



Dialysezentrum  
Schwandorf  
Nephrologische  
Praxis

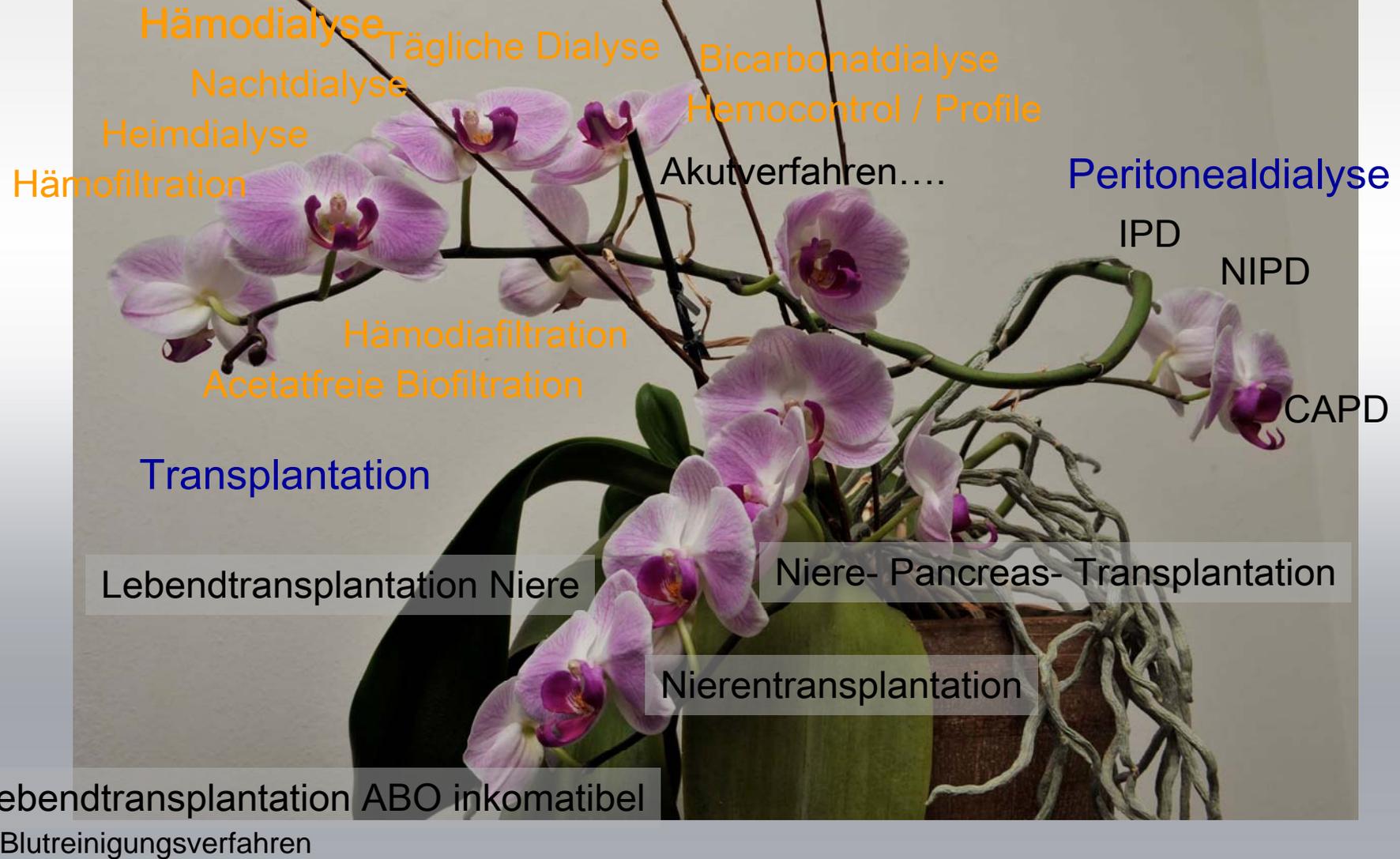
# Herzlich willkommen zum Qualitätszirkel

unser heutiges Thema:  
Blutreinigungsverfahren  
Hämodialyse

Dr. med. Joachim Leicht



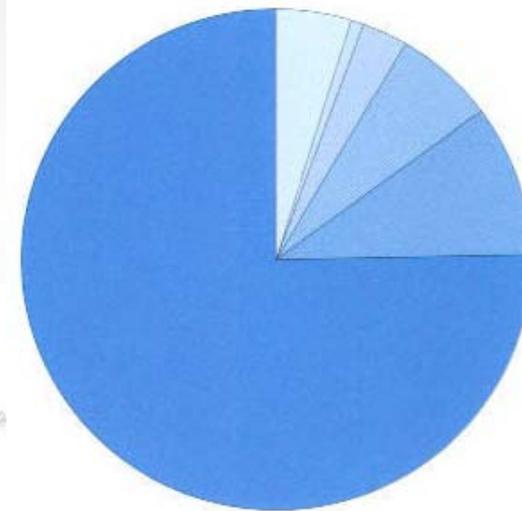
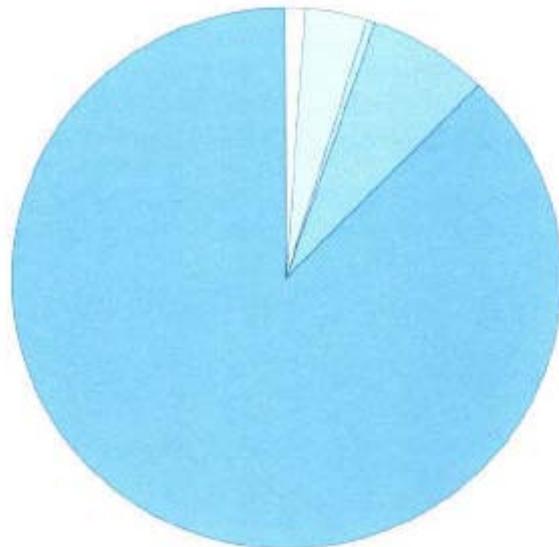
# Unsere Themen





# Auswahl des Verfahrens

## Häufigkeit der einzelnen Verfahren:





# Auswahl des Verfahrens

**Die Kriterien für die Wahl der optimalen Therapie sind von vielen medizinischen und nichtmedizinischen Faktoren abhängig:**

- persönlicher Wunsch
- Lebensweise und persönliches Umfeld
- Alter
- allgemeiner Gesundheitszustand
- Begleiterkrankungen
- Ursachen der Nierenerkrankung
- Empfehlung des Arztes
- “Erfahrungen” im persönlichen Umfeld
- Vorhandensein einer Spenderniere



# Begriffsbestimmung Verfahren

Im Gegensatz zur Peritonealdialyse sprechen wir heute über **extrakorporale maschinelle** Verfahren:

## Technisch definierte Verfahren

- Bicarbonatdialyse      Standardverfahren  
    Hemocontrol
- Hämofiltration      sehr selten genutzt (sehr teuer)
- Hämodiafiltration  
    Acetatfreie Biofiltration

## „Räumlich“ definierte Verfahren

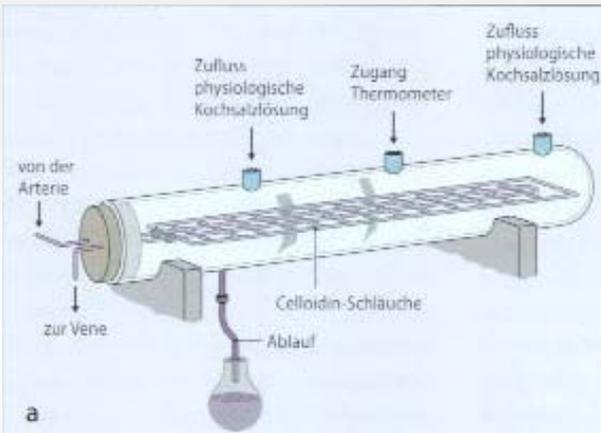
- Zentrumsdialyse      Dialyse im Dialysezentrum mit Arztanwesenheit
- Heimdialyse      Dialyse zuhause ohne Arzt und Schwester
- Limited-care-Dialyse      Dialyse im Zentrum mit Schwester, 1 Arztvisite/Woche

## „Zeitlich“ definierte Verfahren

- „normale Dialyse“      ca. 4-5 Stunden
- Nachtdialyse      ca. 8 Stunden
- Tägliche Dialyse      ca. 3 Stunden (6 Tage/Woche)



# Die Anfänge der Hämodialyse



a

a) Dialysator zur Hämodialyse am Menschen, entwickelt von Georg Haas; als Dialysat diente Ringer-Lösung  
b) erste Dialyse am Menschen, durchgeführt von Georg Haas 1926 im Hörsaal der Universität Gießen



b

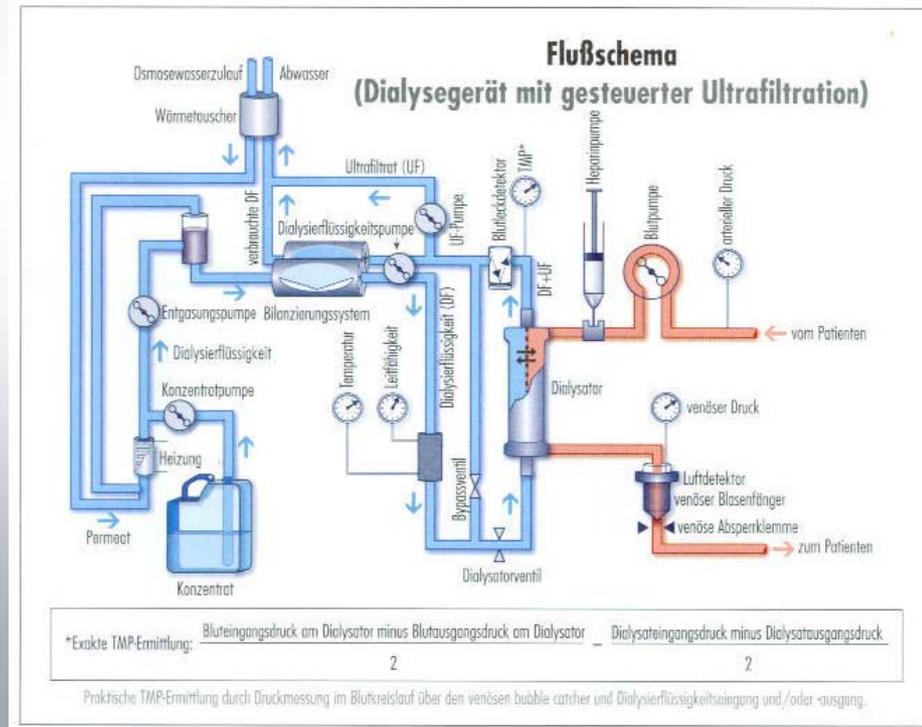


Rotierender Trommeldialysator mit Cellophan-Membranen, entwickelt von Willem Kolff

präsentiert von F. Luft, Berlin



# Hämodialyse auf einen Blick





## „Benötigte Komponenten“

- **Gefäßzugang:** Shunt oder Katheter
- **Dialysegerät:** verschiedene Modelle am Markt
- **Dialysator:** besitzt eine Fläche von 1,0 – 2 m<sup>2</sup>
- **Dialyselösung (Dialysat):** wird in der Regel im Dialysegerät hergestellt
- **Umkehrosmoseanlage:** zur Herstellung von Permeat (hochreinem Wasser)
- **Dialyseplatz:** mit Bett oder Liege, Tisch, Anschlüsse für Dialysat und Permeat, Strom, Fernseher (!)



