



(10) **DE 10 2011 053 935 B4** 2013.11.28

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 053 935.2**  
(22) Anmeldetag: **26.09.2011**  
(43) Offenlegungstag: **28.03.2013**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **28.11.2013**

(51) Int Cl.: **A61M 1/28** (2011.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Fresenius Medical Care Deutschland GmbH,  
61352, Bad Homburg, DE**

(74) Vertreter:  
**df-mp, 80333, München, DE**

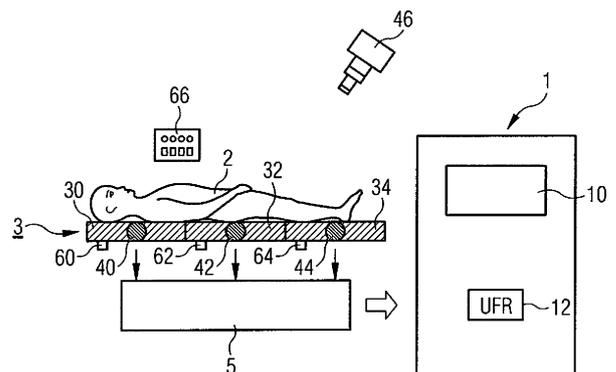
(72) Erfinder:  
**Medrano, Guillermo, 97421, Schweinfurt, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

<b>DE</b>	<b>40 24 434</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2006 032 815</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2008 010 531</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2010 031 530</b>	<b>A1</b>

(54) Bezeichnung: **Verfahren, Vorrichtung und System zur Blutbehandlung eines Patienten**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Blutbehandlung eines Patienten (2), umfassend eine Blutbehandlungsvorrichtung (1) zum Entwässern des Blutes des Patienten (2) bei einer einstellbaren Entwässerungsrate, gekennzeichnet durch Lagermittlungsmittel (40, 42, 44, 46) zur Ermittlung der Lage des Patienten (2), wobei die Entwässerungsrate abhängig von der ermittelten Lage des Patienten einstellbar, regelbar und/oder steuerbar ist.



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Blutbehandlung eines Patienten, sowie eine Vorrichtung und ein System zur Blutbehandlung.

## Stand der Technik

**[0002]** Verschiedene Verfahren zur Blutbehandlung eines Patienten, insbesondere zur Entwässerung des Blutes eines Patienten, sind bekannt.

**[0003]** Beispielsweise wird bei der Hämodialyse das Blut eines Patienten in einem extrakorporalen Blutkreislauf gereinigt, welcher einen Dialysator umfasst. Der Dialysator weist eine Blutkammer, durch welche das Blut des Patienten geleitet wird, und eine Kammer für Dialysierflüssigkeit auf. Die Blutkammer und die Kammer für die Dialysierflüssigkeit sind durch eine semipermeable Membran voneinander getrennt. Während der Hämodialyse wird die Kammer für die Dialysierflüssigkeit von Dialysierflüssigkeit durchflossen und die Blutkammer von dem Blut des Patienten durchflossen. Aufgrund eines Konzentrationsgradienten zwischen der Dialysierflüssigkeit und dem Blut des Patienten werden entsprechende Substanzen aufgrund der Diffusion durch die semipermeable Membran hindurch transportiert.

**[0004]** Bei der Peritonealdialyse handelt es sich um ein Blutbehandlungsverfahren, welches nicht extrakorporal durchgeführt wird, sondern innerhalb des Patienten. Bei der Peritonealdialyse wird die Bauchhöhle des Patienten über einen durch die Bauchdecke geführten Katheter mit einer Dialyseflüssigkeit befüllt, die einen entsprechenden Konzentrationsgradienten gegenüber den körpereigenen Flüssigkeiten aufweist.

**[0005]** Über das dann als Membran wirkende Bauchfell treten die im Körper vorliegenden Giftstoffe in die in der Bauchhöhle vorliegende Dialyseflüssigkeit über. Nach einiger Zeit, typischerweise einigen Stunden, wird die sich in der Bauchhöhle des Patienten befindliche, nunmehr verbrauchte Dialyseflüssigkeit ausgetauscht. Eine Entwässerung des Patientenblutes findet ebenfalls über das Konzentrationsgefälle der löslichen Stoffe zwischen Blut und Dialyseflüssigkeit statt. Dazu wird die Dialyseflüssigkeit beispielsweise mit Glukose, Dextrinen und/oder anderen Substanzen angereichert. Die Konzentration dieser Stoffe kann über die Zeit hinweg beispielsweise durch Mischvorrichtungen (Pumpen, Ventile, Mischkammern) für Konzentrate einstellbar sein, so dass eine gezielte Entwässerung vorgenommen werden kann. Für eine zumindest teilweise Automatisierung dieses Verfahrens werden in der Praxis spezielle Ma-

schinen verwendet, wie beispielsweise das „Sleep-Safe“ Gerät von Fresenius Medical Care.

**[0006]** Eine Blutbehandlung, beispielsweise mit einem der vorstehend aufgeführten Verfahren, ist unter anderem dann notwendig, wenn die Nieren eines Patienten ausfallen. Dann muss eine Dialyse bei dem Patienten so durchgeführt werden, dass Abfallprodukte, so wie beispielsweise Harnstoff, Kreatinin und urämische Toxine, aus dem Blut des Patienten entfernt werden können. Weiterhin werden während der Dialyse überschüssiges Wasser und andere Substanzen, welche üblicherweise harnpflichtig sind, aus dem Körper des Patienten entfernt.

**[0007]** Eine häufig verwendete Form und Verfahren der Dialyse ist die extrakorporale Hämodialyse, bei welcher das Blut des Patienten entlang einer Dialysmembran fließt, wobei auf der anderen Seite dieser semipermeablen Dialysmembran eine Dialysierflüssigkeit bereitgestellt wird, welche in dem Großteil der Verfahren gegenströmig zu dem Blutstrom fließt.

**[0008]** Durch diese semipermeable Membran hindurch werden die Substanzen, welche aus dem Blut des Patienten entfernt werden sollen, aufgrund eines Konzentrationsgradienten zwischen dem Blut und der Dialysierflüssigkeit entfernt, wobei diese Substanzen durch die semipermeable Membran hindurch diffundieren. Dabei können größere Moleküle, deren Diffusionsgeschwindigkeit sehr gering ist, auch konvektiv mittels eines Flüssigkeitsflusses von der Blutseite auf die Seite der Dialyseflüssigkeit durch die semipermeable Membran hindurch transportiert werden.

**[0009]** Die Dialysierflüssigkeit für die extrakorporale Hämodialyse wird dabei typischerweise so bereitgestellt, dass sie eine solche Konzentration an bestimmten aus dem Blut zu entfernenden Substanzen bereitstellt, dass der entsprechende Konzentrationsgradient von der Blutseite zur Seite der Dialyseflüssigkeit hin bereitgestellt wird.

**[0010]** In einem weiteren bekannten Verfahren, nämlich der Hämofiltration, werden bestimmte Substanzen aufgrund eines Druckgradienten über eine Membran eines Dialysefilters abfiltriert. Auch bei diesem Verfahren wird die Porosität bzw. Durchlässigkeit der semipermeablen Membran entsprechend so eingestellt, dass bei dem vorgegebenen Druckgradienten die entsprechenden Substanzen aus dem Blut herausfiltriert werden und über die Membran abgeführt werden. Es ergibt sich jedoch aus den jeweiligen Molekülgrößen, dass bei der Hämofiltration neben den teilweise großen molekularen Substanzen, welche durch die semipermeable Membran hindurch diffundieren müssen, aufgrund des Druckgradienten auch solche Substanzen aus dem Blut heraus gezogen bzw. heraus gefiltert werden, welche physiolo-

gisch essentiell für die Blutzusammensetzung sind. Beispielsweise werden dem Blut bei der Hämofiltration Elektrolyte entzogen. Entsprechend werden bei der Hämofiltration die zu viel entnommenen Substanzen sowie das zu viel entnommene Flüssigkeitsvolumen über eine Substitutionsinfusionsflüssigkeit dem Patientenblut nach dem Durchlaufen des Dialysefilters wieder hinzugefügt.

