



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
12.01.2011 Patentblatt 2011/02

(51) Int Cl.:
F04B 39/00^(2006.01) F04F 1/02^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10164581.0**

(22) Anmeldetag: **01.06.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME RS

(72) Erfinder: **Ramming, Klaus**
95336 Mainleus (DE)

(74) Vertreter: **Bauer, Dirk**
BAUER WAGNER PRIESMEYER
Patent- und Rechtsanwälte
Grüner Weg 1
52070 Aachen (DE)

(30) Priorität: **02.06.2009 DE 102009026635**

(71) Anmelder: **AGO AG Energie + Anlagen**
95326 Kulmbach (DE)

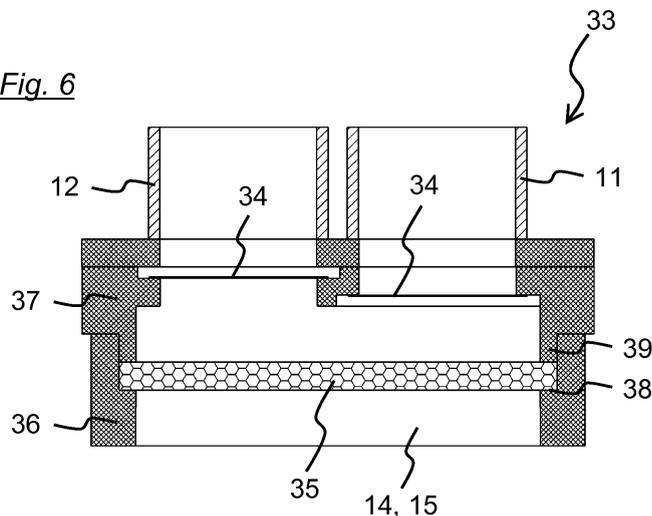
(54) **Kreisprozess in einem Flüssigkolbenwandler**

(57) Offenbart ist zum Einen ein Kreisprozess in einem Flüssigkolbenwandler mit abwechselndem Heben und Senken eines Flüssigkolbens in einem Arbeitsraum (15), der an einer Unterseite einen Flüssigkeitsanschluss für eine Flüssigkeit des Flüssigkolbens und an einer Oberseite einen Hochdruckanschluss (12) für ein Gas unter einem Hochdruck und einen Niederdruckanschluss (11) für das Gas unter einem Niederdruck aufweist, wobei in dem Kreisprozess eine Strömungsarbeit an der Flüssigkeit in eine Druckänderung des Gases oder die Druckänderung in die Strömungsarbeit gewandelt wird. Zum Andern ist ein solcher Flüssigkolbenwandler offenbart.

Um die Betriebssicherheit des Flüssigkolbenwandlers zu verbessern wird vorgeschlagen, dass der Flüssigkolbenwandler auf Senken des Flüssigkolbens umgeschaltet wird, wenn beim Steigen des Flüssigkolbens die Flüssigkeit in dem Arbeitsraum (15) ein Drosselement (35), das für das Gas durchlässig und für die Flüssigkeit im Wesentlichen undurchlässig ist, erreicht und ein Druck in der Flüssigkeit vor dem Drosselement (35) ansteigt. Der hierzu vorgeschlagene Flüssigkolbenwandler weist ein Drosselement (35) in dem Arbeitsraum (15) auf, das für das Gas durchlässig und für die Flüssigkeit im Wesentlichen undurchlässig ist, ein Sensorelement zum Erkennen eines Druckanstiegs in der Flüssigkeit vor dem Drosselement (35) und ein mit dem Sensorelement verbundenes Schaltelement, das bei Erkennen des Druckanstiegs mittels des Sensors den Flüssigkolbenwandler vom Heben auf Senken des Flüssigkolbens umschaltet.

sigkolbenwandler auf Senken des Flüssigkolbens umgeschaltet wird, wenn beim Steigen des Flüssigkolbens die Flüssigkeit in dem Arbeitsraum (15) ein Drosselement (35), das für das Gas durchlässig und für die Flüssigkeit im Wesentlichen undurchlässig ist, erreicht und ein Druck in der Flüssigkeit vor dem Drosselement (35) ansteigt. Der hierzu vorgeschlagene Flüssigkolbenwandler weist ein Drosselement (35) in dem Arbeitsraum (15) auf, das für das Gas durchlässig und für die Flüssigkeit im Wesentlichen undurchlässig ist, ein Sensorelement zum Erkennen eines Druckanstiegs in der Flüssigkeit vor dem Drosselement (35) und ein mit dem Sensorelement verbundenes Schaltelement, das bei Erkennen des Druckanstiegs mittels des Sensors den Flüssigkolbenwandler vom Heben auf Senken des Flüssigkolbens umschaltet.

