



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 199 40 624 C5** 2006.11.16

(12)

Geänderte Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **199 40 624.3**

(22) Anmeldetag: **27.08.1999**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **16.11.2000**

(45) Veröffentlichungstag
 des geänderten Patents: **16.11.2006**

(51) Int Cl.⁸: **A61M 1/16** (2006.01)

Patent nach Einspruchsverfahren beschränkt aufrechterhalten

(73) Patentinhaber:

**Fresenius Medical Care Deutschland GmbH,
 61352 Bad Homburg, DE**

(74) Vertreter:

**Luderschmidt, Schüler & Partner, 65189
 Wiesbaden**

(72) Erfinder:

**Müller, Carsten, 97502 Euerbach, DE; Bardorz,
 Christoph, 97228 Rottendorf, DE**

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

DE 42 39 937 C2

DE 34 16 057 A1

**F. von der Haar et al.: "Mikroprozessorgeregelte
 volumetrische Ultrafiltration bei einem Hämodia-
 lysegerät", In: Biomedizinische Technik, Bd. 29,
 Heft6/1984, S. 141-146;**

**Gebrauchsanleitung des Dialysegerätes "Dialog"
 der**

Fa. B. Braun Melsungen AG:

Ausgabedatum der Kapitel 1-3.7 u. 3.10-3.22: 1/98;

Ausgabedatum der Kapitel 3.2, 3.8 u. 3.9: 8/98

**sowie Gebrauchsanleitung des Dialysegerätes
 "HD-secura" der Fa. B. Braun Melsungen AG, S.
 53-**

73 und 129-145, Druckvermerk 005.07.89/1

(54) Bezeichnung: **Sicherheitsvorrichtung für eine Blutbehandlungsvorrichtung und Verfahren zur Erhöhung der Sicherheit einer Blutbehandlungsvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Sicherheitsvorrichtung für eine extra-
 korporale Blutbehandlungsvorrichtung, die aufweist:

eine durch eine semipermeable Membran in eine erste und
 eine zweite Kammer getrennte Austauschereinheit,
 eine Ultrafiltrationseinrichtung zum Entziehen von Ultrafiltrat
 aus der Austauschereinheit mit einer Ultrafiltrationsrate,
 die über eine Einrichtung zum Einstellen der Ultrafiltrations-
 rate verfügt, die während der Behandlung veränderbar ist,
 wobei die Sicherheitsvorrichtung aufweist:

eine Meßeinrichtung (24) zum Messen des Transmembran-
 drucks TMP,

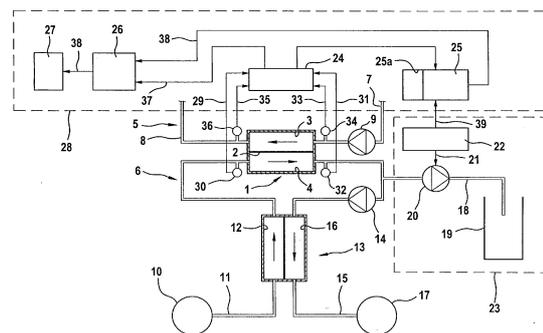
eine Einrichtung (25) zum Festlegen eines oberen und/oder
 unteren Grenzwertes für den Transmembrandruck TMP
 und

eine Einrichtung (26) zum Vergleichen des gemessenen
 Transmembrandrucks TMP mit dem oberen und/oder unteren
 Grenzwert, L_1 , L_2 ,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Einrichtung (25) zum Festlegen des oberen
 und/oder unteren Grenzwertes für den Transmembran-
 druck TMP eine Recheneinheit (25a) zum fortlaufenden
 Berechnen des sich bei der momentan vorgegebenen Ul-
 trafiltrationsrate UFR einstellenden Transmembrandrucks
 TMP und zum fortlaufenden Berechnen des unteren
 und/oder oberen Grenzwertes L_1 , L_2 auf der Grundlage des

berechneten...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Sicherheitsvorrichtung für eine extrakorporale Blutbehandlungsvorrichtung, insbesondere eine Hämodialyse, Hämofiltrations- oder Hämodiafiltrationsvorrichtung und ein Verfahren zur Erhöhung der Sicherheit einer extrakorporalen Blutbehandlungsvorrichtung.

