

(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  
30. Mai 2002 (30.05.2002)

PCT

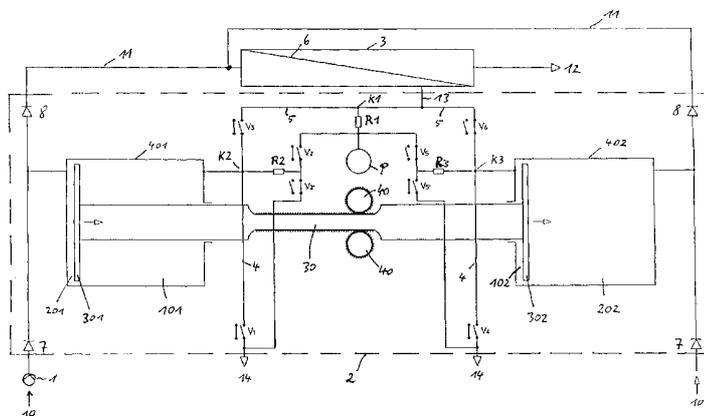
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/41979 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: B01D 61/06, 61/10, 13/00, C02F 1/00 (71) Anmelder und (72) Erfinder: WOBEN, Aloys [DE/DE]; Argestrasse 19, 26607 Aurich (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/08271 (74) Anwalt: KECK, Stephan; Eisenführ, Speiser & Partner, Martinstrasse 24, 28195 Bremen (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 18. Juli 2001 (18.07.2001) (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI,
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (30) Angaben zur Priorität: 100 57 613.3 21. November 2000 (21.11.2000) DE
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DESALTING WATER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ENTSALZEN VON WASSER



(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for desalting water with reverse osmosis, especially for desalting seawater. According to said method, the saltwater (10) is fed into a pressure compensation device (2) at a first pressure ( $p_1$ ) and is then led from said pressure compensation device (2) into a membrane module (3) at a second, higher pressure ( $p_2$ ). Desalted water (12) and concentrated saltwater (13) are guided out of the membrane module (3) and the concentrated saltwater (13) from the membrane module (3) is continuously fed into the pressure compensation device at approximately the second pressure ( $p_2$ ). Here, said concentrated saltwater is used to subject the saltwater (10) that is fed into the pressure compensation device (2) to approximately the second pressure ( $p_2$ ) and to feed the saltwater (11) into the membrane module (3). The introduction of the concentrated saltwater (13) into the pressure compensation device (2) and the guiding of the concentrated saltwater (14) out of the pressure compensation device (2) takes place by means of controlled main valves (V1, V3, V4, V6). Said main valves are subjected to a considerable mechanical load, especially during opening and closing. In order to reduce or avoid this, the invention provides that secondary valves (V2, V2', V5, V5') that are situated parallel to the main valves (V1, V3, V4, V6) are controlled in such a way that the load peaks are reduced for opening and/or closing the main valves (V1, V3, V4, V6).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Entsalzen von Wasser mit der Umkehrosmose, insbesondere zum Entsalzen von Meerwasser, bei dem Salzwasser (10) unter einem ersten Druck ( $p_1$ ) in eine Druckausgleichsvorrichtung (2) eingeleitet und von der Druckausgleichsvorrichtung (2) unter einem zweiten, höheren Druck ( $p_2$ ) in ein Membranmodul (3) geleitet wird, wobei aus dem Membranmodul (3) entsalztes Wasser (12) und konzentriertes Salzwasser (13) ausgeleitet wird, wobei das aus dem Membranmodul (3) ausgeleitete konzentrierte Salzwasser (13) unter etwa dem zweiten Druck ( $p_2$ )

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/41979 A1



SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU,  
ZA, ZW.

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

**(84) Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

in die Druckausgleichsvorrichtung (2) kontinuierlich eingeleitet und dort zur Beaufschlagung des in die Druckausgleichsvorrichtung (2) eingeleiteten Salzwassers (10) mit etwa dem zweiten Druck ( $p_2$ ) und zur Einleitung des Salzwassers (11) in das Membranmodul (3) benutzt wird und wobei die Einleitung des Konzentrierten Salzwassers (13) in die Druckausgleichsvorrichtung (2) und die Ableitung des konzentrierten Salzwassers (14) aus der Druckausgleichsvorrichtung (2) mittels gesteuerter Hauptventile (V1, V3, V4, V6) erfolgt. Dabei sind die Hauptventile insbesondere beim Öffnen und Schließen der Ventile einer hohen mechanischen Belastung ausgesetzt. Um diese zu verringern bzw. zu vermeiden, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass parallel zu den Hauptventilen (V1, V3, V4, V6) angeordnete Nebenventile (V2, V2', V5, V5') derart gesteuert werden, dass Belastungsspitzen beim Öffnen und/oder Schließen der Hauptventile (V1, V3, V4, V6) gemindert werden.

---

## Verfahren und Vorrichtung zum Entsalzen von Wasser

---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Entsalzen von Wasser mit der Umkehrosmose gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Ein solches Verfahren und eine solche Vorrichtung sind in der deutschen Patentanmeldung 199 33 147.2 beschrieben. Dabei wird das Salzwasser unter einem ersten Druck in eine Druckausgleichsvorrichtung eingeleitet und von der Druckausgleichsvorrichtung unter einem zweiten, höheren Druck in ein Membranmodul eingeleitet, wobei aus dem Membranmodul entsalztes Wasser und konzentriertes Salzwasser ausgeleitet wird. Entsalztes Wasser ist dabei als Wasser mit gegenüber dem in die Vorrichtung eingeleiteten Salzwasser reduziertem Salzgehalt zu verstehen. Um dabei den Wirkungsgrad und somit die Energiebilanz bei einem solchen Verfahren und einer solchen Vorrichtung zu erhöhen, wird dort vorgeschlagen, das aus dem Membranmodul ausgeleitete konzentrierte Salzwasser unter dem zweiten Druck in die Druckausgleichsvorrichtung kontinuierlich einzuleiten und dort zur Beaufschlagung des in die Druckausgleichsvorrichtung eingeleiteten Salzwassers mit dem

zweiten Druck und zur Einleitung des Salzwassers in das Membranmodul zu benutzen. Die Einleitung des konzentrierten Salzwassers in die Druckausgleichsvorrichtung erfolgt durch Rückschlagventile, und die Ableitung des konzentrierten Salzwassers aus der Druckausgleichsvorrichtung erfolgt dabei mittels gesteuerter Hauptventile. Diese gesteuerten Hauptventile sind bevorzugt aktiv steuerbar und in entsprechenden Verbindungsleitungen zwischen dem Membranmodul und der Druckausgleichsvorrichtung bzw. zwischen der Druckausgleichsvorrichtung und dem Ausgang des konzentrierten Salzwassers angeordnet.

Ein eingangs genanntes Verfahren und eine eingangs genannte Vorrichtung sind auch aus der EP O 028 913 bekannt. Zum Ausgleich von Druckverlusten ist dort eine Pumpe vorgesehen.

Aus der DE 24 48 985 ist die Rückgewinnung von Energie aus einer hochgespannten Flüssigkeit mittels eines mit dieser Flüssigkeit betriebenen Wassermotors bekannt. Dabei sind wiederum gegenphasig arbeitende Zylinder/Kolben-Kombinationen vorgesehen, die jedoch über Pleuelstangen mechanisch mit einer Kurbelwelle in Verbindung stehen, die wiederum von einem Antrieb angetrieben wird, um Druckverluste auszugleichen. Diesem System sind jedoch einige Nachteile immanent, wie zum Beispiel eine komplizierte Lagerung und Führung der Kolben und Pleuelstangen, da diese durch die Kurbelwelle Bewegungen in zwei Richtungen unterworfen werden.

Bei den bekannten Verfahren und den bekannten Vorrichtungen werden die Hauptventile mit einem hohen Druck beaufschlagt. Werden die Hauptventile betätigt, entsteht gerade im ersten Moment der Öffnung bzw. im letzten Moment des Schließens eines solchen Hauptventils eine hohe mechanische Beanspruchung. Da diese Hauptventile jedoch für eine große Durchflussmenge ausgelegt sind, müssen sie entsprechend groß und massebehaftet sein.

