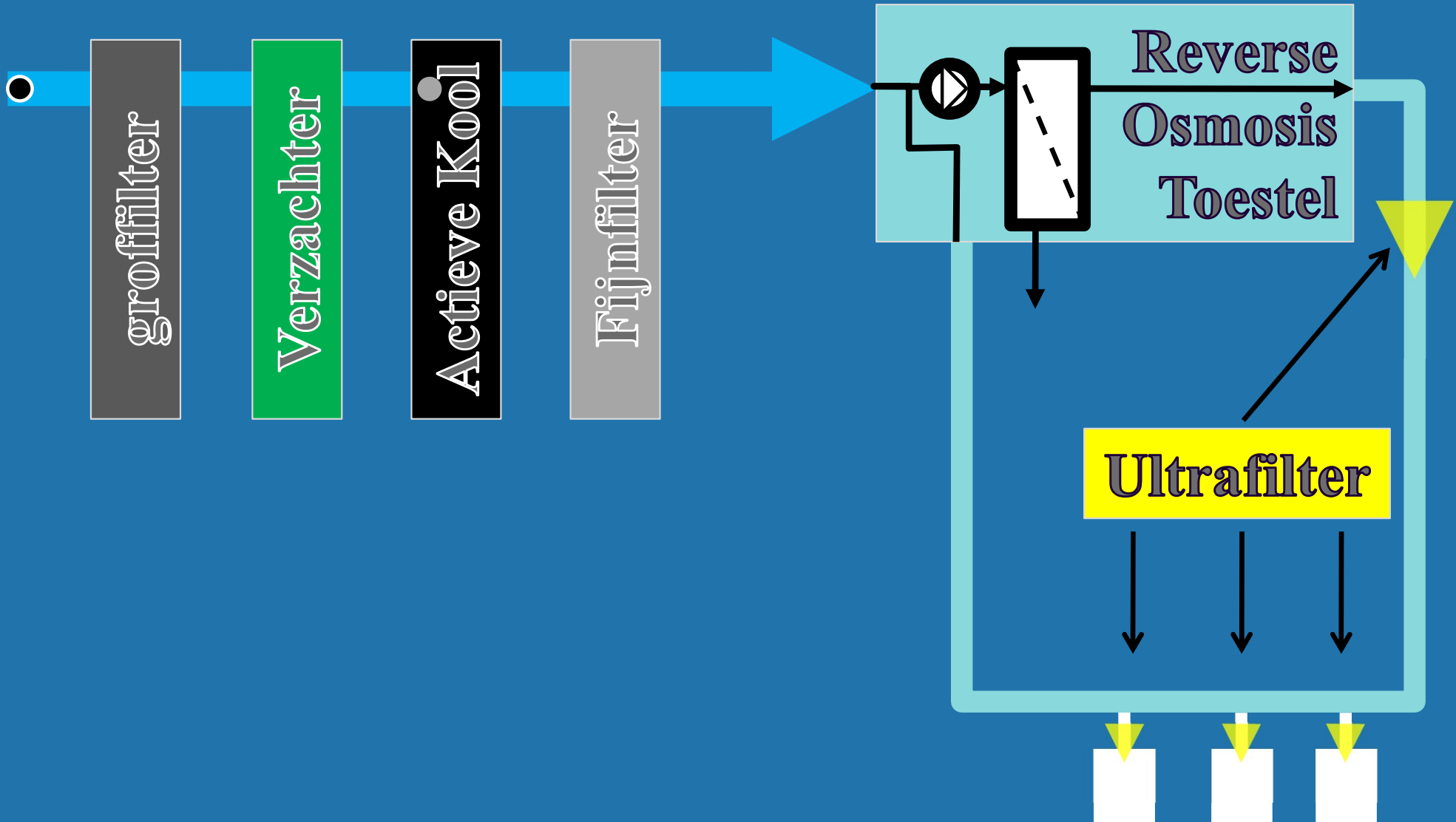
» Halogenen / Pesticiden (Round-up)

# Distributie leidingen



- Transporteren RO productwater naar alle zalen
- Hoge eisen
  - Voldoende druk en debiet
  - Inert materiaal (niet aangetast door desinfectie)
- Aansluitleiding naar toestel zo kort mogelijk

# Totaal Concept





1. Hemodialyse
2. Waterbehandeling
3. Hemodialyse toestel
4. Dialysaat
5. Fysische metingen
6. De kunstnier
7. Bloedcircuit
8. Fysica in hemodialyse
9. Hemodiafiltratie en opties

# Het Hemodialysetoestel



## ■ Bloed monitor

- Bloed van patiënt naar kunstnier
- Toediening anticoagulantia
- Meten en bewaken alle parameters
- Bloed veilig terug naar patiënt

## ■ Dialysaat monitor

- Aanmaak en distributie van dialysaat met correcte temperatuur, druk en samenstelling
- Regelen van de ultrafiltratie (vochtverlies)
- Meten/bewaken alle parameters (temperatuur, druk, samenstelling)

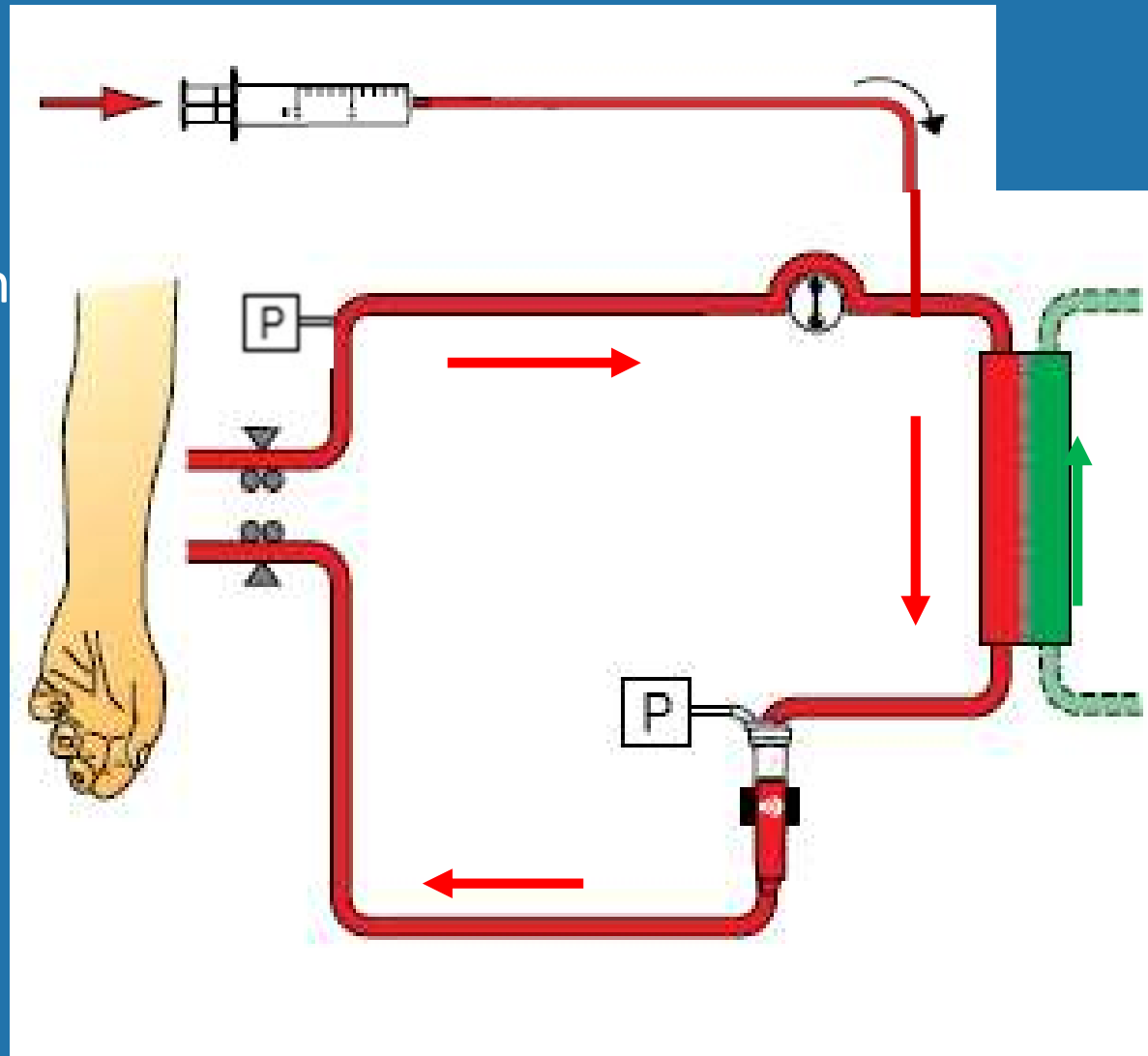
## Functionele test (T1)

- **Automatisch** voor elke dialyse
- **test** maximale werkingswaarden (druk, debiet)
  - » Ontgassing
  - » Debiet
  - » Geleidbaarheid
  - » Lekttest.
  - » Ultrafiltratie controle

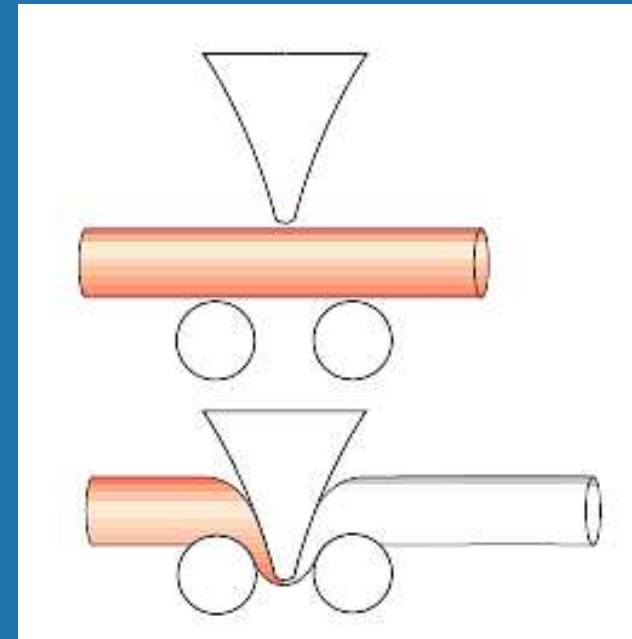
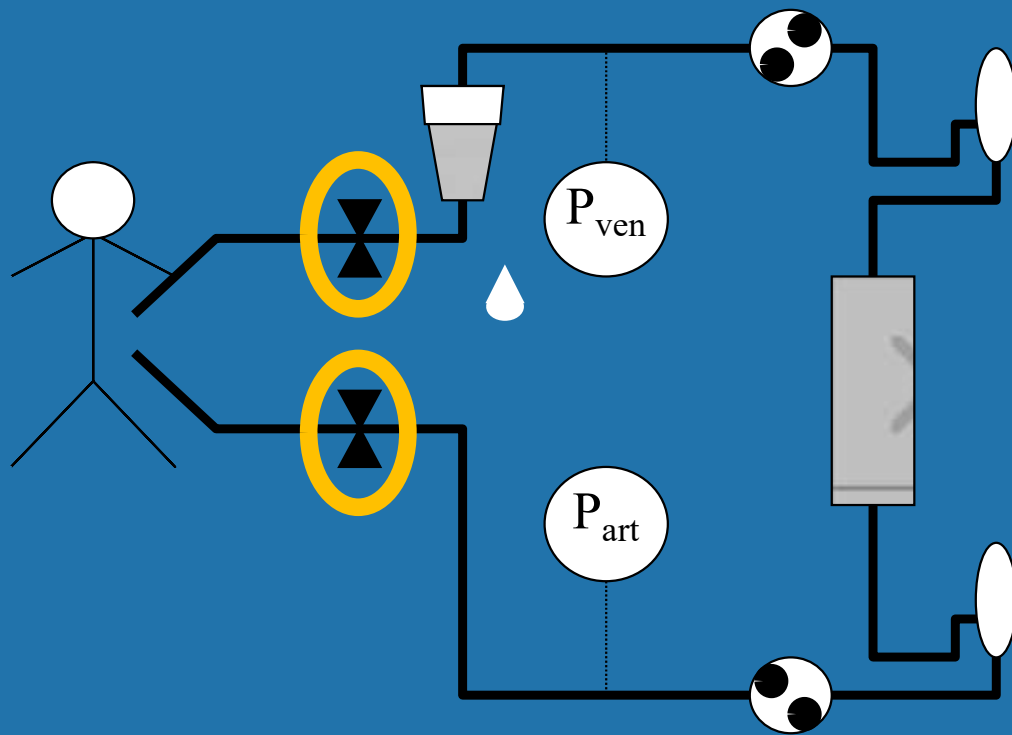
# Hemodialysetoestel

## Bloedmonitor componenten

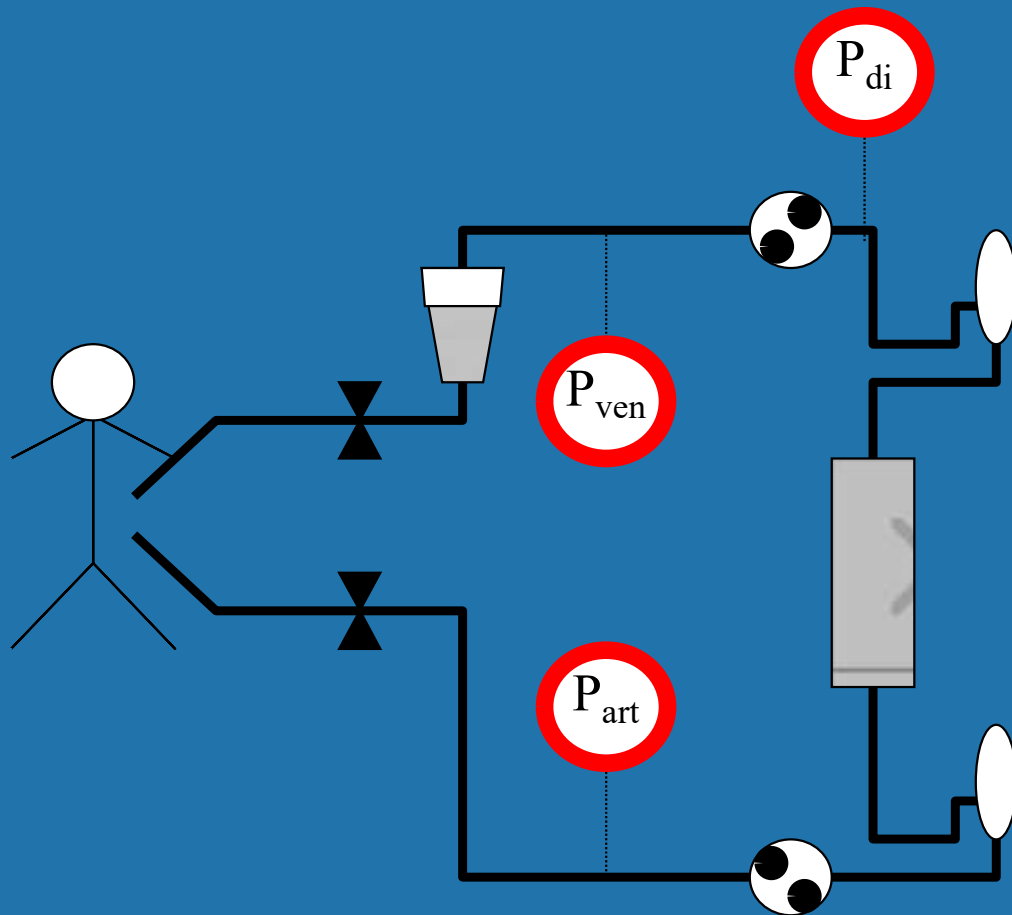
- Arteriële klem (SN)
- Arteriële druk
- Peristaltische bloedpomp
- Heparine spuitpomp
- Veneuze druk
- Lucht detector
- Veneuze klem
  
- Steriele lijnenset voor éénmalig gebruik



# Arteriële en veneuze klem



## Drukken



→ Stolling

→ Hemolyse

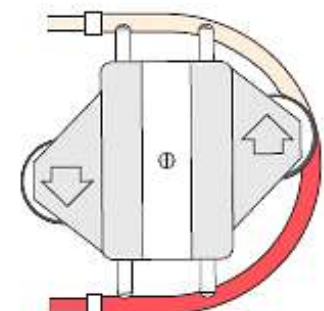
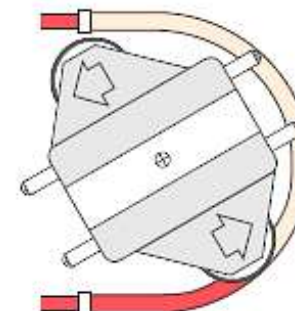
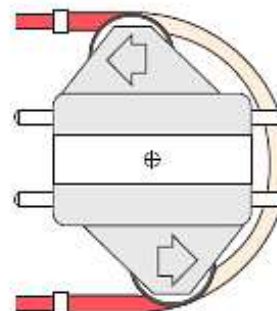
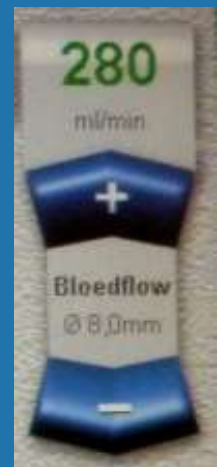
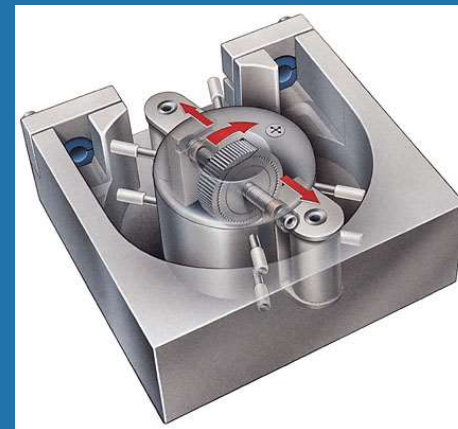
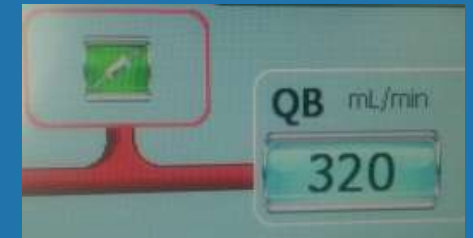
→ Acces bewaking

→ Lekcontrole EC

# Hemodialysetoestel

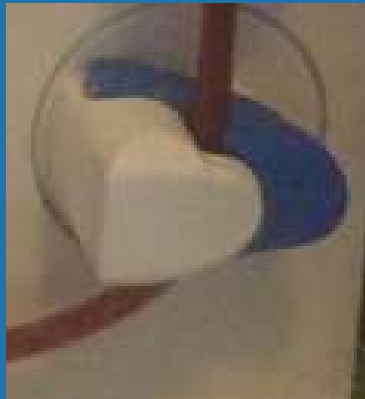
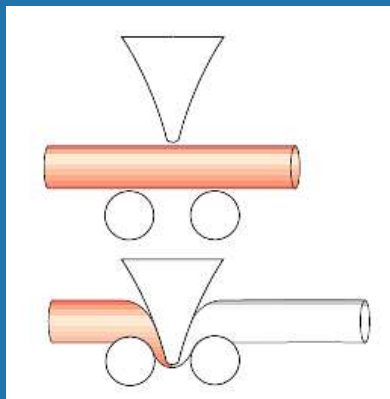
## Bloedpomp(-en)

- Verpompt bloed peristaltisch door bloedlijnen van EC.
  - medische PVC
- Snelheden 50 tot 500 ml/min.
- Rotor instellen op bloedlijn diameter. (8,0 mm )
  - Occlusief vermogen
  - Verschil volwassenen / kinderen
- Rotor demonteerbaar
  - Reiniging, controle occlusie
- Ook manueel te bedienen bij
  - Stroomuitval, defect toestel
  - Draairichting aangeduid

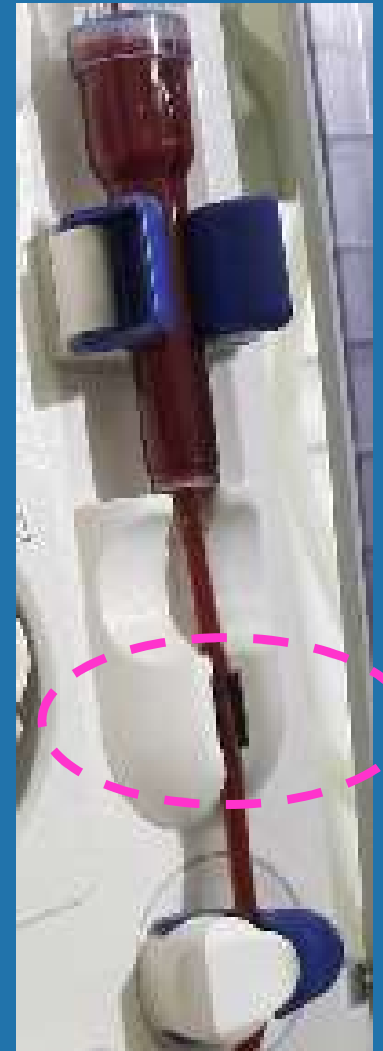


## Luchtdetector / veneuze klem

- Detecteert luchtbel  $> 1\mu\text{l}$   
Zowel bellen als schuim (=microbellen)
- Bij dit alarm sluit de veneuze klem en stopt de bloedpomp.
- Eerst lucht verwijderen, dan resetten!



