



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 044 869 A1** 2010.03.04

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 044 869.9**

(22) Anmeldetag: **29.08.2008**

(43) Offenlegungstag: **04.03.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B01D 61/06** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Danfoss A/S, Nordborg, DK**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Knoblauch und Knoblauch, 60322 Frankfurt**

(72) Erfinder:

**Friedrichsen, Welm, Nordborg, DK; Olsen, Palle, Nordborg, DK; Haugaard, Erik, Graasten, DK**

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

**WO 2007/0 90 406 A1**

**EP 12 56 371 A1**

**DE 10 2004 038440 A1**

**DE 25 33 151 A1**

**US 2006/00 37 907 A1**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

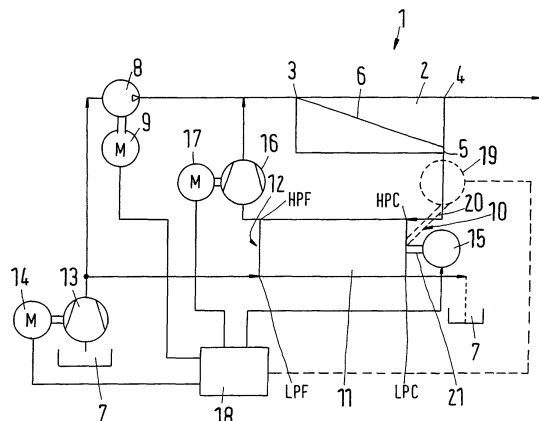
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Umkehrosmosevorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Umkehrosmoseeinrichtung (1) angegeben mit einer Membraneinheit (2), die einen Einlass (3), einen Permeatauslass (4) und einen Konzentratauslass (5) aufweist, eine Hochdruckpumpe (8), die mit dem Einlass (3) verbunden ist, einem Druckaustauscher (11), der auf seiner Konzentratseite (10) mit dem Konzentratauslass (5) verbunden ist und einer Verstärkungspumpe zwischen dem Druckaustauscher (11) und dem Einlass (3).

Man möchte einen möglichst niedrigen Energieverbrauch erzielen.

Hierzu ist vorgesehen, dass die Verstärkerpumpe als Verdrängerpumpe (16) ausgebildet ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Umkehrosmosevorrichtung mit einer Membraneinheit, die einen Einlass, einen Permeatauslass und einen Konzentratauslass aufweist, einer Hochdruckpumpe, die mit dem Einlass verbunden ist, einem Druckaustauscher, der auf seiner Konzentratseite mit dem Konzentratauslass verbunden ist, und einer Verstärkerpumpe zwischen dem Druckaustauscher und dem Einlass.

**[0002]** Eine Umkehrosmosevorrichtung dient beispielsweise dazu, aus Salzwasser oder Schmutzwasser, die im Folgenden zusammengefasst als „Speisewasser“ bezeichnet werden, Trinkwasser zu gewinnen. Hierzu wird das Speisewasser durch die Hochdruckpumpe auf einen relativ hohen Druck gebracht, beispielsweise 80 bar oder mehr, und in den Einlass der Membraneinheit eingespeist. In der Membraneinheit ist eine semipermeable Membran angeordnet, die die Verschmutzung oder das Salz des Speisewassers zurückhält und nur gereinigtes Wasser, das als Permeat bezeichnet wird, durchlässt. Die Salz- und Schmutzkonzentration im verbleibenden Speisewasser steigt dabei an. Speisewasser mit der erhöhten Konzentration, das auch als Konzentrat bezeichnet wird, wird durch den Konzentratauslass aus der Membraneinheit abgelassen. Dieses Konzentrat steht allerdings immer noch unter einem relativ hohen Druck von beispielsweise 60 bis 70 bar, so dass der Wunsch besteht, den im Konzentrat enthaltenen Energieinhalt wieder zurück zu gewinnen. Die Erfindung ist allerdings nicht auf die Verwendung von Wasser als Flüssigkeit beschränkt.

**[0003]** Es ist daher bekannt, den Konzentratauslass mit einem Druckaustauscher zu verbinden. Dem Druckaustauscher wird auf seiner Konzentratseite das Konzentrat mit dem erhöhten Druck zugeführt. Auf der anderen Seite, der Speiseseite, wird Speisewasser zugeführt, dessen Druck durch das Konzentrat erhöht wird. Druckaustauscher sind beispielsweise in DE 37 81 148 T2, US 5 338 158, US 5 988 993, WO 99/17028 A1, US 6 540 487 B2 oder US 7 214 315 B2 beschrieben. Die letztgenannte Schrift erwähnt auch die Verwendung in einem Umkehrosmoseprozess.

**[0004]** Der Druckaustauscher oder Druckumformer kann allerdings in der Regel den Druck des Konzentrats nicht vollständig an das Speisewasser übertragen. Auch hat die Membraneinheit üblicherweise zwischen dem Einlass und dem Konzentratauslass einen gewissen Druckabfall. Um den Anteil des Speisewassers, der mit Hilfe des Druckaustauschers auf einen erhöhten Druck gebracht worden ist, auf den endgültigen für die Membraneinheit erforderlichen Druck zu bringen, ist daher eine Verstärkungspumpe erforderlich. Diese Verstärkungspumpe muss angetrieben werden, benötigt also zusätzliche Energie.

Ihre Ansteuerung ist problematisch. Wenn die Verstärkerpumpe zuviel Flüssigkeit fördert, dann kann es sein, dass sie nicht nur Speisewasser, sondern auch Konzentrat fördert, so dass die Konzentratkonzentration auf der Einlassseite der Membran steigt, was wiederum mit einer Verschlechterung des Wirkungsgrades verbunden ist. Dieses Phänomen wird „mixing“ genannt. Bei einem höheren Salzgehalt steigt der Energieverbrauch. Viele Systeme verwenden daher einen oder mehrere Durchflussmesser, um ein Vermischen der Flüssigkeiten zu vermeiden.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Energieverbrauch möglichst niedrig zu halten.

**[0006]** Diese Aufgabe wird mit einer Umkehrosmosevorrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die Verstärkerpumpe als Verdrängerpumpe ausgebildet ist.