Da die Hauptventile aufgrund ihrer Größe und Masse relativ langsam sind, sind sie insbesondere zu Beginn des Öffnungsvorgangs und am Ende des Schließvorgangs relativ lange großen Druckänderungen ausgesetzt. Da derartige Vorrichtungen möglichst ohne Unterbrechung arbeiten sollen, stehen diese Hauptventile also unter einer hohen Dauerbelastung, einerseits durch den Betrag und die Dauer der Belastung und andererseits durch die Häufigkeit der Lastspiele, so dass sie entsprechend schnell verschleissen.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, das eingangs genannte Verfahren bzw. die eingangs genannte Vorrichtung hinsichtlich der genannten Nachteile zu verbessern und so auszugestalten, dass die Hauptventile weniger verschleissen.

Diese Aufgabe wird ausgehend von dem eingangs genannten Verfahren und der eingangs genannten Vorrichtung durch das Verfahren gemäß Anspruch 1 bzw. durch die Vorrichtung gemäß Anspruch 15 gelöst.

Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zugrunde, dass insbesondere beim Öffnen und Schließen der Hauptventile Belastungsspitzen auftreten, die es zu vermeiden gilt. Dies wird mittels der erfindungsgemäß vorgesehenen Nebenventile, die auch als Bypass-Ventile bezeichnet werden können, erreicht, über die ein Teil des beim Öffnen bzw. Schließen der Hauptventile auftretenden Druckes um die Hauptventile geleitet wird. Dazu sind geeignete Nebenleitungen um die Hauptventile vorgesehen, in denen die Nebenventile angeordnet sind.

Bevorzugt werden die Nebenventile so gesteuert, dass sie kurz vor dem Öffnen bzw. Schließen der Hauptventile geöffnet werden und/oder dass sie nur während des Öffnungs- bzw. Schließvorgangs der Hauptventile geöffnet sind. Ansonsten sind die Nebenventile normalerweise geschlossen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung weisen die Nebenventile einen geringeren Querschnitt auf als die Hauptventile. Der Querschnitt der Nebenventile kann sogar deutlich geringer sein als der Querschnitt der Hauptventile, und die Nebenventile

können eine erheblich höhere Druckresistenz aufweisen. Damit kann durch eine geeignete Steuerung der Nebenventile die Belastung der Hauptventile deutlich verringert und damit deren Lebensdauer proportional erhöht werden.

In einer alternativen Ausgestaltung der Erfindung kann der Querschnitt der Nebenventile beliebig gewählt sein. Über den Querschnitt der Nebenventile kann auch ein Beitrag zum Flüssigkeitstransport geliefert werden, was durch entsprechende Steuerungen vorgesehen sein kann. Dies bedeutet, dass die Nebenventile zur selben Zeit geöffnet bzw. geschlossen sind wie die entsprechend parallel dazu angeordneten Hauptventile mit dem Unterschied, dass die Nebenventile etwas früher als die parallelen Hauptventile geöffnet und etwas später als die parallelen Hauptventile geschlossen werden, um diese zu entlasten.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist ein Druckbehälter vorgesehen, der mit dem Ausgang zur Ableitung des konzentrierten Salzwassers aus dem Membranmodul und mit dem Eingang der Druckausgleichsvorrichtung verbunden ist. Dieser Druckbehälter ist daher mit dem selben Druck beaufschlagt, wie das konzentrierte Salzwasser selbst. Zweck dieses Druckbehälters ist es, die bei den Ventilbetätigungen in Folge von Volumenverlusten unvermeidlich auftretenden Druckschwankungen auszugleichen, um einen möglichst konstanten Betriebsdruck im Membranmodul sicherzustellen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind Durchflussmengenbegrenzer in den Zuleitungen zu den Nebenventilen vorgesehen, die einen abrupten Druckausgleich verhindern, indem sie die maximale Durchflussmenge begrenzen und somit zu einem allmählichen Druckausgleich und damit zu langsamen Druckänderungen anstelle schlagartiger Schwankungen beitragen. Diese können unterschiedlich dimensioniert sein, um die "Strömungswiderstände" unterschiedlich groß auszugestalten. Die Durchflussmengenbegrenzer können auch in die Nebenventile integriert sein, da diese ohnehin einen geringen Querschnitt aufweisen.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Druckausgleichsvorrichtung zwei gegenphasig arbeitende Kolben/Zylinder-Vorrichtungen aufweist und dass die Kolben der Kolben/Zylinder-Vorrichtungen durch eine Kolbenstange verbunden sind. Eine solche Kolbenstange und deren Funktion ist aus der EP 0 028 913 bekannt. Anders als bei dieser bekannten Kolbenstange ist bei dieser Weiterbildung der Erfindung jedoch keine Pumpe zum Ausgleich von Druckverlusten vorgesehen.

Vielmehr ist in einer weiterführenden Ausgestaltung der Erfindung ein Antrieb für die Kolbenstange vorgesehen, um Druckverluste auszugleichen. Dieser Antrieb kann beispielsweise darin bestehen, dass die Kolbenstange in einem mittleren Abschnitt eine Verzahnung aufweist, in welche Ritzel eingreifen, die auf geeignete Weise angetrieben werden. Dadurch kann der gewünschte Betriebsdruck aufrechterhalten werden.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann eine einen hohen Druck aufbringende Hochdruckpumpe gänzlich entfallen und durch eine einen wesentlich niedrigeren Druck aufbringende Pumpe ersetzt werden, wenn der Druck, den das konzentrierte Salzwasser am Ausgang des Membranmoduls zwangsläufig aufweist, durch kontinuierliche Rückführung dieses konzentrierten Salzwassers in die Druckausgleichsvorrichtung zur Druckbeaufschlagung des in die Druckausgleichsvorrichtung eingepumpten Salzwassers ausgenutzt wird. Wesentlich ist hierbei vor allem auch, dass dies kontinuierlich erfolgt, da ansonsten der Druck in der Zuleitung des Salzwassers von der Druckausgleichsvorrichtung an das Membranmodul nachlassen und von einer Hochdruckpumpe nachgeliefert werden müsste und auch eine kontinuierliche Erzeugung von entsalztem Wasser nicht möglich wäre.

Weitere vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich insbesondere aus den Unteransprüchen. Es sei darauf hingewiesen, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung in gleicher oder entsprechender Weise weitergebildet sein kann und entsprechende

Ausgestaltungen aufweisen kann, wie dies oben in Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erläutert ist und wie dies in den auf Anspruch 1 rückbezogenen Unteransprüchen angegeben ist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 ein Blockschaltbild zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Figur 2 eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einem ersten Betriebszustand,
- Figur 3 eine Darstellung dieser Ausführungsform in einem zweiten Betriebszustand und
- Figur 4 eine Darstellung der Betriebszustände dieser Ausführungsform während eines kompletten Arbeitszyklus.

