



(11) **EP 2 078 867 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**15.07.2009 Patentblatt 2009/29**

(51) Int Cl.:  
**F04F 13/00 (2009.01)**

(21) Anmeldenummer: **07023903.3**

(22) Anmeldetag: **11.12.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR MK RS**

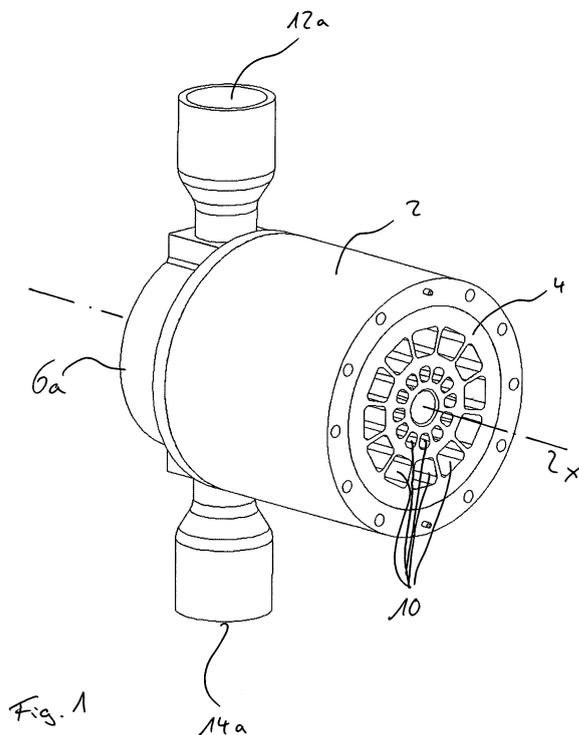
(72) Erfinder:  
• **Krogsgård, Holger**  
**8370 Hadsten (DK)**  
• **Svarre, Erik B.**  
**8850 Bjerringbro (DK)**

(71) Anmelder: **Grundfos Management A/S**  
**8850 Bjerringbro (DK)**

(74) Vertreter: **Hemmer, Arnd et al**  
**Patentanwälte Vollmann & Hemmer**  
**Bei der Lohmühle 23**  
**23554 Lübeck (DE)**

(54) **Druckaustauscher zur Übertragung von Druckenergie von einem ersten Flüssigkeitsstrom auf einen zweiten Flüssigkeitsstrom**

(57) Die Erfindung betrifft eine Druckaustauscher zur Übertragung von Druckenergie von einem ersten Flüssigkeitsstrom auf einen zweiten Flüssigkeitsstrom, mit einem Gehäuse, welches einen Eingang und einen Ausgang für den ersten Flüssigkeitsstrom sowie einen Eingang und einen Ausgang für den zweiten Flüssigkeitsstrom aufweist, einem in dem Gehäuse angeordneten Rotor, welcher eine Vielzahl von Kanälen aufweist, welche sich radial beabstandet von einer Drehachse des Rotors von einem ersten Axialende des Rotors zu einem entgegengesetzten zweiten Axialende des Rotors erstrecken, wobei der Rotor zu den Ein- und Ausgängen derart angeordnet ist, das die Kanäle bei Drehung des Rotors jeweils abwechselnd den Eingang für den ersten Flüssigkeitsstrom mit dem Ausgang für den zweiten Flüssigkeitsstrom und den Eingang für den zweiten Flüssigkeitsstrom mit dem Ausgang für den ersten Flüssigkeitsstrom verbinden, und einem Antriebsmotor, über welchen der Rotor drehend antreibbar ist, und Einstellmitteln zum Verändern der Drehzahl des Rotors.



**EP 2 078 867 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Druckaustauscher zur Übertragung von Druckenergie von einem ersten Flüssigkeitsstrom auf einen zweiten Flüssigkeitsstrom. Ein Derartiger Druckaustauscher ist beispielsweise aus EP 0 298 097 B1 bekannt und dient dazu, Druckenergie von einem ersten Flüssigkeitsstrom auf einen zweiten Flüssigkeitsstrom zu übertragen. Solche Druckaustauscher werden insbesondere in Meerwasserentsalzungsanlagen eingesetzt. In solchen Anlagen wird eingangsseitig Salzwasser unter Druck zugeführt. Das zugeführte Salzwasser strömt dann über Membranen, durch welche das entsalzte Wasser hindurchtritt und als zweiter Flüssigkeitsstrom abgeführt wird. Eingangsseitig der Membran entsteht eine höher konzentrierte Sole, welche unter Druck aus der Anlage austritt. Aufgabe des Druckaustauschers ist es, einen Teil der Druckenergie, welche diese austretende Sole enthält, zurückzugewinnen und dem zugeführten Salzwasser wieder zuzuführen, um den Energiebedarf der Anlage zu reduzieren.

**[0002]** Problematisch bei solchen Druckaustauschern der aus EP 0 298 097 B1 bekannten Bauart ist, dass es in dem Druckaustauscher zu einer unerwünschten Mischung von Salzwasser und Sole kommen kann, da beide Flüssigkeitsströme nicht vollständig voneinander getrennt sind.

**[0003]** Im Hinblick auf dieses Problem ist es Aufgabe der Erfindung, einen Druckaustauscher in der Weise zu verbessern, dass gleichzeitig ein möglichst hoher Wirkungsgrad und zuverlässiger Betrieb des Druckaustauschers erreicht wird und eine unerwünschte Vermischung der beiden Flüssigkeitsströme miteinander vermieden wird.

**[0004]** Diese Aufgabe wird durch einen Druckaustauscher mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung sowie den beigefügten Figuren.

**[0005]** Der erfindungsgemäße Druckaustauscher dient zur Übertragung von Druckenergie von einem ersten Flüssigkeitsstrom auf einen zweiten Flüssigkeitsstrom. Der erste Flüssigkeitsstrom kann beispielsweise eine Sole sein, welche aus einer Meerwasserentsalzungsanlage austritt, während der zweite Flüssigkeitsstrom ein Flüssigkeitsstrom von Salzwasser sein kann, welches der Meerwasserentsalzungsanlage zugeführt wird. Die Anwendung des erfindungsgemäßen Druckaustauschers ist jedoch nicht auf Meerwasserentsalzungsanlagen beschränkt, sondern kann auch bei anderen Anlagen, bei welchen Druckenergie von einem ersten Flüssigkeitsstrom auf einen zweiten übertragen werden soll, zum Einsatz kommen.

**[0006]** Der erfindungsgemäße Druckaustauscher weist ein Gehäuse auf, welches einen Eingang und einen Ausgang für den ersten Flüssigkeitsstrom sowie einen Eingang und einen Ausgang für einen zweiten Flüssigkeitsstrom aufweist. Dabei sind der Eingang und der Aus-

gang für den ersten Flüssigkeitsstrom vorzugsweise an einem ersten Axialende und der Eingang sowie der Ausgang für den zweiten Flüssigkeitsstrom an einem zweiten Axialende angeordnet. Ferner ist in dem Gehäuse ein Rotor angeordnet, welcher eine Vielzahl von Kanälen aufweist, welche sich radial beabstandet von einer Drehachse des Rotors von einem ersten Axialende des Rotors zu einem entgegengesetzten zweiten Axialende des Rotors erstrecken. Das heißt die Kanäle verbinden die beiden Axialenden des Rotors miteinander. Dabei ist eine Mehrzahl von Kanälen über den Umfang des Rotors verteilt. Der Rotor ist zu den Ein- und Ausgängen für den ersten Flüssigkeitsstrom sowie den zweiten Flüssigkeitsstrom derart angeordnet, dass die Kanäle bei Drehung des Rotors jeweils abwechselnd den Eingang für den ersten Flüssigkeitsstrom mit dem Ausgang für den zweiten Flüssigkeitsstrom und den Eingang für den zweiten Flüssigkeitsstrom mit dem Ausgang für den ersten Flüssigkeitsstrom verbinden. Der Druckaustauscher weist dazu an seinen Axialenden vorzugsweise Anschlusselemente auf, an welchen die beschriebenen Ein- und Ausgänge für die beiden Flüssigkeitsströme ausgebildet sind. Das heißt ein erstes Anschlusselement ist für den ersten Flüssigkeitsstrom an einem Axialende und ein zweites Anschlusselement für den zweiten Flüssigkeitsstrom am entgegengesetzten Axialende vorgesehen, wobei der Rotor in axialer Richtung zwischen den beiden Anschlusselementen gelegen ist. Darüber hinaus sind die Anschlusselemente so ausgebildet, dass die in Ihnen gelegenen Ein- und Ausgänge nicht direkt miteinander verbunden sind. Vielmehr sind die Ein- und Ausgänge jeweils dem Rotor zugewandt, sodass Sie mit den Kanälen im Rotor je nach Drehwinkel des Rotors fluchten können. Dieser Aufbau entspricht grundsätzlich dem aus EP 0 298 097 B1 bekannten Aufbau.