**[0007]** Eine Verdrängerpumpe ist eine Pumpe mit einer positiven Verdrängung, bei der die Flüssigkeit durch in sich geschlossene Volumina gefördert wird. Mit anderen Worten hat eine Verdrängerpumpe für jeden Arbeitszyklus eine konstante Förderleistung. Ein Arbeitszyklus kann beispielsweise eine Umdrehung oder ein Kolbenhub oder dergleichen sein. Beispiele für eine Verdrängerpumpe sind Kolben-, Zahnrad-, Gerotor-, Orbit-, Membran-, Schlauch-, Peristaltik-, Schrauben-, Spindel-, Exzentrerschnecken- oder Flügelumpen, wobei diese Aufzählungen nicht abschließend sind. Eine Verdrängerpumpe hat einen bekannten Wirkungsgrad und eine ausreichend lineare Charakteristik zwischen der Drehzahl und der Pumpenleistung, d. h. dem geförderten Volumen. Im Gegensatz dazu haben Pumpen, die nicht mit geschlossenen Volumina arbeiten, keine lineare Abhängigkeit zwischen der Umdrehung und der Pumpenleistung. Hierzu gehören beispielsweise Zentrifugalpumpen, Jet- und Turbinenpumpen, wobei auch hier die Aufzählung nicht abschließend ist. Verglichen mit einer Zentrifugalpumpe weist eine Verdrängerpumpe einen geringeren Energieverbrauch auf. Damit lässt sich zunächst einmal gegenüber den bisher im Zusammenhang mit Umkehrosmosevorrichtungen verwendeten Zentrifugalpumpen eine Energieersparnis erreichen. Eine Zentrifugalpumpe benötigt für einen großen Durchfluss eine sehr viel höhere Drehzahl als eine Verdrängerpumpe. Wenn der Druckaustauscher auf der gleichen Welle montiert ist, muss dieser mit der gleichen hohen Drehzahl laufen. Das kann dazu führen, dass die Zeit für einen Druckaustausch zu kurz ist. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass man mit einer Verdrängerpumpe den Fluss durch den Druckaustauscher wesentlich genauer steuern kann als bisher. Dieser Fluss ist im Wesentlichen eine lineare Funktion der Drehzahl der Verdrängerpumpe. Dementsprechend kann man auf einfache Weise erreichen, dass man zwar mit Hilfe des Druckaustauschers möglichst viel Speisewasser mit dem Druck

des Konzentrats beaufschlagt werden kann. Umgekehrt kann man aber vermeiden, dass Konzentrat durch den Druckaustauscher hindurch gefördert wird und dann wieder zum Einlass der Membraneinheit gelangt. Dementsprechend kann eine Mischung von Speisewasser und Konzentrat praktisch vermieden werden, was sich positiv auf den Wirkungsgrad auswirkt.

**[0008]** Vorzugsweise ist ein Messmotor zwischen dem Konzentratausgang und dem Druckaustauscher angeordnet. Der Messmotor ermittelt anstelle eines Durchflussmessers den Durchfluss vom Konzentratausgang zum Druckaustauscher. Gleichzeitig kann man die im Konzentrat enthaltene Energie nutzen, um beispielsweise den Druckaustauscher anzutreiben. Über die Drehzahl des Messmotors steht dann die Information über den Durchfluss von Konzentrat zur Verfügung, die man beispielsweise für die Steuerung des Druckaustauschers oder auch der Verdrängerpumpe verwenden kann. Wenn der Messmotor hier angeordnet ist, wirkt er mit der Verdrängerpumpe auf der anderen Seite des Druckaustauschers zusammen. Man kann den Messmotor aber auch an einem der beiden anderen Anschlüsse des Druckaustauschers anordnen.

**[0009]** Vorzugsweise weisen der Druckaustauscher und die Verdrängerpumpe aufeinander abgestimmte Durchsatzvolumina auf. Dementsprechend fördert die Verdrängerpumpe in einem vorbestimmten Zeitraum genau soviel Speisewasser, wie der Druckaustauscher in dem gleichen Zeitraum mit erhöhtem Druck beaufschlagt werden kann. Hierbei kann man beispielsweise vorsehen, dass der Druckaustauscher und die Verdrängerpumpe eine gemeinsame Steuerung aufweisen, mit der beispielsweise die Drehzahl der Verdrängerpumpe und des Druckaustauschers in Abhängigkeit voneinander gesteuert werden können.

**[0010]** In einer alternativen Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass die Verdrängerpumpe als Verstellpumpe ausgebildet ist. Eine Verstellpumpe weist ein veränderbares Fördervolumen pro Umdrehung oder Arbeitstakt auf. Wenn die Verdrängerpumpe also nicht von vorneherein ein Fördervolumen aufweist, das an das Volumen des Druckaustauschers angepasst ist, dann kann man diese Anpassung noch im Betrieb vornehmen.

**[0011]** Hierbei ist besonders bevorzugt, dass der Verdrängerpumpe ein Konzentratsensor nachgeschaltet ist, der mit einer Stelleinrichtung der Verdrängerpumpe verbunden ist. Der Konzentratsensor ermittelt, ob zuviel Konzentrat in das Speisewasser eintritt. Wenn dies der Fall ist, dann wird das Fördervolumen der Verdrängerpumpe entsprechend vermindert, um die Vermischung von Konzentrat und Speisewasser zu vermeiden. Die Stelleinrichtung kann auf unterschiedliche Arten arbeiten, beispiels-

weise mechanisch, hydraulisch oder elektrisch.

**[0012]** Vorzugsweise weisen der Druckaustauscher und die Verdrängerpumpe eine gemeinsame Antriebswelle auf. Damit lässt sich auf einfache Weise die Drehzahl der Verdrängerpumpe an die Drehzahl des Druckaustauschers anpassen. Mit einer entsprechenden Anpassung der Durchsatzvolumina kann man dann dafür sorgen, dass ein optimaler Betriebspunkt erreicht wird. In diesem Betriebspunkt wird die maximal mögliche Menge an Speisewasser mit dem Druck des Konzentrats beaufschlagt, ohne dass Konzentrat in das Speisewasser gelangt. Die gemeinsame Antriebswelle bietet darüber hinaus bauliche Vorteile. So benötigt man nur noch einen einzigen Antrieb für den Druckaustauscher und die Verdrängerpumpe. Der Druckaustauscher kann auch bei niedrigen Drehzahlen betrieben werden, weil eine Verdrängerpumpe auch bei niedrigen Drehzahlen bestimmungsgemäß fördert.

