

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 774 060**

51 Int. Cl.:

A61M 5/145 (2006.01)

A61M 1/16 (2006.01)

A61M 5/36 (2006.01)

G01N 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.09.2015 PCT/EP2015/001782**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.03.2016 WO16034286**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.09.2015 E 15763833 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019 EP 3188774**

54 Título: **Procedimiento para la determinación de un valor de compresibilidad de sistema de un accionamiento de bomba de membrana médico**

30 Prioridad:
04.09.2014 DE 102014013152

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.07.2020

73 Titular/es:
**FRESENIUS MEDICAL CARE DEUTSCHLAND
GMBH (100.0%)
Else-Kröner-Strasse 1
61352 Bad Homburg, DE**

72 Inventor/es:
**HEDMANN, FRANK y
HOCHREIN, TORSTEN**

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 774 060 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la determinación de un valor de compresibilidad de sistema de un accionamiento de bomba de membrana médico

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la determinación de un valor de compresibilidad de sistema de un accionamiento de bomba de membrana médico, así como a un procedimiento para la determinación de una proporción de aire y/o de una cantidad de aire en un líquido médico impulsado por una bomba de membrana.

10 Las bombas de membrana se emplean con frecuencia en el campo de la técnica médica y, en particular, en el campo de la técnica de diálisis, para el bombeo de líquidos médicos, tales como por ejemplo dializado o sangre. Una bomba de membrana presenta, a este respecto, habitualmente una cámara de bomba cerrada por una membrana, pudiéndose presionar, mediante presión de la membrana hacia el interior de la cámara de bomba, fluido hacia el exterior de la cámara de bomba, y pudiéndose succionar fluido hacia el interior de la cámara de bomba mediante extracción de la membrana de la cámara de bomba. En interacción con las correspondientes válvulas se puede bombear por ello líquido a través de la cámara de bomba.

15 La cámara de bomba, a este respecto, está dispuesta la mayoría de las veces en un dispositivo desechable, por ejemplo un casete de bomba, que se acopla a un accionamiento de bomba de membrana. A este respecto, el accionamiento de bomba de membrana presenta habitualmente una cámara de accionamiento, que está cerrada así mismo por una membrana. La cámara de bomba y la cámara de accionamiento se acoplan entonces de tal manera la una a la otra que la membrana de la cámara de bomba sigue el movimiento de la membrana de la cámara de accionamiento.

20 Por el documento WO 2013/176770 A2 se conoce una bomba de membrana que se acciona neumáticamente al exponerse la cámara de accionamiento de forma alterna a presión negativa, presión atmosférica y sobrepresión. A este respecto se describe un procedimiento para la determinación de la compresibilidad del líquido médico impulsado por la bomba de membrana, en el que se expone la cámara de accionamiento con la cámara de bomba cerrada sucesivamente a sobrepresión y presión atmosférica o presión atmosférica y presión negativa y se determina el cambio de volumen causado por ello de la cámara de bomba, lo que se produce mediante la aplicación de ondas sonoras en la cámara de bomba.

30 En una bomba de pistón y membrana, a este respecto, la cámara de accionamiento está unida hidráulicamente con una unidad de pistón-cilindro. Mediante el movimiento del pistón se puede presionar fluido hidráulico hacia el interior de la cámara de accionamiento o se puede succionar hacia el exterior de la misma, lo que tiene como consecuencia un correspondiente movimiento de la membrana de la cámara de accionamiento. Una disposición de este tipo tiene la ventaja de que se puede controlar la presión de bombeo mediante un control o regulación correspondiente de la presión en la parte hidráulica. Además, las bombas de membrana posibilitan un equilibrado sencillo de los líquidos bombeados, ya que el cambio de volumen de la cámara de bomba y, por lo tanto, el desplazamiento del líquido con una carrera de bombeo se corresponde con el cambio de volumen de la cámara de control (con un signo inverso), pudiendo determinarse el mismo a través de la posición del pistón de la unidad de pistón-cilindro de forma exacta.

35 Sin embargo, en este caso se pueden dar fuentes de error: por un lado, las acumulaciones de aire en la cámara de bomba pueden conducir a que la cantidad de líquido bombeada a través de la cámara de bomba no se corresponda exactamente con el cambio de volumen de la cámara de accionamiento. Además, a causa de una cierta compresibilidad de sistema del accionamiento de bomba de membrana, el cambio de volumen de la cámara de control puede diferir del cambio de volumen causado por el movimiento del pistón de la unidad de pistón-cilindro. A este respecto, en particular el aire que se acumula en el líquido hidráulico puede conducir a una cierta compresibilidad del sistema hidráulico. Además, por ejemplo, los tubos flexibles que unen la unidad de pistón-cilindro con la cámara de accionamiento pueden presentar una cierta flexibilidad y, por lo tanto, se pueden dilatar con una presión aumentada. También en el caso de otros mecanismos de accionamiento se puede producir una cierta compresibilidad de sistema, que influye en los valores registrados para el equilibrado.

45 Por el documento DE 19919572 A1 se conoce, a este respecto, un procedimiento a través del cual se puede determinar la proporción de aire en el líquido bombeado a través de una cámara de bomba. Para esto se carga en primer lugar la cámara de bomba gravimétricamente y se mide la presión de partida resultante por ello. Después se cierran las válvulas de cierre de la cámara de bomba, de tal manera que resulta un volumen de líquido encerrado en la misma. Con las válvulas de cierre cerradas se activa entonces la unidad de pistón-cilindro para exponer el volumen del líquido encerrado a una presión final predefinida. El cambio de volumen, que conlleva este cambio de presión, del volumen de líquido en la cámara de bomba a este respecto depende directamente de la proporción del aire en el volumen de líquido encerrado. Por tanto, se puede establecer la proporción de aire mediante el cambio de volumen generado por la diferencia de presión, que se determina por el movimiento del pistón. En el documento DE 19919572 A1 se tiene en cuenta a este respecto la influencia de la compresibilidad de sistema del accionamiento de bomba de membrana por una constante predefinida de manera fija. No obstante, la compresibilidad de sistema puede cambiar, por ejemplo, por aire que se acumula en el fluido hidráulico durante el funcionamiento de la bomba, lo que no se tiene en cuenta en el documento DE 19919572 A1.

5 Por el documento DE 102011105824 B3 se conoce, por lo tanto, un procedimiento de cómo se puede determinar la compresibilidad de sistema de un accionamiento de bomba de membrana. A este respecto se determina la compresibilidad de sistema del dispositivo de bombeo lleno de gas al regularse una presión de partida y una final con un sensor de presión y al registrarse las posiciones de bomba o valores de sensor de presión correspondientes. A causa de los pares de valores se determina la constante de resorte, que se equipara a la compresibilidad de sistema.

10 De acuerdo con un primer aspecto, el objetivo de la presente invención es poner a disposición un procedimiento mejorado para la determinación de un valor de compresibilidad de sistema de un accionamiento de bomba de membrana médico. De acuerdo con un segundo aspecto, es objetivo de la presente invención poner a disposición un procedimiento mejorado para la determinación de una proporción de aire y/o de una cantidad de aire en un líquido médico impulsado por una bomba de membrana. Además, es objetivo de la presente invención poner a disposición accionamientos de bomba de membrana correspondientes o máquinas de tratamiento de sangre con accionamientos de bomba de membrana correspondientes que lleven a cabo los procedimientos de acuerdo con la invención.

15 De acuerdo con el primer aspecto, la presente invención comprende un procedimiento para la determinación de un valor de compresibilidad de sistema de un accionamiento de bomba de membrana médico, en el que se pone en marcha un primer y un segundo nivel de presión y se registra un primer y un segundo valor de parámetro de funcionamiento del accionamiento de bomba de membrana, determinándose el valor de compresibilidad de sistema a base de los valores de parámetros de funcionamiento registrados. De acuerdo con la presente invención, a este respecto, la membrana del accionamiento de bomba de membrana durante la determinación del valor de compresibilidad de sistema se apoya en una superficie rígida. En particular, a este respecto, la membrana del accionamiento de bomba de membrana se puede apoyar en una superficie rígida, mientras que se registra el primer y el segundo valor de parámetro de funcionamiento correspondiente al primer y segundo nivel de presión.