**[0007]** Die Funktionsweise des Drucküberträgers ist derart, dass von dem Eingang für den ersten Flüssigkeitsstrom dessen höherer Druck über einen oder mehrere Kanäle in dem Rotor zu dem Ausgang für den zweiten Flüssigkeitsstrom übertragen wird. Auf diese Weise wird Druckenergie von dem ersten Flüssigkeitsstrom auf den zweiten Flüssigkeitsstrom übertragen. Wenn der Rotor nun weiter gedreht wird, kommen die für die vorangehend beschriebene Druckenergieübertragung verantwortlichen Kanäle in eine Position, in welcher sie mit dem Eingang für den zweiten Flüssigkeitsstrom und mit dem Ausgang für den ersten Flüssigkeitsstrom fluchten. Dabei wird dann Druckenergie von dem Eingang des zweiten Flüssigkeitsstromes auf den Ausgang des ersten Flüssigkeitsstromes übertragen.

**[0008]** Üblicherweise ist der Volumenstrom des ersten Flüssigkeitsstromes mit höherem Druck geringer als der Volumenstrom des zweiten Flüssigkeitsstroms mit geringerem Druck. Ein Vermischen der Flüssigkeitsströme soll erfindungsgemäß insbesondere zwischen dem Eingang für den Flüssigkeitsstrom mit höherem Druck und dem Ausgang für den Flüssigkeitsstrom mit geringerem Druck vermieden werden. Bei Verwendung in einer

Meerwasserentsalzungsanlage wird von dem Ausgang für den zweiten Flüssigkeitsstrom, d.h. den Flüssigkeitsstrom mit dem geringeren Druck, das Salzwasser der Meerwasserentsalzungsanlage zugeführt. Aus diesem Grunde soll verhindert werden, dass ein Teil der Sole, welcher aus der Meerwasserentsalzungsanlage austritt und einen höheren Druck aufweist, in diesen zweiten Flüssigkeitsstrom übertritt, da in diesem Fall der Meerwasserentsalzungsanlage eine unnötig erhöhte Salzkonzentration zugeführt würde. Auf der anderen Seite des Druckaustauschers zwischen dem Ausgang für den ersten Flüssigkeitsstrom und dem Eingang für den zweiten Flüssigkeitsstrom ist es jedoch unproblematischer, wenn sich die Flüssigkeitsströme zu einem Teil vermischen, da dies lediglich bewirken würde, dass Flüssigkeit aus dem zweiten Flüssigkeitsstrom in den ersten Flüssigkeitsstrom übertritt. Im Fall des Einsatzes in einer Meerwasserentsalzungsanlage würde dies bedeuten, dass frisches Salzwasser in die austretende Sole übertritt, was in der Regel unproblematisch ist. Wenn der Volumenstrom des zweiten Flüssigkeitsstromes größer ist, wird es auf dieser Seite in der Regel immer zu einem Vermischen und einem gewissen Übertritt der zweiten Flüssigkeit in den Ausgang für den ersten Flüssigkeitsstrom kommen.

**[0009]** Zur Drehung des Rotors ist erfindungsgemäß ein Antriebsmotor, vorzugsweise ein elektrischer Antriebsmotor vorgesehen. Erfindungswesentlich ist, dass Einstellmittel vorhanden sind, mittels denen die Drehzahl des Rotors veränderbar ist. Dies kann insbesondere durch Veränderung der Drehzahl des Antriebsmotors erfolgen. Diese Einstellmittel ermöglichen eine Anpassung der Rotorgeschwindigkeit an die aktuellen Randbedingungen der Anlage, insbesondere an den aktuellen Volumenstrom von erstem Flüssigkeitsstrom und zweitem Flüssigkeitsstrom. Die Drehzahl des Rotors kann dabei so an die Volumenströme angepasst werden, dass eine optimale Druckübertragung erfolgt, ohne dass sich die Flüssigkeitsströme mehr als nötig miteinander vermischen. Beim Betrieb eines derartigen Druckaustauschers bildet sich in den Kanälen eine Mischzone, in welcher die beiden Flüssigkeitsströme miteinander in Kontakt kommen. Beim Austausch der Druckenergie wandert diese Mischzone in den Kanälen in axialer Richtung. Um ein wirkliches Vermischen der Flüssigkeitsströme zwischen dem Eingang für den ersten Flüssigkeitsstrom und dem Ausgang für den zweiten Flüssigkeitsstrom zu vermeiden, muss diese Mischzone jedoch vorteilhafterweise immer im Inneren des Kanals verbleiben. Gleichzeitig soll, um einen hohen Wirkungsgrad des Druckaustauschers zu erzielen, der Weg, um welchen diese Mischzone in axialer Richtung wandert, möglichst groß sein, vorzugsweise nahezu der gesamten Länge des Kanals in axialer Richtung entsprechen. Die Bewegung der Mischzone hängt jedoch von äußeren Parametern, insbesondere den Druckdifferenzen und den Volumenströmen sowie der Drehzahl des Rotors ab. Wenn nun die Drehzahl des Rotors veränderbar ist, ist es möglich, die

Drehzahl des Rotors immer so anzupassen, dass die Mischzone im Inneren des Kanals verbleibt und gleichzeitig der Wirkungsgrad maximiert wird.

**[0010]** Bevorzugt ist eine Steuer- oder Regeleinrichtung vorgesehen, über welche die Drehzahl des Rotors einstellbar ist. Dies erfolgt weiter bevorzugt automatisch, um den Druckaustauscher immer mit einer Rotordrehzahl zu betreiben, welche den maximalen Wirkungsgrad bei gegebenen Volumenströmen und Druckdifferenzen ermöglicht.

**[0011]** Weiter bevorzugt ist die Steuer- oder Regeleinrichtung derart ausgebildet, dass sie die Drehzahl des Rotors so einstellt, dass eine Mischzone, in welcher es zu einer Mischung zwischen dem ersten Flüssigkeitsstrom und dem zweiten Flüssigkeitsstrom kommt, stets im Inneren der Kanäle gelegen ist. Dadurch wird, wie beschrieben, ein Vermischen der Flüssigkeitsströme verhindert. Gleichzeitig führt die Steuerung oder Regelung derart aus, dass die axiale Strecke, um welche sich die Mischzone bei Drehung des Rotors bewegt, maximiert ist. Dies stellt den höchstmöglichen Wirkungsgrad sicher.

**[0012]** Zweckmäßigerweise ist ein Sensor zum Erfassen zumindest eines Parameters zumindest eines der Flüssigkeitsströme vorhanden und die Steuer- oder Regeleinrichtung derart ausgebildet, dass die Drehzahl des Antriebsmotors in Abhängigkeit des erfassten Parameters eingestellt wird. So wird eine automatische Anpassung der Rotordrehzahl an den erfassten Parameter möglich und der Betrieb des Druckaustauschers kann abhängig von dem erfassten Parameter im Bereich mit maximalem Wirkungsgrad erfolgen. Dabei kann die Einstellung und Anpassung der Rotordrehzahl über die Einstellung der Drehzahl des Antriebsmotors automatisch in Abhängigkeit des erfassten Parameters oder der erfassten Parameter erfolgen. Vorzugsweise sind mehrere Sensoren vorgesehen, um Parameter der Flüssigkeitsströme an verschiedenen Stellen beispielsweise am Ein- und Ausgang für den jeweiligen Flüssigkeitsstrom zu erfassen.