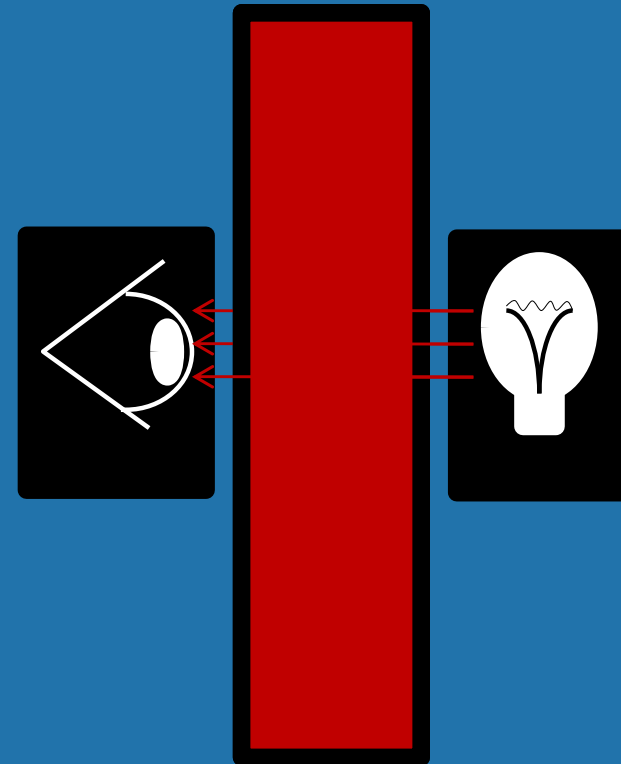
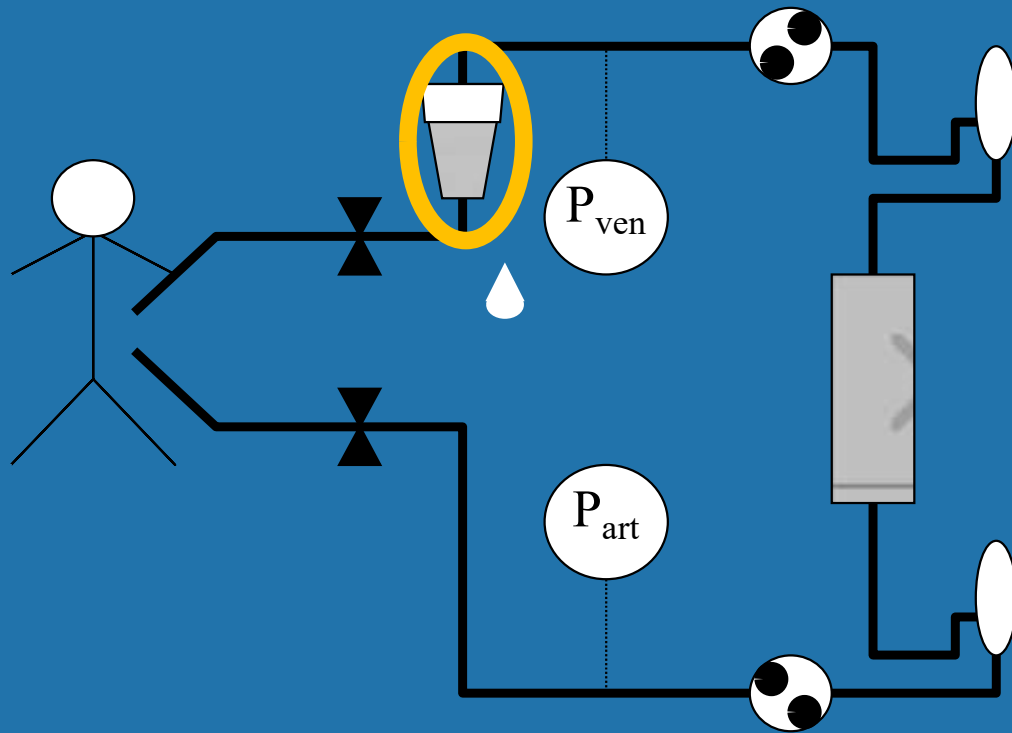
Veneuze klem





# Hemodialysetoestel

## Primingdetector



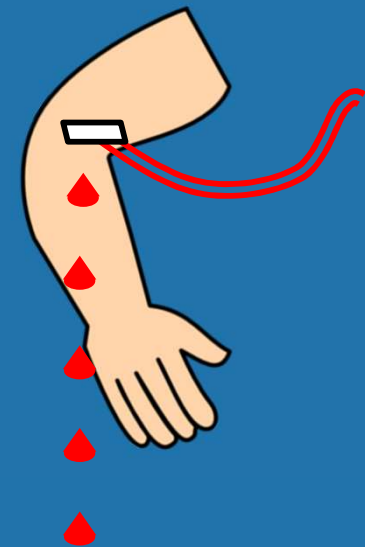
# Hemodialysetoestel

## Bloedlek detectie

- In EC → lekdetectie;
  - test met bloedpomp bij start
  - Optische lekdetector onderaan  
(Voor alle vloeistoffen)



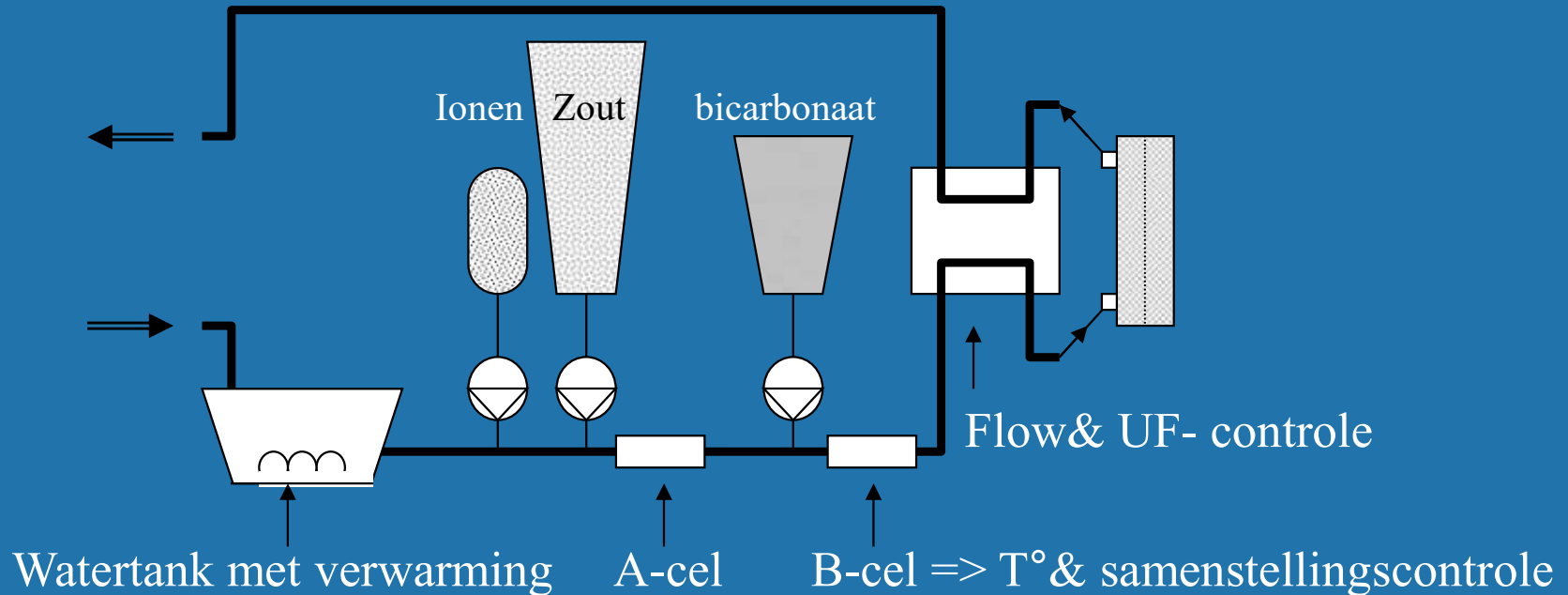
- In dialysaat
  - Lek membraan in kunstnier
  - Sensor gevoelig (0,35ml/min)



- Bij vaataccess
  - Visueel controleren
  - Extra sensor beschikbaar



## Dialysaat monitor circuit



- Bereidt en bewaakt het voorgeschreven dialysaat
  - Verwarmen, ontgassen, mengen, controleren, ultrafiltreren, afvoeren
- Regelt de voorgeschreven correctie van het plasma

1. Hemodialyse
2. Waterbehandeling
3. Hemodialyse toestel
4. Dialysaat
5. Fysische metingen
6. De kunstnier
7. Bloedcircuit
8. Fysica in hemodialyse
9. Hemodiafiltratie en opties

# Dialysaat

- Mix van zuiver water met een voorgeschreven elektrolyten concentraat.
- In contact met het bloed via het kunstnier membraan.
- Regelt de vochtbalans en elektrolyten van de patiënt.
- Elektrolyten samenstelling is gelijkaardig aan die van het plasma van een gezonde persoon.

dialysaat

# Dialysaat eisen

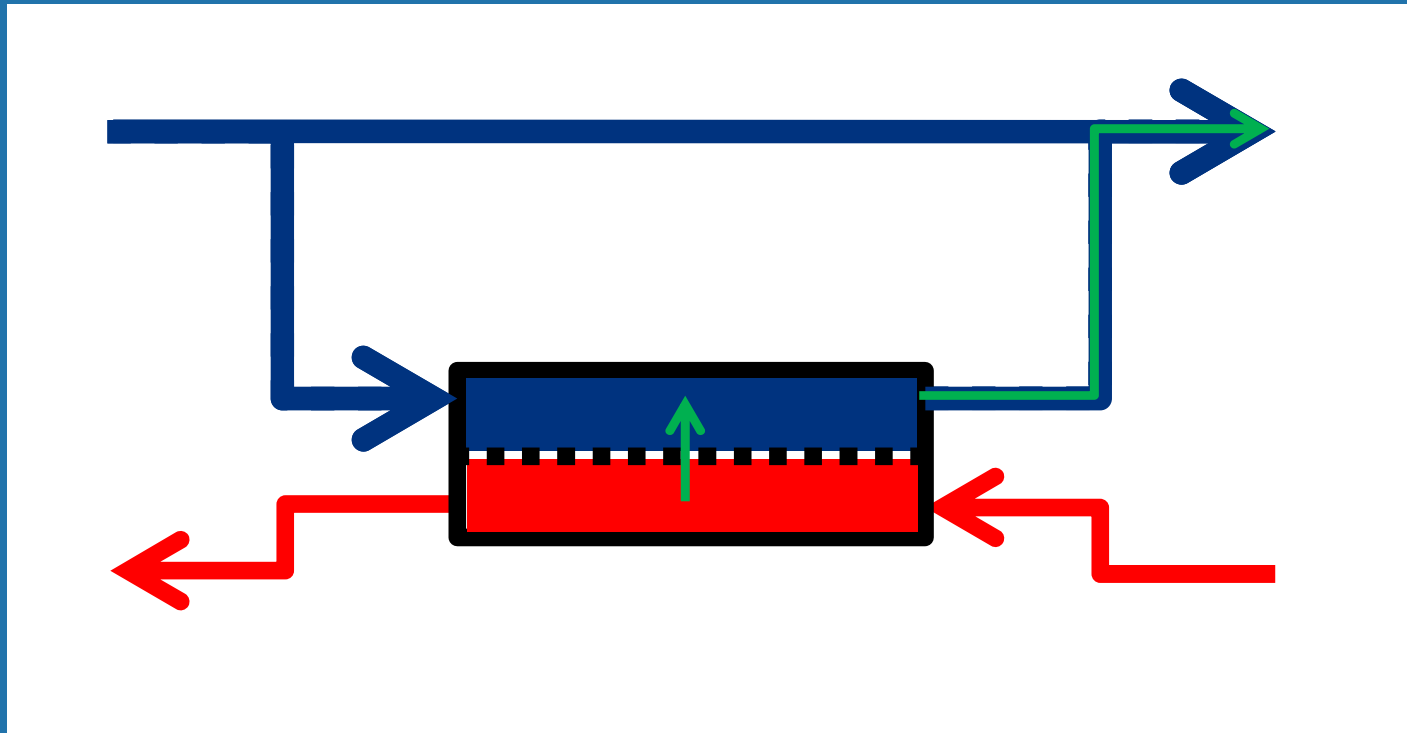
- Ontlucht 'waar lucht is, is geen dialysaat'
- Temperatuur : vroeger 37°C, nu 36°C
- Voorgeschreven samenstelling van 13,8mS tot 14,2mS
- Gevraagd debiet van 300ml/min tot 1000ml/min,
- Drukregeling afhankelijk van UF (zie TMP),

dialysaat

# Dialysaat bewaking

- Geleidbaarheidsmeting, ●
- Temperatuursmeting, ●
- Ultrafiltratiemeting, ●
- Bloedlekdetector, ●

Dialysaat in bijpas



# Dialysaat samenstelling

## ■ Natrium

Na <sup>+</sup> in plasma	134 – 145 mmol/L
Na <sup>+</sup> grenzen	128 – 154 mmol/L
Na <sup>+</sup> advies	138 – 142 mmol/L

- Beïnvloed vochtbalans /- transport;
- Profilering kan samen met UF profiel
- Hoog Na: hemodynamisch beter, dorstreflex

**Niet “matig uw vocht inname”  
maar “matig uw zout inname”.**



dialysaat

## Waarom 2 dialyse concentraten?

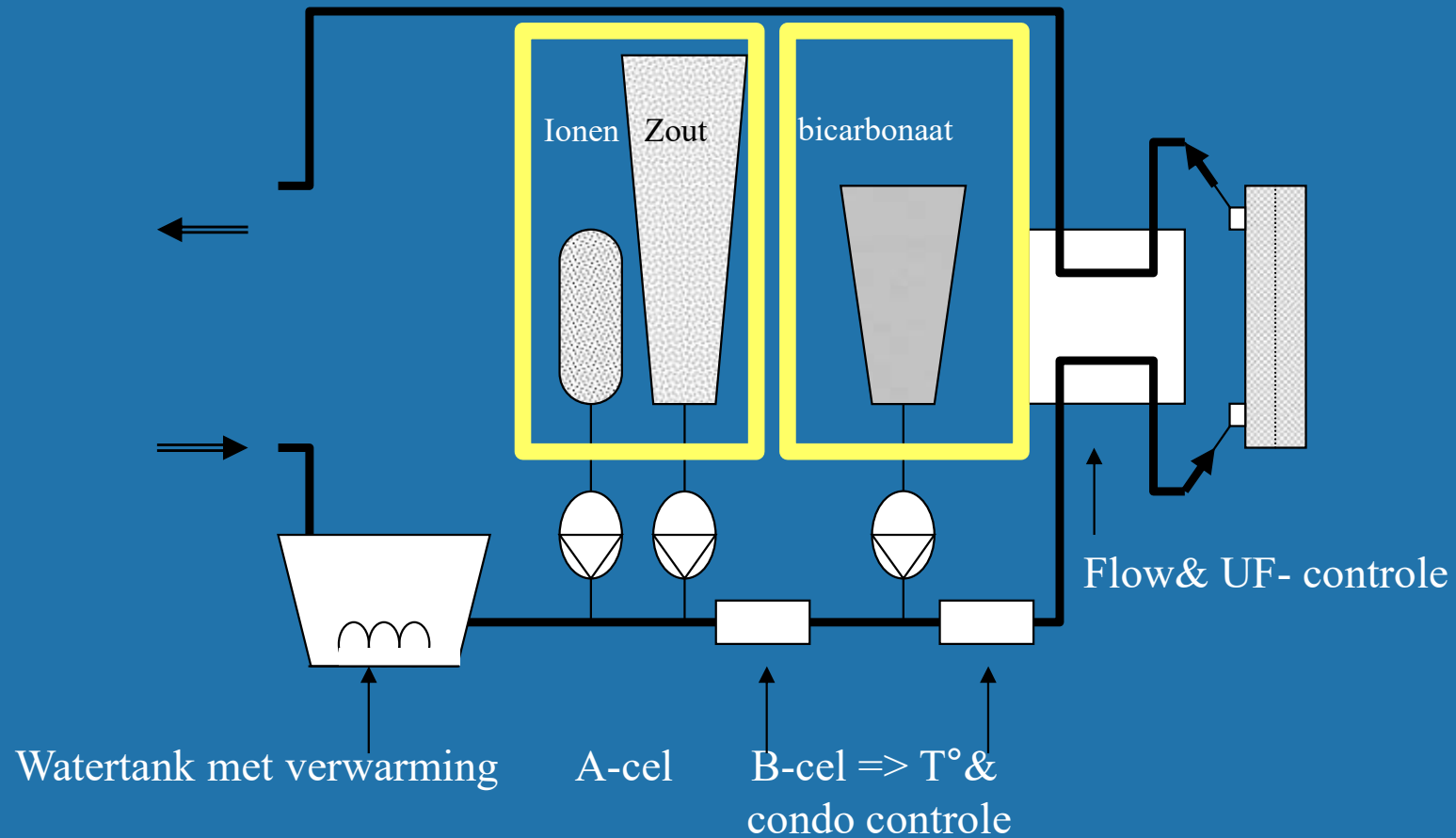
- Alles samen in één concentraat gaat niet
  - $\text{CaCl}_2 + 2 \text{NaHCO}_3 \Rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + 2 \text{NaCl}$ 
    - » calciumcarbonaat neerslag
  - Ook  $\text{MgCl}_2 \Rightarrow \text{MgCO}_3$ 
    - » Blijft geen calcium of magnesium over!



- Oplossing: Bicarbonaat apart
  - Dialysetoestel mengt bicarbonaat poeder met water **vlak voor het gebruik**
  - geen tijd  $\text{CO}_2$  vorming  $\Rightarrow$  geen vorming  $\text{CaCO}_3$

dialysaat

# Dialyse concentraten



dialysaat

## 2 dialyse concentraten

### ■ A-concentraat;

- Zak / bus / centrale distributie / vloeibaar / poeder
- Alle ionen  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Cl}^-$ , ..



### ■ B-concentraat

- $\text{NaHCO}_3$  poeder = geen bacteriegroei
- Vloeibaar concentraat = groeibodem voor bacteriën



# Dialysaat samenstelling

## ■ Natrium

Na <sup>+</sup> in plasma	136 – 145 mmol/L
Na <sup>+</sup> grenzen	128 – 154 mmol/L
Na <sup>+</sup> advies	138 – 142 mmol/L

- Beïnvloed vochtbalans/-transport;
- Profileren eventueel samen met UF profilering;
- Teveel geeft dorstgevoel:

**Naast “matig uw vocht inname”**

**Ook “matig uw zout inname”.**

# Dialysaat samenstelling

- Kalium

K <sup>+</sup> in plasma	3,5 – 5 mmol/L
--------------------------	----------------

K <sup>+</sup> conc. keuze	0 – 4 mmol/L
----------------------------	--------------

K <sup>+</sup> advies	2,5 – 3 mmol/L;
-----------------------	-----------------

- Concentratie is cruciaal

- Te veel: verlaagd HR, ..

- Te weinig: onregelmatige pols, extrasystolen, PVC (premature ventrikel contracties)

- Plasma K niet te snel laten dalen

# Dialysaat samenstelling

- Calcium

Ca<sup>++</sup> in plasma                      2,2 – 2,6 mmol/L

Ca<sup>++</sup> conc. keuze                      0 – 2,0 mmol/L

Ca<sup>++</sup> advies                      1 – 1,5 mmol/L

- Streven naar optimale Calcium/fosfaat balans

- Verbeterd bot metabolisme

- Reduceert :

- » Acceleratie arteriosclerose

- » Cardiovasculaire mortaliteit

- Optimale calciumconcentratie blijft discussie

# Dialysaat samenstelling

## ■ Glucose

$C_6H_{12}O_6$  in plasma 0,8 – 1,2 g/L (4,2 – 6,4mmol/L)

$C_6H_{12}O_6$  keuze 0 – 2,0 g/L (0 – 11mmol/L)

$C_6H_{12}O_6$  advies 1,5 g/L (8,25 mmol/L)

- Aanwezig om glucoseverlies tegen te gaan
- Geen glucose in dialysaat => verlies 28g glucose / dialyse
- Compensatie via infuus ook mogelijk

# Dialysaat samenstelling

## ■ Bicarbonaat

HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> in plasma	21 – 28 mmol/L
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> grenzen	23 – 39 mmol/L
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> advies	31 – 34 mmol/L

- Buffer aanbod tegen verzuring (zuur/base balans)
- Betere dialyse tolerantie dan acetaat als buffer
- Droog concentraat beperkt bacteriële groei in dialysaat
- Kan neerslag opleveren in het dialysaat circuit



dialysaat

# Citraat dialysaat

- Met citroenzuur i.p.v. azijnzuur
- Geen invloed op totaal Ca of iCa
- Betere klaring (minder stolling in kunstnier)
  - Verbeterde dialyse efficiëntie

- > 10 jaar in gebruik in Europa ( >15 j in VS)

Ahmad S, Callan R, Cole JJ, Blagg CR. Dialysate made from dry chemicals using citric acid increases dialysis dose. *Am J Kidney Dis.* 35(3):493-499, 2000.