Das Blockschaltbild in Figur 1 zeigt eine Förderpumpe 1 zum Einleiten von Salzwasser 10 in eine Druckausgleichsvorrichtung 2 unter einem ersten Druck  $p_1$ . Aus der Druckausgleichsvorrichtung 2 wird dasselbe Salzwasser 11, das nun jedoch mit einem hohen Arbeitsdruck beaufschlagt ist, dem Membranmodul 3 zugeleitet. Dort tritt ein Teil des Salzwassers 11 durch die Membran 6 hindurch (zum Beispiel 25% des Salzwassers 11), wird dabei entsalzt und als entsalztes Wasser 12 abgeleitet. Der restliche Teil des Salzwassers 11 (zum Beispiel 75%) kann die Membran 6 nicht durchtreten und wird mittels der Verbindungsleitung 5 als konzentriertes Salzwasser 13, das noch immer etwa unter dem hohen Druck  $p_2$  steht, der Druckausgleichsvorrichtung 2 wieder zugeleitet. Dort wird dieser hohe Druck in noch näher zu erläuternder Weise dazu ausgenutzt, das in die Druckausgleichsvorrichtung 2 eingeleitete Salzwasser 10 mit diesem hohen Druck zu beaufschlagen und dem Membranmodul 3 an dessen Eingang zuzuleiten. Gleichzeitig wird in ebenfalls noch näher zu erläuternder Weise dieser Druck in der Druckausgleichsvorrichtung 2 dazu genutzt, darin befindliches konzentriertes Salzwasser 14 über die Ableitung 4 endgültig abzuleiten und der Druckausgleichsvorrichtung 2 unkonzentriertes

Salzwasser 10 zuzuführen. Alle beschriebenen Vorgänge erfolgen dabei gleichzeitig und kontinuierlich, so dass eine den hohen Arbeitsdruck nachliefernde Hochdruckpumpe nicht erforderlich ist und entsalztes Wasser 12 kontinuierlich zur Verfügung steht.

Anhand der in Figur 2 dargestellten Ausführungsform der Erfindung soll insbesondere die Ausgestaltung und Funktionsweise der Druckausgleichsvorrichtung 2 näher erläutert werden. Diese weist hier zwei identische Kolben/Zylinder-Vorrichtungen 401, 402 mit zwei sich fluchtend gegenüberliegend angeordneten Zylindern auf, die jeweils eine Eingangskammer 201, 202 zur Aufnahme des Salzwassers 10 und jeweils eine Ausgangskammer 101, 102 zur Aufnahme des konzentrierten Salzwassers 13 aufweisen. Innerhalb der Kolben/Zylinder-Vorrichtungen 401, 402 ist jeweils ein spezieller Kolben 301, 302 angeordnet, der den Kolbeninnenraum in die genannten Kammern unterteilt und der im Bild in horizontaler Richtung innerhalb der Kolbenanordnung verfahrbar ist. Von der Förderpumpe 1 führt jeweils eine Zuleitung mit einem (passiven) Rückschlagventil 7 zu den Eingangskammern 201, 202. Die Rückschlagventile 7 sind dabei derart ausgestaltet, dass sie sich öffnen und einen Durchfluss ermöglichen, wenn der Druck in der Zuleitung größer ist als in den Eingangskammern 201, 202. Vergleichbare Rückschlagventile 8, die jedoch eine andere Durchflussrichtung aufweisen, befinden sich in den Zuleitungen von den Eingangskammern 201, 202 zu dem Membranmodul 3.

In den Zuleitungen 5 vom Membranmodul 3 zu den Ausgangskammern 101, 102 und in den Ableitungen 4 von den Ausgangskammern 101, 102 sind dagegen aktiv schaltbare Hauptventile V3, V6 bzw. V1, V4 angeordnet, über die der Zufluss des konzentrierten Salzwassers 13 vom Membranmodul 3 bzw. der Abfluss des konzentrierten Salzwassers 14 aus der Druckausgleichsvorrichtung 2 gesteuert werden kann.

Die Kolben 301, 302 sind mittels einer Kolbenstange 30 fest miteinander verbunden. Ritzel 40, die z. B. durch elektrische Getriebemotoren angetrieben werden können und in eine an der Kolbenstange 30 angebrachte Verzahnung eingreifen, können die Kolbenstange 30 und darüber die Kolben 301, 302 antreiben, um Druckverluste auszugleichen.

Die Kolben sind so angeordnet, dass sie gegenphasig arbeiten. Befindet sich also ein Kolben in einer Stellung, in welcher das Volumen der Eingangskammer 202 maximal und das Volumen der Ausgangskammer 102 minimal ist, so befindet sich der andere, über die Kolbenstange 30 verbundene Kolben in einer Stellung, in welcher das Volumen der Eingangskammer 201 minimal und das Volumen der Ausgangskammer 101 maximal ist (vgl. Figur 2). In dieser Situation ist die Eingangskammer 202 mit Wasser gefüllt und die Ausgangskammer 101 ist mit konzentriertem Salzwasser gefüllt. Die Ventile V1, V3, V4 und V6, die hier als Schalter dargestellt sind, werden so gesteuert, dass nun V3 und V4 geschlossen werden, während V1 und V6 geöffnet werden.

Ein Öffnen eines Ventils bedeutet in diesem Zusammenhang das Herstellen einer Strömungsverbindung, um einen Durchfluss zuzulassen, wozu das Ventil rein mechanisch dazu geöffnet wird. Analog bedeutet das Schließen eines Ventils das Unterbrechen einer Strömungsverbindung, um einen Durchfluss zu unterbinden, wozu rein mechanisch das Ventil dazu geschlossen wird.

Durch das Öffnen des Hauptventils V1 entweicht zunächst der Druck des konzentrierten Salzwassers in der Ausgangskammer 101. Durch das Öffnen des Hauptventils V6 wird die Ausgangskammer 102 mit Druck (beispielsweise ca. 70 bar) beaufschlagt und das konzentrierte Salzwasser strömt in diese Kammer ein. Gleichzeitig wird durch den Druck beaufschlagten Kolben das in der Eingangskammer 202 befindliche Salzwasser zum Membranmodul 3 gepresst.

Da die Kolben so angeordnet sind, dass sie gegenphasig arbeiten, bewirkt das Einleiten des (mit beispielsweise 70 bar) Druck beaufschlagten Konzentrats in die Ausgangskammer 102 durch die Kolbenstange 30 eine Bewegung des anderen Kolbens 301, der dadurch die drucklose Ausgangskammer 101 leert. Gleichzeitig entsteht in der Eingangskammer 201 ein Unterdruck, der Salzwasser ansaugt und diese Kammer füllt.

Ist die Ausgangskammer 102 gefüllt, werden die Hauptventile entsprechend gesteuert und der entgegengesetzte Vorgang läuft ab.

Da das Membranmodul bevorzugt mit ca. 80 bar betrieben wird, um eine ausreichend hohe Süßwassererzeugung zu verwirklichen, und maximal ca. 10 bar als Druckverlust an der Membran auftreten, stehen am Konzentratabfluss 5 des Membranmoduls 3 mindestens noch die oben genannten ca. 70 bar Druck des konzentrierten Salzwassers zur Verfügung.

Um die Hauptventile insbesondere beim Öffnen und Schließen von den hohen Druckänderungen zu entlasten, die einen Verschleiss der Hauptventile bewirken, sind erfindungsgemäß parallel zu den Hauptventilen V1, V3, V4, V6 Neben- oder Bypass-Ventile V2, V2', V5, V5' vorgesehen. Diese Nebenventile weisen einen deutlich geringeren Querschnitt als die Hauptventile und eine erheblich höhere Druckresistenz auf. Daher kann durch eine geeignete Steuerung der Nebenventile die Belastung der Hauptventile deutlich verringert und damit deren Lebensdauer *proportional* erhöht werden.

Weiter ist ein Druckbehälter P vorgesehen, der mit dem Ausgang des Membranmoduls 3 für das konzentrierte Salzwasser verbunden und daher mit demselben Druck beaufschlagt ist, wie das konzentrierte Salzwasser selbst, also beispielsweise etwa mit 70 bar. Die bei den Ventilbetätigungen in Folge von Volumenverlusten unvermeidlich auftretenden Druckschwankungen sollen dadurch ausgeglichen werden, um einen möglichst konstanten Betriebsdruck im Membranmodul 3 herzustellen.

Weiter sind zwischen dem Ausgang des Membranmoduls 3 für das konzentrierte Salzwasser und den Ausgangskammern 101, 102 mehrere als Widerstände dargestellte Durchflussmengenbegrenzer R1, R2, R3 vorgesehen, die einen abrupten Druckausgleich verhindern sollen, indem sie die maximale Durchflussmenge begrenzen und somit zu einem allmählichen Druckausgleich und damit zu langsamen Druckänderungen an Stelle schlagartiger Schwankungen beitragen sollen. Diese als "Strömungswiderstände" wirkenden Durchflussmengenbegrenzer können unterschiedlich dimensioniert sein.

