



Cardioprotective Haemodialysis **SPOT**

## **BTM – Bluttemperaturmonitor**

Bessere Hämodialysequalität durch individuelle  
Temperaturregelung und Rezirkulationsmessung



**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 CorDiAx Serie
- 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>	6
<b>Einleitung</b>	8
Ursachen behandlungsbegleitender Komplikationen	8
Klinische Vorteile der Körpertemperaturregelung durch den BTM	8
<b>Körpertemperatur</b>	9
Hypovolämie und Thermoregulation	9
Individualität der Körpertemperatur	10
<b>Funktionsweise BTM</b>	12
BTM-Messkopf	12
Temperaturbilanzierung	12
Regelung der Körpertemperatur	13
Nutzen des BTM in der klinischen Praxis	14
<b>Praktische Anwendung</b>	15
Hinweise zur Vorbereitung und zum Einlegen des Blutschlauchsystems	15
BTM-Menü	15
Rezirkulation und Rezirkulationsmessung	17
<b>Häufig gestellte Fragen zum BTM</b>	21
<b>Literaturverzeichnis</b>	23

# Vorwort

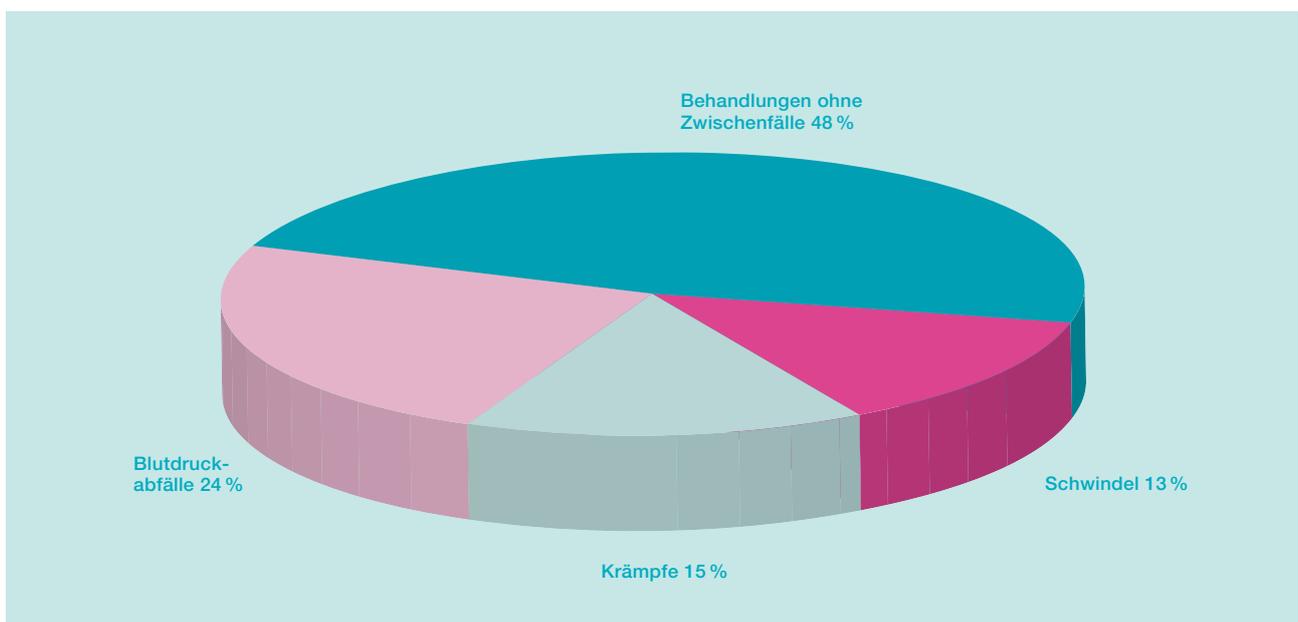
Die symptomatische Hypotonie ist das am häufigsten auftretende intradialytische Problem bei der Behandlung von Patienten mit chronischem Nierenversagen ▶ 1, [1,2]. Die heutigen Herausforderungen in der Hämodialyse bestehen in dem stark wachsenden Anteil an älteren und gleichzeitig medizinisch anspruchsvollen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

Intradialytische Komplikationen wie z. B. hypotone Episoden erfordern gezielte Maßnahmen um eine Behandlungsunterbrechung oder ein vorzeitiges Behandlungsende zu vermeiden. Die Behandlung von Komplikationen beeinträchtigen den organisatorischen Ablauf im Dialysezentrum und führen zu zusätzlichen Kosten.

Schwerwiegender sind diese Komplikationen für den Patienten. Zum einen bedeuten sie eine Beeinträchtigung der Behandlungsqualität, die sich auch auf das dialysefreie Intervall auswirken kann. Zum anderen können alle Interventionen, wie etwa die Reduktion des Blutflusses oder ein vorzeitiger Abbruch der Behandlung, potenziell die ärztlich verordneten Behandlungsziele beeinträchtigen.

Daneben können häufige hypotensive Episoden Langzeitfolgen, wie kardiale und vaskuläre Schädigungen verursachen. Sie können unter Anderem die Nierenrestfunktion beeinträchtigen und zu einem erhöhten Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko beitragen [1,3].

Die stetigen Entwicklungen in der Dialysetechnik konnten dazu beitragen, die Häufigkeit von intradialytischen Komplikationen zu reduzieren. Doch durch das steigende Durchschnittsalter und die zunehmende Anzahl der kardiovaskulär vorbelasteten Patienten behält dieses Thema seine Bedeutung.



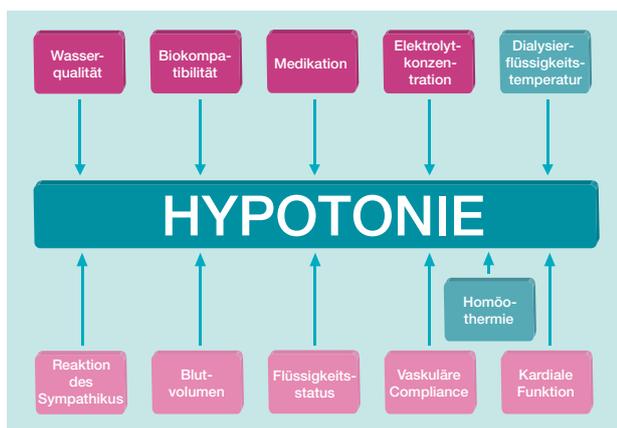
1: Verteilung der häufigsten intradialytischen Komplikationen [2]



## a) Ursachen behandlungsbegleitender Komplikationen

Der Flüssigkeitsentzug ist ein wesentlicher Faktor, der zu einem Blutdruckabfall während der Dialyse führen kann. Epidemiologische und klinische Studien zeigen, dass Dialysepatienten mit zunehmendem Alter und kardiovaskulären Begleiterkrankungen wie z. B. Herzrhythmusstörungen, chronischer Hypotonie, linksventrikulärer Hypertrophie, arterieller Verschlusskrankheit (AVK), venöser Dysfunktion sowie Patienten mit Diabetes mellitus verstärkt zu Blutdruckabfällen während der Dialyse neigen [3].

Auf Grund der oben beschriebenen kardiovaskulären Begleiterkrankungen können körpereigene Kompensationsmechanismen zur Stabilisierung des Blutdrucks wie die Erhöhung der Herzfrequenz, gesteigerte Kontraktilität des Herzmuskels oder eine Erhöhung des peripheren Widerstands (Vasokonstriktion, vaskuläre Compliance) stark beeinträchtigt sein [1]. Die Veränderung der Körpertemperatur während der Behandlung stellt einen weiteren bedeutenden Einflussfaktor der Kreislaufstabilität dar. Mechanismen zur Stabilisierung der Körpertemperatur (Homöothermie) stellen Vasokonstriktion (Gefäßverengung) sowie Vasodilatation (Gefäßerweiterung) dar. Diese Fähigkeit ist insbesondere bei vaskulär vorgeschädigten Patienten eingeschränkt, da deren Gefäßbelastizität beeinträchtigt ist.