# Gefäßzugang/Shunt

- Die Lebensader des Dialysepatienten!
- Anlage möglichst mindestens 3 Monate vor Dialysebeginn
- Wenn möglich primär mit nativen Gefäßen möglichst peripher
- **Deshalb sind bei allen niereninsuffizienten Patienten die Venen ab dem Handgelenk aufwärts zu schonen > keine Blutabnahme oder gar Infusion!**
- (Klassischer) Optimaler Shunt (=Kurzschluß) ist der Cimino-Brescia-Shunt am Unterarm: End-zu-Seit-Anastomose einer Unterarmvene auf die Arteria radialis
- Durch den Kurzschluß wird die Vene „arterialisiert“, weitet sich und es entwickelt sich ein Flußvolumen von über 600 ml/min, sodaß die Vene punktiert und ein ausreichender Blutfluß im Dialysegerät erzielt werden kann
- Wenn nötig werden PTFE-Interponate benutzt (auch als Schleife(Loop)) und / oder die Anastomose weiter proximal angelegt
- Shuntfunktion im Optimalfall über viele Jahre (es sind schon über 20 Jahre bekannt), leider auch manchmal nur Tage bis Wochen
- Wenn eine Shuntanlage nicht möglich ist, erfolgt die Anlage eines dauerhaften Dialysekatheters (Demers-Katheter)



# Shunt-Operation

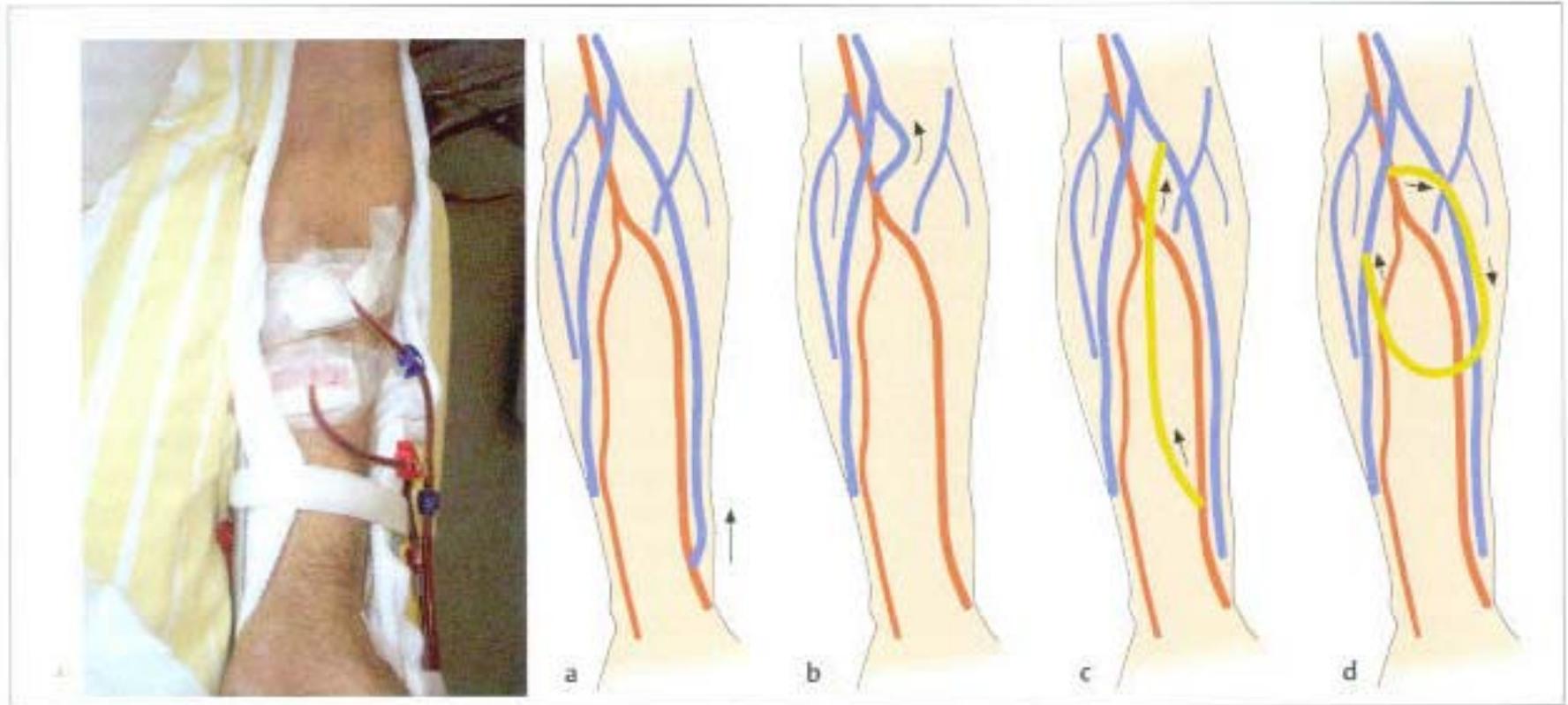


Abb. 15.6 Arteriovenöse Anastomosen als Dialyseshunt.

- a Unterarmshunt links: End-zu-Seit Anastomose V. cephalica mit A. radialis.
- b Oberarmshunt.
- c PTFE-(Polytetrafluoroethylen-)Interponat gerade.
- d PTFE-Interponat bogenförmig.



Dialysezentrum  
Schwandorf

Nephrologische  
Praxis

# Shunt-Operation



**Abb. 6:**

Seit-zu-End-Anastomose zwischen A. radialis (weiße Vessel loops) und V. radialis (gelber Vessel loop) wie in Abb. 5 skizziert



**Abb. 7:**

Anastomosen proximal der Ellenbeuge einer UnterarmePTFE-Schleife.

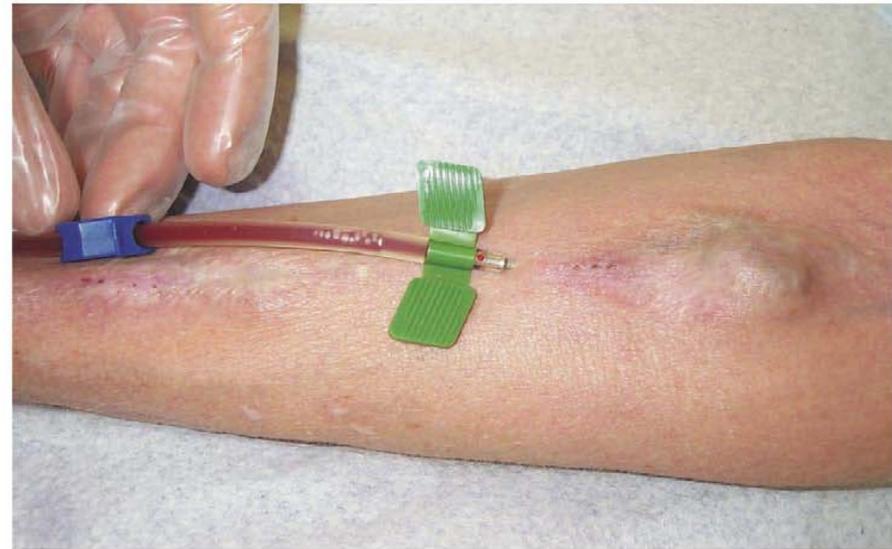
Oben:  
venöse End-(Prothese)-zu-Seit (V. basilica)-Anastomose mit langgezogener Anastomosenebene

Unten:  
arterielle Seit|A. brachialis)-zu-End (Prothese)-Anastomose



# Die Gefäßpunktion

Vor jeder Dialyse ist eine Gefäßpunktion erforderlich:





# Shuntkomplikationen

- **Shuntstenose:** (12 Revisionen + 2 Neuanlagen in unserem Zentrum 2008)  
>Durch schlechte Gefäße, ungeeignete Operationstechnik, schlechte Punktionstechnik, verfahrensbedingt  
>bewirkt erhöhten venösen Rücklaufdruck, verminderten Blutfluß, erhöhte Rezirkulation  
>aufpunktieren, Dilatation (+Stenteinlage), Revisionsoperation
- **Thrombose:** (16 Shuntverschlüsse in unserem Zentrum 2008)  
>durch Stenosen und passager verminderten Blutfluß (Hypotonie, Exsiccose), Gerinnungsstörungen  
>Thrombektomie und/ oder Revisionsoperation, ggf. Behebung einer Stenose, ggf. Antikoagulation
- **Infektion:** (2 Infektionen in unserem Zentrum 2008)  
>schlechte Shunthygiene, Ödem, alte Hämatome, Mißbrauch des Shunts, PTFE besonders gefährdet! cave Endokarditis!!  
>optimale Hygiene!, antibiotische Therapie, ggf. Shuntauflösung und Entfernung einer PTFE-Prothese
- **Herzinsuffizienz und Steal-Phänomen:**  
>durch das hohe Shuntvolumen (bis 2000 ml/min) kann eine Herzinsuffizienz entstehen oder verstärkt werden; Durchblutungsstörung der Extremität peripher der Anastomose > Shuntauflösung



# Vorhofkatheter

- Subcutan getunneler Katheter mit subcutaner Muffe bevorzugt in die Vena jugularis mit Lage der Spitze im rechten Vorhof
- Durch die Tunnelung werden infektiöse Komplikationen vermindert
- Doppellumige Katheter mit geteilter Spitze ermöglichen eine höhere Dialyseeffektivität
- Komplikationen sind Infektion und Thrombose  
Komplikationshäufigkeit aber erheblich höher als bei Shunts!  
Shaldonkatheter > Vorhofkatheter > PTFE-Interponat > nativer Shunt  
**Infektionen** 5 – 10 fach höher als bei Shunts, cave Endokarditis!!  
> strengste Hygiene bei Anlage und Beendigung der Dialyse  
>antibiotische Therapie, rechtzeitige Entfernung des Katheters  
**Thrombosen** treten ebenfalls häufig auf  
>Lyse mit Urokinase, Katheter mit Urkinase blocken



# Vorhofkatheter

Doppelläufiger Dialysekatheter »Porchez Retro™«  
mit geteilten Spitzen und seitlichen Öffnungen  
[Verminderung der Rezirkulation und erschwerte  
Anlagerung an die Gefäßwand].





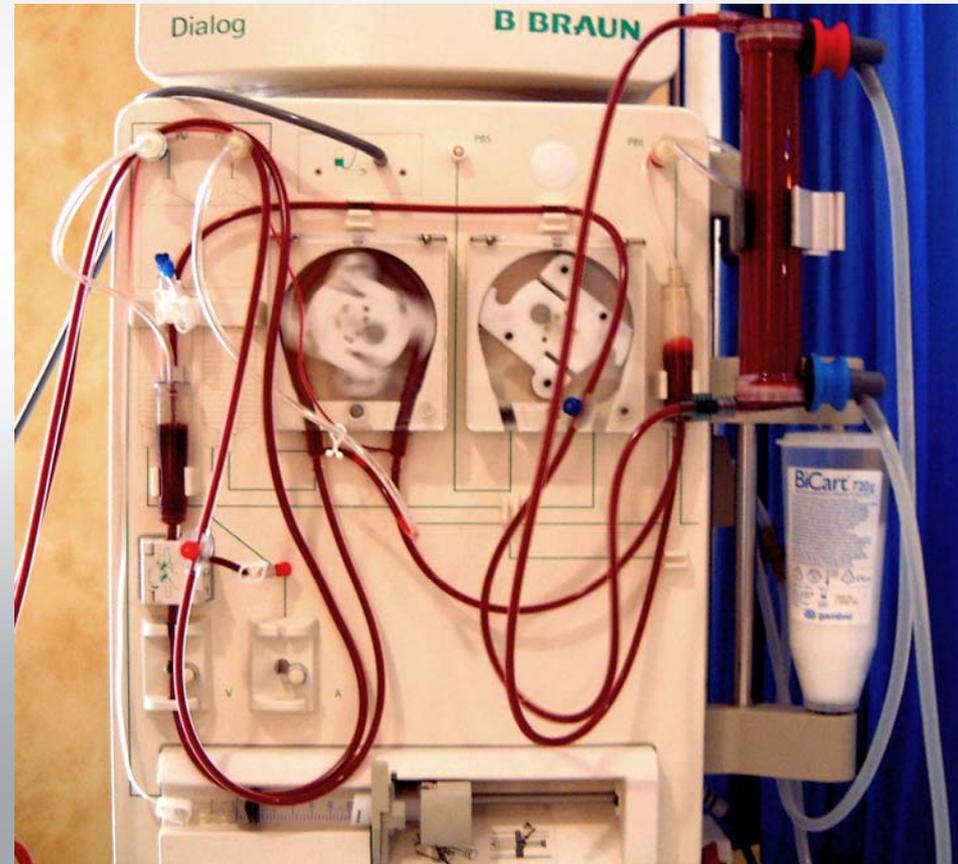
# Das Dialysegerät

## Aufbau:

- “Blutteil” steuert und überwacht den Blutfluß
- Wasserteil steuert und überwacht die Dialysataufbereitung, die Herstellung von Infusionlösung und den Flüssigkeitsentzug

## Aufgabe:

- Entfernung von Urämietoxinen
- Entfernung von Flüssigkeit
- Ausgleich der metabolischen Azidose





