

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
06. Januar 2022 (06.01.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/003053 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F04B 43/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/068056

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. Juni 2021 (30.06.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2020 117 221.4
30. Juni 2020 (30.06.2020) DE

(71) Anmelder: **FRESENIUS MEDICAL CARE DEUTSCHLAND GMBH** [DE/DE]; Else-Kröner-Straße 1,
61352 Bad Homburg (DE).

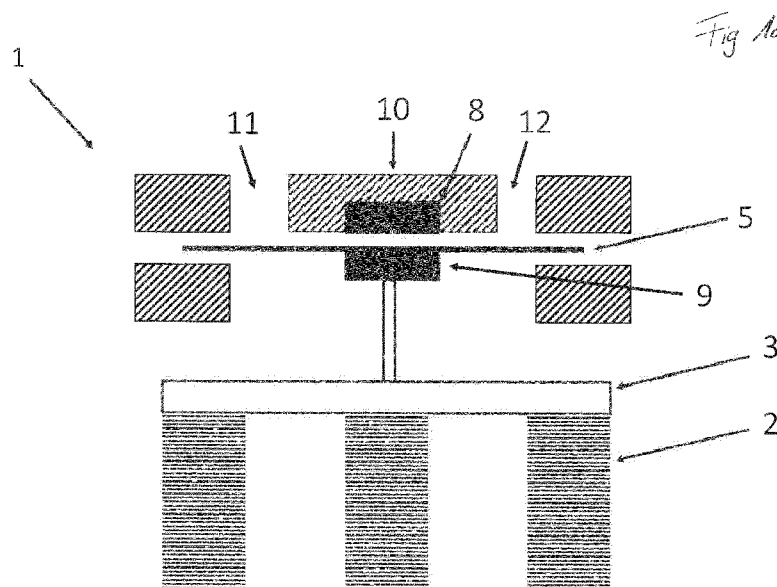
(72) Erfinder: **FISCHER, Gerome**; Neuer Weg 16, 99947
Weberstedt (DE). **STÖCKERL, Tobias**; Irlach 16, 93464
Tiefenbach (DE). **HELLHUND, Jonas**; Im Kreuzegut 8,
60438 Frankfurt a. Main (DE).

(74) Anwalt: **HERRMANN, UWE / LORENZ SEIDLER
GOSSEL RECHTSANWÄLTE PATENTANWÄLTE
PARTNERSCHAFT MBB**; Widenmayerstr. 23, 80538
München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,

(54) Title: PUMP HAVING ELECTROACTIVE POLYMERS AND A RETURN ELEMENT

(54) Bezeichnung: PUMPE MIT ELEKTROAKTIVEN POLYMEREN UND RÜCKSTELLELEMENT



(57) Abstract: The present invention relates to a pump, comprising a pump actuator (2) having at least one electroactive polymer, as well as at least one return element (8, 9) which returns a displacement element (5) of the pump after a pump stroke to a defined position. The invention further relates to a metering unit and to a medical apparatus comprising such a pump.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Pumpe mit einem mindestens ein elektroaktives Polymer aufweisenden Pumpen-Aktor (2) sowie mit mindestens einem Rückstellelement (8,9), welches ein Verdrängungselement (5) der Pumpe nach einem Pumpenhub in eine definierte Position zurückführt. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Dosiereneinheit und ein Medizingerät mit einer derartigen Pumpe.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM,
ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Pumpe mit elektroaktiven Polymeren und Rückstellelement

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Pumpe mit einem mindestens ein elektroaktives Polymer aufweisenden Pumpen-Aktor, wobei das mindestens eine elektroaktive Polymer derart angeordnet ist, dass eine Verformung des mindestens einen elektroaktiven Polymers entlang der Richtung des Pumpenhubs der Pumpe erfolgt.

Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung eine Blutbehandlungsmaschine mit einer derartigen Pumpe. Zudem kann unter Anderem im Kontext einer Blutbehandlungsmaschine eine erfindungsgemäße Pumpe im Rahmen eines Druckhaltetestes zum Einsatz kommen.

Insbesondere im Rahmen moderner extrakorporaler Blutbehandlungen werden bei laufender Behandlung die benötigten Lösungen aus Konzentraten hergestellt, welche wie erforderlich verdünnt werden. Hierbei kommen Pumpen zum Einsatz, welche die benötigten Konzentratmengen zu bereitgestelltem Dialysewasser zudosieren.

Damit die erzeugten Lösungen möglichst genau den Zielvorgaben entsprechen, sind besonders genaue, fein steuerbare Pumpen erforderlich. Zudem ist es erforderlich, die von einer eingesetzten Pumpe ausgeführten Pumphübe nachzuvollziehen und gegebenenfalls dokumentieren zu können, um so die von der Pumpe geförderten Mengen und Volumina möglichst genau erfassen zu können.

Beispielsweise können Pumpen mit elektroaktiven Polymeren eingesetzt werden. Bei der Verwendung von derartigen Polymeren tritt jedoch ein sogenanntes Kriechen bzw. eine Hysterese auf. Dies ist insbesondere bei elektroaktiven Polymeren der Fall, da ein Hauptbestandteil dieser eine Schicht aus Silikon oder einem ähnlichen Material ist.

Bei einem Betrieb einer Pumpe mit einem elektroaktiven Polymer mit einer regelmäßigen und meist recht hohen Frequenz bewirkt diese Hysterese, dass keine komplette Rückstellung des Polymers und damit der Membran oder des Kolbens der Pumpe erfolgt. Dies hat zum einen Folgen für das geförderte Volumen, dieses wird kleiner, und auch Folgen für den maximalen möglichen Druck gegen Ende des Pumpenhubs, auch dieser wird geringer.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die aus dem Stand der Technik bekannten Probleme abzumildern oder gar ganz zu beseitigen. Insbesondere liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine besonders genaue Pumpe bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird durch eine Pumpe gemäß Anspruch 1 gelöst. Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine Dosiereinheit und eine Blutbehandlungsmaschine mit einer erfindungsgemäßen Pumpe.

Eine erfindungsgemäße Pumpe für ein Medizingerät, insbesondere eine Blutbehandlungsvorrichtung, bevorzugt eine Dialysemaschine, weist die folgenden Komponenten auf: einen mindestens ein elektroaktives Polymer aufweisenden Pumpen-Aktor, wobei der Pumpen-Aktor ein Auslöseelement, ein Verdrängungselement und ein Rückstellelement aufweist, wobei das Rückstellelement derart ausgebildet ist, dass das Verdrängungselement nach einer Betätigung des Auslöseelements in eine definierte Position zurückführbar ist.

Die oben beschriebene Pumpe kann dabei auch als Ventil eingesetzt werden, beziehungsweise als Ventil ausgebildet sein.

Damit kann ein erfindungsgemäßes Ventil für ein Medizingerät, insbesondere eine Blutbehandlungsvorrichtung, bevorzugt eine Dialysemaschine, die folgenden Komponenten aufweisen: einen mindestens ein elektroaktives Polymer aufweisenden Pumpen-Aktor, wobei der Pumpen-Aktor ein Auslöseelement, ein Verdrängungselement und ein Rückstellelement aufweist, wobei das Rückstellelement derart ausgebildet ist, dass das Verdrängungselement nach einer Betätigung des Auslöseelements in eine definierte Position zurückführbar bzw. bringbar ist.

Die definierte Position kann dabei eine dritte Position, welche der ersten Position, der Ausgangsposition, entspricht, sein. Damit kann die zweite Position, welche nach der ersten Position und vor der dritten Position erreicht wird, eine Position sein, welche von der Pumpposition verschieden ist. Die definierte Position ist beispielsweise bei der Verwendung von EAP, genauer von mehreren Schichten, vorzugsweise einem Stapel, elektroaktiver Polymere, insbesondere dielektrisch elektroaktive Polymere, als Verdrängungselement die erste Position, die Pumpposition. Zudem kann erreicht werden, dass durch das Rückstellelement immer eine vorgesehene Auslenkung in Pumprichtung, bzw. Verdrängungsrichtung erreicht wird. In diesem Fall kann das Verdrängungselement sowie das Auslöseelement das EAP, beziehungsweise das elektroaktive Polymer sein. Mit dem Rückstellelement ist es somit möglich einer Hysterese entgegenzuwirken. Mit anderen Worten kann bei jedem Pumpvorgang sichergestellt werden, dass die Pumpposition erreicht wird. Dabei ist die Pumpposition die Ausgangsposition, in welche der Pumpen-Aktor durch das Rückstellelement zurückgebracht wird. Nach dem Auslösen des Auslöseelements erreicht der Pumpen-Aktor die von der Pumpposition verschiedene „Volumenposition“. Mit anderen Worten kann die zweite Position (Volumenposition) eine Position sein, welche von der Pumpposition am weitesten entfernt ist und somit beispielsweise ein Nachfüllen von Fluiden ermöglicht. Wird die erste, bzw. dritte Position, das heißt die Pumpposition anschließend wieder erreicht, kann das Fluid somit verdrängt werden. Mit anderen Worten kann die definierte Position eine Pumpposition sein, das Verdrängungselement sowie Auslöseelement als elektroaktives Polymere ausgebildet sein sowie das Rück-

stellelement das Verdrängungselement vollständig in die definierte Position, bzw. definierte Pumpposition, bringen. Dabei kann das Rückstellelement auf das Verdrängungselement in Richtung der Pumpposition wirken.

Ebenso kann die definierte Position eine dritte Position sein, welche der ersten Position, der Ausgangsposition entspricht. Diese dritte Position wird beispielsweise bei der Verwendung ringförmig angeordneter Elektroden, das heißt bei der Verwendung von COP-DEA (Circular Out-of-Plane Dielectric Elastomer Actuator), mittels des Rückstellelements zuverlässig erreicht. Damit wird durch das Rückstellelement nach dem Auslösen und nach dem Pumpvorgang die Ausgangsposition, das heißt die Position vor dem Auslösen des Auslöseelements erreicht. Das Verdrängungselement kann in diesem Fall eine Feder, ein Magnet oder ein Kondensator sein. Das Auslöseelement kann in diesem Fall die COP-DEA, das heißt die ringförmig angeordnete Elektrode mit vorzugsweise jeweils einer zwischen den Elektroden liegenden Silikonschicht sein. Das Rückstellelement kann in diesem Fall eine Feder, ein Magnet oder ein Kondensator sein. Mit anderen Worten kann die definierte Position eine Ausgangsposition sein, welche von der Pumpposition verschieden ist, das Verdrängungselement von dem Auslöseelement verschieden sein, wobei das Auslöseelement als COP-DEA ausgebildet ist sowie das Rückstellelement das Verdrängungselement vollständig in die definierte Position, bzw. definierte Ausgangsposition, bringen. Dabei kann das Rückstellelement das Verdrängungselement mittels des Auslöseelement vollständig in die definierte Position bringen.

Der Pumpen-Aktor kann damit auch als Ventil-Aktor verstanden, beziehungsweise bezeichnet werden.

Vorzugsweise weist das Rückstellelement zumindest eine Feder, einen Magneten oder einen Kondensator auf. Vorzugsweise kann das Rückstellelement das Auslöseelement in eine Pumpposition, welche der Ausgangsposition entspricht, bringen. Dabei wirkt das Rückstellelement entgegen der Auslenkungsrichtung, welche durch das Auslöseelement aufgebracht wird. Mit anderen Worten wird durch das Auslösee-

lement der Pumpen-Aktor aus der Pumpposition bewegt und durch das Rückstellelement anschließend wieder vollständig in die Pumpposition gebracht. Alternativ kann das Rückstellelement das Auslöseelement in eine dritte Position, welche der Ausgangsposition entspricht, bringen. In diesem Fall kann nach dem Auslösen des Auslöseelements die Pumpposition eingenommen werden. Durch das Rückstellelement wird sichergestellt, dass der Pumpen-Aktor die Ausgangsposition, welche in diesem Fall verschieden von der Pumpposition ist, erreicht wird.

Weiterhin hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn der Pumpen-Aktor oder Ventil-Aktor, vorzugsweise das Verdrängungselement und/oder das Auslöseelement, mehrere Schichten, vorzugsweise einen Stapel, elektroaktiver Polymere, insbesondere dielektrische elektroaktive Polymere aufweist.

Vorzugsweise weist der Pumpen-Aktor oder Ventil-Aktor ringförmig angeordnete Elektroden mit jeweils einer zwischen den Elektroden liegenden Silikonschicht auf. Diese ringförmig angeordneten Elektroden sind dabei vorzugsweise als Auslöseelement ausgebildet.

Weiterhin kann vorgesehen sein, dass der Pumpen-Aktor eine Membran und das Verdrängungselement mehrere Schichten, vorzugsweise einen Stapel, elektroaktiver Polymere aufweist, und die Membran mittels der elektroaktiven Polymere von einer Ausgangsposition in eine Pumpposition bewegbar ist.

Es hat sich weiterhin als vorteilhaft erwiesen, wenn das Auslöseelement mehrere Schichten, vorzugsweise einen Stapel, elektroaktiver Polymere oder ringförmig angeordnete Elektroden mit jeweils einer zwischen den Elektroden liegenden Silikonschicht aufweist .

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung betrifft eine Pumpe oder Ventil, wobei das Verdrängungselement und/oder das Rückstellelement und/oder das Auslöseelement teilweise als ein Element ausgebildet sind.

Vorzugsweise weist das Rückstellelement ein oder mehrere Magnete auf, welcher mindestens 8 Einzelpole, vorzugsweise mehr als 10 Einzelpole, noch bevorzugter mehr als 14 Einzelpole auf.