2: Einflussfaktoren der Hypotonie

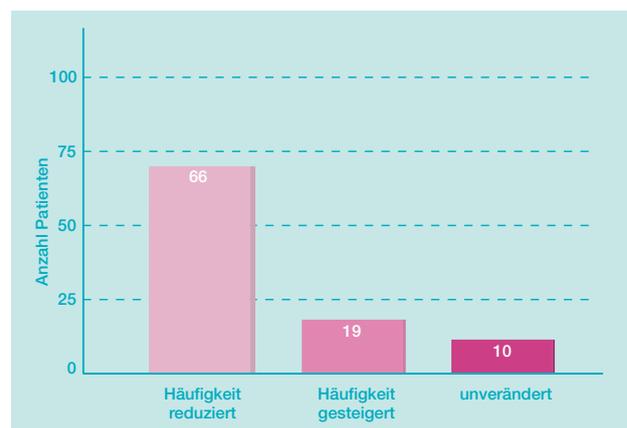
Darüber hinaus wird während der Dialysebehandlung durch die Einstellung der Dialysierflüssigkeitstemperatur direkter Einfluss auf die Körpertemperatur des Patienten genommen.

**Pathophysiologische Gegebenheiten des Dialysepatienten, aber auch ungünstige Behandlungseinstellungen können zu Blutdruckabfällen während der Dialyse führen.**

## b) Klinische Vorteile der Körpertemperaturregelung durch den BTM

Die patientenindividuelle Regelung der Dialysierflüssigkeitstemperatur mittels BTM beeinflusst die Körpertemperatur mit dem Ziel, das Auftreten hypotensiver Episoden zu vermeiden. Dies wurde in einer multizentrischen Studie bestätigt. Das Ergebnis der Studie zeigt, bei 66 von 95 Patienten mit häufig auftretenden hypotensiven Krisen das Auftreten von Blutdruckabfällen durch den Einsatz der Bluttemperaturregelung erheblich reduziert werden konnte ▶ 3.

**Durch die Anwendung der Bluttemperaturregelung treten signifikant weniger symptomatische Hypotonien auf.**

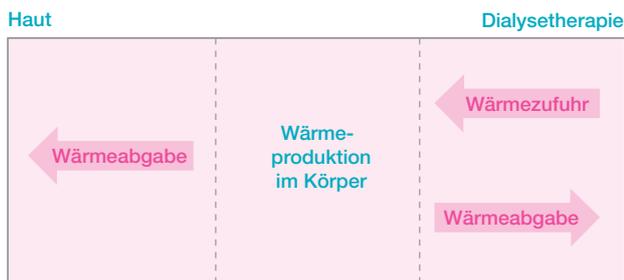


3: Patientenreaktion bzgl. hypotensiver Episoden unter Anwendung der Bluttemperaturregelung [13]

## a) Hypovolämie und Thermoregulation

Ziel der Thermoregulation (Homöothermie) ist es, die Körpertemperatur konstant zu halten. Überschüssige Wärme kann durch einen reduzierten peripheren Gefäßwiderstand und damit erhöhte Durchblutung der Kapillargefäße in der Haut vermehrt abgegeben werden. Umgekehrt nimmt bei Unterkühlung der periphere Gefäßwiderstand zu, wodurch die Hautdurchblutung und somit die Wärmeabgabe gedrosselt wird. Beim Dialysepatienten kann zusätzlich während der Behandlung Wärme über den extrakorporalen Kreislauf abgegeben oder aufgenommen werden ▶ 4.

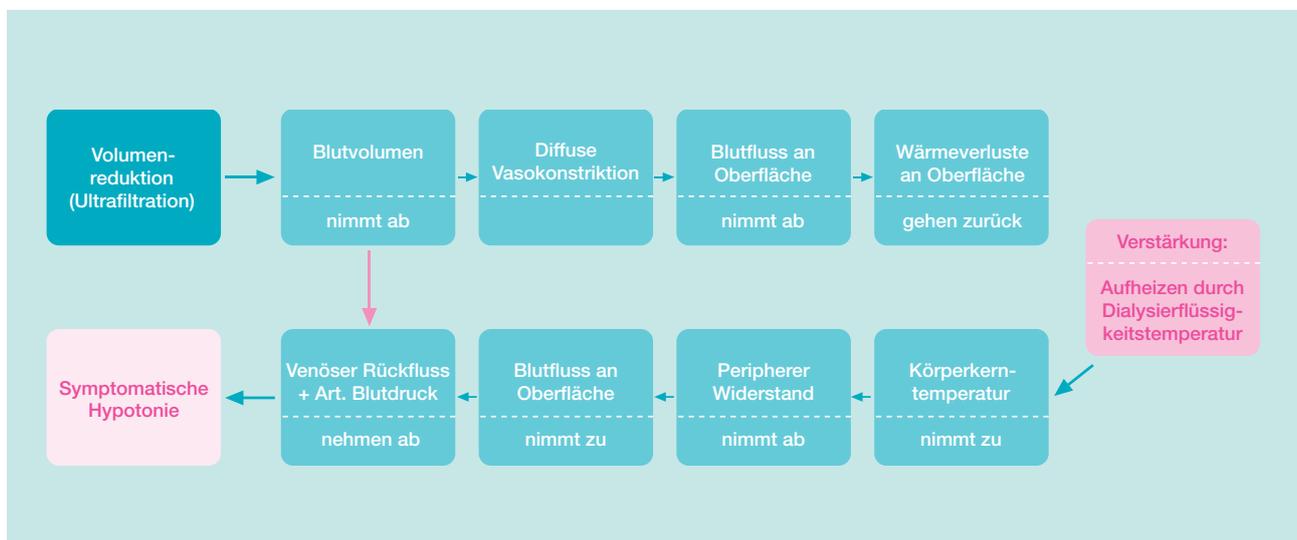
Während der Dialysebehandlung überlagern sich die Prozesse der Volumenregulation und der Thermoregulation ▶ 5. Der Körper reagiert auf das durch den Flüssigkeitsentzug verminderte Plasmavolumen mit erhöhtem peripheren Gefäßwiderstand, um so durch Zentralisation den Blutdruck zu stabilisieren. In Folge vermindert sich die periphere Durchblutung und die Wärmeabgabe über die Haut ist eingeschränkt. Zudem erhöht sich im Behandlungsverlauf durch metabolische Wärmeproduktion und Wärmezufuhr über die Dialysierflüssigkeit (abhängig von der jeweiligen Einstellung) die Körpertemperatur [4].



4: Wärmezufuhr und -abgabe über Haut und Dialysierflüssigkeit

Bei Erreichung eines kritischen Niveaus reagiert der Körper mit einer plötzlichen Erweiterung der Kapillargefäße. Durch Erhöhung des peripheren Blutflusses wird überschüssige Wärme abgegeben.

Dies führt zu einer Verringerung des venösen Rückflusses zum Herzen. Der arterielle Blutdruck sinkt und im weiteren Verlauf kommt es häufig zu einer symptomatischen Hypotension.