20 La presente invención, a este respecto, tiene en cuenta que un accionamiento de bomba de membrana en realidad no representa un sistema cerrado invariable en cuanto a su volumen total, sino que, a través de la membrana del accionamiento de bomba de membrana, está acoplado a otras partes del sistema. Por el hecho de que la membrana del accionamiento de bomba de membrana se apoya, de acuerdo con la invención, durante la determinación del valor de compresibilidad de sistema en una superficie rígida, sin embargo, la compresibilidad de sistema del accionamiento de bomba de membrana se puede proteger sustancialmente de influencias externas. El valor de compresibilidad de sistema determinado de acuerdo con la invención reproduce por lo tanto la compresibilidad que se debe al propio accionamiento de bomba de membrana de manera más exacta. Además, la determinación de acuerdo con la invención ya no se ve influida por la contrapresión de la membrana del accionamiento de bomba de membrana.

25 El valor de compresibilidad de sistema de acuerdo con la invención puede ser a este respecto un parámetro discrecional, mediante el cual se puede caracterizar, y preferentemente cuantificar, una propiedad de compresibilidad o la flexibilidad del accionamiento de bomba de membrana con cambios de presión. Como valores de parámetro de funcionamiento, a partir de los cuales se calcula el valor de compresibilidad de sistema, a este respecto se recurre preferentemente a las posiciones del accionamiento de bomba de membrana asignados al primer y al segundo nivel de presión.

30 Para poner en marcha el primer y el segundo nivel de presión se activa preferentemente el accionamiento de bomba de membrana hasta que la presión de la bomba de membrana y/o del accionamiento de bomba de membrana alcance el primer nivel de presión. Después se determina el primer valor de parámetro de funcionamiento del accionamiento de bomba de membrana. Después se activa el accionamiento de bomba de membrana hasta que la presión de la bomba de membrana y/o del accionamiento de bomba de membrana alcance el segundo nivel de presión y después se determina el segundo valor de parámetro de funcionamiento. A este respecto, la presión del accionamiento de bomba de membrana y/o de la bomba de membrana se puede registrar a través de un sensor de presión. El parámetro de funcionamiento se puede determinar a través de un sensor de parámetro de funcionamiento correspondiente, por ejemplo, un sensor de posición y/o de movimiento.

35 En el caso del primer y del segundo nivel de presión se puede tratar a este respecto del niveles de presión predefinidos. En particular, los mismos pueden estar almacenados en un control del accionamiento de bomba de membrana.

40 De acuerdo con una forma de realización preferente de la presente invención, el primer y el segundo nivel de presión, a los que se determinan los valores de parámetros de funcionamiento, superan la contrapresión máxima de la membrana del accionamiento de bomba de membrana. Esto sirve para que, en función de si se trabaja con presión negativa o sobrepresión, la membrana esté desviada hacia el exterior o hacia el interior a nivel máximo, mientras que se determina el respectivo valor de parámetro de funcionamiento existente con el primer y el segundo nivel de presión.

45 El procedimiento de acuerdo con la invención se emplea preferentemente en aquellos sistemas en los que se puede acoplar un casete de bomba, con una cámara de bomba dispuesta en su interior, al accionamiento de bomba de membrana.

50 De acuerdo con una primera variante de la presente invención se puede realizar la determinación del valor de compresibilidad de sistema a este respecto antes de que se haya acoplado el casete de bomba. Preferentemente, en este caso, la membrana durante la determinación del valor de compresibilidad de sistema está apoyada en una

superficie de alojamiento de un alojamiento de casete de bomba. Un alojamiento de casete de bomba de este tipo a este respecto se emplea durante el funcionamiento de bombeo normal para sujetar el casete de bomba en la superficie de acoplamiento del accionamiento de bomba de membrana. Para esto presenta una superficie de alojamiento en la que se apoya, en el estado colocado del casete de bomba, la pared posterior de la cámara de bomba. De acuerdo con la presente invención se puede realizar ahora la determinación del valor de compresibilidad de sistema antes de que se haya colocado el casete de bomba, apoyándose a este respecto la membrana en esta superficie de alojamiento. A este respecto, la superficie de alojamiento puede seguir por ejemplo la forma de la cámara de bomba y presenta habitualmente una forma cóncava.

En una segunda variante de la presente invención se puede realizar la determinación del valor de compresibilidad de sistema con el casete de bomba acoplado. A este respecto, durante la determinación del valor de compresibilidad de sistema, la membrana del accionamiento de bomba de membrana puede estar presionada por completo al interior de la cámara de bomba del casete de bomba y apoyarse en la pared posterior de la cámara de bomba. La membrana del accionamiento de bomba de membrana en este estado está apoyada en la membrana del casete de bomba, que a su vez se apoya en la pared posterior de la cámara de bomba.

Preferentemente, en las dos variantes que se han descrito anteriormente la determinación del valor de compresibilidad de sistema se realiza a sobrepresión. Por ello, la membrana del accionamiento de bomba de membrana se presiona desde una cámara de accionamiento hacia el exterior contra la superficie contraria correspondiente.

Sin embargo, la determinación del valor de compresibilidad de sistema se puede realizar también mediante aplicación de una presión negativa. A este respecto, preferentemente, la membrana es introducida por completo en el interior de la cámara de accionamiento del accionamiento de bomba de membrana y está apoyada en una pared posterior de esta cámara de accionamiento. También por ello se puede reducir o evitar la influencia de otros componentes sobre la determinación de la compresibilidad de sistema del accionamiento de bomba de membrana.

La presente invención se puede emplear en particular en aquellos accionamientos de bomba de membrana en los que durante el funcionamiento normal el casete de bomba mediante la presión de un colchón neumático dispuesto detrás del casete de bomba se presiona contra una superficie de acoplamiento del accionamiento de bomba de membrana. A este respecto, en particular mediante el llenado del colchón neumático un alojamiento de casete de bomba, en el que está colocado durante el funcionamiento normal el casete de bomba, junto con el casete de bomba se puede mover contra la superficie de acoplamiento del accionamiento de bomba de membrana.

A este respecto se realiza preferentemente la determinación del valor de compresibilidad de sistema después de que se haya llenado el colchón neumático a presión de funcionamiento. Esto es ventajoso independientemente de si el valor de compresibilidad de sistema se determina con el casete de bomba colocado o sin el casete de bomba colocado, ya que mediante el llenado del colchón neumático se asegura que no se mueva la superficie contraria en la que se apoya la membrana. En particular, por ello se reduce o se evita una holgura mecánica, existente sin la compresión, y una deformación mecánica durante la medición. Preferentemente, a este respecto, la presión de funcionamiento del colchón neumático es mayor que el primer y el segundo nivel de presión y/o la fuerza ejercida por el colchón neumático sobre el alojamiento de casete de bomba es mayor que la fuerza ejercida por el primer y el segundo nivel de presión a través de la membrana del accionamiento de bomba de membrana, de tal manera que la magnitud exacta de la presión de funcionamiento no tiene influencia alguna sobre la determinación de la compresibilidad de sistema.

La determinación de la compresibilidad de sistema con presión negativa, a este respecto, se puede realizar con el casete de bomba colocado al igual que antes de la colocación del casete de bomba.

Si la determinación del valor de compresibilidad de sistema se produce con el casete colocado, entonces preferentemente está abierta al menos una válvula de la cámara de bomba para posibilitar un flujo de fluido al interior de la cámara de bomba o al exterior de la cámara de bomba, cuando la membrana, durante la puesta en marcha de la primera presión de funcionamiento, se coloca en la pared posterior de la cámara de accionamiento o la cámara de bomba.

El primer nivel de presión empleado de acuerdo con la invención preferentemente es mayor de 50 mbar, ya que las membranas empleadas habitualmente generan habitualmente una contrapresión de aproximadamente 50 mbar. Preferentemente, el primer nivel de presión es mayor de 75 mbar, más preferentemente mayor de 100 mbar y más preferentemente mayor de 150 mbar. Por ello se asegura que la membrana, al alcanzar el primer nivel de presión, se ha colocado por completo en la superficie contraria. Sin embargo, preferentemente, el primer nivel de presión es menor de 600 mbar. Por ello se asegura que se mida el valor de compresibilidad de sistema en un intervalo de presión que se presenta también durante el funcionamiento de bombeo normal de la bomba. A este respecto, preferentemente, el primer nivel de presión es menor de 400 mbar, más preferentemente menor de 300 mbar y más preferentemente menor de 250 mbar. Por ello se pone a disposición todavía un cierto intervalo de valores de presión por encima del primer nivel de presión para poner en marcha el segundo nivel de presión.