[0002] Zur Entfernung von harnpflichtigen Substanzen und zum Flüssigkeitsentzug werden beim chronischen Nierenversagen verschiedene Verfahren zur operativen Blutreinigung bzw. Blutbehandlung eingesetzt. Bei der Hämodialyse (HD) überwiegt der diffusive Stofftransport, während bei der Hämofiltration (HF) ein konvektiver Stofftransport über die Membran stattfindet. Eine Kombination aus beiden Verfahren ist die Hämodiafiltration (HDF).

[0003] Der Entzug von überschüssigem Körperwasser durch Ultrafiltration ist ein wesentlicher Bestandteil der Dialysetherapie. Bei der heutigen Standardtherapie wird entweder eine feste Ultrafiltrationsrate UFR oder aber ein fester zeitlicher Verlauf der Ultrafiltrationsrate (UP-Profil) vorgegeben. Die Menge des während der Behandlung zu ultrafiltrierenden Volumens sowie die Ultrafiltrationsrate wirken sich auf die Flüssigkeitskompartiments des Körpers sowie die Kreislaufregulation aus. Daher ist die Ultrafiltration sicherheitskritisch. Bei unkontrolliertem Flüssigkeitsentzug von einigen l/h kann bereits nach einigen Minuten ein für die Kreislaufregulation kritisches Blutvolumen erreicht sein und ein schwerer Blutdruckabfall ausgelöst werden, der intensivmedizinische Maßnahmen erforderlich macht.

[0004] Die Ultrafiltrationsrate UFR eines Dialysators nimmt proportional mit dem bestehenden Transmembrandruck TMP zu, wobei der Transmembrandruck der Druckunterschied zwischen dem mittleren, blutseitigen und dem mittleren, dialysatseitigen Druck ist. Dabei gibt der Ultrafiltrationskoeffizient an, welcher Wasserentzug (Ultrafiltrationsmenge) pro Stunde und mmHg Transmembrandruck erzielt werden kann (Dimension ml/h \times mmHg). Aus Ultrafiltrationskoeffizient UFK und gewünschtem Wasserentzug ergibt sich somit der einzustellende Transmembrandruck TMP.

[0005] Zur Erhöhung der Sicherheit des Patienten verfügen die bekannten Blutbehandlungsvorrichtungen über eine Sicherheitsvorrichtung, die den während der Blutbehandlung gemessenen Transmembrandruck dahingehend überwacht, ob er einen oberen und unteren Grenzwert über bzw. unterschreitet, die einen Fensterbereich definieren. Bei Verlassen des Fensterbereiches wird ein Alarm gegeben. Das Erreichen des oberen Grenzwertes kann auf eine Verstopfung des Dialysators hinweisen, das Erreichen des unteren Grenzwertes auf ein Leck des Flüssig-

keitssystems. Bei einer Blutbehandlung mit konstanter Ultrafiltrationsrate UFR wird der Fensterbereich vor Beginn der Blutbehandlung manuell anhand der Meßwerte des Transmembrandrucks eingestellt. Ändert sich die Ultrafiltrationsrate jedoch während der Blutbehandlung, muß das Fenster nachgeführt werden. Bei Blutbehandlungsvorrichtungen, die ein stufenartiges Ultrafiltrationsprofil vorgeben, erfolgt eine automatische Nachführung des Fensters anhand der neuen Meßwerte. Dabei dauert die Zentrierung des Fensters nach einer sprunghaften Änderung der Ultrafiltrationsrate im allgemeinen länger als eine Minute.

[0006] Wenn die Regelung der Ultrafiltrationsrate kontinuierlich erfolgen soll, ist es erforderlich, das Fenster ständig nachzuführen. Dauert die Zentrierung des Fensters jedoch mehr als eine Minute, kann die Schutzfunktion ganz oder zumindest teilweise außer Kraft gesetzt sein.

[0007] Die DE 34 16 057 A1 beschreibt eine Hämodialysevorrichtung, die über eine programmgesteuerte Einrichtung zur Erzeugung einer veränderbaren Zusammensetzung der Dialysierflüssigkeit verfügt. Zur Überwachung wird während der Behandlung überprüft, ob die Leitfähigkeit der Dialysierflüssigkeit in einem vorgegebenen Fenster liegt. Bei einer Veränderung der Zusammensetzung der Dialysierflüssigkeit wird das Leitfähigkeitsüberwachungsfenster verschoben.