Die beiden zwischen dem Knoten K2 und den Nebenventilen V2, V2' bzw. zwischen dem Knoten K3 und den Nebenventilen V5, V5' angeordneten Durchflussmengenbegrenzer R2, R3 können eine größere Durchflussmenge zulassen, als der zwischen dem Knoten K1 und dem Druckbehälter P angeordnete Durchflussmengenbegrenzer R1, da die Durchflussmengenbegrenzer R2 und R3 bei jeder Betätigung der benachbarten Nebenventile V2, V2' bzw. V5, V5' einen Druckausgleich in einer akzeptablen Zeit zulassen sollen. R1 ist dagegen ständig mit dem Konzentratauslass des Membranmoduls 3 verbunden, so dass ein Druckausgleich in dem Druckbehälter P ununterbrochen erfolgen kann. Der Durchflussmengenbegrenzer R1 kann daher einen hohen Strömungswiderstand aufweisen und nur einen geringen Durchfluss zulassen. Dementsprechend stark ist die Entkopplung des Konzentratkreises von dem Membranmodul 3, so dass die Rückwirkungen von Druckschwankungen auf das Membranmodul 3 vernachlässigbar klein sind. In diesem Zusammenhang sei auch erwähnt, dass die Hauptventile V3 und V6 immer nur dann betätigt werden, wenn durch die Nebenventile V2 und V5 bereits ein Druckausgleich zwischen dem Knoten K1 und den Knoten K2, K3 hergestellt wurde. Die Hauptventile V3 und V6 werden also stets drucklos betätigt, so dass dabei keine Druckschwankungen entstehen.

Durch die Ausbildung der Nebenventile V2, V2', V5, V5', die ohnehin einen geringen Querschnitt aufweisen, wird die maximal mögliche Durchflussmenge begrenzt, so dass diese Nebenventile die Funktion der Durchflussmengenbegrenzer automatisch übernehmen können.

Nachfolgend wird nun ein Betriebszyklus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung anhand der in den Figuren 2 und 3 gezeigten Blockschaltbilder sowie anhand des in Figur 4 gezeigten Ablaufdiagramms beschrieben. Dabei geben die in das in Figur 4 gezeigte Diagramm eingetragenen Zahlenwerte den Druckabfall über dem jeweiligen Ventil zum Zeitpunkt der Betätigung an.

Ausgangssituation ist die in Figur 2 gezeigte Situation. Die Kolben 301, 302 in beiden Kolben/Zylinder-Vorrichtungen haben soeben die äußerste linke Position erreicht. Dies ist ebenfalls in dem Ablaufdiagramm in Figur 4 angedeutet (siehe die beiden rechten Spalten). Die Hauptventile V3 und V4 sind noch geöffnet. Da der Druckabfall über diesen Ventilen 0 ist, schließen beide Ventile drucklos (Zeitpunkt t1). Spätestens zu diesem Zeitpunkt müssen auch die Nebenventile V2 und V5' schließen, um die Knoten K2 und K3 vom Konzentratablauf bzw. Konzentratauslass des Membranmoduls 3 zu trennen. Zu diesem Zeitpunkt sind alle Ventile geschlossen.

Zur Vorbereitung der entgegengesetzten Bewegung der Kolben 301, 302 wird nun das Nebenventil V2' geöffnet (Zeitpunkt t2), um den am Knoten K2 anstehenden Druck von ca. 70 bar gegenüber dem Konzentratablauf abzubauen. Da das Ventil V2' ein Nebenventil mit einem geringen Querschnitt ist, ist der Volumenstrom gering. Eine plötzliche Druckschwankung wird durch den Durchflussmengenbegrenzer R2 bzw. das Nebenventil V2' selbst unterbunden.

Gleichzeitig wird das Hauptventil V5 geöffnet, um den nach dem Entleeren des konzentrierten Salzwassers aus der Ausgangskammer 102 drucklosen Knoten K3 mit Druck zu beaufschlagen. Diese Druckbeaufschlagung erfolgt ebenfalls allmählich, da hat der Durchflussmengenbegrenzer R3 den Durchfluss begrenzt. Am Knoten K3 baut sich also der Druck auf, der auch am Knoten K1 ansteht.

Da der Knoten K1 durch einen Durchflussmengenbegrenzer R1 mit hohem Strömungswiderstand von dem Hauptventil V5 entkoppelt ist, erfolgt der Ausgleich aus dem Druckspeicher P, der wiederum über den Durchflussmengenbegrenzer R1

gegen den Knoten K1 aufgefüllt wird. Die Druckschwankung am Konzentratauslass des Membranmoduls 3 wird daher im Wesentlichen durch die Dimensionierung dieses Durchflussmengenbegrenzers R1 bestimmt, so dass ein relativ konstanter Druck am Knoten K1 verwirklicht ist.

Sobald der Druck am Knoten K2 durch das Nebenventil V2' abgebaut und der Druck am Knoten K3 durch das Nebenventil V5 aufgebaut ist, können die Hauptventile V1 und V6 drucklos öffnen (Zeitpunkt t3), und die entgegengesetzte Kolbenbewegung beginnt. Dies ist durch die nach rechts weisenden Pfeile in Figur 4 angedeutet.

Zum Zeitpunkt t4 können die Nebenventile V2' und V5 wieder geschlossen werden. Dieses Schließen der Nebenventile V2' und V5 muss jedoch spätestens zum Zeitpunkt t5 erfolgen, wenn die Kolben 301, 302 die äußerste rechte Position erreicht haben (siehe Figur 3).

Durch die Kolbenbewegung von der äußerst linken in die äußerst rechte Position durch den Druck des in die Ausgangskammer 102 einströmenden konzentrierten Salzwassers ist das Salzwasser aus der Eingangskammer 202 mit einem Druck von ca. 80 bar (70 bar von dem einströmenden Konzentrat und 10 bar von einem Antrieb) in das Membranmodul 3 gepresst worden. Gleichzeitig ist das konzentrierte Salzwasser aus der Ausgangskammer 101 drucklos zum Konzentratablauf transportiert worden und in die Eingangskammer 201 ist Salzwasser eingeströmt. Somit sind zum Zeitpunkt t5 wiederum alle Ventile geschlossen, und durch eine entsprechende Steuerung findet der gleiche Ablauf in entgegengesetzter Richtung statt.

Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass die Pumpe 1 nicht im Wesentlichen zum Einleiten von Salzwasser 10 in die Eingangskammern 201, 202 vorgesehen ist, sondern die Entstehung von sogenannten Kavitationen, also Bereichen mit Unterdruck im Wasserstrom des in die Eingangskammern 201, 202 einströmenden Salzwassers 10 verhindern soll. Durch die turbulente Strömung sind solche Bereiche nicht stabil. Umgebungswasser wird nämlich durch diesen Unterdruck angesaugt

und dringt in diesen Bereich ein. Dadurch erreicht es derart hohe Geschwindigkeiten, dass es durchaus Partikel aus den Leitungswänden und Armaturen herausschlagen kann, was relativ schnell zu Schäden führen kann, die einen regelmäßig wiederkehrenden Austausch solcher Teile erfordern. Die Pumpe 10 hat bei dem erfindungsgemäßen Zweikammersystem also nicht wie bei bekannten Vorrichtungen einen hohen Arbeitsdruck, sondern arbeitet gleichsam wie ein Turbolader bei Verbrennungsmaschinen mit einem geringen Druck, der ausreicht, um Kavitationen beim Einsaugen des Salzwassers nicht auftreten zu lassen.

Ausgangssituation ist nun die in Figur 3 gezeigte Situation. Die Kolben 301, 302 in beiden Zylindern haben soeben die äußerste rechte Position erreicht. Dies ist ebenfalls in dem in Figur 4 gezeigten Ablaufdiagramm angedeutet. Die Ventile V1 und V6 sind noch geöffnet. Da der Druckabfall über den Ventilen Null ist, schließen beide Ventile drucklos (Zeitpunkt t5). Spätestens zu diesem Zeitpunkt müssen auch die Nebenventile V2' und V5 schließen, um die Knoten K2 und K3 vom Konzentratablauf bzw. Konzentratauslass des Membranmoduls 3 zu trennen. Nun sind alle Ventile geschlossen.