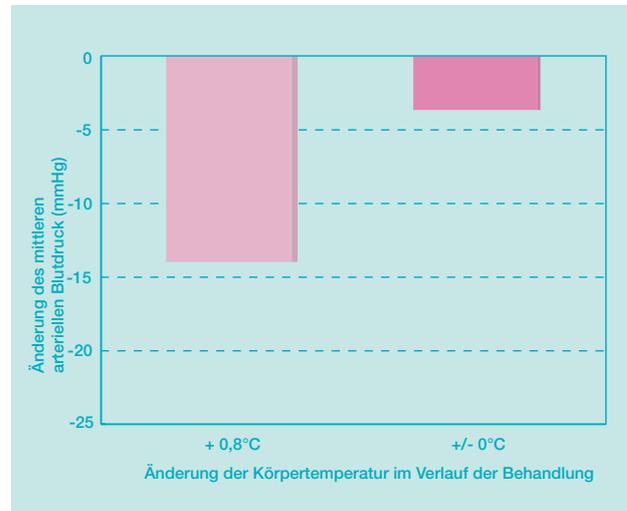
5: Volumenentzug und Erwärmung

## b) Individualität der Körpertemperatur

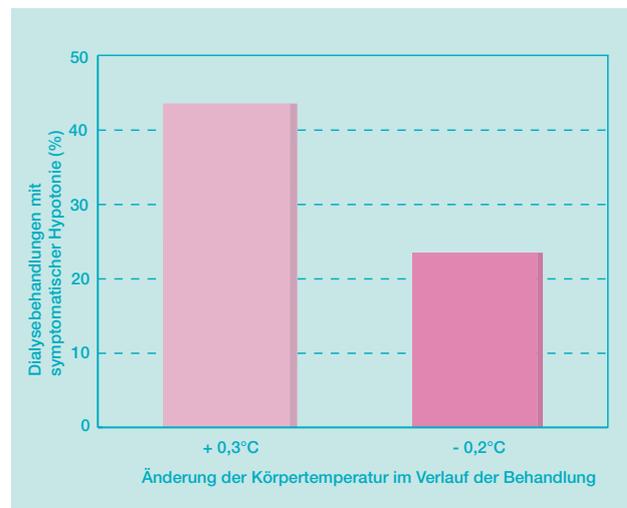
Studien zeigen, dass der Körper sensibel auf geringe Temperaturveränderungen reagiert. Die Standardtemperaturen der Dialysierflüssigkeit führen häufig zu einer Erhöhung der Körpertemperatur um 0,3 bis 0,5 °C [5, 6, 7, 8]. Dies ist besonders problematisch, wenn hypotherme Patienten (prä-dialytische Körpertemperatur < 36,5 °C) „Standarddialysierflüssigkeitstemperaturen“ von 37 °C ausgesetzt werden [9].

Schon bei einem geringen Anstieg der Körpertemperatur kann eine deutliche Blutdruckabsenkung ▶ 6 und eine Zunahme symptomatischer Hypotensionen ▶ 7 festgestellt werden [7, 10].

Bereits bei einem Anstieg der Körpertemperatur um weniger als 1 °C ist das Risiko eines symptomatischen Blutdruckabfalls fast doppelt so hoch wie bei Behandlungen mit konstant gehaltener oder leicht reduzierter Körpertemperatur [5]; ▶ 7. Diese Temperatursensibilität ist besonders ausgeprägt bei Patienten, die zu Blutdruckabfällen tendieren [11]. Diese Beobachtungen legen daher nahe, dass die Stabilisierung der Körperkerntemperatur eines der Ziele der Hämodialysebehandlung sein sollte.



6: Häufigkeit von Blutdruckabfällen bei leicht gesteigener oder reduzierter Körpertemperatur [6]

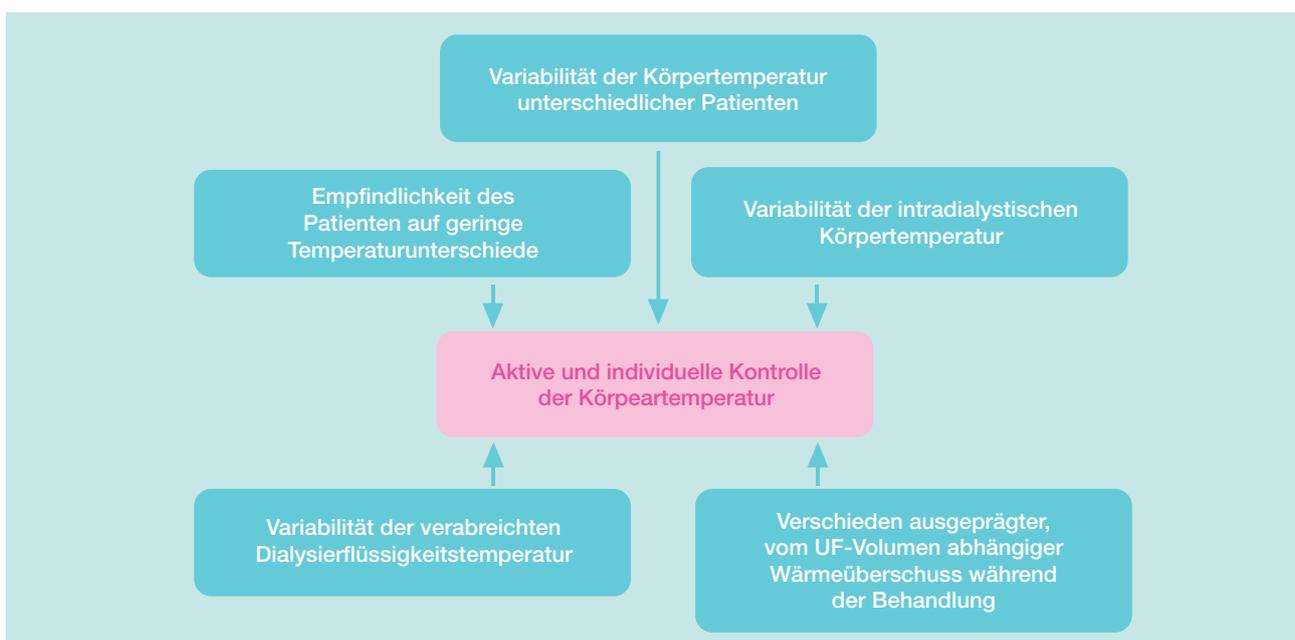


7: Gründe für eine individuelle und physiologische Temperaturkontrolle

Eine aufgrund des Flüssigkeitsentzuges ausgelöste Vasokonstriktion schränkt die Wärmeabgabe über die Haut ein. Die daraus resultierende überschüssige Wärme sollte idealerweise im Dialysator an die Dialysierflüssigkeit abgegeben werden. Je niedriger die Körpertemperatur zu Beginn der Dialyse ist, umso stärker ist der zu erwartende Temperaturanstieg im Verlauf der Behandlung. Der zu entziehende Wärmeüberschuss ist patientenindividuell variabel und erheblichen Schwankungen in Bezug auf die prädialytische Körpertemperatur unterworfen [12].

**Der Bluttemperaturmonitor erlaubt eine flexible Anpassung der Dialysierflüssigkeitstemperatur an die individuell unterschiedliche Körpertemperatur.**

Aus diesen Gründen ist eine automatische Steuerung der Dialysierflüssigkeitstemperatur sinnvoll. Der Bluttemperaturmonitor (BTM) stellt in diesem Zusammenhang einen Vollautomat dar (kleine Reminiszenz an Lorient), der sowohl der prädialytischen Körpertemperatur als auch der potenziellen Erwärmung des Patienten im Zusammenhang mit der Volumenregulation während der Behandlung Rechnung trägt.