- Tu A, Ahmad S. Heparin-free dialysis using citrate dialysate. *Abstr. J Am Soc Nephrol.* 11:A1591, 2000.

- Heparine risico's
  - Allergieën, HIT, necrose, osteoporose, ...

1. Hemodialyse
2. Waterbehandeling
3. Hemodialyse toestel
4. Dialysaat
5. Fysische metingen
6. De kunstnier
7. Bloedcircuit
8. Fysica in hemodialyse
9. Hemodiafiltratie en opties

Fysische metingen

# Fysica

Druk

Temperatuur

Geleidbaarheid

Debiet

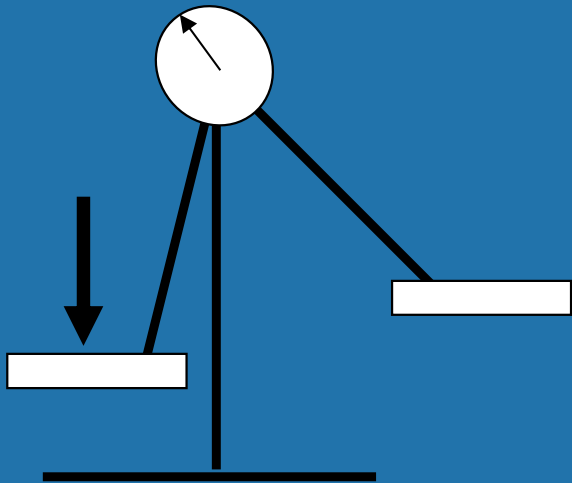
Ultrafiltratie

Niet-invasieve metingen

# Druk

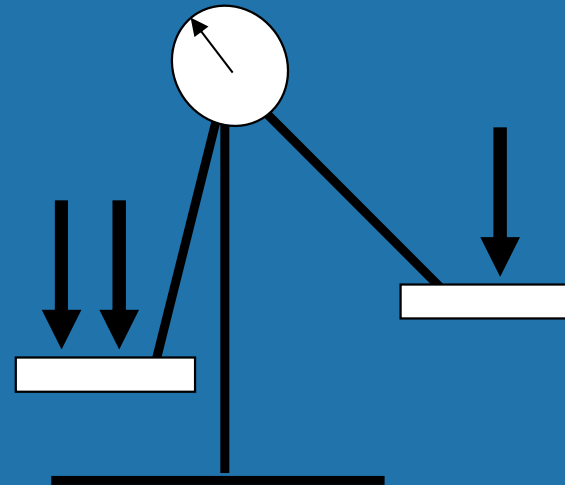
- Druk = gewicht per oppervlakte
- Eenheid in dialyse:
  - mmHg voor bloedmonitor
  - mmHg of Bar voor dialysaatmonitor     $1\text{bar} = 760\text{mmHg}$
- Absolute druk = gemeten tov atmosferische druk
- Relatieve druk = gemeten tov andere druk

# Druk voorgesteld als weegschaal



## absolute drukmeting

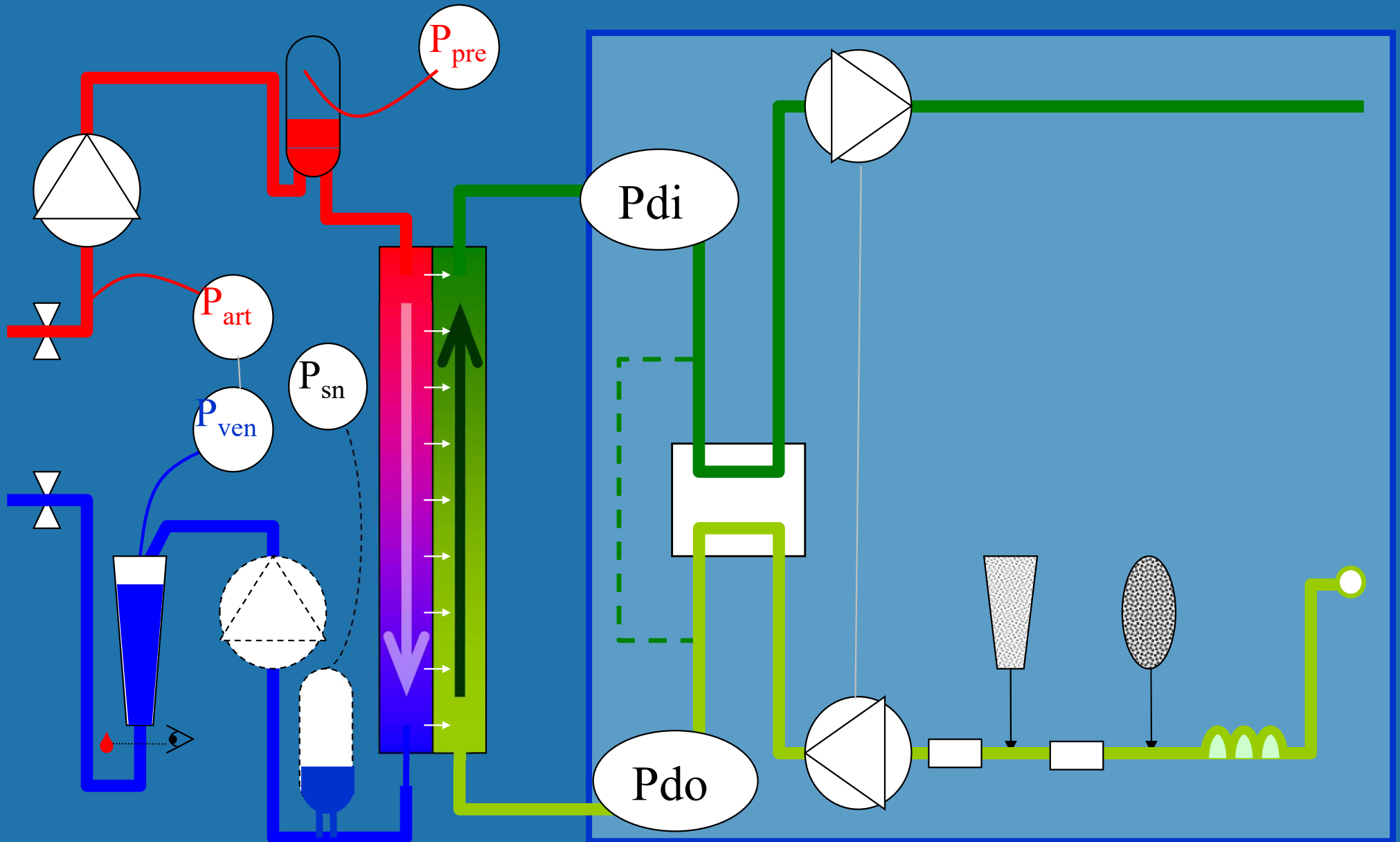
$$100\text{mmHg} - 0\text{mmHg} \\ = 100 \text{ mmHg}$$



## relatieve drukmeting

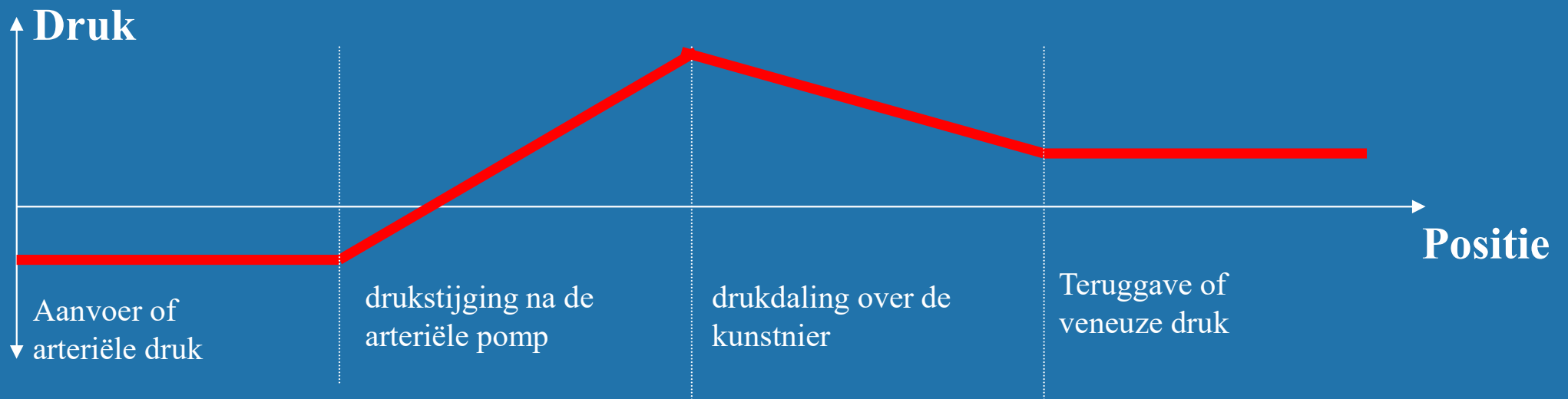
$$200\text{mmHg} - 100\text{mmHg} \\ = 100\text{mmHg}$$

# Enkele drukken in dialyse



# Drukvariatie in het EC circuit

De druk zal continu variëren.



## Afhankelijk van:

Naald, katheter  
gauge,  
bloeddebiet,  
Hct, bloeddruk

Bloeddebiet,  
kunstnier,  
Hct

Interne vezel  
diameter  
stollingsgraad  
tijd in dialyse

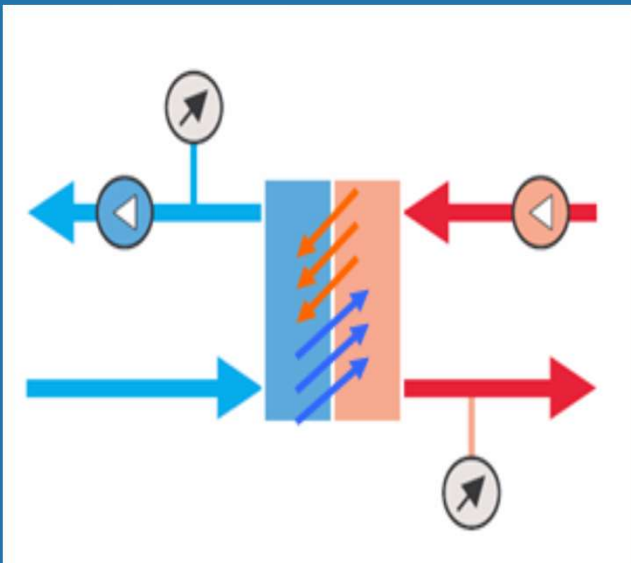
Naald, katheter  
gauge  
bloeddebiet  
bloeddruk  
fistel stenose

# TransMembraanDruk (TMP)

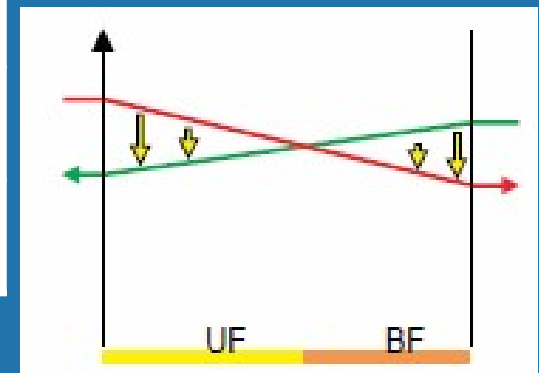
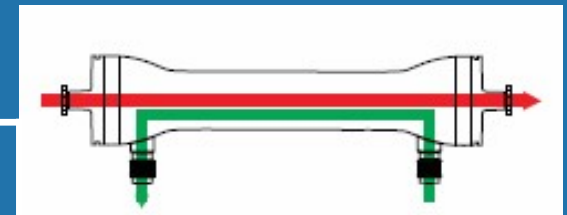
■ verschil tussen

- Druk aan de bloedzijde
- Druk aan de vloeistofzijde van het dialysemembraan.
- Deze drukken worden niet in de kunstnier gemeten

$P_{b\ in}$  is veel hoger dan  $P_{b\ out}$  ( $Q_b$ , stolling, vezeldiameter)



$P_b$	$P_d$	TMP
+215	+185	30
+175	+165	10
+155	+185	-30





# Temperatuur

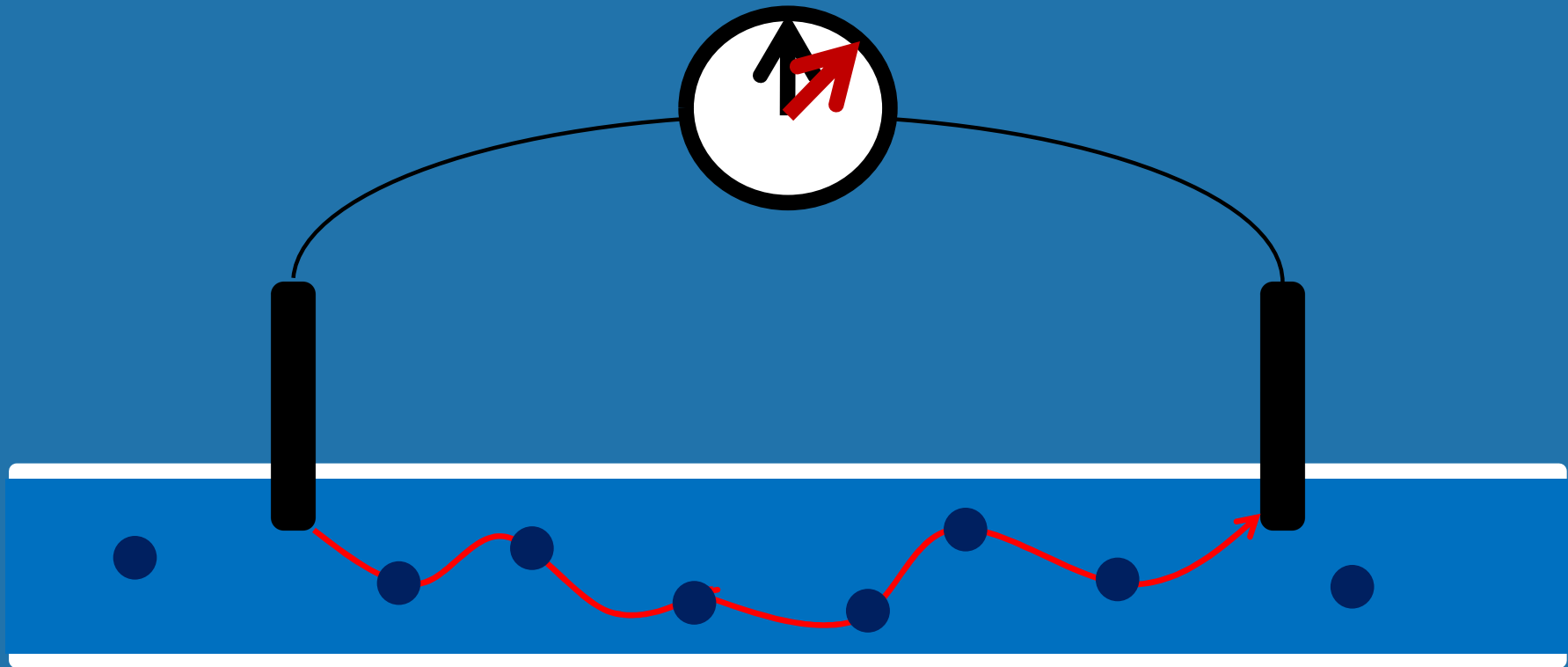
- Eenheid in Europa: graad Celcius (°C)
- Vroeger uitzetting van kwik
- Nu elektronische meting
- Meest bekend: lichaamsthermometer
- In dialysetoestel gebruikt voor:
  - dialysaat temperatuur (voorschrift)
  - compensatie bij temperatuursgevoelige metingen.

# Geleidbaarheidsmeting

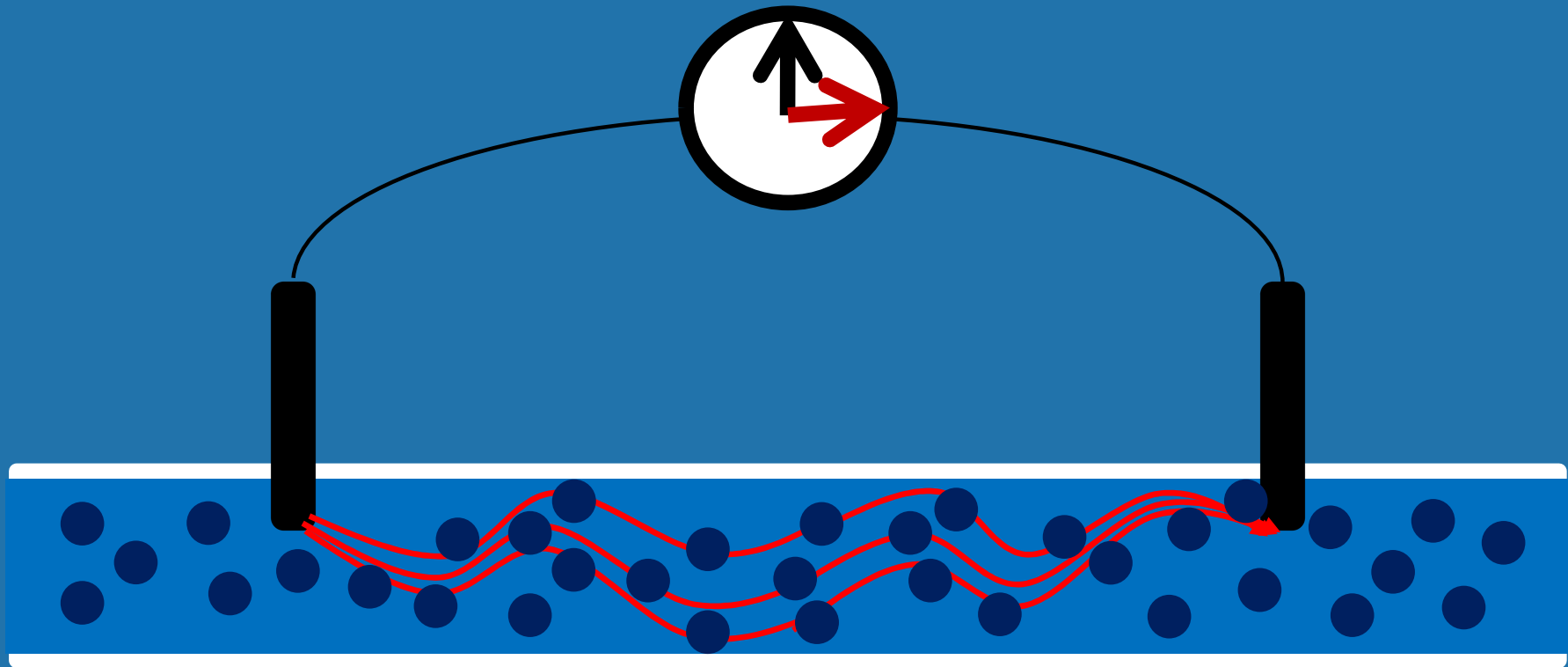
- Geleidbaarheid = mogelijkheid om stroom te geleiden  
= afhankelijk van hoeveelheid vrije ionen
- Uitgedrukt in Siemens (S)
  - Reverse Osmose water      4,0  $\mu$ S    ( 0,000005 Siemens)
  - Dialysaat water      14,0 mS ( 0,014 Siemens)
- Geleidbaarheid is omgekeerde van weerstand:

$$\sigma = 1 / R$$

# Lage geleidbaarheid

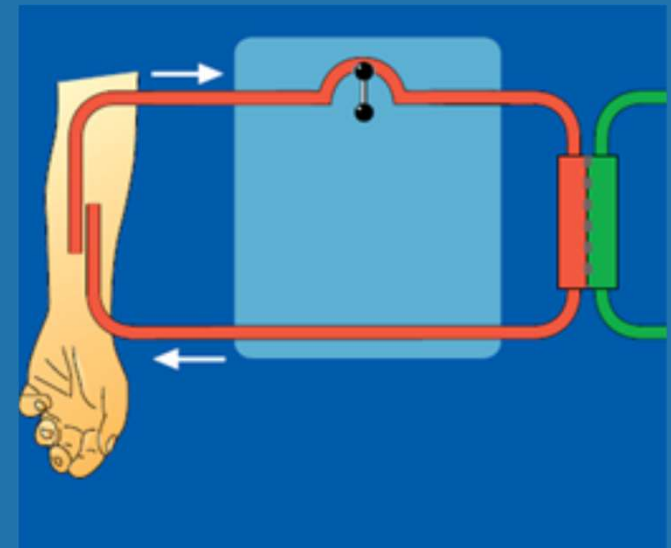
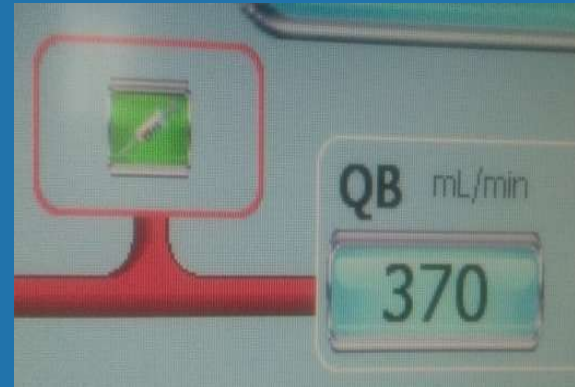