Zur Vorbereitung der entgegengesetzten Bewegung der Kolben 301, 302 wird nun das Nebenventil V5' geöffnet (Zeitpunkt t6), um den am Knoten K3 anstehenden Druck von ca. 70 bar gegenüber dem Konzentratablauf abzubauen. Da das Ventil V5' ein Nebenventil mit einem geringen Querschnitt ist, ist der Volumenstrom gering. Eine plötzliche Druckschwankung wird durch den Durchflussmengenbegrenzer R3 unterbunden.

Gleichzeitig wird das Nebenventil V2 geöffnet, um den nach dem Entleeren des konzentrierten Salzwassers aus der Ausgangskammer 101 drucklosen Knoten K2 mit Druck zu beaufschlagen. Diese Druckbeaufschlagung erfolgt ebenfalls allmählich, da der Durchflussmengenbegrenzer R2 den Durchfluss begrenzt. Am Knoten K2 baut sich also der Druck auf, der auch am Knoten K1 ansteht. Da der Knoten K1 durch einen Durchflussmengenbegrenzer R1 mit hohem Strömungswider-

stand von dem Nebenventil V2 entkoppelt ist, erfolgt der Ausgleich aus dem Druckspeicher P, der wiederum über den Durchflussmengenbegrenzer R1 aufgefüllt wird.

Sobald der Druck am Knoten K3 durch das Nebenventil V5' abgebaut und der Druck am Knoten K2 durch das Nebenventil V2 aufgebaut ist, können die Hauptventile V3 und V4 drucklos öffnen (Zeitpunkt t7) und die entgegengesetzte Kolbenbewegung beginnt. Dies ist durch die nach links weisenden Pfeile in Figur 4 angedeutet.

Zum Zeitpunkt t8 können die Nebenventile V5' und V2 wieder geschlossen werden. Dieses Schließen der Nebenventile V5' und V2 muss jedoch spätestens zum Zeitpunkt t1 des nächsten Zyklus erfolgen, wenn die Kolben 301, 302 die äusserste linke Position erreicht haben (siehe Figur 2).

Durch die Kolbenbewegung von der äusserst rechten in die äusserst linke Position durch den Druck des in die Ausgangskammer 101 einströmenden konzentrierten Salzwassers ist das Salzwasser aus der Eingangskammer 201 mit einem Druck von ca. 80 bar in das Membranmodul 3 gepresst worden. Gleichzeitig ist das konzentrierte Salzwasser aus der Ausgangskammer 102 drucklos zum Konzentrat- ablauf transportiert worden, und in die Eingangskammer 202 ist Salzwasser eingeströmt.

Somit sind zum Zeitpunkt t1 des nächsten Zyklus wiederum alle Ventile geschlossen, und durch eine entsprechende Steuerung findet der gleiche Ablauf in entgegengesetzter Richtung statt. Die strichpunktierte Linie in dem Ablaufdiagramm in Figur 4 deutet das Ende eines Zyklus und gleichzeitig den Beginn eines neuen Zyklus an.

Aus den Druckangaben bei den einzelnen Ventilen ist erkennbar, dass die Hauptventile stets drucklos schalten, während die Nebenventile, die geeignet bemessen sind, lediglich beim Öffnen mit einem hohen Druck beaufschlagt sind.

Hier liegt der ganz entscheidende Vorteil der vorliegenden Erfindung.

Eine Dichtung zwischen dem Kolben und dem jeweiligen Zylinder der Kolben/Zylinder-Vorrichtung ist nicht zwingend erforderlich, da eine geringe Durchmischung beider Flüssigkeiten die Wirkung der Vorrichtung nicht nennenswert beeinflusst. Eine Abdichtung des Zylinders am Austritt der Kolbenstange ist hingegen zwingend erforderlich.

Es kann auch vorgesehen sein, die aktuelle Kolbenposition ständig zu erfassen. Diese Positionserfassung ist wichtig, da eine Kollision zwischen Kolben und Zylinder verhindert werden muss, um Beschädigungen zu vermeiden. Die Kolbenposition kann dabei direkt am Zylinder oder indirekt z. B. an der Kolbenstange erfasst werden.

Da eine Pumpe zum Ergänzen des Druckverlustes einerseits durch den hohen Druck und andererseits durch das aggressive Medium Salzwasser sehr hoch beansprucht wird und dementsprechend ausfallgefährdet ist, ersetzt die vorliegende Erfindung eine solche Pumpe im Wesentlichen oder vollständig durch den Antrieb der Kolbenstange, wodurch Druckverluste ausgeglichen werden.

Der Druckbehälter glättet die Druckschwankungen am Membranmodul. Eine weitere Glättung von Druckschwankungen ergibt sich durch eine mehrfache Anordnung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung an einem Membranmodul, also durch eine Anordnung von mindestens zwei jeweils ein Paar von Kolben/Zylinder-Vorrichtungen aufweisenden Druckausgleichsvorrichtungen an einem Membranmodul, insbesondere dann, wenn diese phasenversetzt zueinander arbeiten, so dass zu einem Zeitpunkt  $t$  nur die Kolben jeweils einer Druckausgleichsvorrichtung in der äussersten linken bzw. rechten Position sind. Dabei kann je nach Auslegung ein gemeinsamer Antrieb für alle Druckausgleichsvorrichtungen oder auch ein separater Antrieb für jede Druckausgleichsvorrichtung vorgesehen sein.

Die Erfindung ist nicht auf die gezeigte Ausführungsform beschränkt, insbesondere kann die Druckausgleichsvorrichtung auch anders ausgestaltet sein. Denkbar sind beispielsweise Ausgestaltungen mit mehreren Paaren von zwei Kolben/Zylinder-Vorrichtungen und/oder unterschiedlichen oder anders gestalteten Kolben/Zylinder-Vorrichtungen. Auch sind die angegebenen Zahlenwerte nur Beispielswerte zur Verdeutlichung der Erfindung, so dass sich bei veränderter Kolbengeometrie beispielsweise auch andere Druckverhältnisse ergeben können.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird ein sehr hoher Wirkungsgrad bei der Energierückgewinnung in Höhe von mindestens 90% erreicht. Die Förderpumpe braucht nur einen von der Entnahmemenge abhängigen Bruchteil des für die Umkehrosmose erforderlichen Arbeitsdrucks von etwa 70 bis 80 bar zu erzeugen, was einen hohen Kostenreduktions- und Wartungsvorteil nach sich zieht. Generell werden somit die Herstellungskosten für eine Vorrichtung zum Entsalzen von Wasser und Bereitstellung von Trinkwasser deutlich verringert. Die Kolbengeometrie ist nicht auf eine einzige Möglichkeit beschränkt. Je nach Salzgehalt des Wassers kann bzw. sollte der osmotische Druck angepaßt werden. Bei Brackwasser - geringster Salzgehalt - kann ein niedrigerer Druck gewählt werden.