**[0011]** Es gibt auch ein kombiniertes Verfahren, welches als Hämodiafiltration bezeichnet wird, wobei bei diesem Verfahren die oben genannten Stufen der Hämodialyse sowie der Hämofiltration gleichzeitig oder nacheinander in dem extrakorporalen Kreislauf eingesetzt werden.

**[0012]** Bei den Dialyseverfahren wird dem Blut bzw. dem Körper des Patienten neben der Entfernung von harnpflichtigen Substanzen auch überschüssiges Wasservolumen entzogen. Der Wasserentzug aus dem Patientenblut aufgrund einer Druckdifferenz über die Dialysemembran wird als Ultrafiltration bezeichnet. Diese Druckdifferenz, welche zur Erzeugung der Ultrafiltration dient, wird häufig durch eine stromabwärts des jeweiligen Dialysefilters auf der Dialysatseite angeordnete Ultrafiltrationspumpe erzeugt.

**[0013]** Weiterhin ist es bekannt, dass sich ein Patient während der Durchführung der Blutbehandlung bevorzugt in Ruhe befinden sollte, um den Erfolg der Blutbehandlung nicht zu gefährden und um insbesondere das Herz-Kreislaufsystem des Patienten nicht übermäßig zu belasten. Besonders durch einen starken Volumenentzug, d. h. einen starken Entzug von Wasser aus dem Patientenblut, kann eine starke Herz-Kreislaufbelastung auftreten, welche im Extremfall in einer Hypotensionskrise gipfelt. Um dem vorzubeugen wird der Patient bevorzugt in Ruhe gehalten.

**[0014]** Die Lagerung eines Patienten während der Blutbehandlung ist beispielsweise über eine Patientenliege, welche mit einem Blutbehandlungsgerät versehen ist, gemäß der DE 101 41 053 A1 bekannt. Die dort beschriebene Patientenliege ist dazu gedacht, dem Patienten während der Blutbehandlung, welche üblicherweise einige Stunden andauert, eine halbwegs komfortable Sitz-/Liegeposition zu ermöglichen.

**[0015]** DE 10 2008 010 531 A1 betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Blutbehandlungsvorrichtung sowie einen Blutvolumenmonitor und eine Blutbehandlungsvorrichtung zum Ausführen des Verfahrens.

**[0016]** DE 40 24 434 A1 betrifft eine Vorrichtung zur Ultrafiltrationskontrolle bzw. Ultrafiltrationsregelung bei Blutreinigungsverfahren.

**[0017]** DE 10 2006 032 815 A1 betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung eines extrakorporalen Blutkreislaufes.

**[0018]** DE 10 2010 031 530 A1 betrifft eine Patientenlagerungsvorrichtung, eine Behandlungseinrichtung mit einer Patientenlagerungsvorrichtung und ein entsprechendes Verfahren zur Steuerung und/oder Regelung einer medizinischen Behandlungsvorrichtung.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0019]** Entsprechend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Blutbehandlung eines Patienten sowie eine Vorrichtung und ein System zur Durchführung der Blutbehandlung anzugeben, bei welchem das Auftreten von Herz-Kreislauf-bedingten Komplikationen weiter reduziert wird.

**[0020]** Die Aufgabe wird mittels des Verfahrens gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausbildungen des Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0021]** Entsprechend umfasst das Verfahren zur Blutbehandlung eines Patienten eine Entwässerung des Blutes des Patienten bei einer einstellbaren Entwässerungsrate. Erfindungsgemäß wird die Lage des Patienten ermittelt und die Entwässerungsrate wird abhängig von der ermittelten Lage des Patienten eingestellt, gesteuert und/oder geregelt.

**[0022]** Unter Entwässerungsrate wird vorliegend das dem Patientenblut pro Zeiteinheit entzogene Flüssigkeitsvolumen, also insbesondere das dem Patientenblut entzogene Wasservolumen pro Zeiteinheit, verstanden. Je nach angewendetem Blutbehandlungsverfahren (z. B. Hämodialyse, Hämofiltration, Hämodiafiltration, Peritonealdialyse, Apherese und/oder Plasmapherese) ist die Entwässerungsrate der Ultrafiltrationsrate im Wesentlichen dann gleichzusetzen, wenn die Entwässerung des Blutes durch Ultrafiltration erreicht wird.

**[0023]** Es hat sich herausgestellt, dass es bei der Dialyse äußerst wichtig ist, den Flüssigkeitsentzug bzw. die Entwässerungsrate möglichst exakt einzustellen, zu steuern und/oder zu regeln, um die beim Patienten auftretenden Komplikationen bzw. Flüssigkeitsentzugsprobleme, wie beispielsweise Herz-Kreislaufprobleme, möglichst gut kontrollieren bzw. verhindern zu können. Gleichzeitig kann durch die Einstellung, Steuerung und/oder Regelung der Entwässerungsrate dann ein relativ schneller Dialyseprozess erreicht werden, wenn für den jeweiligen Patientenzustand jeweils eine optimale Entwässerungsrate verwendet werden kann.

**[0024]** Durch die Entwässerung kommt es zu einer Abnahme des Plasmavolumens. Falls es der jeweilige menschliche Organismus des Patienten nicht schafft, das Plasmavolumen aus dem interstitiellen Raum wieder aufzufüllen, sinkt entsprechend der Füllungsdruck des Herzens und der Blutdruck fällt ab. Es ist sofort einzusehen, dass dies umso eher geschieht, je höher die jeweilig eingestellte Entwässerungsrate ist. Dabei wird als Blutvolumen die Gesamtmenge des Blutes verstanden, welche sich aus dem Plasmavolumen und dem ErythrozytENVolumen zusammensetzt. Bei einem zu stark absinkenden Blutdruck kommt es zu einer Hypotensionskrise bei dem jeweilig behandelten Patienten.

**[0025]** Es hat sich gezeigt, dass die Körperlage des Patienten das Plasmavolumen beeinflusst. Insbesondere steigt das Plasmavolumen im Liegen an und sinkt demgegenüber im Sitzen bzw. im Stehen ab. Entsprechend kann der Fall auftreten, dass ein Patient, welcher während der Blutbehandlung mit einer konstanten Entwässerungsrate behandelt wird und sich von einer Liegeposition in eine aufrechtere Position bewegt, einen plötzlichen Abfall des Blutdruckes erfährt. Die Körperlage des Patienten beeinflusst also das Plasmavolumen direkt.

**[0026]** Die oben beschriebene Lösung der vorliegenden Aufgabe, nämlich in einem Verfahren zur Blutbehandlung eines Patienten, in welchem das Blut des Patienten mit einer einstellbaren Entwässerungsrate entwässert wird, die Lage des Patienten zu messen und die Entwässerungsrate abhängig von der Lage des Patienten einzustellen, zu regeln und/oder zu steuern, wirkt daher darauf hin, dass, wenn sich der Patient beispielsweise von seiner Liege aufrichtet bzw. aufsetzt, die Entwässerungsrate entsprechend herabgesetzt wird.

**[0027]** Entsprechend kann das Auftreten von Herz-Kreislauf-bedingten Problemen, welche auf die Veränderung der Lage des Patienten zurückzuführen sind, auf diese Weise verringert oder vermieden werden. Mittels des angegebenen Verfahrens zur Blutbehandlung kann daher das Auftreten von kritischen Hypotensionszuständen beim Patienten und insbesondere das Auftreten einer Hypotensionskrise beim Patienten verringert bzw. vermieden werden.