8: Gründe für eine individuelle und physiologische Temperaturkontrolle

# Funktionsweise BTM

## a) BTM-Messkopf

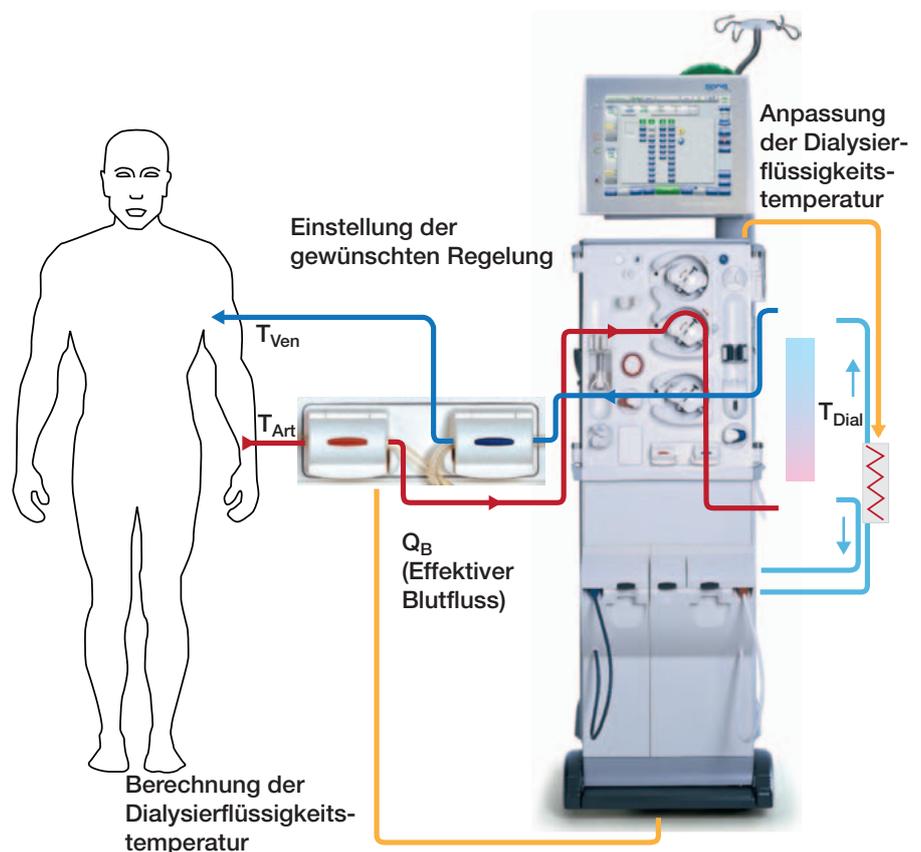
Die Temperatur des in den BTM-Messkopf eingelegten Blutschlauchsystems wird durch einen Temperatursensor ermittelt. Der BTM-Messkopf ist vor Beginn einer Temperaturregelung in der Regel wesentlich kühler als der eingelegte Blutschlauch. Um optimale thermische Mess- und Regelbedingungen zu erhalten, wird der Messkopf mittels eines integrierten Heizelementes vor Regelungsbeginn auf eine vordefinierte Standardtemperatur erwärmt.



## b) Temperatur-Bilanzierung

Mit dem Bluttemperaturmonitor kann die Körpertemperatur auf einfache Weise aktiv kontrolliert werden. Er verfügt über zwei Messköpfe, welche die arterielle und die venöse Bluttemperatur nicht-invasiv im extrakorporalen Kreislauf messen. Dabei ist die arterielle Temperatur von der Körpertemperatur, die venöse Temperatur von der Dialysierflüssigkeitstemperatur bestimmt. Im Dialysator fließen Blut und Dialysierflüssigkeit im Gegenstrom. Durch seine große Oberfläche ist er ein idealer Wärmetauscher. Wärmezufuhr und Wärmeentzug werden durch Änderung der Dialysierflüssigkeitstemperatur ermöglicht. Somit lässt sich die Temperatur des venösen Blutes beeinflussen.

Dabei ist es vom Temperaturgefälle zwischen Blut und Dialysierflüssigkeit abhängig, ob der Patient Wärme abgibt oder aufnimmt ▶ 9.



9: Wärmezufuhr und -entzug über den Dialysator

## c) Regelung der Körpertemperatur

Die Temperaturregelung des BTM erlaubt eine aktive Regelung der Körpertemperatur. Dies ist für die Kreislaufstabilität vorteilhaft, da mit der Regelung einem durch Hypovolämie bedingten Temperaturanstieg entgegengewirkt werden kann. Bei der Temperaturregelung werden die aktuellen Temperaturen im arteriellen und venösen Messkopf kontinuierlich gemessen und unter Berücksichtigung eines möglichen Wärmeverlusts im Blutschlachsystem die Fisteltemperaturen berechnet. Um daraus die Körperkerntemperatur abzuleiten, muss eine mögliche Rezirkulation (siehe Seite 18) berücksichtigt werden. Diese kann mit dem Thermo-dilutionsverfahren des BTM bestimmt werden. Die Körpertemperatur wird zu Beginn der Behandlung aus folgenden Parametern kalkuliert: Gesamtzirkulation, aktueller Blutfluss, eingestellte Umgebungstemperatur sowie Wärmeverluste über das Blutschlachsystem. Diese initial ermittelte Temperatur wird als Zieltemperatur der aktiven Regelung verwendet. Um eine vorgegebene Zieltemperatur zu erreichen, wird die dazu erforderliche Dialysierflüssigkeitstemperatur kontinuierlich angepasst. Es ist empfehlenswert die Körperkerntemperatur während der Behandlung konstant zu halten. Es besteht aber auch die Möglichkeit, ausgehend von der initial ermittelten Körperkerntemperatur, eine Temperaturänderungsrate im Bereich von  $-0,5\text{ °C/h}$  bis  $+0,5\text{ °C/h}$  einzustellen.

### Grenzen der Temperaturregelung

Die Dialysierflüssigkeitstemperatur wird durch den BTM in einem engen physiologischen Bereich zwischen  $35,5$  und  $38\text{ °C}$  geregelt. Dadurch ist sichergestellt, dass dem Patienten weder zu kühles, noch zu warmes Blut zugeführt wird. Gleichzeitig ist ausgeschlossen, dass eine unerwartete Änderung der Körpertemperatur, z. B. bei Fieber unentdeckt bleibt. Das Regelziel, z. B. Konstanthalten der Körpertemperatur kann dann möglicherweise nicht erreicht werden, die Dialysierflüssigkeitstemperatur bleibt jedoch in einem unbedenklichen Bereich.

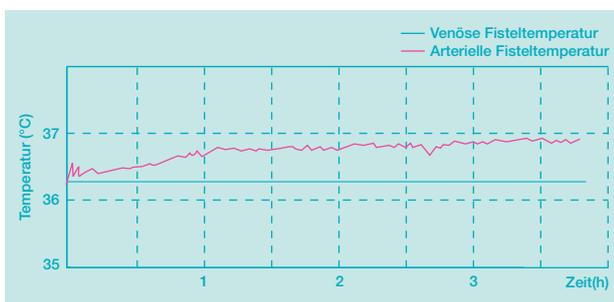


10: Konstante Körper- und sinkende Dialysierflüssigkeitstemperatur bei einer Temperaturregelung

**Mit dem BTM kann der Wärmeaustausch im extrakorporalen Kreislauf und die Körpertemperatur aktiv kontrolliert werden.**

## d) Nutzen des BTM der klinischen Praxis

Wie zahlreiche Studien zeigen, wirkt sich eine Zunahme der Körperkerntemperatur während der Dialyse ungünstig auf die Kreislaufstabilität des Patienten aus. Ohne Regelung der Dialysierflüssigkeitstemperatur nimmt die Körpertemperatur im Verlauf der Dialyse stetig zu ▶ 11.

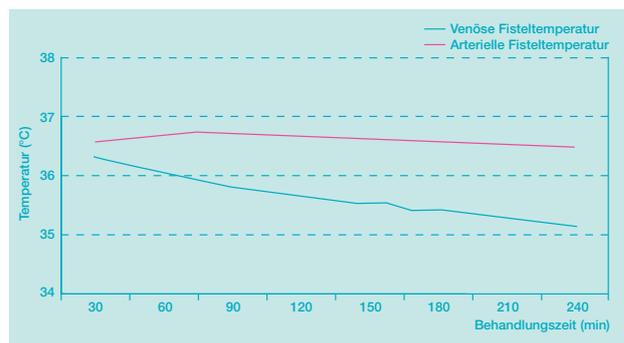


11: Verlauf der Körperkerntemperatur bei konstanter Dialysierflüssigkeitstemperatur

Bei ausgeglichener Wärmebilanz (stetige Anpassung der venösen Temperatur an die arteriell gemessene Temperatur), findet keine Wärmezufuhr über den Dialysator statt. Dennoch nimmt die Körperkerntemperatur des Patienten im Behandlungsverlauf zu. Gründe hierfür sind u.a. die durch den Flüssigkeitsentzug induzierte Vasokonstriktion und die dadurch verminderte Wärmeabgabe über die Haut sowie erhöhte Stoffwechselaktivitäten.