Weiterhin hat es sich in der Praxis als vorteilhaft erwiesen, wenn das Rückstellelement mindestens einen Kondensator umfasst, wobei der Kondensator durch die freigewordene Energie bei einer Dilatation des elektroaktiven Polymers aufgeladen wird und bei einer Entladung des Kondensators die freigewordene Energie für eine Kontraktion des elektroaktiven Polymers verwendbar ist. Die Dilatation des elektroaktiven Polymers tritt ein, wenn das elektroaktive Polymer – seinerseits eine Art Kondensator – entladen wird. Die elektrische Energie aus dem elektroaktiven Polymer wird also ganz oder teilweise in den im Rückstellelement umfassten Kondensator verschoben. Dabei wird das elektroaktive Polymer, das man als Kondensator betrachten kann, entladen und der Kondensator des Rückstellelements wird geladen – oder umgekehrt.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine erfindungsgemäße Pumpe oder Ventil, wobei das Rückstellelement ein Kondensator ist, das Auslöseelement als elektroaktives Polymer in Form eines dielektrischen Elastomers ausgebildet ist, insbesondere eines Stapels elektroaktiver Polymere, und das Verdrängungselement zumindest eine Feder, zumindest ein Magnet, oder zumindest ein Kondensator ist, welche(r) mit einer bewegbaren Membran verbunden ist, vorzugsweise weiter aufweisend einen elektrischen Energiespeicher, welcher die Energie des Kondensators und/oder des dielektrischen Elastomers speichern kann. In einer Variante bilden eine oder mehrere Schichten des Stapels des elektroaktiven Polymers einen Teil eines Kondensators eines Rückstellelementes aus. Bevorzugt ist oder sind diese Schichten an dem Ende des Stapels angeordnet, welches sich am nächsten an der Decke des Pumpraums, bzw. Ventilraums befindet.

Für Varianten der Erfindung, bei denen das Rückstellelement mindestens einen Kondensator erfasst, ergeben sich die folgenden besonderen Vorteile: Im Vergleich zu

Rückstellelementen mit Magneten oder Federn kann besonders vorteilhaft die Rückstellkraft fein gesteuert und sogar abgestellt werden. Durch Steuerung der Spannung, die am Kondensator anliegt, lässt sich die Rückstellkraft steuern. Daraus ergibt sich besonders vorteilhaft, dass die Rückstellkraft nicht überwunden werden muss, beispielsweise wenn die Membran sich vom oberen Endanschlag entfernt. Dadurch ergeben sich weitere Vorteile wie geringere mechanische Anforderungen an den Pumpenaktor und die Pumpe insgesamt. Es wird Energie gespart, wenn nicht gegen das Rückstellelement Arbeit verrichtet werden muss. Es lässt sich eine erforderliche Rückstellung über die Messung der elektrischen Eigenschaften des Kondensators erfassen. Demnach ist diese Variante zu einem nochmals erweiterten Self Sensing befähigt, nämlich des Erreichens des oberen Endanschlags der Pumpe. Weiterhin ergibt sich der Vorteil, dass die Variante schneller pumpen kann, da der Widerstand eines Rückstellelements im Öffnungstakt nicht überwunden werden muss. Weiterhin kann besonders vorteilhaft die Ladung in einer Kondensatorhälfte durch ungleichnamige Ladung ausgetauscht werden, sodass die Kondensatorplatten einander abstoßen und das Rückstellelement in dieser Situation nicht rückt, sondern die Entfernung der Membran vom oberen Endanschlag unterstützt. So ist ein variables Rückstellelement geschaffen, das sowohl anziehend als auch abstoßend einen „Schließprozess“ oder einen „Öffnungsprozess“ elektromotorisch unterstützen kann. Durch die Spannungsabhängigkeit lässt sich diese elektromotorische Unterstützung besonders vorteilhaft genau steuern.

Ein anderer Aspekt der Erfindung betrifft eine Dosiereinheit, insbesondere einen Dosiereinheit für ein Blutbehandlungsgerät, mit einer erfindungsgemäßen Pumpe, oder Ventil.

Zudem betrifft die Erfindung ein Medizingerät, insbesondere eine Blutbehandlungsmaschine, mit einer Pumpe und / oder einer Dosiereinheit gemäß der vorliegenden Erfindung.

Weiterhin betrifft die Erfindung eine Verwendung einer erfindungsgemäßen Pumpe bei / in einem Medizingerät, insbesondere einer Blutbehandlungsvorrichtung, bevorzugt einer Dialysemaschine.

Auch hier kann die Pumpe als Ventil eingesetzt werden, beziehungsweise ausgebildet sein.

Ein wieder anderer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Pumpen von Fluid für ein Medizingerät, insbesondere eine Blutbehandlungsvorrichtung, insbesondere eine Dialysemaschine, mit einer erfindungsgemäßen Pumpe, wobei die Pumpe einen Pumpraum zum Fördern von Fluid aufweist, aufweisend die Schritte: Auslösen des Auslöseelements durch Verändern einer elektrischen Spannung, Bewegen des Verdrängungselementes von einer Ausgangsposition in eine Pumpposition, so dass Fluid aus einem Pumpraum verdrängt wird, Rückstellen des Verdrängungselementes von der Pumpposition in die Ausgangsposition oder Rückstellen des Verdrängungselementes nach Verlassen der Ausgangsposition in die Pumpposition.

Vorzugsweise weist das Rückstellelement hierbei einen Kondensator auf, das Auslösen des Auslöseelements erfolgt durch ein Entladen des Kondensators und ein Rückstellen des Verdrängungselementes erfolgt durch ein Aufladen des Kondensators und/oder zumindest ein Teil der elektrischen Ladung oder Energie des Kondensators fließt zwischen dem Rückstellelement und dem Verdrängungselement.

Eine erfindungsgemäße Pumpe weist einen mindestens ein elektroaktives Polymer aufweisenden Pumpen-Aktor sowie mindestens ein Rückstellelement auf, welches ein Verdrängungselement nach einem Pumpenhub in eine definierte Position zurückführt oder zurückzieht. Mit anderen Worten stellt das Rückstellelement das Erreichen einer definierten Position sicher. Diese definierte Position kann dabei der Ausgangsposition oder der Pumpposition entsprechen. An dem Verdrängungselement ist vorzugsweise eine Membran angebracht.

Die Membran kann dabei eine Trennschicht sein, welche dabei einen Pumpraum begrenzt. Die Membran kann somit auch durch die oberste Schicht des elektroaktiven Polymers zumindest teilweise ausgebildet sein. Ebenso kann die Membran eine Folie, insbesondere eine Silikonfolie sein, welche durch das elektroaktive Polymer bewegt wird.

Das Rückstellelement gleicht somit die Hysterese aus, indem es sicherstellt, dass das Verdrängungselement der Pumpe bei einem jeden Pumpenhub bis zu einem bestimmten erwünschten Anschlag bzw. bis zu einer erwünschten Position bewegt wird.

Das Rückstellelement verhindert somit, dass das geförderte Volumen aufgrund der Hysterese mit der Zeit kleiner wird und verhindert zudem eine Abnahme des Pumpendrucks gegen Ende eines jeden Pumpenhubs.

Vorzugsweise ist das Rückstellelement eine Feder, ein Magnet oder ein Kondensator oder auch eine Kombination dieser Komponenten.

Es hat sich in der Praxis als vorteilhaft erwiesen, wenn das elektroaktive Polymer als Stapel mehrerer Schichten elektroaktiver Polymere oder als Circular-out-of-Plane-Polymer ausgestaltet ist.

Es können auch mehrere Stapel mehrerer Schichten elektroaktiver Polymere vorgesehen sein, welche nebeneinander oder übereinander angeordnet sind bzw. in Serie oder parallel wirken.

Circular out of plane-elektroaktive Polymere (COP-EAPs, bzw. COP-DEAs) haben ein membranähnliches Erscheinungsbild, sind meist in einem starren Rahmen angeordnet und weisen in der Mitte einen starren Bereich auf.

Legt man eine Spannung an, so ändert sich die Steifigkeit des COP. Das COP ist dabei um ein erstes Element ausgebildet und innerhalb eines zweiten Elements angeordnet. Bei einer Änderung der Steifigkeit des COP können sich so das erste und zweite Element relativ zueinander verschieben. Diese Verschiebung wird erzielt, indem eine Vorspannung zwischen dem ersten und zweiten Element eingestellt ist. Hierzu kann als Rückstellelement eine Feder, Magnet oder ein Kondensator verwendet werden. Ebenso kann als Verdrängungselement bei der Ausführungsform mit COP eine Feder, ein Magnet oder ein Kondensator verwendet werden.

Fügt man dieser Anordnung beispielsweise eine Feder hinzu, so kann die Verformung in eine bestimmte Richtung kontrolliert werden und die COP-Polymer-Membran im Rahmen einer Pumpe zum Einsatz kommen. Dabei resultiert die Pumpkraft nicht aus dem EAP, sondern aus der Feder. Das elektroaktive Polymer dient bei dieser Ausführung hauptsächlich dem kontrollierten Auslösen und dem Spannen der Feder.

Weiterhin kann dieser Mechanismus mit einer bistabilen Feder, beispielsweise mit mit negativer Steigung, kombiniert werden, um einen größeren Hub zu erreichen. Diese bistabile Feder springt dann zwischen zwei stabilen Punkten um. Durch die Kombination der Kennlinien beider Federn (der bistabilen Feder sowie einer anderen, herkömmlichen Feder), ergibt sich so eine spezielle gewünschte Kennlinie. Bei der Ausführungsform mit einer COP kann das Rückstellelement, wie oben beschrieben, als Feder, Magnet oder Kondensator ausgebildet sein. Dabei wirkt das Rückstellelement hier in einer Richtung, welche dem Verdrängungselement entgegen wirkt. Mit anderen Worten bewirkt das Rückstellelement, dass das COP nach dem Auslösen, welches durch das Anlegen einer Spannung verursacht wird, und nach Wirken des Verdrängungselements, wieder in seine ursprüngliche Ausgangsposition (vor dem Auslösen) zurückgebracht wird. Mit anderen Worten wird durch das Rückstellelement sichergestellt, dass das COP dieselbe Position annimmt, welche vor dem Auslösen bestand.

Gemäße einer Ausführungsform der Erfindung, bei welcher die Verformung der EAP nach Anlegen einer Spannung genutzt wird, bildet das elektroaktive Polymer (EAP) das Verdrängungselement. In anderen Worten kann die Verformung (z.B. Kontraktion und Dilatation) z.B. eines Stapels elektroaktiver Polymere zum Bewegen eines zu fördernden Mediums verwendet werden.

Hierbei kann das Verdrängungselement ein elektroaktives Polymer aufweisen oder aus elektroaktivem Polymer bestehen.

Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung können mehrere Rückstellelemente, insbesondere mehrere Magneten oder eine Kombinationen aus mindestens einem Magneten und mindestens einer Feder, vorgesehen sein.

Die Verwendung von Magneten hat den Vorteil, dass die Kraft zwischen zwei Magneten am Größten ist, wenn diese nah beieinander sind. Platziert man beispielsweise einen Magneten direkt am Verdrängungselement bzw. an der mit dem Verdrängungselement verbundenen Membran (darunter) und einen in der Decke der Pumpkammer, so wirkt die maximale Kraft am oberen Totpunkt der Hubbewegung, wenn sich die Membran maximal der Decke der Pumpkammer angenähert hat. Somit wird sichergestellt, dass das Verdrängungselement, das EAP, mittels des Rückstellelements die zweite Position, das heißt die Pumpposition oder Verdrängungsposition erreicht.

Soll die Membran von der Decke der Pumpkammer weg wieder nach unten gezogen werden, so muss lediglich am Anfang der Bewegung die Kraft der Magnete zusätzlich überwunden werden. Im Folgenden wird die durch die Magnete ausgeübte Kraft aber immer geringer, im besten Fall so, dass die Kraft nur ganz am Anfang des Hubs zu berücksichtigen ist. Durch diese zusätzliche Kraft ist sichergestellt, dass die Membran immer die Decke der Pumpkammer berührt, und so ein definierter Anschlag besteht.

Die Anordnung der Magnete in einer erfindungsgemäßen Pumpe ist beliebig und kann an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden. Beispielsweise kann alternativ oder zusätzlich ein Magnet am Boden der Pumpkammer vorgesehen sein, so dass bei jedem Hub sichergestellt ist, dass die Membran eine obere und eine untere definierte Position bzw. einen Anschlag erreicht. Ebenso ist es denkbar, auf einer oder beiden Seiten der Wände der Pumpkammer Magneten anzuordnen.

Die verwendeten Magnete können unterschiedlichen Anforderungen genügen bzw. in unterschiedlichen Ausführungen vorliegen. Im einfachsten Fall werden Dauermagnete, wie z.B. Neodym-Magnete vorgesehen. Denkbar wären auch Elektromagnete.

Weiterhin hat es sich in der Praxis als vorteilhaft herausgestellt, wenn das Rückstelllement mindestens einen Polymagneten (auch als Multimagnete oder programmierbare Magneten bekannt) umfasst.

Polymagneten weisen verschiedenen Bereiche verschiedener magnetischer Materialien auf und können durch ihre Magnetmuster speziell für den jeweiligen Einsatzfall angepasste Eigenschaften, wie z.B. eine gewünschte Kraftkurve aufweisen. Diese könnte beispielsweise so gestaltet sein, dass die Kraft in direkter Nähe zweier Polymagneten zueinander (bspw. 0.3mm) sehr hoch ist, danach aber sehr steil abfällt.

Beispielsweise kann ein Polymagnet derart ausgebildet sein, dass die Feldliniendichte nach 20%, vorzugsweise nach 10%, des maximalen Hubs des Verdrängungselements um 50% verringert ist.

Ein Polymagnet im Sinne der Erfindung weist insbesondere Feldlinien auf, welche senkrecht zur Scheibenfläche ausgebildet ist. Insbesondere weist ein Polymagnet keine Feldlinien auf, welche sich radial nach außen der Magnetscheibe erstrecken. Der Polymagnet kann dabei als kreisförmige Magnetscheibe ausgebildet sein.

Polymagnete können dabei einzelne Magnete sein, welche in oder auf einem Substrat ausgebildet werden oder in das magnetisierbare Substrat gedruckt werden. Dabei

kann die Polarität sowie die Anordnung der Magnete derart gewählt werden, dass gewünschte Scher- und Momentcharakteristiken erzielt werden. Mit anderen Worten kann durch das Herstellungsverfahren ein gewünschtes Polaritätsmuster erzielt werden.