**[0028]** Die Ermittlung der Lage des Patienten wird bevorzugt an einer Patientenliege, an einem Patientenstuhl und/oder an dem Patienten selbst durchgeführt. Bevorzugt wird sie über die Auswertung von an der Patientenliege und/oder dem Patientenstuhl angebrachten Sensoren, von am Patienten angeordneten Sensoren und/oder von den Patienten überwachten Sensoren, insbesondere der Auswertung von Lagesensoren, optischen Sensoren und/oder bildgebenden Sensoren ermittelt.

**[0029]** Bevorzugt wird die Entwässerung des Blutes mittels einer Peritonealdialyse durchgeführt und die Entwässerungsrate wird durch Einstellen, Steuern und/oder Regeln der Konzentration gelöster Stoffe in der Dialyseflüssigkeit, bevorzugt von Glukose und/oder Dextrin, vor dem Einbringen der Dialyseflüssigkeit in die Bauchhöhle eingestellt, gesteuert und/oder geregelt wird. Um eine weitere Anpassung der Entwässerungsrate an den jeweiligen Zustand des Patienten und insbesondere an den Lagerungszustand des Patienten zu erreichen, wird bevorzugt bei einer Änderung der Lage des Patienten die in der Bauchhöhle vorhandene Dialyseflüssigkeit gegen eine Dialyseflüssigkeit mit einer anderen Konzentration gelöster Stoffe ausgetauscht.

**[0030]** Bevorzugt wird die Entwässerung des Blutes durch Ultrafiltrieren durchgeführt, wobei die Entwässerungsrate durch die Ultrafiltrationsrate (UFR) einstellbar ist und die Ultrafiltrationsrate (UFR) abhängig von der ermittelten Lage des Patienten eingestellt, gesteuert und/oder geregelt wird.

**[0031]** Die Regelung der Entwässerung basierend auf der detektierten Körperlage des Patienten kann zu niedrigeren Dialysezeiten führen, insbesondere wenn der Patient vorwiegend während der Behandlung liegt. Im Liegen stellt sich nämlich in der Regel ein höheres Plasmavolumen beim Patienten ein, weswegen die Entwässerungsrate erhöht werden kann. Eine solchermaßen verkürzte Behandlung schont den Patienten und im Falle der Peritonealdialyse dessen Bauchfell, welches als Filter wirkt.

**[0032]** Die Regelung der Entwässerung basierend auf der detektierten Körperlage des Patienten kann ebenfalls zu niedrigeren Glukosekonzentrationen in der Dialysierflüssigkeit führen, wenn die Körperlage zu einem geringeren Plasmavolumen führt. Eine reduzierte Glukosekonzentration trägt zu einer geringeren Glukosebelastung des Bauchfells bei. Es hat sich gezeigt, dass eine erhöhte Glukosekonzentration in der Dialysierflüssigkeit im Laufe der Zeit bei verschiedenen Patienten zu unerwünschten pathologischen Veränderungen des Bauchfells führen kann, welche im Extremfall die Peritonealdialysebehandlung verhindern können. Eine reduzierte Glukosekonzentration aufgrund der detektierten Körperlage des Patienten kann also dazu beitragen, dass ein Patient länger mit dem Verfahren der Peritonealdialyse behandelt werden kann.

**[0033]** Die Einstellung, Steuerung und/oder Regelung der Ultrafiltrationsrate kann mit Vorteil durch Einstellung, Steuerung und/oder Regelung der Pumprate bei der Ultrafiltration erreicht werden, insbesondere durch Einstellung, Steuerung und/oder Regelung der Pumprate einer stromabwärts eines Dialysefilters angeordneten Schlauchrollenpumpe, Zahnradpumpe, Membranpumpe und/oder Impellerpumpe.

**[0034]** In einer bevorzugten Variante wird die Entwässerungsrate, bevorzugt die Ultrafiltrationsrate, bei einem im Wesentlichen liegenden Patienten höher eingestellt, gesteuert und/oder geregelt, als bei einem gegenüber der liegenden Position aufrechter angeordneten Patienten. Auf diese Weise kann die Entwässerungsrate genau an die physiologischen Bedingungen angepasst werden, so dass eine komplikationsarme und effiziente Entwässerung des Patientenblutes erreicht werden kann.

**[0035]** Bevorzugt wird die Entwässerungsrate gegenüber der vorhergehenden Entwässerungsrate erhöht, wenn sich die Lage des Patienten mehr einer liegenden Haltung annähert, und die Entwässerungsrate wird verringert, wenn sich die Lage des Patienten gegenüber der vorhergehenden Lage mehr in Richtung einer aufrechten Lage verändert.

**[0036]** Hierzu kann bevorzugt eine Lagemessung an einer Patientenliege, einem Patientenstuhl bzw., über entsprechende Sensoren und/oder bildgebende Mittel, am Patienten selbst ermittelt werden.

**[0037]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante kann der Patient, insbesondere über Aktoren an einer entsprechenden von ihm benutzten Patientenliege bzw. Patientenstuhl, seine Körperlage selbst einstellen. Hierdurch wird erreicht, dass die relativ lange Behandlungszeit bei der Blutbehandlung für den Patienten so bequem wie möglich gestaltet werden kann. Insbesondere kann der Patient immer wieder selbständig seine Körperlage anpassen. Bei der vom Patienten selbst gesteuerten Anpassung der Körperlage wird dann gleichzeitig die Entwässerungsrate, bevorzugt die Ultrafiltrationsrate, so angepasst, dass es auch bei einer veränderten Körperlage nicht zu Problemen, beispielsweise einer Hypotensionskrise des Patienten, kommt. Durch die weitgehende Selbstbestimmung des Patienten seiner eigenen Lage kann entsprechend die Behandlung für den jeweiligen Patienten angenehmer gestaltet werden.

**[0038]** Das Verfahren wird bevorzugt bei der Hämodialyse, der Hämofiltration, der Hämodiafiltration, der Peritonealdialyse, der Apherese sowie der Plasmapherese verwendet.

**[0039]** Um eine zügige und komplikationsarme Blutbehandlung des Patienten zu erreichen, wird die Entwässerungsrate, bevorzugt die Ultrafiltrationsrate, zu Beginn der Behandlung bevorzugt höher eingestellt, gesteuert und/oder geregelt, als in einem nachfolgenden Abschnitt der Behandlung. Dadurch kann auch den physiologischen Gegebenheiten dahingehend Rechnung getragen werden, dass das überschüssige Plasmavolumen zu Beginn der Behandlung am größten ist.

**[0040]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird die Entwässerungsrate, bevorzugt die Ultrafiltrationsrate, nur in einem ersten Behandlungsabschnitt abhängig von der Lage des Patienten gesteuert und/oder geregelt, wird aber in einem zweiten Behandlungsabschnitt konstant gehalten, wobei der erste Behandlungsabschnitt bevorzugt durch das Entziehen der Hälfte der geplanten Flüssigkeitsmenge endet. Entsprechend gleicht der zweite Abschnitt der Behandlung im Wesentlichen der herkömmlichen Behandlung.

**[0041]** In einer weiteren vorteilhaften Ausbildung des Verfahrens wird die Entwässerungsrate, bevorzugt die Ultrafiltrationsrate, zur Einstellung, Steuerung und/oder Regelung abhängig von der Lage des Patienten um eine vorgegebene Differenz (UFR+) von einer vorgegebenen Entwässerungsrate, bevorzugt Ultrafiltrationsrate ( $UFR_{SET}$ ), angehoben und/oder abgesenkt, wobei die vorgegebene Differenz (UFR+) bevorzugt aus der zu erwartenden Plasmavolumenänderung zwischen im Wesentlichen liegender und im Wesentlichen aufrechter Position des Patienten abgeleitet wird. Auf diese Weise kann das Auftreten einer lagebedingten Hypotensionskrise besonders gut vermieden werden, da die Entwässerungsrate an die zu erwartende Plasmavolumenänderung angepasst wird. Das angegebene Verfahren führt entsprechend dazu, dass die Entwässerungsrate genau an die erwartete Plasmavolumenänderung angepasst wird und entsprechend eine sichere und effiziente Entwässerung durchgeführt werden kann.