Preferentemente, el segundo nivel de presión así mismo es mayor de 50 mbar, preferentemente mayor de 100 mbar, más preferentemente mayor de 200 mbar, más preferentemente mayor de 250 mbar. Por ello se consigue que se apoye por completo la membrana. Preferentemente, el segundo nivel de presión a este respecto es mayor que el primer nivel

de presión. Preferentemente, sin embargo, el segundo nivel de presión es menor de 600 mbar, preferentemente menor de 500 mbar, más preferentemente menor de 450 mbar, más preferentemente menor de 400 mbar. Por ello, el intervalo de medición para la determinación del valor de compresibilidad de sistema se mantiene en un intervalo de presión que se alcanza también durante el funcionamiento de bombeo normal.

- 5 A este respecto, los valores de presión que se han indicado anteriormente están indicados como valores absolutos de la diferencia de presión a través de la membrana, es decir, de la diferencia de presión entre la presión en la cámara de accionamiento y la presión que existe en la superficie exterior de la membrana. Por tanto, se puede tratar de una sobrepresión o presión negativa con la magnitud indicada. Preferentemente, a este respecto, existe presión atmosférica en la superficie exterior de la membrana, mientras que se determina el valor de compresibilidad de sistema.
- 10 Más preferentemente, la diferencia entre el primer y el segundo nivel de presión es mayor de 5 mbar, más preferentemente mayor de 10 mbar, más preferentemente mayor de 40 mbar, más preferentemente mayor de 80 mbar. Gracias a una diferencia de presión suficientemente grande entre el primer y el segundo nivel de presión se asegura una cierta precisión durante la determinación del valor de compresibilidad de sistema. Por el contrario, si se selecciona demasiado pequeña la diferencia de presión, se corresponde solo con un cambio mínimo de la posición de accionamiento de bomba, lo que aumenta la influencia de los errores de medición.

Sin embargo, preferentemente, la diferencia entre el primer y el segundo nivel de presión es menor de 500 mbar, preferentemente menor de 400 mbar, más preferentemente menor de 300 mbar, más preferentemente menor de 200 mbar. Por ello se pueden seleccionar niveles de presión que se sitúan en el intervalo de funcionamiento normal del accionamiento de bombeo durante el bombeo. Además, la medición se puede realizar rápidamente.

- 20 Por ejemplo, el primer nivel de presión puede ascender a 200 mbar y el segundo nivel de presión, aproximadamente a 300 mbar.

De acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la invención puede estar previsto que se determine un valor de compresibilidad de sistema tanto con presión negativa como con sobrepresión.

- 25 Por ello se pueden tener en cuenta efectos que repercuten con presión negativa o sobrepresión de diferente manera en el valor de compresibilidad de sistema.

Como ya se ha expuesto anteriormente, como valor de compresibilidad de sistema se puede determinar un parámetro discrecional, que está correlacionado con la flexibilidad del accionamiento de bomba durante cambios de presión. De forma particularmente preferente, a este respecto, el valor de compresibilidad de sistema depende de la diferencia de los valores de parámetros de funcionamiento que se determinan con el primer y el segundo nivel de presión. En particular se determina el valor de compresibilidad de sistema a este respecto recurriendo a esta diferencia.

- 30 Preferentemente, el valor de compresibilidad de sistema a este respecto depende de la diferencia entre las posiciones de bomba que ocupa el accionamiento de bomba de membrana con el primer y el segundo nivel de presión. En particular, el valor de compresibilidad de sistema se puede determinar simplemente como esta diferencia.

- 35 El procedimiento de acuerdo con la invención se emplea preferentemente en un accionamiento de bomba de membrana que presenta una cámara de accionamiento, que está cerrada por una membrana, desviándose la membrana mediante sobrepresión en la cámara de accionamiento hacia el exterior fuera de la cámara de accionamiento y mediante presión negativa en la cámara de accionamiento, hacia el interior a la cámara de accionamiento.

Además, el accionamiento de bomba de membrana puede presentar un sensor de presión, que determina la presión en la cámara de accionamiento para poner en marcha el primer y el segundo nivel de presión.

- 40 Además, la presión en la cámara de accionamiento se puede generar preferentemente a través de una unidad de pistón-cilindro que está unida con la cámara de accionamiento. En particular, a este respecto, la unidad de pistón-cilindro puede estar en conexión fluidica con la cámara de accionamiento, por ejemplo a través de un tubo flexible de unión. Además, preferentemente está previsto un sensor de longitud, que registra la posición del pistón como valor de parámetro de funcionamiento.

- 45 Preferentemente se produce a este respecto la transmisión de la presión a la membrana de forma hidráulica. En particular, la unidad de pistón-cilindro y la cámara de accionamiento pueden estar unidas la una con la otra de forma hidráulica.

- 50 Como ya se ha expuesto anteriormente, en una realización de este tipo del accionamiento de bomba de membrana como bomba de pistón y membrana, los factores de influencia principales para la compresibilidad de sistema son el aire que se ha acumulado en el fluido hidráulico del sistema hidráulico así como la flexibilidad del tubo flexible de unión entre la unidad de pistón-cilindro y la cámara de accionamiento. Ahora se puede determinar de acuerdo con la invención esta compresibilidad de sistema sin que las influencias externas a través de la membrana falseen el valor de medición.

Además, la presente invención comprende un accionamiento de bomba de membrana con un sensor de presión y con un control, presentando el control una función para la realización de un procedimiento de acuerdo con la invención, tal

5 como se ha descrito anteriormente. En particular, a este respecto, la función puede determinar automáticamente el valor de compresibilidad de sistema del accionamiento de bomba de membrana. El control, para esto, puede poner en marcha el primer y el segundo nivel de presión y registrar el correspondiente primer y segundo valor de accionamiento de bomba de membrana, estando seleccionados los niveles de presión de tal manera que la membrana está apoyada sobre una superficie rígida.

10 En particular se realiza la determinación del valor de compresibilidad de sistema a este respecto en la fase de preparación, es decir, antes del funcionamiento de bombeo en sí. La función de acuerdo con la invención puede estar integrada a este respecto en el desarrollo de preparación. En particular, la función de acuerdo con la invención puede realizar la determinación del valor de compresibilidad de sistema a este respecto como parte del proceso de preparación de forma automatizada y/o en respuesta a una entrada del usuario.

Preferentemente, el accionamiento de bomba de membrana presenta además un sensor para la determinación de un valor de parámetro de funcionamiento, en particular un sensor de posición para la determinación de una posición de accionamiento de bomba de membrana.

15 Además, preferentemente, el accionamiento de bomba de membrana presenta preferentemente una superficie de acoplamiento en la que se puede acoplar un casete de bomba.

A este respecto, preferentemente, el accionamiento de bomba de membrana está estructurado como ya se ha representado anteriormente con respecto al procedimiento de acuerdo con la invención. En particular se trata del accionamiento de una bomba de pistón y membrana. Además, la función realiza el procedimiento de acuerdo con la invención preferentemente tal y como ya se ha expuesto anteriormente.

20 Además, la presente invención comprende una máquina de tratamiento de sangre, en particular una máquina de diálisis, en particular una máquina de diálisis peritoneal, con un accionamiento de bomba de membrana de este tipo. En particular, la máquina de tratamiento de sangre a este respecto presenta un alojamiento de casete de bomba y/o un colchón neumático para la compresión del casete de bomba contra una superficie de acoplamiento del accionamiento de bomba de membrana. Preferentemente, el control del accionamiento de bomba de membrana a este respecto está
25 integrado en el control de la máquina de tratamiento de sangre de tal manera que la misma presenta una función para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención.

De acuerdo con un segundo aspecto, la presente invención comprende un procedimiento para la determinación de una proporción de aire y/o de una cantidad de aire en un líquido médico impulsado por la bomba de membrana. Para esto, mediante un control correspondiente de un accionamiento de bomba de membrana de la bomba de membrana se pone
30 en marcha un primer y un segundo nivel de presión y se registran valores de parámetros de funcionamiento correspondientes de la bomba de membrana, determinándose la proporción de aire y/o la cantidad de aire a base de los valores de parámetros de funcionamiento. A diferencia de los procedimientos conocidos por los documentos DE 19919572 A1 y DE 102011105824 B3, por lo tanto, como presión de partida no se emplea como primer nivel de presión el nivel de presión que resulta aleatoriamente por la carga gravimétrica de la cámara de bomba, sino un nivel de presión
35 predefinido, puesto en marcha mediante un control correspondiente del accionamiento de bomba de membrana. Por ello, la determinación de la proporción de aire o de la cantidad de aire se hace independiente de la presión que se ajusta aleatoriamente en la cámara de presión durante la carga gravimétrica.