Beispielsweise wäre es denkbar, dass anstatt einer Feder Polymagnete eingesetzt werden, welche mit einem derartigen Magnetmuster versehen sind, dass sie sich in der Nähe abstoßen und in der Ferne anziehen. Mit dieser Kraft könnte eine erfindungsgemäße Pumpe derart konzipiert werden, dass sich die Magnete solange anziehen, bis sie in nächster Nähe sind, und sich dann wieder abstoßen, wodurch das Verdrängungselement sowohl durch jeweils einen kompletten Pumpenhub geführt wird und dann wieder in die entgegengesetzte Richtung bewegt wird. Ein solcher Mechanismus hat den Vorteil, dass er komplett ohne Reibung und Abnutzungerscheinungen funktioniert.

Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung weist das Rückstellelement mindestens einen Kondensator auf, wobei der Kondensator durch die freigewordenen Energie bei einer Dilatation des elektroaktiven Polymers aufgeladen wird und bei einer Entladung des Kondensators die freigewordene Energie für eine Kontraktion des elektroaktiven Polymers verwendet wird.

Dieser Vorgang wird auch als Energy-Harvesting bezeichnet und ermöglicht eine besonders hohe Energieeffizienz einer erfindungsgemäßen Pumpe.

Grundsätzlich können anstatt Magneten auch Kondensatoren als Rückstellelement bzw. zur Erzeugung der nötigen Anziehungskraft zur Bewegung des Verdrängungselements in einem vollständigen definierten Pumpenhub zum Einsatz kommen.

Die Kondensatoren bieten die Möglichkeit des Energy-Harvestings: Die Kontraktionsbewegungen von elektroaktiven Polymeren kommt dem Laden eines Kondensators gleich. Um die Rückstellung bzw. Dilatation des elektroaktiven Polymers zu er-

möglichen, wird die Ladung wieder aus dem elektroaktiven Polymer bzw. Kondensator geleitet. Diese Ladung kann man nutzen, um den als Rückstellelement bzw. für die Anziehung verwendeten Kondensator zu laden. Wenn dieser wiederum entladen wird, kann die Ladung wieder für eine gezielte Kontraktion des elektroaktiven Polymers benutzt werden.

Insbesondere im Rahmen einer extrakorporalen Blutbehandlung kann eine erfindungsgemäße Pumpe zum Einsatz kommen. Beispielsweise betrifft ein weiterer Aspekt der Erfindung eine Dosiereinheit, insbesondere eine Dosiereinheit für ein Blutbehandlungsgerät, mit einer erfindungsgemäßen Pumpe.

Ein anderer Aspekt der Erfindung betrifft ein Medizingerät, insbesondere eine Blutbehandlungsmaschine, besonders eine Dialysemaschine, mit einer erfindungsgemäßen Pumpe und / oder Dosiereinheit.

Die Erfindung umfasst ebenso die Verwendung einer erfindungsgemäßen Pumpe in einem Medizingerät, insbesondere einer Blutbehandlungsmaschine.

Eine erfindungsgemäße Pumpe ist vorzugsweise mit einem mindestens ein elektroaktives Polymer aufweisenden Pumpen-Aktor ausgestattet, wobei das mindestens eine elektroaktive Polymer vorzugsweise derart angeordnet ist, dass eine Verformung des mindestens einen elektroaktiven Polymers entlang der Richtung des Pumpenhubs der Pumpe erfolgt.

In anderen Worten erfolgt die Verformung / Längenausdehnung des elektroaktiven Polymers vorzugsweise entlang der Richtung der Pumpbewegung / des Pumpenhubs der Pumpe. Dies bietet den Vorteil, dass die Größe des Pumpenhubs direkt zu der Größe der Verformung / Längenausdehnung des elektroaktiven Polymers proportional ist bzw. mit dieser korreliert.

Durch die Anordnung des elektroaktiven Polymers lässt sich somit besonders eindeutig und direkt die Größe eines ausgeführten Pumpenhubs aus der entsprechenden Verformung des elektroaktiven Polymers herleiten.

Elektroaktive Polymere verformen sich in Erwidern auf ein Potential, welches an das elektroaktive Polymer angelegt wird und können durch diese Verformung beispielsweise als Pumpen-Aktor dienen, da durch die Verformung ein zu förderndes Medium aus der Pumpe gepresst wird.

Dabei ändert sich beispielsweise bei einer mechanischen Krafteinwirkung die Impedanz oder eine sonstige messbare Eigenschaft der elektroaktiven Polymere. Diese Eigenschaft elektroaktiver Polymere, dass sich die messbaren Eigenschaften in Abhängigkeit einer mechanischen Krafteinwirkung verändern, wird auch als „Self-sensing“ bezeichnet und ermöglicht es, elektroaktive Polymere als Sensoren einzusetzen, um die wirkenden Kräfte und somit beispielsweise die Höhe der Pumpenhübe anhand z.B. der gemessenen Impedanz oder einer sonstigen messbaren Eigenschaft zu ermitteln.

Vorzugsweise verfügt das mindestens eine elektroaktive Polymer einer erfindungsgemäßen Pumpe über Self-Sensing-Eigenschaften. Mittels der Self-Sensing-Eigenschaften kann bei einer erfindungsgemäßen Pumpe somit direkt ermittelt werden, wie groß ein jeder ausgeführte Pumpenhub war.

Insbesondere bei Dosierpumpen, welche im Rahmen einer Blutbehandlung zum Einsatz kommen, ist eine derartig genaue Überwachbarkeit der geförderten Volumina essentiell.

Es hat sich in der Praxis als vorteilhaft herausgestellt, wenn das mindestens eine elektroaktive Polymer einen Pumpenaktor der Pumpe bildet. Durch das Anlegen eines Potentials bzw. einer Spannung an das elektroaktive Polymer kann dieses verformt werden, wodurch zu förderndes Medium in die Pumpe bewegt wird, da die Verformung / Längenausdehnung des elektroaktiven Polymers entlang der Richtung der Pumpbewegung / des Pumpenhubs der Pumpe erfolgt. Aufgrund einer Relaxation

des elektroaktiven Polymers kann daraufhin zu förderndes Medium aus der Pumpe gedrückt werden.

Das elektroaktive Polymer kann vorzugsweise einen Kolben oder eine Pumpenmembran antreiben oder auch direkt in Kontakt mit dem zu fördernden Medium stehen.

Vorzugsweise sind bei einer erfindungsgemäßen Pumpe mehrere Schichten elektroaktiver Polymere vorgesehen, welche vorzugsweise als Stapel („stack“) angeordnet sind. Alternativ oder zusätzlich können auch mehrere derartige Stapel mehrerer Schichten elektroaktiver Polymere nebeneinander und / oder übereinander angeordnet sein.

Weiterhin umfasst eine erfindungsgemäße Pumpe vorzugsweise eine Steuereinheit, welche das mindestens eine elektroaktive Polymer zu einer definierten Verformung ansteuert, um so die Pumpe zu betätigen. Sind mehrere Stapel vorgesehen, so kann jeder Stapel mit einer eigenen Steuereinheit ausgestattet sein, es kann aber auch nur eine gemeinsame Steuereinheit vorgesehen sein.

Weiterhin umfasst eine erfindungsgemäße Pumpe vorzugsweise eine Messeinheit, welche die Verformung des mindestens einen elektroaktiven Polymers und / oder den Abstand mindestens zweier Schichten eines Stapels elektroaktiver Polymere misst, um so den Grad der Verformung bzw. die Amplitude eines Pumpenhubs der Pumpe zu bestimmen.

Die Messeinheit kann Teil der Steuerungseinheit sein und / oder mit dieser Daten austauschen. Alternativ oder zusätzlich kann die Messeinrichtung dazu ausgelegt sein, die Messdaten an einen externen Empfänger zu übertragen, sodass die Funktion der Pumpe von fern überwacht und / oder dokumentiert werden kann.

Zudem kann die Pumpe mit einer Kraftbündelungsstruktur ausgestattet sein, welche dazu ausgelegt ist, die durch die Verformung des mindestens einen elektroaktiven

Polymers entstehenden Kräfte zu bündeln und gezielt auf eine andere Struktur zu übertragen, wobei vorzugsweise die Fläche der Kraftbündelungsstruktur kleiner als die Fläche des mindestens einen elektroaktiven Polymers ist.

Durch die Verringerung der Fläche werden die Kräfte / der Druck des elektroaktiven Polymers bzw. der Stapel elektroaktiver Polymere fokussiert, sodass ein höherer Druck erreicht werden kann. Drückt die Kraftbündelungsstruktur beispielsweise auf einen Ventilsitz, so kann hierdurch beispielsweise ein besonders sicheres Schließen der Pumpe erreicht werden.

Beispielsweise können zwei nebeneinander oder übereinander angeordnete Stapel elektroaktiver Polymere auf eine gemeinsame Kraftbündelungsstruktur wirken.

Weiterhin kann bei einer erfindungsgemäßen Pumpe das mindestens eine elektroaktive Polymer mit einem Druckwandler verbunden sein. Der Druckwandler kann hierbei ebenfalls ein Stapel elektroaktiver Polymere sein, wodurch die Self-Sensing-Eigenschaften verstärkt werden und die Betätigung der Pumpe (Pumpenhub, Frequenz etc.) besonders präzise überwacht werden kann.

Das mindestens eine elektroaktive Polymer kann über den Druckwandler mit der Kraftbündelungsstruktur verbunden sein und / oder der Druckwandler kann als Kraftbündelungsstruktur wirken.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine Dosiereinheit, vorzugsweise eine Dosiereinheit einer Blutbehandlungsmaschine, mit mindestens einer erfindungsgemäßen Pumpe. Weiterhin weist die Dosiereinheit Ventile zum Steuern des Flusses von Fluiden wie z.B. von Konzentraten oder Dialysewasser, auf. Zudem umfasst die Dosiereinheit eine Steuerungseinheit, mittels welcher die Ventile ansteuerbar sind.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine Blutbehandlungsmaschine, insbesondere eine Dialysemaschine, mit mindestens einer erfindungsgemäßen Pumpe und / oder einer erfindungsgemäßen Dosiereinheit.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist eine Blutbehandlungsmaschine mindestens zwei erfindungsgemäße Pumpen auf, wobei eine erste Pumpe flussabwärts einer Bilanzvorrichtung Fluid, vorzugsweise Konzentrate, dosiert bzw. einspeist und eine zweite Pumpe flussaufwärts der Bilanzvorrichtung Fluid, vorzugsweise Flüssigkeit, entnimmt, sodass die in der Bilanzvorrichtung bestimmte Fluidbilanz unverändert bleibt.

Alternativ oder zusätzlich können die zwei erfindungsgemäßen Pumpen flussaufwärts und / oder flussabwärts eines Dialysators und / oder eines Dialysierflüssigkeitsfilters angeordnet sein.

Um fertigungsbedingte Unterschiede der verwendeten Pumpen auszugleichen, kann es vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass die erste und die zweite Pumpe Ihre Funktionen zu vorbestimmten Zeitpunkten / Intervallen tauschen. Die Pumpen und / oder Steuereinheit sind somit vorzugsweise dazu ausgelegt, die Funktion der Pumpen zu tauschen.

Weiterhin sind gemäß einer Ausführungsform der Erfindung die mindestens zwei Pumpen dazu ausgelegt, zusätzlich eine Ultrafiltration auszuführen. Bei dieser Ausführungsform müssen zusätzliche Ventile vorgesehen sein, die die Pumpen befähigen eine Ultrafiltration auszuführen. Allerdings kann bei dieser Ausführungsform eine Ultrafiltrationspumpe weggelassen werden.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine Verwendung, beispielsweise einen Verbau, einer erfindungsgemäßen Pumpe in einem Blutbehandlungsgerät, beispielsweise einer Dialysemaschine.

Beispielsweise kann vorzugsweise im Rahmen einer Dosierung von Konzentraten durch ein Blutbehandlungsgerät, eine (einzige) erfindungsgemäße Pumpe dazu verwendet werden, mehrere verschiedene Konzentrate bzw. Lösungen, wie z.B. Säurekonzentrat und Natriumbikarbonat, zu dosieren. Dies ist aufgrund der erreichbaren

hohen Pumpfrequenz einer erfindungsgemäßen Pumpe möglich. Somit könnte eine einzige erfindungsgemäße Pumpe zwei herkömmliche Membranpumpen ersetzen.

In diesem Anwendungsfall ist die erfindungsgemäße Pumpe vorzugsweise mit zwei Leitungen (erste Leitung, z.B. Säurekonzentrat, und zweite Leitung, Natriumbikarbonat) oder drei Leitungen (erste Leitung, z.B. Säurekonzentrat, zweite Leitung, Natriumbikarbonat, dritte Leitung, Spüllösung) ausgestattet. Vorzugsweise werden abwechselnd die erste Lösung und die zweite Lösung gepumpt, dazwischen kann gespült werden.

Der Betrieb einer erfindungsgemäßen Pumpe zum abwechselnden Fördern verschiedener Lösungen ist ein weiterer Aspekt der Erfindung. Ein derartiges Betriebsverfahren kann beispielsweise in einer entsprechenden Steuereinheit hinterlegt sein. Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform verfügt eine erfindungsgemäße Blutbehandlungsmaschine über eine erste erfindungsgemäße Pumpe, welche mindestens zwei verschiedenen Lösungen zudosiert und vorzugsweise flussabwärts einer Bilanzvorrichtung angeordnet ist, und über eine zweite erfindungsgemäße Pumpe, welche in gleichem Maße Flüssigkeit entnimmt und vorzugsweise flussaufwärts der Bilanzvorrichtung angeordnet ist.

Ein anderer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen einer Druckerhaltung in einem Filter, insbesondere in einem Filter zum Filtern von Dialysierflüssigkeit oder in einem Dialysator, wobei eine erfindungsgemäße Pumpe im Rahmen des Verfahrens zum Einsatz kommt.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Messen einer Druckerhaltung in einem Filter wird die Self-Sensing-Eigenschaft des elektroaktiven Polymers ausgenutzt.

Beispielsweise wird ein definiertes Fluidvolumen in den zu testenden Filter eingeführt. Das definierte Fluidvolumen in dem Filter erzeugt einen bestimmten Innendruck in dem Filter, welcher auf das elektroaktive Polymer in der Pumpe wirkt.