**[0042]** In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird wobei die Entwässerungsrate, bevorzugt die Ultrafiltrationsrate (UFR), zunächst für einen Zeitabschnitt ( $t_{UFR\pm}$ ) der Behandlung angehoben, bevorzugt um einen vorgegebenen Wert (UFR+), und dann bei Auftreten einer Lageänderung des Patienten in Richtung einer aufrechteren Lage, für den gleichen Zeitabschnitt ( $t_{UFR\pm}$ ) abgesenkt, bevorzugt um den gleichen vorgegebenen Wert (UFR+), wobei bevorzugt zunächst eine erhöhte Entwässerungsrate, bevorzugt Ultrafiltrationsrate ( $UFR = UFR_{SET} + UFR+$ ), und dann eine erniedrigte Entwässerungsrate, bevorzugt Ultrafiltrationsrate ( $UFR = UFR_{SET} - UFR+$ ), eingestellt, geregelt und/oder gesteuert wird. Durch die Verwendung der zunächst erhöhten und dann abgesenkten Entwässerungsrate kann eine Behandlung bereitgestellt werden, bei der die Behandlungsdauer gegenüber den konventionellen Verfahren nicht verlängert wird, aber die Sicherheit bezüglich eventueller Hypotensionskrisen erhöht wird.

**[0043]** In einer weiteren vorteilhaften Ausprägung wird die Entwässerungsrate am Anfang der jeweiligen Behandlung gegenüber dem üblicherweise verwendeten Wert erhöht und erst im Laufe der Behandlung entsprechend an die Lage des Patienten angepasst. Insbesondere kann die Entwässerungs-

rate erst nach dem Überschreiten eines bestimmten Aufrichtungswinkels des Patienten, beispielsweise einem Winkel des Patientenoberkörpers von größer als 30° gegenüber der Horizontalen angepasst werden. In einem Bereich zwischen einer komplett horizontalen Ausrichtung des Körpers des Patienten und diesem Winkel wird entsprechend keine Anpassung vorgenommen.

**[0044]** Weiterhin kann die jeweilige Entwässerungsrate auch unter Berücksichtigung des typischen Patientenverhaltens gewählt werden, also unter Berücksichtigung der Zeit, welche ein Patient üblicherweise in einer eher aufgerichteten Lage verbringt. Entsprechend kann, um die Gesamtbehandlungszeit einzuhalten, die Entwässerungsrate zu Beginn der Behandlung sowie in den Abschnitten, in welchen der Patient sich in einer eher aufrechten Lage befindet, um einen Betrag erhöht werden, welcher sich aus der Vorhersage der voraussichtlich im eher aufgerichteten Zustand verbrachten Zeit ableitet.

**[0045]** Die oben beschriebene Aufgabe wird weiterhin durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den Unteransprüchen.

**[0046]** Entsprechend umfasst die Vorrichtung zur Blutbehandlung eines Patienten eine Blutbehandlungsvorrichtung zum Entwässern des Blutes des Patienten bei einer einstellbaren Entwässerungsrate. Erfindungsgemäß sind Lageermittlungsmittel zur Ermittlung der Lage des Patienten vorgesehen, wobei die Entwässerungsrate abhängig von der ermittelten Lage des Patienten einstellbar, regelbar und/oder steuerbar ist.

**[0047]** Bevorzugt sind die Lageermittlungsmittel als an der Patientenliege und/oder dem Patientenstuhl angebrachte Sensoren, als am Patienten angeordnete Sensoren und/oder als den Patienten überwachende Sensoren ausgebildet und sind bevorzugt als Lageensensoren, optische Sensoren und/oder bildgebende Sensoren ausgebildet.

**[0048]** Um dem Patienten einen hohen Behandlungskomfort zu ermöglichen, sind auf eine Patientenliege und/oder einen Patientenstuhl wirkende Aktoren vorgesehen, über welche der Patient seine Lage selbst einstellen kann.

**[0049]** Eine Datenverarbeitungsvorrichtung zur Auswertung der Signale der Lageermittlungsmittel kann vorgesehen sein, wobei die Datenverarbeitungsvorrichtung die Entwässerungsrate, bevorzugt die Ultrafiltrationsrate (UFR), entsprechend der ermittelten Lage des Patienten regeln und/oder steuern kann.

**[0050]** Die Blutbehandlungsvorrichtung ist bevorzugt zur Durchführung der Hämodialyse, der Hämo-

filtration, der Hämodiafiltration, der Peritonealdialyse, der Apherese und/oder der Plasmapherese ausgebildet.

**[0051]** Weiterhin wird die oben beschriebene Aufgabe durch ein System mit den Merkmalen des Anspruchs 20 gelöst.

#### Kurze Beschreibung der Figuren

**[0052]** Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung anhand der nachfolgenden Figuren beschrieben:

**[0053]** [Fig. 1](#) zeigt schematisch eine Vorrichtung zur Blutbehandlung mit einer Patientenliege und einer Blutbehandlungsvorrichtung;

**[0054]** [Fig. 2](#) zeigt den Verlauf der Ultrafiltration in einem herkömmlichen Verfahren gemäß dem Stand der Technik;

**[0055]** [Fig. 3](#) zeigt schematisch den Verlauf der Ultrafiltration in einem Verfahren gemäß einer Ausprägung der vorliegenden Erfindung; und

**[0056]** [Fig. 4](#) zeigt schematisch einen exemplarischen Algorithmus zur Durchführung des vorliegenden Verfahrens.

#### Ausführliche Beschreibung der Figuren

**[0057]** Die vorliegende Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren detailliert beschrieben werden. Dabei werden gleiche Bezugszeichen für ähnliche oder gleiche Bestandteile verwendet und auf eine wiederholte Beschreibung in den unterschiedlichen Ausführungsbeispielen kann verzichtet werden, um Redundanzen zu vermeiden.

**[0058]** Nachfolgend wird das Verfahren, die Vorrichtung sowie das System anhand des Beispiels der Hämodialyse exemplarisch beschrieben. Diese Beschreibung ist jedoch nicht beschränkend zu verstehen, sondern das Verfahren sowie die Vorrichtung und das System können in jeder anderen Blutbehandlung verwendet werden, insbesondere der Hämodialyse, der Hämofiltration, der Hämodiafiltration, der Peritonealdialyse, der Apherese und/oder der Plasmapherese.

**[0059]** In [Fig. 1](#) ist schematisch eine Vorrichtung zur Blutbehandlung eines Patienten nach einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt.

**[0060]** Hierzu ist eine Blutbehandlungsvorrichtung **1** in Form einer Hämodialysemaschine vorgesehen, mittels welcher der Patient **2** einer Blutwäsche unterzogen werden kann. Die Hämodialysemaschine

umfasst eine Entwässerungsvorrichtung in Form des Ultrafiltrationsabschnitts **10**, welcher über eine Einstellvorrichtung **12** mit einer einstellbaren Entwässerungsrate in Form einer einstellbaren Ultrafiltrationsrate UFR betrieben werden kann.

**[0061]** Entsprechend kann über die Einstellung der Ultrafiltrationsrate UFR an der Blutbehandlungsvorrichtung **1** der Flüssigkeitsentzug beim Patienten **2** während der Behandlung eingestellt werden. Die Ultrafiltrationsrate UFR ergibt sich dabei als Volumen der über die Ultrafiltration entzogenen Flüssigkeit, welches hier als UFV bezeichnet wird, pro Zeit  $t$ , also als  $UFR = UFV/t$ . Allgemein ergibt sich die Entwässerungsrate als das dem Patientenblut pro Zeiteinheit entzogene Wasservolumen.