# Der Dialysator

Das „Herz“ der Dialyse:

- hier findet der Stoffaustausch und der Flüssigkeitsentzug statt
- Blut und Dialysat laufen durch den Dialysator im Gegenstromprinzip



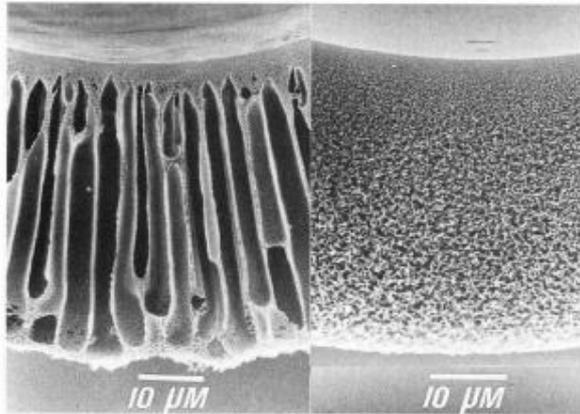


# Der Dialysator

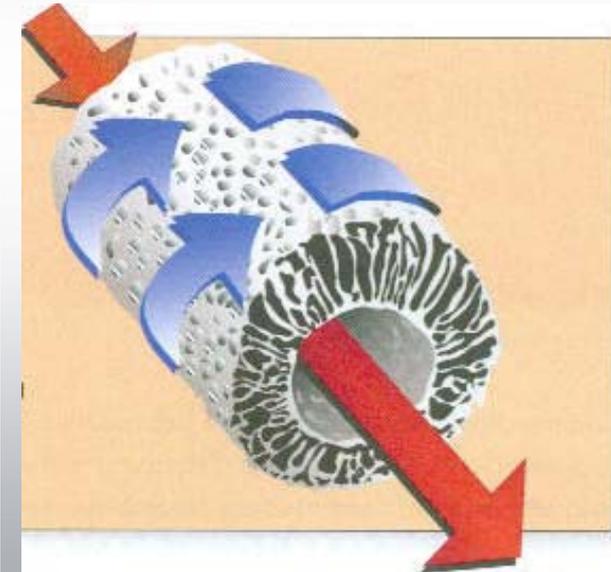
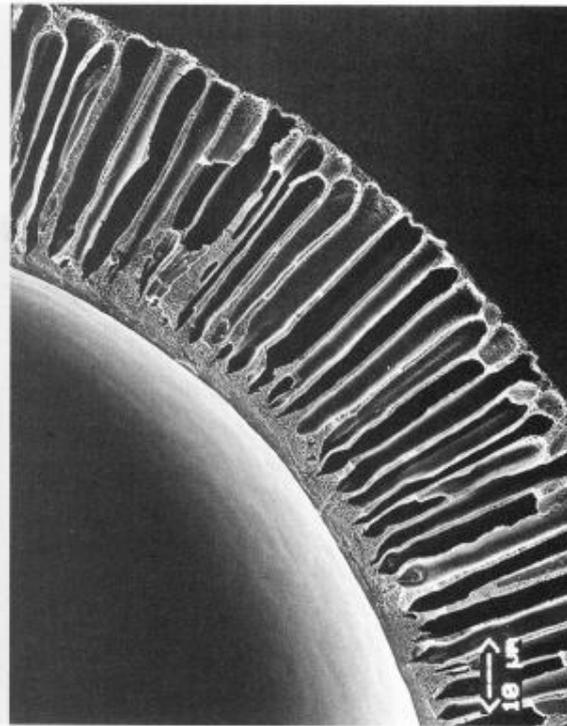
- Heute finden meist Kapillardialysator mit Kapillaren aus einer semipermeablen Membran aus synthetischen Fasern (Polyamid, Polysulfon,..) Anwendung
- Die Desinfektion erfolgt meist mit gamma-Strahlung, selten Dampf, fast nicht mehr ETO
- Das Füllvolumen beträgt ca. 70 ml (gesamtes System ca. 250 ml)
- Größenverhältnisse:  
Membrandicke 10 (5-40)  $\mu\text{m}$ , Porendurchmesser 0,003  $\mu\text{m}$ ,  
Innendurchmesser 100-200  $\mu\text{m}$   
Porengröße (Durchlässigkeit) von ca. 6000 (Low-Flux-Dialysator) bis zu  
einem Molekulargewicht von 50000 (High-Flux-Dialysator) (Albumin hat  
65000)
- Molekulargewichte verschiedener Substanzen: Harnstoff 60, Kreatinin  
113, Vitamin 12 1355,  $\beta$ 2-Mikroglobulin 11800
- Ultrafiltrationskoeffizienz (UF-Faktor) bis 70 (ml/h/mmHg  
Transmembrandruck), Low-Flux-Dilaysator < 10
- Die Clearance einer Substanz ist nicht nur vom Dialysator und dem  
Molekulargewicht, sondern wesentlich vom Blutfluß während der Dialyse  
abhängig



# Der Dialysator

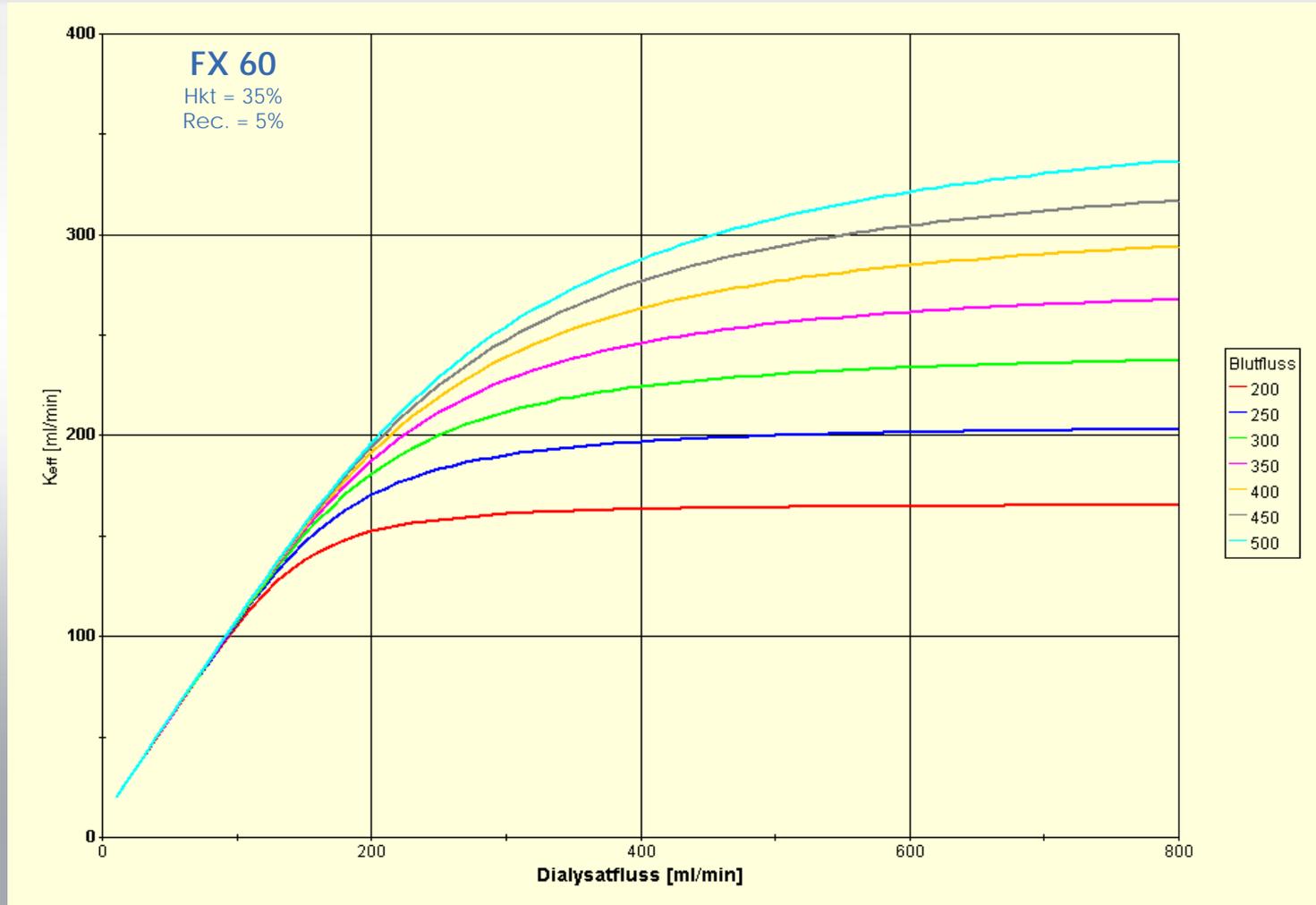


Die Bilder zeigen die elektronenoptische Sicht synthetischer Membranen: Polyamidmembran (links) mit typischer Dreischichtstruktur (innen: glatte, dünne porentragende Schicht; mittlerer Bereich: schaumartige Übergangsschicht; Außenseite: fingerartige Stützstruktur), rechts die Polysulfonmembran mit schaumartiger Struktur. Die Polyamidmembran der Firma Gambro ist nochmals vergrößert dargestellt.





# Der Dialysator





# Hämodialyse / Dialysat

- (Sterile) Flüssigkeit mit Elektrolyten (Na, K, Cl, Mg, Ca), Glucose und Puffersubstanzen (Acetat und Bicarbonat)
- Nimmt die Abbauprodukte und Elektrolyte (z.B. Kalium) aus dem Blut auf
- Führt dem Blut wichtige Stoffe wie z.B. Elektrolyte und Puffersubstanzen
- Es hat für jeden Patienten eine individuelle Zusammensetzung
- Pro Minute werden 500 ml Dialysat benötigt, pro Dialyse also ca. 120 – 150 Liter!
- Die Herstellung erfolgt im Dialysegerät aus entmineralisiertem Osmose-Wasser, Elektrolytkonzentrat und Bicarbonat im Verhältnis 34:1. Das korrekte Mischverhältnis wird durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit überwacht.
- Das entmineralisierte Wasser wird in einer Umkehrosmoseanlage hergestellt (Filtration mit hohem Druck durch einen sehr feinen Filter)
- Blut und Dialysierflüssigkeit kommen im Dialysator miteinander in Berührung, es ist ein Stoffaustausch in beide Richtungen möglich! Deshalb ist eine hohe Biokompatibilität und Reinheit des Dialysates extrem wichtig.  
In modernen Maschinen ist inzwischen ein Sterilfilter eingebaut, in Online-Hämodiafiltrationsmaschinen sogar zwei.



# Hämodialyse / Funktionsprinzip

## Diffusion

- kleinmolekulare Stoffe wandern nach dem Konzentrationsgefälle aus dem Blut (hohe Konzentration) durch die semipermeable Membran des Dialysators in das Dialysat (niedrige Konzentration). Je nach Konzentrationsgefälle erfolgt dies auch in Gegenrichtung (z.B. Bicarbonat)
- damit können auch Verunreinigungen ins Blut übertreten!  
>Sehr hohe Anforderungen an die Hygiene, Desinfektion,...
- Große Moleküle diffundieren langsamer als kleine Moleküle
- Die Diffusion ist das Prinzip der Bicarbonatdialyse (durch den Flüssigkeitsentzug kommt ein gewisser konvektiver Transport hinzu)

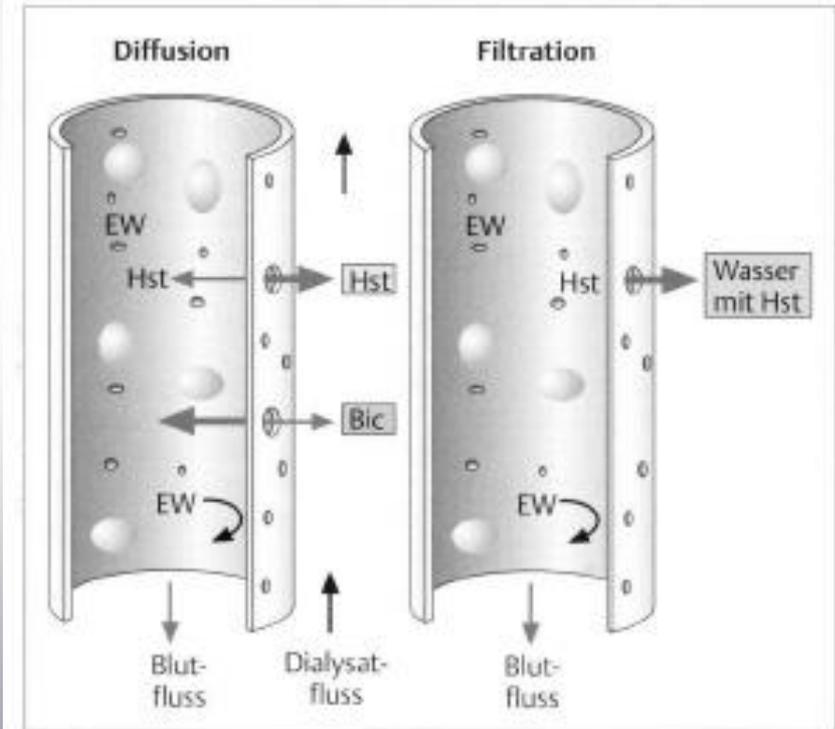


Abb. 15.2 Diffusion und Filtration an einer semipermeablen Membran. Die semipermeable Dialysemembran ist verwendbar für Diffusion und Filtration. Hst = Harnstoff, Bic = Bicarbonat, EW = Eiweiß.