[0008] Eine Überwachungseinrichtung für Hämodialysegeräte, die eine für den Patienten gefährliche Ultrafiltrationsrate verhindern soll, ist auch aus der DE 42 39 937 C2 bekannt. Dieses Schutzsystem basiert auf der Überwachung des Transmembrandrucks, der sich bei einem Fehler typischerweise ändert.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Sicherheitsvorrichtung für eine extrakorporale Blutbehandlungsvorrichtung zu schaffen, die eine Überwachung des Transmembrandrucks auch bei einer kontinuierlichen Regelung der Ultrafiltrationsrate mit hoher Zuverlässigkeit erlaubt. Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen.

[0010] Darüber hinaus liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Erhöhung der Sicherheit einer extrakorporalen Blutbehandlungsvorrichtung anzugeben, mit dem eine Überwachung des Transmembrandrucks auch bei einer kontinuierlichen Regelung der Ultrafiltrationsrate mit hoher Zuverlässigkeit möglich ist. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Patentanspruchs 7 gelöst.

[0011] Die Sicherheit des Patienten wird dadurch

erhöht, daß der obere und/oder untere Grenzwert für den Transmembrandruck unabhängig von dem gemessenen Transmembrandruck festgelegt wird. Der obere und/oder untere Grenzwert wird auf der Grundlage des berechneten Transmembrandrucks bestimmt. Damit können die Grenzwerte ohne zeitliche Verzögerung nach einer Änderung der Ultrafiltrationsrate neu festgelegt werden. Es besteht nicht die Gefahr, daß die Schutzfunktion aufgrund einer zeitlichen Verzögerung ganz oder zumindest teilweise außer Kraft gesetzt wird.

[0012] Von Vorteil ist, wenn sowohl ein oberer als auch ein unterer Grenzwert für den Transmembrandruck festgelegt werden. Der obere und untere Grenzwert definieren ein Fenster, das während der Behandlung in Abhängigkeit von der Ultrafiltrationsrate nachgeführt wird. Prinzipiell kann auch nur der obere oder der untere Grenzwert festgelegt werden.

[0013] Der sich bei der vorgegebenen Ultrafiltrationsrate UFR einstellende Transmembrandruck TMP kann aus dem Quotienten der Ultrafiltrationsrate UFR und dem Ultrafiltrationskoeffizienten UFK bestimmt werden. Vorteilhafterweise wird der Ultrafiltrationskoeffizient UFK durch Division der zu einem bestimmten Zeitpunkt eingestellten Ultrafiltrationsrate UFR durch den zu diesem Zeitpunkt gemessenen Transmembrandruck TMP berechnet. Die Messung des Transmembrandrucks bei einer bestimmten Ultrafiltrationsrate UFR erfolgt zweckmäßigerweise vor bzw. am Beginn der Blutbehandlung. Prinzipiell ist es aber auch möglich, der Berechnung denjenigen Ultrafiltrationskoeffizienten UFK zugrunde zu legen, der vom Hersteller für die Austauschereinheit angegeben wird.

[0014] Die das Fenster definierenden Grenzwerte können aus der Summe bzw. der Differenz des berechneten Transmembrandrucks und einem prozentualen Anteil des Transmembrandrucks berechnet werden. Beispielsweise sollte der berechnete Transmembrandruck nicht mehr als 10% über bzw. unterschritten werden. Während der Behandlung wird das Fenster in Abhängigkeit von der Ultrafiltrationsrate zu größeren oder kleineren Werten hin verschoben, ohne daß die Breite des Fensters verändert wird.

[0015] Bei Über- bzw. Unterschreiten des oberen bzw. unteren Grenzwertes wird zweckmäßigerweise ein Alarm gegeben.

[0016] Darüber hinaus können noch weitere Vorkehrungen getroffen werden, die eine Gefährdung des Patienten verhindert.

[0017] Die Sicherheitsvorrichtung für eine extrakorporale Blutbehandlungsvorrichtung weist eine Einrichtung zum Festlegen des oberen und/oder unteren Grenzwertes für den Transmembrandruck TMP und eine Einrichtung zum Vergleichen des gemessenen

Transmembrandrucks mit dem oberen und/oder unteren Grenzwert auf. Die Einrichtung zum Festlegen des oberen und/oder unteren Grenzwertes für den Transmembrandruck weist eine Recheneinheit auf, die den sich bei der vorgegebenen Ultrafiltrationsrate einstellenden Transmembrandruck berechnet und auf der Grundlage des berechneten Transmembrandrucks den unteren und/oder oberen Grenzwert bestimmt. Die Berechnung kann mit einem Mikroprozessor erfolgen, der in den bekannten extrakorporalen Blutbehandlungsvorrichtungen ohnehin vorhanden ist.