# Hoge geleidbaarheid



## Debiet

- = volume per tijdseenheid
- Eenheid in dialyse = ml/min
- Bloeddebiet (Qb)
  - Rond 350 ml/min.
  - Peristaltische pomp + pvc segment
  - Machine telt pomprotaties
  - Display = berekening (rotaties + Pa)
  - Display < reëel debiet



[EDTNA ERCA J. 1996 Jan-Mar;22\(1\):3-6.](#)

**Blood flow displayed by dialysis machines: is it accurate?**

[Stragier A<sup>1</sup>, Wenderickx D, Jadoul M.](#)

- Grootste effect op de efficiëntie (klaring)
  - » Hoe hoger, hoe beter de klaring
  - » Beperkt door aanvoerdruk

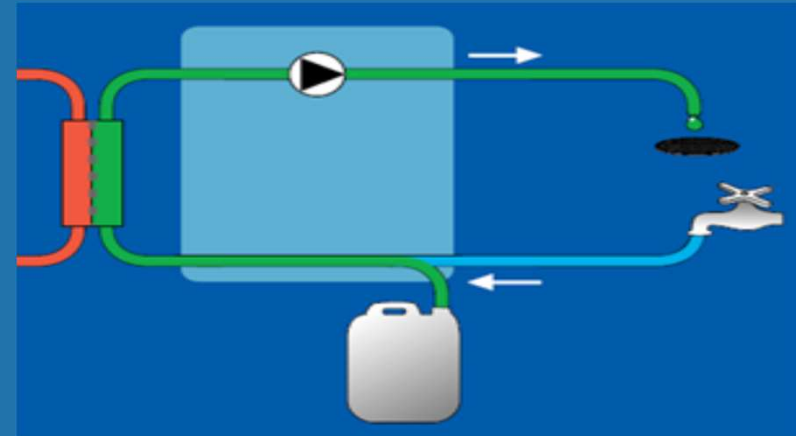
[Kidney Int. 2000 Apr;57\(4\):1668-74.](#)

**Multistate outbreak of hemolysis in hemodialysis patients traced to faulty blood tubing sets.**

## Debiet

### ■ Dialysaat debiet ( $Q_d$ )

- Standaard 500 ml/min.
- Instelbaar van 300 tot 1000



- Ratio  $Q_d/Q_b$  kan automatisch ingesteld worden om water en concentraat te sparen. (= autoflow)
  - » Bij HD meestal 1,5
  - » Bij HDF meestal 1,2
- Bij lange dialyses (6 à 8 uur)  $Q_d$  300 ml/min
- $Q_d > 600$  ml/min geen significante verbetering ureum klaring. (< 4% bij  $Q_b$  400 )

Dialysate Flow Rate and Delivered Kt/V with Dialyzers with Enhanced Dialysate Flow Distribution. Richard A. Ward, Clin J Am Soc Nephrol. 2011 Sep; 6(9): 2235–2239.

# Niet invasieve metingen

= zonder direct contact met bloed

- Drukmetingen:
  - Druk doorgeven over een membraan (bvb arteriële druk)
  - Druk doorgeven via luchtscheiding (bvb veneuze druk)
- Debietsmeting
  - Indirecte meting via tellen rotaties van de pompkop

## Niet invasieve metingen

### ■ Lichtbrug

IR, UV of zichtbare lichtstraal wordt gedempt door kleur van vloeistof

Primingdetector (detecteert bloed in EC)

Bloedlekdetector (bloed in dialysaat)

Ureum detector (ureum in dialysaat)

### ■ Geluidsbrug

Geluidsnelheid door lucht < vloeistof

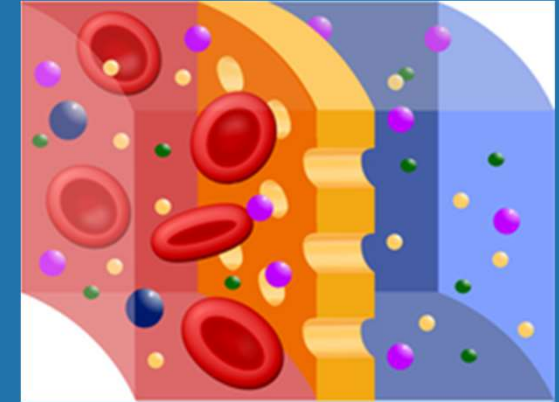
Luchtdetector (lucht in bloed naar patiënt)



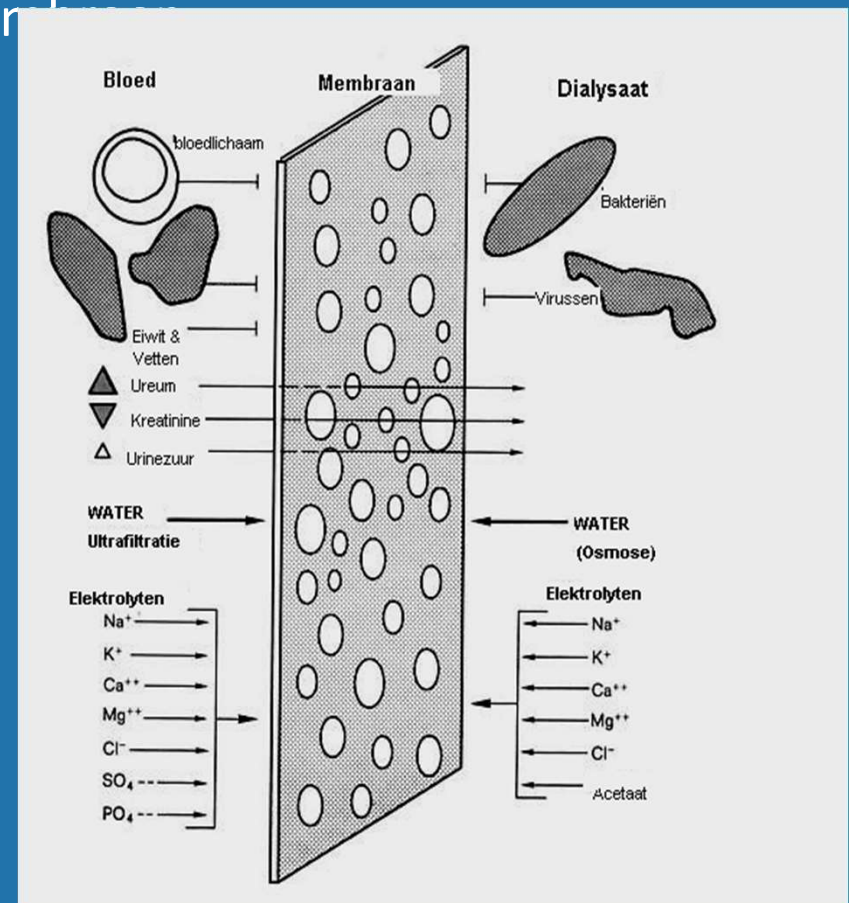
1. Hemodialyse
2. Waterbehandeling
3. Hemodialyse toestel
4. Dialysaat
5. Fysische metingen
6. De kunstnier
7. Bloedcircuit
8. Fysica in hemodialyse
9. Hemodiafiltratie

de kunstnier

# Kunstnier



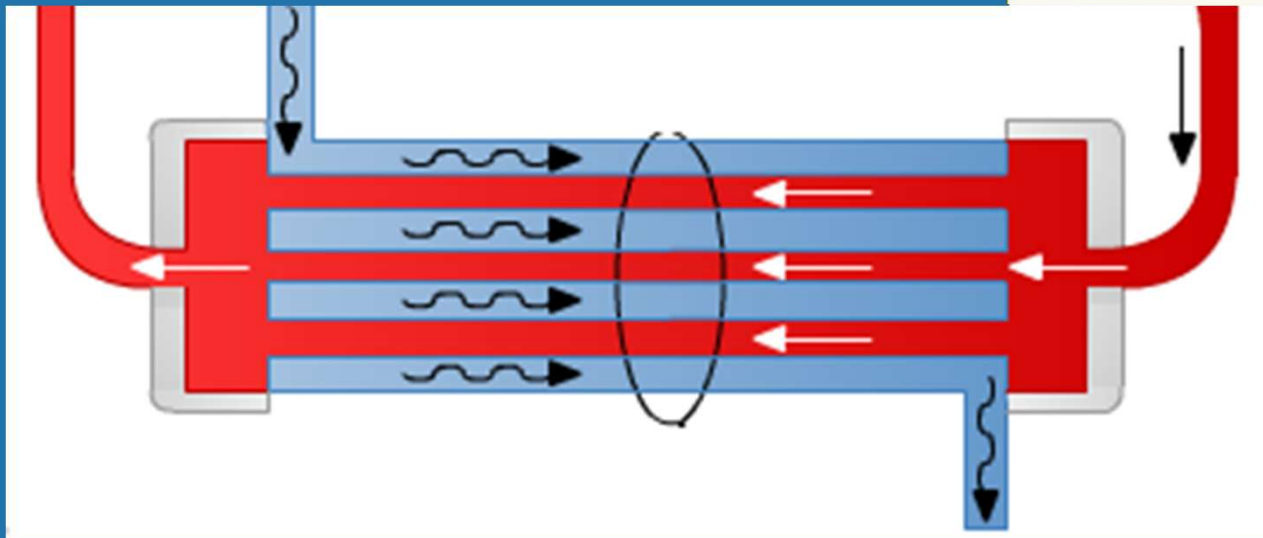
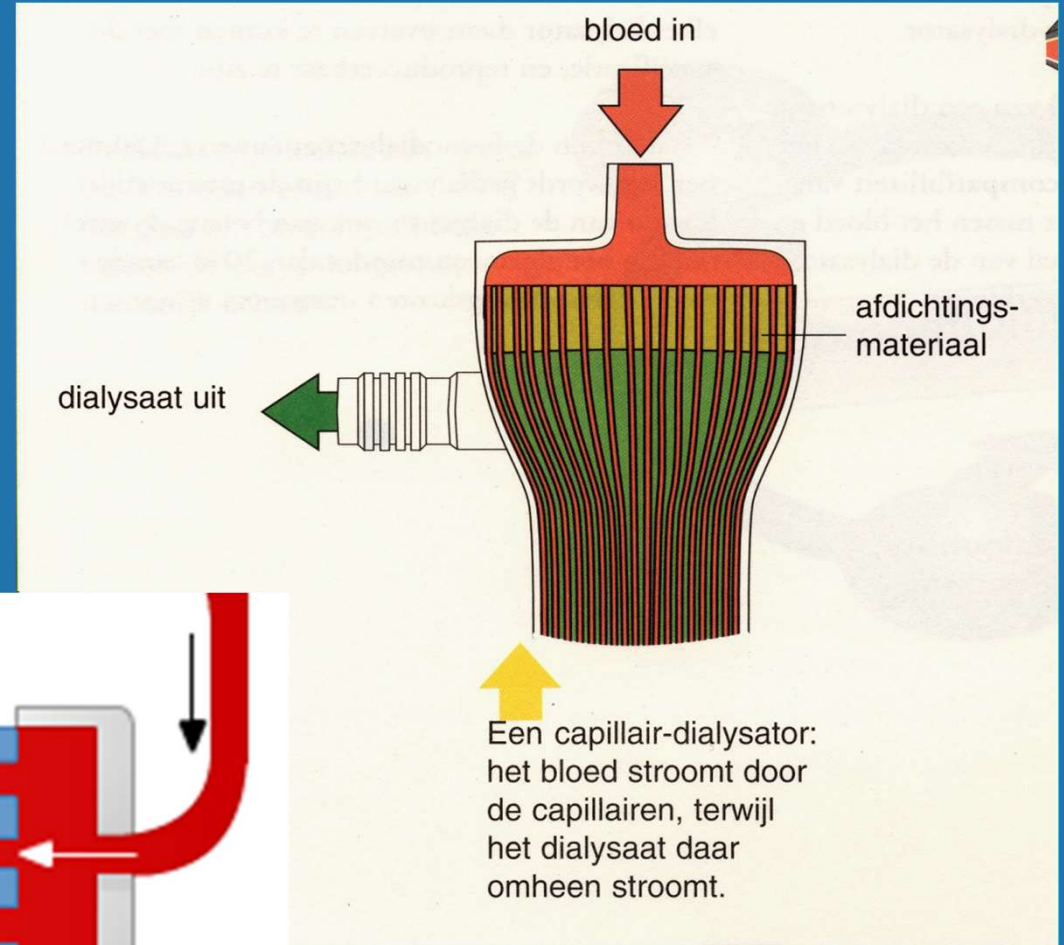
- Een bloedcompartiment en dialysaatcompartiment,
- Gescheiden door een semi-permeable membraan
- Tot 12000 holle vezels per kunstnier
- Tot 2,5 m<sup>2</sup> membraanoppervlak
- Doorlaten : afvalstoffen, ionen en water
- Tegenhouden : virussen, bacteriën, bloedplaatjes, ...



# Indeling kunstnieren

- Membraan materiaal (natuurlijke of synthetische polymeren)
- Moleculair gewicht (poriegrootte)
- Adsorptie eigenschappen
- Coating (heparine)
- Ultrafiltratie coëfficiënt (water permeabiliteit)
  - Low flux = tot **10ml/h/mmHg**
    - » Minder complexe apparatuur en waterbehandeling nodig.
  - High flux = **20 =>100 ml/h/mmHg**
    - » Strikte UF controle en strenge water eisen nodig.

# Opbouw



## Membraan karakteristieken

- Biocompatibel materiaal (synthetisch)
- Sterilisatiemethode (gas, stoom, straling)
- Membraan sterkte (bloedlek)
- Vulvolume (70 tot 100ml),
- Goed te ontlichten (stolling, mindere efficiëntie),

**Correcte priming zeer belangrijk !**

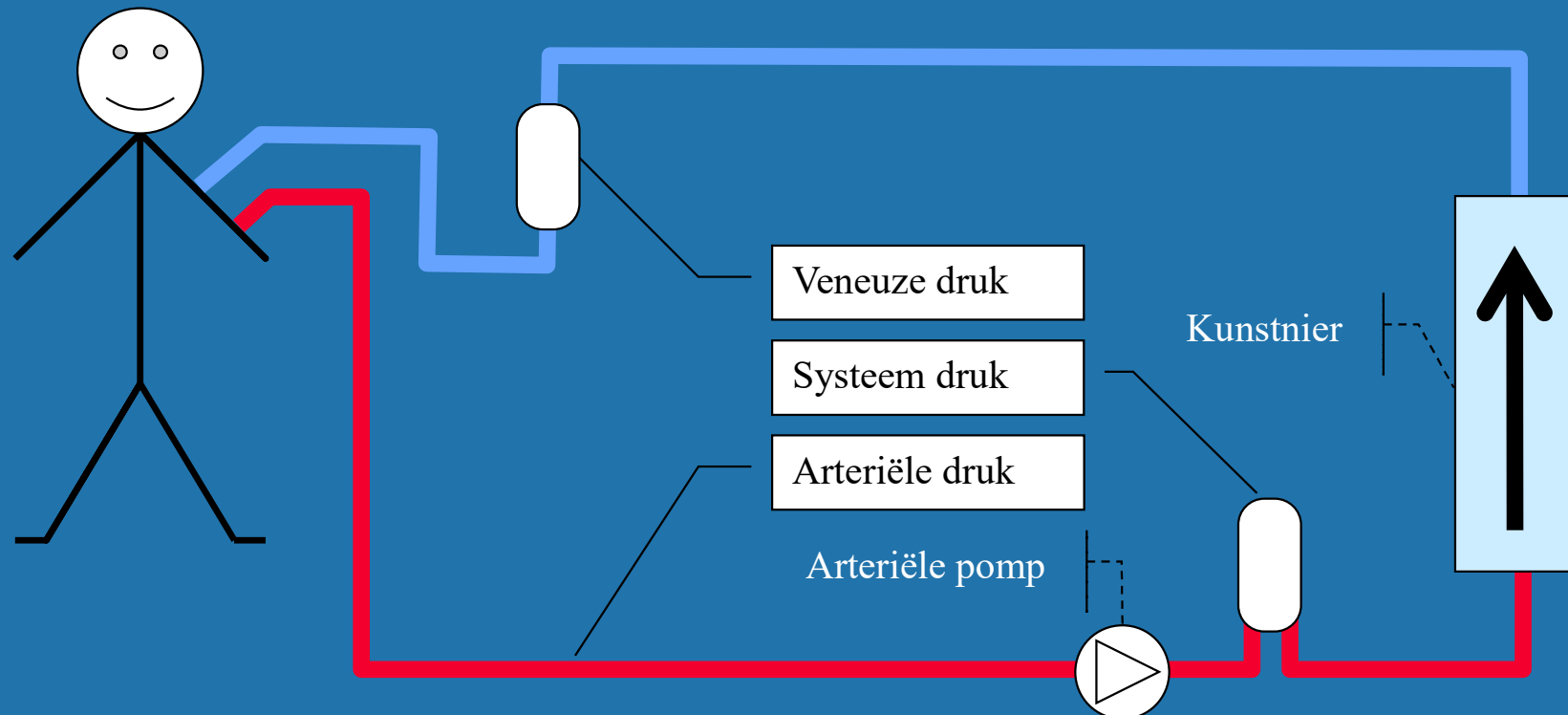
1. Hemodialyse
2. Waterbehandeling
3. Hemodialyse toestel
4. Dialysaat
5. Fysische metingen
6. De kunstnier
7. Bloedcircuit
8. Fysica in hemodialyse
9. Hemodiafiltratie

# Het bloedcircuit

- Extracorporeel Circuit (EC)
  - Patiënttoegang: twee- of één naald dialyse
  - Kleppen: bloeddoorstroming onderbreken
  - Pompsegment: drukverhoging en bloeddebiet
  - Drukmetingen ( $P_{art}$ ,  $P_{ven}$ ,  $P_{SN}$ ,  $P_{SYS}$ )
  - Expansie kamers: bloedvolume per cyclus
  - Kunstnier

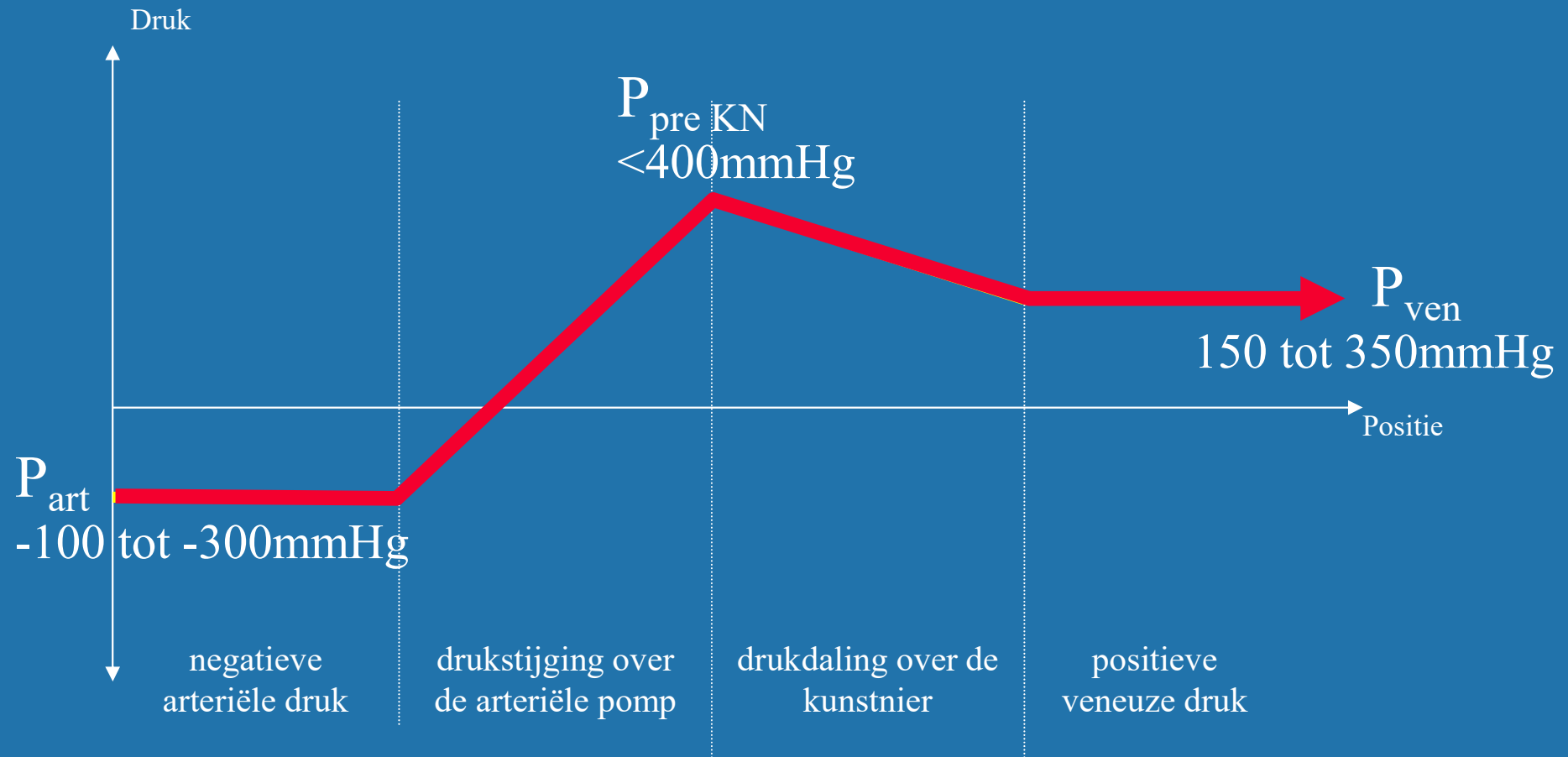
# Tweenaald dialyse

- Arteriële en veneuze naald of toegangsweg
- Arteriële bloedpomp levert bloeddebiet
- Continu debiet, kleppen werken enkel bij alarmen