**[0013]** Der Sensor kann vorzugsweise ein Strömungssensor sein. Auf diese Weise kann die Strömungsgeschwindigkeit und damit der Volumenstrom erfasst werden und die Drehzahl des Antriebsmotors dann in Abhängigkeit des erfassten Volumenstroms eingestellt werden. Dabei kann ein Sensor im ersten Flüssigkeitsstrom und/oder im zweiten Flüssigkeitsstrom vorgesehen sein, um die Drehzahl des Antriebsmotors dann auf Grundlage des Volumenstroms des ersten Flüssigkeitsstroms und so einstellen zu können, dass ein optimaler Wirkungsgrad des Druckaustauschers erreicht wird. Auch wäre es möglich, Drucksensoren zur Druckerfassung vorzusehen und die Drehzahl auf Grundlage der erfassten Drücke einzustellen.

**[0014]** Alternativ oder zusätzlich kann ein Sensor vorgesehen sein, welcher ein Sensor zum Erfassen der Konzentration eines Stoffes und insbesondere des Salzge-

haltes in der Flüssigkeit ist. Über einen solchen Sensor kann direkt überwacht werden, ob es zu einem Vermischen der beiden Flüssigkeitsströme kommt. Sollte dies festgestellt werden, kann die Drehzahl des Antriebsmotors dann so angepasst werden, dass ein solches Vermischen nicht mehr auftritt, was dann wiederum von dem oder den Sensoren zur Konzentrationserfassung detektiert wird.

**[0015]** Vorzugsweise sind für zumindest einen der beiden Flüssigkeitsströme sowohl in dem Eingang als auch in dem Ausgang jeweils ein Sensor zum Erfassen der Stoffkonzentration vorgesehen und die Steuer- oder Regeleinrichtung ist zum Erfassen der Differenz zwischen den Stoffkonzentrationen an dem Eingang und dem Ausgang und zum Einstellen der Drehzahl des Antriebsmotors in Abhängigkeit der erfassten Differenz ausgebildet. Wenn der Druckaustausch zwischen zwei Flüssigkeiten bzw. Flüssigkeitsströmen, welche unterschiedlich starke Konzentrationen eines Stoffes beispielsweise einen unterschiedlichen Salzgehalt aufweisen, stattfindet, kann auf diese Weise festgestellt werden, ob es zu einem Mischen der Flüssigkeiten kommt. Wenn sich die Flüssigkeiten nicht mischen, sollten am Aus- und Eingang eines Flüssigkeitsstromes die Stoffkonzentration jeweils im Wesentlichen gleich sein, d. h. die erfasste Differenz ein Minimum aufweisen. Wenn die Differenz größer wird, deutet dies darauf hin, dass es zu einem unerwünschten Vermischen der beiden Flüssigkeitsströme kommt und die Drehzahl des Antriebsmotors kann von der Steuer- bzw. Regeleinrichtung entsprechend angepasst werden, um die Drehzahl des Antriebsmotors so einzustellen, dass es nicht zu einem Vermischen der Flüssigkeitsströme kommt.

**[0016]** Vorzugsweise ist die Regeleinrichtung dazu derart ausgebildet, dass sie die Drehzahl des Antriebsmotors so regelt, dass die Differenz der Stoffkonzentrationen ein Minimum erreicht. Auf diese Weise wird der Druckaustauscher immer so betrieben, dass es zu der geringstmöglichen Vermischung der beiden Flüssigkeitsströme kommt und gleichzeitig der maximale Wirkungsgrad erreicht werden kann.

**[0017]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform können Mittel zum Erfassen der Drehzahl des Rotors vorhanden sein, insbesondere ein Drehzahlsensor an dem Rotor angeordnet werden. Dies ermöglicht es, die aktuelle Rotordrehzahl zu erfassen und bei der Steuerung bzw. Regelung der Drehzahl zu berücksichtigen. Die Steuer- bzw. Regeleinrichtung kann somit eine Rückmeldung erhalten, wie hoch die tatsächliche Rotordrehzahl ist. Somit wird eine noch genauere Steuerung bzw. Regelung der Drehzahl des Antriebsmotors und damit Anpassung an die aktuellen Betriebsbedingungen möglich.

**[0018]** Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand der beigegeführten Figuren beschrieben. In diesen zeigt:

Fig. 1 eine schematische perspektivische Ansicht des

erfindungsgemäßen Druckaustauschers, wobei eines der axialen Anschlusselemente abgenommen ist,

5 Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines Anschlusselementes des Druckaustauschers gemäß Fig. 1,

Fig. 3 eine Schnittansicht des Druckaustauschers,

10 Fig. 4 eine Kurve, welche eine Differenz des Salzgehaltes aufgetragen über die Rotordrehzahl zeigt und

15 Fig. 5 eine Schnittansicht eines Druckaustauschers gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

**[0019]** Der geometrische Aufbau des Druckaustauschers entspricht im Wesentlichen dem beispielsweise aus EP 0 298 097 B1 bekannten Druckaustauscher. Der Druckaustauscher weist ein zylindrisches Gehäuse 2 auf, in dessen Inneren drehbar ein Rotor 4 angeordnet ist. Dabei ist der Rotor 4 um die Längsachse X von Gehäuse 2 und Rotor 4 drehbar. An den beiden Axialseiten ist das Gehäuse 2 jeweils durch ein Anschlusselement 6 verschlossen. Beide Anschlusselemente 6 sind identisch ausgebildet, zur Unterscheidung werden die beiden Anschlusselemente nachfolgend mit 6a und 6b bezeichnet. Ist keine Unterscheidung getroffen, bezieht sich die Beschreibung auf identisch ausgebildete Teile. Die Anschlusselemente 6 sind mit dem Gehäuse 4 verschraubt.

**[0020]** Der Rotor 4 weist eine Vielzahl von Kanälen 10 auf, welche sich im Rotor in axialer Richtung parallel zur Längsachse X erstrecken. Dabei sind die Kanäle 10 kreisförmig um die Längsachse X angeordnet. Im gezeigten Beispiel sind zwei konzentrische Ringe von Kanälen 10 vorgesehen. Diese Anordnung von zwei Ringen von Kanälen ist aus Stabilitätsgründen gewählt. Es ist zu verstehen, dass hier auch andere Anordnungen, beispielsweise nur ein Ring von z. B. dafür größeren Kanälen oder mehr als zwei Ringe von Kanälen gewählt werden können. Die Kanäle 10 verbinden die beiden Axialenden des Rotors 4 miteinander.

**[0021]** Jedes der Anschlusselemente 6 weist Anschlussstutzen 12 (12a, 12b) und 14 (14a, 14b) auf. Wie in Fig. 2 zu erkennen ist, sind die Anschlussstutzen 12 und 14 nicht miteinander verbunden. Vielmehr ist im Inneren des Anschlusselementes 6 eine Trennwand 16 ausgebildet, welche das Innere des Anschlusselementes 6 in zwei Teile teilt. So werden an der dem Rotor 4 zugewandten Fläche des Anschlusselementes 6 zwei bogenförmige durch die Trennwand 16 voneinander getrennte Ausnehmungen 18 (18a, 18b) und 20 (20a, 20b) gebildet. Dabei ist die Ausnehmung 18 mit dem Anschlussstutzen 12 und die Ausnehmung 20 mit dem Anschlussstutzen 14 verbunden.

**[0022]** Wie in Figur 3 zu erkennen ist, ist ein elektri-

scher Antriebsmotor 22 vorgesehen, welcher über eine Kupplung 24 mit der Rotorwelle 26 verbunden ist. Der Rotor 4 ist drehfest auf der Rotorwelle 26 angeordnet, sodass er durch den Antriebsmotor 22 gedreht werden kann. An der Rotorwelle 14 ist eine Wellendichtung 28 angeordnet. Die Wellendichtung 28 ist über den Kanal 30 mit der Ausnehmung 18b verbunden, um Flüssigkeit zur Schmierung zuzuführen. Ferner ist ein Kanal 32 vorgesehen, welcher ausgehend von der Ausnehmung 18a zu dem umfänglichen Raum 34 zwischen Rotor 4 und Gehäuse 2 führt, um Flüssigkeit aus diesen Raum herauszuleiten. Auf diese Weise kann Flüssigkeit, welche in diesem Raum eindringt, abgeführt und ein zu hoher Druck in diesem Raum verhindert werden. Auch ist ein Kanal 36 vorgesehen, welcher die Ausnehmung 18a mit dem Durchgangsloch im Rotor 4 verbindet, in welchem die Rotorwelle 26 gelegen ist. So kann auch Flüssigkeit aus diesem Durchgangsloch abgeführt werden, insbesondere zur Kühlung und Schmierung der Lagerung durch den Kanal 30 eintretende Flüssigkeit.