Preferentemente se realiza la determinación de la proporción de aire y/o de la cantidad de aire al cerrarse, después de la carga de la cámara de bomba, todas las válvulas de la cámara de bomba, de tal manera que se produce un volumen de fluido encerrado en el interior de la cámara de bomba. Después, mediante un control correspondiente del accionamiento de bomba de membrana se pone en marcha en primer lugar el primer nivel de presión y se determina el primer valor de parámetro de funcionamiento y después, mediante un nuevo control del accionamiento de bomba de membrana, se pone en marcha el segundo nivel de presión y se determina el segundo valor de parámetro de funcionamiento correspondiente. La proporción de aire y/o la cantidad de aire a este respecto se pueden determinar
45 preferentemente mediante el primer y el segundo nivel de presión así como el primer y segundo valor de parámetro de funcionamiento.

Preferentemente, a este respecto, como valor de parámetro de funcionamiento se determina una posición de bomba. En particular, para esto, en una bomba de pistón y membrana se puede determinar la posición del pistón de la unidad de pistón-cilindro como valor de parámetro de funcionamiento.

50 El cálculo de la proporción de aire y/o de la cantidad de aire se puede realizar entonces de acuerdo con la fórmula conocida ya por el documento DE 19919572 A1.

Preferentemente se emplea el procedimiento de acuerdo con la invención a este respecto en una bomba de membrana tal como se ha descrito ya anteriormente en relación con el primer aspecto de forma más detallada. En particular se puede tratar de una bomba de pistón y membrana.

55 De acuerdo con la invención, durante la determinación de la proporción de aire y/o de la cantidad de aire de acuerdo con el segundo aspecto se tiene en cuenta un valor de compresibilidad de sistema del accionamiento de bomba de membrana. Por ello se aumenta la precisión durante la determinación de la proporción de aire y/o de la cantidad de aire.

Preferentemente, a este respecto, para la determinación del valor de compresibilidad de sistema se pone en marcha un tercer y un cuarto nivel de presión y se registran valores de parámetros de funcionamiento correspondientes de la bomba, determinándose el valor de compresibilidad de sistema a base de los valores de parámetros de funcionamiento. En el caso de los valores de parámetros de funcionamiento se puede tratar, a su vez, de valores de parámetros de funcionamiento a los que se recurre para la determinación de la proporción de aire y/o de la cantidad de aire.

Preferentemente se realiza la determinación del valor de compresibilidad de sistema a este respecto en la fase de preparación de la bomba de membrana.

Preferentemente, en la determinación del valor de compresibilidad de sistema se emplean los dos mismos niveles de presión que se emplean también en la determinación de la proporción de aire y/o de la cantidad de aire. Esto tiene la gran ventaja de que el valor de compresibilidad de sistema no se tiene que determinar para una pluralidad de niveles de presión o cambios de presión, sino solo para el primer y el segundo nivel de presión y, a pesar de esto, la parte de la compresibilidad de sistema en los valores medidos en la determinación de la proporción de aire y/o de la cantidad de aire se reproduce de forma correcta. Esta forma de proceder se posibilita a este respecto solo por el procedimiento de acuerdo con la invención para la determinación de la proporción de aire y/o de la cantidad de aire de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención, de acuerdo con el cual el primer y el segundo nivel de presión se ponen en marcha activamente, de tal manera que en este caso se pueden emplear dos niveles de presión predeterminados que se emplean también en la determinación del valor de compresibilidad de sistema.

Para la determinación del valor de compresibilidad de sistema, que se tiene en cuenta en el marco de la determinación de la proporción de aire y/o de la cantidad de aire de acuerdo con el segundo aspecto, se emplea el procedimiento de acuerdo con la invención para la determinación de un valor de compresibilidad de sistema de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

Además, la presente invención comprende un accionamiento de bomba de membrana con un sensor de presión y con un control, presentando el control una función para la realización de un procedimiento de acuerdo con la invención para la determinación de una proporción de aire y/o de una cantidad de aire de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención. Preferentemente, el control a este respecto lleva a cabo de forma automatizada el procedimiento de acuerdo con la invención, en particular durante el funcionamiento de bombeo en marcha. En particular se puede tener en cuenta la proporción de aire determinada por esto y/o la cantidad de aire determinada por esto a este respecto durante el equilibrado del líquido impulsado a través de la bomba de membrana.

Preferentemente, el accionamiento de bomba de membrana presenta una superficie de acoplamiento a la que se puede acoplar un casete de bomba. Además, preferentemente, el accionamiento de bomba de membrana presenta un sensor para la determinación de un valor de parámetro de funcionamiento, en particular un sensor para la determinación de una posición de accionamiento de bomba.

Preferentemente, el accionamiento de bomba de membrana de acuerdo con la invención está estructurado a este respecto tal y como se ha representado ya anteriormente con respecto a los procedimientos de acuerdo con la invención de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención.

De forma particularmente preferente, el control del accionamiento de bomba de membrana de acuerdo con la invención a este respecto presenta tanto una función para la realización de un procedimiento para la determinación de un valor de compresibilidad de sistema de acuerdo con el primer aspecto como una función para la determinación de una proporción de aire y/o de una cantidad de aire en el líquido médico impulsado por el accionamiento de bomba de membrana de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención.

Además, la presente invención comprende una máquina de tratamiento de sangre, en particular una máquina de diálisis, en particular una máquina de diálisis peritoneal, con un accionamiento de bomba de membrana de acuerdo con el primer y/o el segundo aspecto.

La máquina de tratamiento de sangre presenta preferentemente un alojamiento de casete de bomba y/o un colchón neumático para la compresión del casete de bomba contra una superficie de acoplamiento del accionamiento de bomba de membrana.

A continuación, se representan con mayor detalle configuraciones preferentes de la presente invención mediante figuras y ejemplos de realización:

A este respecto muestran:

la figura 1: una representación esquemática de un accionamiento de bomba de membrana de acuerdo con la invención con cámara de bomba acoplada,

la figura 2: un corte a través de la zona de acoplamiento de un accionamiento de bomba de membrana de acuerdo con la invención con casete de bomba acoplado y

la figura 3: un ejemplo de realización de un casete de bomba, tal como se puede acoplar a un accionamiento de bomba de membrana de acuerdo con la invención.

La figura 1 muestra un ejemplo de realización de un accionamiento de bomba de membrana 30 de acuerdo con la invención para el bombeo de un líquido médico a través de la cámara de bomba 4, que se puede acoplar al accionamiento de bomba de membrana.

El accionamiento de bomba de membrana presenta una cámara de accionamiento 1 en la que está dispuesta una membrana 2 flexible. La membrana 2 flexible está dispuesta en una superficie de acoplamiento 3 del accionamiento de bomba de membrana, de tal manera que se puede acoplar una membrana, no reconocible en la figura 1, de la cámara de bomba 4 a la membrana 2 de la cámara de accionamiento, de tal manera que la misma sigue los movimientos de la membrana 2 de la cámara de accionamiento. Gracias a un movimiento de la membrana 2 hacia el exterior de la cámara de accionamiento 1 o hacia el interior de la misma, por lo tanto, se puede cambiar el volumen de la cámara de bomba 4. Mediante la conmutación correspondiente de válvulas no representadas con mayor detalle en la figura 1, que controlan el flujo de entrada o de salida de la cámara de bomba 4, se puede bombear fluido mediante movimiento de la membrana 2 con la cámara de bomba 4.

A este respecto, la cámara de bomba 4 habitualmente es parte de un casete de bomba no representado con mayor detalle en la figura 1, que representa preferentemente un dispositivo desechable. A este respecto, habitualmente se forma la cámara de bomba por una conformación correspondiente de una parte dura del casete de bomba, que se cubre por una lámina flexible que forma la membrana de la cámara de bomba.

Sin embargo, la presente invención se podría emplear del mismo modo también en bombas de membrana en las que la cámara de accionamiento y la cámara de bomba están unidas firmemente la una a la otra o están integradas en un dispositivo de bombeo común.

En el caso del ejemplo de realización mostrado en la figura 1 se trata, a este respecto, de una bomba de pistón y membrana que presenta una unidad de pistón-cilindro 7, que está unida hidráulicamente a través de la conducción hidráulica 12 con la cámara de accionamiento 6. La unidad de pistón-cilindro 7 es accionada a este respecto por un accionamiento 10, que actúa sobre el pistón 8 de la unidad de pistón-cilindro 7 y mueve el mismo en el cilindro 9. El tramo de camino que el pistón 8 se desplaza en el cilindro 9 se registra o se mide por un sensor de longitud 11 asignado a la unidad de pistón-cilindro 7.

