

Cardioprotective Haemodialysis **SPOT**

## **BVM – Blutvolumenmonitor**

Verbesserte Kreislaufstabilität durch individuelle Regelung der Ultrafiltration



**FRESENIUS  
MEDICAL CARE**

# Schützen Sie Ihre Patienten

## Kardioprotektive Hämodialyse

Bei Hämodialyse-Patienten treten zusätzlich zum terminalen Nierenversagen immer häufiger Begleiterkrankungen wie Diabetes mellitus, Dyslipidämien, Mangelernährung, Anämie, Bluthochdruck sowie kardiovaskuläre Komplikationen auf.

Zugleich ist die Überlebensrate von Hämodialyse-Patienten trotz der in den letzten 30 Jahren erzielten technischen und therapeutischen Fortschritte unbefriedigend niedrig.

# SF

## Service

Über 30 Jahre Erfahrungen im Bereich kundenorientierter Dienstleistungen

- Wasser-Qualitäts-Service (WQS)
- Technischer Service
- Qualitätssicherung mit EuClID®
- Medizinischer Informationsservice
- Aus- und Weiterbildung

## Produkte

Innovative Technologien – Innovative Produkte für kardioprotektive Therapien

- 5008/S CorDiax
- FX-class Dialysatoren – Helixone® Membran
- BCM-Body Composition Monitor
- Therapie-Datenmanagementsystem (TDMS)

Der Schlüssel zur Verbesserung der medizinischen Prognose liegt in der Kenntnis und gezielter Verbesserung der kardiovaskulären Risikofaktoren von Hämodialyse-Patienten. Deshalb steht die Entwicklung und Anwendung von kardioprotektiven Therapien im Zentrum des Interesses von Fresenius Medical Care. SPOT reflektiert unser Engagement für kardioprotektive Behandlungsstrategien in allen unseren Kompetenzbereichen. Bringen wir es auf den Punkt ...



## Outcomes

Bessere Prognosen durch kardioprotektive Therapien

- Reduziertes Mortalitätsrisiko
- Weniger kardiovaskuläre Komplikationen
- Nachhaltige Nutzung der Ressourcen

## Therapien

Kardioprotektive Therapien als Standard für jeden Patienten

- ONLINE HDF Behandlungen mit FX-class High-Flux Dialysatoren
- High-Flux Dialyse zur verbesserten Entfernung von Mittelmolekülen
- Genaue Kontrolle der Überwässerung mit dem BCM-Body Composition Monitor



<b>Vorwort</b>	<b>6</b>
<b>Einleitung</b>	<b>8</b>
Ursachen der symptomatischen Hypotonie	8
Klinische Vorteile der Ultrafiltrationsregelung durch den BVM	9
<b>Blutvolumen</b>	<b>10</b>
Einleitung	10
Absolutes und relatives Blutvolumen	10
Refilling	11
Kritisches relatives Blutvolumen ( $RBV_{krit}$ )	12
<b>Funktionsweise BVM</b>	<b>13</b>
Messprinzip	13
Regelung der Ultrafiltration durch den BVM	14
Detaillierte Beschreibung der BVM-Regelung	15
Beispiel einer individuellen Ultrafiltrationsregelung	17
<b>BVM-Menü</b>	<b>18</b>
<b>Häufig gestellte Fragen zum BVM</b>	<b>21</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>23</b>

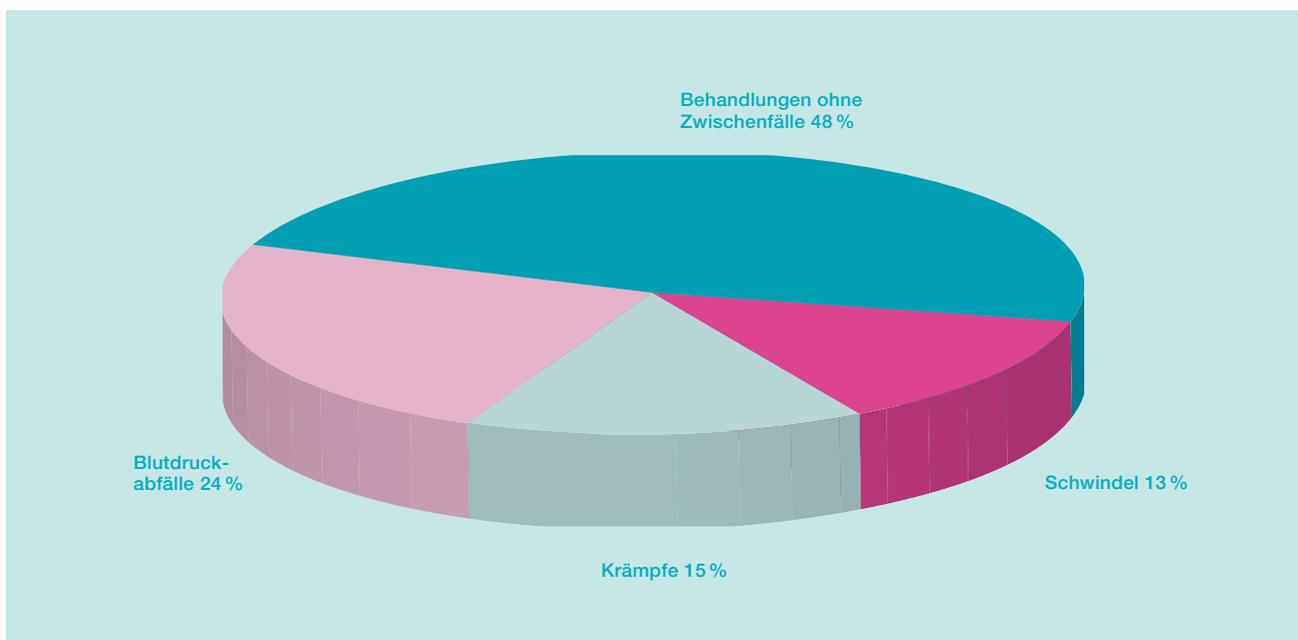
# Vorwort

Die symptomatische Hypotonie ist das am häufigsten auftretende intradialytische Problem bei der Behandlung von Patienten mit chronischen Nierenversagen [1,2]. Die heutigen Herausforderungen in der Hämodialyse bestehen in dem stark wachsenden Anteil an älteren und gleichzeitig medizinisch anspruchsvollen Patienten mit ihren zahlreich vorhandenen Begleiterkrankungen.

Insbesondere hohe Ultrafiltrationsraten gelten als entscheidender Faktor für das Auftreten von intradialytischen hypotensiven Episoden. Diese führen nicht selten zu einer frühzeitigen Beendigung der Dialysebehandlung und somit zu unzureichender Ultrafiltration, was wiederum zu weiterer Flüssigkeitsansammlung und zu einer inadäquaten Dialyседosis führen kann.

Verträgliche Ultrafiltrationsraten können durch Einhaltung der verordneten Dialysedauer, eingeschränkten Salzkonsum und durch individualisierte Kontrolle und Steuerung von Temperatur und Hämodynamik erreicht werden. Die Blutvolumenregelung durch den Blutvolumenmonitor (BVM) hilft dabei, den Teufelskreis von intradialytischer Hypotonie und interdialytischer Volumenüberladung, die zu Hypertonie und zu kardiovaskulären Erkrankungen führen können, zu vermeiden.

Durch die Kombination eines kardioprotektiven Konzepts mit benutzerfreundlicher Bedienung ist die 5008 CorDiax ideal dafür geeignet, die heutigen Herausforderungen in der Hämodialysebehandlung zu meistern.