**[0023]** Die Funktionsweise des Druckaustauschers ist wie nachfolgend beschrieben. Die Anschlussstutzen 12a und 14a dienen zur Anbindung an ein Leitungssystem für einen ersten Flüssigkeitsstrom, während die Anschlüsse 12b und 14b zur Anbindung an ein Leitungssystem für einen zweiten Flüssigkeitsstrom dienen. Der erste Flüssigkeitsstrom ist beispielsweise der aus einer Meerwasserentsalzungsanlage ausgehende Solestrom, welcher noch eine große Druckenergie hat, die auf einen zweiten Flüssigkeitsstrom, welcher beispielsweise eine Strömung von Salzwasser ist, welches einer Meerwasserentsalzungsanlage zugeführt werden soll, übertragen wird. Der Anschlussstutzen 14a bildet einen Eingang für den unter dem Druck  $p_2$  stehenden ersten Flüssigkeitsstrom, beispielsweise Sole. Der Anschluss 12a bildet den Ausgang für den ersten Flüssigkeitsstrom mit geringerem Druck  $p_4$ .

**[0024]** Der Anschluss 14b bildet den Ausgang für den zweiten Flüssigkeitsstrom, beispielsweise das Salzwasser, während der Anschlussstutzen 12b den Eingang für den zweiten Flüssigkeitsstrom bildet. Der erste Flüssigkeitsstrom tritt mit einem Druck  $p_2$  in den Eingang 14a und die anschließende Ausnehmung 20a ein. Da der Druck  $p_2$  größer als der Druck  $p_1$  ist, welche die Flüssigkeit des zweiten Flüssigkeitsstromes am Ausgang 14b hat, strömt die Flüssigkeit ausgehend von dem Eingang 14a in die der Ausnehmung 20a zugewandten Kanäle 10 und überträgt so den Druck auf die zweite Flüssigkeit, welche sich in diesen Kanälen befindet, und auf die zweite Flüssigkeit in der Ausnehmung 20b und das an den Ausgang 14b anschließende Leitungssystem, da diese Kanäle 10 auch mit der Ausnehmung 20b fluchten.

**[0025]** In den Kanälen 10 kommen dabei die beiden Flüssigkeiten miteinander in Kontakt, wobei durch den höheren Druck  $p_2$  diese Kontaktzone in den Kanälen 10 zu dem Axialende bewegt wird, welches der Ausnehmung 20b des Anschlusselementes 6b zugewandt ist. Das heißt in dieser Position werden die Kanäle 10 weit-

gehend mit der ersten Flüssigkeit aus dem Eingang 14a gefüllt. Wenn nun der Rotor 4 gedreht wird, kommen diese Kanäle 10, welche zuerst zwischen den Ausnehmungen 20a und 20b gelegen haben, zwischen den Ausnehmungen 18a und 18b zu liegen. In der Ausnehmung 18b herrscht der Flüssigkeitsdruck  $p_3$  der eingehenden zweiten Flüssigkeit, welcher zwar geringer als der Druck  $p_2$ , aber höher ist als der Ausgangsdruck  $p_4$  der ersten Flüssigkeit in der Ausnehmung 18a. Dadurch strömt die zweite Flüssigkeit in die Kanäle 10 und drückt dabei die erste Flüssigkeit aus den Kanälen 10 weitgehend in die Ausnehmung 18a und über den Anschlussstutzen 12a in eine anschließende Rohrleitung. Dabei verlagert sich die Mischzone, in welcher die beiden Flüssigkeiten in den Kanälen 10 miteinander in Kontakt kommen, zu demjenigen Axialende der Kanäle 10, welches dem Anschlusselement 6a und dessen Ausnehmung 18a zugewandt ist. Da der Volumenstrom der zweiten Flüssigkeit größer ist als derjenige der ersten Flüssigkeit ist, kommt es auf dieser Seite des Druckaustauschers zu einem Vermischen der Flüssigkeiten, d.h. es tritt ein Teil der zweiten Flüssigkeit in die Ausnehmung 18a ein und die aus dem Anschluss 12a austretende Flüssigkeit ist mit einem Teil der eintretenden zweiten Flüssigkeit vermischt. Wenn der Rotor nun wieder in die erstbeschriebene Position dreht, sodass sich diese genannten Kanäle 10 wieder zwischen den Ausnehmungen 20a und 20b befinden, strömt dort wieder die erste Flüssigkeit in die Kanäle 10 ein und drückt die zweite Flüssigkeit zu dem Ausgang 14b für die zweite Flüssigkeit. So wird ein Teil der Druckenergie der ersten Flüssigkeit auf die zweite Flüssigkeit übertragen.

**[0026]** Es ist zu erkennen, dass der gesamte erste Flüssigkeitsstrom und der gesamte zweite Flüssigkeitsstrom durch die Kanäle 10 des Rotors 4 gefördert werden müssen. Erfindungsgemäß kann nun über den Antriebsmotor 22 die Drehzahl des Rotors 4 verändert werden, um die Rotordrehzahl dem ersten und dem zweiten Flüssigkeitsstrom anzupassen, sodass ein optimaler Wirkungsgrad erzielt wird, ohne dass es zu einer Vermischung der beiden Flüssigkeiten auf der Seite des Druckaustauschers mit höherem Druck, d.h. zwischen den Ausnehmungen 20a und 20b kommt. Eine Vermischung würde auftreten, wenn der Mischbereich, in welchem beide Flüssigkeiten miteinander in Kontakt kommen die Kanäle 10 an einem Axialende verlässt. Beispielsweise wenn der Rotor zu langsam drehen würde, könnte es passieren, dass die erste Flüssigkeit durch die Kanäle 10 zwischen den Ausnehmungen 20b und 20a in die Ausnehmung 20b überströmt bevor sich der Rotor weiter gedreht hat. Hier sollte die Rotordrehzahl so angepasst sein, dass solches Überströmen nicht auftritt. Wenn allerdings die Rotordrehzahl zu schnell ist, tritt zu wenig Flüssigkeit in die Kanäle 10 ein. So würden beispielsweise die Kanäle 10 zwischen den Ausnehmungen 20a und 20b ausgehend von der Ausnehmung 20a nur zu einem kleinen Teil mit der ersten Flüssigkeit gefüllt, bevor sich der Rotor weiterdreht. Dies verschlechtert den Wirkungs-

grad, da dann die Druckenergie nur zu einem geringen Teil von der ersten Flüssigkeit auf die zweite Flüssigkeit übertragen werden kann. Ein optimaler Wirkungsgrad wird dann erreicht, wenn der Kontakt bzw. Mischbereich, in welchem die beiden Flüssigkeiten in den Kanälen 10 miteinander in Kontakt sind, bei der Drehung des Rotors von der Position zwischen den Ausnehmungen 20a und 20b zu der Position zwischen den Ausnehmungen 18a und 18b im Wesentlichen über die vollständige axiale Länge der Kanäle 10 wandert.