El lado de presión 25 de la unidad de pistón-cilindro 7 a este respecto está unido de forma fluidica con la cámara de accionamiento 1 a través de la conducción de fluido 12, estando llenos el lado de presión 25, la conducción de fluido 12 y la cámara de accionamiento 1 con fluido hidráulico. Por ello, el movimiento de ajuste del pistón 8 se transfiere a la membrana 2 de la cámara de accionamiento 1. La membrana 2 de la cámara de accionamiento 1, por lo tanto, con un cambio correspondiente del volumen hidráulico de la unidad de pistón-cilindro 7 mediante movimiento del pistón 8 se abomba de forma convexa hacia el exterior o se introduce de manera cóncava al espacio interior de la cámara de accionamiento.

El cambio de volumen requerido para el impulso del fluido en la cámara de bomba 4 de la cámara de accionamiento 1 se causa, por consiguiente, mediante activación de la unidad de pistón-cilindro 7. Mediante la activación del pistón 8, el fluido hidráulico se presiona al interior de la cámara de accionamiento 1 o se succiona de la misma. Por ello se activa la membrana 2, cuyo movimiento se transfiere a la cámara de bomba 5 y cambia la misma en su volumen.

El accionamiento de bomba de membrana presenta además un sensor de presión 13, a través del cual se puede medir la presión del fluido hidráulico en el sistema hidráulico y, con ello, la presión en la cámara de accionamiento 1. La presión existente en la cámara de accionamiento 1 se corresponde a este respecto, a excepción de una posible contrapresión de la membrana 2, con la contrapresión existente en la cámara de bomba 4, de tal manera que a través del sensor de presión 13 se puede determinar al mismo tiempo también la presión en la cámara de bomba 4.

El accionamiento de bomba de membrana presenta además un control no representado, que se encuentra unido con el sensor de longitud 11 y el sensor de presión 13 y que evalúa las señales de medición. Además, el control controla el accionamiento 10 del accionamiento de bomba de membrana así como las válvulas para el control de la corriente de fluido hacia el interior y hacia el exterior de la cámara de bomba 4.

Una bomba de pistón y membrana de este tipo posee la ventaja de que transporta el líquido con gran precisión en cuanto a cantidad, pudiendo equilibrarse con precisión la cantidad transportada en total, ya que el volumen de bombeo se corresponde con el volumen de carrera de la unidad de pistón-cilindro 7 y se puede medir exactamente mediante el sensor de longitud 11.

El control del accionamiento de bomba de membrana de la presente invención presenta a este respecto en primer lugar una función de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención, por la cual se puede determinar una proporción de aire y/o una cantidad de aire en el líquido impulsado por la bomba de membrana. Mediante esta función se puede evitar que las burbujas de aire que están presentes en la cámara de bomba 4 falseen el equilibrado del líquido impulsado a través de la cámara de bomba 4.

Para la determinación de la proporción de aire o de la cantidad de aire está prevista una fase de medición, que se puede intercalar durante cada carrera en el proceso de bombeo.

A este respecto, en primer lugar de acuerdo con el proceso de bombeo habitual mediante movimiento de la membrana 2 se succiona fluido al interior de la cámara de bomba 4. Después se cierran las válvulas de cierre de la cámara de bomba 4, de tal manera que resulta un volumen de fluido encerrado y mediante activación del accionamiento 10 se pone en marcha un primer nivel de presión p_a predeterminado y se determina la posición correspondiente del pistón 8. Después, a su vez, mediante activación del accionamiento 10 se pone en marcha un segundo nivel de presión p_e y se determina así mismo la posición correspondiente del pistón 8. Si el líquido encerrado en la cámara de bomba 4 presenta una cierta proporción de gas, la misma se comprime por el aumento de la presión, lo que se corresponde con un cambio correspondiente del volumen de la cámara de bomba 4. Esta diferencia de volumen se puede determinar mediante las posiciones del pistón 9 presentes con la presión inicial y la final.

A partir de los valores obtenidos de este modo, el control calcula la cantidad de aire contenida en la cámara de bomba, es decir, el volumen de aire V_{at} contenido allí a presión atmosférica. Para esto, el control parte de la Ley de Boyle-Mariotte, que para un cambio de estado isotérmico, es decir, sin tener en cuenta un cambio de temperatura, dice:

$$p \times V = \text{constante.}$$

Partiendo de esto se pueden equiparar distintos estados de la fase de medición:

$$V_{at} \times p_{at} = V_a \times p_a = V_e \times p_e.$$

Teniendo en cuenta la relación de que el volumen de diferencia V_{dif} se determina por la diferencia del volumen inicial y del volumen final, es decir, $V_{dif} = V_a - V_e$, a partir de esto se puede obtener el volumen de gas real a presión atmosférica V_{at} :

$$V_{at} = \frac{V_{dif}}{\left(\frac{p_{at}}{p_a} - \frac{p_{at}}{p_a + p_{dif}} \right)}$$

En función del procedimiento de bombeo empleado en concreto, en esta fórmula se tiene que tener en cuenta que la presión medida en el lado hidráulico de la bomba de membrana a través del sensor de presión 13 no se corresponde, dado el caso, exactamente con la presión en la cámara de bomba 4, sino que por la tensión propia de la membrana 2 difiere en un cierto valor de esta presión. En una primera variante del procedimiento, sin embargo, la determinación de la proporción de aire no se puede realizar con la membrana 2 desviada, de tal manera que la influencia de la membrana es insignificante. En una segunda variante se puede corregir la presión inicial p_a por el contrario en una diferencia de presión p_{mem} , que se debe a la membrana, entre el lado hidráulico y el lado de bombeo. Este puede estar almacenado por ejemplo en el control. Por ello es posible llevar a cabo la determinación de la proporción de aire, mientras que la membrana 2 está introducida en gran medida o por completo en la cámara de accionamiento 1, de tal manera que se aprovecha la totalidad del volumen de bombeo. Dado el caso, a este respecto, se puede determinar la diferencia de presión p_{mem} , que se debe a la membrana, entre el lado hidráulico y el lado de bombeo en la fase de preparación. En función de la relación entre las presiones en el lado hidráulico y la diferencia de presión p_{mem} que se debe a la membrana y la precisión requerida, no obstante, dado el caso también se puede despreciar la diferencia de presión p_{mem} .

La diferencia de volumen que se incluye en la anterior fórmula se determina por el tramo de camino, recorrido durante la compresión del nivel de presión p_a al nivel de presión p_e , del pistón S_{dif} y su área A_k .

No obstante, en este caso se tiene que tener en cuenta que el movimiento del pistón 8 con el cambio de presión de p_a a p_e no se debe en exclusiva al volumen de aire en la cámara de bomba 4. De hecho, también el propio accionamiento de bomba de membrana presenta una cierta flexibilidad o compresibilidad de sistema bajo cambios de presión. Los factores son en este caso en particular el aire que se puede acumular en el sistema hidráulico así como una cierta flexibilidad de la conducción hidráulica 12. Por tanto, el pistón 8 con un cambio de presión de p_a a p_e , incluso si no estuviese contenido nada de aire en absoluto en la cámara de bomba 4 y, por lo tanto, la misma fuese incompresible, se movería únicamente a causa de esta compresibilidad de sistema en un cierto tramo de camino S_0 .

El volumen V_{at} real del aire contenido en la cámara de bomba 4 se obtiene por lo tanto teniendo en cuenta el valor de compresibilidad de sistema S_0 que caracteriza la compresibilidad de sistema como:

$$V_{at} = \frac{(S_{dif} - S_0) \cdot A_k}{\left(\frac{p_{at}}{p_a} - \frac{p_{at}}{p_a + p_{dif}} \right)}$$

Por el hecho de que, de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención, en la determinación del volumen de aire en la cámara de bomba 4 se ponen en marcha de forma activa dos niveles de presión p_a y p_e establecidos previamente, se puede determinar el valor de compresibilidad de sistema S_0 , que caracteriza la compresibilidad de sistema, exactamente para este cambio de presión. Por ello se evitan las imprecisiones que se producían de acuerdo con el estado de la técnica por el uso del nivel de presión obtenido mediante carga gravimétrica como nivel de presión inicial p_a .