In Erwiderung auf den Druck erzeugt das elektroaktive Polymer ein entsprechendes elektrisches Potential, welches mittels einer Messeinheit erfasst werden kann. Ein etwaiger Druckverlust im Filter, beispielsweise aufgrund einer Leckage, spiegelt sich somit in dem gemessenen Potential–Profil des elektroaktiven Polymers wider und kann somit erfasst werden. Bleibt das Potential und somit der Druck in dem Filter konstant, so kann auf die Unversehrtheit des Filters geschlossen werden.

Wie zuvor beschrieben, kann in den zuvor beschriebenen Aspekten die Pumpe als ein Ventil ausgebildet sein.

Weitere Vorteile, Merkmale und Effekte der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachstehenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahmen auf die zugehörigen Figuren, in welchen ähnliche oder gleiche Bauteile durch dieselben Bezugszeichen bezeichnet sind.

Hierbei zeigt:

Fig. 1 eine schematische Zeichnung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Pumpe.

Fig. 1a eine schematische Zeichnung einer anderen Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Pumpe.

Fig. 1b eine schematische Zeichnung einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Pumpe.

Fig. 2 einen Flussplan, welcher den Einsatz erfindungsgemäßer Pumpen im Rahmen einer Ausführungsform einer Blutbehandlungsmaschine verdeutlicht.

Fig. 3 die Ausführungsform aus Fig. 2 mit Mehrwegeventilen anstatt Standardventilen.

Fig. 3a eine Ausführungsform mit einer zusätzlichen Bilanzkammer.

Fig. 4 einen Flussplan, welcher den Einsatz erfindungsgemäßer Pumpen im Rahmen einer anderen Ausführungsform einer Blutbehandlungsmaschine verdeutlicht.

Fig. 5 zeigt die Ausführungsform aus Fig. 4 mit Mehrwegeventilen anstatt Standardventilen.

Fig. 6 einen Flussplan, welcher den Einsatz erfindungsgemäßer Pumpen im Rahmen einer wieder anderen Ausführungsform einer Blutbehandlungsmaschine verdeutlicht.

Fig. 7 zeigt die Ausführungsform aus Fig. 6 mit Mehrwegeventilen anstatt Standardventilen.

Fig. 8 zeigt eine Ausführungsform einer weiteren erfindungsgemäßen Pumpe. Fig. 9 zeigt eine Ausführungsform einer anderen erfindungsgemäßen Pumpe.

Die in Fig. 1 gezeigte Pumpe 1 weist drei nebeneinander angeordnete Stapel 2 elektroaktiver Polymere auf. Der von den Stapeln 2 elektroaktiver Polymere erzeugte Druck wird über eine gemeinsame Verbindungsplatte 3 auf eine Kraftbündelungsstruktur 4 übertragen, deren Fläche kleiner als die Fläche der Verbindungsplatte 3 ist. Die in Fig. 1 gezeigte Pumpe kann als ein Ventil 1 eingesetzt werden.

Die Kraftbündelungsstruktur 4 ist mit einer Pumpenmembran 5 verbunden, welche entsprechend der Verformung der Stapel 2 elektroaktiver Polymere auf- und abwärts bewegt wird. Die Längsrichtung der Stapel 2 elektroaktiver Polymere und die Richtung der Verformung der Stapel 2 sind somit parallel zur Richtung der Pumpenhübe der Pumpe 1 ausgerichtet. In einer optionalen Variante ist die Kraftbündelungsstruktur 4 auch als Stapel von elektroaktiven Polymeren ausgeführt. Dieses dient in dieser Variante allerdings nicht als Aktor, der die Hubbewegung der Pumpe erzeugt. Vielmehr dient dieser separate Stapel von elektroaktiven Polymeren dem genaueren Self-Sensing der Hubbewegung. Besonders vorteilhaft weist dabei das elektroaktive Polymer zur Kraftbündelung eine größere Härte bzw. geringere Elastizität als die für die Hubbewegung eingesetzten elektroaktiven Polymere auf. Eine optionale Recheneinheit kann anhand der elektrischen Messungen der Kapazitäten bzw. Potentiale aller elektroaktiven Polymere der Vorrichtung akkurater den tatsächlich eingetretenen Hub und die Kraft, die auf die Membran in Hubrichtung einwirkt, ermitteln.

Die in Fig. 1a gezeigte Pumpe weist zusätzlich ein Rückstellelement mit zwei Magneten 8, 9 auf. Der Magnet 8 ist an einem oberen Element des Pumpengehäuses 10

bzw. der Decke der Pumpenkammer verbaut und der Magnet 9 ist mit der Pumpenmembran 5 verbunden. Durch die Anziehungskraft der Magneten 8, 9 wird sichergestellt, dass die Membran 5 bei jedem Pumpenhub vollständig bis zum oberen Anschlag (Decke der Pumpenkammer) bewegt wird. Das Fördermedium der Pumpe 1 fließt in die Pumpenkammer über einen Einlass 11 und verlässt die Pumpenkammer über einen Auslass 12. In einer alternativen Variante ist das Rückstellelement alternativ oder zusätzlich als elektrischer Kondensator mit zwei Kondensatorplatten 8, 9 ausgeführt. Durch die elektrostatische Anziehung der Platten zueinander, wenn der Kondensator Ladung trägt, wird erreicht oder erleichtert, dass die Membran 5 den oberen Anschlag der Pumpe erreicht. Besonders vorteilhaft lässt sich in dieser Variante durch eine Überwachung der elektrischen Eigenschaften des als Kondensator gestalteten Rückstellelements überwachen: Befindet sich Membran 5 am oberen Endanschlag der Pumpe, stellt sich eine bestimmte, bekannte Kapazität des als Kondensator ausgeführten Rückstellelements ein. Durch die Messung der Kapazität oder anderer elektrischer Eigenschaften (Sättigungsstrom, Impedanz, Sättigungspotential) kann also das Erreichen des Endanschlags ermittelt werden. Dadurch lässt sich eine besonders präzise Pumpe bereitstellen, welche die hohe Präzision und Messung der Pumphübe mittels self sensing noch weiter verbessert.

Wie in Fig. 1b gezeigt, können die mit der Pumpenmembran 5 interagierenden Magnete 8 und 13 auch an anderen Stellen des Pumpengehäuses 10 verbaut sein. Bei der in Fig. 1b gezeigten Ausführungsform sind die Magnete 8 und 13 beidseitig in den Seitenwänden des Pumpengehäuses 10 nahe an einem Boden der Pumpenkammer verbaut. In einer alternativen Variante analog zu der in Zusammenhang mit Figur 1a beschriebenen Alternative sind anstelle von Magneten oder zusätzlich zu Magneten Kondensatorplatten vorgesehen, sodass ein Rückstellelement alternativ oder zusätzlich einen oder mehrere elektrische Kondensatoren umfasst.

In Fig. 2 ist ein Flussplan wiedergegeben, welcher den Einsatz erfindungsgemäßer Pumpen im Rahmen einer Blutbehandlungsmaschine verdeutlicht.

Dialyse ist ein Verfahren zur Blutreinigung, welches bei Patienten eingesetzt wird, welche von Nierenversagen betroffen sind. Deren Nieren sind nicht mehr in der Lage, die vom Körper produzierten Giftstoffe aus dem Blut zu filtern. Des Weiteren sind weitere wichtige Verfahren in der Regelung von Wasser- und Elektrolythaushalt der Patienten beeinträchtigt.

Zur Entfernung der Giftstoffe wird das Patientenblut in einem Dialysator über semi-permeable Hohlfasermembranen mit Dialyseflüssigkeit in Kontakt gebracht. Durch diese Membran können Stoffe, speziell Giftstoffe, Elektrolyte und Proteine, zwischen den Flüssigkeiten hin und her diffundieren. Da Diffusion ein konzentrationsgetriebener Prozess ist, und verhindert werden soll, dass Fremdstoffe in das Patientenblut diffundieren, besteht die Dialyseflüssigkeit, das sog. Dialysat, aus hochreinem Wasser.

Um den Elektrolythaushalt der Patienten ins Gleichgewicht zu bringen, werden dem Dialysat zusätzlich Konzentrate, z.B. Elektrolytkonzentrate und Bikarbonat zu dosiert. Dies geschieht herkömmlicherweise über die Pumpen P05, bzw. P06, welche durch die vorliegende Erfindung ersetzt werden, weswegen die Pumpen P05 und P06 in den Figuren durchgestrichen dargestellt sind.

In einer herkömmlichen Blutbehandlungsmaschine wird das Dialysewasser von einer Pumpe über eine Heizkammer und einen Luftabscheider in Richtung der Bilanzkammer H14 gefördert. Zusätzlich zum Dialysewasser werden über die Pumpen P05 (Konzentratpumpe) und P06 (Bikarbonatpumpe) Säuren und Basen zum Wasser gegeben, die zusammen eine physiologische Lösung ergeben.

In der Bilanzkammer wird technisch sichergestellt, dass die gleiche Menge an physiologischer Lösung zum Patienten befördert wird wie Flüssigkeit vom Patienten kommt. Zwischen der Bilanzkammer und dem Dialysator ist ein zusätzlicher Dialysierflüssigkeitsfilter F04 mit einem Totvolumen von Z.B. ca. 300 ml angeordnet. Dieses Totvolumen wird für die Betrachtung von Flussspitzen und deren Glättung relevant, des Weiteren funktioniert dieses Totvolumen wie eine Art Fluidspeicher.

Vom Dialysierflüssigkeitsfilter F04 gelangt die physiologische Lösung zum Dialysator, wo sie zur Reinigung des Blutes genutzt wird. Nach der Reinigung des Blutes wird die Dialysierflüssigkeit über eine Pumpe wieder in die Bilanzkammer H14 eingeleitet und gelangt schlussendlich in den Abfluss.

Zusätzlich ist in den meisten Blutbehandlungsmaschinen eine Ultrafiltrationspumpe P04 (UF Pumpe) verbaut. Diese soll dem Patienten zusätzliches Wasser entziehen. Die Ultrafiltrationspumpe ist von der Bilanzierung mittels der Bilanzkammer H14 entkoppelt, da sie gezielt einen Wasserentzug vornimmt, der nicht korrigiert werden soll.

Herkömmlicherweise wird das Konzentrat bzw. das Bikarbonat direkt vor der Bilanzkammer in die Leitung eingespritzt bzw. zudosiert. An dieser Stelle herrscht aufgrund von technischen Gegebenheiten ein recht hoher Wasserdruck von ca. 1,8 bar. Das heißt, dass die Pumpen gegen diesen Druck fördern müssen, was eine technische Herausforderung darstellt.

Ein Ansatzpunkt einer technischen Lösung kann somit darin bestehen, flussabwärts der Bilanzkammer zuzudosieren. Hinter der Bilanzkammer herrscht ein deutlich geringerer Druck.

In den Figuren 2 und 3 ist ein Flussplan einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt, bei welcher sowohl Konzentrat als auch Bikarbonat mittels erfindungsgemäßer Pumpen (Pumpen mit elektroaktiven Polymeren, EAP-Pumpen) hinter der Bilanzkammer H14 und direkt vor dem Dialysierflüssigkeitsfilter F04, welcher als Reservoir / Mischkammer dient, eingespeist werden.

In diesen Bereich herrscht ein deutlich niedriger Wasserdruck als unmittelbar flussaufwärts der Bilanzkammer H14. Das Volumen wird hinter bzw. flussabwärts der Bilanzkammer eingespritzt (EAP Pumpe 6 im hinterlegten Verlauf vor / flussaufwärts dem / des Patienten „Vor Pat“) und wird somit nicht in der Bilanzierung berücksichtigt.

Der Patient würde somit ohne weitere Maßnahmen kontinuierlich mit dem eingespritzten Volumen überwässert werden. Entsprechend besteht die Notwendigkeit, dieses Volumen wieder zu entfernen.

Dies kann entweder über die bestehende UF Pumpe (P04) oder eine weitere EAP Pumpe (EAP Pumpe 7 im hinterlegten Verlauf nach / flussabwärts dem / des Patienten „Nach Pat“) erfolgen. Da das mittels der EAP Pumpe 6 zudosierte Volumen bekannt ist, kann auf einfache Weise das gleiche Volumen wieder entfernt werden.

Die hier genannten EAP Pumpen können als volumetrische Dosiersysteme angesehen werden. Das bedeutet, dass eine Dosierung erfolgt, indem ein bekannter Pumpraum, also ein Volumen, entleert wird. Da die dosierten Medien vorzugsweise Flüssigkeiten sind, also praktisch inkompressibel sind, ist die geförderte Menge – die Dosis – eindeutig mit dem Volumen festgelegt bzw. entspricht dem durch einen Pumpenhub oder eine bestimmte Anzahl an Pumpenhüben geförderten Volumen. Im Vergleich mit anderen Methoden der Dosierung bringen die EAP Pumpen daher als intrinsische Eigenschaft eine höhere Wiederholgenauigkeit mit, also eine höhere Genauigkeit bei wiederholten Vorgängen. Um dies für die hier genannte Anwendung von EAP Pumpen als Dosier- und UF Pumpen weiter zu verbessern, kann zwischen die beiden Pumpen 5 und 6 und die Leitung 8, in die dosiert wird, eine weitere Bilanzierungsvorrichtung 9 mit einer ggf. kleineren -Bilanzierungskammer 9a geschaltet werden, wie dies in Fig. 3a schematisch gezeigt ist. In dieser Ausführungsform ist der Dialysator mit D gekennzeichnet, der Patient mit P und die Bilanzierungsvorrichtung H14 umfasst zwei Bilanzkammern 14 a und 14 b. In dieser Weiterbildung kann mittels der Bilanzierungsvorrichtung 9 bzw. der Bilanzierungskammer 9a redundant überprüft werden, dass die Dosierung durch die EAP Pumpen exakt war und dadurch eine erhöhte Sicherheit erreicht werden: Es wird auch damit sichergestellt, dass exakt das Dosier-Volumen wieder entzogen wird, welches vorher bei der Dosierung in den Dialysatkreislauf hinzugeführt wurde.