**[0027]** Um eine optimale Regelung zu erreichen, sind in den Ausnehmungen 18b und 20b Sensoren 38 zum Erfassen des Salzgehaltes angeordnet. Die Sensoren könnten auch zum Erfassen der Konzentration eines anderen Stoffes als Salz ausgebildet sein, je nach Einsatzort des Druckaustauschers. Die Sensoren 38 sind über Kabel oder kabellos mit einer Steuer- bzw. Regeleinrichtung 39 verbunden, welche die Drehzahl des Antriebsmotors 22 steuert oder regelt. Die Steuer- bzw. Regeleinrichtung 39 bestimmt aus den Ausgangssignalen der Sensoren 38 die Differenz zwischen den Stoffkonzentrationen bzw. den Salzgehalten. So kann eine Änderung des Salzgehaltes in einer durch den Anschlussstutzen 12b einströmenden und durch den Anschlussstutzen 14b ausströmenden zweiten Flüssigkeit erfasst werden. Wenn nun beispielsweise die erste Flüssigkeit, welche durch den Anschlussstutzen 14a zu- und durch den Anschlussstutzen 12a abgeführt wird, einen höheren Salzgehalt als die zweite Flüssigkeit aufweist, was bei dem beschriebenen Beispiel aus einer Meerwasserentsalzungsanlage der Fall ist, würde es bei einer Vermischung von erster und zweiter Flüssigkeit zu einer Erhöhung des Salzgehaltes in der zweiten Flüssigkeit kommen. Wenn die erste Flüssigkeit ausgehend von der Ausnehmung 20a durch die Kanäle 10 bis in die Ausnehmung 20b überströmen würde, würde dies in der Ausnehmung 20b zu einem erhöhten Salzgehalt der zweiten Flüssigkeit führen. Das heißt der Salzgehalt in der Ausnehmung 20b wäre höher als in der Ausnehmung 18b in welcher sich die eintretende zweite Flüssigkeit befindet. Es wäre somit über die Sensoren 38 eine Differenz des Salzgehaltes zu erfassen.

**[0028]** In Fig. 4 ist die Differenz des Salzgehaltes 40 über die Rotordrehzahl 42 aufgetragen. Es ist zu erkennen, dass diese Kurve 44 ein Minimum 43 aufweist. Dieses Minimum 43 ist der optimale Betriebspunkt, bei welchem es zu einer geringstmöglichen Vermischung der beiden Flüssigkeitsströme kommt. Bei zu geringer Drehzahl kommt es zu einer Vermischung durch Überströmen der Flüssigkeit von der Ausnehmung 20a in die Ausnehmung 20b. Bei zu hoher Drehzahl kommt es ebenfalls zu einem Anstieg der Differenz des Salzgehaltes zwischen Ein- und Ausgang für die zweite Flüssigkeit, da es zu einer zunehmenden Vermischung der ersten und der zweiten Flüssigkeit in den Kanälen 10 kommt, da die Kanäle 10, nicht wie zuvor beschrieben abwechselnd im Wesentlichen vollständig mit der ersten und der zweiten Flüssigkeit gefüllt werden. Vielmehr verbleibt immer ein

Teil der Flüssigkeit in den Kanälen, sodass es hier zu einer Mischung und einem geringem Anstieg des Salzgehaltes im Ausgang für die zweite Flüssigkeit kommt.

**[0029]** Die Regelung der Drehzahl des Rotors 2 über die Drehzahl des Antriebsmotors 22 erfolgt nun wie folgt. Zunächst wird eine Drehzahl gewählt, welche höher als die Drehzahl 47 bei der minimalen Differenz 43 ist. Ausgehend von dieser Drehzahl wird die Drehzahl zunächst verringert, solange die Sensoren 38 eine abnehmende Differenz des Salzgehaltes ermitteln. Dies ist in dem Diagramm in Fig. 4 durch die gestrichelten Pfeile 45 angedeutet. Wenn nun ein Anstieg der Differenz des Salzgehaltes erfasst wird, wird die Rotordrehzahl wieder erhöht, wie durch den Pfeil 46 in Fig. 4 gezeigt ist. Auf diese Weise kann die Drehzahl auf die Drehzahl 47 bei dem Minimum 43 der Differenz des Salzgehaltes zwischen den Sensoren 38 eingeregelt werden.

**[0030]** In dem Fall, dass die Kurve 44 so verläuft, dass sie bei höherer Rotordrehzahl eine Gerade bildet und somit kein globales Minimum aufweist, kann die Regelung in der Weise erfolgen, dass die Drehzahl möglichst gering eingestellt wird. Dabei wird die Drehzahl soweit reduziert, dass es gerade nicht zu einer Erhöhung der Differenz des Salzgehaltes 40 kommt.

**[0031]** Alternativ zu einer Drehzahlregelung über die Erfassung des Salzgehaltes in der vorangehend beschriebenen Weise, ist es auch möglich, die Drehzahl über den Volumenstrom zu regeln, indem die Volumenströme der ersten und/oder der zweiten Flüssigkeit erfasst werden und in Abhängigkeit eines oder beider Volumenströme die Drehzahl eingestellt werden. Hierzu kann in der Steuerung eine Tabelle mit einer Zuordnung von Drehzahlen zu Volumenströmen hinterlegt sein.

**[0032]** Fig. 5 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, welche sich von der vorangehend, anhand von Fig. 3 beschriebenen Ausführungsform nur darin unterscheidet, dass in den Kanälen 10 kugelförmige Sperrelemente 48 angeordnet sind. Die Sperrelemente 48 sind in den Kanälen 10 entlang deren Längsachse bewegbar. An den axialen Enden der Kanäle 10 sind Anschlagringe 50 vorgesehen, welche verhindern, dass die Sperrelemente 48 aus den Kanälen 10 axialseitig austreten können. Die Sperrelemente 48 verhindern, dass die erste und die zweite Flüssigkeit in den Kanälen 10 direkt miteinander in Kontakt kommen. Ein geringer Kontakt wird dabei jedoch toleriert, da zu verstehen ist, dass die Sperrelemente 48 aufgrund ihrer Bewegbarkeit nicht immer völlig dichtend in den Kanälen angeordnet sein können. Beim Betrieb des Druckaustauschers gemäß dieser Ausführungsform bewegen sich die Sperrelemente 48, wenn die Kanäle 10 zwischen den Ausnehmungen 20a und 20b gelegen sind, idealerweise zunächst bis zu demjenigen Axialende der Kanäle 10, welches dem Anschlusselement 6b zugewandt ist, sodass die Sperrelemente 48 an den Anschlagringen 50 an diesem Axialende zu liegen kommen. Wenn der Rotor dann in eine Position dreht, dass diese Kanäle 10 zwischen den Ausnehmungen 18a und 18b gelegen sind, werden die Sper-

relemente 48 zum entgegengesetzten Ende des Rotors 4 bewegt und kommen an den Anschlagringen 50, welche dem Anschlusselement 6a zugewandt sind, zur Anlage. Alle übrigen Elemente und die Funktionsweise entsprechen der vorangehend anhand von Fig. 3 erläuterten Funktionsweise.

### Bezugszeichenliste

#### [0033]

2 -	Gehäuse
4 -	Rotor
6a, 6b -	Anschlusselemente
10 -	Kanäle
12a, 12b	
14a, 14b -	Anschlussstutzen
16 -	Trennwand
18a, 18b	
20a, 20b -	Ausnehmungen
22 -	Antriebsmotor
24 -	Kupplung
26 -	Rotorwelle
28 -	Wellendichtung
30, 32 -	Kanäle
34 -	Raum
36 -	Kanal
38 -	Sensoren
39 -	Steuer- oder Regeleinrichtung
40 -	Differenz des Salzgehaltes
42 -	Rotordrehzahl
43 -	Minimum
44 -	Kurve
45, 46 -	Pfeile
47 -	Drehzahl
48 -	Sperrelemente
50 -	Anschlagringe
X -	Längsachse

### Patentansprüche

1. Druckaustauscher zur Übertragung von Druckenergie von einem ersten Flüssigkeitsstrom auf einen zweiten Flüssigkeitsstrom, mit einem Gehäuse (2), welches einen Eingang (14a) und einen Ausgang (12a) für den ersten Flüssigkeitsstrom sowie einen Eingang (14b) und einen Ausgang (12b) für den zweiten Flüssigkeitsstrom aufweist, einem in dem Gehäuse (2) angeordneten Rotor (4), welcher eine Vielzahl von Kanälen (10) aufweist, welche sich radial beabstandet von einer Drehachse (X) des Rotors (4) von einem ersten Axialende des Rotors (4) zu einem entgegengesetzten zweiten Axialende des Rotors (4) erstrecken, wobei der Rotor (4) zu den Ein- und Ausgängen (12, 14) derart angeordnet ist, dass die Kanäle (10) bei Drehung des Rotors (4) jeweils abwechselnd den Eingang (14a)

für den ersten Flüssigkeitsstrom mit dem Ausgang (14b) für den zweiten Flüssigkeitsstrom und den Eingang (12b) für den zweiten Flüssigkeitsstrom mit dem Ausgang (12a) für den ersten Flüssigkeitsstrom verbinden, und einem Antriebsmotor (22), über welchen der Rotor (4) drehend antreibbar ist, **gekennzeichnet durch** Einstellmittel zum Verändern der Drehzahl des Rotors.