**[0013]** Auch ist von Vorteil, wenn die Verdrängerpumpe und der Druckaustauscher einen gemeinsamen Wellendichtbereich aufweisen. Sowohl die Verdrängerpumpe als auch der Druckaustauscher haben mindestens einen Bereich, an dem Flüssigkeit unter einem erhöhten Druck ansteht. Man kann nun den Wellendichtbereich, der mit hohem Druck beaufschlagt ist, zwischen die Verdrängerpumpe und den Druckaustauscher legen, so dass nur noch eine Durchführung der Antriebswelle nach außen erforderlich ist. In dem gemeinsamen Wellendichtbereich sind die Anforderungen an die Dichtigkeit geringer.

**[0014]** Auch ist von Vorteil, wenn die Verdrängerpumpe einen Pumpeneinlass an einer Stirnseite aufweist, mit der sie am Druckaustauscher angeordnet ist. Dadurch ergibt sich sozusagen ein Gehäuse, in dem ein Kanal für Hochdruckwasser bereits vorgesehen ist. Man erspart sich also eine zusätzliche Verrohrung. Dadurch werden Druckverluste reduziert, was sich positiv auf den Wirkungsgrad auswirkt.

**[0015]** Vorzugsweise liegt der Pumpeneinlass einem Eingang des Druckaustauschers gegenüber. Der Pumpeneinlass und der Eingang des Druckaustauschers auf der Konzentratseite sind dann sozusagen auf einer geraden Linie oder in Drehrichtung etwas versetzt zueinander relativ zueinander angeordnet. Dies führt dazu, dass das Konzentrat mit erhöhtem Druck das Speisewasser aus dem Rotor des Druckaustauschers mit den geringst möglichen Druckverlusten in die Verdrängerpumpe fördern kann. Auch dies ergibt einen guten Wirkungsgrad.

**[0016]** In einer weiter bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Hochdruckpumpe eine gemeinsame Antriebswelle mit der Verdrängerpumpe aufweist. Man kann also die Hochdruckpumpe und die Verdrängerpumpe mit dem gleichen Motor antrei-

ben. Alle Antriebe können beispielsweise als Elektromotor ausgebildet sein, die von einem Frequenzrichter versorgt werden, so dass auch hier die Geschwindigkeit der Motoren oder des Motors geregelt werden kann. Die Verwendung einer gemeinsamen Antriebswelle von Hochdruckpumpe und Verdrängerpumpe hat den Vorteil, dass die Steuerung der Umkehrosmoseeinrichtung erleichtert wird. Die Hochdruckpumpe ist in erster Linie dafür verantwortlich, die benötigte Flüssigkeitsmenge für die Membraneinheit zur Verfügung zu stellen. Die benötigte Flüssigkeitsmenge richtet sich unter anderem danach, wie viel Flüssigkeit am Permeatauslass abgenommen wird. Auch die Konzentratmenge ist von der Permeatmenge abhängig. Wenn mehr Permeat abgenommen wird, wird mehr Flüssigkeit durchgesetzt und es entsteht automatisch auch mehr Konzentrat. Es ergibt sich also eine quasi lineare Abhängigkeit zwischen der Förderleistung der Hochdruckpumpe und der Konzentratmenge. Da das Konzentrat seinen Druck möglichst vollständig an das Speisewasser abgeben soll, muss auch eine entsprechende Menge an Speisewasser gefördert werden. Die Abhängigkeit zwischen der Förderung des Speisewassers durch die Verdrängerpumpe und der Förderung von Speisewasser durch die Hochdruckpumpe ist also auch in ausreichendem Maße linear. Dementsprechend kann man eine gemeinsame Antriebswelle ohne Probleme verwenden, was allerdings voraussetzt, dass man für die Verstärkungspumpe eine Verdrängerpumpe verwendet.

**[0017]** Bevorzugterweise sind die Hochdruckpumpe, der Druckaustauscher und die Verdrängerpumpe zu einer Baueinheit zusammengefasst. Dies hat zunächst die Auswirkung, dass die Hochdruckpumpe, der Druckaustauscher und die Verdrängerpumpe eine gemeinsame Antriebswelle aufweisen und von einem gemeinsamen Motor angetrieben werden. Dieser Motor kann als drehzahlgesteuerter Elektromotor ausgebildet sein, um die Förderleistung an den Permeat-Bedarf anzupassen. Darüber hinaus hat diese Ausgestaltung den Vorteil, dass man weniger Dichtungen nach außen benötigt. Man kommt beispielsweise bei der Welle mit einer Wellendichtung aus, wenn die Welle an nur einer Stirnseite aus der Baueinheit herausgeführt ist. Darüber hinaus lassen sich in der Baueinheit die notwendigen Kanäle anordnen, so dass eine äußere Verrohrung oder Leitungsverbindung eingespart wird, aber auch der Energieverbrauch sinkt, weil Druckverluste reduziert werden.

**[0018]** Hierbei ist bevorzugt, dass die Verdrängerpumpe zwischen dem Druckaustauscher und der Hochdruckpumpe angeordnet ist. Dies ergibt eine günstige Kanalführung für die einzelnen Flüssigkeiten, also für das Konzentrat und für das Speisewasser. Diese günstige Führung trägt dazu bei, Druckverluste klein zu halten und den Wirkungsgrad damit möglichst groß zu machen.

**[0019]** Vorzugsweise weisen die Verdrängerpumpe und die Hochdruckpumpe einen gemeinsamen Ausgang aus der Baueinheit auf. Dadurch wird die Rohrverbindung zwischen der Baueinheit und der Membraneinheit vereinfacht. Im Grunde ist nur noch eine einzige Leitung zwischen dem Einlass der Membraneinheit und der Baueinheit notwendig. Da hierdurch auch Druckverluste klein gehalten werden können, trägt diese Maßnahme zu einem guten Wirkungsgrad bei.

**[0020]** Vorzugsweise weist der Druckaustauscher auf der Konzentratseite eine Konzentratbeeinflussungseinrichtung auf, die mindestens eines der folgenden Elemente aufweist: ein Bypass-Ventil, ein Druckentlastungsventil und ein Drosselventil. Das Bypass-Ventil ermöglicht beispielsweise eine Druckentlastung des Konzentratausgangs der Membraneinheit. Das Druckentlastungsventil vermeidet, dass der Druckaustauscher mit einem unzulässig hohen Druck auf der Konzentratseite beaufschlagt wird und das Drosselventil kann verwendet werden, um das Risiko von Kavitation zu vermeiden. Darüber hinaus trägt dieses Drosselventil dazu bei, den Durchfluss vom Niederdruck-Speisewasser zum Niederdruck-Konzentrat zu beeinflussen. Alle drei Elemente können einzeln, zu zweit oder zu dritt verwendet werden.