In Ausführungsformen, in denen zusätzlich eine volumetrische Bilanzkammer zur Bilanzierung der Dosierung zwischen Dosierpumpen und der Leitung, in die die Do-

sierung erfolgt, angeordnet ist, können anstelle von EAP-Pumpen auch beliebige andere Pumpen zur Dosierung eingesetzt werden wie beispielsweise peristaltische Pumpen, Membranpumpen, Zahnradpumpen, Zentrifugalpumpen – beispielsweise Impellerpumpen.

Weiterhin ermöglichen es die Eigenschaften (kleine Hübe, hohe Frequenzen) der erfindungsgemäßen Pumpen verschiedene Pumpenfunktionen (z.B. das Pumpen verschiedener Lösungen) zu kombinieren.

Grundsätzlich ist somit eine Blutbehandlungsmaschine denkbar, bei welcher eine Bikarbonat-, eine Konzentrat- und eine Ultrafiltrationspumpe (UF Pumpe) als erfindungsgemäße Pumpen ausgestaltet sind. Hierbei muss die UF Pumpe in der Lage sein, sowohl das pro Behandlung übliche zu entziehende Volumen als auch das zudosierte Elektrolyt- und Bikarbonatvolumen entziehen zu können.

Alternativ kann auch eine einzige erfindungsgemäße Pumpe Bikarbonat und Konzentrat pumpen und zudem kann eine UF Pumpe vorgesehen sein, welche entweder eine erfindungsgemäße Pumpe mit elektroaktiven Polymeren oder eine herkömmliche Serienpumpe ist.

Es können auch die Funktionen des Pumpens von Bikarbonat und Konzentrat in einer erfindungsgemäßen Pumpe kombiniert werden, zusätzlich können eine UF Pumpe und eine Bilanzpumpe vorgesehen sein, welche jeweils entweder eine erfindungsgemäße Pumpe mit elektroaktiven Polymeren oder eine herkömmliche Serienpumpe sind. Die Aufgabe der Bilanzpumpe besteht hierbei im Entfernen des über die Bikarbonat/Konzentrat Pumpe zugeführten Volumens. Die UF Pumpe muss daher nur das übliche UF-Volumen fördern.

Alternativ könnten auch die Funktionen der Bikarbonat-, Konzentrat- und UF-Pumpen in einer einzigen erfindungsgemäßen Pumpe vereint werden, welche vorzugsweise mindestens zweifach in dem Blutbehandlungsgerät vorhanden ist.

Im Folgenden wird beispielhaft eine Ausführungsform mit Bezug auf die Figuren 4 und 5 genauer erläutert.

Die EAP Pumpen 6 und 7 dosieren flussabwärts / nach der Bilanzkammer H14 Konzentrat und Bikarbonat zu, was ein Einspritzen gegen einen niedrigeren Druck ermöglicht und entziehen Flüssigkeit zur Bilanzierung.

Die erste EAP Pumpe 6 übernimmt dabei die Dosierung / Einspeisung von Bikarbonat und Konzentrat; wobei, wie in Fig. 5 gezeigt, durch ein Mehrwegeventil zwischen den beiden Fluiden gewechselt werden kann. Das Umschalten der Fluide kann auch durch reguläre Ventile erfolgen (siehe Fig. 4).

Da die Dosierung / Einspeisung flussabwärts der Bilanzkammer aber flussaufwärts des Patienten (siehe Flusspfad „Vor Pat“) stattfindet, muss die eingespeiste Fluidmenge wieder entfernt werden, um eine Überwässerung der Patienten zu verhindern. Deshalb wird nach dem Patienten (siehe Flusspfad „Nach Pat“) Flüssigkeit aus dem System entzogen, was von der zweiten EAP Pumpe 7 übernommen wird. Die ursprüngliche UF Pumpe P04 verbleibt dabei im System.

Grundsätzlich können auch beide Pumpen 6 und 7 sowohl die Einspeisung als auch die Entnahme von Flüssigkeit übernehmen.

Eine Pumpe weist aus fertigungstechnischen Gründen immer gewisse Toleranzen und damit gewisse Ungenauigkeit beim Pumpen eines definierten Volumens auf. Dies führt dazu, dass zum einen beim Zudosieren (Dosierfehler) als auch beim Entziehen von Flüssigkeit Fehler entstehen. Im Gesamten betrachtet, kommt es dadurch zu Bilanzfehlern.

Um diese Volumenfehler (Dosier- und Bilanzfehler) der einzelnen Pumpen auszugleichen, ist es weiterhin möglich, die Pumpen über eine Ventilschaltung so zu verschalten, dass durch Umschalten die Funktionen der Pumpen getauscht werden. Dies ermöglicht einen Ausgleich des Fehlers. Hierzu muss eine Steuereinheit vorgesehen sein, welche dazu ausgelegt ist, die Pumpen entsprechend anzusteuern.

Grundsätzlich können die verwendete EAP Pumpe bzw. mehrere verwendete EAP Pumpen mit den zugehörigen Ventilen in einer Pumpeneinheit verbaut werden. Dabei sind vorzugsweise die Dosierpumpe(n) und die Ventile auf einer Einheit verbaut und können durch eine zentrale Ansteuerung betrieben werden. Dies kann auch Ventile umfassen, welche zur Einspeisung von Fluiden flussabwärts der Bilanzkammer erforderlich sind.

Durch die Verwendung einer eigenen zentralen Steuereinheit für die Ventile und die Pumpe ist es möglich, die Schaltung der Pumpeneinheit komplett losgelöst von der Steuerung einer Blutbehandlungsmaschine zu betreiben.

Diese eigene Steuereinheit verfügt beispielsweise über eine eigene CPU, was deutlich geringere Verarbeitungszeiten im Vergleich zur Verwendung der Maschinensoftware ermöglicht. Durch diese verringerte Verarbeitungszeit ist es möglich, höhere Pumpfrequenzen zu erreichen.

Dadurch ist es möglich, die spezielle Charakteristik der EAPs (vergleichsweise kleiner Hub, aber hohe Frequenz) auszunutzen. Maschinensoftwareseitig ist dabei als einziger Inputparameter die gewünschte Förderrate nötig, die nötige Frequenz und das nötige Pumpvolumen wird dann vorzugsweise von der separaten Steuereinheit berechnet.

In Fig. 6 ist eine weitere Ausführungsform einer Blutbehandlungsmaschine gezeigt, welche eine erfindungsgemäße Pumpe 6 und eine Ultrafiltrationspumpe P04 aufweist. Die erfindungsgemäße Pumpe 6 pumpt sowohl Konzentrat als auch Bikarbonat und die Ultrafiltrationspumpe P04 ist vorzugsweise ebenfalls als erfindungsgemäße EAP Pumpe ausgestaltet, kann aber auch eine andere Art Pumpe sein.

Fig. 8 zeigt eine weitere erfindungsgemäße Pumpe. Die Pumpe weist ein Gehäuse 10 auf, in dessen oberem Anschlag ein Polymagnet bzw. programmierter Magnet 8 eingelassen ist. Über die Pumpenmembran 5 beabstandet von dem Polymagneten bzw. programmierten Magneten 8 ist ein weiterer Polymagnet bzw. programmierter

Magnet 9 vorgesehen, welcher über ein COP-elektroaktives Polymer 15 mit dem Gehäuse der Pumpe verbunden ist.

Verformt sich das COP 15, so wird der Polymagnet 9 hin zu dem Polymagneten 8 bewegt. Ist ein bestimmter Abstand zwischen den Polymagneten 8 und 9 erreicht, so stoßen diese sich ab und die Polymagneten 8 und 9 bewegen sich voneinander weg. Die Pumpenmembran 5 vollzieht diese Bewegung nach, sodass durch die Verformung des COP 15 und die Bewegung der Polymagneten 8 und 9 hin zueinander und weg voneinander die Pumpenmembran 5 zum Fördern von Medium bewegt wird.

Wie in Fig. 9 gezeigt, kann zusätzlich ein weiterer Polymagnet 14 verbaut sein. Der zwischen den Polymagneten 8 und 14 angeordnete Polymagnet 9 wird somit zwischen den Polymagneten 8 und 14 hin- und-her-bewegt, wobei die Anziehung bzw. Abstoßung der Polymagneten bewirkt, dass der Polymagnet 9 die Pumpenmembran 5 zuverlässig zwischen einem oberen Anschlag und einem unteren Anschlag hin-und-her bewegt.

30.06.2021

01619-21 He /CJC

Fresenius Medical Care Deutschland GmbH
61352 Bad Homburg

Pumpe mit elektroaktiven Polymeren und Rückstellelement

Patentansprüche

1. Pumpe (1) für ein Medizingerät, insbesondere eine Blutbehandlungsvorrichtung, bevorzugt eine Dialysemaschine, aufweisend einen mindestens ein elektroaktives Polymer aufweisenden Pumpen-Aktor, wobei der Pumpen-Aktor ein Auslöseelement, ein Verdrängungselement und ein Rückstellelement aufweist, wobei das Rückstellelement derart ausgebildet ist, dass das Verdrängungselement nach einer Betätigung des Auslöseelements in eine definierte Position bringbar ist.
2. Pumpe (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Rückstellelement zumindest eine Feder, einen Magnet (8,9,13,14) oder einen Kondensator aufweist und das Rückstellelement das Auslöseelement in eine definierte Position, welche eine Pumpposition ist bringen, oder das Rückstellelement das Auslöseelement in eine definierte Position, welche der Pumpposition entgegengesetzt ist, bringen.
3. Pumpe (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Pumpen-Aktor, vorzugsweise das Verdrängungselement und/oder das Auslöseelement, mehrerer Schichten, vorzugsweise einen Stapel (2),

elektroaktiver Polymere, insbesondere dielektrische elektroaktive Polymere aufweist.

4. Pumpe (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Pumpen-Aktor ringförmig angeordnete Elektroden mit jeweils einer zwischen den Elektroden liegenden Silikonschicht, welche vorzugsweise als Auslöseelement ausgebildet sind, aufweist.
5. Pumpe (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Pumpen-Aktor eine Membran (5) und das Verdrängungselement mehrere Schichten, vorzugsweise einen Stapel (2), elektroaktiver Polymere aufweist, und die Membran (5) mittels der elektroaktiven Polymere von einer Ausgangsposition in eine Pumpposition bewegbar ist.
6. Pumpe (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Auslöseelement mehrere Schichten, vorzugsweise einen Stapel (2), elektroaktiver Polymere oder ringförmig angeordnete Elektroden mit jeweils einer zwischen den Elektroden liegenden Silikonschicht aufweist.
7. Pumpe (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verdrängungselement und/oder das Rückstellelement und/oder das Auslöseelement teilweise als ein Element ausgebildet sind.
8. Pumpe (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Rückstellelement ein oder mehrere Magnete aufweist, und der zumindest eine Magnet (8,9,13,14) mindestens 8 Einzelpole, vorzugsweise mehr als 10 Einzelpole, noch bevorzugter mehr als 14 Einzelpole aufweist.
9. Pumpe (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Rückstellelement mindestens einen Kondensator aufweist, wobei der Kondensator durch die freigewordene Energie bei einer Dilatation des elektroaktiven Polymers aufgeladen wird und bei einer Entladung des Kondensators

- 3 -

die freigewordene Energie für eine Kontraktion des elektroaktiven Polymers verwendbar ist.

10. Pumpe (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Rückstelllement zumindest ein Kondensator ist, das Auslöseelement ein dielektrisches Elastomer ist, und das Verdrängungselement zumindest eine Feder, zumindest ein Magnet oder zumindest ein Kondensator ist, welche(r) mit einer bewegbaren Membran (5) verbunden ist, vorzugsweise weiter aufweisend einen elektrischen Energiespeicher, welcher die Energie des Kondensators und/oder des dielektrischen Elastomers speichern kann.
11. Dosiereinheit, insbesondere Dosiereinheit für ein Blutbehandlungsgerät, mit einer Pumpe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10.
12. Medizingerät, insbesondere Blutbehandlungsmaschine, mit einer Pumpe (1) und / oder einer Dosiereinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
13. Verwendung einer Pumpe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 bei einem Medizingerät, insbesondere einer Blutbehandlungsvorrichtung, bevorzugt einer Dialysemaschine.
14. Verfahren zum Pumpen von Fluid für ein Medizingerät, insbesondere eine Blutbehandlungsvorrichtung, insbesondere eine Dialysemaschine, mit einer Pumpe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Pumpe (1) einen Pumpraum zum Fördern von Fluid aufweist, aufweisend

Auslösen des Auslöseelements durch Verändern einer elektrischen Spannung,

Bewegen des Verdrängungselementes von einer Ausgangsposition in eine Pumpposition, so dass Fluid aus einem Pumpraum verdrängt wird,

Rückstellen des Verdrängungselements von der Pumpposition in die Ausgangsposition oder Rückstellen des Verdrängungselements nach Verlassen der Ausgangsposition in die Pumpposition.

15. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Rückstellelement einen Kondensator aufweist, und wobei das Auslösen des Auslöseelements durch ein Entladen des Kondensators erfolgt und ein Rückstellen des Verdrängungselements durch ein Aufladen des Kondensators erfolgt, und/oder wobei zumindest ein Teil der elektrischen Ladung oder Energie des Kondensators zwischen dem Rückstellelement und dem Verdrängungselement fließt.