2. Druckaustauscher nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** eine Steuer- oder Regeleinrichtung über welche die Drehzahl des Antriebsmotors (22) einstellbar ist.

3. Druckaustauscher nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuer- oder Regeleinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie die Drehzahl des Rotors (4) so einstellt, dass eine Mischzone, in welcher es zu einer Mischung zwischen dem ersten Flüssigkeitsstrom und dem zweiten Flüssigkeitsstrom kommt, stets im Inneren der Kanäle (10) gelegen ist.

4. Druckaustauscher nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sensor (38) zum Erfassen zumindest eines Parameters zumindest eines der Flüssigkeitsströme vorhanden ist und die Steuer- oder Regeleinrichtung derart ausgebildet ist, dass die Drehzahl des Antriebsmotors (22) in Abhängigkeit des erfassten Parameters eingestellt wird.

5. Druckaustauscher nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor ein Strömungssensor ist.

6. Druckaustauscher nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor ein Sensor (38) zum Erfassen der Konzentration eines Stoffes und insbesondere des Salzgehaltes in der Flüssigkeit ist.

7. Druckaustauscher nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest für einen der beiden Flüssigkeitsströme sowohl in dem Eingang (12b) als auch in dem Ausgang (14b) jeweils ein Sensor (38) zum Erfassen der Stoffkonzentration vorgesehen ist und die Steuer- oder Regeleinrichtung zum Erfassen der Differenz (44) zwischen den Stoffkonzentrationen an dem Eingang (12b) und dem Ausgang (14b) und zum Einstellen der Drehzahl des Antriebsmotors (22) in Abhängigkeit der erfassten Differenz (44) ausgebildet ist.

8. Druckaustauscher nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung derart

ausgebildet ist, dass sie die Drehzahl des Antriebsmotors (22) so regelt, dass die Differenz (44) der Stoffkonzentrationen ein Minimum (43) erreicht.

9. Druckaustauscher nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mittel zum Erfassen der Drehzahl des Rotors (4) vorhanden sind.