**[0021]** Auch ist bevorzugt, wenn parallel zur Verdrängerpumpe ein Sicherheitsventil angeordnet ist. Dieses Sicherheitsventil vermeidet, dass die Druckdifferenz über die Verdrängerpumpe zu groß wird.

**[0022]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen in Verbindung mit einer Zeichnung beschrieben. Hierin zeigen:

**[0023]** [Fig. 1](#) eine erste Ausführungsform einer Umkehrosmosevorrichtung,

**[0024]** [Fig. 2](#) eine zweite Ausführungsform einer Umkehrosmosevorrichtung,

**[0025]** [Fig. 3](#) eine schematische Schnittdarstellung einer Einheit mit Druckaustauscher und Verdrängerpumpe,

**[0026]** [Fig. 4](#) eine dritte Ausführungsform einer Umkehrosmosevorrichtung und

**[0027]** [Fig. 5](#) eine schematische Schnittdarstellung einer Einheit mit Druckaustauscher, Verdrängerpumpe und Hochdruckpumpe.

**[0028]** [Fig. 1](#) zeigt schematisch eine Umkehrosmosevorrichtung **1**, die auch als Umkehrosmoseanlage oder Umkehrosmoseanordnung bezeichnet werden kann.

**[0029]** Die Umkehrosmosevorrichtung weist eine Membraneinheit **2** auf mit einem Einlass **3**, einem Permeatauslass **4** und einem Konzentratauslass **5**. Zwischen dem Einlass **3** und dem Permeatauslass **4** ist eine Membran **6** angeordnet.

**[0030]** Die Membraneinheit **2** wird mit Speisewasser aus einem Vorrat **7**, beispielsweise dem Meer, versorgt mit Hilfe einer Hochdruckpumpe **8**, die von einem Motor **9** angetrieben ist. Bei der Hochdruckpumpe **8** kann es sich beispielsweise um eine Kolbenpumpe handeln. Der Motor **9** kann als Elektromotor ausgebildet sein, der von einem Frequenzumrichter angesteuert wird. Damit ist es möglich, die Hochdruckpumpe **8** mit variablen Drehzahlen und damit variablen Förderleistungen zu betreiben.

**[0031]** Das Wasser aus dem Vorrat **7** wird im Folgenden der Einfachheit halber als „Speisewasser“ bezeichnet.

**[0032]** Der Konzentratausgang **5** ist mit einer Konzentratseite **10** eines Druckaustauschers **11** verbunden, genauer gesagt mit einem Hochdruckkonzentratananschluss HPC. Die Konzentratseite **10** weist auch einen Niederdruckkonzentratananschluss LPC auf, der wiederum mit dem Vorrat **7** verbunden ist.

**[0033]** Der Druckaustauscher **11** weist auch eine Speisewasserseite **12** auf, die einen Niederdruckspeisewasseranschluss LPF und einen Hochdruckspeisewasseranschluss HPF aufweist. Der Niederdruckspeisewasseranschluss LPF ist mit einer Speisepumpe **13** verbunden, die auch die Hochdruckpumpe **8** mit Speisewasser versorgt. Die Speisepumpe **13** ist ebenfalls von einem Motor **14** angetrieben. Man kann für die Versorgung der Hochdruckpumpe **8** und des Druckaustauschers **11** auch unterschiedliche Pumpen verwenden.

**[0034]** Der Druckaustauscher **11** ist von einem Motor **15** angetrieben, der hier einen Rotor des Druckaustauschers **11** in Rotation versetzt. In an sich bekannter Weise wird ein Kanal des Rotors über den Niederdruckspeisewasseranschluss LPF mit Speisewasser gefüllt. Dabei schiebt das Speisewasser in dem Kanal enthaltenes Konzentrat durch den Niederdruckkonzentratananschluss LPC heraus, das damit in den Vorrat **7** zurückfließt. Wenn der Rotor um einen bestimmten Winkel, beispielsweise etwa 180° gedreht worden ist, dann schiebt das Konzentrat am Hochdruckkonzentratananschluss HPC das Speisewasser durch den Hochdruckspeisewasseranschluss HPF wieder heraus, so dass das am Hochdruckspeisewasseranschluss HPF anstehende Speisewasser bereits auf einen erhöhten Druck gebracht worden ist.

**[0035]** Allerdings entspricht dieser Druck noch nicht dem Druck am Ausgang der Hochdruckpumpe **8**, weil

die Membraneinheit **2** zwischen ihrem Einlass **3** und ihrem Konzentratausgang **5** einen gewissen Druckverlust aufweist und auch der Druckaustauscher **11** einen gewissen Druckverlust verursacht. Dementsprechend ist hinter dem Druckaustauscher **11** eine Verstärkerpumpe in Form einer Verdrängerpumpe **16** angeordnet. Die Verdrängerpumpe **16** ist von einem Motor **17** angetrieben.

**[0036]** Die Verdrängerpumpe fördert bei jeder Umdrehung ein konstantes Volumen unabhängig von der Drehzahl. Damit ergibt sich ein annähernd linearer Zusammenhang zwischen der Drehzahl und der Förderleistung. Die Verdrängerpumpe **16** kann als Kolbenpumpe, Zahnradpumpe, Gerotorpumpe, Orbitpumpe, Membranpumpe, Schlauchpumpe, Peristaltikpumpe, Schraubenpumpe, Spindelpumpe, Exzentrerschneckenpumpe, Flügelpumpe oder dergleichen ausgebildet sein. Eine derartige Verdrängerpumpe **16** hat einen besseren Wirkungsgrad als beispielsweise eine Zentrifugalpumpe, eine Jetpumpe oder eine Turbinenpumpe.

