

Einführung in die Dialyseverfahren

Rainer Nowack
6. 3. 08; Friedrichshafen

Nachrichten zur Dialyse im "Spiegel" (September 2007)



Epidemie des chronischen Nierenversagens

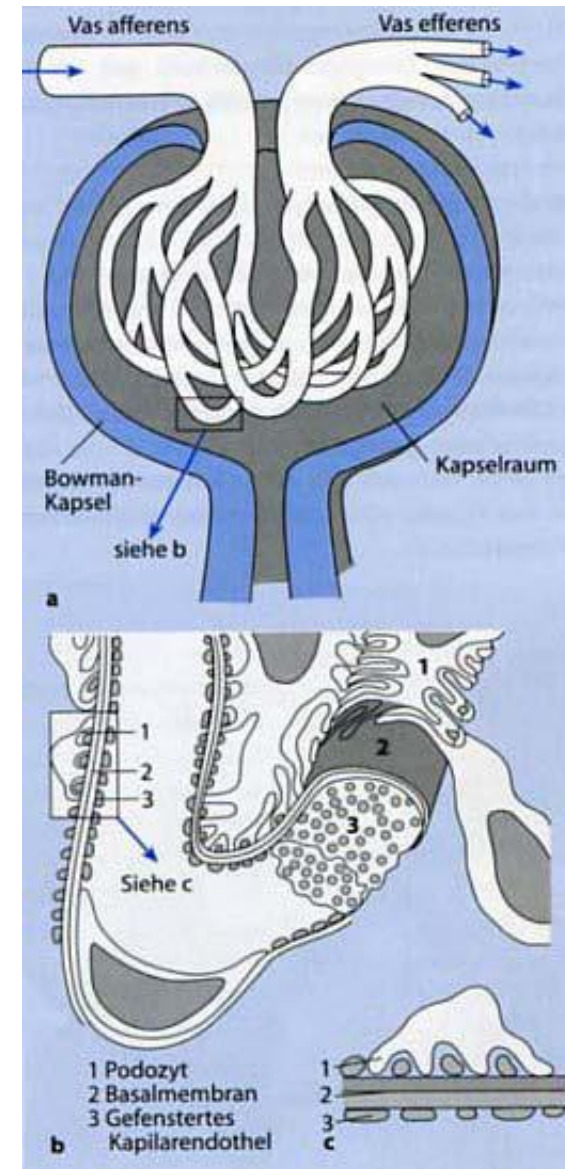
- Weltweit steigt die Zahl der Patienten mit chronischem Nierenversagen an
- „Zivilisationserkrankungen“ wie Übergewicht, Bluthochdruck und Typ-II Diabetes führen zum Nierenversagen – und die gestiegene Lebenserwartung.
- Mögliche Nierenersatztherapien:
 - Transplantation
 - Bauchfelldialyse
 - Hämodialyse und verwandte Verfahren

Was bedeutet chronisches Nierenversagen?

- Der Wegfall der Nierenfunktion führt zu schweren Folgeerscheinungen, die aber lange unbemerkt bleiben können.
- Entsprechend der physiologischen Aufgaben der Niere kommt zu Störungen von
 - Wasserausscheidung → Ödeme, Atemnot
 - Elektrolyt- und Säureausscheidung → Bluthochdruck, Herzrhythmusstörungen
 - Entgiftung des Stoffwechsels → Übelkeit, Herzbeutelentzündung
 - Hormonproduktion in der Niere → Anämie
- Urämie ist das Endstadium des chronischen Nierenversagens mit schwerer Symptomatik und führt ohne Nierenersatztherapie bald zum Tod