Die Auswirkung der aktiven BTM-Regelung der Körperkerntemperatur auf die Kreislaufstabilität soll in beide Richtungen ungünstige Temperatureinschläge vermeiden. Dies wurde in mehreren klinischen Studien untersucht [10, 12].

Diese Fragestellung war Gegenstand einer multi-zentrischen Studie in 27 europäischen Dialysezentren [12]. Dazu wurden 95 Patienten, die häufig zu intradialytischen Blutdruckabfällen neigten, für 4 Wochen unter Konstanthaltung der Körpertemperatur (eingestellt mit T-Regelung: Temperaturdifferenz =  $\pm 0,0^{\circ}\text{C}$ ) behandelt. Diese Studie bestätigt, dass die Dialysierflüssigkeitstemperatur im Verlauf der Behandlung abgesenkt und dem Patienten Wärme entzogen werden muss, um so die zu Behandlungsbeginn vom BTM gemessene initiale Körperkerntemperatur konstant zu halten (T-Regelung, ▶ 12).



12: Verlauf der Körperkerntemperatur bei HD mit aktiver BTM-Temperaturregelung

Eine gezielte Regelung der Körperkerntemperatur verbessert die Kreislaufstabilität, ohne die Dialyседosis zu mindern [10, 12]. Das Verfahren wird vom Patienten gut toleriert, da ein schnelles Absinken der Bluttemperatur vermieden werden kann, wie dies bei willkürlicher, manueller Absenkung der Dialysierflüssigkeitstemperatur geschehen kann. Daher verbessert sich die Behandlungsqualität für den Patienten erheblich. Schließlich wird die Betreuung der Patienten aufgrund seltenerer Interventionen erleichtert.

**Eine gezielte Regelung der Körperkerntemperatur verbessert signifikant die Kreislaufstabilität und somit die Behandlungsqualität des Patienten.**

## a) Hinweise zur Vorbereitung und zum Einlegen des Blutschlauchsystems

Der BTM ist nach Eingabe weniger Parameter und ab einem Mindest-Blut- bzw. Dialysierflüssigkeitsfluss von 100 ml/min bzw. 300 ml/min einsetzbar. Spezielle Verbrauchsmaterialien werden nicht benötigt. Zu den hier aufgeführten Informationen zur Anwendung des BTM beachten Sie bitte auch die Hinweise in der Gebrauchsanweisung.



13: BTM-Messkopf

Arteriellles Schlauchsystem in den arteriellen Messkopf einlegen (a)

Venöses Schlauchsystem in den venösen Messkopf einlegen (b)

## b) BTM-Menü



### Regelung der Körpertemperatur

Die Regelung der Körpertemperatur kann je nach Voreinstellung im User-Setup automatisch oder manuell gestartet werden. Im BTM-Menü besteht u.a. die Möglichkeit, eine Temperaturänderungsrate zu definieren, die vom Arzt patientenspezifisch verordnet werden kann. Der Einstellungsbereich der Temperaturänderungsrate beträgt  $-0,5$  bis  $+0,5$  °C/h. Voreingestellt ist eine Änderungsrate von  $0,0$  °C/h. Die Regelung der Körpertemperatur kann jederzeit abgeschaltet werden. Die im User-Setup voreingestellte Dialysierflüssigkeitstemperatur wird wieder aktiv.

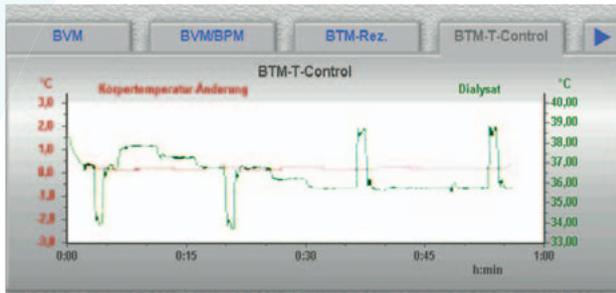
### Anzeige von thermischen Daten

Im Behandlungs-Menü können zwei Grafiken abgerufen werden.



14: BTM-Menü mit Aktivierungs-/Eingabefeldern und Ergebnisanzeigen

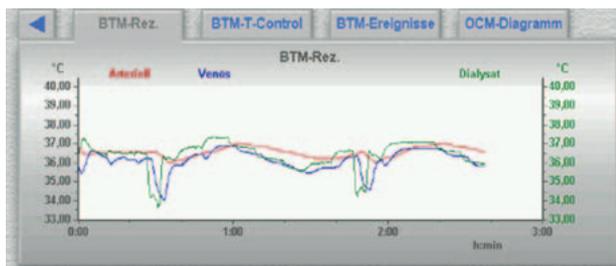
In „BTM-T-Control“ wird die Dialysierflüssigkeits- und Körperkerntemperatur im Behandlungsverlauf dargestellt. Steigt die Körperkerntemperatur (rote Linie), wird die Dialysierflüssigkeitstemperatur (grüne Linie) abgesenkt ▶ 15.



15: Grafische Darstellung der Körpertemperaturänderung

In „BTM-Rez.“ ▶ 16 werden die Temperaturänderungen von arterieller und venöser Bluttemperatur, sowie der Dialysierflüssigkeitstemperatur im zeitlichen Verlauf grafisch dargestellt.

In dem Beispiel Abb. 16 sind zwei Rezirkulationsmessungen durch kurzfristig abgesenkte Temperaturverläufe erkennbar. (siehe auch S. 18)



16: Grafische Darstellung der Temperaturverläufe und Rezirkulationsmessungen

## Ereignis-Chronik

In „BTM-Ereignisse“ werden Messergebnisse und Ereignisse chronologisch aufgelistet ▶ 17.

BTM-Ereignisse	
Zeit	Ereignis
10:27	Temperaturregelung mit Rate 0,0 °C/h eingeschaltet!
10:35	Rezirkulation 21% bei Blutfluss 320
11:35	Rezirkulation 18% bei Blutfluss 300

17: Chronologische Darstellung der BTM-Ereignisse

## BTM-Statusanzeigen

Im Dialysatmenü erscheinen zusätzlich, abhängig von der aktuellen Regelungsphase, folgende BTM-Statusanzeigen:



18: BTM Status-Ikonen

## BTM und PatientCard

BTM-spezifische grafische Darstellungen wie z. B. Temperaturverläufe sowie Rezirkulationsergebnisse können auf der PatientCard gespeichert werden. Diese Daten können zwecks Erfolgskontrolle als Wochenübersichts-Darstellung im Patientenprotokoll abgerufen werden.