**[0037]** Die Motoren **9**, **14**, **15** und **17** können von einer Steuereinrichtung **18** angesteuert sein. Die Steuereinrichtung **18** „weiß“, welchen Durchsatz der Druckaustauscher **11** erbringt. Dementsprechend kann die Steuereinrichtung **18** den Motor **17** der Verdrängerpumpe **16** auch so steuern, dass die Verdrängerpumpe **16** relativ genau die Förderleistung erbringt, die an den Durchsatz des Druckaustauschers **16** angepasst ist. Ein großer Vorteil der Verdrängerpumpe **16** liegt nämlich darin, dass sie, wie erwähnt, eine lineare Abhängigkeit zwischen der Drehzahl und der Förderleistung hat, so dass man durch eine Veränderung der Drehzahl die Förderleistung genau einstellen kann. Damit vermeidet man, dass Konzentrat vom Konzentratananschluss **5** mit Speisewasser von der Speisepumpe **13** vermischt wird. Auch ist es vielfach möglich, den Druck von der Last unabhängig einzustellen.

**[0038]** Wenn weitere Informationen erforderlich sind, beispielsweise eine Information über den Druck am Konzentratausgang **5**, dann kann hier ein entsprechender Drucksensor angeordnet sein, der dann ebenfalls mit der Steuereinrichtung **18** verbunden ist. Aus Gründen der Übersicht ist dies allerdings nicht dargestellt.

**[0039]** Optional kann in der Leitung zwischen dem Konzentratausgang **5** und dem Hochdruckkonzentratananschluss HPC des Druckaustauschers **11** ein Messmotor **19** angeordnet sein, der ebenfalls mit der Steuereinrichtung **18** verbunden ist. Der Messmotor **9** kann über eine Antriebswelle **20** mit dem Druckaustauscher **11** verbunden sein, so dass der Messmotor **19** nicht nur eine Information darüber liefert, wie viel Konzentrat vom Konzentratausgang **5** der Membraneinheit **2** abfließt, sondern auch noch den Druckaus-

tauscher **11** antreibt. Der Antrieb über den Messmotor **19** wird in der Regel allerdings nicht ausreichen, so dass der Motor **15** über eine weitere Antriebswelle **21** den Druckaustauscher **11** weiterhin antreibt. Die Antriebswellen **20**, **21** sind hier getrennt dargestellt. Sie können jedoch auch durch das gleiche Bauelement gebildet sein.

**[0040]** Der Messmotor **19** ist ebenfalls als Motor mit konstanter Verdrängung ausgebildet, d. h. unabhängig von der Drehzahl hat der Messmotor **19** einen konstanten Durchsatz pro Umdrehung.

**[0041]** Die Verdrängerpumpe **16** kann auch als Verstellpumpe ausgebildet sein, d. h. man kann das pro Umdrehung verdrängte Volumen auf einen gewünschten Wert einstellen.

**[0042]** [Fig. 2](#) zeigt eine abgewandelte Ausführungsform, bei der gleiche Elemente wie in [Fig. 1](#) mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind. Die Steuereinrichtung **18** und ihre Verbindungen sind hier aus Gründen der Übersicht nicht näher dargestellt.

**[0043]** Der Druckaustauscher **11** und die Verdrängerpumpe **16** sind bei dieser Ausführung zu einer Baueinheit **22** zusammengefasst. Diese Baueinheit ist schematisch in [Fig. 3](#) dargestellt.

**[0044]** Der Motor **15** ist über eine gemeinsame Antriebswelle **21** sowohl mit dem Druckaustauscher **11** als auch mit der Verdrängerpumpe **16** verbunden. Hierbei sind die Verdrängerpumpe **16** und der Druckaustauscher **11** stirnseitig zusammengebaut, beispielsweise mit stirnseitigen Flanschen aneinander befestigt, wobei nicht näher dargestellte Bolzen dafür sorgen, dass die Verdrängerpumpe **16** mit dem Druckaustauscher **11** eine Einheit bilden.

**[0045]** Durch diesen Zusammenbau zu einer Einheit **22** kann man nun dafür sorgen, dass der Hochdruckkonzentratanschluss HPC und der Hochdruckspeisewasseranschluss HPF sozusagen auf einer geraden Linie liegen und mit dem Eingang **23** der Verdrängerpumpe **16** fluchten. Die Verdrängerpumpe **16**, die in diesem Fall beispielsweise als Gerotorpumpe ausgebildet ist, kann dann druckverstärktes Speisewasser an ihrem Ausgang HPFB abgeben. Der Druck hier stimmt dann mit dem Druck am Ausgang der Hochdruckpumpe **8** überein.

**[0046]** Durch den Zusammenbau von Verdrängerpumpe **16** und Druckaustauscher **11** kann man eine externe Verrohrung, d. h. eine externe Leitungsführung zwischen den einzelnen Teilen einsparen. Dies spart einerseits Kosten bei der Herstellung. Darüber hinaus wird der Energieverbrauch vermindert, weil Druckverluste reduziert werden können.

**[0047]** Außerdem ergibt sich ein Vorteil dadurch,

dass die Antriebswelle **21** am Druckaustauscher **11** und an der Verdrängerpumpe **16** einen gemeinsamen Wellendichtbereich **24** aufweisen. Dementsprechend muss die Antriebswelle **21** nur am Druckaustauscher **11** nach außen abgedichtet werden. Hierzu ist eine Dichtung **25** an der Stirnseite des Druckaustauschers **11** vorgesehen, die der Verdrängerpumpe **16** abgewandt ist. Diese Dichtung **25** ist von einem relativ niedrigen Druck belastet.

**[0048]** [Fig. 2](#) zeigt, dass die Konzentratseite **10** des Druckaustauschers **11** mit mehreren Konzentratflussbeeinflussungseinrichtungen versehen ist. Hierzu zählen ein Bypassventil **26**, das einen Kurzschluss über den Eingang des Druckaustauschers **11** erzeugen kann und manuell oder durch eine Steuereinrichtung aufgesteuert werden kann, ein Druckentlastungsventil **27**, das auf einen Überdruck anspricht und diesen Überdruck zum Vorrat **7** hin ablaufen lässt, und ein Drosselventil **28**, das dazu beiträgt, das Risiko von Kavitation im Druckaustauscher **11** klein zu halten und den Flüssigkeitsstrom vom Niederdruckspeisewasseranschluss LPF zum Niederdruckkonzentratanschluss LPC zu steuern.

**[0049]** Parallel zur Verdrängerpumpe **16** ist ein Sicherheitsventil **29** angeordnet, das beispielsweise als federbelastetes Rückschlagventil ausgebildet sein kann und verhindert, dass die Druckdifferenz über die Verdrängerpumpe **16** zu groß wird.