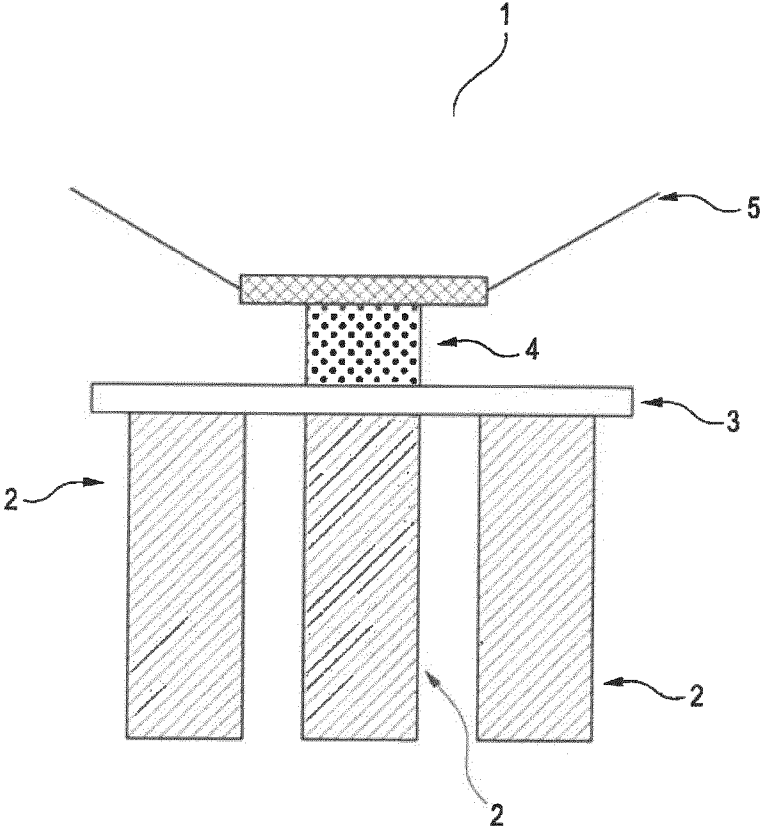


Fig. 1

Fig 1a

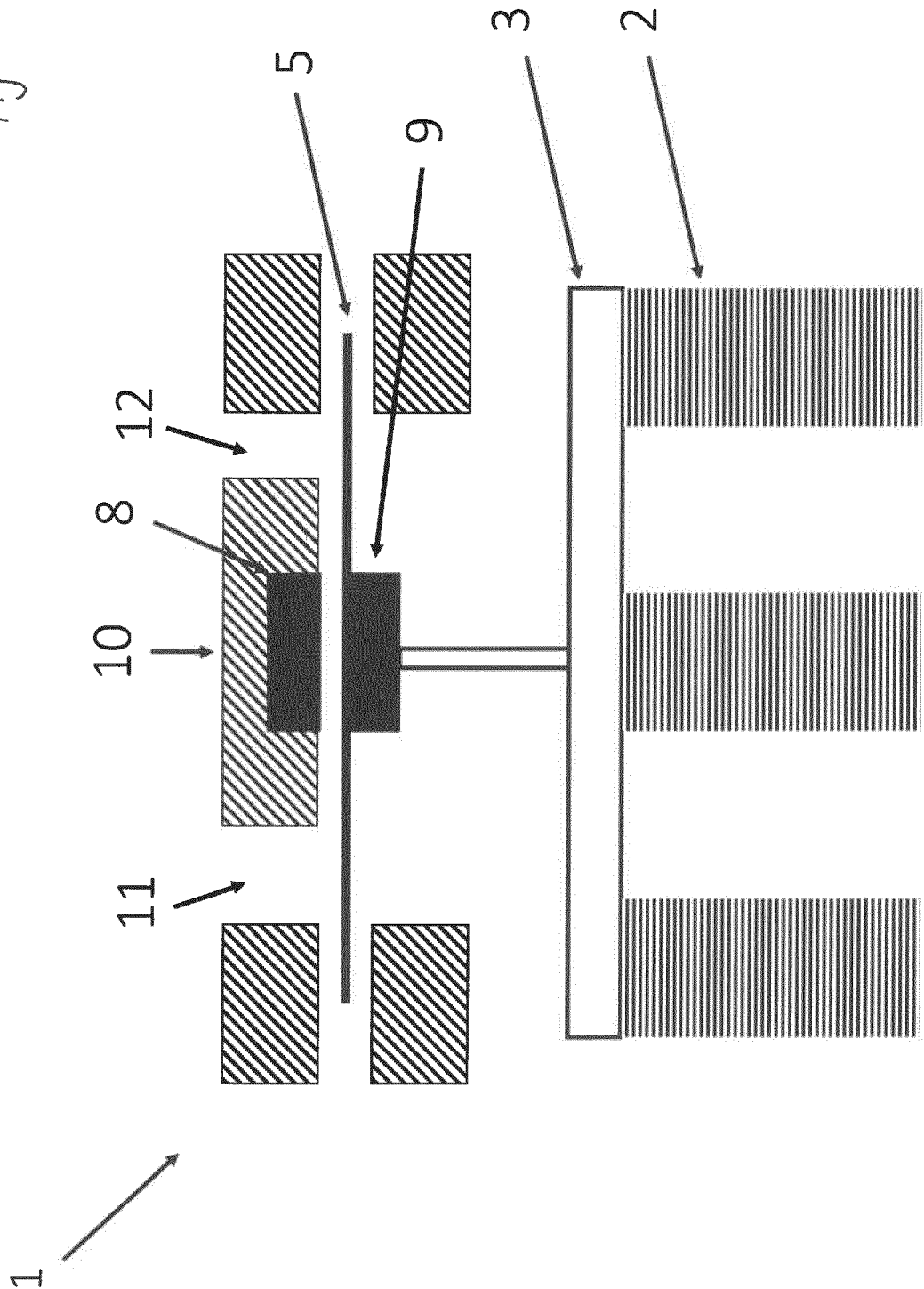
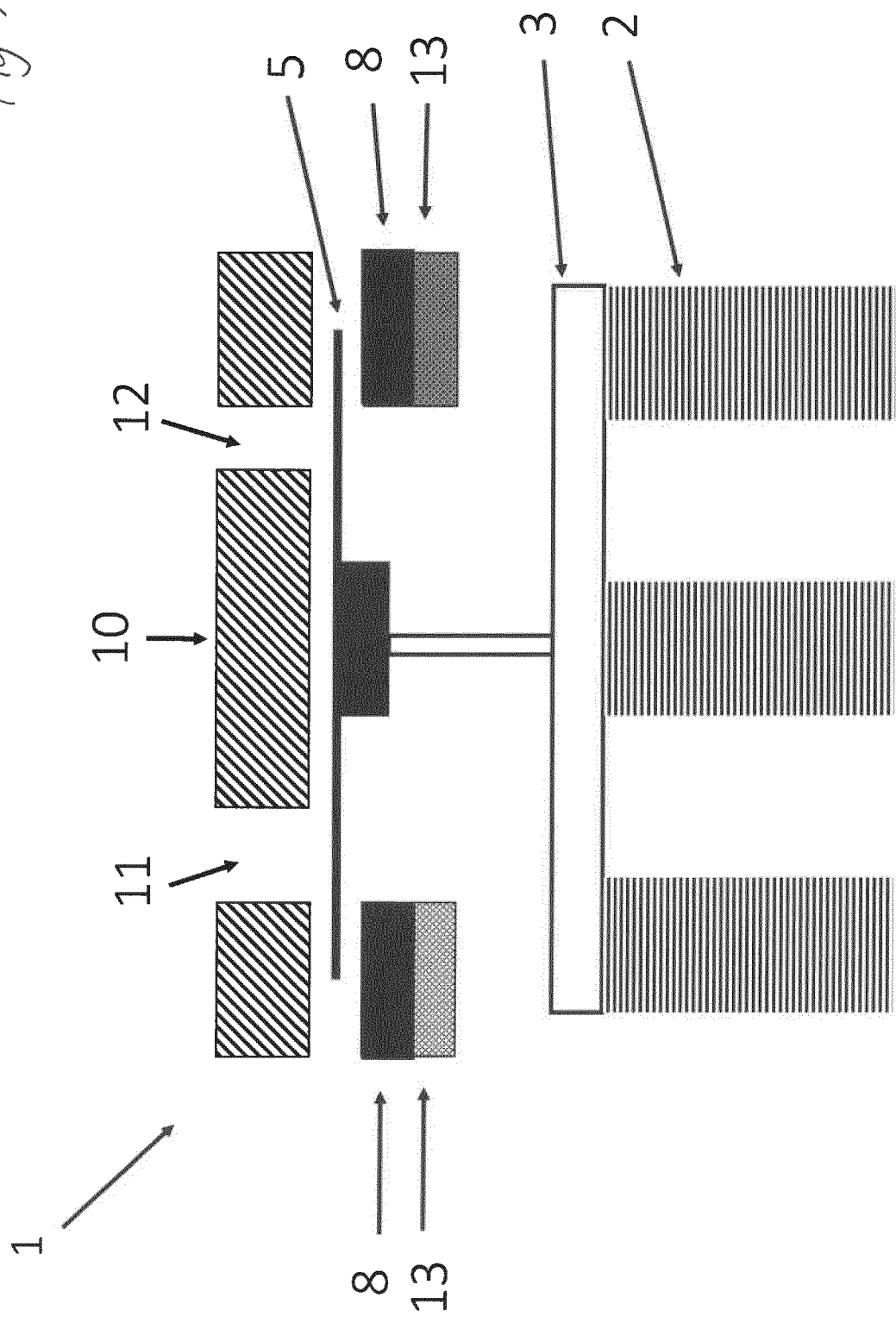
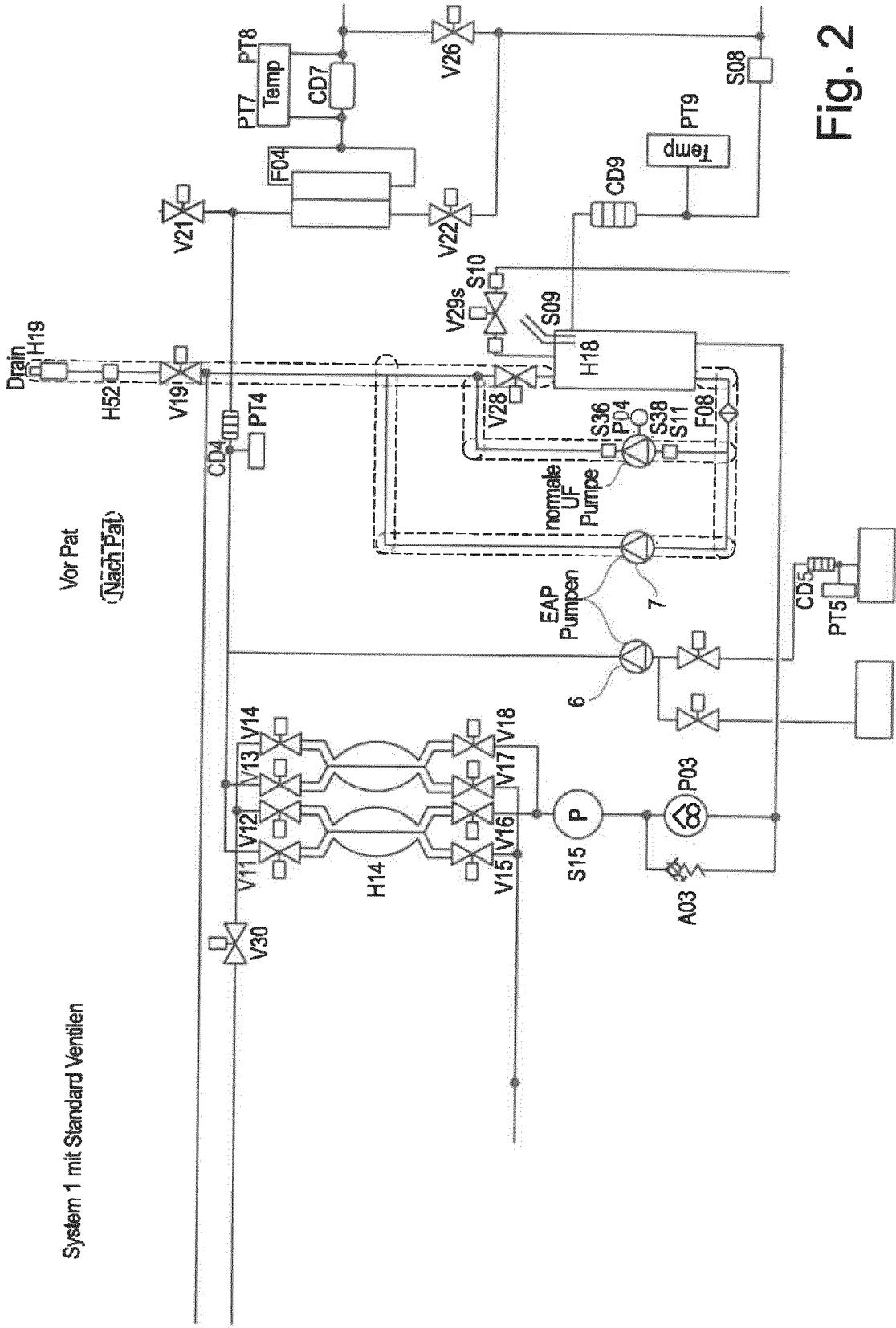