### c) Rezirkulation und Rezirkulationsmessung

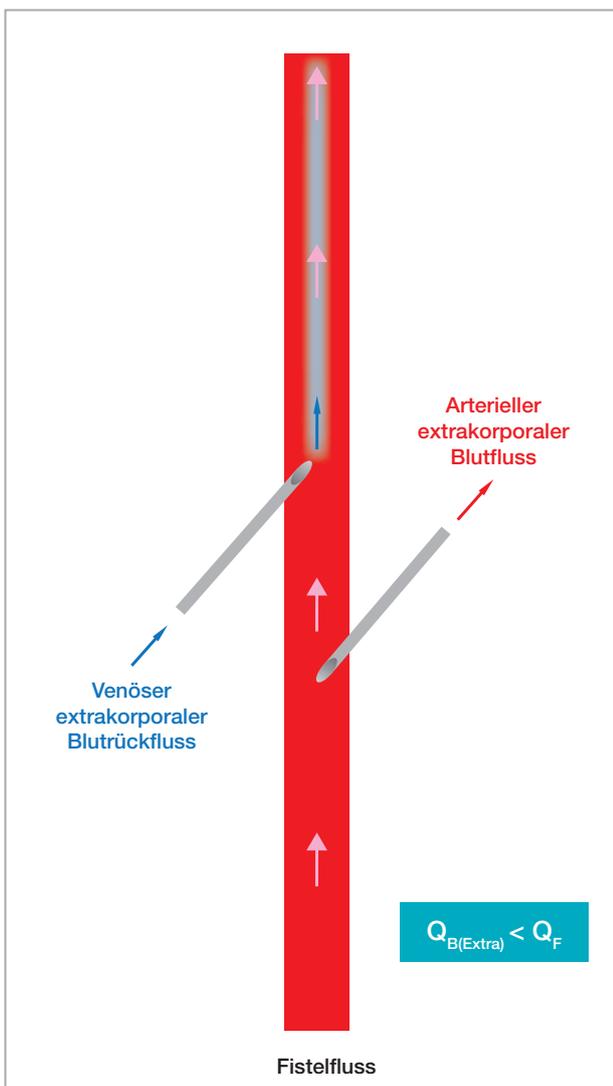
#### Fistelrezirkulation

Ist der Blutfluss in der Fistel ( $Q_F$ ) geringer als der extrakorporale Blutfluss ( $Q_B$ ), kommt es zu einer Rezirkulation. Bereits dialysiertes Blut wird über die arterielle Nadel erneut in den extrakorporalen Kreislauf angesaugt. Dieses wird im Allgemeinen als Fistelrezirkulation bezeichnet ▶ 20.

Häufige Ursache ist eine venöse Abflussbehinderung bedingt durch Stenosen, Lageveränderung des Patienten, Stauung durch einengende Kleidungsstücke, Staubänder, etc.

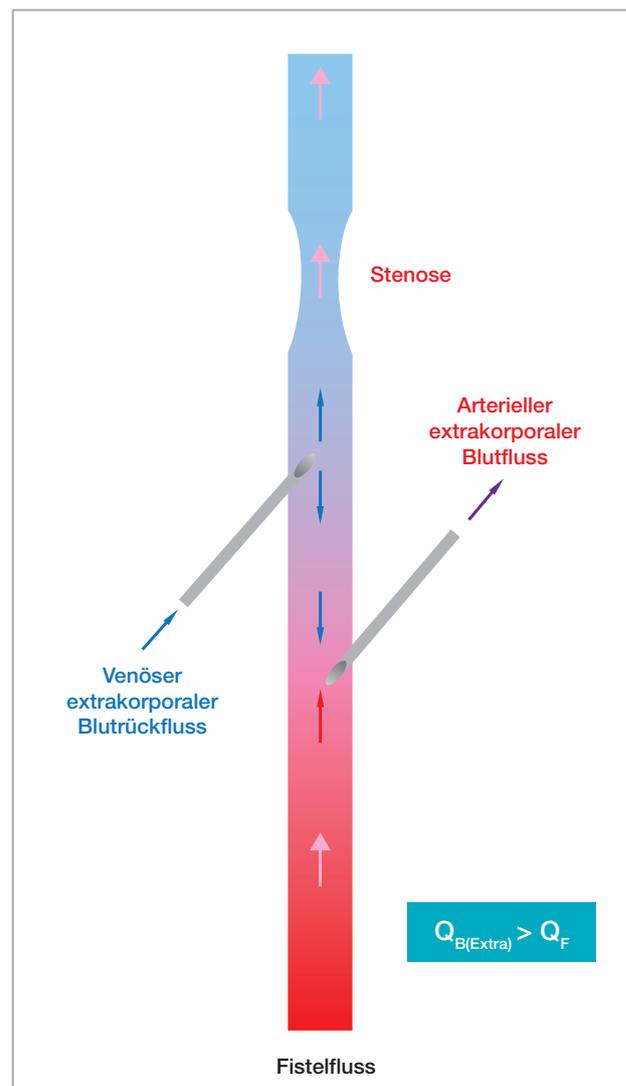
**Fistelrezirkulation:  $Q_B > Q_F$**

#### Keine Fistel-Rezirkulation



19: Schematische Darstellung des Fistelflusses ohne Rezirkulation

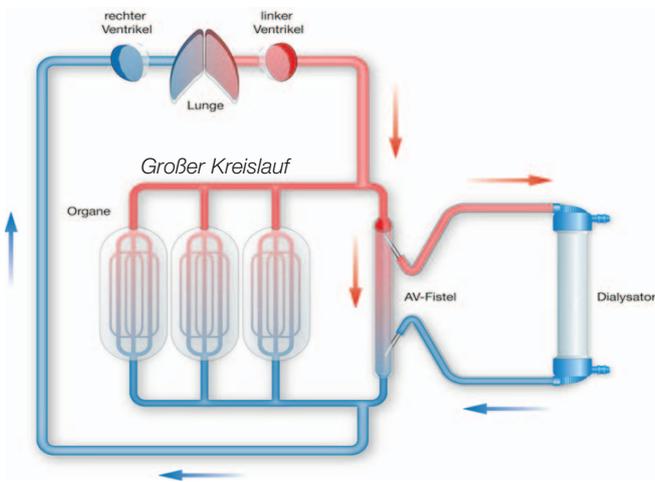
#### Fistel-Rezirkulation



20: Schematische Darstellung des Fistelflusses mit Rezirkulation

## Kardiopulmonale Rezirkulation

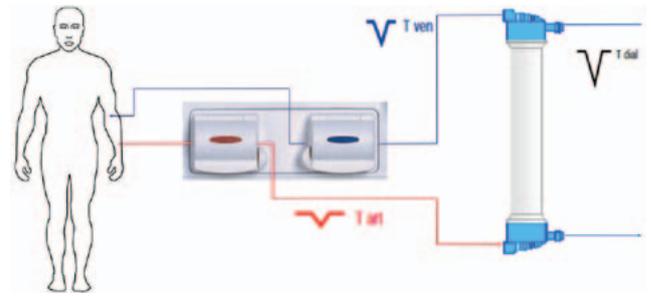
Da bei einer Fistel arterielles Blut, ohne am Stoffaustausch in den Zellen teilzunehmen, direkt in den venösen Kreislauf abfließt, kommt es nicht zu einer Aufsättigung des Blutes mit Stoffwechselprodukten. Man spricht von einer kardiopulmonalen Rezirkulation ▶ 21. Rezirkulation führt zur Verminderung der Clearance und damit zum Effektivitätsverlust der Dialysebehandlung.



21: Kardiopulmonale Rezirkulation

## Rezirkulationsmessung mit dem BTM

Der BTM ermittelt nicht-invasiv mit dem sog. Thermo-dilutionsverfahren die Gesamtrezirkulation, bestehend aus Fistel- und kardiopulmonaler Rezirkulation. Bei der Rezirkulationsmessung wird kurzzeitig (ca. 2,5 min) ein Temperaturbolus über die Dialysierflüssigkeit gegeben. Um in einem physiologischen Temperaturbereich zu bleiben wird dieser in Abhängigkeit zur aktuellen Dialysierflüssigkeitstemperatur verändert ( $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ).