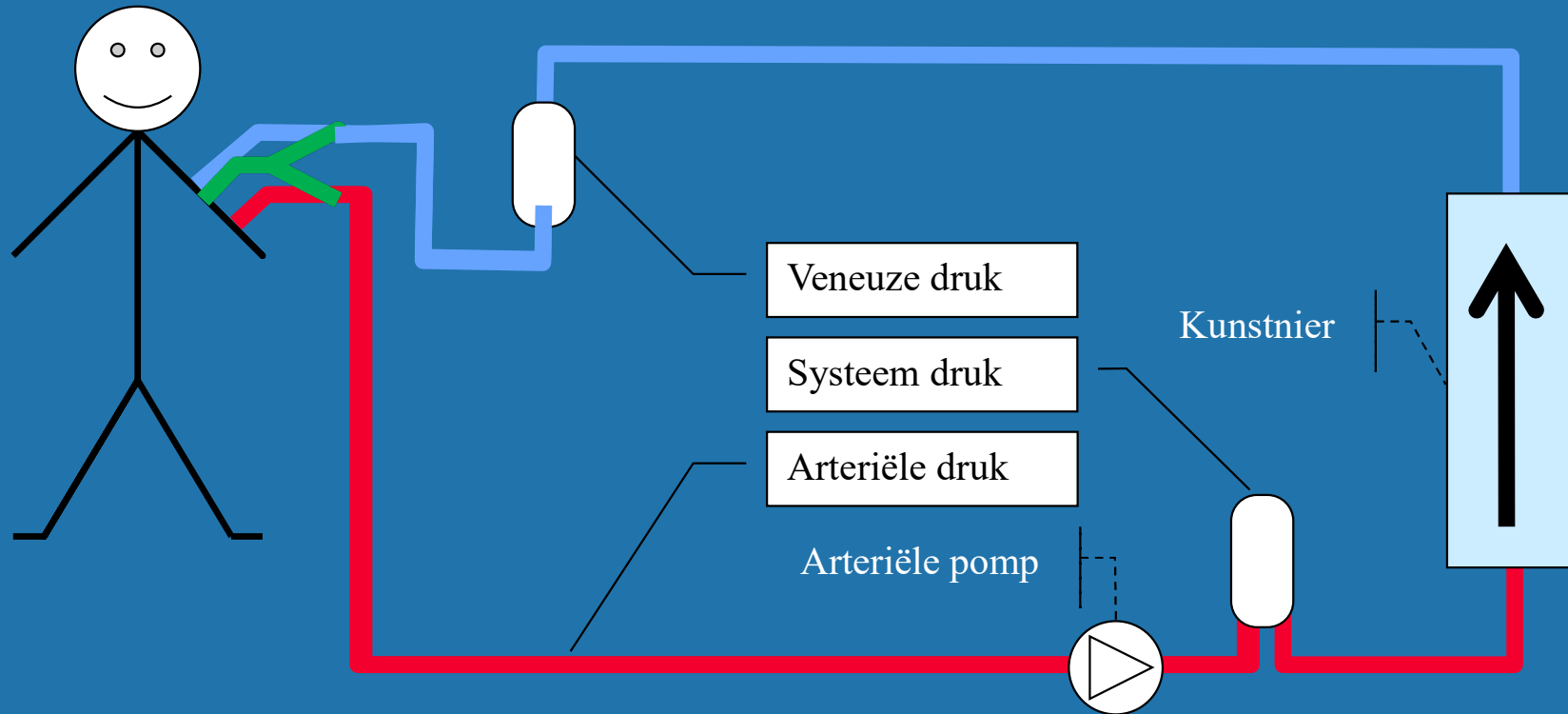
# Tweenaald drukverloop



# Tweenaald instellingen

- Efficiëntie is vooral afhankelijk van bloedflow  $Q_b$
- Drukken binnen veiligheidsgrenzen ( $P_a$ ,  $P_{di}$  en  $P_v$ )
- Behandelt bloedvolume (ingesteld  $\leftrightarrow$  gemeten)
- Beter een lager maar stabiel debiet dan regelmatig alarmen

# Eénaald dialyse



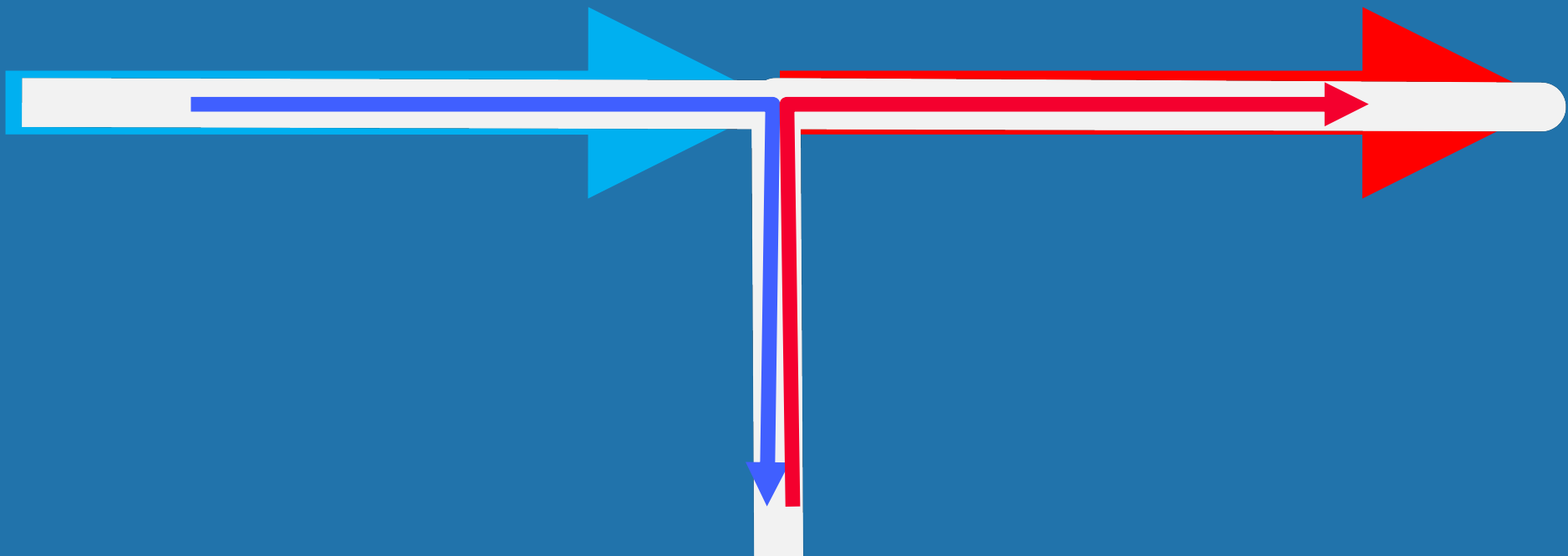
bloedcircuit

# Eénnaald dialyse

- Arteriëel en veneus bloed door 1 naald/lumen met Y-stuk
- Arteriële en veneuze cyclus <> continu bloedflow

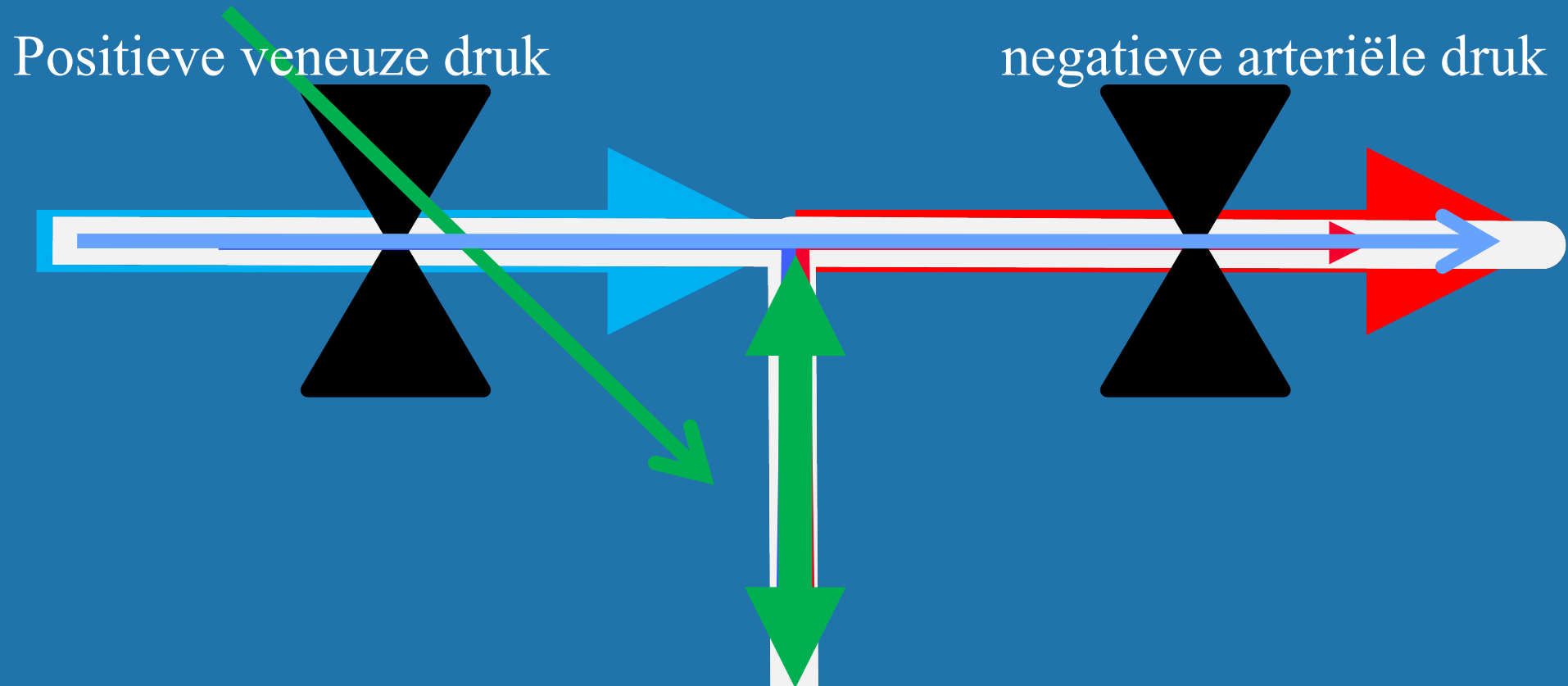
Veneuze fase

Arteriële fase



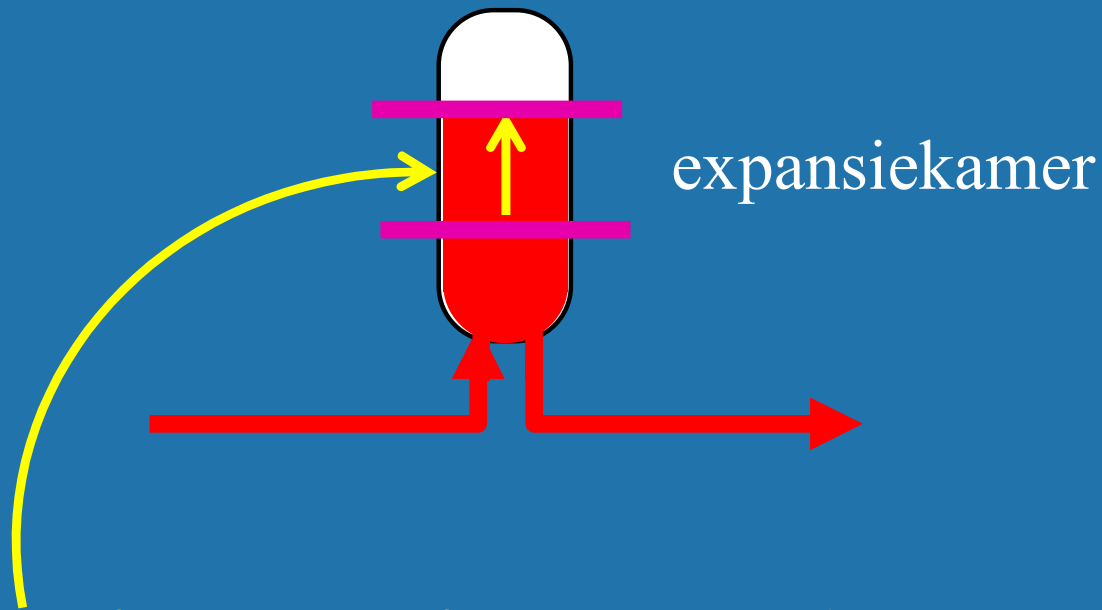
# Recirculatie

- Arteriële en veneuze kleppen voorkomen veel recirculatie
- Slechts een klein volume recirculatie per cyclus



# Bloed slagvolume

- Arteriële fase → niveau stijgt in expansiekamer
- Veneuze fase → niveau daalt in expansiekamer



- **Slagvolume** = volumeverandering van een fase
- **Totaal bloedvolume** = slagvolume x aantal fases

# Eennaald sturing

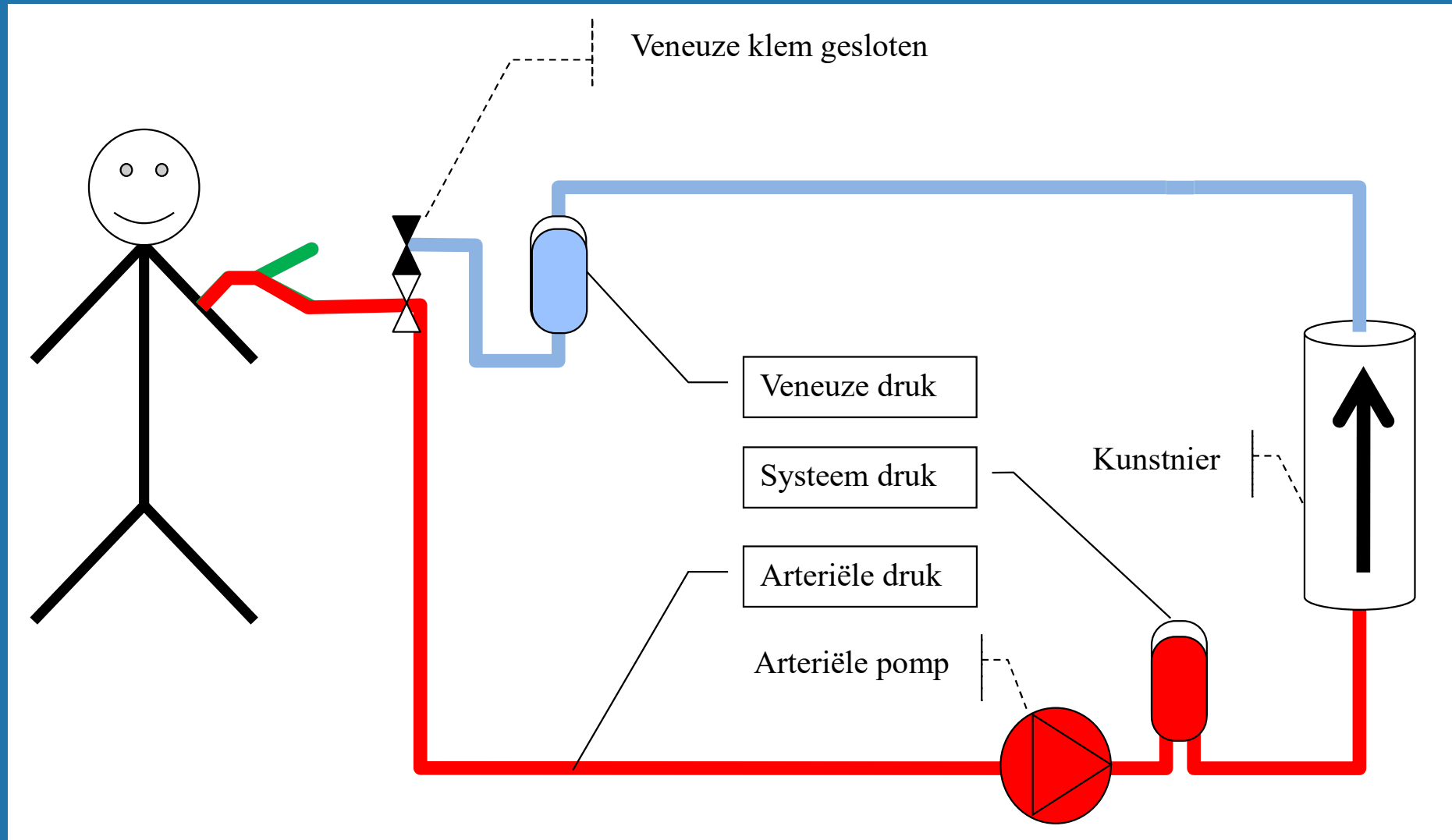
- Druksturing **éénnaalddruk**
  - Druk stijgt tijdens arteriële fase,
  - Wisseling van fase bij bovengrens
  - Druk daalt tijdens veneuze fase
  - Wisseling van fases bij ondergrens
- Volumesturing **slagvolume**
  - Arteriële fase tot aan ingestelde systeemdruk
  - Veneuze fase tot teruggave slagvolume (40ml)

# Efficiëntie van éénnaaldtherapie

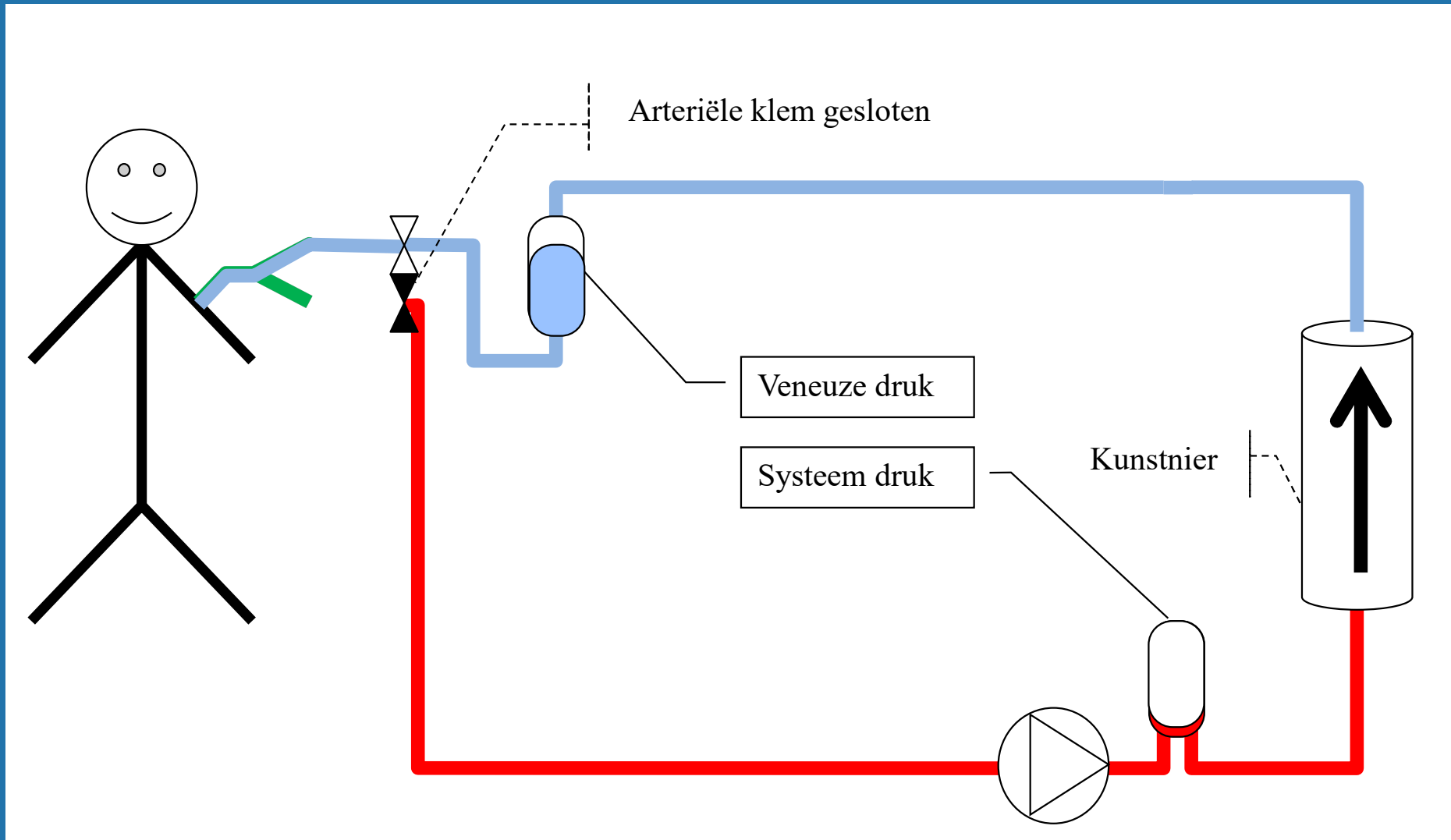
- Gemiddelde bloedflow = maximale bloedflow
- Vast volume recirculatie per art/ven fase:
  - Hoger slagvolume → minder fases → minder recirculatie
  - Hoger slagvolume → meer kans op stilstand (alarm  $P_{art}$  en  $P_{ven}$ )