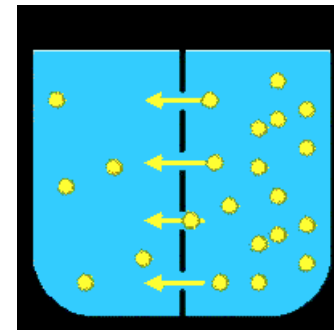
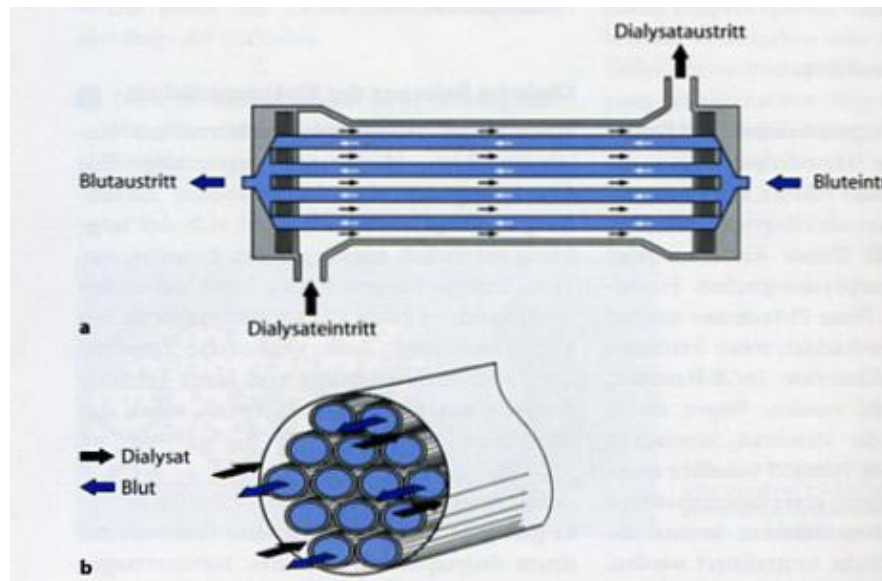
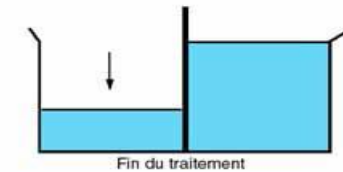
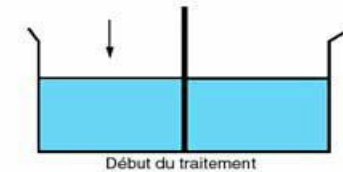
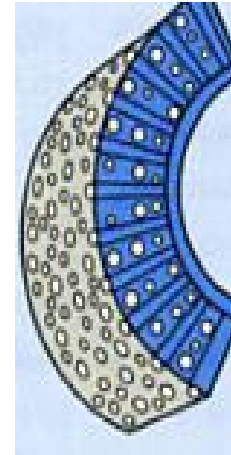
Funktionsweisen der Niere – Anwendbarkeit für Nierenersatztherapie?

- **Filtration** des Bluts mit Bildung von Primärharn im Nierenkörperchen (Glomerulum) ist wichtigster Prozess für Entgiftung, Diurese, und Elektrolytbalance
 - Basiert auf: hydrostatischer Druckdifferenz an einer Siebmembran (glomeruläre Basalmembran), Mitnahme von Toxinen im Filtrat
 - Primärharnvolumen von 180 l/d ist notwendig für ausreichende Entgiftung; Nachgeschaltet wird das Filtrat im tubulären Nierengewebe modifiziert bis die Zusammensetzung des ausscheidungsfähigen Endharns erreicht ist:
 - Wasserrückresorption --> Harnkonzentration
 - Hinzufügung und Zurückgewinnung von Elektrolyten, Aminosäuren, u.a. durch Transportprozesse entlang der Tubuli
- **Synthese** von Hormonen, z.B. von Erythropoetin