El control del accionamiento de bomba de membrana de acuerdo con la invención a este respecto presenta preferentemente una segunda función, a través de la cual se puede determinar el valor de compresibilidad de sistema S_0 . También para esto, por ejemplo, en la fase de preparación, se ponen en marcha el primer y el segundo nivel de presión p_a y p_e y se registran las posiciones correspondientes del pistón 8. Sin embargo, para tener en cuenta en este caso en exclusiva efectos que se deben a la compresibilidad de sistema del accionamiento de bomba de membrana y no, por ejemplo, a la compresibilidad de los componentes acoplados en el accionamiento de bomba de membrana, la determinación se realiza en un estado del accionamiento de bomba de membrana en el que la membrana 2 se apoya en una superficie rígida. Esto se puede conseguir, por ejemplo, al realizarse la determinación del valor de compresibilidad de sistema en un intervalo de presión en el que la membrana 2 está desviada al máximo hacia el exterior o hacia el interior.

La determinación del valor de compresibilidad de sistema se puede realizar a este respecto con un casete de bomba acoplado a la superficie de acoplamiento 3 del accionamiento de bomba de membrana al igual que sin el casete de bomba acoplado.

La estructura mecánica de un ejemplo de realización de un accionamiento de bomba de membrana de acuerdo con la invención, al que se puede acoplar un casete de bomba, está representada con más detalle a este respecto en la figura 2. El accionamiento de bomba de membrana presenta un bloque de máquina 20 en el que está dispuesta la superficie de acoplamiento 3 para el acoplamiento del casete de bomba 14. La cámara de accionamiento 1 dotada de la membrana 2 flexible a este respecto está introducida en la superficie de acoplamiento 3 y se encuentra en conexión hidráulica a través de la conducción hidráulica 12 con la unidad de pistón-cilindro 7, no mostrada con mayor detalle en el presente documento.

El casete de bomba 14 se coloca a este respecto para el acoplamiento a la superficie de acoplamiento 3 en un alojamiento de casete de bomba 15, de tal manera que el lado posterior del casete de bomba se apoya en una superficie de alojamiento del alojamiento de casete de bomba 15. La superficie de alojamiento presenta a este respecto en la zona de la cámara de bomba 4, que está diseñada como un abombamiento del lado posterior del casete de bomba, una entalladura correspondiente con forma de cúpula.

Después de la colocación del casete 14 se presiona el alojamiento de casete 15 a través de un colchón neumático 18 dispuesto en el lado posterior, que se apoya a su vez en una pared de aparato 17, contra la superficie de acoplamiento 3. Para esto se expone el colchón neumático a una presión de funcionamiento correspondiente, que se puede encontrar por ejemplo entre 1.500 y 2.500 mbar.

En el ejemplo de realización, el alojamiento de casete de bomba 15 está configurado como un cajón que se puede introducir y extraer en una dirección 21 para colocar un casete. Además, el bloque de máquina 20 se puede colocar en la dirección de movimiento 22 sobre el casete de bomba 14. Después de la inserción del cajón 15 y la aplicación del bloque de máquina 20 se presiona entonces el colchón neumático 18 para conseguir un acoplamiento seguro del casete de bomba 14 contra la superficie de acoplamiento 3.

Como alternativa a la conformación constructiva mostrada en la figura 2, sin embargo, el alojamiento de casete de bomba 15 se podría configurar por ejemplo también como una puerta, que se abre para la colocación del casete de bomba 14 y se cierra para la aplicación de casete de bomba contra la superficie de acoplamiento. En este caso, el colchón neumático 18 estaría integrado en la puerta.

En la figura 3 está mostrado a este respecto un ejemplo de realización de un casete de bomba 14, que presenta dos cámaras de bomba 4 y 4'. A este respecto, el casete de bomba está compuesto por una parte dura en la que están introducidos los canales que conducen líquido así como las cámaras de bomba y se cubre hacia la superficie de acoplamiento por una lámina flexible. El casete de bomba presenta a este respecto, entre otras cosas, las válvulas 23 y 24, a través de las cuales la corriente de fluido se puede controlar hacia el interior de las cámaras de bomba 4 y 4' o hacia el exterior de las mismas. A este respecto, las válvulas se activan así mismo a través de accionadores dispuestos en el bloque de máquina 20.

La determinación de acuerdo con la invención del valor de compresibilidad de sistema se realiza a este respecto preferentemente en la fase de preparación de la bomba de membrana, sin embargo a este respecto se puede llevar a cabo con el casete de bomba colocado al igual que sin el casete de bomba colocado.

Si se lleva a cabo la determinación mientras que no se ha colocado un casete de bomba 14, la membrana, durante la realización de las mediciones, se apoya en la superficie de alojamiento 16 del alojamiento de casete de bomba 15. Por el contrario, si se lleva a cabo la determinación con el casete de bomba colocado, la membrana 2 se apoya en la pared posterior 5 de la cámara de bomba 4 y, por lo tanto, en la parte dura del casete de bomba. Con el casete de bomba

colocado, para esto tiene que estar abierta al menos una de las válvulas que controlan las corrientes de fluido hacia el interior y hacia el exterior de la respectiva cámara de bomba. Ventajosamente, se realiza la determinación del valor de compresibilidad de sistema a este respecto antes del llenado del casete de bomba con líquido o mientras que la cámara de bomba está unida a través de las conexiones de fluido por ejemplo con la bolsa de dializado o con la bolsa de drenaje.

El hecho de que la membrana durante la fase de medición esté apoyada en la superficie de alojamiento 16 del alojamiento de casete de bomba o en la pared posterior de la cámara de bomba se consigue mediante niveles de presión p_a y p_e correspondientemente altos, que sirven para una desviación completa de la membrana durante el procedimiento de medición. A este respecto, la tensión de la membrana 2 se supera por completo ya al alcanzar el primer nivel de presión p_a . Con un aumento de presión al segundo nivel de presión p_e entonces la membrana se apoya en una superficie contraria rígida, de tal manera que la membrana o los componentes acoplados a la misma no tienen influencia alguna sobre la determinación del valor de compresibilidad de sistema.

Ya que la tensión propia de la membrana 2 con un nivel de presión de aproximadamente 50 mbar se ha superado, existe un primer nivel de presión adecuado en aproximadamente 200 mbar, un segundo nivel de presión adecuado en aproximadamente 300 mbar.

A este respecto se emplean preferentemente los mismos niveles de presión para la determinación del valor de compresibilidad de sistema a los que se recurre también para la determinación del volumen de aire en el líquido impulsado por la bomba. Como valor de compresibilidad de sistema S_0 se puede recurrir por ello simplemente al tramo de camino que recorre el pistón 8 con el aumento de presión de p_a a p_e . Por tanto, el valor de compresibilidad de sistema S_0 resulta como la diferencia de los valores de posición determinados a los niveles de presión p_a y p_e del accionamiento de bomba de membrana.

Como ya se ha expuesto anteriormente, el contenido de aire del líquido hidráulico así como la rigidez de los tubos flexibles hidráulicos representan los factores de influencia principales sobre la compresibilidad de sistema. No obstante, también las tolerancias mecánicas así como una deformación de los componentes mecánicos pueden conducir a una cierta flexibilidad del sistema y, por lo tanto, a un aumento del valor de compresibilidad de sistema.

La determinación del valor de compresibilidad de sistema se realiza, por lo tanto, preferentemente después de que se haya llenado el colchón neumático 18 con presión de funcionamiento, de tal manera que se presiona el alojamiento de casete de bomba 15 contra la superficie de acoplamiento 3. Por ello se reduce la influencia que podría tener la holgura del alojamiento de casete de bomba así como una posible deformación mecánica de los componentes mecánicos que intervienen sobre la determinación del valor de compresibilidad de sistema. Además, la determinación del valor de compresibilidad de sistema se realiza por ello en la misma situación que existe entonces también durante la determinación de la proporción de aire durante el funcionamiento de bombeo. A este respecto, el alojamiento de casete de bomba se presiona, independientemente de si la determinación del valor de compresibilidad de sistema se lleva a cabo con o sin el casete de bomba colocado, a través del colchón neumático 18 contra la superficie de acoplamiento.

En la medida en la que, a este respecto, el valor de compresibilidad de sistema se vea influido por la presión de funcionamiento del colchón neumático, para un aumento adicional de la precisión se puede limitar la tolerancia de regulación de la presión interna del colchón neumático.