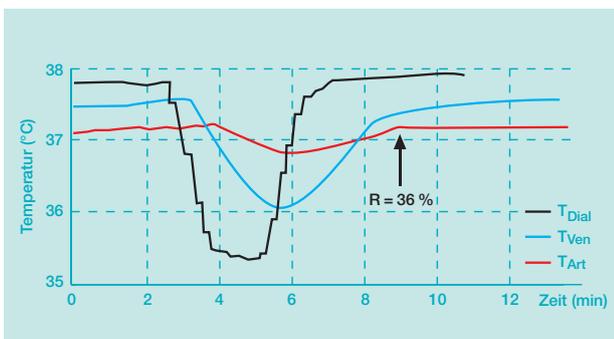


22: Messung der Rezirkulation mit dem Thermo-dilutionsverfahren

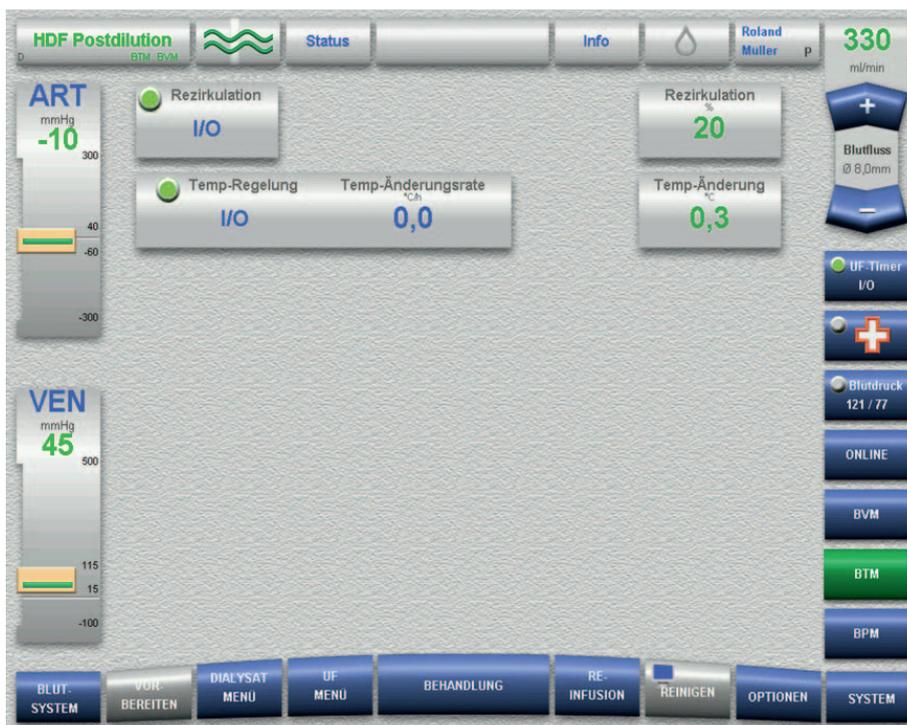
Der Temperaturbolus in der Dialysierflüssigkeit überträgt sich im Dialysator (Wärmetauscher) auf das Blut und wird im venösen Messkopf erfasst. In Abhängigkeit zur Gesamtrezirkulation wird ein Teil des temperaturveränderten Blutes arteriell angesaugt und führt zu einer Veränderung der Bluttemperatur im arteriellen Messkopf.

Aus den Temperaturverläufen im arteriellen und venösen Messkopf kalkuliert der BTM die Gesamtrezirkulation in %. Der Rezirkulationswert entspricht dem prozentualen Anteil des in der Fistel und im kardiopulmonalen Kreislauf rezirkulierenden Blutes.

Bei aktivierter Temperaturregelung erfolgt stündlich eine automatische Rezirkulationsmessung. Eine manuelle Rezirkulationsmessung wird im BTM-Menü durch die die Taste „Rezirkulation I/O“ initiiert. Nach ca. 10 Minuten erscheint im BTM-Menü sowie in der Ereignis-Chronik das Messergebnis in %.



23: Temperaturverlauf während einer Rezirkulationsmessung



24: BTM-Menü mit Rezirkulations-Messergebnis in %

## Interpretation der Rezirkulations-Messergebnisse

Rezirkulation <10%: Es liegt eine kardiopulmonale Rezirkulation vor.

Rezirkulation 10 – 20%: Es liegt eine hohe kardiopulmonale Rezirkulation oder eine zusätzliche Fistelrezirkulation vor.

Rezirkulation > 20%: Es liegt eine hohe Fistelrezirkulation vor.

Um die Fistelrezirkulation von der kardiopulmonal bedingten Rezirkulation zu differenzieren, kann eine erneute Messung mit um 100 ml/min veränderten Blutfluss durchgeführt werden. Bleibt das Messergebnis mit verändertem Blutfluss konstant, ist die Rezirkulation kardiopulmonal bedingt. Verändert sich das Rezirkulationsergebnis, ist bei dem Messergebnis ein Fistelrezirkulationsanteil zu berücksichtigen.

## Fistelfluss-Monitoring

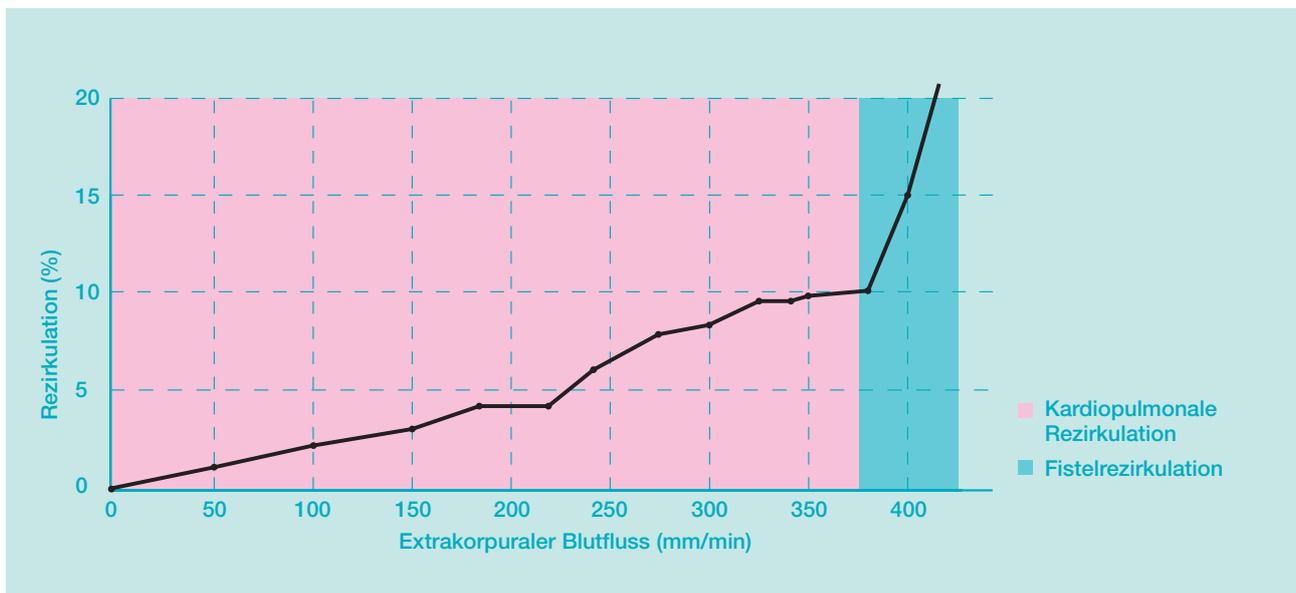
Die Rezirkulationsmessung kann auch eingesetzt werden, um eine optimale, patientenindividuelle Blutflussrate zu ermitteln ▶ 25.

## Interaktion zwischen OCM und BTM

Ein während der Behandlung auftretender Clearance-Abfall >20% wird vom OCM (Online Clearance Monitor) ermittelt und kann eine BTM-Rezirkulationsmessung automatisch auslösen (individuell einstellbar).

Diese soll Aufschlüsse liefern, ob ein Zusammenhang zwischen schlechten Clearance-Werten und möglicher Rezirkulation vorliegt.

**Mit dem BTM kann die Gesamtrezirkulation nicht-invasiv gemessen und auf diese Weise ein dosisminderndes Gefäßproblem erkannt werden.**



25: Beispielgrafik von Rezirkulationswerten, aufgeteilt in kardiopulmonale- und Fistelrezirkulation

# Häufig gestellte Fragen zum BTM

## **Mit welchen Behandlungsverfahren kann der BTM kombiniert werden?**

Der BTM benötigt als Grundbedingung für die Anwendung einen kontinuierlichen Blut- und Dialysierflüssigkeitsfluss. Daher kann der BTM in den Behandlungsverfahren Hämodialyse (HD) und Hämodiafiltration (HDF) eingesetzt werden. Lediglich bei den Sonderverfahren Single-Needle (SN), Hämofiltration (HF) und isolierter Ultrafiltration (ISO-UF) findet der BTM keine Anwendung.