[0018] Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert, die die wesentlichen Komponenten einer Hämodialysevorrichtung zusammen mit der Sicherheitsvorrichtung in schematischer Darstellung zeigt.

[0019] Die Sicherheitsvorrichtung kann Bestandteil der Hämodialysevorrichtung oder eine separate Einheit sein, die an eine bestehende Hämodiafiltrationsvorrichtung angeschlossen wird.

[0020] Die Hämodialysevorrichtung umfaßt einen Dialysator **1**, der durch eine semipermeable Membran **2**, in eine Blutkammer **3** und eine Dialysierflüssigkeitskammer **4** geteilt ist. Die Blutkammer **3** ist in einen extrakorporalen Blutkreislauf **5** und die Dialysierflüssigkeitskammer **4** in einen Dialysierflüssigkeitskreislauf **6** geschaltet. Von dem Patienten führt eine Blutzuführleitung **7** zu dem Einlaß der Blutkammer **3** des Dialysators **1** und von dem Auslaß der Blutkammer führt eine Blutabführleitung **8** zurück zum Patienten. In die Blutzuführleitung ist eine Blutpumpe **9** geschaltet.

[0021] Von einer Dialysierflüssigkeitsquelle **10** führt eine Dialysierflüssigkeitszuführleitung **11** zu dem Einlaß der ersten Bilanzkammer **12** einer Bilanziereinheit **13** und von deren Auslaß zu dem Einlaß der Dialysierflüssigkeitskammer **4** des Dialysators **1**. Eine Dialysierflüssigkeitsabführleitung **15** führt von dem Auslaß der Dialysierflüssigkeitskammer **4** zu der zweiten Bilanzkammer **16** der Bilanziereinheit **13** und von deren Auslaß zu einem Abfluß **17**. In die Dialysierflüssigkeitsabführleitung **15** ist stromauf der Bilanziereinheit **13** eine Dialysierflüssigkeitspumpe **14** geschaltet.

[0022] Stromauf der zweiten Bilanzkammer **16** der Bilanziereinheit **13** zweigt von der Dialysierflüssigkeitsabführleitung **15** eine Ultrafiltrationsleitung **18** ab, die zu einem Ultrafiltratbehälter **19** führt. Zum Abziehen des Ultrafiltrats ist in die Ultrafiltratleitung **18** eine Ultrafiltratpumpe **20** geschaltet.

[0023] Solange die Ultrafiltratpumpe **20** still steht, verhindert die Bilanziereinheit **13** einen Netto-Aus-

tausch von Flüssigkeit zwischen Blut- und Dialysierflüssigkeitskreislauf 5, 6. Eine Ultrafiltration findet unter diesen Umständen nicht statt. Die Ultrafiltration wird erst durch das Einschalten der Ultrafiltratpumpe in Gang gesetzt, die aus der Dialysierflüssigkeitskammer 4 des Dialysators 1 gezielt Flüssigkeit entzieht. Die Ultrafiltrationsrate UFR hängt von der Förderate der Ultrafiltratpumpe 20 ab, die über eine Steuerleitung 21 mit einer Regeleinrichtung 22 verbunden ist. Die Regeleinrichtung 22 verändert die Ultrafiltrationsrate UFR beispielsweise in Abhängigkeit von dem Blutvolumen des Patienten. Die zu der Ultrafiltrationseinrichtung gehörenden Komponenten sind mit den Bezugszeichen 23 versehen.

[0024] Die Sicherheitsvorrichtung umfaßt eine Meßeinrichtung 24 zum Messen des Transmembrandrucks TMP, eine Einrichtung 25 zum Festlegen eines oberen und unteren Grenzwertes für den Transmembrandruck TMP, eine Einrichtung 26 zum Vergleichen des gemessenen Transmembrandrucks TMP mit dem oberen und unteren Grenzwert und eine Alarmeinrichtung 27. Die zu der Sicherheitsvorrichtung gehörenden Komponenten sind mit den Bezugszeichen 28 versehen.