De acuerdo con las variantes que se han descrito anteriormente, la determinación del valor de compresibilidad de sistema se realiza a sobrepresión, de tal manera que la membrana 2 se abomba hacia el exterior desde la cámara de accionamiento 1 y se apoya en una superficie contraria dispuesta en el exterior.

Sin embargo, la determinación de acuerdo con la invención del valor de compresibilidad de sistema se puede conseguir también a niveles de presión negativa. En este caso se seleccionan los niveles de presión negativa de tal manera que la membrana 2 se apoya en la pared posterior 6 de la cámara de accionamiento 1. A este respecto, un primer nivel de presión adecuado se encuentra en aproximadamente -200 mbar, un segundo nivel de presión adecuado, en aproximadamente -300 mbar. Con ello, los niveles de presión negativa adecuados se corresponden en cuanto a la longitud con los niveles de sobrepresión adecuados.

Preferentemente, en el caso de que se realice la determinación del valor de compresibilidad de sistema a niveles de presión negativa p_a y p_e , se trabajará también para la determinación del volumen de aire en el líquido bombeado a través de la cámara de bomba de acuerdo con el segundo aspecto, que se ha expuesto anteriormente, con niveles de presión negativa p_a y p_e .

Si a este respecto durante la determinación del valor de compresibilidad de sistema se trabaja con niveles de presión negativa, las propiedades mecánicas de la estructura de colchón neumático, alojamiento de casete de bomba y bloque de máquina no repercuten sobre la medición.

Además, de acuerdo con la invención puede estar previsto determinar en cada caso un valor de compresibilidad de sistema con niveles de sobrepresión y con niveles de presión negativa. Mediante la aplicación de los dos procedimientos se pueden establecer las propiedades mecánicas de la estructura de colchón neumático, alojamiento de casete de bomba y bloque de máquina y se pueden separar de las propiedades que se deben al sistema hidráulico.

La determinación del valor de compresibilidad de sistema con presión negativa se puede realizar así mismo con o sin el casete de bomba colocado. Si se realiza con el casete de bomba colocado, las válvulas con las que la cámara de bomba se comunica con otros componentes deben estar abiertas.

5 El valor de compresibilidad de sistema determinado de acuerdo con la invención se puede incluir a este respecto, por un lado, tal como se ha expuesto anteriormente en la determinación del volumen de aire del líquido médico impulsado. A este respecto permite un equilibrado más preciso de los líquidos que se mueven a través de la bomba de membrana, ya que se puede determinar con mayor precisión el volumen de aire en los líquidos bombeados.

10 La determinación del valor de compresibilidad de sistema se puede emplear además para la verificación de la calidad de la desgasificación del sistema hidráulico. Por ejemplo, a este respecto en cuanto el valor de compresibilidad de sistema supera un cierto umbral, se puede efectuar una desgasificación del sistema hidráulico o se puede indicar su necesidad.

15 El accionamiento de bomba de membrana de acuerdo con la invención se emplea preferentemente en un aparato de tratamiento de sangre para el bombeo de líquidos médicos, en particular para el bombeo de sangre o dializado. A este respecto, de forma particularmente preferente se emplea el accionamiento de bomba de membrana de acuerdo con la invención en una máquina de diálisis, empleándose la bomba de membrana para el bombeo del dializado a la cavidad abdominal del paciente o la retirada del dializado de la cavidad abdominal del paciente.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la determinación de un valor de compresibilidad de sistema de un accionamiento de bomba de membrana médico, poniéndose en marcha un primer y un segundo nivel de presión y registrándose un primer y un segundo valor de parámetro de funcionamiento del accionamiento de bomba de membrana, determinándose el valor de compresibilidad de sistema a base de los valores de parámetros de funcionamiento registrados, caracterizado porque la membrana del accionamiento de bomba de membrana durante la determinación del valor de compresibilidad de sistema se apoya en una superficie rígida.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, superando el primer y el segundo nivel de presión la contrapresión máxima de la membrana.
- 10 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, pudiendo acoplarse un casete de bomba al accionamiento de bomba de membrana y realizándose la determinación del valor de compresibilidad de sistema antes de que se haya acoplado el casete de bomba, estando apoyada la membrana preferentemente en una superficie de alojamiento de un alojamiento de casete de bomba.
- 15 4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, pudiendo acoplarse un casete de bomba al accionamiento de bomba de membrana y realizándose la determinación del valor de compresibilidad de sistema con el casete de bomba acoplado, estando la membrana presionada preferentemente por completo al interior de una cámara de bomba del casete de bomba y apoyándose en la pared posterior de la cámara de bomba.
- 20 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, realizándose la determinación del valor de compresibilidad de sistema con presión negativa, estando la membrana introducida preferentemente por completo al interior de una cámara de accionamiento del accionamiento de bomba de membrana y estando apoyada en una pared posterior de la cámara de accionamiento.
- 25 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, llenándose a presión de funcionamiento antes de la determinación del valor de compresibilidad de sistema un colchón neumático, a través del cual, durante el funcionamiento normal, un casete de bomba se comprime contra una superficie de acoplamiento del accionamiento de bomba de membrana.
- 30 7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, siendo el primer nivel de presión mayor de 50 mbar (50 hPa), preferentemente mayor de 75 mbar, más preferentemente mayor de 100 mbar, más preferentemente mayor de 150 mbar, y/o siendo el primer nivel de presión menor de 600 mbar (600 hPa), preferentemente menor de 400 mbar, más preferentemente menor de 300 mbar, más preferentemente menor de 250 mbar, y/o siendo el segundo nivel de presión mayor de 50 mbar (50 hPa), preferentemente mayor de 100 mbar, más preferentemente mayor de 200 mbar, más preferentemente mayor de 250 mbar, y/o siendo el segundo nivel de presión menor de 600 mbar, preferentemente menor de 500 mbar, más preferentemente menor de 450 mbar, más preferentemente menor de 400 mbar, y/o siendo la diferencia entre el primer y el segundo nivel de presión mayor de 5 mbar (5 hPa), preferentemente mayor de 10 mbar, más preferentemente mayor de 40 mbar, más preferentemente mayor de 80 mbar, y/o siendo la diferencia entre el primer y el segundo nivel de presión menor de 500 mbar (500 hPa), preferentemente menor de 400 mbar, más preferentemente menor de 300 mbar, más preferentemente menor de 200 mbar.
- 35 8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, determinándose un valor de compresibilidad de sistema tanto con presión negativa como con sobrepresión.
- 40 9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, dependiendo el valor de compresibilidad de sistema de la diferencia de los valores de parámetros de funcionamiento que se determinan con el primer y el segundo nivel de presión, dependiendo el valor de compresibilidad de sistema preferentemente de la diferencia entre las posiciones de bomba que ocupa el accionamiento de bomba de membrana con el primer y el segundo nivel de presión y correspondiéndose más preferentemente con esta diferencia.
- 45 10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, presentando el accionamiento de bomba de membrana una cámara de accionamiento, que está cerrada por la membrana, desviándose la membrana mediante sobrepresión en la cámara de accionamiento hacia el exterior fuera de la cámara de accionamiento y mediante presión negativa en la cámara de accionamiento, hacia el interior a la cámara de accionamiento, y/o estando previsto un sensor de presión, que determina la presión en la cámara de accionamiento para poner en marcha el primer y el segundo nivel de presión, y/o generándose la presión en la cámara de accionamiento preferentemente a través de una unidad de pistón-cilindro que está unida con la cámara de accionamiento, estando previsto preferentemente un sensor de longitud, que registra la posición del pistón como valor de parámetro de funcionamiento, y/o realizándose la transmisión de la presión a la membrana preferentemente de forma hidráulica, estando la unidad de pistón-cilindro y la cámara de accionamiento preferentemente llenas de fluido hidráulico.
- 50 11. Procedimiento para la determinación de una proporción de aire y/o de una cantidad de aire en un líquido médico impulsado por una bomba de membrana, para lo que, mediante un control correspondiente de un accionamiento de bomba de membrana de la bomba de membrana, se pone en marcha un primer y un segundo nivel de presión y se registran los valores de parámetros de funcionamiento correspondientes de la bomba de membrana, determinándose la
- 55

proporción de aire y/o la cantidad de aire a base de los valores de parámetros de funcionamiento, teniéndose en cuenta, durante la determinación de la proporción de aire y/o de la cantidad de aire, un valor de compresibilidad de sistema del accionamiento de bomba de membrana, realizándose la determinación del valor de compresibilidad de sistema de acuerdo con un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10.