# Hämofiltration / Funktionsprinzip

## Konvektion = Filtration

- alle Stoffe, insbesondere größere Moleküle (soweit sie die Membran überhaupt passieren können) werden durch den Flüssigkeitsstrom in der entsprechenden Richtung mit transportiert
- Der konvektive Transport ist das Prinzip der Hämofiltration
- Es werden pro Behandlung 40 – 60 Liter Plasmawasser filtriert
- und zum größten Teil durch Infusionlösung ersetzt
- Vorteil: stabileres Blutdruckverhalten

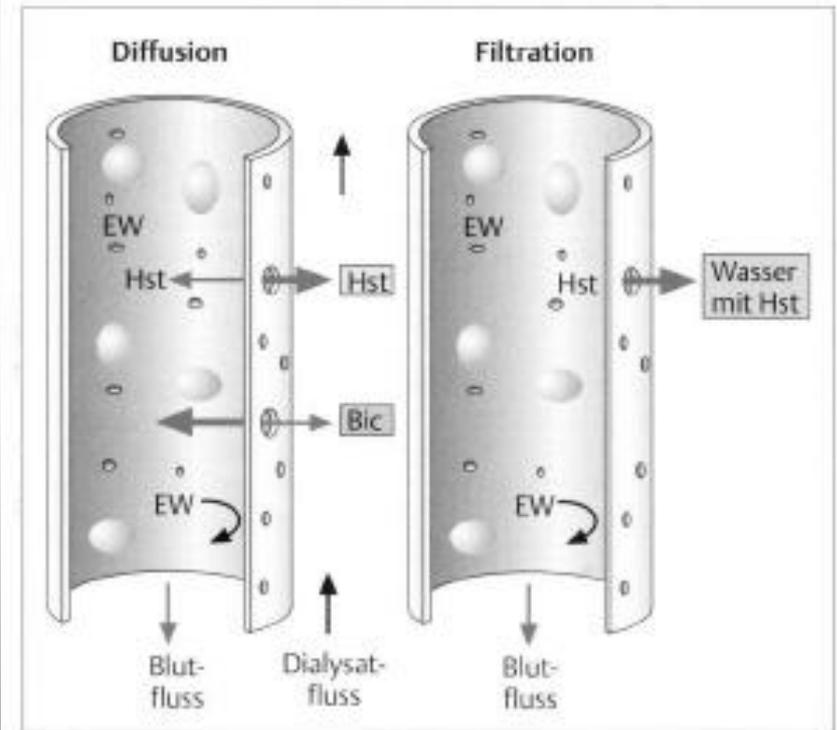


Abb. 15.2 Diffusion und Filtration an einer semipermeablen Membran. Die semipermeable Dialysemembran ist verwendbar für Diffusion und Filtration. Hst = Harnstoff, Bic = Bicarbonat, EW = Eiweiß.



# Hämodiafiltration / Funktionsprinzip

## **Hämodiafiltration = Hämodialyse + Hämofiltration**

- Hier werden die Vorteile beider Verfahren kombiniert
- Der Stofftransport ist hinsichtlich kleiner und großer Substanzen optimiert und die Clearance kommt der der Niere am nächsten
- Es werden pro Behandlung 8 – 30 Liter Plasmawasser filtriert und durch Infusionslösung ersetzt
- Moderne Dialysegeräte stellen die benötigte Infusionslösung durch Sterilfiltration selbst her (= Online-Hämodiafiltration)  
>sehr hohe Anforderungen an die Hygiene und Sterilität!
- Der medizinische Vorteil ist bisher nicht eindeutig gesichert, auch wenn einzelne Literatur darauf hinweist (Zumindest in Untergruppen wie alten Diabetikern und katabolen Patienten)



# Flüssigkeitsentzug / Funktionsprinzip

## Hämodialyse und Hämodiafiltration

- Durch Erzeugen eines negativen Druckes (TMP = Transmembrandruck) im Dialysator auf der Dialysatseite strömt Plasmawasser von der Blutseite auf die Dialysatseite und wird entfernt.
- Dies erfolgt heute durch das Dialysegerät automatisch: nach Angabe von Dialysezeit und gewünschten Flüssigkeitsentzug testet die Maschine den UF-Faktor des Dialysators und stellt den TMP entsprechend ein. Die entzogene Menge wird ständig kontrolliert und der TMP entsprechend nachgesteuert. Damit wird auch die während der Dialyse nachlassende Dialysatorleistung (durch Sekundärmembranbildung) ausgeglichen. Das wird durch ein ausgeklügeltes Bilanzierungssystem gewährleistet, sodaß bei einem Flüssigkeitsentzug von 25 Litern in 4 Stunden (Hämodiafiltration) ein Fehler von 100 – 200 ml entsteht!!
- Der Flüssigkeitsentzug erfolgt linear oder durch Profile gesteuert

## Hämofiltration

- Der Flüssigkeitsentzug erfolgt durch die Steuerung der Infusion. Wird bei einer Gesamtfiltration von 50 Litern z.B. ein Flüssigkeitsentzug von 3 Litern gewünscht, so werden einfach nur 47 Liter reinfundiert.
- Auch hier erfolgt die Steuerung automatisch wie oben beschrieben



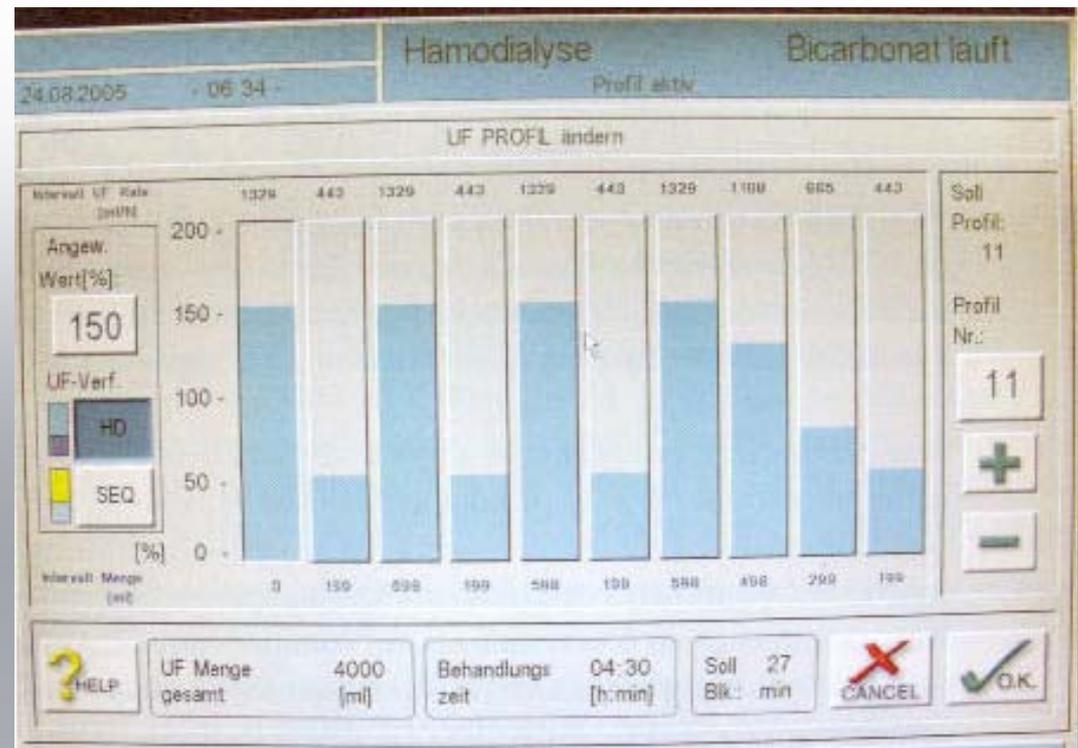
# Flüssigkeitsentzug / Profile

## Prinzip

- Durch automatische Veränderung der Ultrafiltration wird das Refilling (Übertritt der Flüssigkeit aus dem Interstitium in das Gefäßsystem) verbessert
- feste Einstellung durch den Anwender oder automatische Änderung je nach Änderung physiologischer Parameter wie Blutdruck oder Blutvolumen

## Klinische Vorteile

- Verträglicheres Verfahren mit höherer Blutdruckstabilität





# Spezialverfahren Acetatfreie Biofiltration

## Prinzip

- Hämodiafiltrations-Verfahren mit sterilem Konzentrat und Bicarbonat als Infusionlösung

## Klinische Vorteile

- Verträglicheres Verfahren mit höherer Blutdruckstabilität
- Optimale Clearance der Schadstoffe
- Besserer Ausgleich der Azidose, die Acetatwerte im Blut liegen viel niedriger
- Verbesserung des Proteinmetabolismus und damit des Ernährungsstatus
- Bessere K<sup>+</sup>-Kontrolle
- Besserung des Juckreizes (manchmal)
- Für Diabetiker und in kataboler Situation optimal

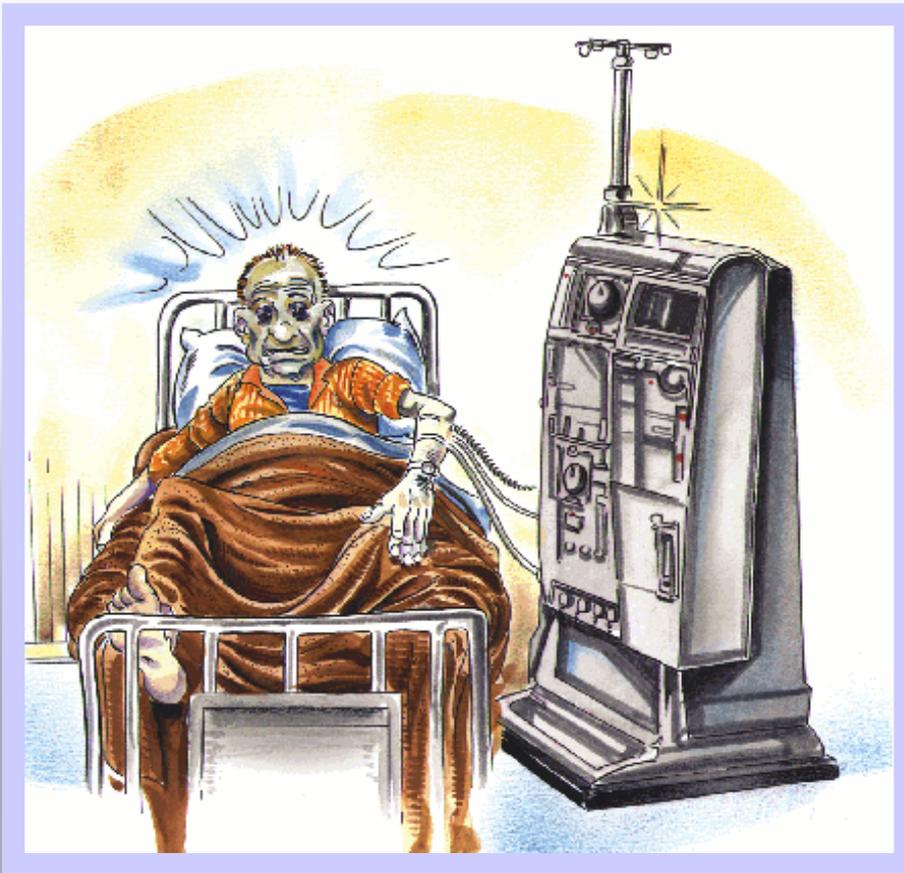
## Nachteil

- Teuerstes Verfahren und damit kaum noch genutzt



# Spezialverfahren Hemocontrol

Standarddialyse:  
Der Patient schwitzt und arbeitet



Hemocontrol:  
Die Maschine schwitzt und arbeitet





# Spezialverfahren Hemocontrol

## Prinzip

- Das Dialysegerät bestimmt ständig das Blutvolumen und regelt je nach Abfall des Volumens den Flüssigkeitsentzug und den Natriumgehalt des Dialysates automatisch in einem vorgegebenen Korridor
- Einsatz von fuzzy-logic, echter Regelkreis