10

15

20

25

30

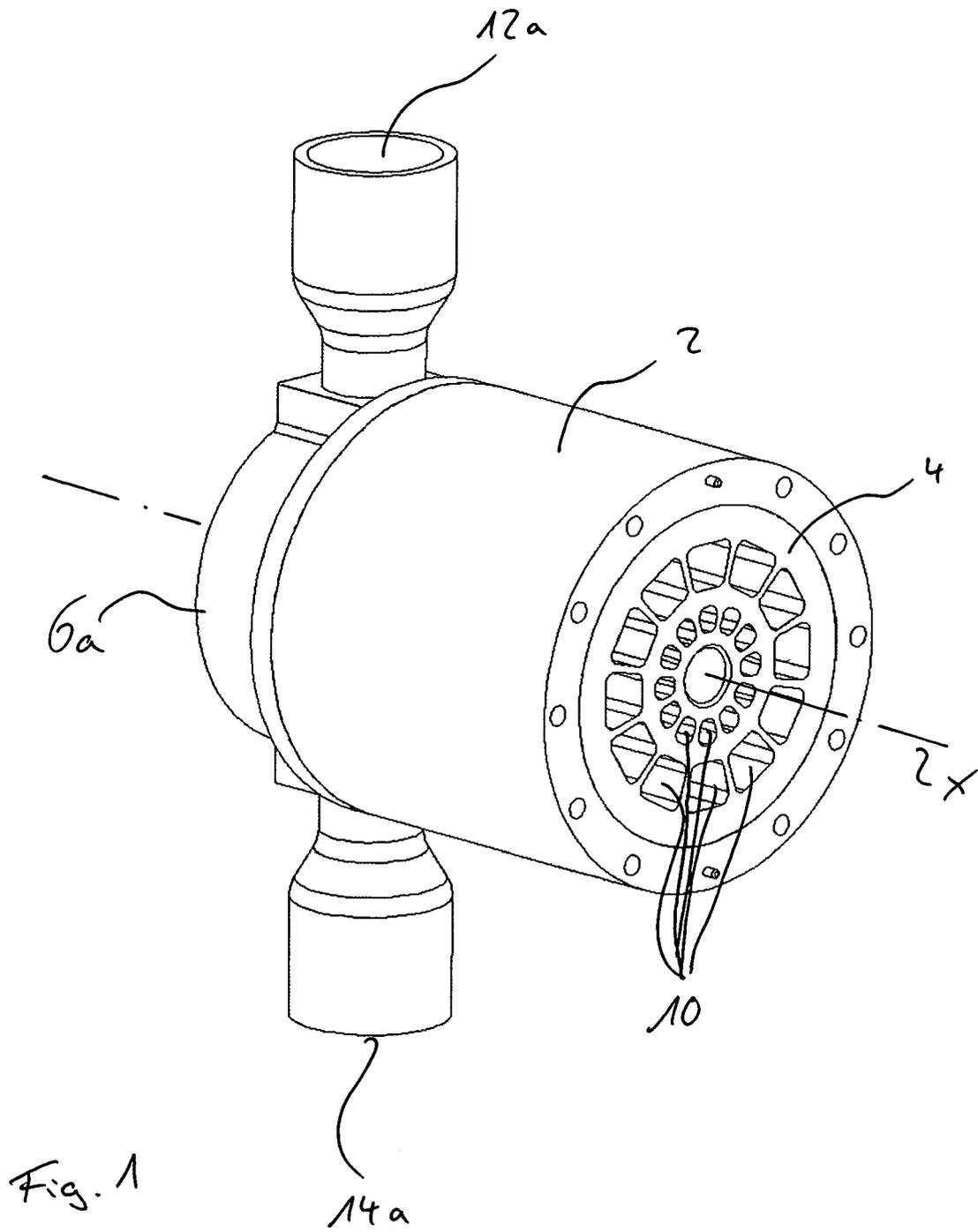
35

40

45

50

55



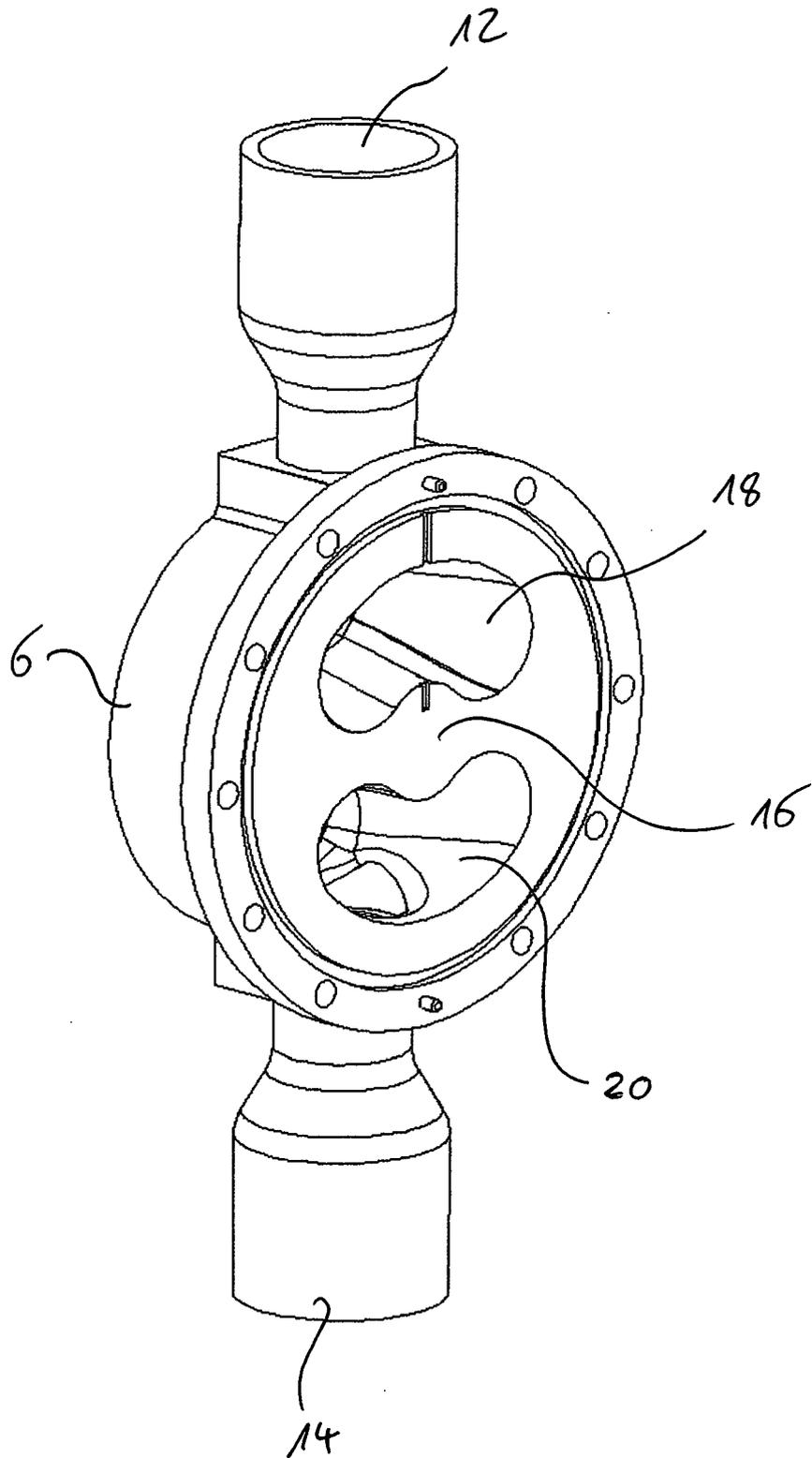


Fig. 2

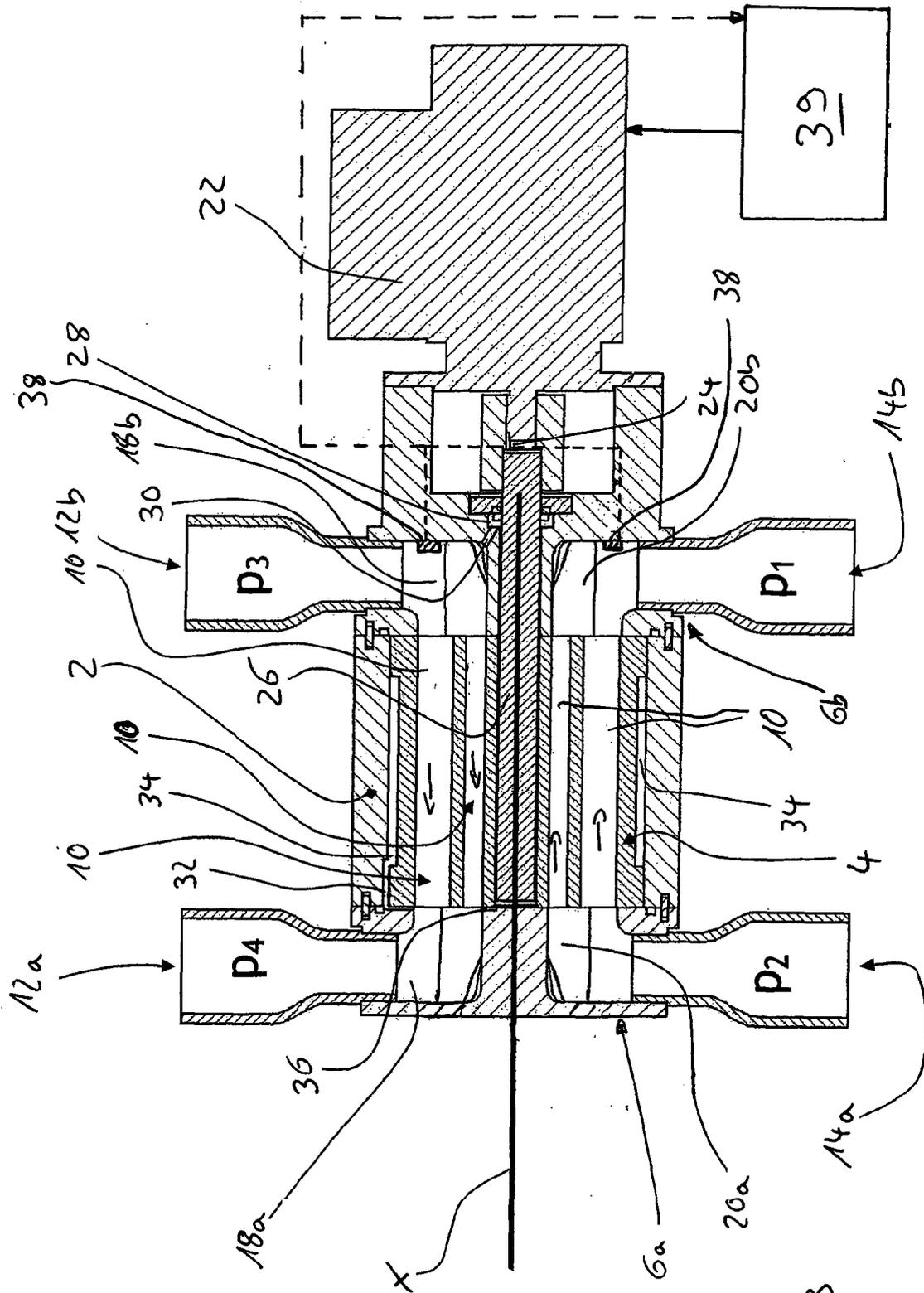


Fig. 3

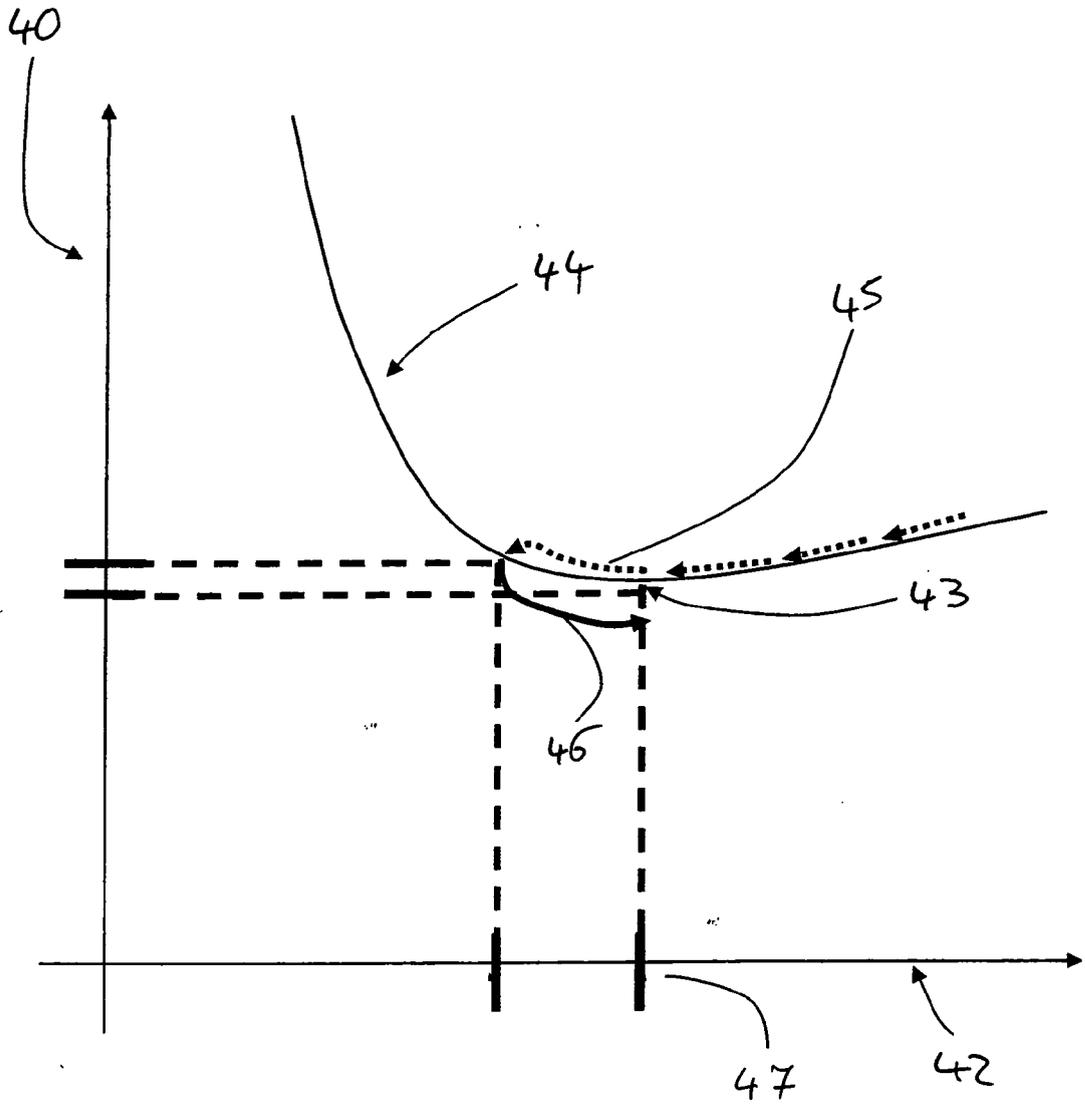
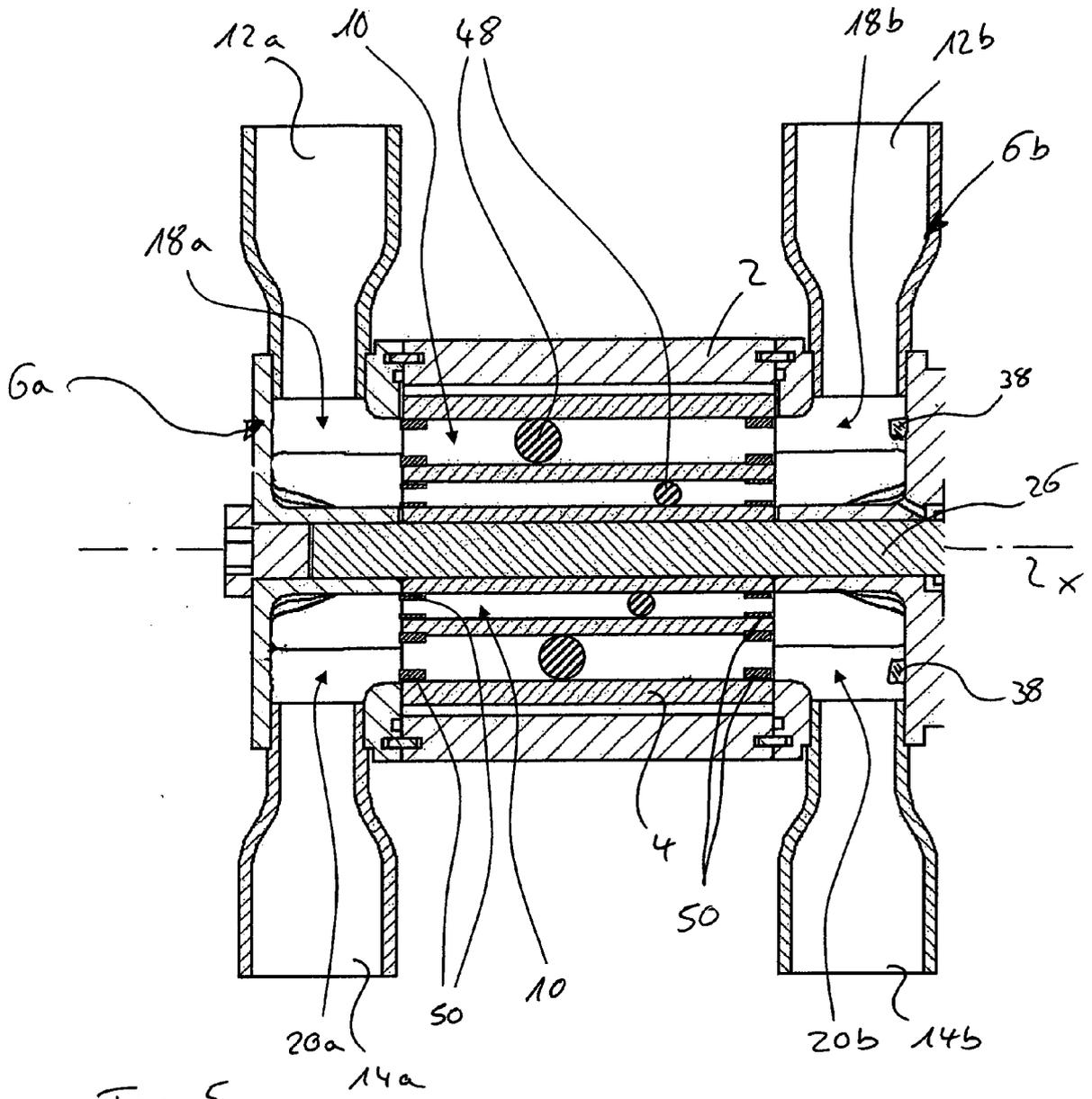


Fig. 4





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2006/015682 A (KLEIN SCHANZLIN & BECKER AG [DE]; BROSS STEPHAN [DE]; KOCHANOWSKI WOLF) 16. Februar 2006 (2006-02-16)	1-5,9	INV. F04F11/02
Y	* Seite 6, Zeile 1 - Zeile 20 * * Seite 9, Zeile 31 - Seite 12, Zeile 14; Abbildungen 8-10 *	6-8	
X	----- EP 1 508 361 A (DANFOSS AS [DK]) 23. Februar 2005 (2005-02-23) * Zusammenfassung * * Absatz [0022] - Absatz [0026] * * Absatz [0029] - Absatz [0030] * * Abbildungen 1,5 *	1,2,9	
X	----- WO 97/20134 A (BLANK OTTO [AT]; BUHA GERALD [AT]; MAYER ANDREAS [CH]) 5. Juni 1997 (1997-06-05) * Zusammenfassung * * Seite 7, Zeile 27 - Seite 9, Zeile 18 * * Abbildung 1 *	1,2,4,9	
Y	----- JP 62 055418 A (MAZDA MOTOR) 11. März 1987 (1987-03-11)	6-8	RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (IPC)
A	* Zusammenfassung * * Abbildung 1 *	1-5,9	F04F