**[0062]** Der Patient **2** ist auf einer Patientenliege **3** gelagert. Die Patientenliege **3** umfasst in der gezeigten Ausführungsform ein Kopfteil **30**, ein Mittelteil **32** und ein Fußteil **34**. Das Kopfteil **30**, das Mittelteil **32** sowie das Fußteil **34** können relativ zueinander in unterschiedliche Positionen gebracht werden, so dass der Patient **2** von der in **Fig. 1** gezeigten vollständig horizontal ausgerichteten – also liegenden – Position weiter aufgerichtet werden kann. Der Patient **2** kann beispielsweise durch Anheben bzw. Schrägstellen des Kopfteiles **30** so aufgerichtet werden, dass sein Oberkörper in eine gegenüber der liegenden Position aufrechtere Position gebracht wird. Das Fußteil **34** kann beispielsweise gleichzeitig abgesenkt werden, so dass die einzelnen Komponenten der Patientenliege **3** dann eine Lagerungsposition für den Patienten **2** ergeben, in welcher der Patient **2** eher eine sitzende Position einnimmt, also mit angehobenem Oberkörper und abgesenkten Beinen. Das Fußteil **34** kann aber auch angehoben werden, um bei Herz-Kreislaufproblemen entsprechend das Blutvolumen aus den Beinen dem Kernbereich des Patienten **2** wieder zuzuführen.

**[0063]** Die Patientenliege **3** kann weiterhin als Ganzes leicht gekippt werden, also der Patient **2** insgesamt in eine schräge Position gebracht werden, um dem Patienten **2** so ein schräggestelltes Bett bereit zu stellen.

**[0064]** Bei der in der **Fig. 1** gezeigten Patientenliege **3** handelt es sich im Prinzip um eine herkömmliche Patientenliege, welche die entsprechenden Einstellmöglichkeiten bereitstellt. Die einzelnen Teile der Patientenliege **3** können dabei über Aktoren **60**, **62**, **64** relativ zueinander verstellt werden, um eine einfache Änderung der Lagerung des Patienten **2** ermöglichen. Die Aktoren **60**, **62**, **64** sind typischer Weise in Form von Elektromotoren, pneumatischen Antrieben und/oder hydraulischen Antrieben gegeben. In einer bevorzugten Variante kann der Patient **2** die Aktoren **60**, **62**, **64** über ein entsprechendes Schaltpaneel **66**

selbstständig betätigen, um eine für ihn bequeme Position einstellen zu können.

**[0065]** Bevorzugt ist an der Patientenliege **3**, zumindest zur Verwendung der Patientenliege **3** in einer aufgerichteten bzw. einer der Sitzposition ähnlichen Positionierung, auch eine Armaufnahme, die in **Fig. 1** nicht gezeigt ist, vorgesehen, um dem Patienten **2** Armstützen zu bieten.

**[0066]** Die Patientenliege **3** ist in **Fig. 1** lediglich als aus drei Abschnitten, nämlich aus dem Kopfteil **30**, dem Mittelteil **32** und dem Fußteil **34** bestehend, gezeigt. Die Patientenliege **3** kann jedoch beliebig komplex ausgebildet sein und insbesondere noch mehr gegeneinander verstellbare Abschnitte als die in **Fig. 1** gezeigten aufweisen, beispielsweise neben einem separaten Kopfteil auch ein verstellbares Rückenteil oder eine geteilte Fußablage, um weitere unterschiedliche Positionen des Patienten **2** zu ermöglichen, um diesem eine möglichst bequeme Lagerung während der Blutbehandlung zu ermöglichen. Hierbei ist festzuhalten, dass die Blutbehandlung typischer Weise relativ lange dauert – Behandlungsdauern von 3 bis 7 Stunden sind üblich. Daher ist es für das Wohlergehen des Patienten **2** besonders wichtig, dass er sich für diese Zeit eine bequeme Position verschaffen kann.

**[0067]** Auch bei der in **Fig. 1** gezeigten Blutbehandlungsvorrichtung **1** in Form einer Hämodialysemaschine handelt es sich um eine weitgehend herkömmliche Hämodilysemaschine, bei welcher die Ultrafiltrationsrate UFR über eine entsprechende Einstell-einrichtung **12** eingestellt werden kann.

**[0068]** Die Blutbehandlungsvorrichtung **1** kann auch zur Durchführung der Hämofiltration, der Hämodiafiltration, der Peritonealdialyse, der Apherese und/oder der Plasmapherese ausgebildet sein.

**[0069]** An der Patientenliege **3** sind Sensoren **40**, **42**, **44** vorgesehen, mittels welchen die Lage der einzelnen Teile der Behandlungsliege **3** bezüglich der Horizontalen und/oder relativ zueinander bestimmt werden kann. Weiterhin ist eine Kamera **46** vorgesehen, welche ebenfalls zur Ermittlung der aktuellen Lage des Patienten **2** verwendet wird.

**[0070]** Mittels der Auswertung der Signale der Sensoren **40**, **42**, **44**, **46** kann entsprechend in einer Datenauswertungsvorrichtung **5** die genaue Lage des Patienten **2** bezüglich der Horizontalen ermittelt werden. Die Ableitung der Lage bzw. Position des Patienten **2** aus der jeweiligen Einstellung der Patientenliege **3** setzt natürlich voraus, dass sich der Patient **2** in der durch die Form der einzelnen Teile der Patientenliege **3** vorgegebenen Lage befindet. Mit anderen Worten wird davon ausgegangen, dass der Patient **2** im Wesentlichen an den einzelnen Komponenten der

Patientenliege **3** in der vorgesehenen Weise anliegt bzw. auf diesen Komponenten aufliegt.

**[0071]** Wenn sich der Patient **2** hingegen beispielsweise bei der in [Fig. 1](#) gezeigten Positionierung der Patientenliege **3** selbstständig aufrichten sollte, und entsprechend der Oberkörper keinen Kontakt mehr zur Patientenliege **3** hat, kann selbstverständlich aus der Position der Patientenliege **3** nicht auf die Position des Patienten **2** geschlossen werden. Nachfolgend wird jedoch angenommen, dass sich der Patient während der Blutbehandlung stets in Kontakt mit den jeweiligen Komponenten der Patientenliege **3** befindet.

**[0072]** In einer Variante oder Ergänzung kann die Lage des Patienten **2** auch über am Patienten direkt angebrachte Sensoren ermittelt werden, beispielsweise mittels in die jeweiligen, vom Patienten **2** getragenen Textilien eingearbeitete Sensoren.

**[0073]** In einer anderen bevorzugten Variante oder Ergänzung können optische Sensoren und/oder bildgebende Sensoren wie beispielsweise die gezeigte Kamera **46** dazu verwendet werden, die Lage des Patienten **2** zu ermitteln. Hierfür bieten sich beispielsweise eine Lichtschrankenmessung oder Laserscannermessung an, oder aber eine Bildaufzeichnung bzw. Videoaufzeichnung des Patienten während der Blutbehandlung, aus welcher die jeweilige Lage des Patienten **2** ermittelt werden kann.

**[0074]** In der Datenverarbeitungsvorrichtung **5** wird entsprechend über die in [Fig. 1](#) gezeigten Sensoren **40, 42, 44, 46**, bzw. über die in [Fig. 1](#) nicht gezeigten, möglichen weiteren Sensoren, die Lage des Körpers des jeweiligen Patienten **2** ermittelt.

**[0075]** Abhängig von der in der Datenverarbeitungsvorrichtung **5** ermittelten Lage des Patienten **2** wird die Entwässerungsrate in der Dialysemaschine **1** eingestellt. Entsprechend wird bei der hier exemplarisch gezeigten Hämodialysevorrichtung **1** mit dem Ultrafiltrationsabschnitt **10** die Ultrafiltrationsrate UFR entsprechend eingestellt.