## Klinische Vorteile

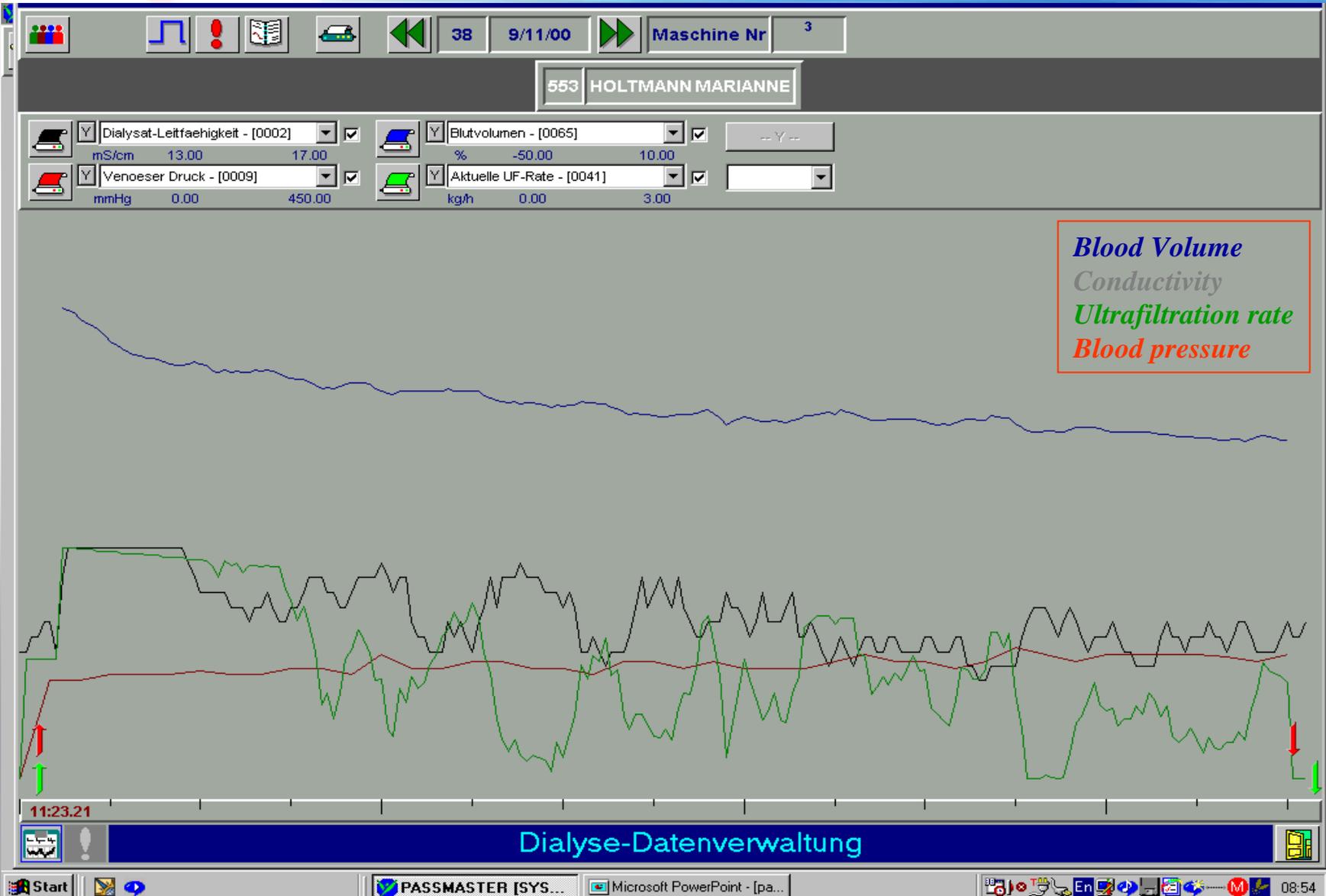
- Verträglicheres Verfahren mit höherer Blutdruckstabilität
- Das Refilling wird optimal ausgenutzt
- Erheblich besseres Wohlfühlen nach der Dialyse, keine oder geringere Ruhephase nach der Dialyse erforderlich
- Die „Ermüdung“ des Patienten durch die Dialyse hängt nicht von der Länge der Dialyse, sondern von der Höhe und der Art des Flüssigkeitsentzuges pro Zeiteinheit ab

## Nachteil

- Zusatzkosten in der Anschaffung
- Erhöhter Schulungsaufwand des Personals
- Erhöhter Zeitaufwand durch Vorbereitungsphase des Patienten
- Nur ein Hersteller hat ein wirklich gut funktionierendes System



# Spezialverfahren Hemocontrol





# Der Behandlungsablauf

## Wie läuft die Behandlung (im Zentrum) ab ?

- Der Patient kommt zu festgelegter Zeit meist mit dem Taxi
- Er wiegt sich und kommt mit seinen Utensilien an seinen Platz
- Nach Reinigung des Shunters durch den Patienten und danach durch uns erfolgt die erste Blutdruckmessung, klinische Beurteilung, Punktion des Shunters und Anhängen an die Dialyse
- Während der Dialyse erhält der Patient eine Mahlzeit, kann fernsehen, lesen, schlafen, fahrradfahren,..
- Nach Beendigung der Dialyse wird zur Blutstillung der Shunt durch den Patienten "abgedrückt", nach klinischer Beurteilung und erneutem Wiegen kann der Patient das Zentrum verlassen
- Die Behandlung dauert 3 bis 8 Stunden, in der Regel 4 Stunden, als Nachtdialyse 8 Stunden  
je länger desto besser, Dialysezeit ist Lebenszeit!
- Es werden 3 Behandlungen pro Woche durchgeführt
- Gesamtzeitaufwand des Patienten bei Dialysezeit 4 Stunden:  $4 + 1 (2 \times 0,5 \text{ vor und nach HD}) + 1 (2 \times 0,5 \text{ Fahrtzeit}) = 6 \text{ Stunden}$



Dialysezentrum  
Schwandorf

Nephrologische  
Praxis

# Heimhämodialyse

- **Voraussetzungen:**  
Eignung des Patienten (Wunsch zur HHD, Compliance, Intelligenz, technisches Verständnis)  
Vorhandensein eines geeigneten Partners  
Vorhandensein eines geeigneten Raumes
- Schulung und gute Beherrschung der selbständigen Shuntpunktion
- eine intensive Schulung des Patienten und Angehörigen / Partners über mehrere Wochen  
Bedienung der Maschine, technische und medizinische Komplikationen, Dokumentation
- Das Dialysezentrum stellt die gesamte Ausstattung und sorgt für Wartung und Service bei technischen Problemen.
- Für Fragen und bei Komplikationen steht das Dialyseteam und der Arzt 24 Stunden täglich zur Verfügung.
- Monatliche ambulante Untersuchungen im Dialysezentrum



# Heimhämodialyse

Optimales Heimdialysegerät (in Europa noch nicht verfügbar):





# Nachtdialyse/Tägliche Dialyse

- Durch die sehr lange oder häufigere Dialyse ergeben sich erhebliche Vorteile für alle Beteiligten
- Das wurde schon sehr früh durch Charra in Tassin gezeigt, daß durch lange Dialyse mit niedrigem Dialyseendgewicht auch mit einfachen Dialyseverfahren ein optimales Überleben erzielt werden kann
- Tägliche Dialyse ist nochmals etwas besser, da die Elimination von Schadstoffen nicht linear, sondern zu Beginn der Dialyse rascher abnimmt   
tägliche Dialyse ist allerdings nur als Heimdialyseverfahren sinnvoll, da im Zentrum die Drop-out-Rate sehr hoch ist (Kooistra, Niederlande)



# Vorteile lange Dialyse

## Aus Sicht des Patienten

- Zunahme an Lebensqualität:   
Zunahme des Appetits mit Verbesserung der körperlichen Verfassung  
Rückkehr oder Verbleib im Arbeitsleben möglich  
Verbesserung der geistigen wie körperlichen “Beweglichkeit”  
Verbesserung des Schlafes
- Starke Verminderung der Morbidität und der Krankenhausaufenthalte   
dies ist auch ein erheblicher finanzieller Vorteil für die Krankenkassen! (was sich aber nicht in der Honorierung widerspiegelt)



# Vorteile lange Dialyse

## Aus medizinischer Sicht

- Verbesserung der Anämie:  
verbesserte Lebensqualität  
Einsparung von Erythropoietin  
Verringerung linksventrikulärer Hypertrophie 
- Verbesserung der Hypertonie:  
weniger Medikamentenbedarf  
wesentlicher positiver Einfluß auf die Mortalität  
Verringerung linksventrikulärer Hypertrophie 
- Verminderung des Phosphatbinderbedarfes:  
Verminderung des sekundären Hyperparathyreoidismus  
Verbesserung des Knochenstoffwechsels 
- Durch die tägliche Dialyse kann die Plasmakonzentration von Beta2-Microglobulin deutlich reduziert und damit der Beginn einer Amyloidose verzögert werden



# Komplikationen Hämodialyse

- Wir haben es mit zunehmend multimorbiden und alten Patienten zu tun!   
Durchschnittsalter > 65 Jahre  
Diabetikeranteil bei uns > 50 %!!!
- Die Mortalität eines Diabetikers an Dialyse beträgt 50% in 3 Jahren!!
- Deshalb ist mit steigenden Komplikationsraten zu rechnen
- Bei uns betragen die durchschnittlichen Krankenhaustage 2008 gesamt 2370 und 24,5 pro Patient bei gesamt 206 und durchschnittlich 2,15 Aufenthalten pro Jahr
- Nebenwirkungsrate in USA bis 50%, in Europa 25-30% bei uns derzeit **18 %** 



Dialysezentrum  
Schwandorf

Nephrologische  
Praxis

# Komplikationen zwischen den Hämodialysen

- **Überwässerung > Luftnot > Lungenödem**  
Zu hohe Flüssigkeitszufuhr bei fehlender oder geringer Ausscheidung  
> Diuretikatherapie maximieren (Furorese 500 1x1, HCT 25 1x1),  
Diätberatung, Patientencompliance verbessern, ggf. Notfalldiayse
- **Hyperkaliämie**  
zu hohe Kaliumzufuhr durch falsche Ernährung  
Diätberatung, Patientencompliance verbessern, keine Dauergabe von  
Resonium, ggf. Notfalldiayse
- **Abgeschlagenheit**  
zu wenig effektive Dialyse, zu hoher Flüssigkeitsentzug an HD, Depression  
> Dialyse optimieren (Dialysezeit verlängern), Depression erkennen und  
behandeln
- **Juckreiz**  
Ursache unklar (multifaktoriell)  
> Dialyse optimieren, keine ETO-sterilisierten Materialien, ggf. schweren  
Hyperparathyreoidismus behandeln, Haut fetten, in die Sonne gehen  
(Lichttherapie), Antihistaminika
- **Komplikationen der Grunderkrankung**
- Infektion oder Verschuß des Gefäßzuganges (siehe dort)



Dialysezentrum  
Schwandorf

Nephrologische  
Praxis

# Komplikationen während der Hämodialyse

- Blutdruckabfall / Hypovolämie
- Übelkeit
- Muskelkrämpfe
- Kopfschmerzen
- Blutdruckanstieg
- Herzrhythmusstörungen
- Dysäquilibriumssyndrom
- “Technische Komplikationen”
  - Luftembolie
  - Verblutung
  - Hämolyse
- Allergische Reaktion
- Komplikationen der Grunderkrankung
- Infektion oder Verschluss des Gefäßzuganges (siehe dort)



# Komplikationen während der Hämodialyse

- **Blutdruckabfall / Hypovolämie**

Zu hohe Flüssigkeitszufuhr bei fehlender oder geringer Ausscheidung  
(Maximum im Zentrum bisher 10 Liter!!!)