- 5 12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, teniéndose en cuenta, durante la determinación de la proporción de aire y/o de la cantidad de aire, un valor de compresibilidad de sistema del accionamiento de bomba de membrana, poniéndose en marcha, para la determinación del valor de compresibilidad de sistema, un tercer y un cuarto nivel de presión y registrándose los valores de parámetros de funcionamiento correspondientes de la bomba, determinándose el valor de compresibilidad de sistema a base de los valores de parámetros de funcionamiento.
- 10 13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, siendo el tercer y el cuarto nivel de presión preferentemente iguales al primer y al segundo nivel de presión.
- 15 14. Accionamiento de bomba de membrana con un sensor de presión y con un control, pudiendo acoplarse a una superficie de acoplamiento del accionamiento de bomba de membrana preferentemente un casete de bomba, caracterizado porque el control presenta una función para la realización de un procedimiento para la determinación de un valor de compresibilidad de sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10 y/o para la realización de un procedimiento para la determinación de una proporción de aire y/o de una cantidad de aire en el líquido médico impulsado por el accionamiento de bomba de membrana de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 13.
- 20 15. Máquina de tratamiento de sangre, en particular máquina de diálisis, en particular máquina de diálisis peritoneal, con un accionamiento de bomba de membrana de acuerdo con la reivindicación 14, presentando la máquina de tratamiento de sangre preferentemente un alojamiento de casete de bomba y/o un colchón neumático para la compresión del casete de bomba contra una superficie de acoplamiento del accionamiento de bomba de membrana.

Fig. 1

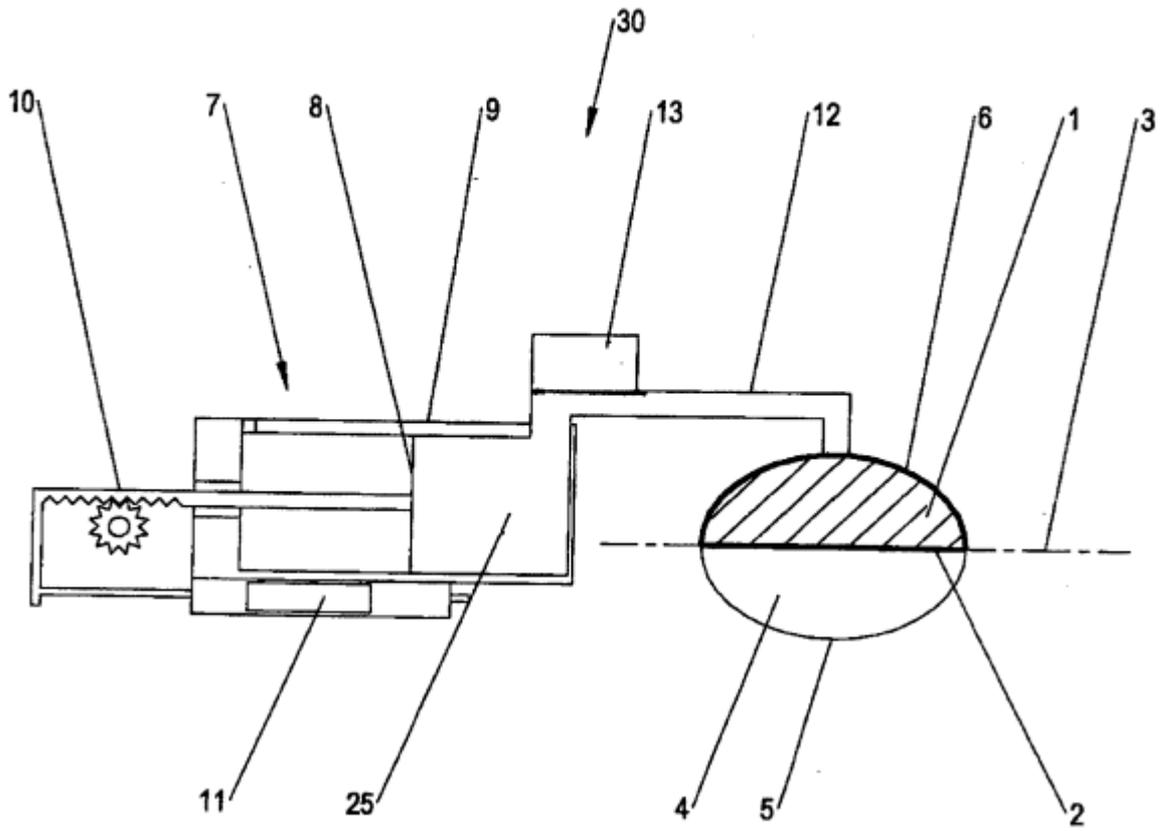


Fig. 2

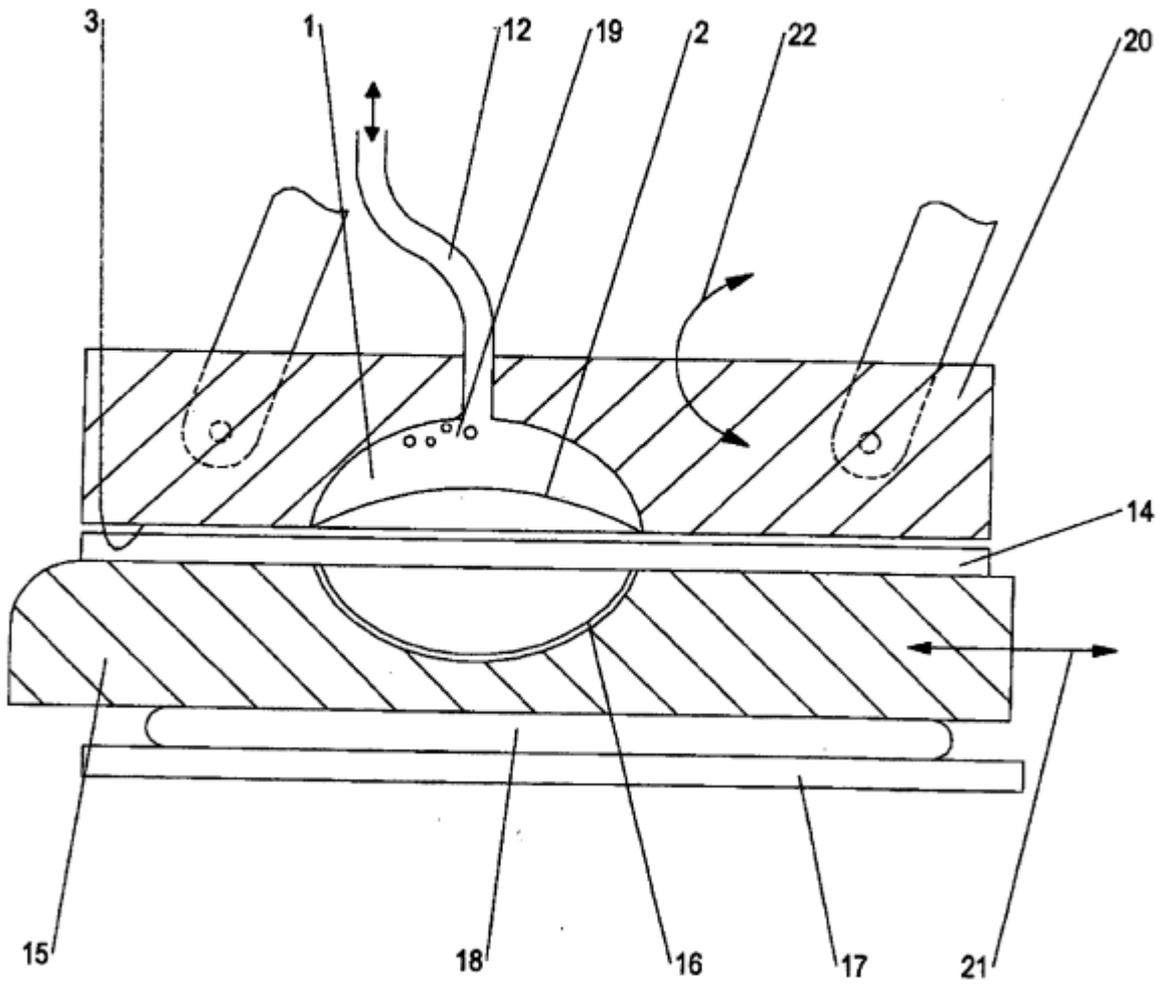


Fig. 3