A n s p r ü c h e

1. Verfahren zum Entsalzen von Wasser mit der Umkehrosmose, insbesondere zum Entsalzen von Meerwasser, bei dem Salzwasser (10) unter einem ersten Druck ( $p_1$ ) in eine Druckausgleichsvorrichtung (2) eingeleitet und von der Druckausgleichsvorrichtung (2) unter einem zweiten, höheren Druck ( $p_2$ ) in ein Membranmodul (3) geleitet wird, wobei aus dem Membranmodul (3) entsalztes Wasser (12) und konzentriertes Salzwasser (13) ausgeleitet wird, wobei das aus dem Membranmodul (3) ausgeleitete konzentrierte Salzwasser (13) unter etwa dem zweiten Druck ( $p_2$ ) in die Druckausgleichsvorrichtung (2) kontinuierlich eingeleitet und dort zur Beaufschlagung des in die Druckausgleichsvorrichtung (2) eingeleiteten Salzwassers (10) mit etwa dem zweiten Druck ( $p_2$ ) und zur Einleitung des Salzwassers (11) in das Membranmodul (3) benutzt wird und wobei die Einleitung des konzentrierten Salzwassers (13) in die Druckausgleichsvorrichtung (2) und die Ableitung des konzentrierten Salzwassers (14) aus der Druckausgleichsvorrichtung (2) mittels gesteuerter Hauptventile (V1, V3, V4, V6) erfolgt, dadurch gekennzeichnet, dass parallel zu den Hauptventilen (V1, V3, V4, V6) angeordnete Nebenventile (V2, V2', V5, V5') derart gesteuert werden, dass Belastungsspitzen beim Öffnen und/oder Schließen der Hauptventile (V1, V3, V4, V6) gemindert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das konzentrierte Salzwasser (13) aus dem Membranmodul (3) in eine Ausgangskammer (101, 102) einer von mindestens zwei Kolben/Zylinder-Vorrichtungen (401, 402) der Druckausgleichsvorrichtung (2) unter etwa dem zweiten Druck ( $p_2$ ) eingeleitet wird und dort derart auf den Kolben (301, 302) einwirkt, dass das in eine Eingangskammer (201, 202) derselben Kolben/Zylinder-Vorrichtung (401, 402) eingeleitete Salzwasser (10) unter etwa dem zweiten Druck ( $p_2$ ) in das Membranmodul (3) geleitet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das konzentrierte Salzwasser (13) wechselweise in die Ausgangskammer (101, 102) einer der Kolben/Zylinder-Vorrichtungen (401, 402) eingeleitet wird, wodurch jeweils gleichzeitig das Salzwasser (11) aus der Eingangskammer (201, 202) derselben Kolben/Zylinder-Vorrichtung (401, 402) zum Membranmodul (3) geleitet wird, und dass gleichzeitig in die Eingangskammer (201, 202) einer anderen Kolben/Zylinder-Vorrichtung (401, 402) Salzwasser (10) unter dem ersten Druck ( $p_1$ ) eingeleitet wird, wodurch aus der Ausgangskammer (101, 102) derselben Kolben/Zylinder-Vorrichtung (401, 402) das konzentrierte Salzwasser (14) unter geringem Druck ausgeleitet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolben/Zylinder-Vorrichtungen (401, 402) der Druckausgleichsvorrichtung (2) derart gesteuert werden, dass jeweils gleichzeitig in die Eingangskammer (201, 202) mindestens einer Kolben/Zylinder-Vorrichtung (401, 402) Salzwasser (10) eingeleitet, aus der Ausgangskammer (101, 102) derselben Kolben/Zylinder-Vorrichtung (401, 402) konzentriertes Salzwasser (14) ausgeleitet, in die Ausgangskammer (101, 102) mindestens einer anderen Kolben/Zylinder-Vorrichtung (401, 402) konzentriertes Salzwasser (13) eingeleitet und aus der Eingangskammer (201, 202) derselben Kolben/Zylinder-Vorrichtung (401, 402) Salzwasser (11) der Membranvorrichtung (3) zugeleitet wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckausgleichsvorrichtung (2) zwei gegenphasig arbeitende Kolben/Zylinder-Vorrichtungen (401, 402) aufweist und dass die Kolben (301, 302) der Kolben/Zylinder-Vorrichtungen (401, 402) durch eine Kolbenstange (30) verbunden sind.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolbenstange (30) mittels eines Antriebs angetrieben wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt der Nebenventile (V2, V2', V5, V5') geringer ist als der Querschnitt der Hauptventile (V1, V3, V4, V6).
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels eines am Eingang der Druckausgleichsvorrichtung (2), über den das konzentrierte Salzwasser (13) aus dem Membranmodul (3) eingeleitet wird, angeordneter Druckbehälters (P) Druckschwankungen ausgeglichen werden.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels Durchflussmengenbegrenzer (R1, R2, R3) in den Zuleitungen zu den Nebenventilen die maximalen Durchflussmengen durch die Nebenventile (V2, V2', V5, V5') gesteuert werden.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Nebenventile (V2, V2', V5, V5') kurz vor dem Öffnen bzw. Schließen des jeweils parallel dazu angeordneten Hauptventils (V1, V3, V4, V6) geöffnet werden.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Nebenventile (V2, V2', V5, V5') nur während des Öffnungs- bzw. Schließvorgangs des jeweils parallel dazu angeordneten Hauptventils (V1, V3, V4, V6) geöffnet sind.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung der Haupt- und Nebenventile derart erfolgt, dass die Hauptventile drucklos schalten.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Position der Kolben (301, 302) kontinuierlich bestimmt wird.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckausgleichsvorrichtung (2) mehrere Paare vom mittels jeweils einer Kolbenstange (30) verbundenen Kolben/Zylinder-Vorrichtungen (401, 402) aufweist und dass die Paare phasenversetzt arbeiten.
15. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer Förderpumpe (1) zum Einleiten von Salzwasser (10) in die Druckausgleichsvorrichtung (2) und mit einem Membranmodul (3) zum Trennen von aus der Druckausgleichsvorrichtung (2) eingeleitetem Salzwasser (11) in entsalztes Wasser (12) und konzentriertes Salzwasser (13), wobei zwischen Membranmodul (3) und Druckausgleichsvorrichtung (2) jeweils eine im Betrieb kontinuierlich unter etwa dem zweiten Druck ( $p_2$ ) stehende Verbindungsleitung (4) angeordnet ist zur Zuführung des konzentrierten Salzwassers (13) vom Membranmodul (3) zur Druckausgleichsvorrichtung (2) und zur Zuführung des Salzwassers (11) von der Druckausgleichsvorrichtung (2) zum Membranmodul (3) und wobei gesteuerte Hauptventile (V1, V3, V4, V6) vorgesehen sind zur Einleitung des konzentrierten Salzwassers (13) in die Druckausgleichsvorrichtung (2) und zur Ableitung des konzentrierten Salzwassers (14) aus der Druckausgleichsvorrichtung (2), dadurch gekennzeichnet, dass parallel zu den Hauptventilen (V1, V3, V4, V6) gesteuerte Nebenventile (V2, V2', V5, V5') angeordnet sind zur Minderung von Belastungsspitzen beim Öffnen und/oder Schließen der Hauptventile (V1, V3, V4, V6).