Zu hohe Gewichtsabnahme/Dialysezeit, Refilling (Übertritt der Flüssigkeit aus dem Interstitium in das Gefäßsystem) zu langsam, diab. autonome Polyneuropathie (Störung der Vasokonstriktion), Blutung

>Diuretikatherapie maximieren (Furorese 500 1x1, HCT 25 1x1),  
Diätberatung, Patientencompliance verbessern, Dialysezeit verlängern,  
Dialyseregime optimieren, niedrige Dialysattemperatur, Einsatz von  
Hemocontrol oder Ultrafiltrationsprofilen

- **Übelkeit**

meist im Rahmen einer Hypotonie, Hypovolämie (siehe oben)  
Dysäquilibriumssyndrom (siehe unten)

- **Muskelkrämpfe**

Zu hohe Gewichtsabnahme/Dialysezeit, DEG zu niedrig, zu schnelle  
Veränderung der Elektrolytkonzentrationen, zu niedrige  
Natriumkonzentration im Dialysat

> Dialysezeit verlängern, Dialyseregime optimieren, niedrige  
Dialysattemperatur, Einsatz von Hemocontrol oder Ultrafiltrationsprofilen



Dialysezentrum  
Schwandorf

Nephrologische  
Praxis

# Komplikationen während der Hämodialyse

- **Kopfschmerzen**  
Dysäquilibriumssyndrom (siehe unten), zu hohe Bicarbonatzufuhr im Dialysat, zu schnelle Veränderung der Elektrolytkonzentrationen, zu niedrige Natriumkonzentration im Dialysat, (intrazerebrale Blutung)  
> Dialyseregime optimieren, Bicarbonat im Dialysat reduzieren
- **Blutdruckanstieg**  
zu hohes Dialyseendgewicht, sehr hohe Überwässerung, inadäquate Vasokonstriktion, zu hohe Natriumkonzentration im Dialysat, Hartwassersyndrom (Ausfall der Wasserenthärtung mit Hypercalzämie)  
> DEG senken, Dialysattemperatur erhöhen, Natriumkonzentration im Dialysat senken
- **Herzrhythmusstörungen**  
begünstigt durch vorbestehende Erkrankungen des kardiovaskulären Systemes, häufig schwere KHK, Kardiomyopathien, rasche Veränderung des Serum-Kaliums, Sympathikusaktivierung, Elimination von Antiarrhythmika (Metoprolol, Sotalol)  
>optimale Behandlung der Vorerkrankungen, Diätberatung und Verbesserung der Compliance (Kalium!)



# Komplikationen während der Hämodialyse

- **Dysäquilibrumsyndrom**  
bei sehr hohen Retentionswerten (Behandlungsbeginn) und normaler Dialyse ist die Clearance von z.B. Harnstoff zu hoch, es entsteht ein osmotisches Gefälle zwischen niedriger Serumkonzentration und noch hoher Konzentration im Gewebe sodaß es zu einem Flüssigkeitseinstrom in die Zellen und damit zum Hirnödem kommt  
> Unruhe, Kopfschmerz, Übelkeit, Erbrechen, Hypertonie, Muskelzuckungen, Tremor, Verirrtheit, Krampfanfälle, Koma  
> zu Behandlungsbeginn "langsame", kurze Dialysen
- **"Technische Komplikationen" Hier ist das Pflegepersonal gefragt!!**  
**Luftembolie** > Luft gelangt in das Blutsystem (cave offene Katheter!), Maschinenalarm defekt, es wird nicht adäquat reagiert  
**Verblutung** > venöse Nadel disloziert und steckt z.B. im Bett, dies kann die Maschine (noch) nicht detektieren!!  
**Hämolyse** > durch Knick im Blutsystem kommt es zur mechanischen Hämolyse (sehr tückisch, da Symptome zeitversetzt auftreten), chemisch
- **Allergische Reaktion** auf Blutschlauchsystem oder Dialysator durch ETO-Sterilisation (wurde bei uns nie benutzt)  
durch ACE-Hemmer (erhöhtes Bradykinin) und Benutzung negativ geladener Dialysemembranen (AN 69) > Patient blutig von Dialyse abhängen



# Vor- und Nachteile der Hämodialyse

## **Vorteile der Hämodialyse (im Zentrum):**

- Das Verfahren ist effektiver als die Peritonealdialyse
- Normalerweise 4 dialysefreie Tage in der Woche
- Betreuung durch ein erfahrenes Dialyseteam
- Arzt immer anwesend (Notfälle!), dreimal wöchentlich Visite
- Während der Dialyse “Freizeit” für lesen, fernsehen, lernen, Musik hören oder schlafen.
- Kontakt zu anderen Patienten (keine soziale Vereinsamung)
- Eine Mahlzeit im Zentrum
- Weniger Eigenverantwortung
- Keine “Eigenleistung” erforderlich
- Die Familie wird nicht durch die Dialysebehandlung belastet



# Vor- und Nachteile der Hämodialyse

## **Nachteile der Hämodialyse (im Zentrum):**

- Gefäßzugang erforderlich
- Punktionen nötig
- strengere Ernährungsrichtlinien als Peritonealdialyse
- Kreislaufbelastend (bei hohen Gewichtszunahmen)
- Fahrten zum Dialysezentrum
- feste Dialysezeiten (weniger Flexibilität)
- weniger Mobilität (während der Behandlung)
- weniger Selbstständigkeit, hohe Abhängigkeit



Dialysezentrum  
Schwandorf

Nephrologische  
Praxis

# Vor- und Nachteile der Heimhämodialyse

## **Vorteile der Heim-Hämodialyse:**

- Erheblich höhere Flexibilität durch die Möglichkeit, die Behandlungstermine entsprechend den persönlichen Bedürfnisse durchzuführen
- Steigerung der Dialysezeit und Häufigkeit ohne große Einbußen an Zeit oder Privatleben
- Das verbessert den Gesundheitszustand, die Morbidität und die Mortalität erheblich!
- Die Erkrankung ist durch das bessere Verständnis für die Behandlung aufgrund intensiver Schulung besser im Griff (höhere Compliance)
- Längeres Shuntüberleben durch Eigenpunktion
- Mehr Zeit für Familie und Freunde durch die Behandlung daheim
- Die Behandlung ist durch die private Atmosphäre in der vertrauten Umgebung erheblich angenehmer



# Vor- und Nachteile der Heimhämodialyse

## **Nachteile der Heim-Hämodialyse:**

- Kein medizinisches Fachpersonal während der Behandlung anwesend (Komplikationen! >sehr strenge Auswahlkriterien anwenden)
- Hohes Maß an Eigenverantwortung
- Der Partner hat Verantwortung für die erfolgreiche Behandlung
- Es besteht (möglicherweise) eine Belastung für den Partner, die Familie, Freunde (die Erkrankung ist immer präsent)
- Es wird ein Raum mit Platz für Maschine und Materialien benötigt
- Der Zeitaufwand ist hoch
- Der Patient ist der engmaschigen medizinischen Kontrolle entzogen
- Patientenführung wird teilweise schwierig



# Adäquate Hämodialyse

**Es wird versucht, die ausreichende Dialyседosis an gut meß- und überprüfbaren Parametern festzumachen:**

- Im Rahmen des Qualitätssicherungsprogrammes müssen wir quartalsweise für jeden Patienten entsprechende Daten abgeben:  
Kt/V (Harnstoff) > 1,2 (Minimalwert nach K/DOQI-Guidelines) (1,5 bei uns)  
Hb > 10,0 g/dl (11,5 bei uns)  
Dialysezeit mindestens 4 Stunden (21 % haben bei uns weniger)  
Dialysefrequenz mindestens 3/Woche (derzeit 2 Patienten bei uns)  
liegen mehr als 15 % der Patienten bei mehreren Parametern unter den Grenzen, wird eine Einzelbegründung gefordert, es drohen Sanktionen 
- Ein Kt/V von 1,0 bedeutet eine etwa 55%ige Reduktion des Harnstoffbestandes  
Kt/V wird bei untergewichtigen Patienten überschätzt  
t ist nicht durch mehr K zu ersetzen!  
Die Restdiurese wird in obigen Forderungen nicht berücksichtigt
- Diese Parameter stellen jedoch keine vernünftigen Qualitätsparameter dar, die die wirkliche Versorgungsqualität eines Dialysepatienten widerspiegeln



## Studiendaten:

- **Hemo-Studie** (NEJM 12/2002) USA  
randomisierte kontrollierte Interventionsstudie mit 1846 inzidenten und prävalenten Patienten
  - >Es wurde verglichen, ob durch ein höheres Kt/V (1,25 gegen 1,65) eine Verbesserung der Mortalität oder der Morbidität zu erzielen sind. Außerdem wurde geprüft, ob sich durch Einsatz von High-Flux-Dialysatoren eine Änderung des Outcome ergibt.
  - >In beiden Fällen konnte keine statistisch signifikante Verbesserung nachgewiesen werden.
  - >In Untergruppen profitierten Frauen von einer höheren Dialyседosis und Patienten, die länger als 3,7 Jahre dialysierten vom High-Flux-Dialysator (aber statistisch nicht ausreichend belegt)
  - > das wirklich erzielte Kt/V war in beiden Gruppen höher
  - > es war der Reuse von Dialysatoren zugelassen



# Adäquate Hämodialyse

## Studiendaten:

- MPO- Studie (JASN 2008) Europa  
Prospektive randomisierte Studie mit 738 inzidenten Patienten  
Einteilung der Patientengruppen nach Serum-Albumin  $\leq 4$  g/dl oder  $> 4$ g/dl  
und Behandlung mit High-Flux-Dialysatoren oder Low-Flux-Dialysatoren über  
3 bis 7,5 Jahre  
>Es fand sich bei der Behandlung mit High-Flux-Dialysatoren kein  
Überlebensvorteil in der Gesamtpopulation aber ein signifikanter  
Überlebensvorteil für Patienten mit einem Serum-Albumin von kleiner 4 g/dl  
Möglicherweise profitieren auch Patienten mit Diabetes
- CSE-Hemmer bei Dialysepatienten mit Typ 2 Diabetes (Wanner; NEJM  
7/2005) Deutschland  
Prospektive randomisierte doppelblinde Studie mit 1255 inzidenten und  
prävalenten Patienten  
Gabe von 20 mg Atorvastatin oder Plazebo  
Nach 4 Jahren Beobachtung kein statistisch signifikanter Effekt auf die  
primären Endpunkte kardiovaskulärer Tod, Herzinfarkt oder Schlaganfall



# Adäquate Hämodialyse

## Zusammenfassung:

- Wesentlich für eine adäquate Dialyse sind klinische Parameter wie Wohlbefinden, gut eingestellter Blutdruck, guter Appetit (keine Katabolie), ausreichend eingestellter Ca-P-Haushalt, gut eingestellte renale Anämie, frühzeitige und optimale Behandlung kardiovaskulärer Erkrankungen,..
- Eine Blutdruckeinstellung auf Normalwerte vermindert die Mortalität. Dies ist für den Erhalt der Restdiurese nicht bewiesen (siehe Daten aus Tassin)
- Die optimale Blutdruckeinstellung erfolgt vorwiegend über die Regulation des Wasser- und Natriumhaushaltes
  - > natriumarme Ernährung, niedriges Dialysatnatrium
  - > optimale Einstellung des **Dialyseendgewichtes** durch Klinik, Multifrequenz-Bioimpedanzmessung, Ultraschall der Vena cava
- Ein Kt/V von 1,2 ist als unterster Grenzwert anzusehen
- Wichtig ist eine ausreichend lange Dialysezeit
- Wichtig für das Patientenüberleben ist der **rechtzeitige** Beginn der Hämodialyse





# Qualität / Patientensicht

- Wenige
- kurze Dialysen > schlechte Schadstoffelimination
- Mit viel zu Essen > hohes Phosphat
- Viel trinken > Hypertonie, kardiale Probleme
- Einfache und problemfreie Punktion > begünstigt Shuntstenosen
- Möglichst viele Fernseher
- **Erhebliche Differenz zwischen Patientensicht und medizinischer Sicht auf die Dialysequalität!**