Fig 1b





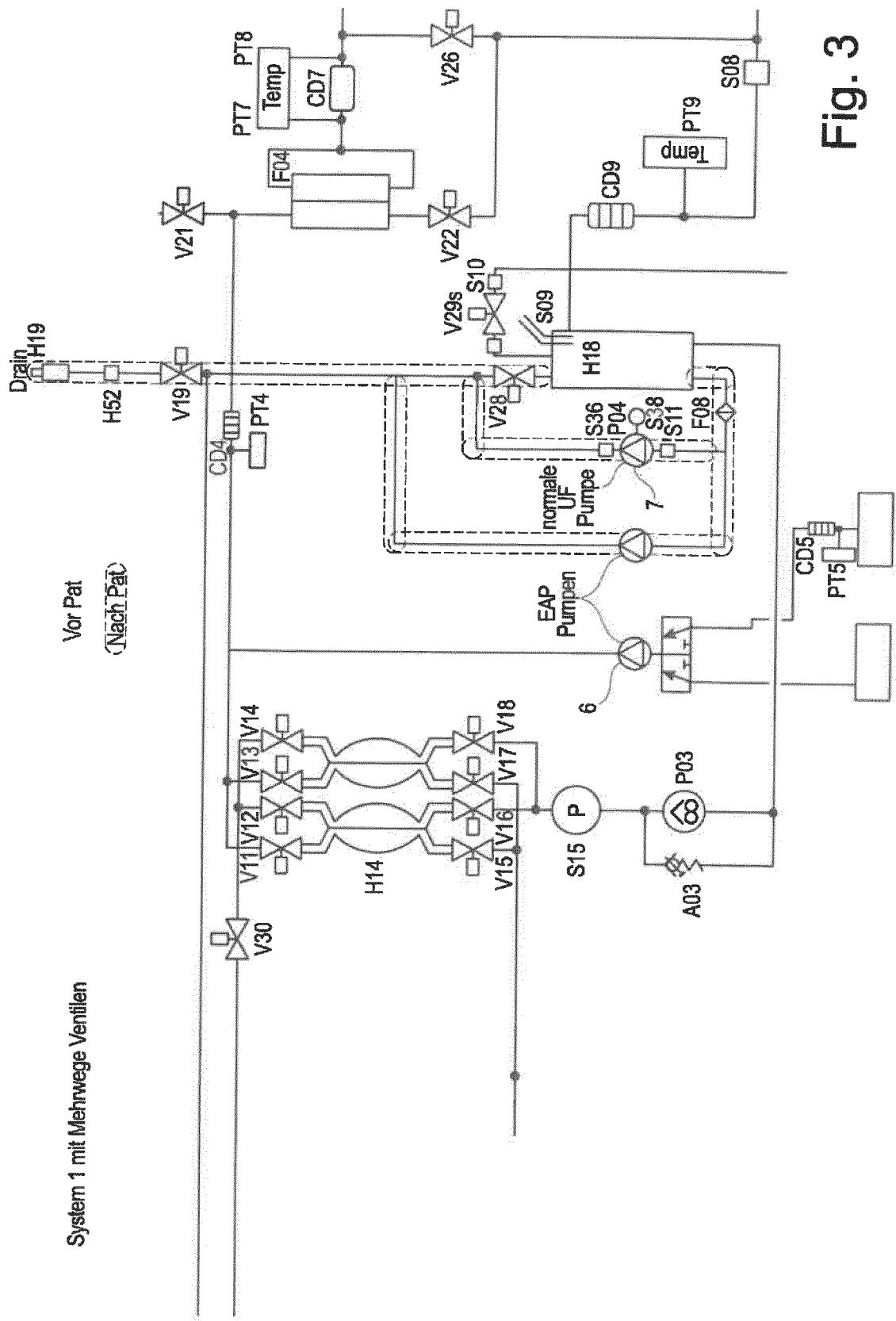


Fig. 3

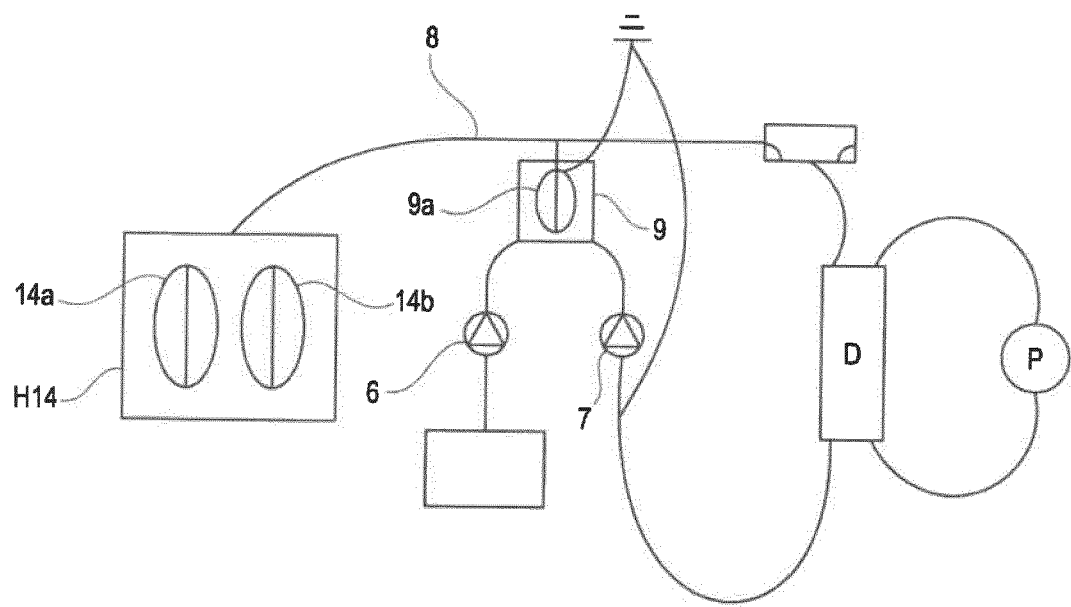


Fig. 3a

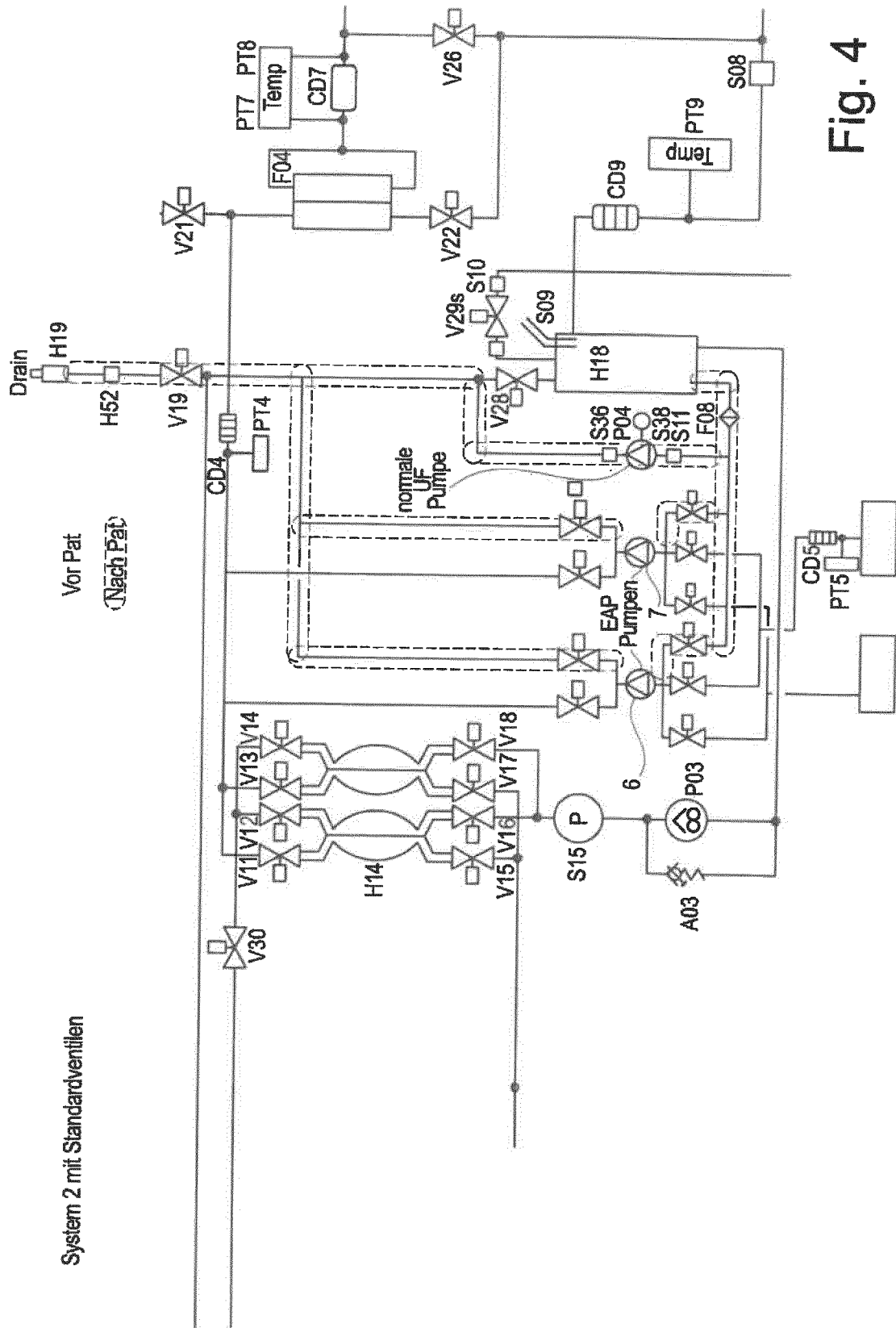
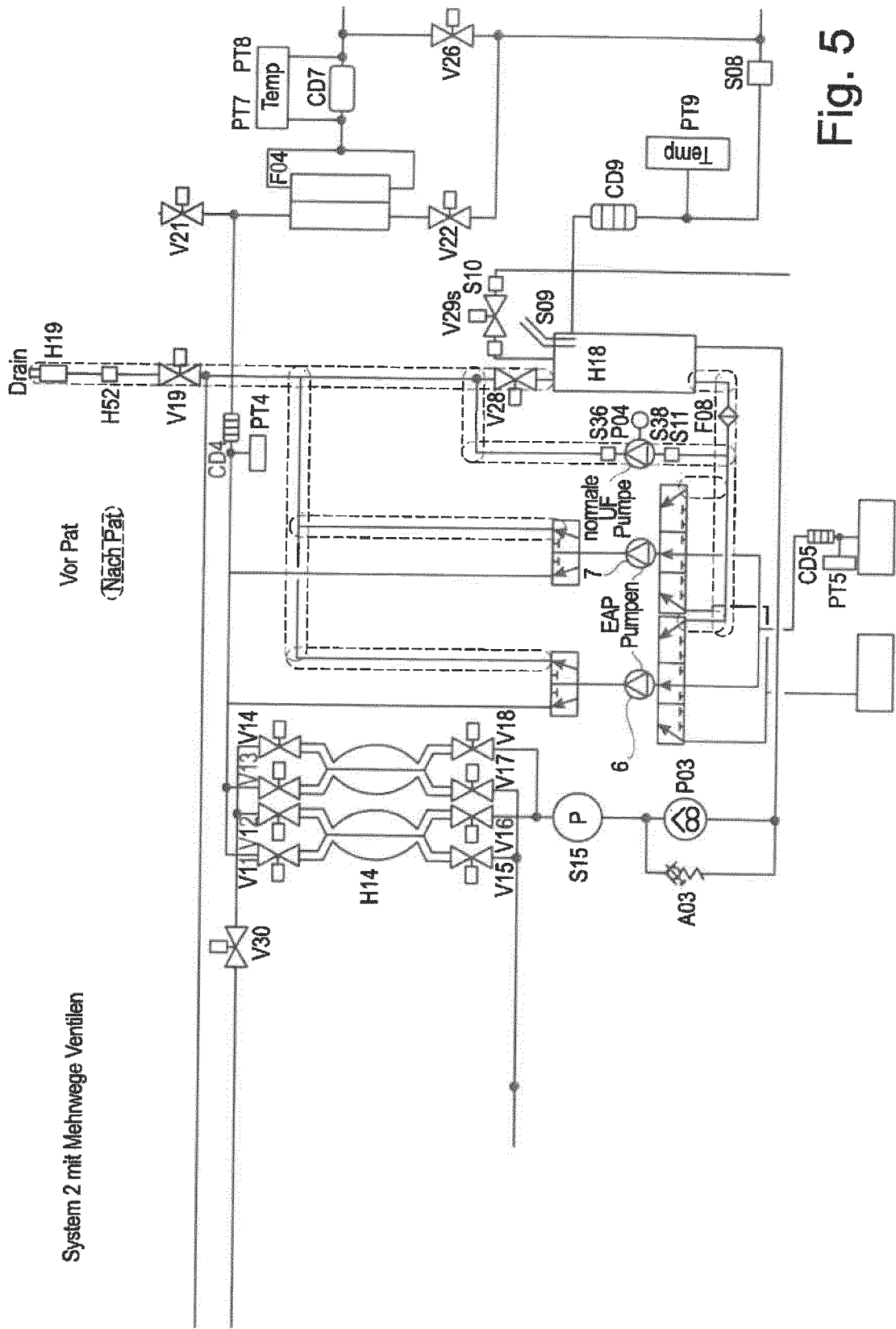