**[0076]** Da sich gezeigt hat, dass sich das Plasmavolumen eines Patienten **2** bei einer Lageveränderung ändert, kann auf diese Weise erreicht werden, dass die Ultrafiltrationsrate UFR stets optimal an den jeweiligen Zustand des Patienten **2** angepasst ist. Auf diese Weise können nachteilige Effekte auf die Stabilität des Kreislaufes des behandelten Patienten verringert bzw. vermieden werden.

**[0077]** Insbesondere wurde herausgefunden, dass das Plasmavolumen eines Patienten **2** ansteigt, wenn er von einer aufrechteren Lage in eine liegendere Lage gebracht wird, und das Plasmavolumen absinkt,

wenn der Patient **2** von einer liegenderen Lage in eine aufrechtere Lage gebracht wird.

**[0078]** Die Entwässerungsrate, insbesondere die Ultrafiltrationsrate UFR, wird entsprechend von der Datenverarbeitungsvorrichtung **5** aufgrund der ermittelten Lage bzw. der jeweiligen Lageveränderung des Patienten **2** eingestellt, geregelt und/oder gesteuert.

**[0079]** Die jeweilig durchgeführte Veränderung der Entwässerungsrate bzw. der Ultrafiltrationsrate UFR in Reaktion auf eine Veränderung der Lage des Patienten **2** kann dabei beispielsweise über die erwartete Veränderung des Plasmavolumens zwischen einer liegenden und einer aufrechten Position des Patienten **2** berechnet werden. Als Alternative wird eine Relation aus der Lageveränderung des Patienten **2** und einer statistisch ermittelten Anpassung der Entwässerungsrate verwendet. Diese statistische Auswertung kann entweder für mehrere Patienten, oder aber für den jeweiligen individuellen Patienten durchgeführt werden. Zur Bestimmung dieser Daten können beispielsweise in den ersten Sitzungen eines Patienten auch andere Parameter überwacht werden, beispielsweise der Blutdruck des Patienten. Aus der Korrelation der jeweiligen Parameter, insbesondere der Lage des Patienten und dem Blutdruck, kann dann der entsprechende Anpassungsfaktor berechnet werden.

**[0080]** Die von der Datenverarbeitungsvorrichtung **5** durchgeführte Einstellung, Steuerung bzw. Regelung der Entwässerungsrate aufgrund der ermittelten Lage des Patienten **2** wird entsprechend entweder über eine feste mathematische Relation zwischen der Lage des Patienten **2** und der Entwässerungsrate erreicht, oder aber durch Ablesen aus einer statistisch erzeugten Tabelle für bestimmte Lagebereiche durchgeführt.

**[0081]** [Fig. 2](#) zeigt schematisch den Ablauf einer herkömmlichen Dialysebehandlung mittels einer Hämodialysevorrichtung mit einem Ultrafiltrationsabschnitt nach dem Stand der Technik, wobei im obersten Diagramm das gesamte Ultrafiltrationsvolumen über die Zeit aufgetragen ist als UFV(t). Hierbei ist zu erkennen, dass das Ultrafiltrationsvolumen, also das dem Patienten entnommene Flüssigkeitsvolumen, über die Zeit hinweg quasi linear ansteigt bis das gewünschte bzw. geplante Ultrafiltrationsvolumen UFG erreicht ist.

**[0082]** In dem darunter liegenden mittleren Diagramm ist das überschüssige Wasservolumen im Patienten **2** über die Zeit hinweg als OH(t) aufgetragen. Am Ende der jeweiligen Blutbehandlung sollte das überschüssige Wasservolumen OH im Patienten auf Null abgesunken sein, dann ist, wie aus dem darüber liegenden Diagramm abzuleiten, das gewünschte Ultrafiltrationsvolumen UFG erreicht.

**[0083]** Im untersten Diagramm ist die Ultrafiltrationsrate über die Zeit angegeben als  $UFR(t)$ . Es ist direkt zu erkennen, dass die Ultrafiltrationsrate in dem herkömmlichen Verfahren konstant gehalten wird.

**[0084]** **Fig. 3** zeigt nun einen möglichen Verlauf der Entwässerungsrate, insbesondere der Ultrafiltrationsrate, über die Zeit als  $UFR(t)$  gemäß einem möglichen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Es ist zu erkennen, dass die Ultrafiltrationsrate  $UFR(t)$  in diesem gezeigten Ausführungsbeispiel variabel ist. Insbesondere wird die Ultrafiltrationsrate  $UFR(t)$  zu Beginn der Behandlung über einen Zeitabschnitt  $t_{UFR\pm}$  hinweg zunächst um einen Betrag  $UFR+$  erhöht.

**[0085]** Eine wesentliche Beeinträchtigung des Herzkreislaufsystems des Patienten **2** wird in dieser allerersten Phase der Blutbehandlung nicht erwartet, da hier das Plasmavolumen noch am höchsten ist und entsprechend eine Verringerung des Plasmavolumens mit einer erhöhten Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate  $UFR$  nicht zu einer Hypotoniekrise führt. Darüber hinaus befindet sich der Patient **2** zu Beginn der Behandlung üblicher Weise in einer Liegeposition.

**[0086]** Die Zeit  $t_{UFR\pm}$  ist eine statisch ermittelte Zeit, über welche hinweg ein Patient typischerweise eine aufrechtere Stellung einnimmt, also beispielsweise eine Neigung des Oberkörpers von größer als  $30^\circ$  gegenüber der Horizontalen einnimmt. Der Wert  $t_{UFR\pm}$  wird entweder aus einer Statistik einer bestimmten Anzahl unterschiedlicher Patienten bestimmt, oder kann aus den vorvergangenen Sitzungen des jeweiligen individuellen Patienten **2** bestimmt werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Dialysepatienten üblicherweise zwei bis drei Mal in der Woche eine Dialysesitzung wahrnehmen müssen und entsprechend schnell eine signifikante Datenlage für jeden individuellen Patienten zusammenkommt.

**[0087]** Die Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate  $UFR$  wird dann, wie sich aus **Fig. 3** ergibt, später dann um den Wert  $UFR+$  abgesenkt, wenn der Patient eine Lageveränderung vornimmt. Die Absenkung der Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate  $UFR$  wird dabei wieder über den vorher bestimmten Zeitraum  $t_{UFR\pm}$  hinweg vorgenommen, nachdem der Patient die Lageänderung vorgenommen hat.

**[0088]** In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel kann in **Fig. 3** eine Anpassung an die jeweilige Lageveränderung nur solange vorgenommen, wie die Hälfte des geplanten Entwässerungsvolumens bzw. Ultrafiltrationsvolumens  $UFG$  noch nicht erreicht ist. Mit anderen Worten findet eine Anpassung nur dann statt, wenn die der gewünschten halben Ultrafiltrationsgesamtmenge  $UFG/2$  entsprechende Zeit, welche hier als  $t_{UFG/2}$  bezeichnet wird, noch nicht erreicht

ist. Die Zeit, bei welcher die Hälfte des Entwässerungsvolumens bzw. Ultrafiltrationsvolumens erreicht ist, wird als  $t_{UFG/2}$  bezeichnet.

**[0089]** Nach Ablauf dieser Zeit wird dann die ursprünglich festgelegte Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate, welche nachfolgend als  $UFR_{SET}$  bezeichnet wird, für die nachfolgende Entwässerung verwendet.