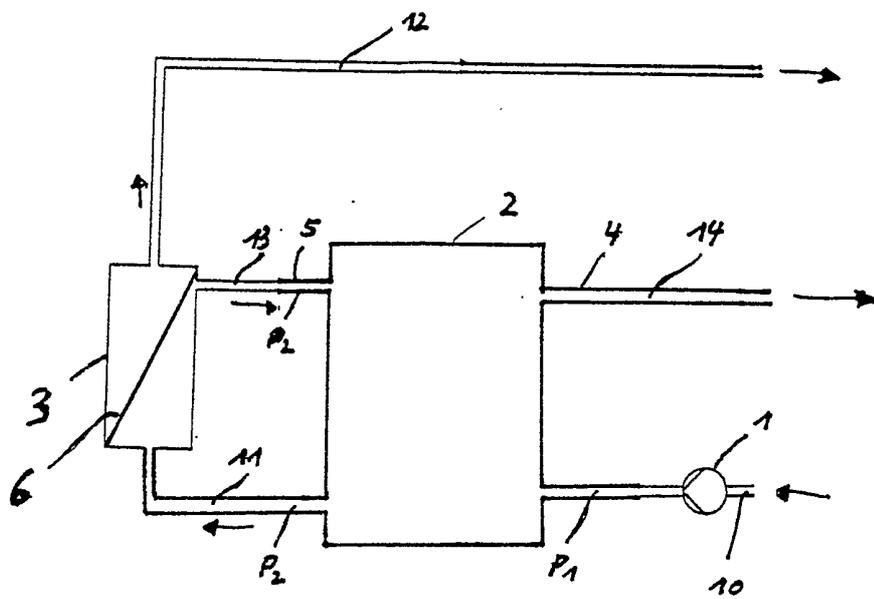


Fig. 1

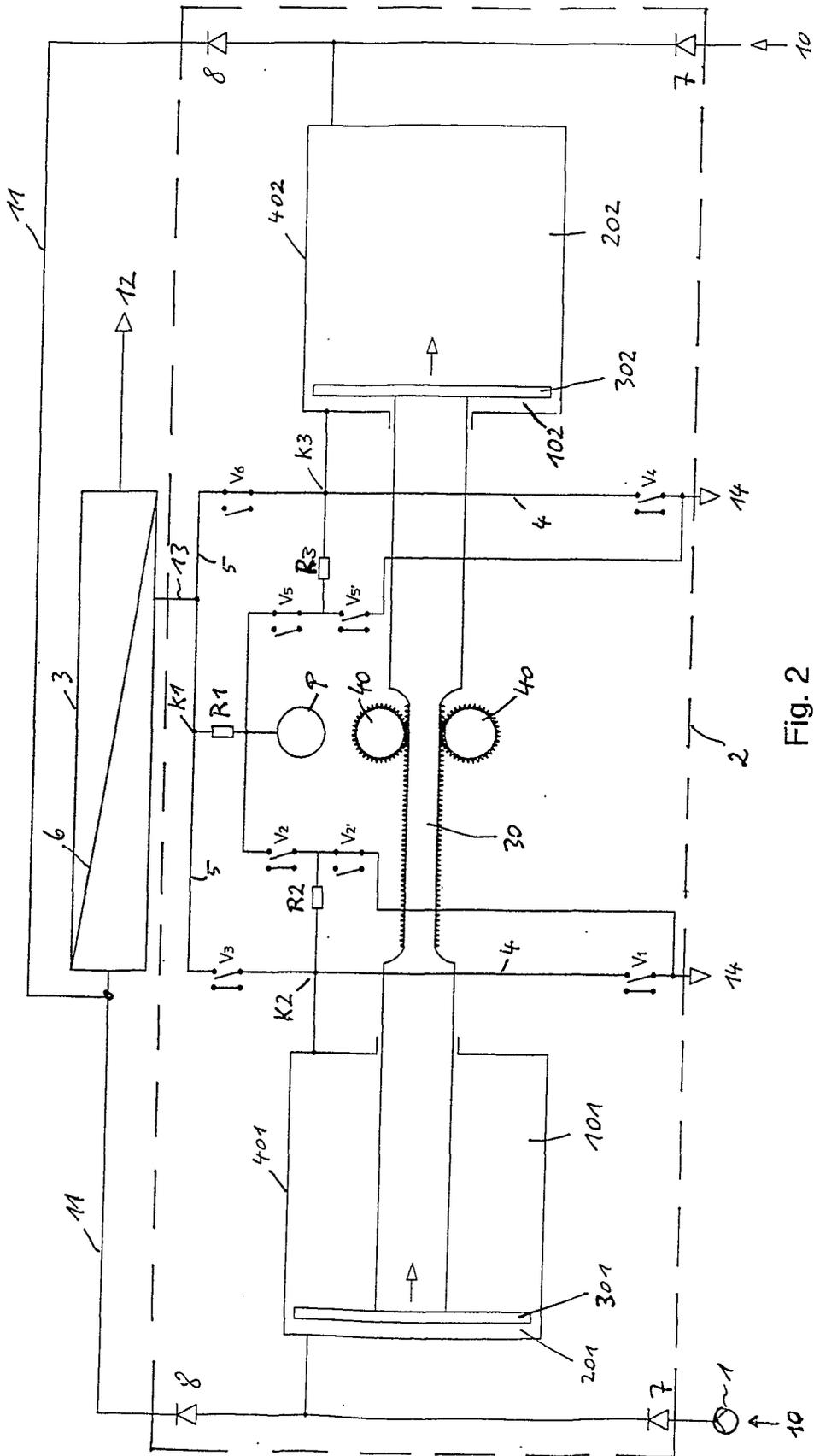


Fig. 2

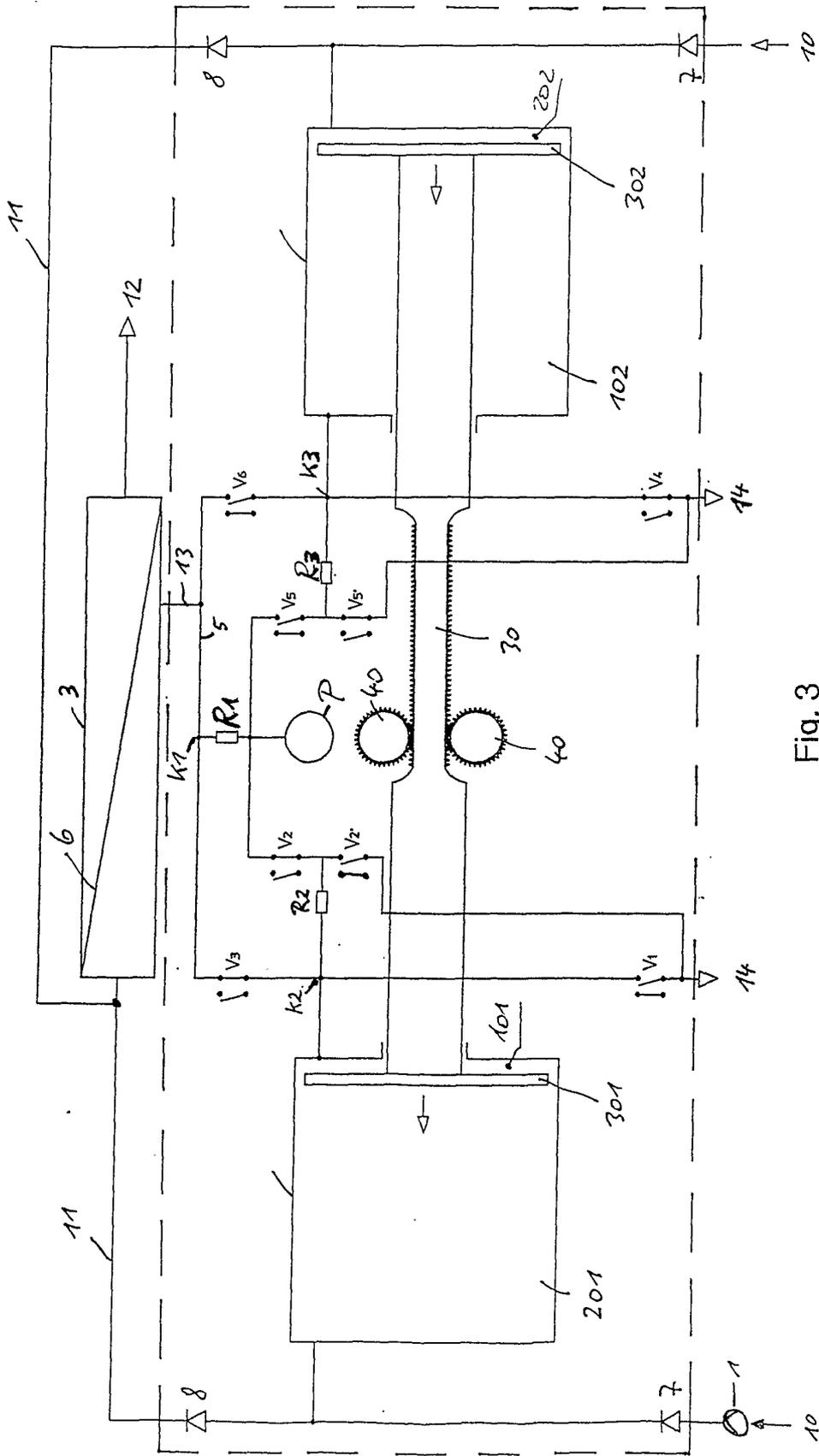


Fig. 3

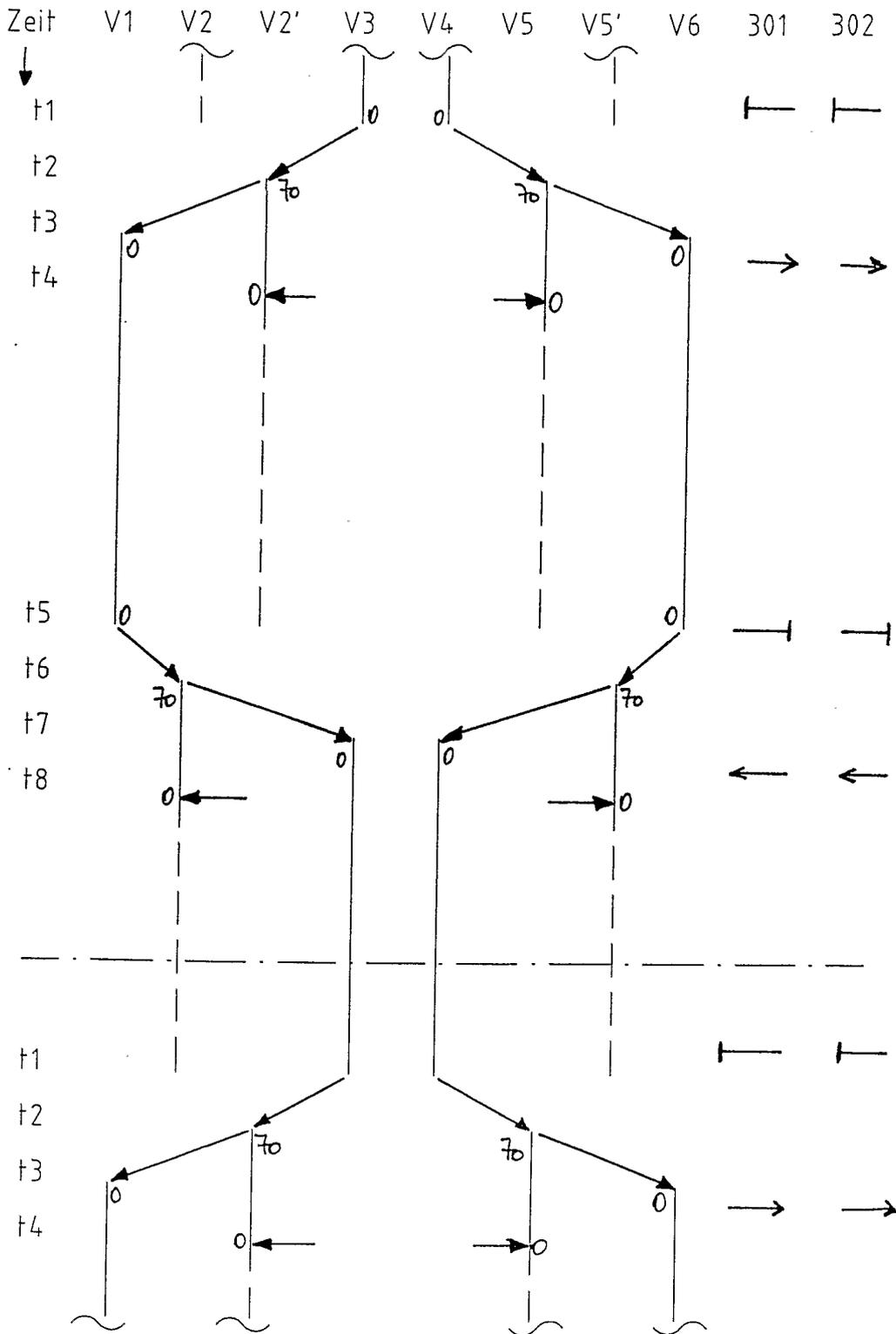


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. application No  
PCT/EP 01/08271

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 B01D61/06 B01D61/10 B01D13/00 C02F1/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 B01D C02F		
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 practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 017 200 A (DABIRI ALI ET AL) 25 January 2000 (2000-01-25) column 6, line 50 -column 12, line 7; figure 3 ---	1, 2, 15
X	US 5 797 429 A (SHUMWAY SCOTT) 25 August 1998 (1998-08-25) column 1, line 23 -column 6, line 7; figures 1,3 ---	1-15
A	US 4 367 140 A (WILSON LESLIE P S) 4 January 1983 (1983-01-04) figures 1,2 ---	1-15
A	DE 29 24 971 A (STEINMUELLER GMBH L & C) 8 January 1981 (1981-01-08) ---	
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in 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 document 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  <p style="text-align: center;">6 December 2001</p>		Date of mailing of the international search report  <p style="text-align: center;">13/12/2001</p>
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  <p style="text-align: center;">Assogna, R</p>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

int Application No  
PCT/EP 01/08271

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 178 240 A (PINKERTON HARRY E) 11 December 1979 (1979-12-11) -----	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

In application No  
PCT/EP 01/08271

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6017200	A	25-01-2000	NONE	
US 5797429	A	25-08-1998	EP 0895567 A2 WO 9736124 A2	10-02-1999 02-10-1997
US 4367140	A	04-01-1983	AU 540836 B2 AU 6410880 A CA 1156935 A1 DE 3068813 D1 EP 0028913 A1 JP 2058968 B JP 56081108 A	06-12-1984 14-05-1981 15-11-1983 06-09-1984 20-05-1981 11-12-1990 02-07-1981
DE 2924971	A	08-01-1981	DE 2924971 A1 ES 482466 A1 GB 2030056 A , B IT 1165887 B NL 7905489 A US 4354939 A	08-01-1981 16-06-1980 02-04-1980 29-04-1987 16-01-1980 19-10-1982