1: Verteilung der häufigsten intradialytischen Komplikationen [2]

bV<sup>m</sup>



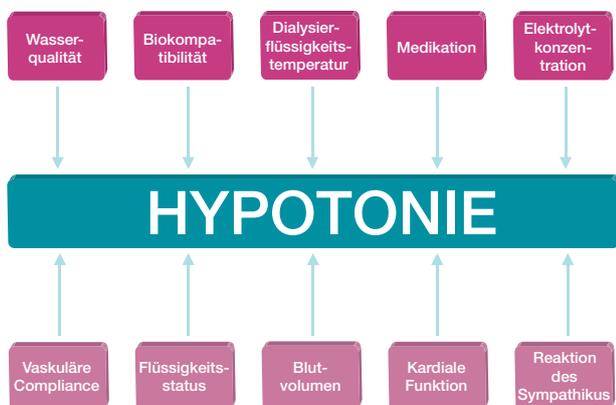
## a) Ursachen der symptomatischen Hypotonie

Während der Hämodialyse wird die überschüssige Flüssigkeit, die sich im behandlungsfreien Intervall im Organismus angesammelt hat, durch Ultrafiltration entzogen. Als Folge der Ultrafiltration sinkt das Blutvolumen.

Die Fähigkeit, diese rasche Blutvolumenänderung zu kompensieren und den Blutdruck stabil zu halten, variiert beträchtlich von Patient zu Patient. Bei Patienten mit häufigen symptomatischen hypotensiven Episoden sind die Kompensationsmechanismen offensichtlich überstrapaziert. Betroffen sind vor allem ältere und kardiovaskulär vorbelastete Patienten.

Es wurde beobachtet, dass Patienten, die oft empfindlich auf das Absinken des relativen Blutvolumens durch die Ultrafiltration reagierten, vermehrt zu finden sind unter [3]:

- Vaskulär geschädigten Patienten (häufig Diabetiker und ältere Menschen),
- Patienten mit prädialytisch niedrigem diastolischen Blutdruck,
- Patienten mit myokardialer Insuffizienz und/oder Arrhythmien.



2: Patienten- und therapiebedingte Faktoren tragen zur Entwicklung von intradialytischer Hypotonie bei

Blutvolumen und Blutdruck sind eng verbunden [4, 5]. Bei gleichbleibender Herzleistung und unverändertem Zustand der Blutgefäße hätte ein reduziertes Blutvolumen einen verminderten Blutdruck zur Folge. Die komplexen Regelmechanismen zur Blutdruckkontrolle bewirken, dass das abfallende Blutvolumen zumindest teilweise, z. B. durch Vasoconstriktion, kompensiert wird. Der Blutdruck des Patienten kann stabil gehalten werden.

Versagt dieser Kompensationsmechanismus, kann es zur symptomatischen Hypotonie kommen. Während der Hämodialysebehandlung verändern sich verschiedenste physiologische Parameter, die für die kardiovaskuläre Stabilität von Bedeutung sind: So verursacht die Dialysebehandlung unter anderem Veränderungen der Körpertemperatur und der Plasmaosmolarität.

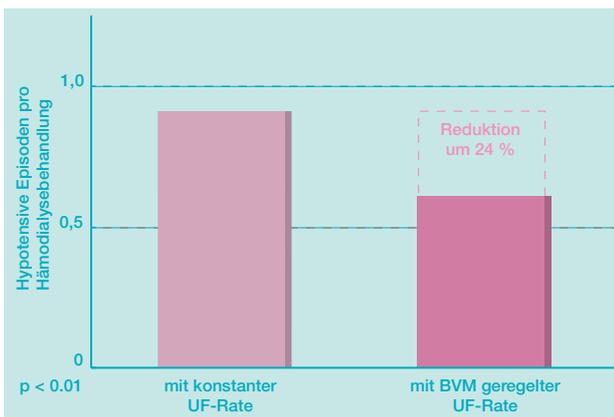
Ein wesentlicher Einflussfaktor auf das Blutdruckverhalten des Patienten ist eine unangepasste Ultrafiltration. Ultrafiltrationsbedingte hypotensive Episoden treten meist in der zweiten Hälfte der Behandlung auf, wenn der Patient sich seinem Sollgewicht nähert [6, 7]. Eine symptomatische Hypotonie ohne Ultrafiltration ist selten und durch andere Patienten- und therapiebedingte Faktoren verursacht.

Auf der einen Seite ermöglichen moderne Therapiesysteme immer mehr Patienten eine komplikationsfreie Behandlung. Auf der anderen Seite werden die Patienten zunehmend älter und haben häufig mehrere Begleiterkrankungen. Der Umgang mit intradialytischen Komplikationen stellt auch in Zukunft eine Herausforderung für Medizin und Technik dar.

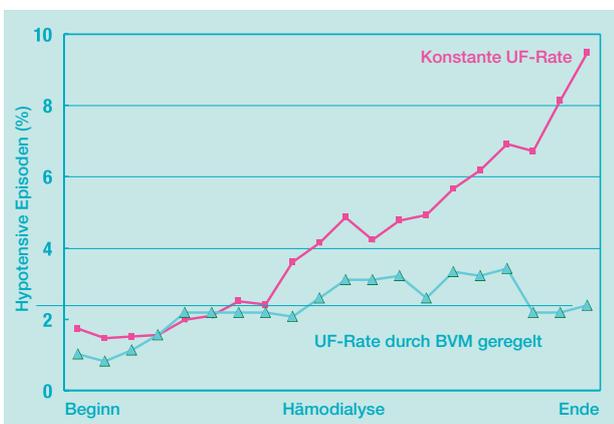
## b) Klinische Vorteile der Ultrafiltrationsregelung durch den BVM

Die patientenindividuelle Ultrafiltrationsregelung anhand des Blutvolumens durch den BVM führt zu einer signifikanten Reduzierung der hypotensiven Episoden. Dieses wurde in multizentrischen Studien bestätigt. Bei 27 Patienten mit häufigen hypotensiven Episoden wurden während 1.170 Hämodialysebehandlungen 886 hypotensive Episoden beobachtet. Die durchschnittliche Anzahl hypotensiver Episoden pro Behandlung ging durch den Einsatz der Blutvolumenregelung beträchtlich zurück<sup>43</sup>. [8]

Durch die automatische Regelung der Ultrafiltrationsrate durch den BVM traten signifikant weniger symptomatische Hypotonien auf, insbesondere in der zweiten Hälfte der Hämodialysebehandlung.



3: Rückgang der intradialytischen Symptome durch BVM-Regelung [4]



4: Verringerung der hypotensiven Episoden in der zweiten Behandlungshälfte durch die BVM-Regelung

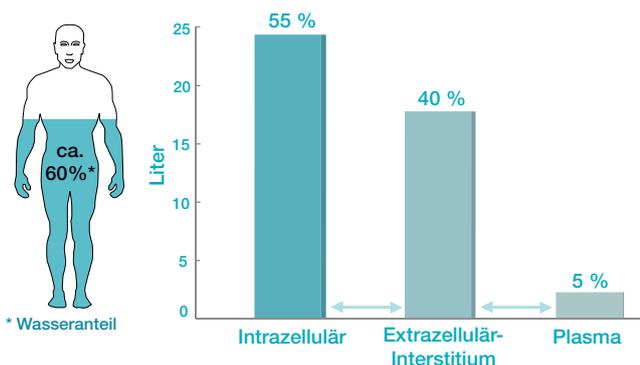
# Blutvolumen

## a) Einleitung

Der menschliche Körper besteht zu 50–60 % aus Wasser. Davon befinden sich etwa 55 % in den Zellen und ungefähr 45 % im extrazellulären Raum, wovon wiederum ca. 5 % auf das Blutplasma entfallen.

Der vom Patienten im dialysefreien Intervall aufgenommene Flüssigkeitsüberschuss wird innerhalb der Behandlung wieder entzogen. Dies bedingt Flüssigkeitsverschiebungen und ein vorübergehendes Ungleichgewicht zwischen den einzelnen Flüssigkeitsräumen. Der Flüssigkeitsentzug durch Ultrafiltration findet zunächst aus dem Blutplasma statt. Die Ultrafiltration und der Zustrom aus dem umliegenden Gewebe (Refilling = Flüssigkeitsnachstrom) beeinflussen das relative Blutvolumen.