# Hämodialyse / Kontraindikationen

## **Absolute Kontraindikationen:**

- Patient verweigert die Dialyse
- Kein Gefäßzugang möglich

## **Relative Kontraindikationen:**

- Schwere Herzinsuffizienz (Shunt nicht möglich)
- Schwerste Grunderkrankungen mit absehbarer Letalität
- Selbstgefährdung des Patienten und Gefährdung anderer



# Integriertes Behandlungskonzept

- **Insgesamt ist die Entscheidung für oder gegen ein Blutreinigungungsverfahren eine individuelle Entscheidung, die nur für jeden Einzelnen in enger Beratung mit dem behandelnden Arzt zu treffen ist.**
- Wichtig ist nicht das Blutreinigungsverfahren an sich, sondern **der gute körperliche und medizinische Zustand, die berufliche und soziale Integration und das Wohlbefinden des Patienten**
- Sinnvoll ist, wenn medizinisch möglich und gewünscht mit CAPD zu beginnen und später, wenn nötig auf Hämodialyse umzusteigen oder transplantiert zu werden
- Unsere Philosophie ist, alle Verfahren anzubieten und damit dem Patienten eine optimale Versorgung anbieten zu können



Dialysezentrum  
Schwandorf  
Nephrologische  
Praxis

# Integriertes Behandlungskonzept



Blutreinigungsverfahren / Hämodialyse



**Dialysezentrum**  
Schwandorf

**Nephrologische**  
Praxis



# Dialyseeffektivität

## Harnstoffkonzentration während und nach Dialyse:

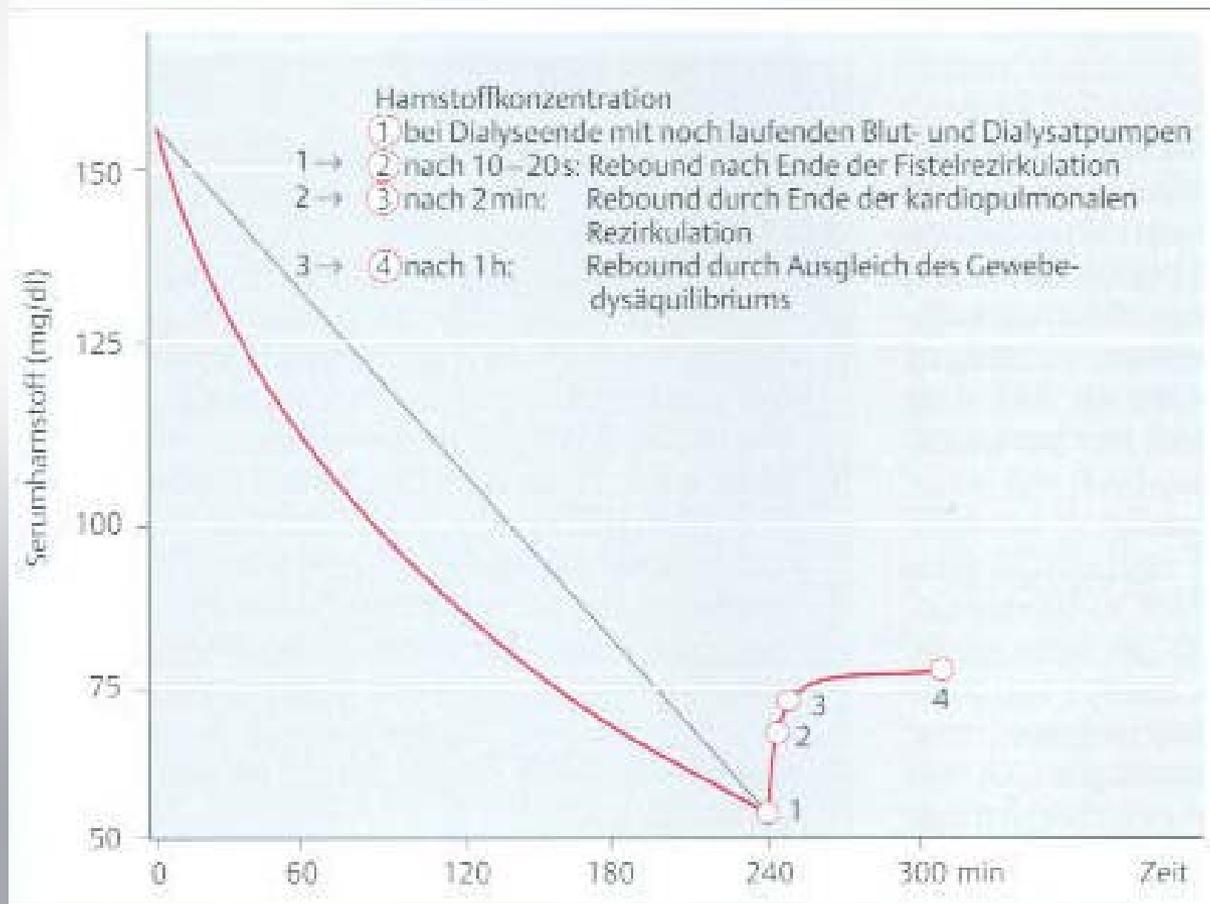
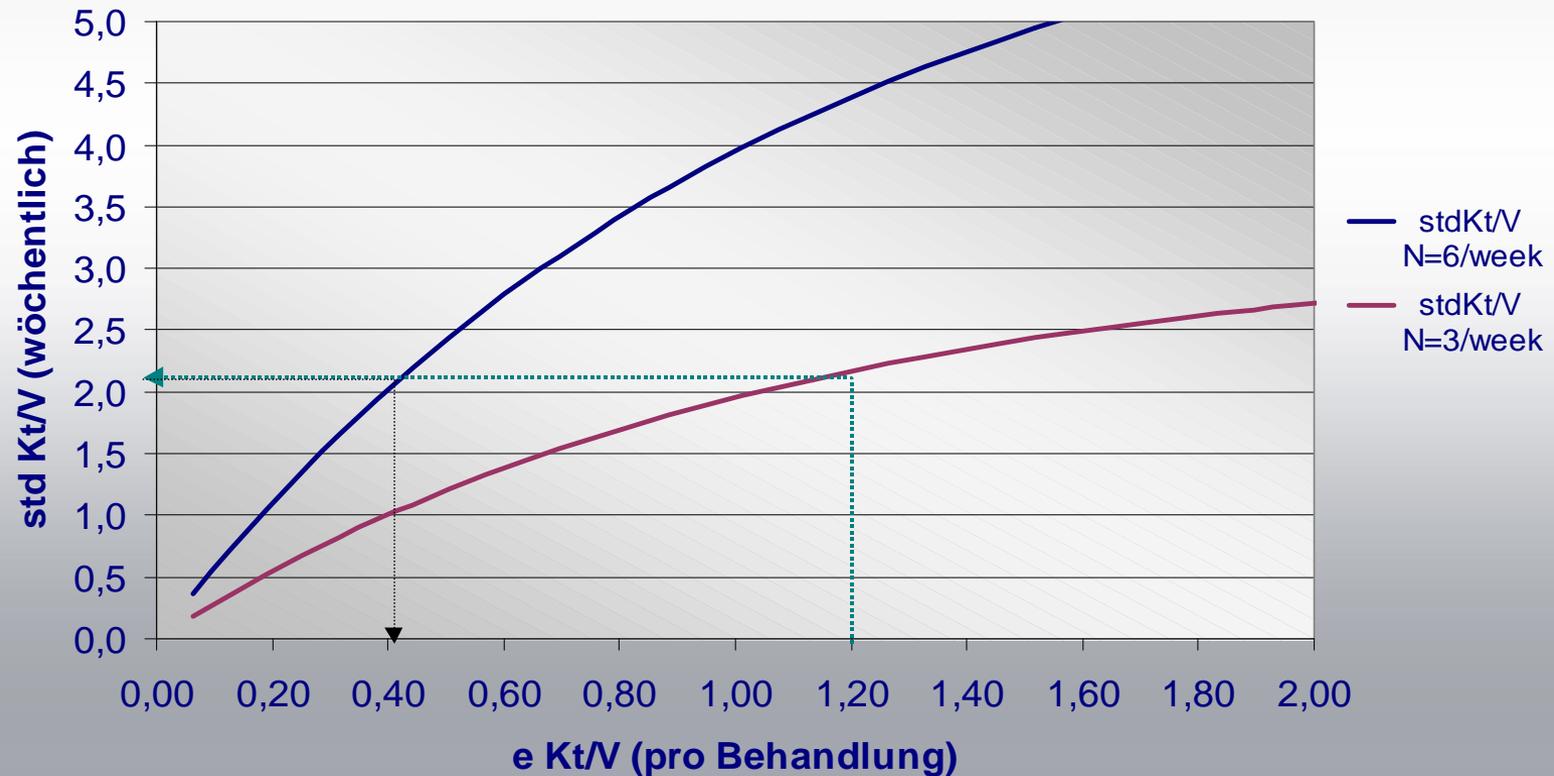


Abb. 15.7 Serumharnstoffkonzentration während und nach intermittierender Hämodialyse.



# Dialyseeffektivität

## Dialyseeffektivität 3 versus 6 Behandlungen/Woche: Urea Kinetic Modeling





# Dialyseeffektivität

Formeln:

**Schritt 1:** Kt/V - Berechnung pro Behandlung mit Berücksichtigung von rebound

$$e \frac{Kt}{V} = 0,927 sp \frac{Kt}{V} - 0,255 \frac{Kt}{V}$$

**Schritt 2:** Kt/V - Berechnung pro Woche

$$std \frac{Kt}{V} = 168 \frac{1 - e^{-\frac{Kt}{V}}}{t \left[ 1 - \frac{e^{-\frac{Kt}{V}}}{e^{\frac{Kt}{V}}} + 168 \frac{1}{Nt} - 1 \right]}$$

Leypoldt J.K., *Hemodialysis International*, Vol 7, No. 1, 2003





# Vorteile lange Dialyse /Lebensqualität

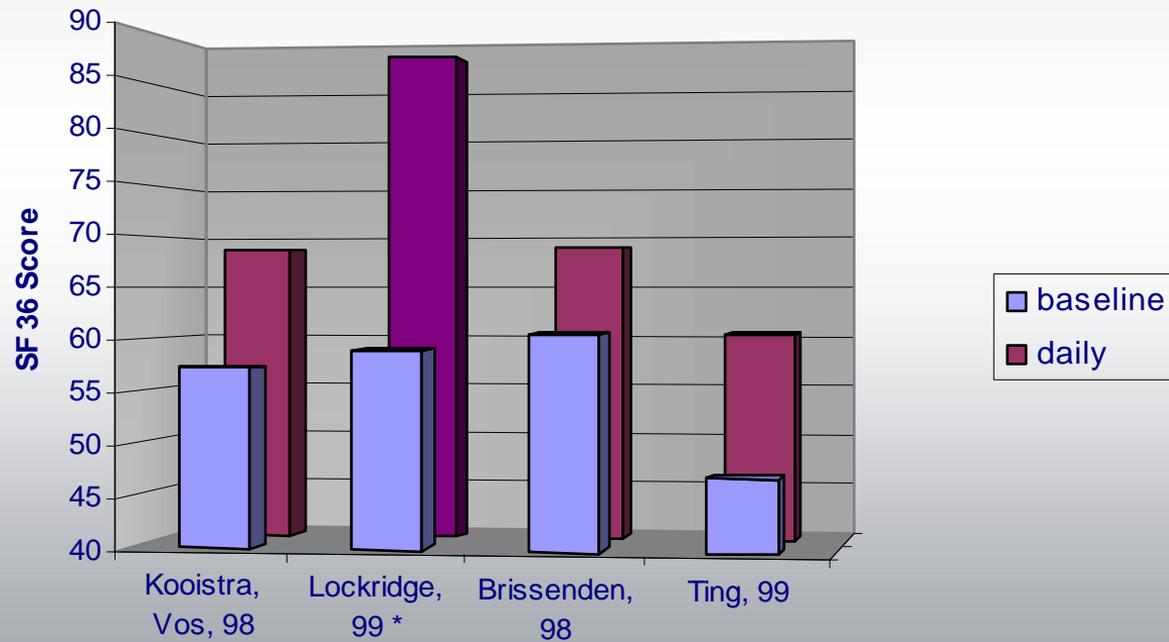
	verbessert	keine Veränderung	verschlechtert
<b>Muskelkrämpfe</b>	100%	0%	0%
<b>Diät - Einschränkungen</b>	83%	17%	0%
<b>Flüssigkeits-Einschränkungen</b>	82%	18%	0%
<b>Müdigkeit</b>	75%	25%	0%
<b>Juckreiz</b>	54%	46%	0%
<b>Anämie</b>	50%	50%	0%