**[0090]** **Fig. 4** zeigt einen entsprechenden Algorithmus, mittels welchem die Entwässerungsrate festgelegt wird.

**[0091]** Zunächst wird als Schritt S100 der körperlagenbasierte Regelalgorithmus angegeben.

**[0092]** In einer ersten Abfrage wird im Schritt S102 festgestellt, ob das bereits erreichte Entwässerungsvolumen bzw. Ultrafiltrationsvolumen  $UFV$  noch kleiner als die Hälfte des geplanten Entwässerungsvolumens bzw. Ultrafiltrationsvolumens  $UFG$  ist, also die Abfrage  $UFV \leq UFG/2$ . Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, also das bereits erreichte Entwässerungsvolumen bzw. Ultrafiltrationsvolumen  $UFV$  des Patienten größer ist als die Hälfte des geplanten Entwässerungsvolumens bzw. Ultrafiltrationsvolumens  $UFG$ , wird im Schritt S104 die Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate auf die ursprünglich festgelegte Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate gesetzt, also  $UFR = UFR_{SET}$ .

**[0093]** Wenn das bereits erreichte Entwässerungsvolumen bzw. Ultrafiltrationsvolumen  $UFV$  noch kleiner als die Hälfte des geplanten Entwässerungsvolumens bzw. Ultrafiltrationsvolumens  $UFG$  ist, wird die Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate im Schritt S106 auf einen erhöhten Wert, nämlich um einen an die Veränderung der Körperlage angepassten Veränderungswert der Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate, welche hier als  $UFR+$  bezeichnet wird, hochgesetzt. Entsprechend beträgt die Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate im Schritt S106 dann  $UFR = UFR_{SET} + UFR+$ .

**[0094]** In der nachfolgenden Abfrage im Schritt S108 wird überprüft, ob die Zeit, in welcher diese Erhöhung der Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate durchgeführt wird, noch kleiner ist, als die erwartete Zeit der aufrechten Lage des Patienten. Entsprechend wird überprüft, ob  $t_{UFR+} \geq t_{UFR\pm}$ . Ist diese Zeit noch nicht abgelaufen, so wird die Erhöhung der Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate um den Wert  $UFR+$  beibehalten. Wenn diese Zeit abgelaufen ist, wird die Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate auf die vorbestimmte Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate  $UFR_{SET}$  erniedrigt. Entsprechend wird im Schritt S110  $UFR = UFR_{SET}$  gesetzt.

**[0095]** In der nächsten Abfrage im Schritt S112 wird überprüft, ob sich die Körperlage des Patienten in der Zwischenzeit geändert hat, insbesondere auf einen Wert von  $\geq 45^\circ$ , also der Patient sich aufgerichtet hat.

**[0096]** Wenn dies der Fall ist, wird im Schritt S114 die Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate herabgesetzt, nämlich wiederum um den Betrag  $UFR_+$ , so dass im Schritt S114 die Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate gesetzt wird auf  $UFR = UFR_{SET} - UFR_+$ .

**[0097]** In der nächsten Abfrage beim Schritt S116 wird dann überprüft, ob die Zeit für die Herabsetzung der Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate, nämlich  $t_{UFR_-}$ , bereits der vorausbestimmten Zeit für die durchschnittliche Verweildauer des Patienten in der aufgerichteten Lage, nämlich  $t_{UFR_{\pm}}$ , bereits abgelaufen ist. Wenn dies nicht der Fall ist, also  $t_{UFR_-} \geq t_{UFR_{\pm}}$ , wird die Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate auf dem um den Betrag  $UFR_+$  abgesenkten Wert gehalten. Sobald jedoch diese Zeit abgelaufen ist, wird die Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate wieder auf der festgelegten Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate gehalten, also auf  $UFR_{SET}$ .

**[0098]** Vorteilhaft an diesem Algorithmus ist, dass ein Zeitverlust bzw. eine Verlängerung der Behandlungsdauer nicht auftritt, da der Abschnitt der reduzierten Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate ( $UFR = UFR_{SET} - UFR_+$ ) kompensiert wird durch den anfänglichen Abschnitt mit der erhöhten Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate ( $UFR = UFR_{SET} + UFR_+$ ). Dabei wird jedoch angenommen, dass der Patient zu Beginn der Behandlung liegt und entsprechend ein hohes Plasmavolumen vorhanden ist, so dass Kreislaufprobleme auch bei der erhöhten Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate nicht auftreten. Zu einem späteren Zeitpunkt, vor der Hälfte der Behandlungsdauer, kann jedoch die Behandlung bezüglich des Auftretens einer Hypotoniekrise dadurch unterstützt und verbessert werden, dass die Entwässerungsrate bzw. Ultrafiltrationsrate bei Aufsetzen des Patienten verringert wird.

**[0099]** Der in [Fig. 4](#) gezeigte Algorithmus funktioniert besonders gut, wenn die Lage des Patienten nur einmal während der Behandlung von einer liegenden Position in eine aufrechte Position verändert wird. Die Weiterbildung dieses Algorithmus für eine ständige Überwachung und eine entsprechende Anpassung der Entwässerungsrate an die jeweilige Lage des Patienten ist für den Fachmann jedoch sofort durchführbar. Insbesondere kann, besonders dann, wenn die Verlängerung der Behandlung unproblematisch ist, eine direkte Korrelation zwischen dem Lagewinkel des Patienten zur Horizontalen und der Entwässerungsrate hergestellt werden. Hierbei ist bei liegenden Patienten, also einem Winkel von  $0^\circ$ , eine höhere Entwässerungsrate möglich, als bei einem auf-

gerichteten Patienten, also beispielsweise bei einer Position der Rückenlehne von größer als  $30^\circ$  und nahe  $90^\circ$ . Die entsprechende Relation kann hier durch eine statistische Auswertung über unterschiedliche Patienten hinweg gefunden werden, oder aus historisch-statistischen Daten des jeweiligen individuellen Patienten.

**[0100]** In einer besonders bevorzugten Variante kann der Patient **2** über das Schaltpaneel **66** selbst bestimmen, in welcher Lage er die jeweiligen Zeitabschnitte seiner Blutbehandlung durchführen möchte. Der Patient kann hier beispielsweise über das Schaltpaneel **66** die jeweiligen Positionen der Patientenliege **3** in bekannter Art und Weise einstellen, so dass er jeweils die für ihn bequemste Position einnehmen kann.

**[0101]** Die vom Patienten vorgewählte bzw. eingestellte Lage der Patientenliege wird dann von der Datenverarbeitungsvorrichtung **5** dazu verwendet, die Entwässerungsrate an die entsprechende Lage anzupassen. Auch hier wird wiederum je nach Winkel des Patienten bezüglich der Horizontalen eine unterschiedliche Entwässerungsrate eingestellt, wobei die Entwässerungsrate für einen liegenden Patienten höher ist als die Entwässerungsrate bei einem aufrecht sitzenden Patienten. Auf diese Weise kann die Behandlung für den Patienten **2** deutlich angenehmer gestaltet werden, da er über seine Lage frei verfügen kann.

**[0102]** Die Behandlungsdauer kann durch die freie Wahl der Lage unwesentlich verlängert werden. Die Entwässerungsrate kann jedoch bei liegendem Patienten gegenüber der sonst üblichen Entwässerungsrate erhöht werden, da die sonst üblicherweise fest eingestellte Entwässerungsrate sowohl für den liegenden Patienten als auch für den sich in einer aufrechteren Position befindlichen Patienten vorgegeben ist. Ein sich in liegender Position befindlicher Patient kann jedoch eine höhere Entwässerungsrate verkraften, ohne dass es hier zu einer Hypotoniekrise kommt. Entsprechend kann auch bei einer solchen Einstellung und bei einem Vorwählen der jeweiligen Lage durch den Patienten in direkter Ankopplung an die Entwässerungsrate eine Behandlungsdauer erreicht werden, die für den Patienten erträglich und für die jeweilige medizinische Einrichtung wirtschaftlich tragbar ist.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Blutbehandlung eines Patienten (**2**), umfassend eine Blutbehandlungsvorrichtung (**1**) zum Entwässern des Blutes des Patienten (**2**) bei einer einstellbaren Entwässerungsrate, gekennzeichnet durch Lageermittlungsmittel (**40, 42, 44, 46**) zur Ermittlung der Lage des Patienten (**2**), wobei die Entwässerungsrate abhängig von der ermittelten Lage

des Patienten einstellbar, regelbar und/oder steuerbar ist.