## **Mit welchen Therapieoptionen kann der BTM kombiniert werden?**

Der BTM kann mit allen derzeit verfügbaren Therapieoptionen kombiniert werden und fügt sich so optimal in eine individualisierte Therapie ein. Weitere Informationen über die Therapieoptionen der 5008 CorDiax Serie finden Sie in den Anwenderbroschüren Blutvolumenmonitor (BVM), Online Clearance Monitoring (OCM), UF- und Natrium-Profile.

## **Kann der BTM auch unter Verwendung eines doppelumigen Katheters Anwendung finden?**

Da bei doppelumigen Kathetern zwischen den beiden Lumen ein Wärmeaustausch stattfindet, kann der BTM keine exakte Temperaturbestimmung realisieren. Er sollte unter diesen Voraussetzungen nicht aktiviert werden.

## **Kann die Temperaturregelung mittels BTM während der Behandlung unterbrochen werden?**

Die BTM-Regelung kann während der Behandlung jederzeit abgebrochen werden. Eine Wiederaufnahme der Temperaturregelung orientiert sich an der aktuell gemessenen Temperatur und nicht nach der

zu Beginn der Behandlung ermittelten Temperatur. Die BTM-Regelung sollte somit zu Beginn der Behandlung aktiviert werden.

## **Kann die Temperatur-Änderungsrate während der Behandlung verändert werden?**

Während der Temperatur-Regelung ist es jederzeit möglich, die Temperatur-Änderungsrate zu adaptieren.

## **Kann der Patient die Temperaturregelung subjektiv wahrnehmen?**

Im Gegensatz zu einer konstant eingestellten Dialysierflüssigkeitstemperatur regelt der BTM diese auf Basis der individuellen initialen Körpertemperatur des Patienten. Wird von fest eingestellter Dialysierflüssigkeitstemperatur auf die individuelle BTM-Regelung umgestellt, können in einzelnen Fällen während einer Eingewöhnungsphase Temperaturunterschiede wahrgenommen werden.

## **Funktioniert der BTM auch an heißen Sommertagen?**

Die Umgebungstemperatur geht in die Berechnung des potenziellen Wärmeverlusts entlang des Blutschlauchs zwischen Messkopf und Gefäßzugang ein. Der BTM ist werkseitig auf eine Raumtemperatur von 20 °C voreingestellt. Abweichungen der aktuellen Raumtemperatur von  $\pm 2$  °C sind unerheblich. Bei konstant größeren Abweichungen sollte die Standardtemperatur des BTM im Anwender-Setup angepasst werden.

## **Warum steigt die Rezirkulation im Verlauf der Behandlung?**

Ultrafiltrationsbedingt verändert sich im Verlauf der Behandlung die Blutzusammensetzung, das relative Blutvolumen sinkt und die Blutdichte nimmt zu. Diese Veränderungen wirken sich auf das Ergebnis der Rezirkulationsmessung aus. Zur besseren Vergleichbarkeit der Rezirkulationswerte wird empfohlen, die Rezirkulationsmessungen in den ersten 30 Minuten der Dialysebehandlung durchzuführen.

## **Wie oft soll die Rezirkulation ermittelt werden?**

Es ist sinnvoll, die Rezirkulation regelmäßig zu ermitteln. Hohe Rezirkulationswerte führen zu einer ineffektiven Dialyse und somit zum Nichterreichen der verordneten Dialyседosis (Kt/V). Gleichzeitig können Veränderungen des Dialyse-Gefäßzugangs frühzeitig wahrgenommen und ggf. weitere diagnostische Maßnahmen eingeleitet werden.

## **Ist die Länge des Blutschlauchsystems zwischen Gefäßzugang und arteriellem Messkopf von Bedeutung?**

Die Schlauchlänge zwischen Messkopf und Gefäßzugang ist für die BTM-Funktion validiert, wodurch die Genauigkeit der Messergebnisse sichergestellt ist.

## **Welche behandlungsbedingten Faktoren können die Rezirkulationsmessung beeinflussen?**

- Kanülenposition
- Vertauschte Kanülen-Zuordnung (art./ven.)
- Fistelflussrichtung bei Punktion nicht beachtet
- Stauung durch Kleidung
- Lageveränderung des Patienten
- Zugedeckte Blutschlauchsysteme

## **Kann der BTM bei Patienten mit erhöhter Temperatur (Fieber) angewendet werden?**

Die Anwendung des BTM bei fiebernden Patienten bedarf einer ausdrücklichen ärztlichen Indikationsstellung, da durch die Regelfunktion des BTM stark in die Physiologie des Patienten eingegriffen werden kann.

## **Wann kann es zu Limitierungen der BTM-Temperaturregelung kommen?**

Der BTM regelt die Dialysierflüssigkeitstemperatur in einem begrenzten Bereich zwischen 35,5 und 38 °C. So limitiert z. B. bei septisch bedingtem intradialytischen Körpertemperaturanstieg die untere Regelgrenze die Kompensation.

## **Wie genau ist das Messergebnis einer Rezirkulationsmessung mit dem BTM?**

Aufgrund der vollständigen Integration des Messverfahrens (Thermodilutionsmethode) in das der 5008 CorDiax Serie wird im Vergleich zu anderen Messmethoden eine hohe Messgenauigkeit von +/- 2 % erzielt.

## **Ist während einer Rezirkulationsmessung der Dialysierflüssigkeitsfluss verändert?**

Der Dialysierflüssigkeitsfluss wird während der Rezirkulationsmessung kurzzeitig auf 800 ml/min gesetzt um eine schnellere Wärmeübertragung auf die Blutseite des Dialysators zu ermöglichen.

# Literatur

- 1 Daugirdas JT: Pathophysiology of dialysis hypotension: An update. *Am J Kidney Dis* 2001; 38 (Suppl. 4): S11-S17.
- 2 Steuer RR, Conis JM: The incidence of hypovolemic morbidity in hemodialysis. *Dial & Transplant* 1996; 25: 272-281.
- 3 Schreiber MJ: Clinical dilemmas in dialysis: Managing the hypotensive patient, Setting the stage. *Am J Kidney Dis* 2001; 38 (Suppl. 4): S1-S10.
- 4 Bergström J: Why are dialysis patients malnourished? *Am J Kidney Dis* 1995; 26: 229-241.
- 5 Maggiore Q, Pizzarelli F, Sisca S et al.: Blood temperature and vascular stability during hemodialysis and hemofiltration. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 1982; 28: 523-527.
- 6 Provenzano R, Sawaya B, Frinak S et al.: The effect of cooled dialysate on thermal energy balance in hemodialysis patients. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 1988; 34: 515-518.
- 7 Yu AW, Ing TS, Zabaneh RI, Daugirdas JT: Effect of dialysate temperature on central hemodynamics and urea kinetics. *Kidney Int* 1995; 48: 237-243.
- 8 Van Kuijk WHM, Hillion D, Saviou C, Leunissen KLM: Critical role of extracorporeal blood temperature in the hemodynamic response during hemofiltration. *J Am Soc Nephrol* 1997; 8: 949-955.
- 9 Fine A, Penner B: The protective effect of cool dialysate is dependent on patients' predialysis temperature. *Am J Kidney Dis* 1996; 28: 262-265.
- 10 Kaufman AM, Morris AT, Lavarias VA et al.: Effects of controlled blood cooling on hemodynamic stability and urea kinetics during high-efficiency hemodialysis. *J Am Soc Nephrol* 1998; 9: 877-883.
- 11 Jost CMT, Agarwal R, Khair-El Din T, et al.: Effects of cooler temperature dialysate on hemodialysis stability in „problem“ dialysis patients. *Kidney Int* 1993; 44: 606-612.
- 12 Maggiore Q, Pizzarelli F, Santoro A et al.: The effects of control of thermal balance on vascular stability in hemodialysis patients: Results of the European randomized clinical trial, *Am J Kidney Dis* 2002; 40: 280-290.
- 13 Maggiore Q: Multicentre randomized study on the effect of thermal balance on vascular stability in hemodialysis patients. *J Am Soc Nephrol* 10 (1999), A1473



## **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.at](http://www.fmc-austria.at)