**[0050]** Die Aufzählung der Ventile ist hier nicht abschließend. So sind z. B. auch Entlüftungsventile für alle Einrichtungen möglich.

**[0051]** Die [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) zeigen eine weitere Ausgestaltung einer Umkehrosmosevorrichtung **1**, bei der gleiche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen wie in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) versehen sind.

**[0052]** Bei dieser Ausgestaltung ist in die Baueinheit **22** auch noch die Hochdruckpumpe **8** integriert, d. h. die Verdrängerpumpe **16**, der Druckaustauscher **11** und die Hochdruckpumpe **8** werden von der gleichen Antriebswelle **21** angetrieben. [Fig. 5](#) zeigt in schematischer Darstellung die Realisierung einer derartigen Anordnung.

**[0053]** Die Hochdruckpumpe **8** ist hier als Axialkolbenpumpe ausgebildet. Der Hochdruckpumpe **8** benachbart angeordnet ist die Verdrängerpumpe **16**, so dass die Hochdruckpumpe **8** und die Verdrängerpumpe **16** einen gemeinsamen Anschluss HPFB aufweisen, an dem das Speisewasser mit dem erforderlichen hohen Druck für die Membraneinheit **2** zur Verfügung steht. Die Verdrängerpumpe **16** ist dabei zwischen der Hochdruckpumpe **8** und dem Druckaustauscher **11** angeordnet, so dass die Verdrängerpumpe **16** in diesem Fall keine abzudichtenden Durchführungen nach außen aufweist. Auf der einen Seite ist

eine entsprechende Abdeckung durch den Druck-austauscher **11** vorgesehen, auf der anderen Seite eine Abdeckung durch die Hochdruckpumpe **8**.

**[0054]** In nicht näher dargestellter Weise kann in allen Ausführungsformen noch vorgesehen sein, dass auch in Verbindung mit dem Niederdruckspeisewasseranschluss LPF oder dem Niederdruckkonzentrationsanschluss LPC ein Messmotor angebracht ist, der den Druckaustauscher **11** antreibt. In diesem Fall müsste der Druck aus der Speisepumpe **13** noch angehoben werden, damit dieser Druck dann den Messmotor antreiben kann, der dann wiederum den Druckaustauscher **11** antreiben kann.

**[0055]** [Fig. 4](#) zeigt weiterhin einen Konzentrationsensor **30**, der mit einer Stelleinrichtung **31** der Verdrängerpumpe **16** verbunden ist. Die Verdrängerpumpe **16** ist in diesem Fall mit einer einstellbaren Verdrängung ausgebildet. Der Konzentrationsensor **30** ermittelt fortlaufend die Konzentration des von der Verdrängerpumpe **16** geförderten Speisewassers. Wenn er feststellt, dass Konzentrat (oder zuviel Konzentrat) in das Speisewasser gelangt, dann wird die Verdrängung der Verdrängerpumpe **16** entsprechend vermindert, so dass die Förderleistung der Verdrängerpumpe **16** an die Durchsatzleistung des Druckaustauschers angepasst wird.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 3781148 T2 [\[0003\]](#)
- US 5338158 [\[0003\]](#)
- US 5988993 [\[0003\]](#)
- WO 99/17028 A1 [\[0003\]](#)
- US 6540487 B2 [\[0003\]](#)
- US 7214315 B2 [\[0003\]](#)



**Patentansprüche**

1. Umkehrosmosevorrichtung mit einer Membraneinheit, die einen Einlass, einen Permeatauslass und einen Konzentratauslass aufweist, einer Hochdruckpumpe, die mit dem Einlass verbunden ist, einem Druckaustauscher, der auf seiner Konzentratsseite mit dem Konzentratauslass verbunden ist und einer Verstärkungspumpe zwischen dem Druckaustauscher und dem Einlass, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verstärkerpumpe als Verdrängerpumpe (**16**) ausgebildet ist.

2. Umkehrosmosevorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Messmotor (**19**) zwischen dem Konzentratausgang (**5**) und dem Druckaustauscher (**11**) angeordnet ist.

3. Umkehrosmosevorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckaustauscher (**11**) und die Verdrängerpumpe (**16**) aufeinander abgestimmte Durchsatzvolumina aufweisen.

4. Umkehrosmosevorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdrängerpumpe (**16**) als Verstellpumpe ausgebildet ist.

5. Umkehrosmosevorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdrängerpumpe (**16**) ein Konzentratsensor (**30**) nachgeschaltet ist, der mit einer Stelleinrichtung (**31**) der Verdrängerpumpe (**16**) verbunden ist.

6. Umkehrosmosevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckaustauscher (**11**) und die Verdrängerpumpe (**16**) eine gemeinsame Antriebswelle (**21**) aufweisen.

7. Umkehrosmosevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdrängerpumpe (**16**) und der Druckaustauscher (**11**) einen gemeinsamen Wellendichtbereich (**24**) aufweisen.

8. Umkehrosmosevorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdrängerpumpe (**16**) einen Pumpeneinlass (**23**) an einer Stirnseite aufweist, mit der sie am Druckaustauscher (**11**) angeordnet ist.

9. Umkehrosmosevorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Pumpeneinlass (**23**) einem Eingang (HPC) des Druckaustauschers (**11**) gegenüberliegt.

10. Umkehrosmosevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochdruckpumpe (**8**) eine gemeinsame Antriebswelle (**21**) mit der Verdrängerpumpe (**16**) aufweist.

11. Umkehrosmosevorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochdruckpumpe (**8**), der Druckaustauscher (**11**) und die Verdrängerpumpe (**16**) zu einer Baueinheit (**22**) zusammengefasst sind.

12. Umkehrosmosevorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdrängerpumpe (**16**) zwischen dem Druckaustauscher (**11**) und der Hochdruckpumpe (**8**) angeordnet ist.

13. Umkehrosmosevorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdrängerpumpe (**16**) und die Hochdruckpumpe (**8**) einen gemeinsamen Ausgang (HPFB) aus der Baueinheit (**22**) aufweisen.

14. Umkehrosmosevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckaustauscher (**11**) auf der Konzentratsseite (**10**) eine Konzentratbeeinflussungseinrichtung aufweist, die mindestens eines der folgenden Elemente aufweist: ein Bypassventil (**26**), ein Druckentlastungsventil (**27**) und ein Drosselventil (**28**).

15. Umkehrosmosevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass parallel zur Verdrängerpumpe (**16**) ein Sicherheitsventil (**29**) angeordnet ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Fig.1

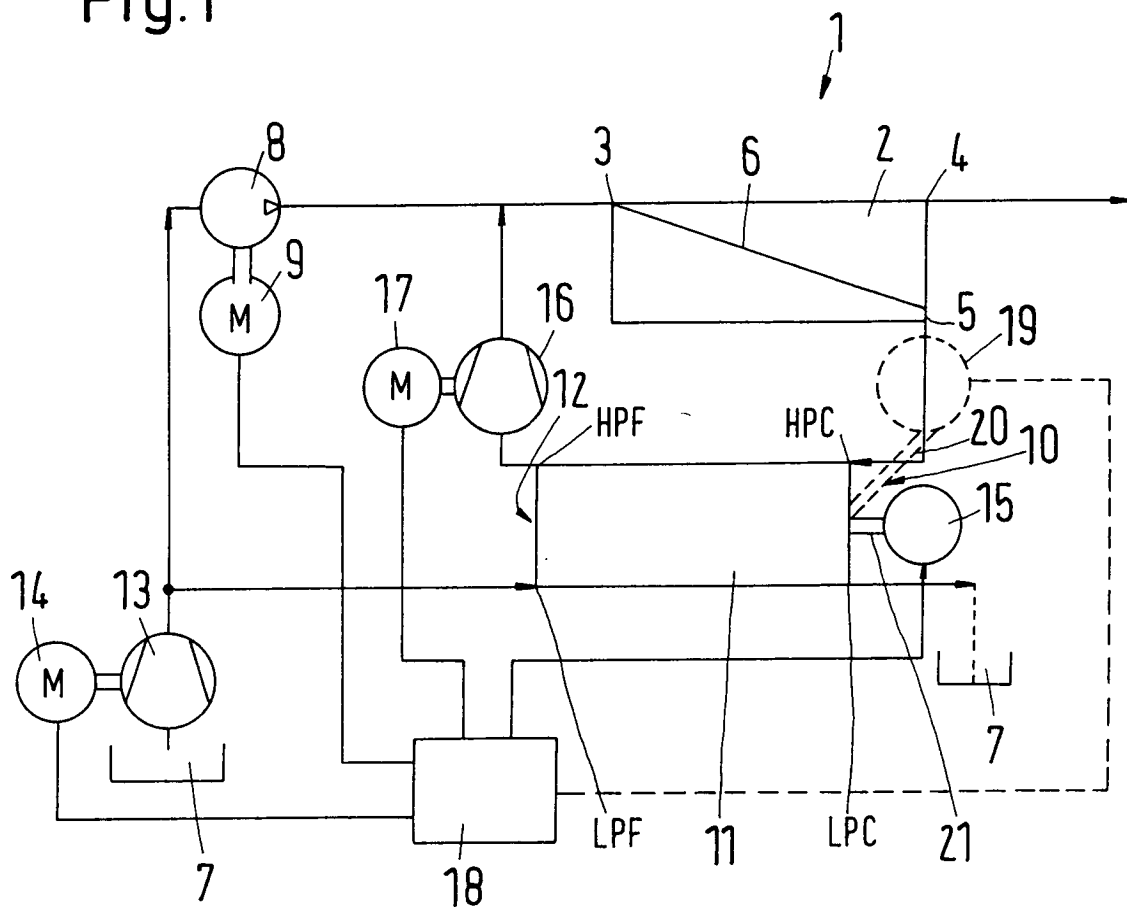


Fig.2

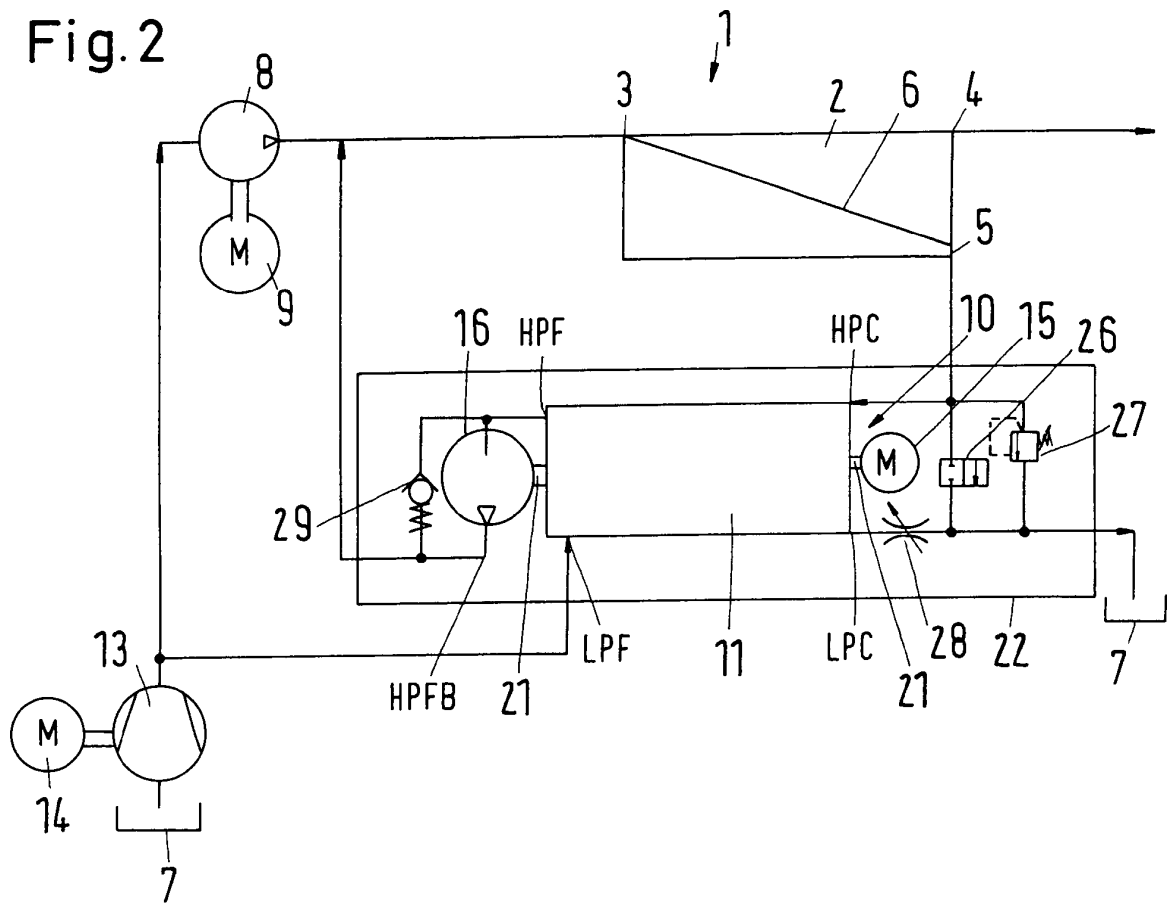


Fig.3

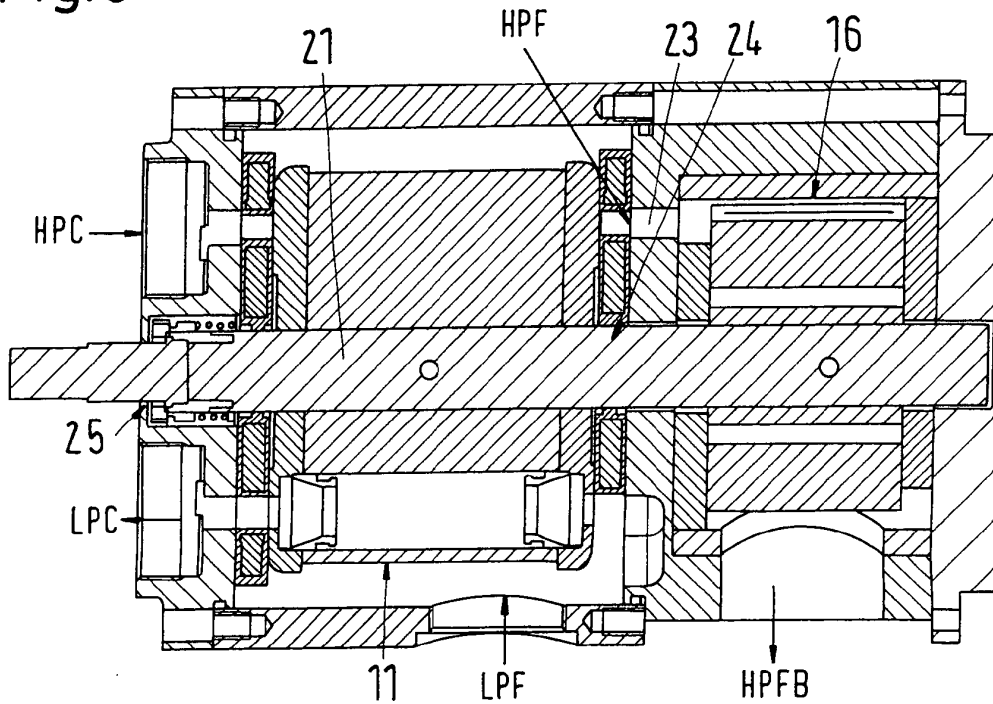


Fig.4

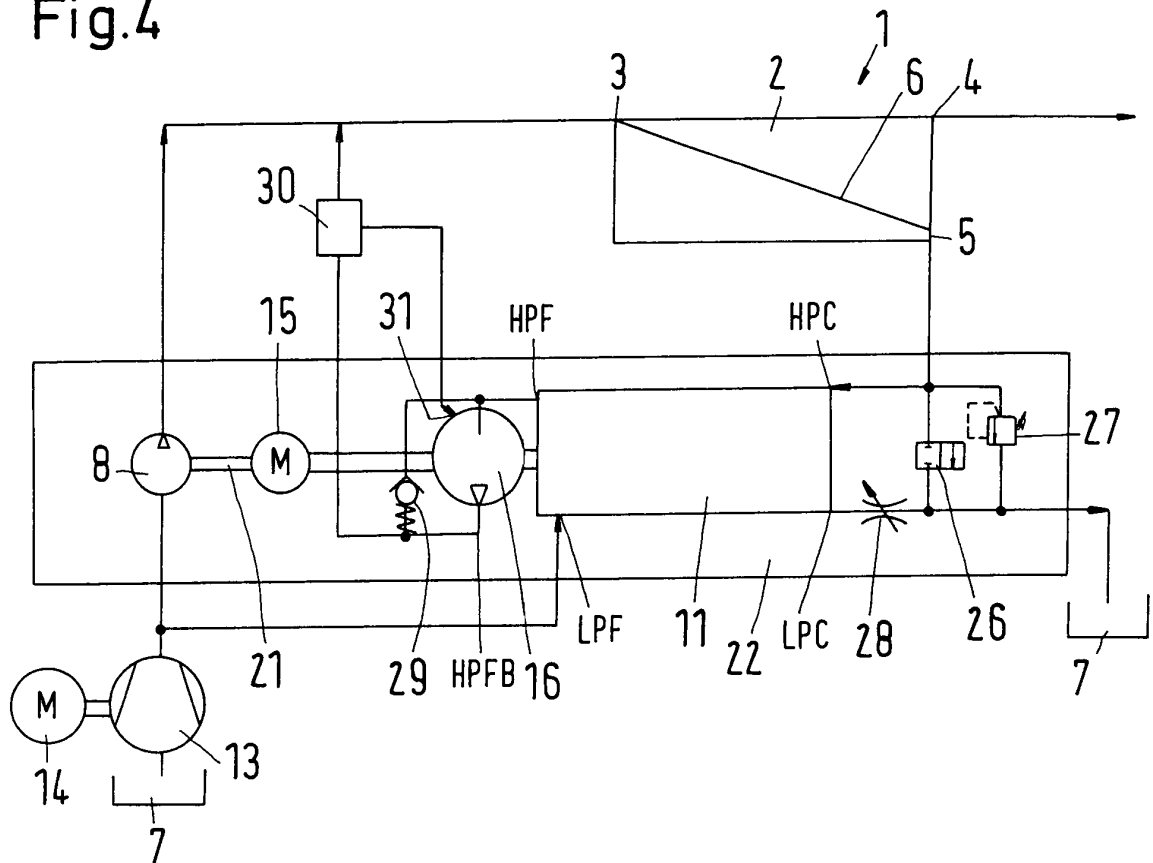


Fig.5