Bei einer an den Flüssigkeitsnachstrom angepassten Ultrafiltrationsrate gleichen sich Zufluss und Entzug aus, das relative Blutvolumen bleibt unverändert. Bei stark überwässerten Patienten ist ein konstantes relatives Blutvolumen zu beobachten, das ultrafiltrierte Volumen wird unmittelbar durch Flüssigkeit aus dem umliegenden Gewebe ersetzt [9]. Das relative Blutvolumen nimmt bei der Mehrzahl der Behandlungen ab. Die überschüssige Flüssigkeit im Körper ist begrenzt und mit Annäherung an das Sollgewicht lässt das Refilling in das Blutplasma nach.



5: Verteilung des Körperwassers

## b) Absolutes und relatives Blutvolumen

### Definition:

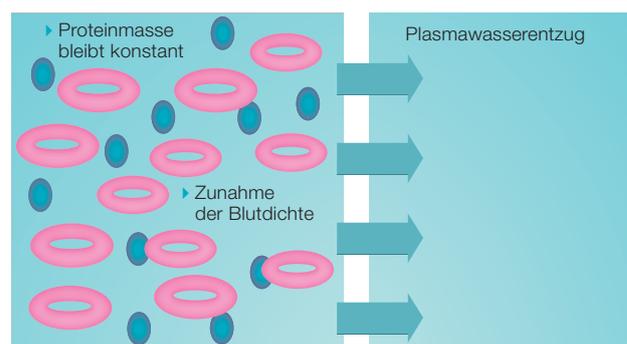
#### Absolutes Blutvolumen:

Mit Blutvolumen wird die Gesamtblutmenge eines Organismus bezeichnet. Es handelt sich hierbei um die Summe der flüssigen und zellulären Bestandteile des Blutes. Beim erwachsenen Menschen sind das ca. 4–6 Liter, was etwa 8 % des Körpergewichts entspricht. Eine Veränderung des absoluten Blutvolumens tritt z. B. bei Blutungen auf.

#### Relatives Blutvolumen:

Im Gegensatz zum absoluten Blutvolumen geht man bei der Betrachtung des relativen Blutvolumens davon aus, dass der zelluläre Bestandteil des Blutes konstant, der flüssige Anteil jedoch variabel ist. Eine Veränderung des relativen Blutvolumens wird z. B. in der Dialysebehandlung durch die Ultrafiltration ausgelöst.

Das relative Blutvolumen des Patienten wird zu Beginn der Behandlung mit 100 % definiert. Der BVM bestimmt kontinuierlich das relative Blutvolumen (RBV) des Patienten im Verlauf der Behandlung. Die Abnahme des relativen Blutvolumens ist gekennzeichnet durch den Anstieg von Hämatokrit und Proteingehalt, umgekehrt proportional zur Veränderung des Blutvolumens [10].



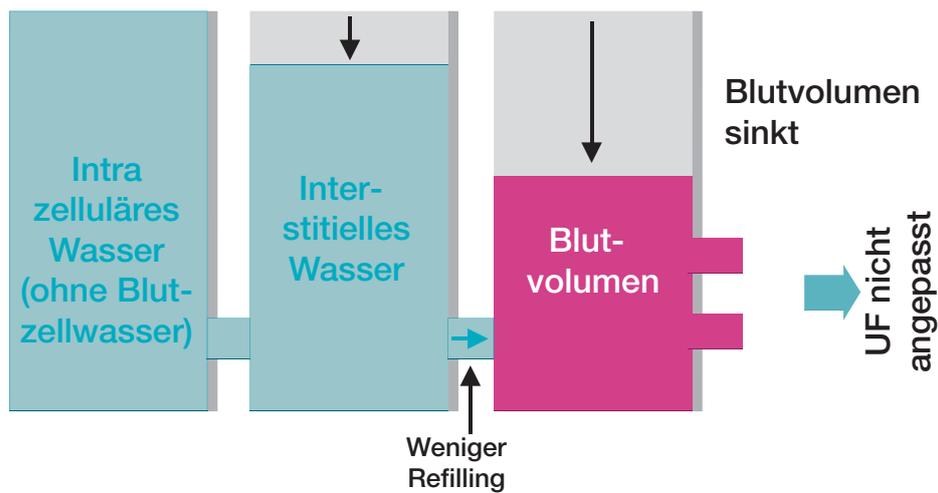
6: Veränderung des relativen Blutvolumens durch Ultrafiltration

### c) Refilling

**Definition:**

Durch die Ultrafiltration wird Flüssigkeit aus dem Blut entfernt. Hierdurch kommt es zu einer Konzentration der zellulären Bestandteile im Blut, so dass verstärkt Flüssigkeit aus dem Interstitium in den Intra- und Extravasalarraum nachströmt. Dieses Nachströmen wird als Refilling bezeichnet und kann von Patient zu Patient unterschiedlich stark ausfallen.

**UF-Rate > Refilling-Rate: Absinken des Blutvolumens (Hypovolämie)**



7: Schematische Darstellung zum Refilling

## d) Kritisches relatives Blutvolumen ( $RBV_{krit}$ )

### Definition:

Der Bereich, in dem die Reduktion des Blutvolumens toleriert wird, ist patientenindividuell. Das relative Blutvolumen, bei dem symptomatische Episoden auftreten, wird als kritisches relatives Blutvolumen ( $RBV_{krit}$ ) bezeichnet. Obwohl bei fast allen Patienten von Behandlung zu Behandlung Unterschiede bezüglich des Grades der Überwässerung auftreten, zeigen die meisten Patienten im Laufe der Behandlung ein patientenspezifisches Muster der Verringerung des relativen Blutvolumens.

### Das kritische RBV – ein individueller Wert

Das kritische RBV ist ein individueller Wert und kann bei den Patienten recht unterschiedlich sein. Bei 60 kreislaufinstabilen Patienten wurden im Rahmen einer Untersuchung individuelle  $RBV_{krit}$ -Werte zwischen dem Anfangswert von 100 % und einem Minimalwert von 71 % ermittelt. Der Mittelwert des  $RBV_{krit}$  aller Patienten lag bei etwa 88 %.

### Schrittweise Bestimmung des kritischen RBV

Es wird empfohlen, zunächst mehrere Behandlungen im BVM-Adaptionsmodus (ohne Regelung) durchzuführen.

## Adaptionsmodus

Der Adaptionsmodus unterstützt den Anwender beim Auffinden des patientenspezifischen  $RBV_{krit}$  und verwendet hierzu folgende Vorgehensweisen. Wird der BVM nur messend verwendet, d.h. die UF-Regelung ist nicht aktiv, wird das niedrigste während der Behandlung gemessene RBV als neues  $RBV_{krit}$  auf die PatientCard gespeichert. Gab es während der Behandlung eine oder mehrere Blutdruckmessung(en) mit einem „unteren“ systolisch, MAP oder diastolisch bedingten Blutdruckalarm, wird das jeweilige RBV ermittelt und gespeichert. Am Ende der Behandlung wird dann der höchste dieser Werte als neues  $RBV_{krit}$  auf die PatientCard oder im Therapie-Daten-Management-System (TDMS) übernommen. Treten bei Erreichen des aktuellen  $RBV_{krit}$  keinerlei Symptome einer hypotensiven Episode auf, kann das  $RBV_{krit}$  entsprechend nach unten korrigiert werden, um so dem Regelalgorithmus mehr Spielraum zum Erreichen des UF-Ziels zu verschaffen. Das so ermittelte  $RBV_{krit}$  kann zur automatischen BVM-Regelung verwendet werden.