[0025] Die Meßeinrichtung 24 ist über eine erste Datenleitung 29 mit einem Druckmesser 30 zum Messen des Drucks P_{Di} am Eingang der Dialysierflüssigkeitskammer 4 und über eine Datenleitung 31 mit einem Druckmesser 32 zum Messen des Drucks P_{Do} am Auslaß der Dialysierflüssigkeitskammer 4 des Dialysators verbunden. Über eine Datenleitung 33 ist die Meßeinrichtung 24 mit einem Druckmesser 34 zum Messen des Drucks P_{Bi} am Einlaß der Blutkammer 3 und über eine Datenleitung 35 mit einem Druckmesser 36 zum Messen des Drucks P_{Bo} am Auslaß der Blutkammer 3 des Dialysators 1 verbunden. Aus den gemessenen Werten des Drucks am blut- bzw. dialysatseitigen Ein- bzw. Auslaß des Dialysators 1 berechnet die Meßeinrichtung den Transmembrandruck während der Blutbehandlung wie folgt:

$$TMP = \frac{P_{Bi} + P_{Bo}}{2} - \frac{P_{Di} + P_{Do}}{2} \quad (1)$$

[0026] Für den Fall, daß vier getrennte Drucksensoren für die Bestimmung der genannten Größen nicht vorhanden sind, kann der Transmembrandruck TMP auch wie folgt berechnet werden:

$$TMP = P_{Bo} - P_{Do} + \text{offset}(Q_B, Q_D) \quad (2)$$

[0027] Nach Gleichung (2) kann der Transmembrandruck TMP aus dem Druck P_{Bo} , P_{Do} am Auslaß der Blut- bzw. Dialysierflüssigkeitskammer 3, 4 des Dialysators 1 und dem Blut- und Dialysierflüssigkeitsfluß Q_B , Q_D berechnet werden. Die Funktion offset ist allein von den genannten Flüssen abhängig und berücksichtigt die Druckabfälle längs der Dialysator-

kammern.

[0028] Die Meßeinrichtung 24 ist mit der Vergleichseinrichtung 26 über eine Datenleitung 37 verbunden. Die Vergleichseinrichtung 26 vergleicht den gemessenen Wert des Transmembrandrucks während der Blutbehandlung mit einem oberen und unteren Grenzwert, die ein Fenster definieren. Wenn der obere Grenzwert über- bzw. der untere Grenzwert unterschritten werden, erzeugt die Vergleichseinrichtung 26 ein Alarmsignal, das die Alarmeinrichtung 27 über eine Datenleitung 38 empfängt. Die Alarmeinrichtung gibt dann einen akustischen und/oder optischen Alarm, so daß die erforderlichen Vorkehrungen für die Einstellung eines für den Patienten verträglichen Zustandes getroffen werden können.

[0029] Der obere und untere Grenzwert für den Transmembrandruck TMP werden während der Behandlung mit der Einrichtung 25 in Abhängigkeit von der Ultrafiltrationsrate festgelegt. Wenn sich die Ultrafiltrationsrate UFR ändert, wird das Fenster nachgeführt. Die Einrichtung 25 empfängt die von der Regeleinrichtung 22 vor gegebene Ultrafiltrationsrate UFR über die Datenleitung 39. Die Einrichtung 25 verfügt über eine Recheneinheit 25a, in der der obere und untere Grenzwert berechnet werden. Die Berechnung der Grenzwerte wird nachfolgend im einzelnen beschrieben.

[0030] Zu Beginn der Behandlung wird in der Recheneinheit 25a der Ultrafiltrationskoeffizient UFK aus dem mit der Meßeinrichtung 24 gemessenen Transmembrandruck TMP und der von der Regeleinrichtung 21 vorgegebenen Ultrafiltrationsrate UFR wie folgt berechnet:

Patentansprüche

1. Sicherheitsvorrichtung für eine extrakorporale Blutbehandlungsvorrichtung, die aufweist:
eine durch eine semipermeable Membran in eine erste und eine zweite Kammer getrennte Austauschereinheit,
eine Ultrafiltrationseinrichtung zum Entziehen von Ultrafiltrat aus der Austauschereinheit mit einer Ultrafiltrationsrate, die über eine Einrichtung zum Einstellen der Ultrafiltrationsrate verfügt, die während der Behandlung veränderbar ist,
wobei die Sicherheitsvorrichtung aufweist:
eine Meßeinrichtung (24) zum Messen des Transmembrandrucks TMP,
eine Einrichtung (25) zum Festlegen eines oberen und/oder unteren Grenzwertes für den Transmembrandruck TMP und
eine Einrichtung (26) zum Vergleichen des gemessenen Transmembrandrucks TMP mit dem oberen und/oder unteren Grenzwert, L_1 , L_2 ,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Einrichtung (25) zum Festlegen des oberen

und/oder unteren Grenzwertes für den Transmembrandruck TMP eine Recheneinheit (25a) zum fortlaufenden Berechnen des sich bei der momentan vorgegebenen Ultrafiltrationsrate UFR einstellenden Transmembrandrucks TMP und zum fortlaufenden Berechnen des unteren und/oder oberen Grenzwertes L_1 , L_2 auf der Grundlage des berechneten Transmembrandrucks aufweist, wobei die Recheneinheit (25a) derart ausgebildet ist, daß der sich bei der momentan vorgegebenen Ultrafiltrationsrate UFR einstellende Transmembrandruck TMP aus dem Quotienten der Ultrafiltrationsrate UFR und dem Ultrafiltrationskoeffizienten UFK bestimmbar ist.

2. Sicherheitsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Recheneinheit (25a) derart ausgebildet ist, daß der Ultrafiltrationskoeffizient UFK durch Bilden des Quotienten der zu einem bestimmten Zeitpunkt eingestellten Ultrafiltrationsrate UFR durch den zu diesem Zeitpunkt gemessenen Transmembrandruck TMP bestimmbar ist.

3. Sicherheitsvorrichtung nach dem Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Recheneinheit (25a) derart ausgebildet ist, daß der obere Grenzwert L_1 für den Transmembrandruck TMP aus der Summe des berechneten Transmembrandrucks TMP und dem Produkt des berechneten Transmembrandrucks TMP mit einem ersten Koeffizienten $K1$ bestimmbar ist.

4. Sicherheitsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Recheneinheit derart ausgebildet ist, daß der untere Grenzwert L_2 für den Transmembrandruck TMP aus der Differenz des berechneten Transmembrandrucks TMP und dem Produkt des berechneten Transmembrandrucks TMP mit einem zweiten Koeffizienten $K2$ bestimmbar ist.

5. Sicherheitsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Alarmeinrichtung (27) vorgesehen ist, die bei Überschreiten bzw. Unterschreiten des oberen bzw. unteren Grenzwertes einen Alarm gibt.

6. Sicherheitsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Recheneinheit derart ausgebildet ist, daß der Transmembrandruck TMP aus der Ultrafiltrationsrate UFR und dem Ultrafiltrationskoeffizienten UFK über eine Exponentialfunktion iterativ bestimmbar ist.

7. Verfahren zur Erhöhung der Sicherheit einer extrakorporalen Blutbehandlungsvorrichtung, die aufweist:

eine durch eine semipermeable Membran in eine erste und eine zweite Kammer getrennte Austauschereinheit,
eine Ultrafiltrationseinrichtung zum Entziehen von Ul-

trafiltrat aus der Austauschereinheit mit einer Ultrafiltrationsrate, die über eine Einrichtung zum Einstellen der Ultrafiltrationsrate verfügt, die während der Behandlung veränderbar ist,
wobei der Transmembrandruck TMP gemessen und ein oberer und/oder unterer Grenzwert für den Transmembrandruck TMP festgelegt und der gemessene Transmembrandruck TMP mit dem oberen und/oder unteren Grenzwert verglichen wird,
dadurch gekennzeichnet,
daß der sich bei der momentan vorgegebenen Ultrafiltrationsrate einstellende Transmembrandruck TMP fortlaufend berechnet und der untere und/oder obere Grenzwert auf der Grundlage des berechneten Transmembrandrucks fortlaufend bestimmt wird, wobei der sich bei der momentan vorgegebenen Ultrafiltrationsrate einstellende Transmembrandruck TMP aus dem Quotienten der Ultrafiltrationsrate UFR und dem Ultrafiltrationskoeffizienten UFK berechnet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Ultrafiltrationskoeffizient UFK durch Bilden des Quotienten der zu einem bestimmten Zeitpunkt eingestellten Ultrafiltrationsrate UFR durch den zu diesem Zeitpunkt gemessenen Transmembrandruck TMP berechnet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß der obere Grenzwert für den Transmembrandruck TMP aus der Summe des berechneten Transmembrandrucks TMP und dem Produkt des berechneten Transmembrandrucks TMP mit einem ersten Koeffizienten $K1$ berechnet wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der untere Grenzwert für den Transmembrandruck TMP aus der Differenz des berechneten Transmembrandrucks TMP und dem Produkt des berechneten Transmembrandrucks TMP mit einem zweiten Koeffizienten $K2$ berechnet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß bei Überschreiten bzw. Unterschreiten des oberen bzw. unteren Grenzwertes ein Alarm gegeben wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Transmembrandruck TMP aus der Ultrafiltrationsrate UFR und dem Ultrafiltrationskoeffizienten UFK über eine Exponentialfunktion iterativ bestimmt wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