# Schema arteriële fase



# Schema veneuze fase



# Eennaald één pomp instellingen

- Arteriële bloedflow
  - Zo hoog mogelijk, afhankelijk van de arteriële druk;
- Druksturinggrenzen (standaard:  $P_{ven} 150 \leftrightarrow 350\text{mmHg}$ )
  - Bijregelen om zo groot mogelijk slagvolume te verkrijgen;
- Veneuze bloedflow
  - Niet instelbaar, enkel afhankelijk van veneuze tegendruk;

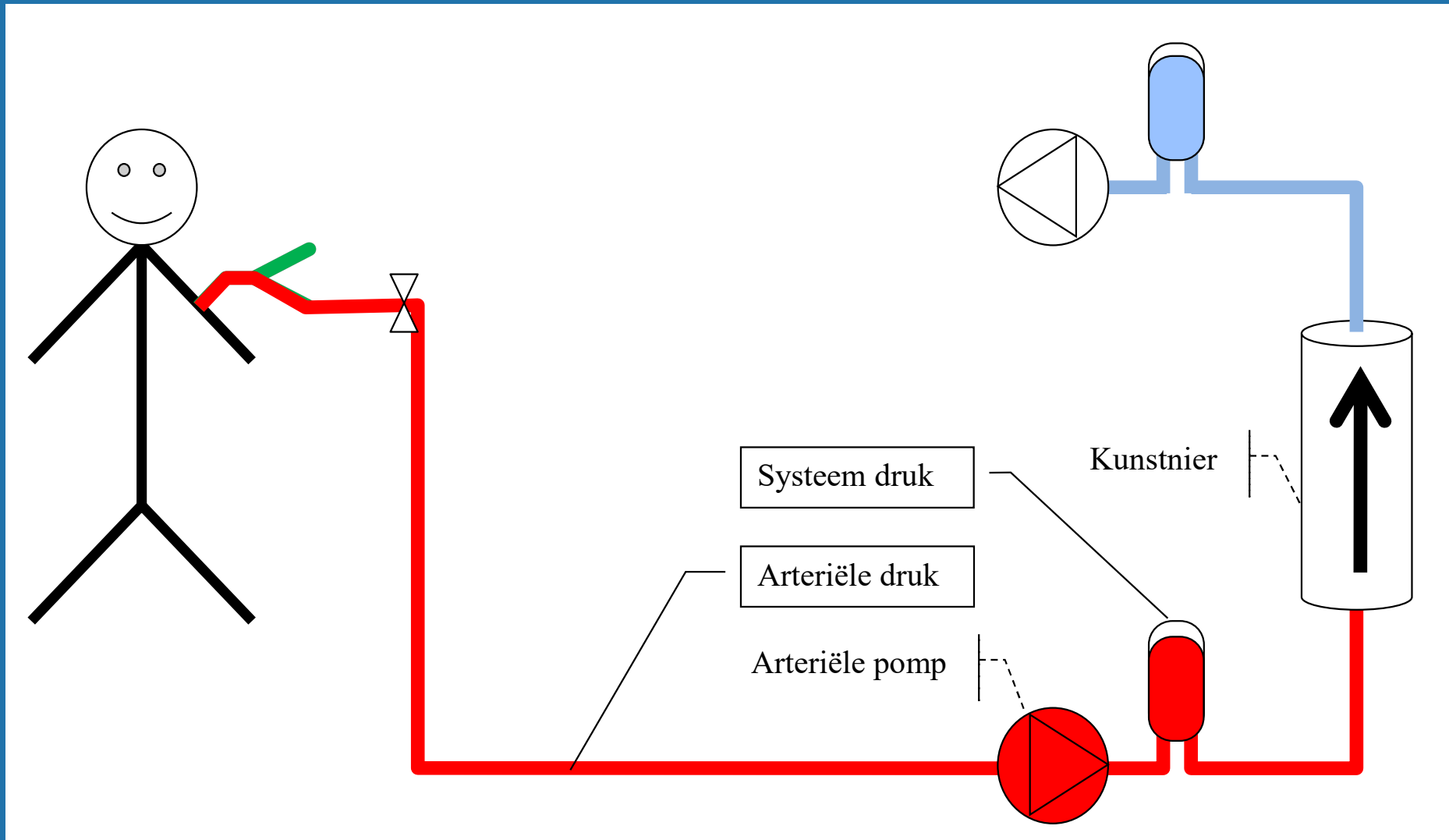
# Eennaald dubbelpomp

- Extra bloedpomp → veel snellere veneuze fase
  - Hoger gemiddeld volume bloed per dialyse
  - Bloedflow: standaard →  $Q_{ven} = Q_{art} + 30...50\%$
  - $\underline{Q}_{Art}$  zo hoog mogelijk volgens maximale  $P_{art}$ ;
  - $\underline{Q}_{Ven}$  zo hoog mogelijk volgens maximale  $P_{ven}$ ;

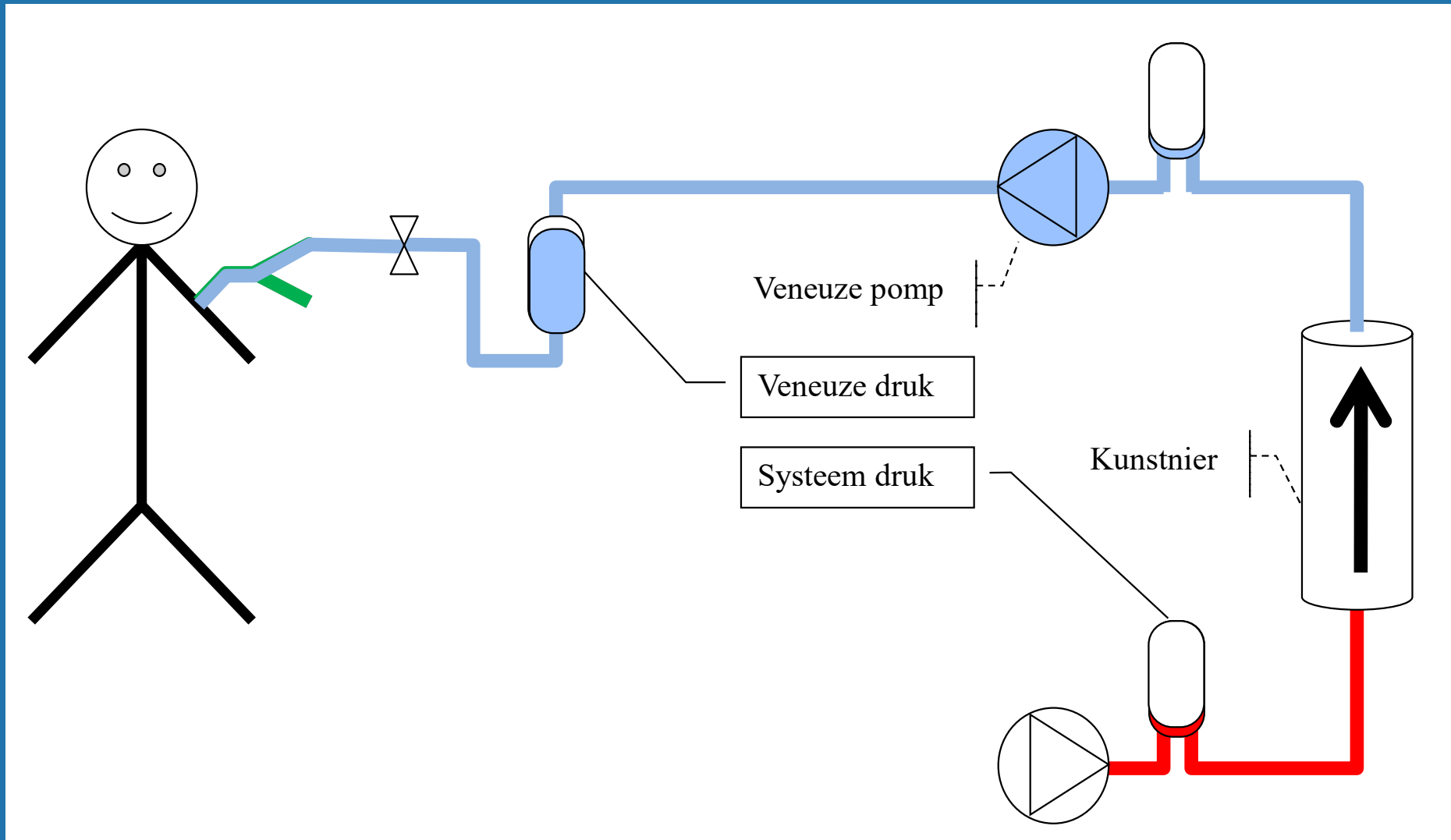
Slagvolume / druksturing:

Zo groot mogelijk slagvolume;

# Arteriële fase



# Veneuze fase



1. Hemodialyse
2. Waterbehandeling
3. Hemodialyse toestel
4. Dialysaat
5. Fysische metingen
6. De kunstnier
7. Bloedcircuit
8. Fysica in hemodialyse
9. Hemodiafiltratie

# Fysica in hemodialyse

- In de kunstnier staan 2 vloeistoffen met elkaar in contact via een half doorlaatbaar membraan
- Door het verschil in samenstelling is er uitwisseling doorheen het membraan = diffusie
- Afhankelijk van de drukverschil (TMP) is er vochttransport door het membraan = convectie



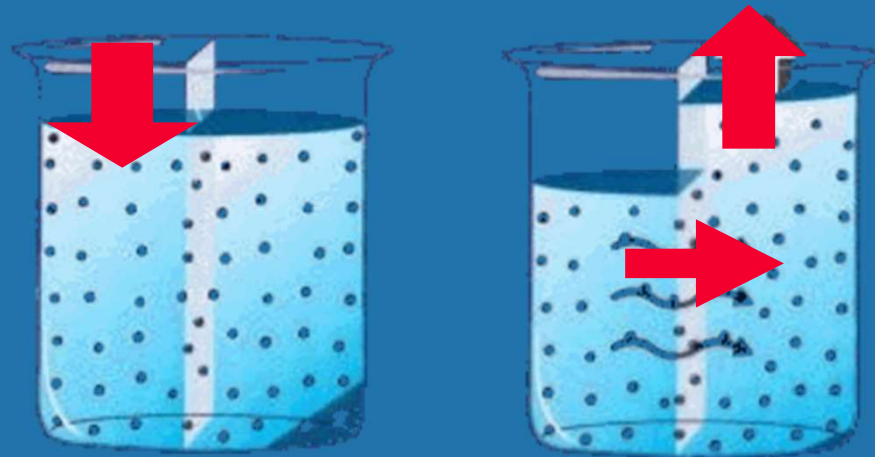
# Diffusie

- Transport van opgeloste stoffen van hogere naar lagere concentratie,



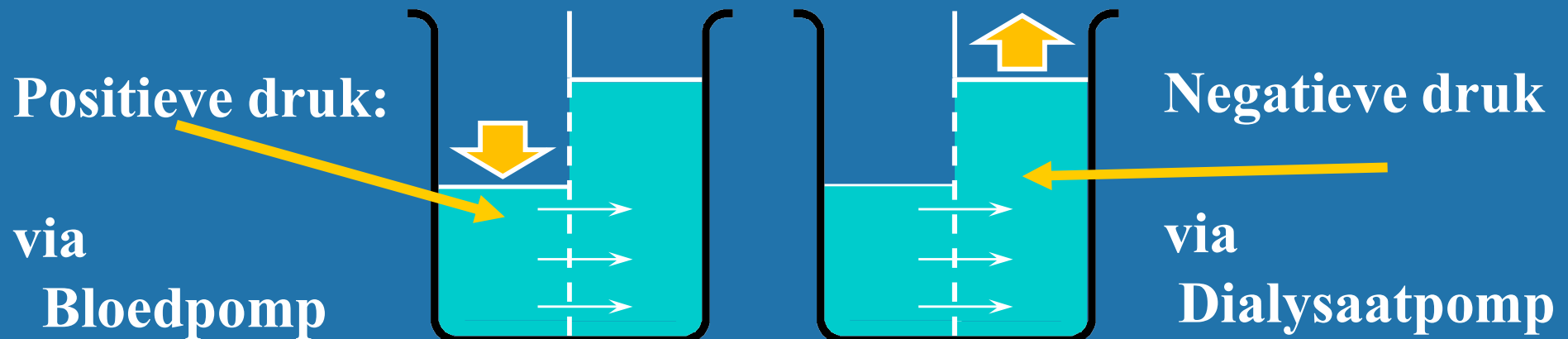
# Convectie

- Transport van opgeloste stoffen samen een vloeistofstroom door het membraan

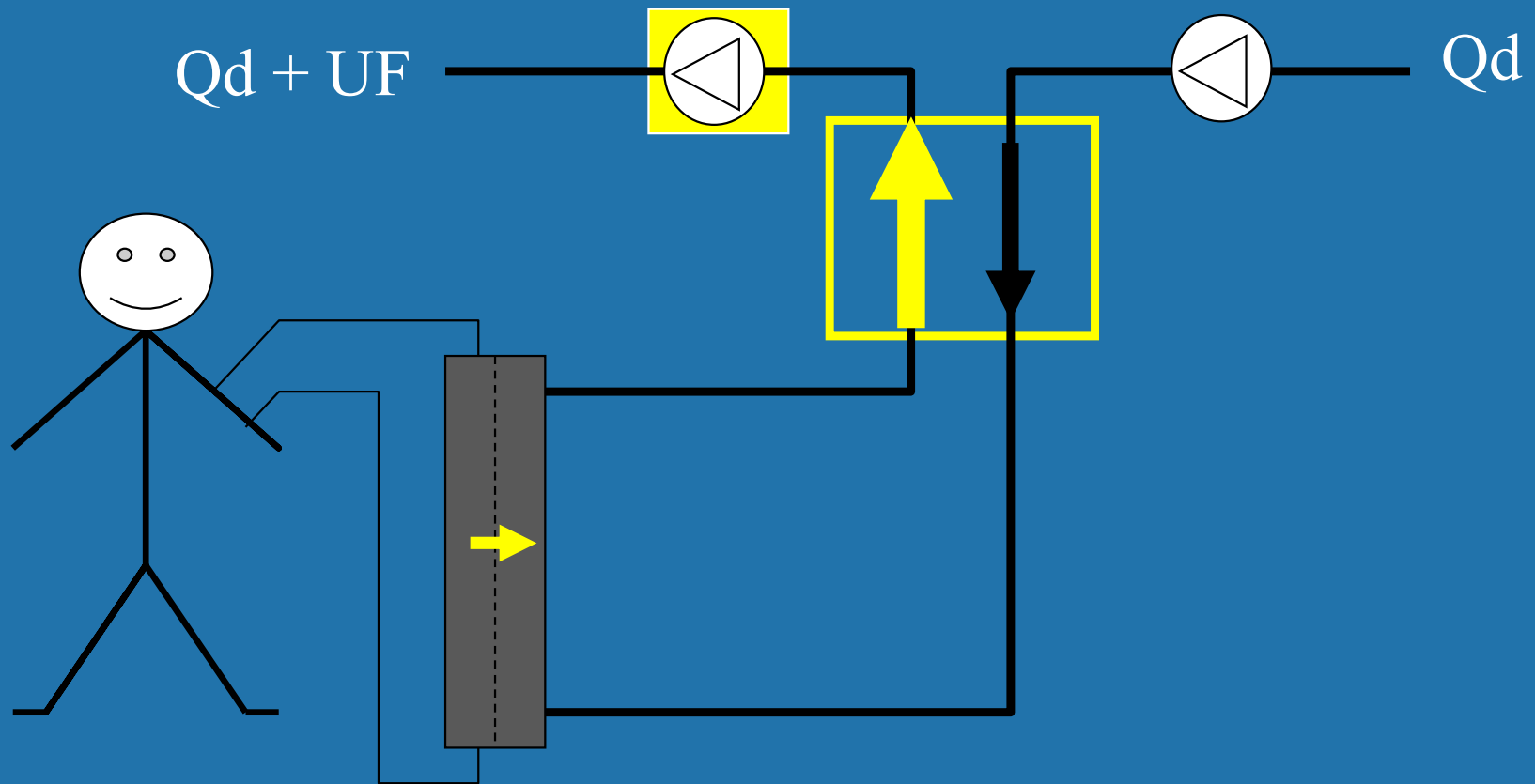


# Ultrafiltratie

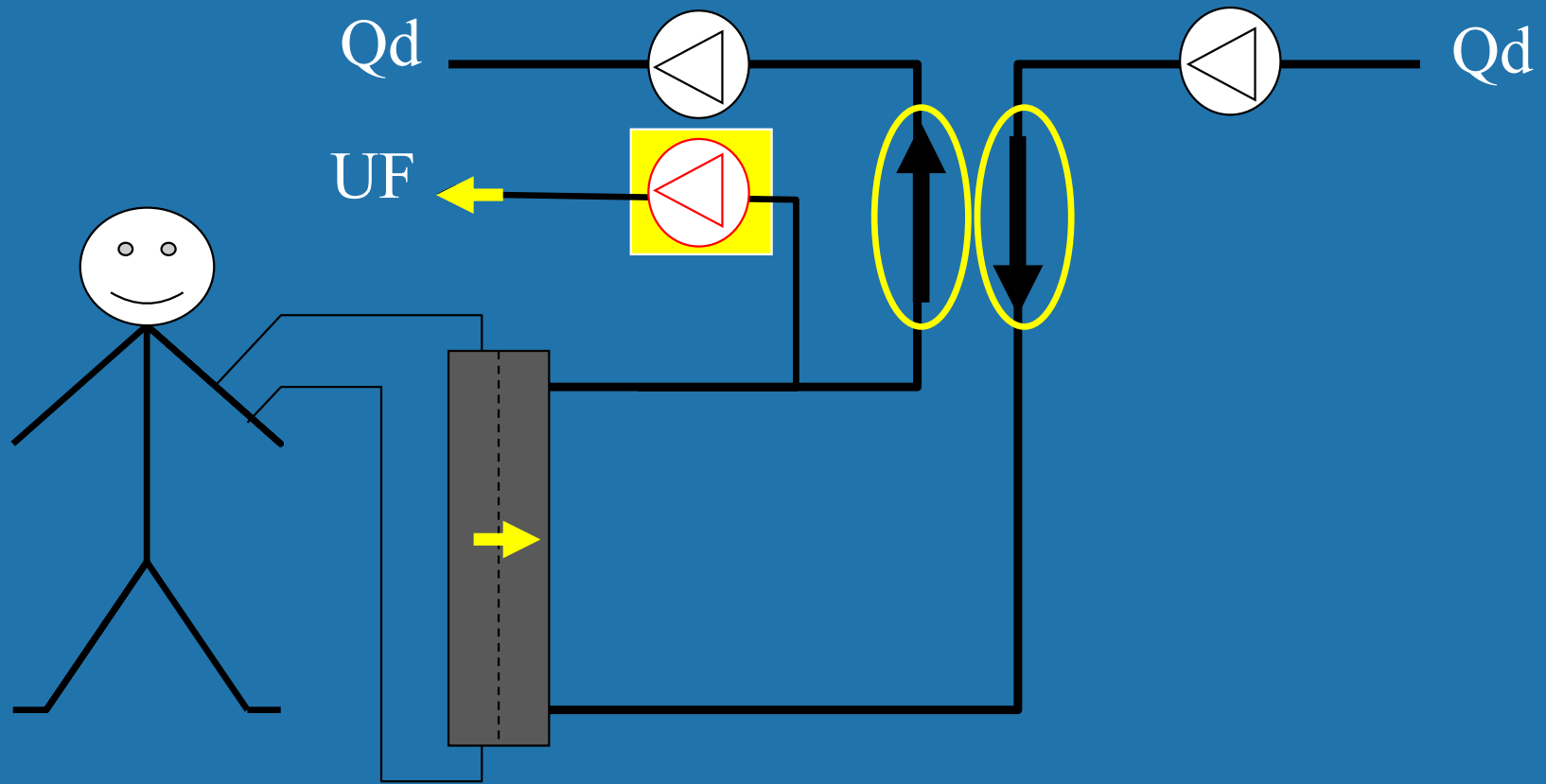
- Transport van vloeistof door een membraan via een drukverschil
- Afhankelijk van membraan permeabiliteit