### Ermittlung des individuellen kritischen RBV

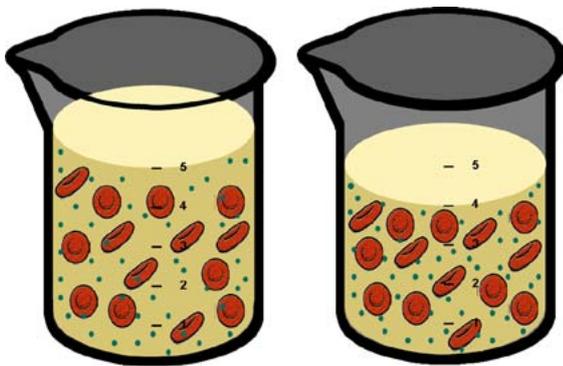
- Mehrere Behandlungen bevorzugt mit PatientCard ohne BVM-Regelung durchführen.
- Einschalten des Adaptionsmodus im BVM-Menü.
- Anpassung der Blutdruckgrenzen. Bei kreislaufinstabilen Patienten ist eine engmaschige Blutdruckkontrolle empfehlenswert.
- Bei Vorfällen (Blutdruckabfällen, Krämpfen, auffälliger kardialer Situation, Befindlichkeitsstörungen des Patienten) sollte das momentane RBV abgelesen werden.
- Werden keine Vorfälle beobachtet, sollte am Ende der Behandlung das min. RBV und der Start- und End-Hkt dokumentiert werden.

# Funktionsweise BVM



## a) Messprinzip

Änderungen in der Dichte eines Mediums lassen sich durch die Messung der Schallgeschwindigkeit bestimmen. Je dichter das Medium und je geringer das relative Blutvolumen, desto schneller ist die Schallübertragungsgeschwindigkeit. So ist z. B. der Schall im Wasser fast 5-mal schneller als in Luft. Der BVM bestimmt die Dichte des Blutes mittels Ultraschall mit hoher Präzision.



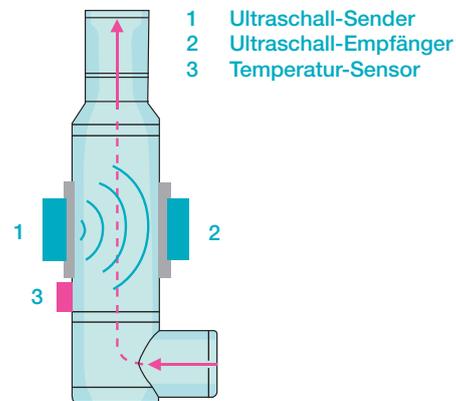
**RBV = 100%**  
**Hkt = 30%**  
**v = 1573.1 m/s**

**RBV = 80%**  
**Hkt = 37.5%**  
**v = 1580.4 m/s**

8: Beispiel für Blutvolumenreduktion

Ein Beispiel für den Konzentrationsanstieg nach Reduktion des Blutvolumens von 5 auf 4 Liter ist in > 8 dargestellt dargestellt.

Das anfängliche relative Blutvolumen (RBV) von 100 % reduziert sich am Ende der Dialysebehandlung auf 80 %. Dargestellt sind ebenfalls die Änderungen des Hämatokrits (Hkt) und die Zunahme der Ultraschallgeschwindigkeit (v) aufgrund des



9: Technisches Schema zum BVM

prozentualen Anstiegs der zellulären Bestandteile. Die Messung des Blutvolumens erfolgt in einer speziellen Messküvette im arteriellen Blutschlauhsystem. Da die Temperatur auch Einfluss auf die Schallgeschwindigkeit hat, wird diese bestimmt und berücksichtigt.

Ein Sender verschickt kurze Ultraschall-Impulse, die vom Empfänger auf der Gegenseite der Küvette registriert werden. In > 9 werden, werden die Messküvette und der Sensorkopf des Ultraschall-Blutvolumenmonitors schematisch dargestellt.

Die Laufzeit des Ultraschallimpulses wird aus dem gesendeten und dem empfangenen Signal abgeleitet. Diese präzise Geschwindigkeitsmessung ermöglicht eine Bestimmung des relativen Blutvolumens mit einer Messtoleranz unter 2 %.

**Der BVM ermöglicht, nichtinvasive Messungen des relativen Blutvolumens automatisch und mit hoher Genauigkeit durchzuführen.**

## b) Regelung der Ultrafiltration durch den BVM

### Einführung

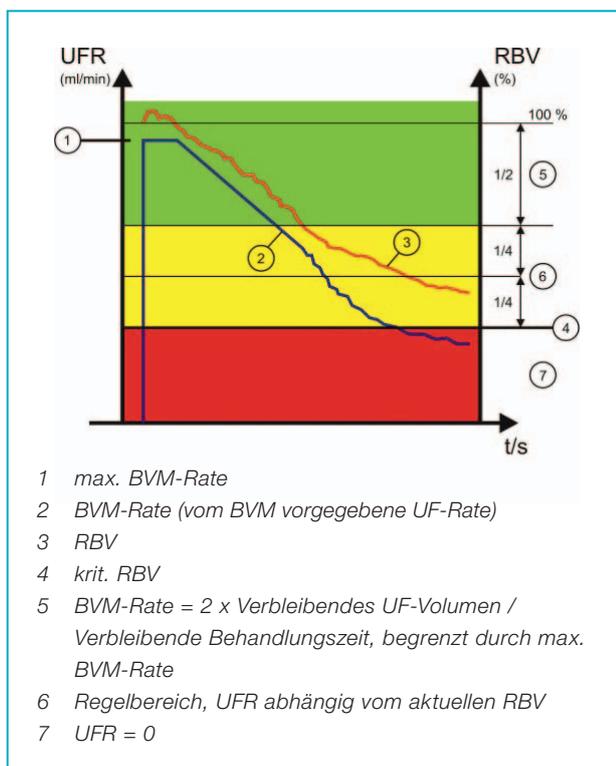
Die kontinuierliche Messung des RBV kann genutzt werden, um die Blutvolumenreduktion in einem für den Patienten verträglichen Rahmen zu halten.

Nach Eingabe des  $RBV_{krit}$  (ggf. Übernahme von Patient Card oder TDMS) und dem Start der Regelung wird die Ultrafiltrationsrate an das aktuelle Blutvolumen angepasst, so dass das  $RBV_{krit}$  nicht unterschritten wird.

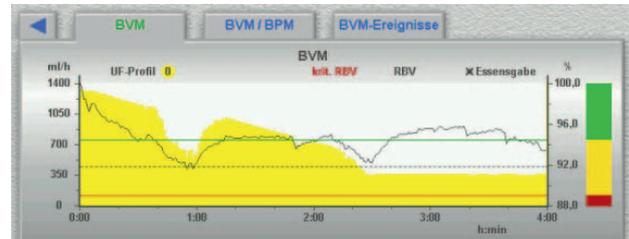
Mit dem Start der Blutvolumenregelung wird die BVM-Grafik in drei Zonen unterteilt.

### Grüne Zone:

(Unkritischer Bereich: die Ultrafiltrationsrate wird unabhängig vom RBV vorgegeben)



10: BVM-Grafik (Verlauf der UF-Rate und des RBV)



11: Beispiel für BVM-geregelte Ultrafiltration

Zu Beginn der Dialyse ist der Patient überwässert, deshalb beginnt die Ultrafiltration mit der doppelten mittleren Rate und fällt kontinuierlich ab. Sollte die doppelte mittlere UF-Rate größer sein als eine im BVM-Menü programmierbare maximale BVM-Rate, wird die Ultrafiltration auf diese begrenzt.

### Gelbe Zone:

(Regelbereich: Die gelbe Zone wird durch eine gestrichelte Linie wiederum in zwei Hälften unterteilt.)

Oberhalb der gestrichelten Linie wird die UF geregelt. Beim Unterschreiten dieser Linie werden Meldungen ausgegeben. Der Anwender erhält Hinweise, um ein Absinken des RBV in den krit. Bereich zu vermeiden. Die UF-Rate wird mit zunehmender Annäherung an das  $RBV_{krit}$  stärker reduziert. Beim erneuten Anstieg des RBV wird die UF-Rate wieder erhöht.