US 4178240	A	11-12-1979	JP 52140466 A	24-11-1977

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int: Aktenzeichen  
PCT/EP 01/08271

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 B01D61/06 B01D61/10 B01D13/00 C02F1/00		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 B01D C02F		
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, PAJ		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 017 200 A (DABIRI ALI ET AL) 25. Januar 2000 (2000-01-25) Spalte 6, Zeile 50 -Spalte 12, Zeile 7; Abbildung 3 ---	1, 2, 15
X	US 5 797 429 A (SHUMWAY SCOTT) 25. August 1998 (1998-08-25) Spalte 1, Zeile 23 -Spalte 6, Zeile 7; Abbildungen 1, 3 ---	1-15
A	US 4 367 140 A (WILSON LESLIE P S) 4. Januar 1983 (1983-01-04) Abbildungen 1, 2 ---	1-15
A	DE 29 24 971 A (STEINMUELLER GMBH L & C) 8. Januar 1981 (1981-01-08) --- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		
<input checked="" type="checkbox"/> 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* älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche 6. Dezember 2001		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 13/12/2001
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Assogna, R

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter : Aktenzeichen  
PCT/EP 01/08271

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 178 240 A (PINKERTON HARRY E) 11. Dezember 1979 (1979-12-11) -----	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Ir  
ktenzeichen  
PCT/EP 01/08271

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	A	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6017200	A	25-01-2000	KEINE	
US 5797429	A	25-08-1998	EP WO	0895567 A2 10-02-1999 9736124 A2 02-10-1997
US 4367140	A	04-01-1983	AU AU CA DE EP JP JP	540836 B2 06-12-1984 6410880 A 14-05-1981 1156935 A1 15-11-1983 3068813 D1 06-09-1984 0028913 A1 20-05-1981 2058968 B 11-12-1990 56081108 A 02-07-1981
DE 2924971	A	08-01-1981	DE ES GB IT NL US	2924971 A1 08-01-1981 482466 A1 16-06-1980 2030056 A ,B 02-04-1980 1165887 B 29-04-1987 7905489 A 16-01-1980 4354939 A 19-10-1982
US 4178240	A	11-12-1979	JP	52140466 A 24-11-1977