A	----- EP 0 298 097 B1 (HAUGE LEIF J) 12. August 1992 (1992-08-12) * Spalte 1, Zeile 53 - Spalte 5, Zeile 47; Abbildungen *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
Den Haag		25. April 2008	
		Prüfer	
		Kolby, Lars	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 07 02 3903

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-04-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2006015682 A	16-02-2006	DE 102004038440 A1	16-03-2006
		EP 1778983 A1	02-05-2007
		US 2007137170 A1	21-06-2007
-----	-----	-----	-----
EP 1508361 A	23-02-2005	WO 2005018782 A1	03-03-2005
-----	-----	-----	-----
WO 9720134 A	05-06-1997	AT 408785 B	25-03-2002
		AT 196095 A	15-07-2001
		AT 194209 T	15-07-2000
		AU 7685196 A	19-06-1997
		DE 59605519 D1	03-08-2000
		EP 0864035 A1	16-09-1998
		US 6158422 A	12-12-2000
-----	-----	-----	-----
JP 62055418 A	11-03-1987	JP 1849278 C	07-06-1994
		JP 5063613 B	10-09-1993
-----	-----	-----	-----
EP 0298097 B1	12-08-1992	CA 1319563 C	29-06-1993
		DK 492488 A	05-09-1988
		EP 0298097 A1	11-01-1989
		FR 2609311 A1	08-07-1988
		JP 1502208 T	03-08-1989
		JP 2858121 B2	17-02-1999
		WO 8805133 A1	14-07-1988
US 4887942 A	19-12-1989		
-----	-----	-----	-----

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 0298097 B1 [0001] [0002] [0006] [0019]