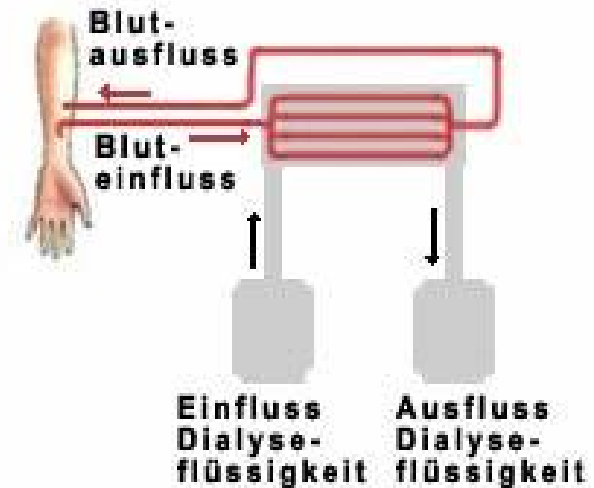
Nierenersatztherapie

- Wasserentfernung (**Ultrafiltration**) durch **Filtration** des Bluts über eine Siebmembran und durch dabei auftretende Mitnahmeeffekte (**Konvektion**) eine selektive Entgiftung.
- Weitere Entgiftung und Verbesserung der Blutzusammensetzung geschieht durch **Diffusionsgefälle** zwischen Blut und Dialysat entlang der Siebmembran



Klassische Dialyse

- Kontakt von Blut und Spülflüssigkeit (Dialysat) entlang einer Siebmembran (semipermeable Membran)
- Diffusion führt zum Übertritt von im Blut angehäuften Toxinen und Elektrolyten in das Dialysat. Vorgabe des Gradienten durch Einstellung der Konzentrationen im Dialysat.
- Ultrafiltration und konvektiver Toxintransport spielen geringe Rolle. Die Ultrafiltrationsmenge entspricht nur dem beim Patienten notwendigen Volumenentzug (2-4 l).



- Dialyse ist leistungsfähig zur Entfernung von kleinmolekularen Toxinen und Elektrolyten
- Die Entgiftung von Toxinen mit hohem Molekulargewicht, die besser konvektiv entfernt werden, ist unbedeutend

Hämofiltration – die genauere Kopie der Niere?

- Die Entgiftung in der Niere beruht in erster Linie auf konvektivem Transport bei der Primärharnbildung. Dies ist effizient, weil hohe Mengen von Filtrat produziert werden – mehr als für die Volumenhomöostase notwendig
- Für eine bedeutsame konvektive Entgiftung höhermolekularer Toxine müssen Filter mit erhöhter Filtrationsleistung durch größere Membranporen eingesetzt werden (Hämofilter, high-flux Dialysatoren).
- Die Durchlässigkeit der Filter führt zu riesigen Filtratmengen in kurzer Zeit, die den notwendigen Volumenentzug des Patienten übersteigen (20-80 l/Behandlung).
- Eine der Filtratmenge entsprechende Substitution von Flüssigkeit physiologischer Zusammensetzung ist daher kontinuierlich erforderlich, um den Flüssigkeitshaushalt des Patienten zu stabilisieren.