Kooistra, Vos; NDT 1998



# Vorteile lange Dialyse /Lebensqualität

## SF 36 Kriterium: "Physical functioning"



\* Lockridge Studie mit täglicher Nachtdialyse  
Durchschnittliche Dialyse-Patienten: 41 bis 46





# Vorteile lange Dialyse / KH-Tage

G. Ting, 18 patients

J Am Soc Nephrol 0:228A, 1998



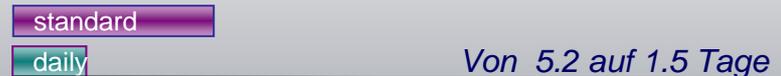
RS Lockridge, 15 patients

HomeHemodial Int 3:23-28, 1999



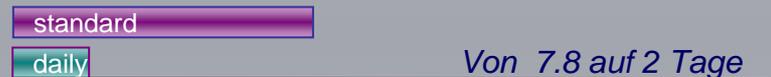
R Lindsay, 10 patients

Adv in RRT, Vol 8 No 4, 2001



J Traeger, 15 patients

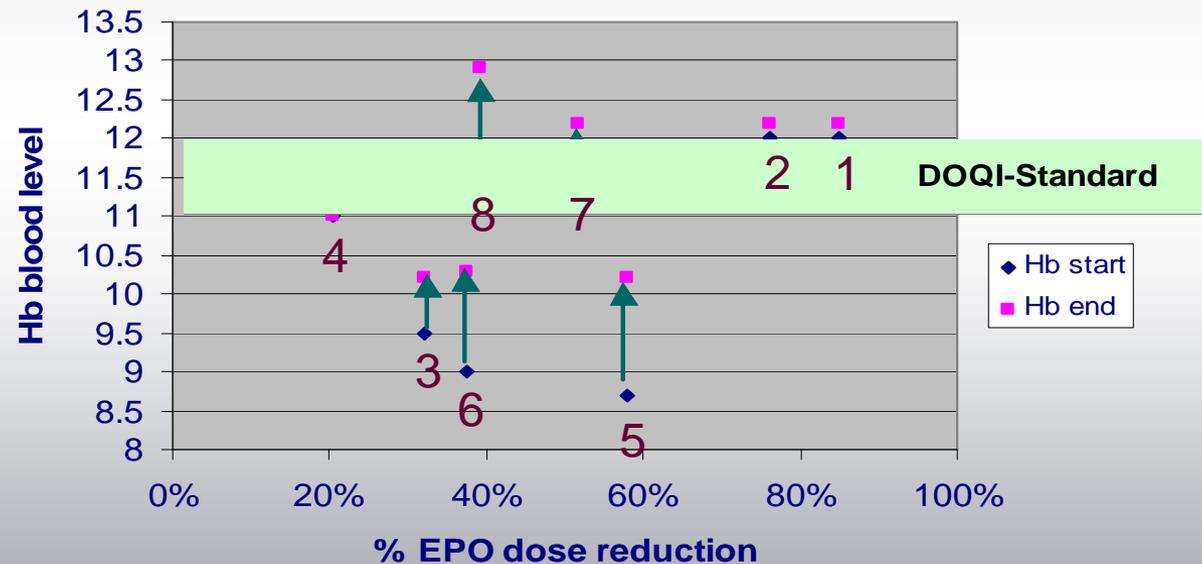
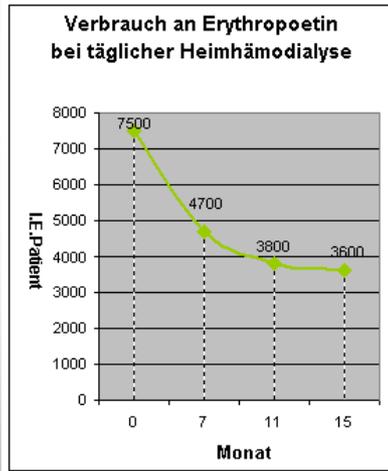
2001





# Vorteile lange Dialyse / Anämie

## EPO - Dose Reduction in Daily Short Dialysis



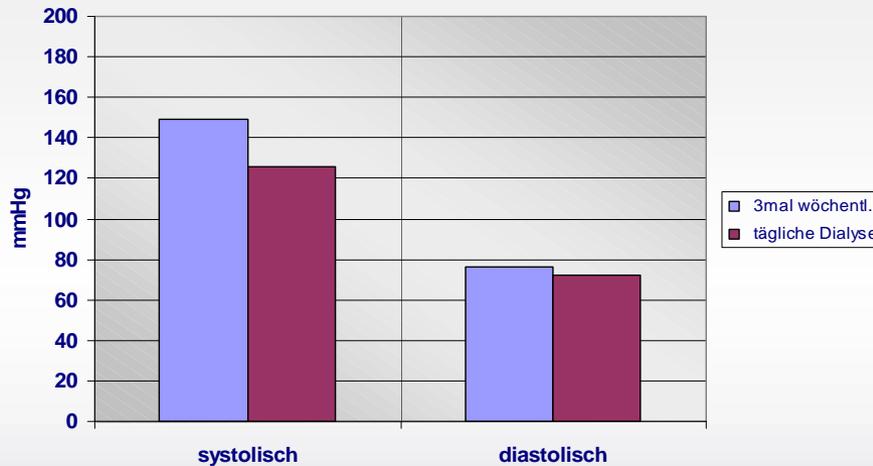
Dr. Nebel, Köln 2002  
24 Patienten

- 1 Traeger 01
- 2 Galland 01
- 3 Fagugli 01
- 4 Vos 01
- 5 Buoncristiani 97
- 6 Woods 99
- 7 Lindsay 01
- 8 Klarenbach 02





# Vorteile lange Dialyse / Hypertonie



R. Fagugli, 12 Patienten

*Am Jour Kid Disease - Vol38, No2 2001*

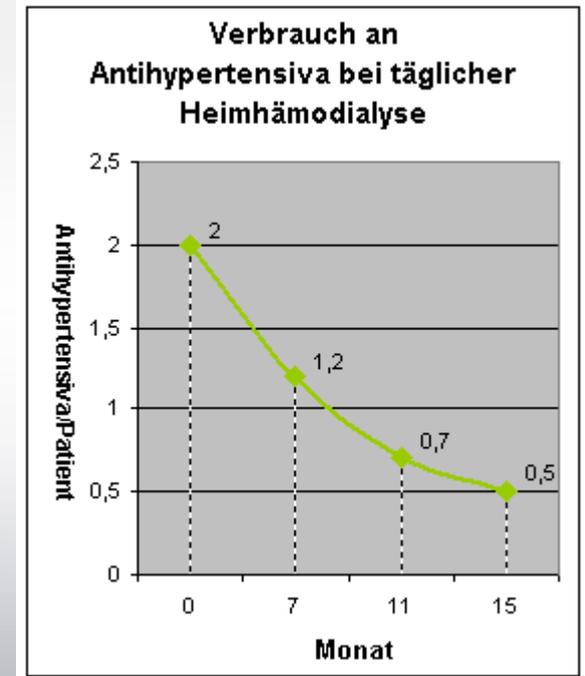
## Standard Dialyse:

8 von 12 Patienten nehmen Antihypertensiva

## tägliche Dialyse:

1 von 12 Patienten braucht Antihypertensiva

Dosis konnte von 2 auf 1 Tablette reduziert werden



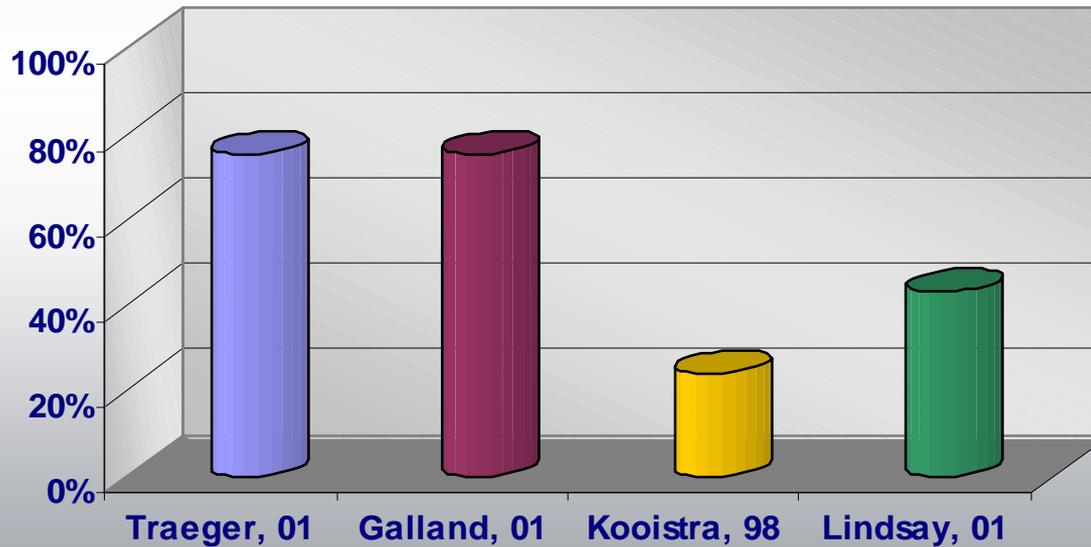
Nebel, Köln, 24 Patienten

*Dialysekongress Ulm, 2002*



# Vorteile lange Dialyse / Phosphatbinder

## Reduktion der Phosphatbinder bei kurzer täglicher Dialyse



J. Traeger, Dial Transplant. 2001;30:76  
R. Galland, Am J Kid Dis. 2001; 37 suppl 2

Kooistra, MP. Nephrol Dial Transplant. 1998;13:2853  
Lindsay, RM. ASAIO J. 2001;47:449



# Altersverteilung Dialysepatienten

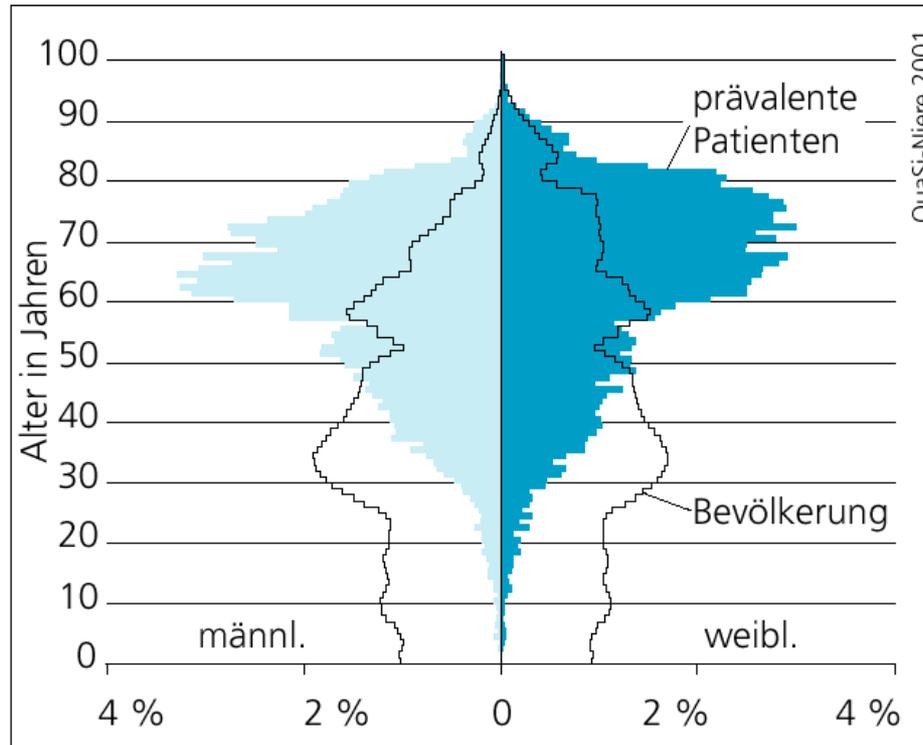


Abbildung 27 Alterspyramide der am 31.12.2001 lebenden Patienten in Nierenersatztherapie (Prävalenz) und der Gesamtbevölkerung