Fig. 4

System 2 mit Standardventilen



System 3 mit Standardventilen

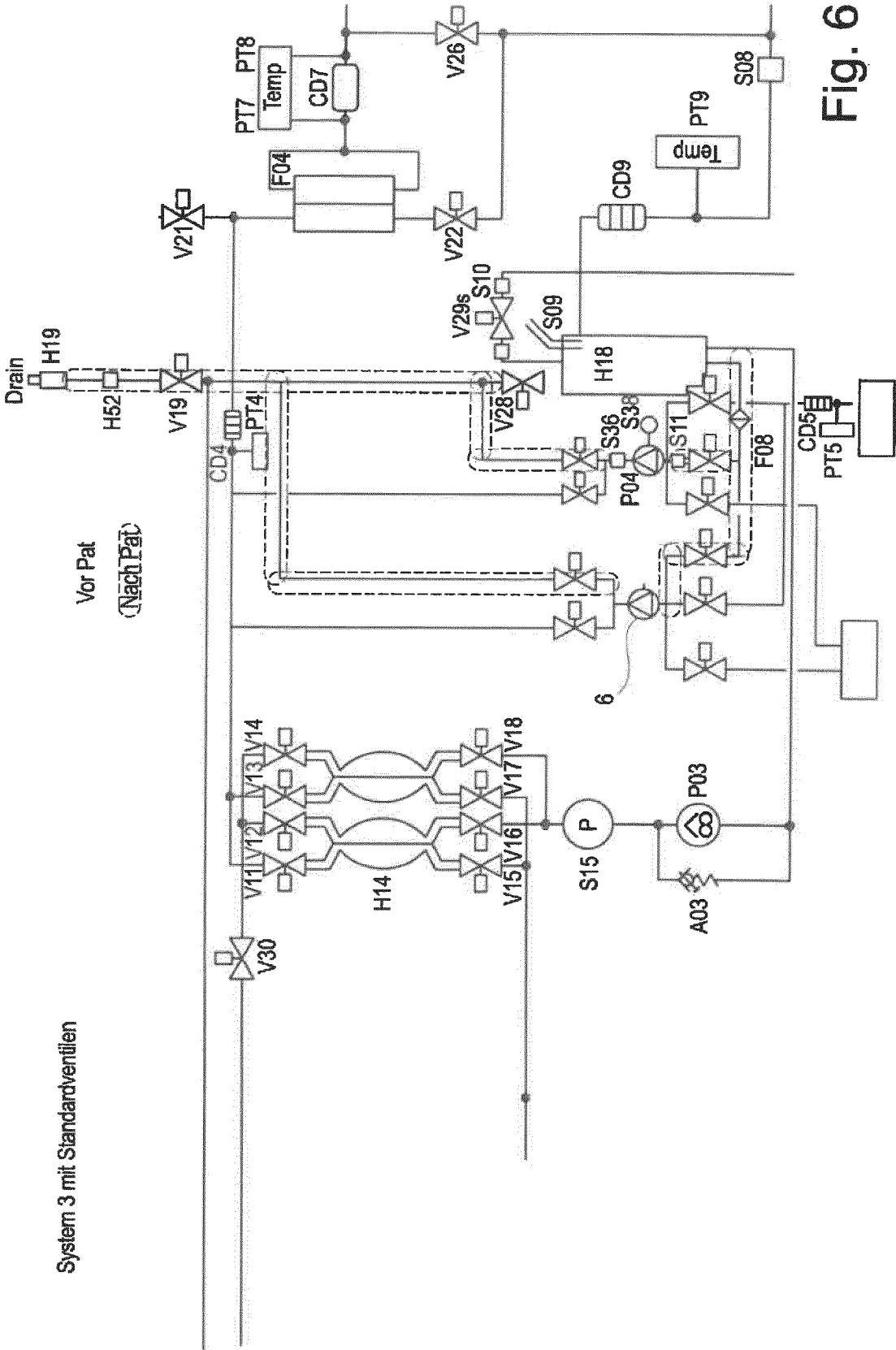


Fig. 6

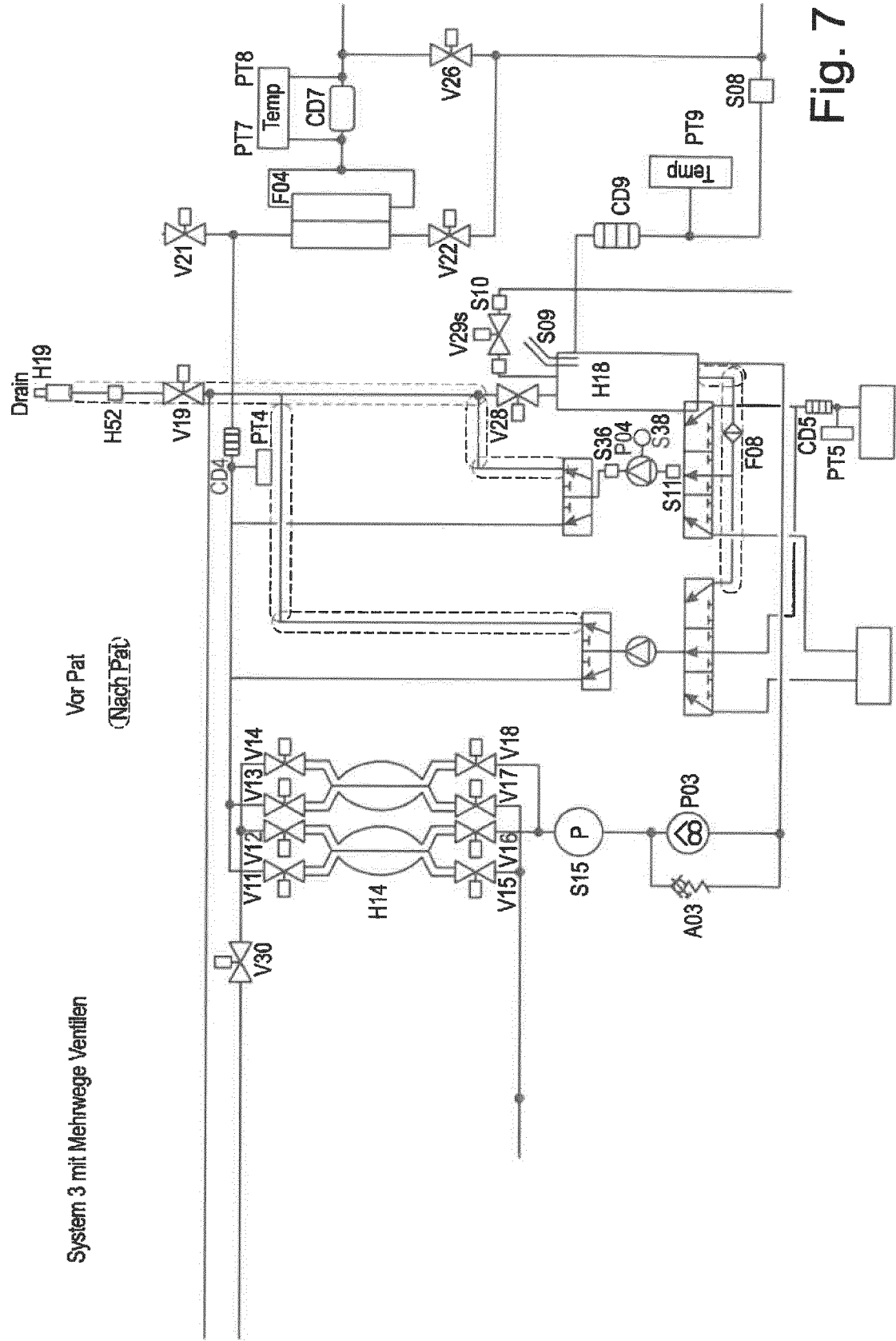


Fig. 7

Fig 8

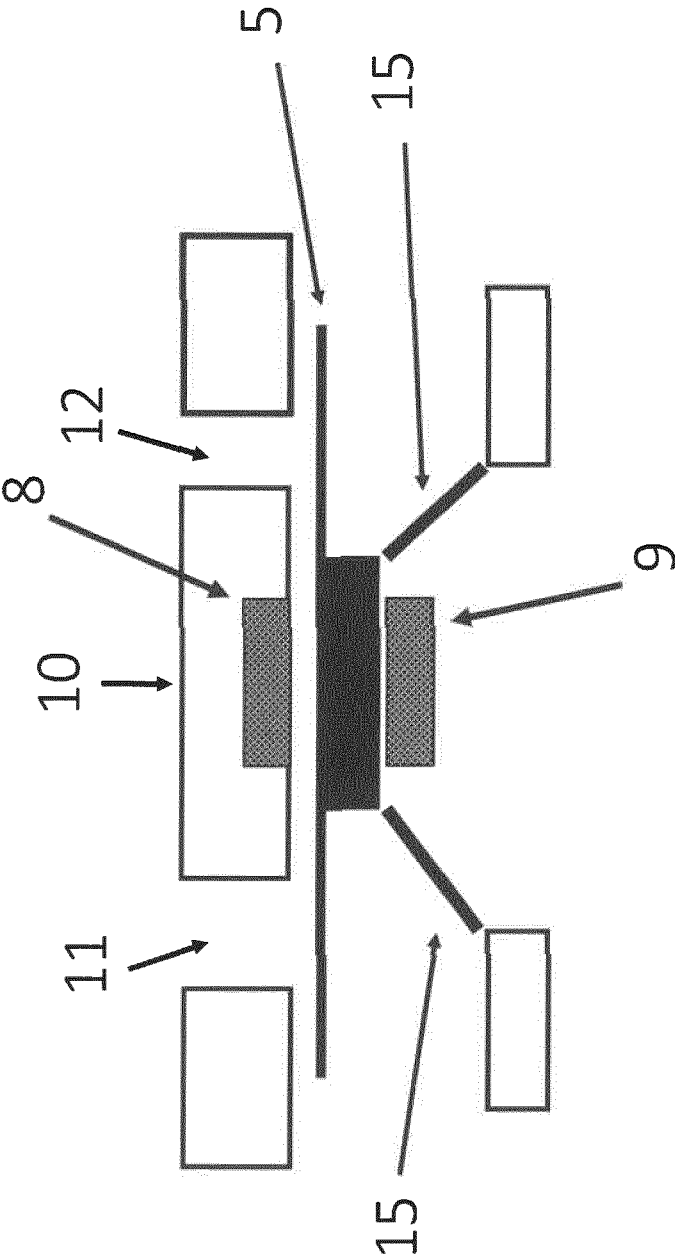
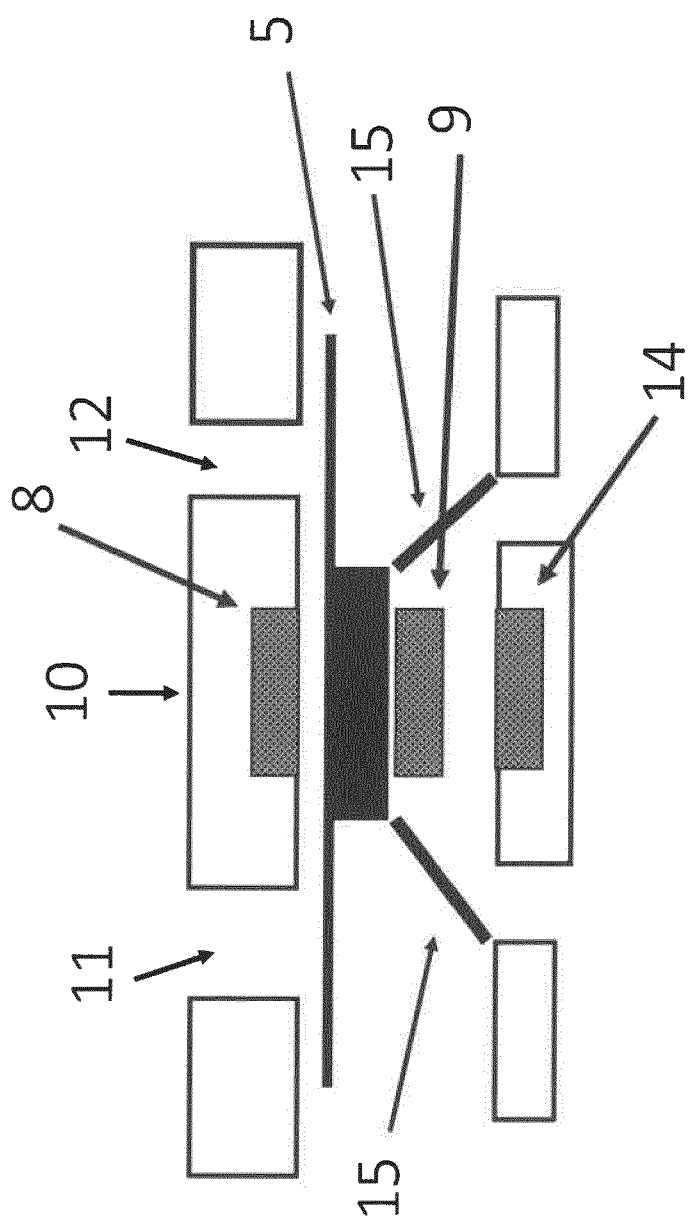


Fig 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/068056

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F04B 43/02**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 3336351 A1 (DRAEGERWERK AG & CO KGAA [DE]) 20 June 2018 (2018-06-20)	1,2,7,11-14
Y	the whole document	3,4
A		5,6,8-10,15
Y	WO 2017158485 A1 (QI HUAN [CN]) 21 September 2017 (2017-09-21)	3
A	the whole document	1,5
Y	EP 1323925 A2 (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD [JP]) 02 July 2003 (2003-07-02)	4
A	the whole document	1-3,5-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 September 2021

Date of mailing of the international search report

29 September 2021

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Lange, Christian

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/068056

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	3336351	A1	20 June 2018	CN	108223339	A	29 June 2018
				DE	102016014832	A1	14 June 2018
				EP	3336351	A1	20 June 2018
				US	2018163712	A1	14 June 2018
WO	2017158485	A1	21 September 2017	NONE			
EP	1323925	A2	02 July 2003	CN	1428926	A	09 July 2003
				CN	1901350	A	24 January 2007
				CN	1901351	A	24 January 2007
				DE	60210736	T2	29 March 2007
				DE	60221586	T2	17 April 2008
				EP	1323925	A2	02 July 2003
				EP	1683968	A2	26 July 2006
				HK	1054420	A1	28 November 2003
				JP	3832338	B2	11 October 2006
				JP	2003199365	A	11 July 2003
				KR	20030055104	A	02 July 2003
				SG	103368	A1	29 April 2004
				US	2003117044	A1	26 June 2003

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F04B43/02
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F04B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y A	EP 3 336 351 A1 (DRAEGERWERK AG & CO KGAA [DE]) 20. Juni 2018 (2018-06-20) das ganze Dokument	1,2,7, 11-14 3,4 5,6, 8-10,15
Y A	----- WO 2017/158485 A1 (QI HUAN [CN]) 21. September 2017 (2017-09-21) das ganze Dokument	3 1,5
Y A	----- EP 1 323 925 A2 (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD [JP]) 2. Juli 2003 (2003-07-02) das ganze Dokument	4 1-3,5-15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. September 2021

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

29/09/2021

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Lange, Christian

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/068056

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3336351	A1	20-06-2018	CN 108223339 A 29-06-2018
			DE 102016014832 A1 14-06-2018
			EP 3336351 A1 20-06-2018
			US 2018163712 A1 14-06-2018

WO 2017158485	A1	21-09-2017	KEINE

EP 1323925	A2	02-07-2003	CN 1428926 A 09-07-2003
			CN 1901350 A 24-01-2007
			CN 1901351 A 24-01-2007
			DE 60210736 T2 29-03-2007
			DE 60221586 T2 17-04-2008
			EP 1323925 A2 02-07-2003
			EP 1683968 A2 26-07-2006
			HK 1054420 A1 28-11-2003
			JP 3832338 B2 11-10-2006
			JP 2003199365 A 11-07-2003
			KR 20030055104 A 02-07-2003
			SG 103368 A1 29-04-2004
			US 2003117044 A1 26-06-2003