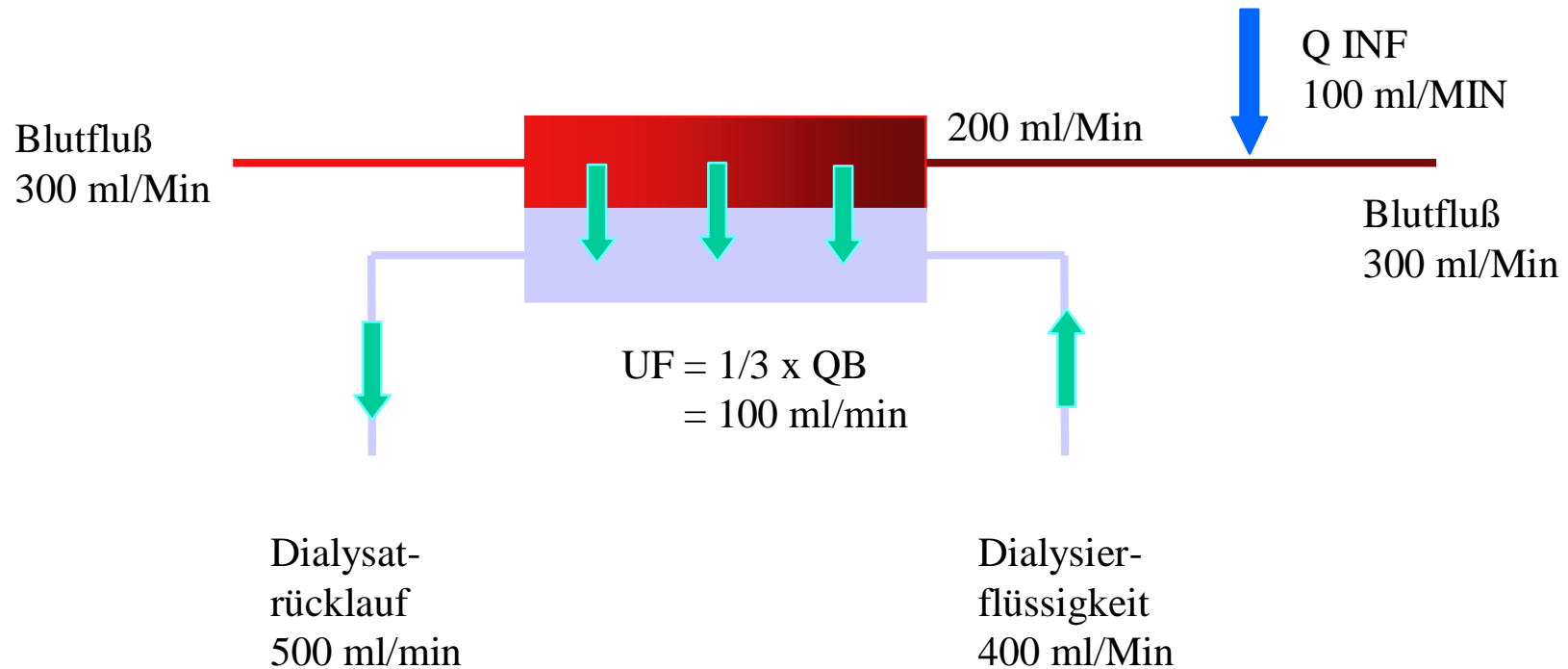
Ergebnisse von Hämodialyse und -filtration

- Die klassische Dialyse mit geringdurchlässigen Filtern (low-flux) führt zur respektablen Entgiftung kleinmolekularer Toxine.
- Gute klinische Ergebnisse wurden v.a. für lange Dialysezeiten belegt
- Die theoretischen Vorteile der physiologischeren Entgiftung, v.a. großmolekularer Toxine durch konvektive Verfahren sind in Langzeitstudien noch nicht umfassend belegt, aber:
 - Bessere Kreislaufverträglichkeit
 - und geringe Komplikationen durch das Toxin β 2-Microglobulin (Karpaltunnelsyndrom)