Lage des Patienten (2) einzustellen, zu regeln und/oder zu steuern.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Lageermittlungsmittel als an einer Patientenliege (3) und/oder einem Patientenstuhl angebrachte Sensoren (40, 42, 44), als am Patienten (2) angeordnete Sensoren und/oder als den Patienten überwachende Sensoren ausgebildet sind und bevorzugt als Lage Sensoren, optische Sensoren und/oder bildgebende Sensoren (46) ausgebildet sind.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei eine Patientenliege (3) und/oder ein Patientenstuhl vorgesehen ist und auf die Patientenliege (3) und/oder den Patientenstuhl wirkende Aktoren vorgesehen sind, über welche der Patient (2) seine Lage selbst einstellen kann.

4. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Datenverarbeitungsvorrichtung (5) zur Auswertung der Signale der Lageermittlungsmittel (40, 42, 44, 46) vorgesehen ist, wobei die Datenverarbeitungsvorrichtung (5) dazu ausgebildet ist, die Entwässerungsrate, bevorzugt die Ultrafiltrationsrate (UFR), entsprechend der ermittelten Lage des Patienten (2) einzustellen, zu regeln und/oder zu steuern.

5. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei Steuerungsmittel zur Durchführung eines Verfahrens zur Blutbehandlung eines Patienten (2), umfassend eine Entwässerung des Blutes des Patienten (2) bei einer einstellbaren Entwässerungsrate, wobei die Lage des Patienten (2) ermittelt wird und die Entwässerungsrate abhängig von der ermittelten Lage des Patienten (2) eingestellt, gesteuert und/oder geregelt wird, vorgesehen sind.

6. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Blutbehandlungsvorrichtung (1) zur Durchführung der Hämodialyse, der Hämofiltration, der Hämodiafiltration, der Peritonealdialyse, der Apherese und/oder der Plasmapherese ausgebildet ist.

7. System zur Blutbehandlung, umfassend eine Blutbehandlungsvorrichtung (1) zum Entwässern des Blutes eines Patienten (2) bei einer einstellbaren Entwässerungsrate, sowie eine Patientenliege (3) und/oder einen Patientenstuhl zur Lagerung des Patienten (2) während der Blutbehandlung, dadurch gekennzeichnet, dass Lageermittlungsmittel (40, 42, 44) zur Ermittlung der Lage des Patienten (2) vorgesehen sind und eine Datenverarbeitungsvorrichtung (5) zur Auswertung der Signale der Lageermittlungsmittel (40, 42, 44) vorgesehen ist, wobei die Datenverarbeitungsvorrichtung (5) dazu ausgebildet ist, die Entwässerungsrate entsprechend der ermittelten

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

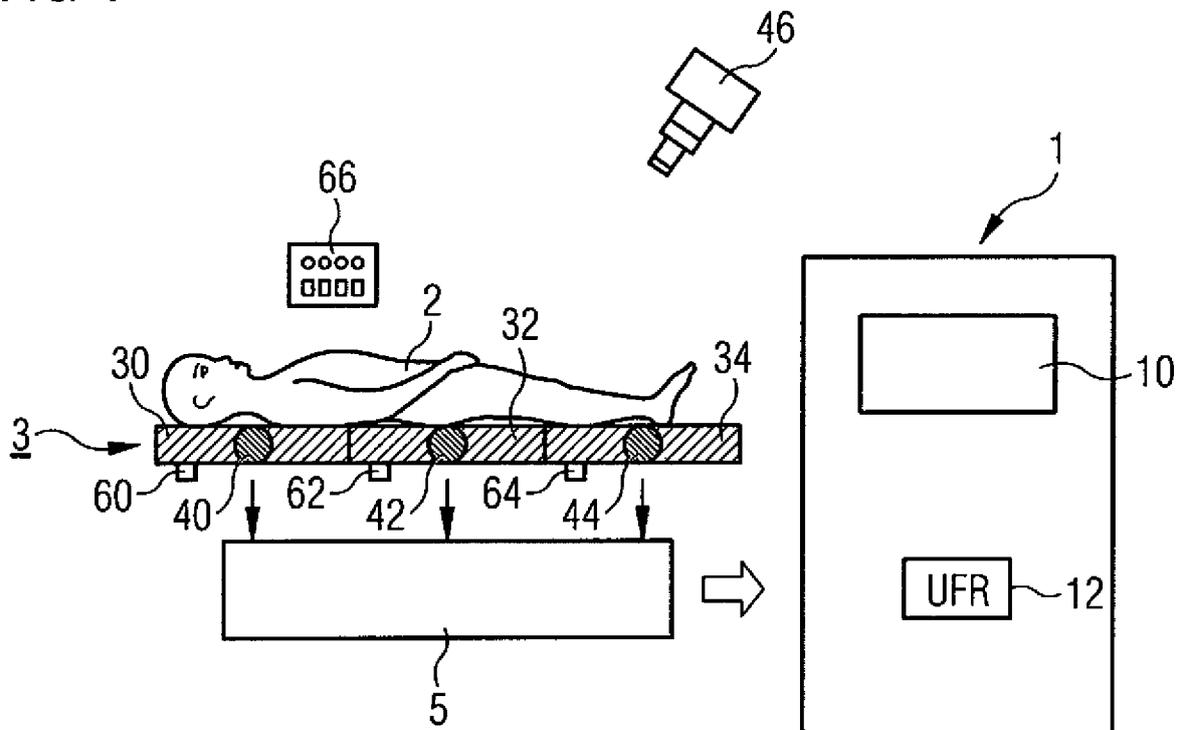


FIG 2

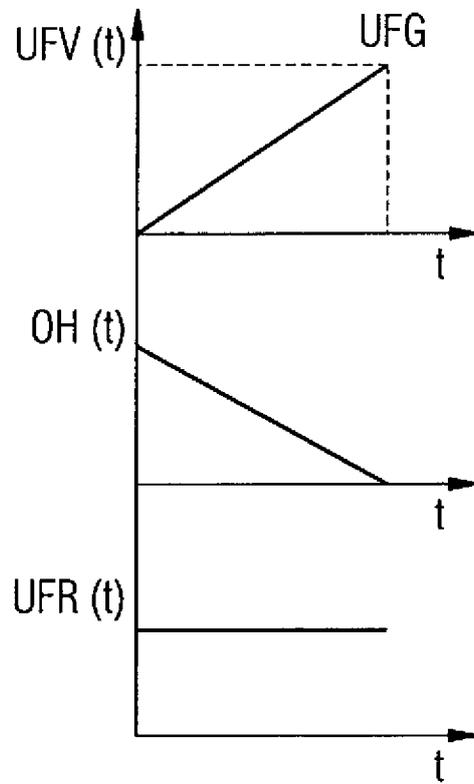


FIG 3

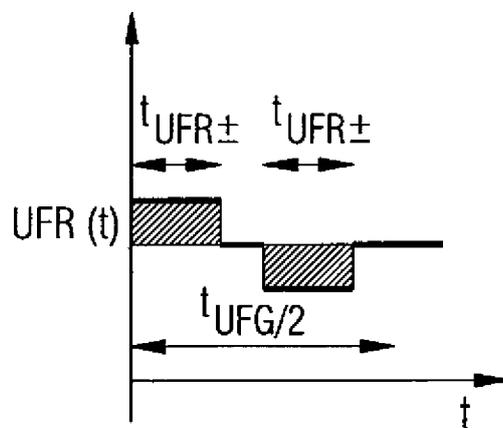


FIG 4