### Rote Zone:

(Kritischer Bereich: Das Auftreten von blutvolumenbedingten hypotensiven Episoden ist wahrscheinlich)

Unterhalb des kritischen Grenzwertes  $RBV_{krit}$  erfolgt keine Ultrafiltration. Befindet sich das RBV in diesem Bereich, wird der Anwender durch eine Meldung darauf aufmerksam gemacht, wie weit das  $RBV_{krit}$  bereits unterschritten ist.

### c) Detaillierte Beschreibung der BVM-Regelung

Nach Festlegung des  $RBV_{krit}$  kann eine BVM-Regelung gestartet werden. In der Behandlung wird dabei die BVM-Rate an das jeweilige aktuelle Blutvolumen des Patienten angepasst, so dass der  $RBV_{krit}$  nicht unterschritten wird.

Das RBV des Patienten ist zu Beginn der Behandlung definitionsgemäß 100 %.

Der 5008 CorDiax-BVM unterstützt eine UF-Regelung mit flexiblem UF-Ziel. Die erlaubte Zielabweichung (UF-Volumenkorridor), d.h. mehr oder weniger Gewichtsabnahme, sollte patientenindividuell vom Arzt angeordnet werden. Hierdurch wird die Möglichkeit geschaffen, das UF-Volumen an die jeweilige „Tagesform“ des Patienten anzupassen. Ist das Refilling des Patienten gut, kann mehr Volumen entzogen werden. Ist der Flüssigkeitsentzug erschwert, wird die UF-Rate im erlaubten Bereich automatisch verringert.

Zusätzlich ermöglicht dieser „Volumenkorridor“ dem Patienten Lageveränderungen ohne dadurch ausgelöste Warnmeldungen vom BVM. Setzt ein Patient sich z.B. auf und/oder lässt die Beine aus dem Bett hängen, kommt es zu Flüssigkeitsverschiebungen im Körper, die wiederum das Refilling verringern können. Dies kann in Folge zu einem Absinken des RBV und zu unnötigen Meldungen des BVM führen.

Die Veränderungen des RBV und die UF-Raten-Anpassungen des BVM können in der BVM-Grafik im Behandlungsbildschirm jederzeit nachvollzogen werden.

Die BVM-Regelung ist grundsätzlich in zwei Phasen eingeteilt.

Die **erste Phase** endet, wenn die Hälfte des eingegebenen UF-Ziels (erste Volumenhälfte) erreicht ist. In der ersten Phase wird versucht, möglichst viel Volumen in kurzer Zeit zu entziehen. Der Patient ist in dieser Phase noch mit Flüssigkeit überladen und reagiert deshalb toleranter auf den Entzug. Erst nach Erreichen einer bestimmten Eindickung des Blutes wird durch die Osmolarität bedingt das Refilling aus dem Interstitium vermehrt angeregt.

Ist das Erreichen des eingegebenen UF-Ziels mit der momentanen BVM-Rate fraglich, werden Meldungen ausgegeben. Dem Anwender werden zwei Reaktionsmöglichkeiten angeboten:

- 1) Die Regelung wird mit der möglichen Konsequenz einer starken Absenkung der BVM-Rate fortgesetzt. Sollte sich das Refilling nicht verbessern, wird erneut eine Meldung ausgegeben.
- 2) Eine BVM-Mindestrate wird aktiviert, d.h. nur das unterste UF-Ziel des UF-Volumenkorridors (UF-Mindestziel) kann erreicht werden. Diese Mindestrate wird automatisch bei Erreichen der zweiten Phase (zweite Volumenhälfte) ausgeschaltet.

In der **zweiten Phase** der Regelung, nach dem Erreichen der zweiten Volumenhälfte, wird versucht den Entzug gleich dem Refilling zu halten. Es wird eine Prognose des abzunehmenden Volumens gestellt. Diese Prognose richtet sich nach dem vorgegebenen Korridor. Bleibt das Refilling stabil, kann mehr abgenommen werden. Nimmt das Refilling ab, wird bis zum Mindestziel Flüssigkeit entzogen.

Geht das Refilling sehr stark zurück, werden dem Anwender zwei Alternativen vorgeschlagen:

- 1) Das eingestellte UF-Mindestziel kann, in 100 ml-Schritten, reduziert werden.
- 2) Die Ultrafiltration kann mit einer definierten UF-Rate (BVM-Mindestrate) weitergeführt werden, um wenigstens das UF-Mindestziel zu erreichen. Dabei kann das krit. RBV unterschritten werden. Sollte dies geschehen, wird eine informative Meldung ausgegeben. Verbessert sich das Refilling wieder, wird die UF-Regelung weitergeführt.

Die BVM-Mindestrate bleibt dabei im Hintergrund weiter aktiv. D.h. bei erneuten RBV-Einbrüchen wird die BVM-Rate wieder auf die BVM-Mindestrate gesetzt.

Es kann jederzeit auch das eingegebene UF-Ziel verändert werden.

### d) Beispiel einer individuellen Ultrafiltrationsregelung

In ▶ 12 werden zwei Beispiele für BVM geregelte Behandlungen beim selben Patienten mit einem kritischen RBV von 85% dargestellt [12].

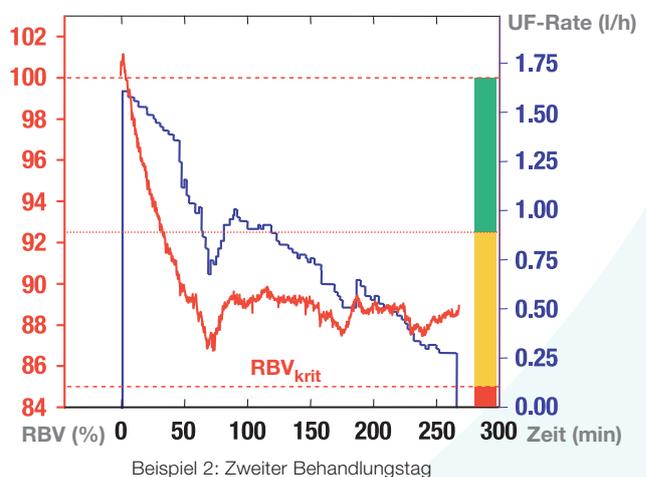
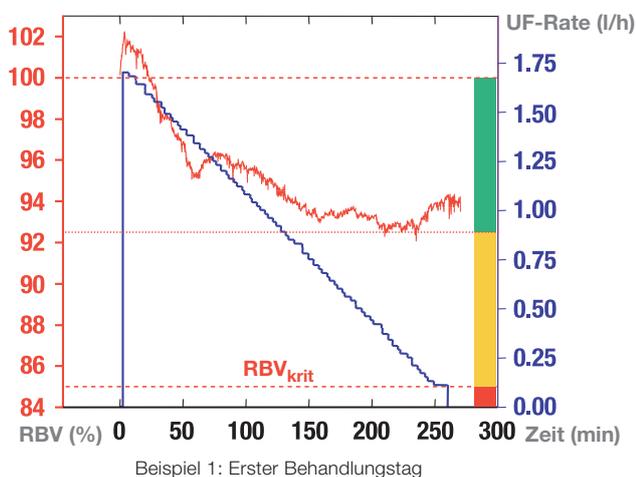
Der Patient hat ein zu entziehendes Volumen (UF-Ziel) von 4 L in 4 Stunden, was einer durchschnittlichen UF-Rate von 1.000 mL/h entspricht.