# Ultrafiltratie sturing 1: Debietsmeting

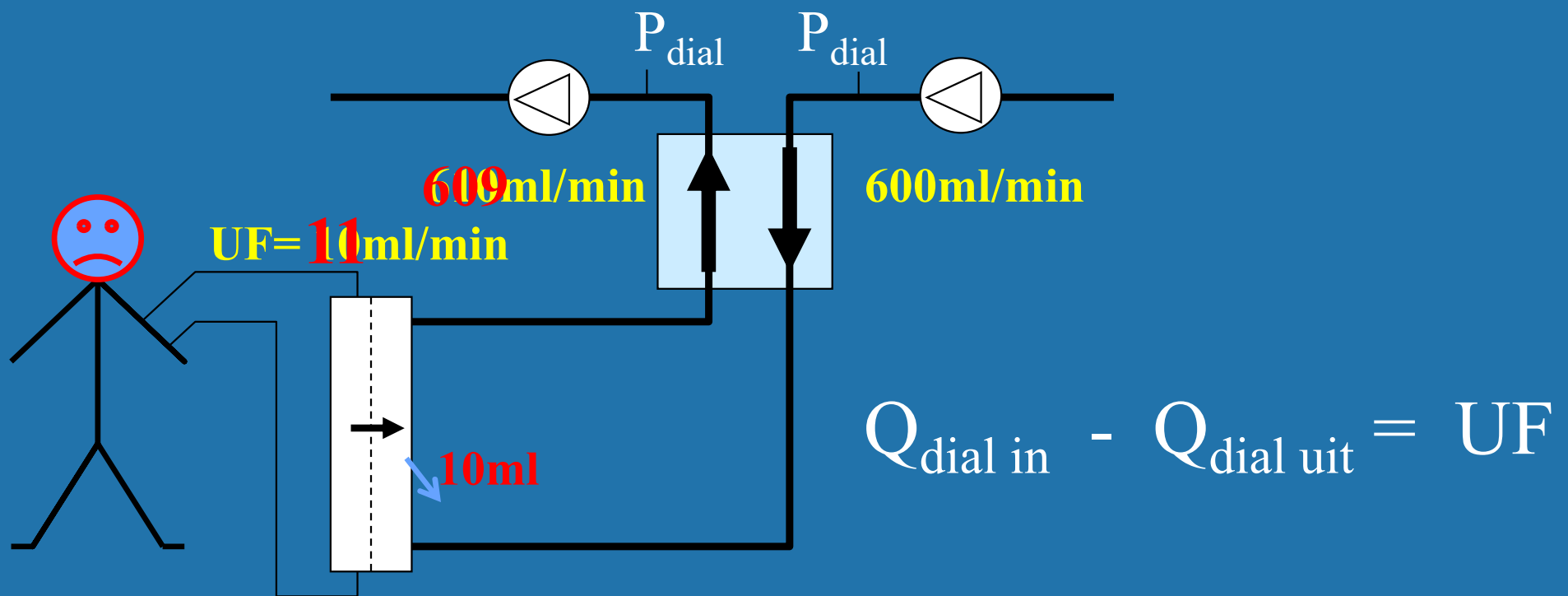


# Ultrafiltratie sturing 2: Balanskamers



# Ultrafiltratie

- Ultrafiltratie = uitgaande - inkomend debiet
- Regeling door de druk aan dialysaatzijde te veranderen;



## Ultrafiltratie coëfficiënt

**UFc** = water doorlaatbaarheid membraan  
**(ml /h/mmHg)**

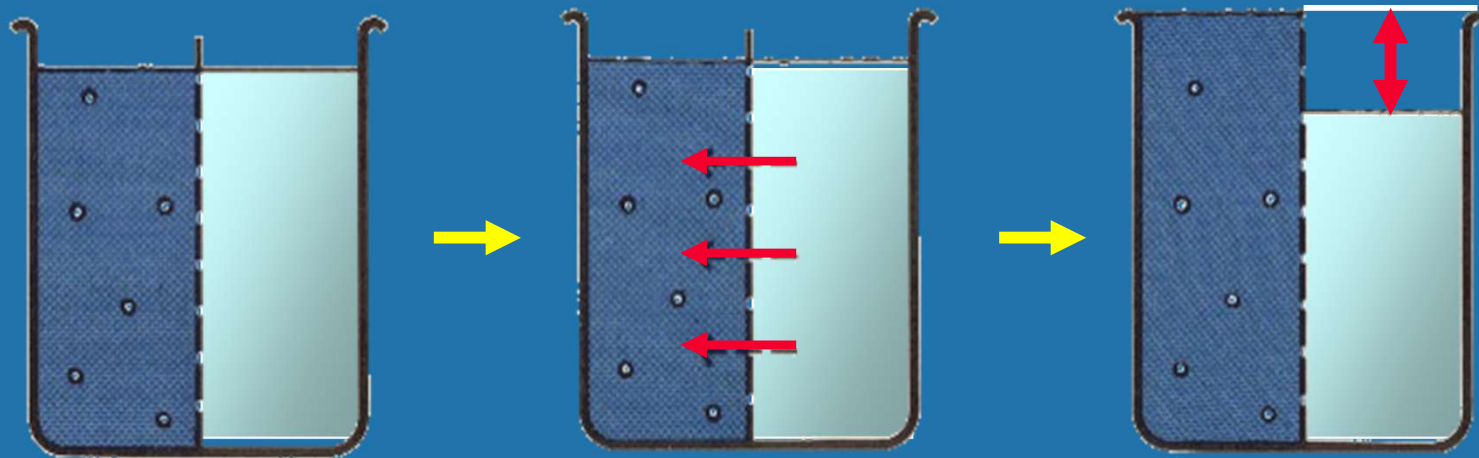
**ml:** Hoeveelheid vloeistof die

**h:** per uur door het membraan vloeit

**mmHg:** per mmHg over membraan (TMP)

# Osmose

- Transport van vloeistof door een membraan van lagere naar hogere concentratie,

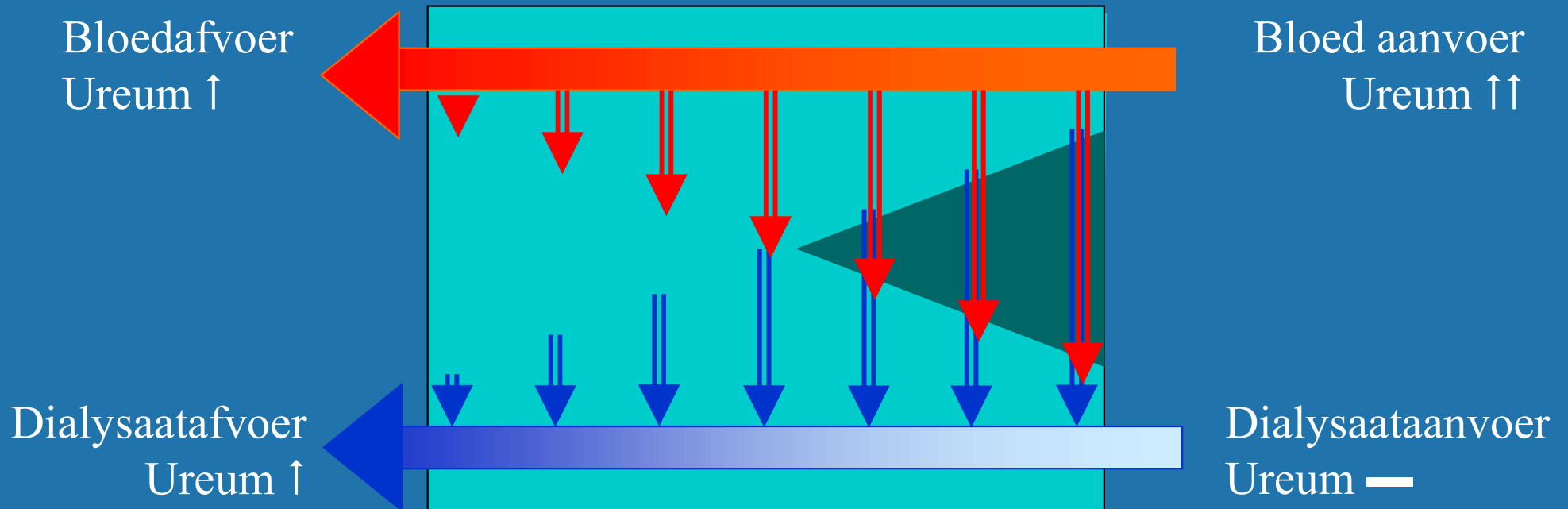




# Gelijke stroomrichting

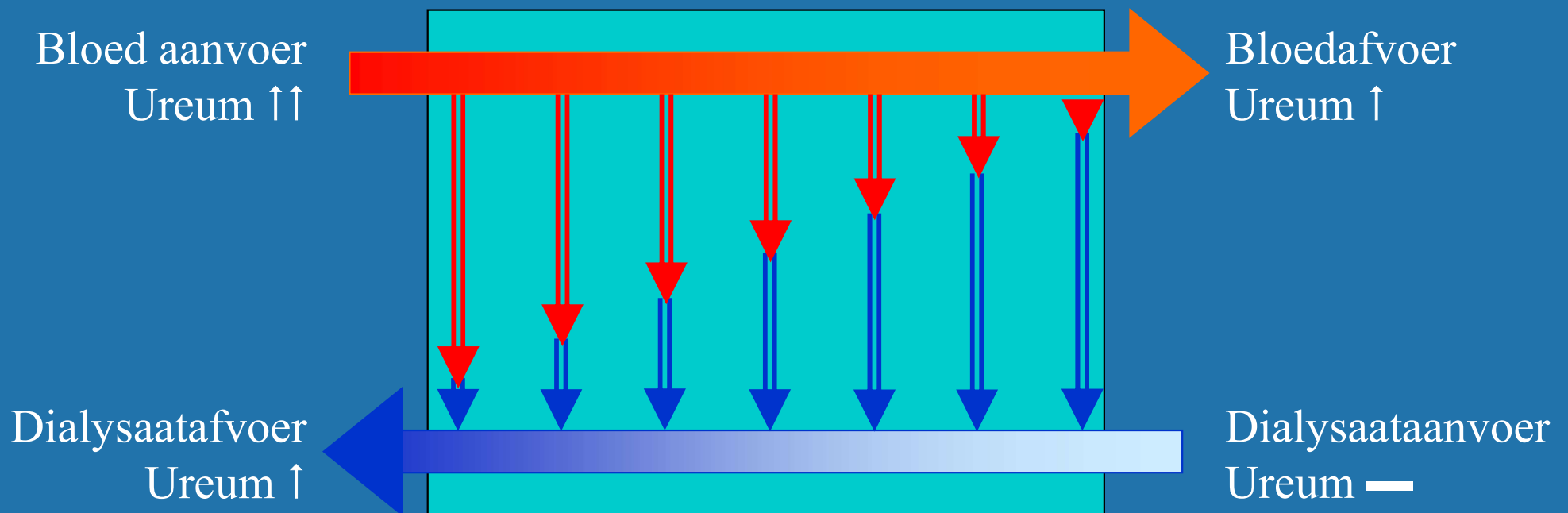
Concentratiegradiënt vermindert snel

Uitwisselingscapaciteit niet benut, weinig diffusie



# Tegengestelde stroomrichting

Concentratiegradiënt blijft, capaciteit ten volle benut



# Klaring

- Kleine moleculen ( ureum en creatinine)
  - → Diffusie
  - Membraan doorlaatbaarheid ( $U_{fc}$ )
  - Debieten
- Middelgrote moleculen ( B2-microglobuline, myoglobine)
  - → Convectie
  - Poriegrootte,
  - Debieten (UF + HF),

# Transport mechanismen

- Bloed → Dialysaat door TMP,
  - $P_{\text{dialysaat}} \downarrow \Rightarrow \text{TMP} \uparrow \Rightarrow \text{vochttransport} \uparrow$
  - Backfiltratie of retrofiltratie : dialysaat → bloed
- Convectief transport
  - Kleine moleculen (ureum en creatinine),
    - » Gemakkelijk transport,
    - » Minder belangrijk dan diffusie,
  - Middelgrote moleculen (B2-microglobuline, myoglobine)
    - » Transport afhankelijk van molecule / porie grootte,
    - » Belangrijkste transportwijze

1. Hemodialyse
2. Waterbehandeling
3. Hemodialyse toestel
4. Dialysaat
5. Fysische metingen
6. De kunstnier
7. Bloedcircuit
8. Fysica in hemodialyse
9. Hemodiafiltratie en opties

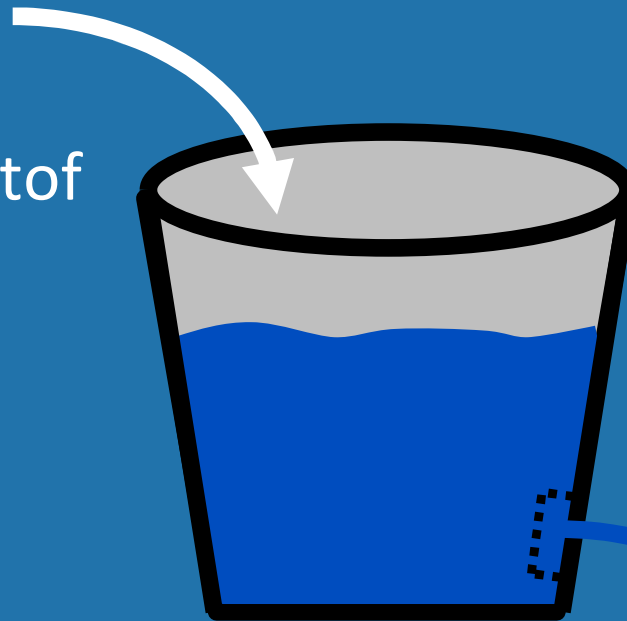
# Hemodiafiltratie

- Hemodialyse (HD)
  - Dialyse = diffusie
- Hemofiltratie (HF)
  - Filtratie = convectie
- Enkel ultrafiltratie (sequentiële UF)
  - Ultrafiltratie = vocht onttrekken
- Hemodiafiltratie of HDF
  - HD + HF + UF

# Hemodiafiltratie

- HF → vochtextractie met volume compensatie
  - Geen dialysaat door de KN (geen diffusie)
  - Vochttransport met convectie van kleine en middelgrote moleculen en stabiele vochtbalans

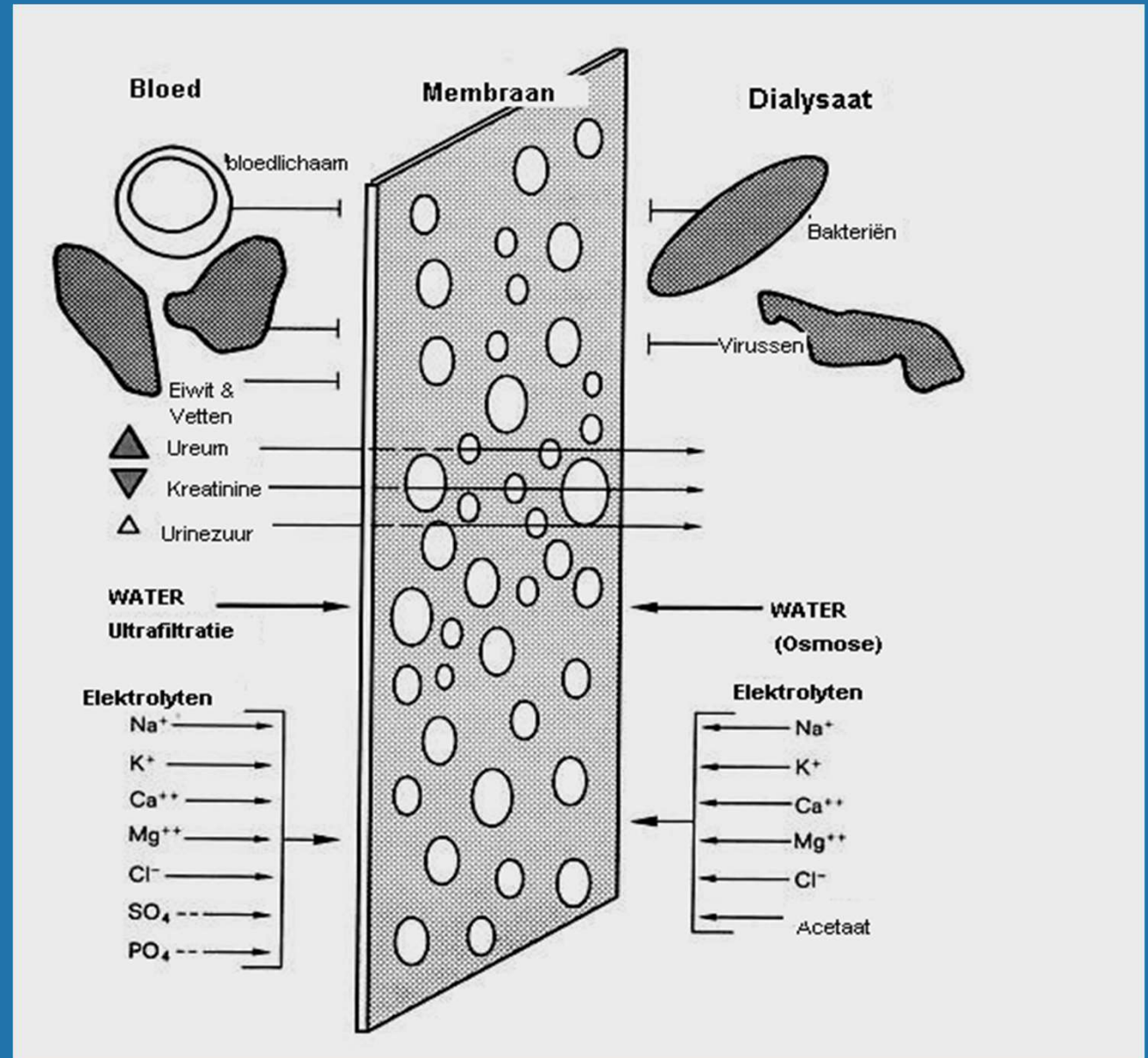
Substitutie vloeistof  
compensatie



Er wordt vocht  
ontrokken

## Hemodialyse

■ HD → Diffusie;