Hämodiafiltration kombiniert HD + HF

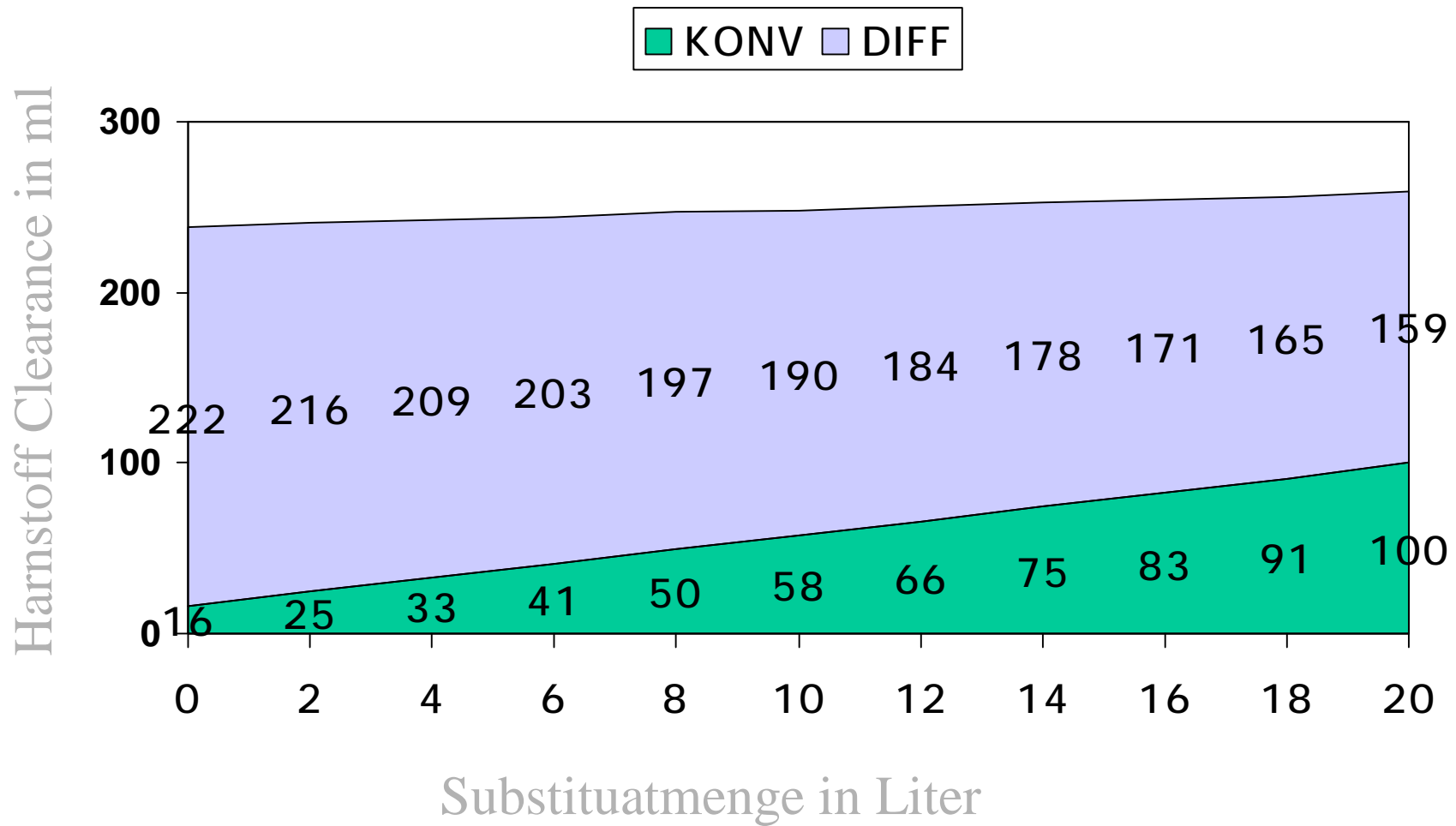
- HDF kombiniert kleinmolekulare Entgiftung durch Diffusion mit konvektivem Transport größerer Toxine
- Es kommen hochpermeable Filter zum Einsatz
- Die notwendige Flüssigkeitssubstitution erfolgt vor oder nach dem Filter als Prädilution oder Postdilution
- Bei der Prädilution ist der Substitutionsbedarf besonders hoch