Die UF-Rate beginnt in der grünen Zone (Beispiel: 100 bis 92,5% RBV) zunächst mit der doppelten mittleren UF-Rate (2.000 mL/h). Die UF-Rate reduziert sich kontinuierlich (z. B. auf 1.500 mL/h nach 1 Stunde, auf 1.000 mL/h nach 2 Stunden, auf 500 mL/h nach 3 Stunden). Sinkt das aktuelle RBV unter 92,5%, setzt in der gelben Zone eine RBV-abhängige Regelung ein: Je mehr sich das aktuelle RBV dem  $RBV_{krit}$  nähert, desto geringer wird die UF-Rate. Häufig reicht diese Reduzierung der UF-Rate aus, um ein weiteres Absinken des RBV zu verhindern. Wird dennoch der kritische Grenzwert erreicht, wird in der roten Zone unterhalb eines RBV von 85% die UF-Rate auf 0 mL/h reduziert. Mit dem Anstieg des RBV steigt auch die UF-Rate wieder an.

Während bei der ersten Behandlung das RBV in der grünen Zone verbleibt und die UF-Rate kontinuierlich über die Dialysedauer abfällt, sinkt bei der zweiten Behandlung das RBV in die gelbe Zone. Die UF-Rate passt sich an, damit das RBV nicht unter das  $RBV_{krit}$  abfällt. Im Beispiel 2 ist das RBV während der ersten halben Stunde innerhalb der grünen Zone. Dem raschen Abfall des RBVs wirkt der BVM durch die Reduktion der UF-Rate entgegen. Durch eine Anpassung der UF-Rate zwischen 87% und 90% stabilisiert sich das RBV in der gelben Zone.

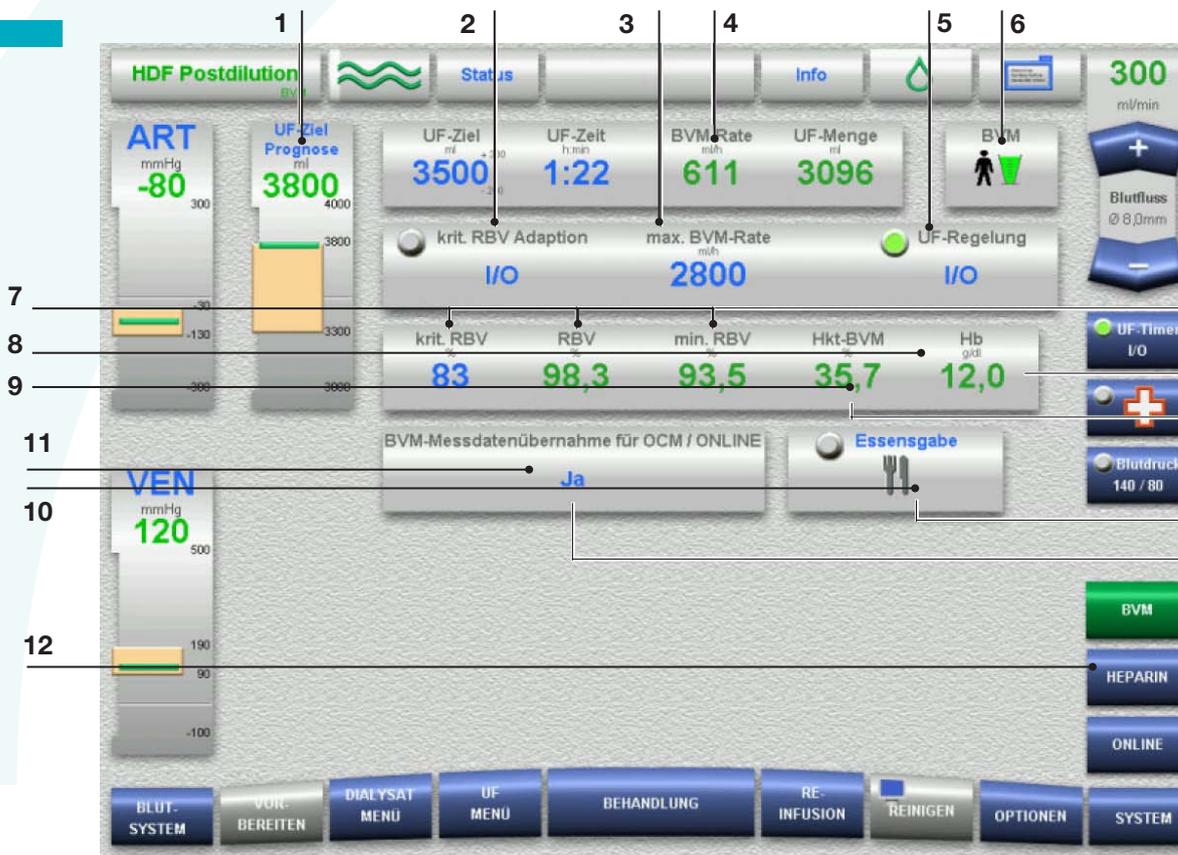


13: Behandlungsbildschirm Therapiesystem 5008 mit RBV-Verlauf bei aktivierter BVM-Regelung



12: Beispiele der BVM-Regelung an zwei unterschiedlichen Behandlungstagen eines Patienten

# BVM-Menü



14: BVM-Menü 5008 CorDiax

## Menü-Inhalte:

### ▶ 1 UF-Ziel-Prognose

Darstellung der Prognose des erreichbaren UF-Volumens als Zahlenwert und als Balken. (Anzeigewert erscheint erst, wenn die Hälfte des UF-Ziels erreicht ist.)

Eingabe des erlaubten Bereiches des UF-Ziels:

UF-Maximalziel =

UF-Ziel + positive UF-Zielabweichung

UF-Mindestziel =

UF-Ziel – negative UF-Zielabweichung

Darstellung des erlaubten Bereiches des UF-Ziels als Blockdarstellung der Fenstergröße entsprechend.

### ▶ 2 krit. RBV-Adaption (in der Messfunktion)

Taste zum Starten/Stoppen des speziellen Modus zur Unterstützung der Bestimmung des patientenindividuellen kritischen RBV's. Funktion bei messendem BVM:

Am Ende jeder Behandlung ohne UF-Regelung wird das kleinste gemessene RBV (min. RBV) dieser Behandlung als neues  $RBV_{krit}$  auf die PatientCard übernommen. Gab es während der Behandlung eine oder mehrere Blutdruckmessungen mit einem „unteren“ systolisch, MAP oder diastolisch bedingten Blutdruckalarm, wird das jeweilige  $RBV_{krit}$  ermittelt und gespeichert. Am Ende der Behandlung wird dann der höchste dieser Werte als neues  $RBV_{krit}$  auf die PatientCard übernommen.

## Adaptionsmodus

Werden Adaptionsmodus und UF-Regelung gleichzeitig verwendet, wird überwacht, ob das momentan gültige  $RBV_{krit}$  die UF-Rate bereits in der ersten Behandlungshälfte derart begrenzt, dass das eingestellte UF-Ziel (hier ohne Berücksichtigung der zulässigen negativen Abweichung) nicht erreicht werden kann. Treten bei Erreichen des momentanen  $RBV_{krit}$  keinerlei Symptome einer hypotensiven Episode auf, kann das  $RBV_{krit}$  entsprechend nach unten korrigiert werden, um so dem Regelalgorithmus mehr Spielraum zum Erreichen des UF-Ziels zu verschaffen. Hierzu kann in einer entsprechenden Meldung ausgewählt werden, ob das aktuell gültige  $RBV_{krit}$  um 1% abgesenkt werden soll oder nicht. Die Anpassung ist sofort wirksam und kann mehrmals wiederholt werden, falls das oben beschriebene Kriterium auch mit dem neuen  $RBV_{krit}$  erfüllt ist. Ist das Kriterium nicht mehr erfüllt oder wird eine Anpassung des  $RBV_{krit}$  abgelehnt, erfolgen hierzu während dieser Behandlung keine weiteren Meldungen mehr. Eine manuelle Anpassung ist weiterhin möglich.

### ▶ 3 max. BVM-Rate

Eingabe und Anzeige der maximalen von der UF-Regelung ausgeführten UF-Rate.

### ▶ 4 BVM-Rate

Anzeige der BVM-Rate. Die BVM-Rate ist die vom BVM vorgegebene UF-Rate.