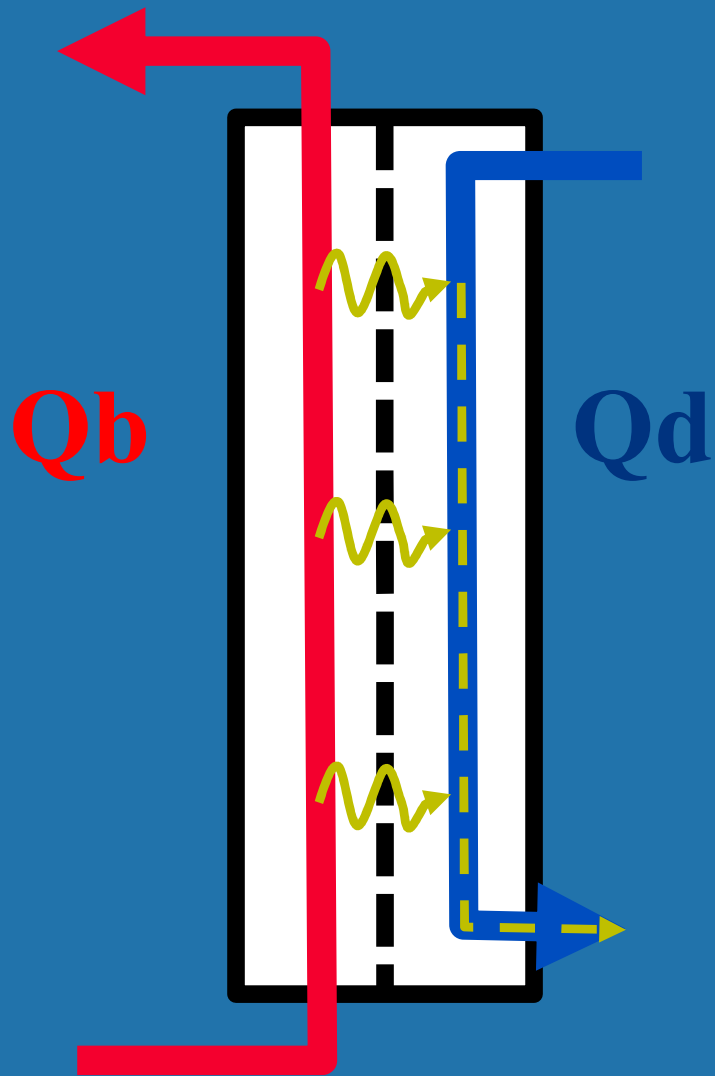




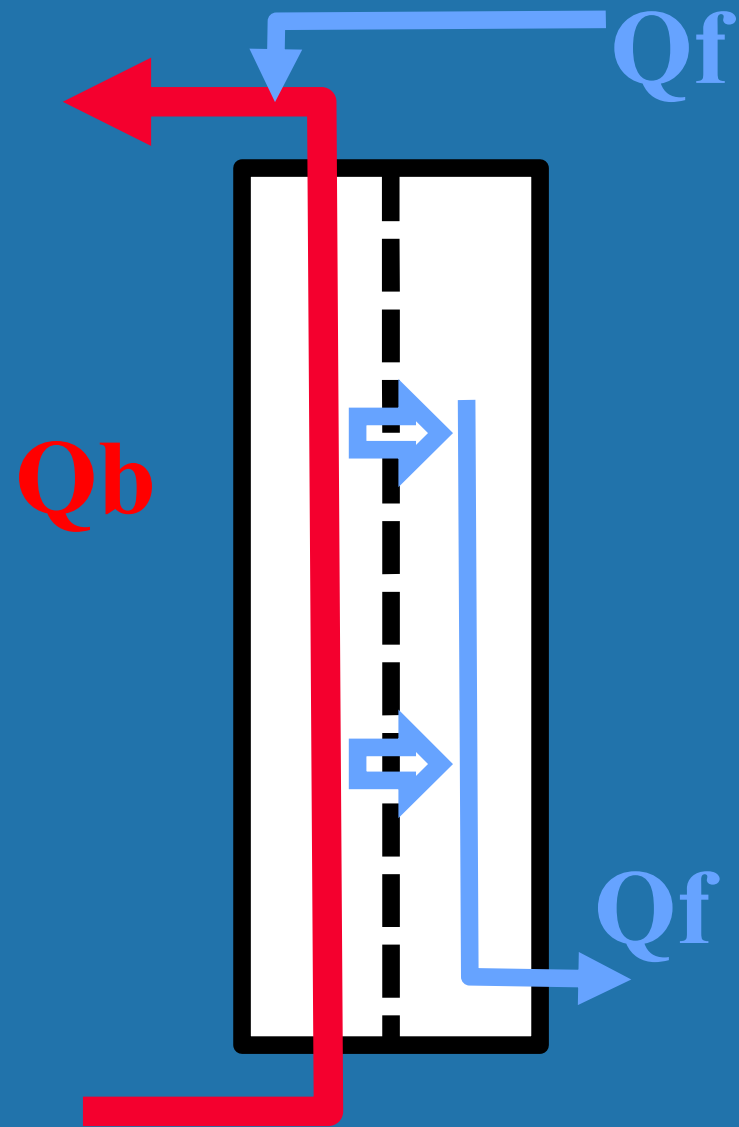
## Ultrafiltratie

- UF → vochtextractie zonder compensatie
- UF → Vochtbalans van de patiënt bijstellen
  - Klassiek: UF < 1L/h tijdens 4h durende therapie
  - Vochttoename > 4 liter → langere therapietijd nodig
- Seq UF → kortstondige verhoogd ultrafiltratie debiet;
  - Klassiek: Seq UF = 1L in 30'
  - 30' Seq UF + 4h HD = 4,5h therapietijd met 5L UF;
  - Voor therapie → geen diffusie (beste vocht/ionenbalans);

# Hemodiafiltratie

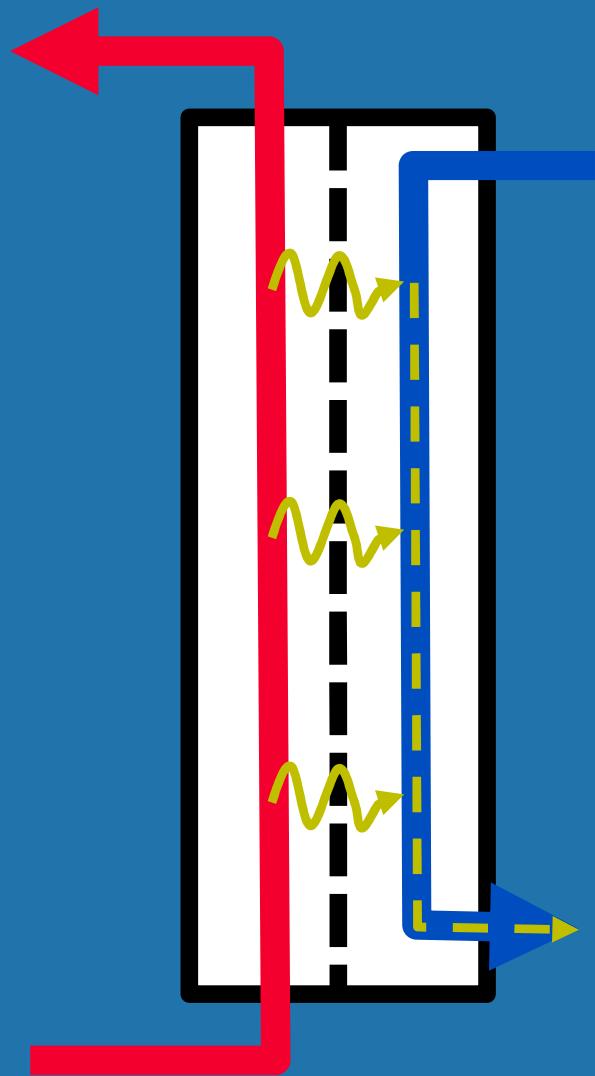


HD → Diffusie  
Concentratiegradiënt



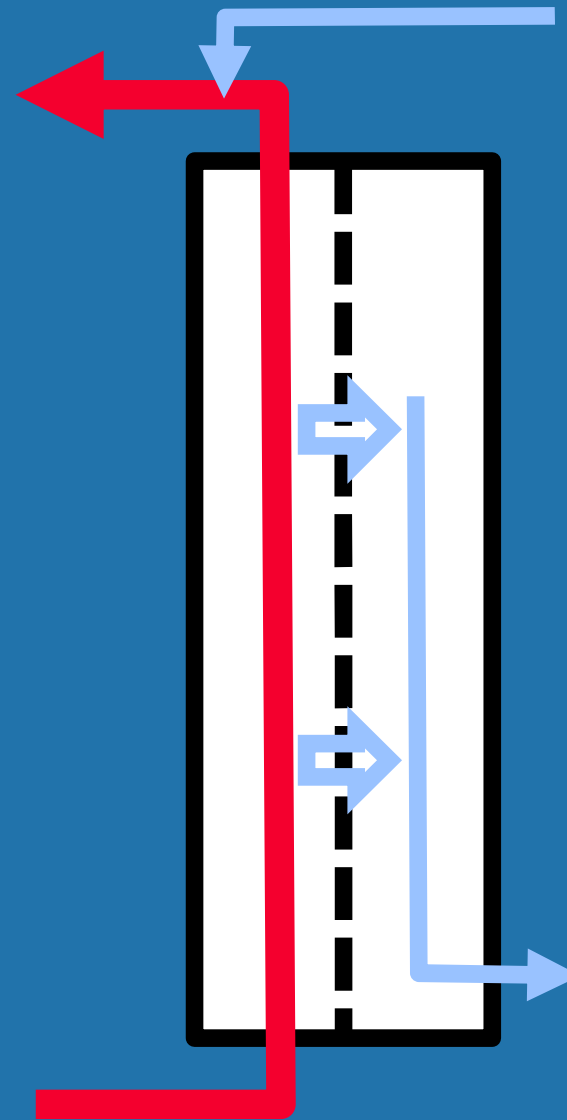
HF → Convectie  
Drukgradiënt

# Hemodiafiltratie



HD → Diffusie  
Concentratiegradiënt

+



HF → Convectie  
Drukgradiënt

HDF

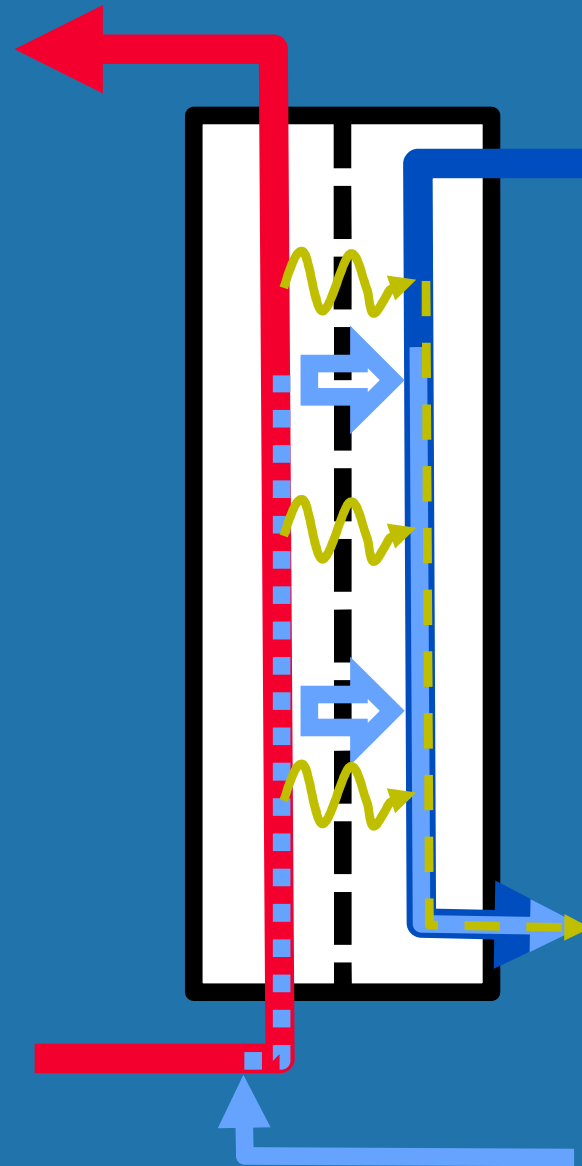
## HDF praktisch

- HDF met steriele vloeistof in zakken (weinig gebruikt)
  - + Infuus is steriel en samenstelling vrij te kiezen;
  - Afwijking tussen pompsnelheid en ultrafiltratiecontrole
- HDF met online dialysaat (OLHDF)
  - + Veel vloeistof beschikbaar
  - Ultrafilters nodig
  - Ultrafiltratiecontrole waarborgt vochtbalans;

## HDF pre-dilutie

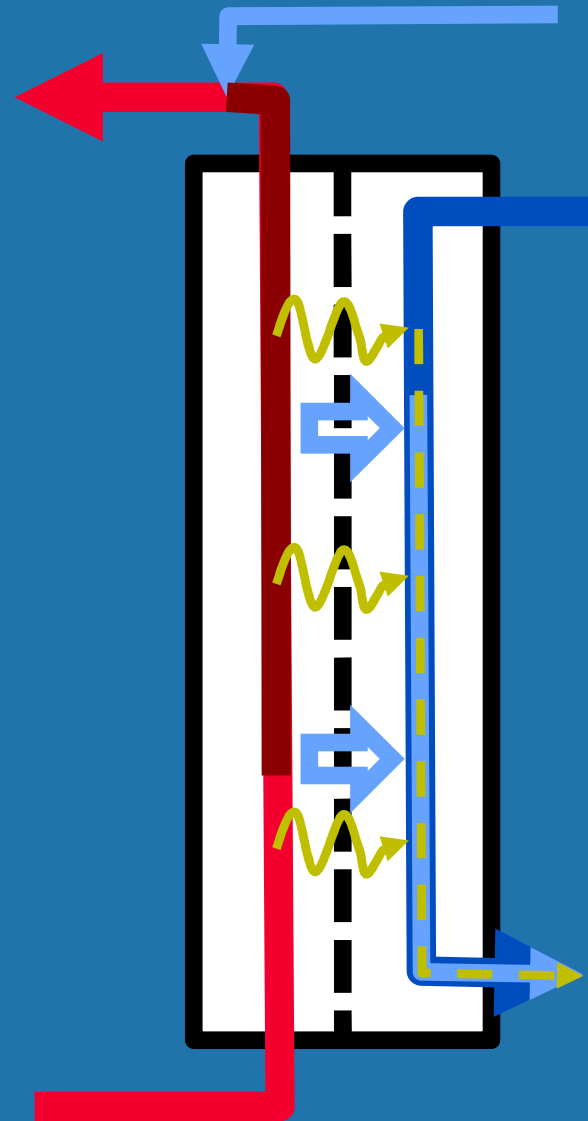
Substitutie wordt **VOOR** de kunstnier toegevoegd:

- + Te filtreren volume is groot (tot 20 l/h)
- Sterke 'verwatering' van het bloed => minder diffusie



## HDF post-dilutie

- Infuus wordt **NA** de kunstnier toegevoegd
- + Diffusie wordt weinig benadeeld;
- 'Indikking' in de kunstnier beperkt het filtratievolume (7 l/h);



# Hemodiafiltratie

## Bloed volume meting

- Meet plasma volume verandering in arterieel bloed (%)
  - Daalt met ultrafiltratie
  - Potentiele indicator bloeddruk daling
  - Varieert door drinken, infuus, trendelenburg, UF pauze.
  - Streefgewicht evaluatie



## Klaring meten

### ■ Klaring ureum

$$K = \frac{(A - V) \times S}{A} + U \quad (\text{ml/min})$$

K = klaring

A = concentratie van ureum voor de KN (vb. 26 mmol/l)

V = concentratie van ureum na de KN (vb. 6 mmol/l)

S = stroomsnelheid (vb. 200 ml/min)

U = ultrafiltratiesnelheid (vb. 10 ml/min)

vb. 
$$K = \frac{(26 - 6) \times 200}{26} + 10 = 163 \text{ ml/min}$$

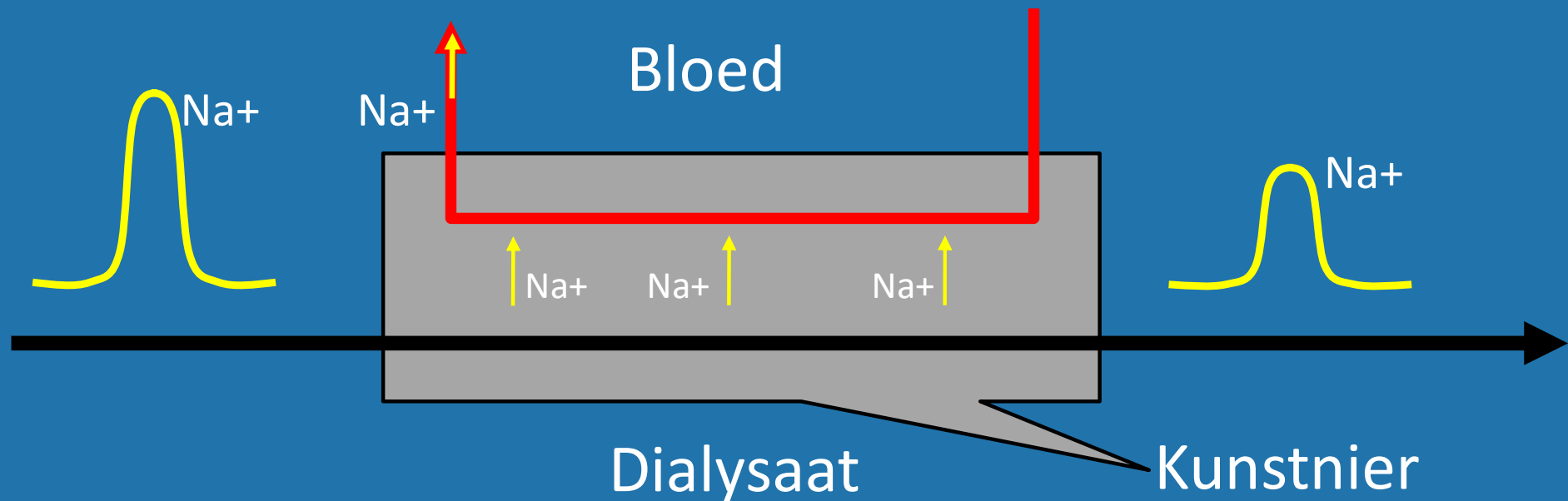


## Klaring = efficiëntie

- Hoeveelheid momenteel behandeld bloed;  
Vb.:  $Q_b=300\text{ml/min}$  &  $K=240\text{ml/min}$  →  $60\text{ml/min}$  niet geklaard;
- Afhankelijk van Therapie:
  - 2 Naald / 1Naald (recirculatie)
  - Diffusie capaciteit HDF, HD
- Afhankelijk van de membraan eigenschappen
- Afhankelijk van concentratiegradiënt ( $Q_d = Q_b \times 1,5$ );
  - Bloeddebiet → ureum aanvoer in KN;
  - Dialysaatdebiet → ureum afvoer in KN;

# Klaringsmeting op toestel

- Meet intradialytisch (elke 30') :
  - Klaring , plasma natrium, geklaard volume Kt (liters)
  - Berekent  $spKt/V$  (na ingave distributievolume V)
  - MG NaCl = 58 MG ureum = 60 (diffusie coëfficiënt gelijk)  
Diffuseerbaarheid evenwaardig, klaring ook



## Klaring x tijd

- $KT$  = totale klaring van een therapie (klaring x tijd)

## Klaring "V"

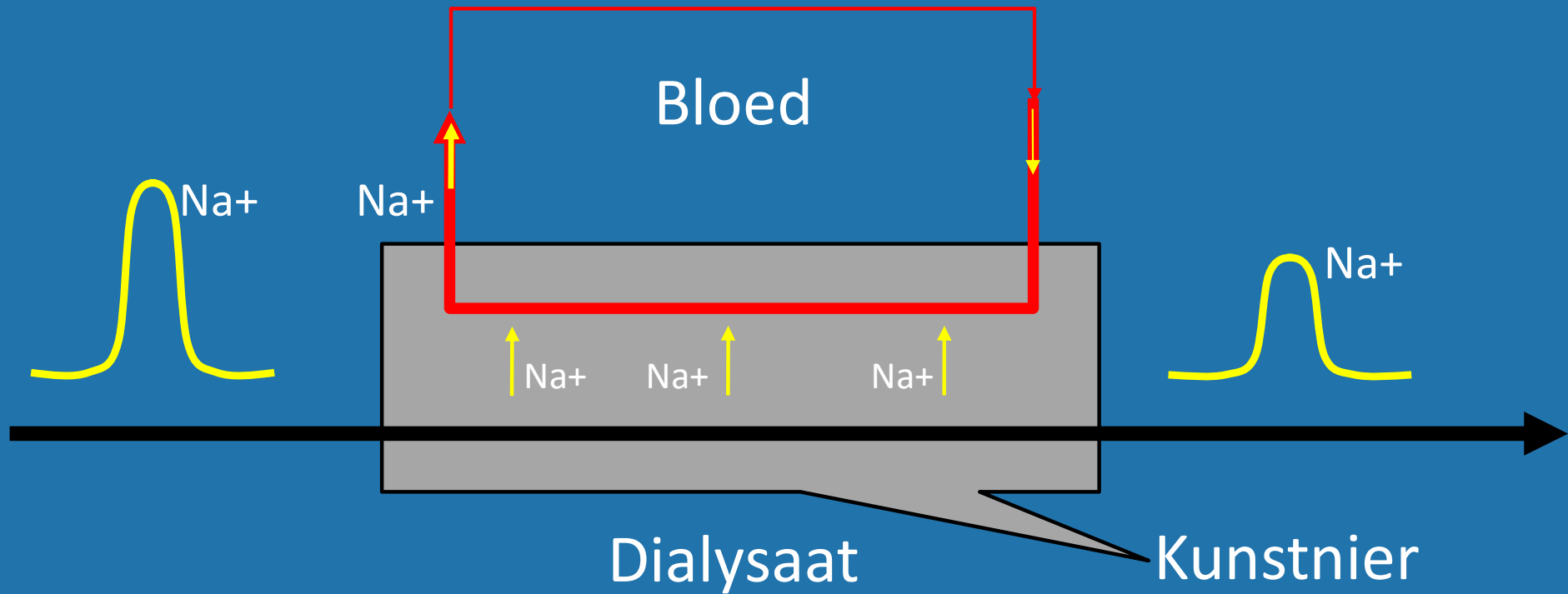
- Berekend of gemeten patiënt 'distributievolume';
- $\frac{K \times T}{V}$  => efficiëntie van de therapie (ureum)

## Klaring praktisch

- $KT/V$  blijft maatstaf van dialyse kwaliteit voor LMW (ureum)
- $KT$  is bruikbaar in de dagelijkse praktijk
- $K$  als meting geeft de actuele efficiëntie voor ureum weer.

**klaringscontrole  
vermijdt een slechte therapie  
maar garandeert geen optimale.**

# Recirculatie meting:



Dank U voor uw aandacht