Hämodiafiltration High Volume Postdilution

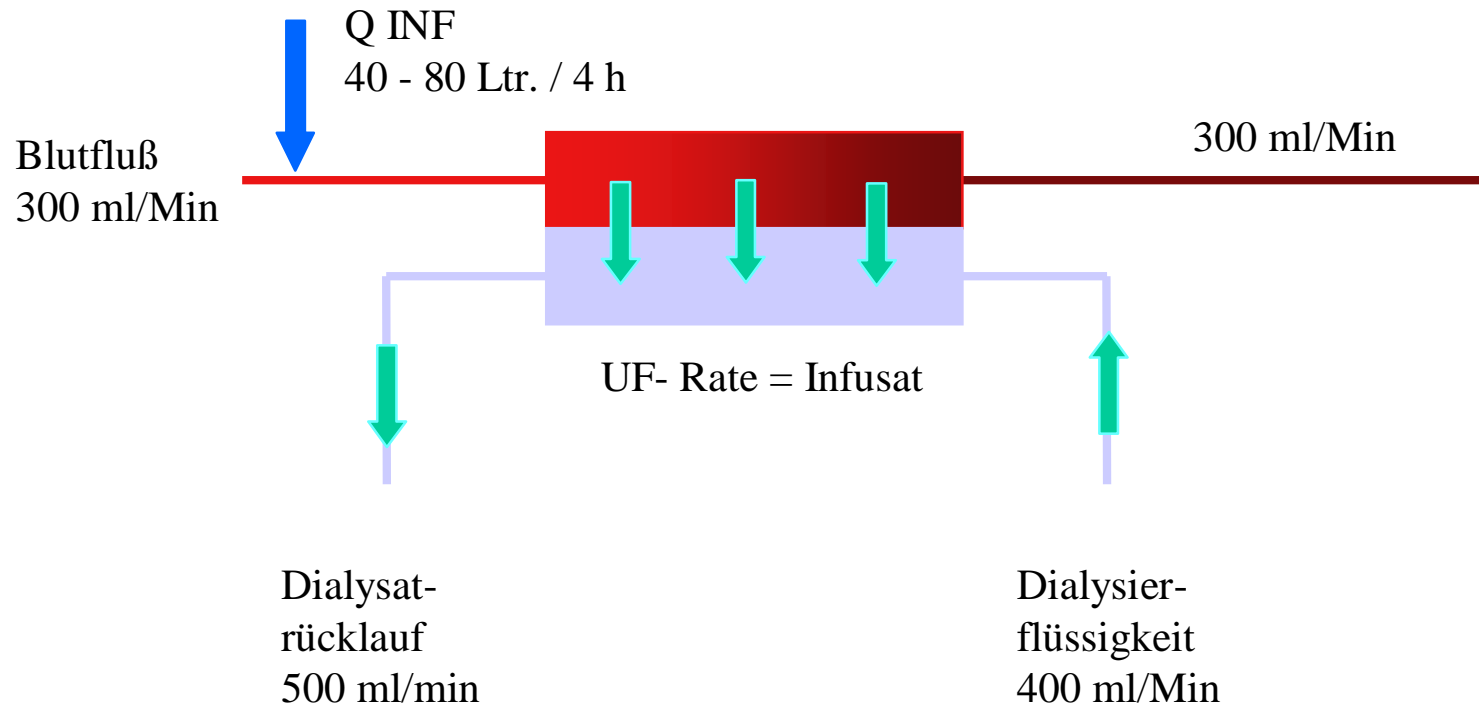


- Hohe Clearance im konvektiven Bereich durch hohe Austauschraten

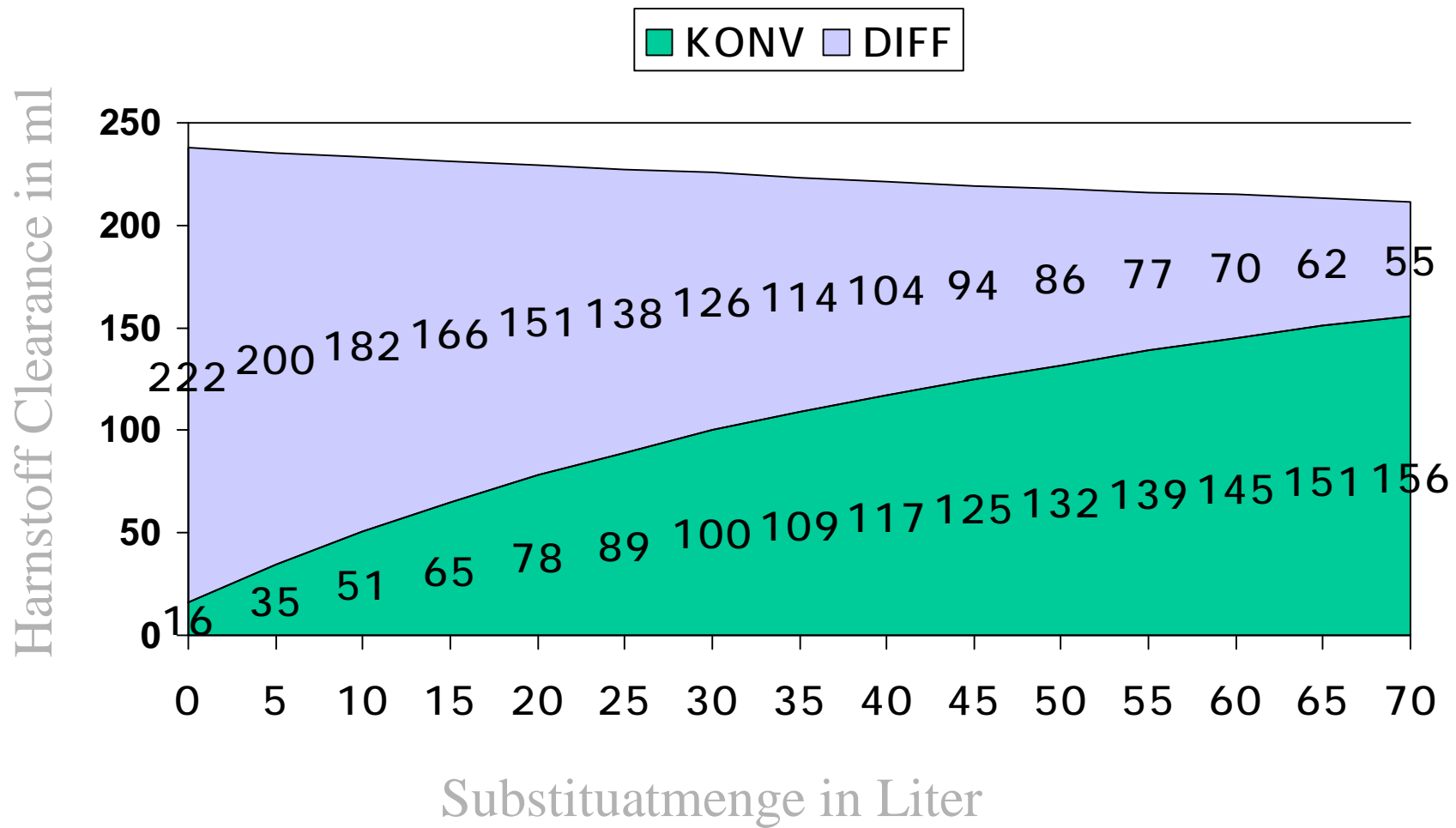
Verhältnis von Konvektion zu Diffusion bei HDF Postdilution



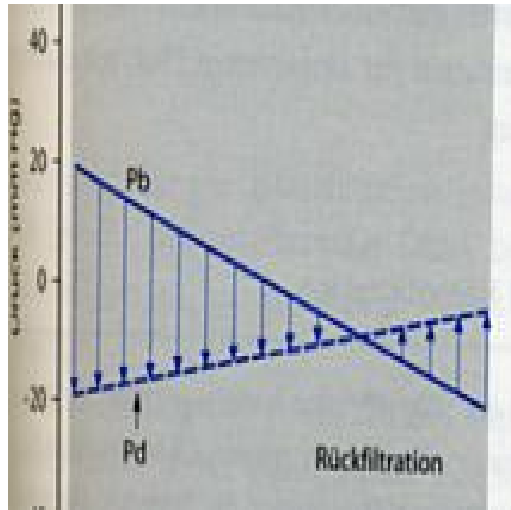
Hämodiafiltration Prädilution



Verhältnis von Konvektion zu Diffusion bei HDF Prädilution



Anforderungen an die Wasserqualität



- **Dialysat:** wird im Gerät aus Konzentrat und zugeführtem Wasser hergestellt. Proportionierung 1:34.
 - **Infusat/Substitutat:** entweder industriell hergestellt – aus Beuteln – oder on-line aus der Wasserversorgung des Dialysegerätes
-
- **Low-flux Dialyse:** nur Dialysat, keine wesentliche Backfiltration des Dialysats ins Blut
 - **High-flux Dialyse:** nur Dialysat, aber durch Offenheit der Membran Backfiltration und Kontamination des Bluts
 - **HF und HDF:** Dialysat und Infusat: direkter i.v. Einsatz einer on-line hergestellten Flüssigkeit.

Zusammenfassung

- In der Nierenersatztherapie werden Verfahren mit konvektivem Transport eine größere Rolle spielen
- Diese Verfahren sind technisch allgemein anspruchsvoller, speziell erfordern sie die höchstmögliche hygienische Wasserqualität