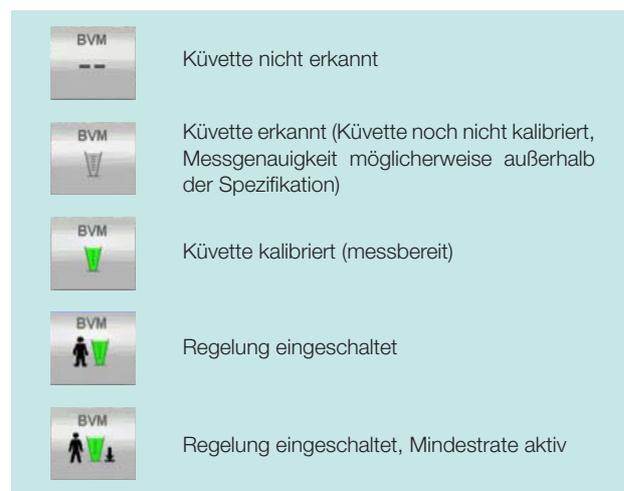
### ▶ 5 UF-Regelung

Taste zum Starten/Stoppen der UF-Regelung.

### ▶ 6 BVM (Status)

Zeigt den Status des BVM an.

Die Anzeige BVM erscheint im Menü BVM aber auch im UF-MENÜ und im VORBEREITEN-BILDSCHIRM. Wird das Feld BVM gedrückt, erfolgt ein Wechsel in das Menü BVM. In der Anzeige BVM werden folgende Symbole angezeigt:



15: Statusanzeige BVM

## ▶ 7 RBV (relatives Blutvolumen)

### 7a krit. RBV

Zeigt das kritische relative Blutvolumen der jeweiligen Behandlung in % an. Muss vor jeder Behandlung eingestellt werden oder wird automatisch z. B. von der PatientCard übernommen.

### 7b RBV

Zeigt das aktuell gemessene relative Blutvolumen in % an.

### 7c min. RBV

Zeigt das kleinste relative Blutvolumen der jeweiligen Behandlung in % an.

## ▶ 8 Hb

Zeigt die aktuelle Hämoglobin-Konzentration in mmol/l bzw. g/dl an.

### ▶ 9 Hkt (BVM)

Zeigt den aktuellen Hämatokrit in % an.

### ▶ 10 Essensgabe\*

Taste Essensgabe drücken, wenn der Patient Nahrung zu sich nimmt. Während der Hämodialyse tritt in Folge einer Nahrungsaufnahme nicht selten ein zeitweiliges Absinken des relativen Blutvolumens um mehrere Prozent auf. Bei empfindlichen Patienten kann eine solche Reduktion bereits zu einer hypotensiven Episode führen. Bei diesen Patienten empfiehlt es sich daher, entweder auf die Nahrungsaufnahme zu verzichten oder eine umfangreiche Mahlzeit durch zeitlich verteilte „Häppchen“ zu ersetzen. Nimmt ein Patient normalerweise ohne Probleme sein Essen zu sich, kann dies dem Gerät durch Drücken der Taste Essensgabe mitgeteilt werden. In der RBV-Kurve wird eine Markierung gezeichnet und der „Essensgabe-Modus“ wird aktiviert. Dieser wählt, falls die UF-Regelung eingeschaltet ist, ggf. automatisch die BVM-Mindestrate, d.h. ohne dass die entsprechende Meldung angezeigt wird. Der „Essensgabe-Modus“ wird beendet, wenn innerhalb von 30 Minuten nach Aktivierung keine BVM-Mindestrate erforderlich wird. Wurde dagegen die BVM-Mindestrate eingeschaltet, verlängert er sich ab diesem Zeitpunkt um 60 Minuten. Danach wird der „Essensgabe-Modus“ automatisch beendet. Wird anschließend immer noch die BVM-Mindestrate benötigt, wird wie bisher eine Meldung ausgegeben.

### ▶ 11 Messdatenübernahme OCM/ONLINE

Taste zur Wahl der Messdatenübernahme (Hkt-BVM) in die betreffenden Eingabefelder auf der OCM/ONLINE Seite. Ist der Messwert des BVM ungültig, wird auf den betreffenden Seiten der Standardwert verwendet.

### ▶ 12 BVM (Menü)

Menütaste BVM

*\* verfügbar ab Version 4.5*

# Häufig gestellte Fragen zum BVM

## Was ist eine symptomatische Hypotonie?

Die symptomatische Hypotonie ist gekennzeichnet durch einen erniedrigten Blutdruck bei gleichzeitigem Auftreten von einem oder mehreren Symptomen, wie z. B. Übelkeit, Erbrechen, Kopfschmerzen, Muskelkrämpfen.

## Welche Kriterien können Einfluss auf das $RBV_{krit}$ der Patienten nehmen?

Mit einer relevanten Änderung vom Hkt geht auch eine Änderung des  $RBV_{krit}$  einher. Beispielsweise ist nach Bluttransfusion eine Erniedrigung des  $RBV_{krit}$  zu erwarten. Bei einem stärkeren Blutverlust ist von einem Anstieg des  $RBV_{krit}$  auszugehen. Das  $RBV_{krit}$  ist zu adaptieren. Siehe auch Kapitel 3 – Kritisches relatives Blutvolumen – Bestimmung des  $RBV_{krit}$ .

## Sollte man bei verändertem Flüssigkeitsstatus das $RBV_{krit}$ adaptieren?

Ein veränderter Flüssigkeitsstatus wirkt sich kaum auf das  $RBV_{krit}$  aus. Stark überwässerte Patienten vermindern ihr relatives Blutvolumen unwesentlich, da die überschüssige Flüssigkeit im Allgemeinen für einen hohen Flüssigkeitsnachstrom sorgt. Das relative Blutvolumen bleibt längere Zeit in der Nähe des Anfangswertes von 100%. Ebenfalls werden keine Änderungen des  $RBV_{krit}$  bei Patienten mit Unterwässerung festgestellt. Bei diesen Patienten sieht man in der ersten Volumenhälfte (bis zur Hälfte des UF-Ziels) einen massiven Abfall vom relativen Blutvolumen.

## Kann man die BVM-Regelung während der Behandlung unterbrechen?

Ja. Die BVM-Regelung kann problemlos jederzeit unterbrochen werden. Mittels Tastendruck (UF-Regelung I/O) wird die Regelung beendet. Die 5008 CorDiax errechnet dann automatisch die mittlere UF-Rate, welche zum Erreichen des UF-Zieles innerhalb der noch verbleibenden Zeit führt. Dies entspricht der üblicherweise angewendeten konstanten UF-Rate. Die Behandlung kann mit dieser UF-Rate fortgesetzt werden, oder die BVM-Regelung wird wieder eingeschaltet. Ohne Regelung ist das  $RBV$  allerdings nicht mehr nach unten begrenzt und ein Blutdruckabfall möglich.

## Welche Parameter können im BVM-Menü während der BVM-geregelten Behandlung geändert werden?

Die Parameter im BVM-Menü können grundsätzlich während der Behandlung angepasst werden. Sofern es für die Behandlung sinnvoll erscheint, können Veränderungen der UF-Zeit oder des UF-Ziels jederzeit durchgeführt werden. Eine manuelle Adaption des  $RBV_{krit}$  während der Hämodialyse bringt für die aktuelle Behandlung, abhängig von den aktuellen Bedingungen und dem Zeitpunkt der Veränderung, nur beschränkt Vorteile.

## Welche Rolle spielt der Hkt bei der Ermittlung des $RBV_{krit}$ ?

Insbesondere bei Patienten mit guter Gefäßsituation und gutem Refilling, die hohe UF-Raten tolerieren, spielt die Berücksichtigung des Hkt bei der Bestimmung des  $RBV_{krit}$  eine wichtige Rolle. Bei einem zu niedrigen  $RBV_{krit}$  dieser Patientengruppe kann es zu einem drastischen Anstieg des Hkt kommen. Dies kann zu einer erhöhten Hämokonzentration und den damit verbundenen Risiken führen.

## Wie beeinflusst die Nahrungsaufnahme die BVM-Regelung?

Während der Behandlung treten in Folge einer Nahrungsaufnahme nicht selten hypotensive Episoden auf. Bei der Betrachtung des relativen Blutvolumens kann man beobachten, dass durch die Nahrungsaufnahme das relative Blutvolumen zeitweilig um mehrere Prozent absinkt. Bei empfindlichen Patienten kann eine solche Reduktion bei entsprechend hoher UF-Rate bereits zu einer hypotensiven Episode führen. Im BVM-Menü besteht die Möglichkeit durch Betätigung der „Essensgabe-Taste“ dem Gerät mitzuteilen, dass der Patient Nahrung aufnimmt. In der RBV-Kurve wird eine Markierung gezeichnet und der „Essensgabe-Modus“ wird aktiviert. Dieser wählt, falls die UF-Regelung eingeschaltet ist, ggf. automatisch die BVM-Mindestrate, ohne dass die entsprechende Meldung angezeigt wird. Der „Essensgabe-Modus“ wird beendet, wenn innerhalb von 30 Minuten seit seiner Aktivierung keine BVM-Mindestrate notwendig wird. Wurde dagegen die BVM-Mindestrate eingeschaltet, verlängert er sich ab diesem Zeitpunkt um 60 Minuten. Danach wird der „Essensgabe-Modus“ automatisch beendet. Wird anschließend immer noch die BVM-Mindestrate benötigt, wird wie bisher eine Meldung ausgegeben.

## Bei einer blutvolumengeregelten Behandlung kommt es zur Meldung: „UF-Zielerreichung fraglich“, was ist zu tun?

Erscheint die Warnung: „UF-Zielerreichung fraglich“ auf dem Bildschirm, werden von der 5008 CorDiax mögliche Handlungsalternativen mittels Bildschirmmeldungen in Abhängigkeit zur jeweiligen Volumenhälfte angeboten: z. B. „RBV<sub>krit</sub> anpassen“, „erlaubte Zielabweichung anpassen“

oder „BVM-Mindestrate wählen“. Sollte diese Warnung bei mehreren Behandlungen ohne Beeinflussung durch Nahrungsaufnahme oder bei stabiler Kreislafsituation auftreten, empfiehlt es sich, das RBV<sub>krit</sub> anzupassen. Siehe auch Gebrauchsanweisung (Version 4.5) – Kapitel Optionen: BVM\*.

## Wie wirkt sich eine intradialytische Bluttransfusion auf eine BVM-Regelung aus?

Eine intradialytische Bluttransfusion führt zu einem sprunghaften Anstieg vom Hkt und zu einer Absenkung des relativen Blutvolumens. Da sich erst einige Zeit nach der Transfusion ein Äquilibrium im Körper einstellt, sollte für diese Behandlung die UF-Regelung nicht aktiviert werden.

## Hat eine erhöhte Rezirkulation Einfluss auf die BVM-Regelung?

Eine erhöhte Rezirkulation (z. B. über 20 %) führt zu einer erhöhten extrakorporalen Hämokonzentration im Vergleich zum gesamten Körper des Patienten und beeinflusst das relative Blutvolumen zu falsch niedrigen Werten mit daraus folgenden erniedrigten UF-Raten. Wenn sich die Rezirkulation intradialytisch nicht korrigieren lässt (z. B. durch Nadeljustage), wird die BVM-Regelung nicht empfohlen.

## Mit welchen Behandlungsverfahren kann der BVM kombiniert werden?

Die BVM-Regelung lässt sich mit den folgenden Behandlungsverfahren kombinieren: Hämodialyse (HD), Hämodiafiltration (HDF) und Hämofiltration (HF). Im Behandlungsmodus Single-Needle kann nur eine BVM-Messung ohne Regelung durchgeführt werden.

\* verfügbar ab Version 4.5

# Literatur

- 1 Schreiber MJ: Clinical dilemmas in dialysis: Managing the hypotensive patient, Setting the stage. *Am J Kidney Dis* 2001; 38: S1-S10.
- 2 Daugirdas JT: Pathophysiology of dialysis hypotension: An update. *Am J Kidney Dis* 2001; 38: S11-S17.
- 3 Boer W, Claus M, Cremaschi L, Dhondt A, Engelmann J, Garzoni D, Hickstein H, Ibrahim N, Keusch G, Kleinoeder T, Kuehne S, Martin H, Moser G, Schuemann E, Tatsis E, Zahn M, Wojke R, Passlick-Deetjen J. Less Intradialytic Complications With Blood Volume Control. *Nephrol Dial Transplant* 2002;17 (Suppl.1) (M284):127-128.
- 4 Leypoldt J, Cheung A, Delmez J, et al.: Relationship between volume status and blood pressure during chronic hemodialysis. *Kidney Int* 2002; 61: 266-275.
- 5 Ronco C, Bellomo R, Ricci Z: Hemodynamic response to fluid withdrawal in overhydrated patients treated with intermittent ultrafiltration and slow continuous ultrafiltration: Role of blood volume monitoring. *Cardiology* 2001; 96: 196-201.
- 6 Wojke R, Baldamus C, Ries W, et al.: Is symptomatic Hypotension predictable by changes in blood volume? *Blood Purif* 1999; 17: 218.
- 7 Barth C, Boer W, Garzoni D et al.: Symptomatic Hypotension and blood volume. *Blood Purif* 2001; 19: 84.
- 8 Koomans H, Improving blood pressure stability by blood volume-regulated ultrafiltration, a lecture in session Clinical support through technical devices in HD, EDTA 2001.
- 9 Lopot F, Kotyk P, Blaha J, et al.: Use of continuous blood volume monitoring to detect inadequately high dry weight. *Int J Artif Org* 1996; 19: 411-414.
- 10 Steuer R, Bell D, Conis J : Incidence of high prescribed dry weights and intradialytic morbidity as detected by continuous volume monitoring, *Nephrol Dial Transpl* 1996; 11: A197.
- 11 Johner C, Chamney P, Schneditz D, et al.: Evaluation of an ultrasonic blood volume monitor. *Nephrol Dial Transplant* 1998 ; 13: 2098-2103.
- 12 Krämer M: Anwendung von Feedbacksystemen zur Kreislaufstabilisierung in der Nierenersatztherapie. *J nephrol Team* 2000 ; 3: 145-156.



## FRESENIUS MEDICAL CARE

Firmensitz: Fresenius Medical Care Deutschland GmbH · 61346 Bad Homburg v. d. H. · Deutschland  
Telefon: +49 (0) 6172-609-0 · Fax: +49 (0) 6172-609-2191

Deutschland: Fresenius Medical Care GmbH · Else-Kröner-Str. 1 · 61352 Bad Homburg v. d. H.  
Telefon: +49 (0) 6172-609-0 · Fax: +49 (0) 6172-609-8740 · E-Mail: [marketing.deutschland@fmc-ag.com](mailto:marketing.deutschland@fmc-ag.com)

Österreich: Fresenius Medical Care Austria GmbH · Lundenberggasse 5 · 1210 Wien  
Telefon: +43 (0) 1-2923501 · Fax: +43 (0) 1-292350185 · E-Mail: [fmc.austria@fmc-ag.com](mailto:fmc.austria@fmc-ag.com)

Schweiz: Fresenius Medical Care (Schweiz) AG · Aawasserstrasse 2 · 6370 Oberdorf  
Telefon: +41 (0) 41-6195050 · Fax: +41 (0) 41-6195080 · E-Mail: [info.ch@fmc-ag.com](mailto:info.ch@fmc-ag.com)

[www.fmc-deutschland.com](http://www.fmc-deutschland.com) · [www.fmc-austria.com](http://www.fmc-austria.com)