Fig. 6



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft zum Einen einen Kreisprozess in einem Flüssigkolbenwandler mit abwechselndem Heben und Senken eines Flüssigkolbens in einem Arbeitsraum, der an einer Unterseite einen Flüssigkeitsanschluss für eine Flüssigkeit des Flüssigkolbens und an einer Oberseite einen Hochdruckanschluss für ein Gas unter einem Hochdruck und einen Niederdruckanschluss für das Gas unter einem Niederdruck aufweist, wobei in dem Kreisprozess eine Strömungsarbeit an der Flüssigkeit in eine Druckänderung des Gases oder die Druckänderung in die Strömungsarbeit gewandelt wird. Die Erfindung betrifft zum Andern einen solchen Flüssigkolbenwandler.

[0002] Ein Flüssigkolbenwandler im Sinne der Anmeldung ist zunächst ein Flüssigkolbenverdichter, in dessen Arbeitsraum aus einem Druckreservoir oder mittels einer Flüssigkeitspumpe die Flüssigkeit (eine Hydraulikflüssigkeit, insbesondere ein Öl) eingebracht wird. Ein oberhalb des Flüssigkolbens - also oberhalb des Oberflächenniveaus der Flüssigkeit - in dem Arbeitsraum enthaltenes Gas wird dadurch komprimiert. Erreicht der Druck des Gases einen in dem Hochdruckanschluss anliegenden Hochdruck, so öffnet in diesem automatisch ein Rückschlagventil und das komprimierte Gas wird durch den weiter steigenden Flüssigkolben durch den Hochdruckanschluss ausgetrieben.

[0003] Erreicht der Flüssigkolben in dem Arbeitsraum einen oberen Totpunkt, so wird die Flüssigkeit - beispielsweise durch Abschalten der Flüssigkeitspumpe oder durch Trennen von dem Druckreservoir - aus dem Arbeitsraum wieder abgelassen, also der Flüssigkolben abgesenkt. Hierbei schließt zunächst automatisch das Rückschlagventil in dem Hochdruckanschluss und - bei Erreichen eines in dem Niederdruckanschluss anliegenden Niederdrucks - öffnet ein weiteres Rückschlagventil in dem Niederdruckanschluss. Beim Absenken des Flüssigkolbens strömt durch den Niederdruckanschluss das Gas unter dem Niederdruck in den Arbeitsraum oberhalb des Flüssigkolbens.

[0004] Erreicht der Flüssigkolben in dem Arbeitsraum einen unteren Totpunkt, so wird für den nächsten Zyklus der Zufluss der Flüssigkeit - beispielsweise durch Anschalten der Flüssigkeitspumpe oder durch Verbinden mit dem Druckreservoir - in den Arbeitsraum erneut eingebracht und der Flüssigkolben erneut angehoben. Der Flüssigkolbenverdichter wandelt damit die Strömungsarbeit der Flüssigkeit - beispielsweise die mechanische Arbeit der Flüssigkeitspumpe - in eine Druckänderung des Gases.

[0005] Flüssigkolbenwandler im Sinne der Anmeldung sind darüber hinaus Flüssigkolbenmotoren, die grundsätzlich auf denselben physikalischen und technischen Grundlage basieren: In den Arbeitsraum wird aus einem Druckreservoir oder mittels eines Verdichters durch den Hochdruckanschluss das Gas eingebracht. Die Flüssigkeit des Flüssigkolbens wird dadurch aus dem Flüssig-

keitsanschluss ausgetrieben. Erreicht der Flüssigkolben den unteren Totpunkt, so wird der Zufluss des Gases durch den Hochdruckanschluss gestoppt - beispielsweise durch Schließen eines Ventils - und der Niederdruckanschluss - beispielsweise durch Öffnen eines Ventils zur Umgebung - geöffnet.

[0006] Die unter leichtem Überdruck stehende Flüssigkeit strömt zurück in den Arbeitsraum und verdrängt das entspannte Gas durch den Niederdruckanschluss. Erreicht der Flüssigkolben den oberen Totpunkt, so wird für den nächsten Zyklus der Niederdruckanschluss wieder geschlossen und der Hochdruckanschluss für das Gas geöffnet. Der Flüssigkolbenmotor wandelt die Druckänderung des Gases in eine Strömungsarbeit der Flüssigkeit, die wiederum beispielsweise als mechanische Arbeit nutzbar gemacht werden kann.

[0007] Flüssigkolbenwandler ermöglichen in Bezug auf das Gas eine weitgehende Annäherung an einen idealen (verlustfreien) Kreisprozess: Die Druckänderung - die Kompression des Gases in dem Flüssigkolbenverdichter, seine Entspannung im Flüssigkolbenmotor - kann unter Einsatz eines externen Kühlmittels weitgehend isotherm erfolgen. Diese Möglichkeit und die Unempfindlichkeit des Flüssigkolbens gegenüber spontanen Flüssig-Gasförmig-Phasenübergängen ("Flüssigkeitsschlägen") des Gases im Arbeitsraum begründen die Eignung von Flüssigkolbenverdichtern für den Einsatz in Kältemaschinen und Wärmepumpen - also mit Gasen, deren Phasenübergang an anderer zentraler Stelle im Prozess gerade technisch ausgenutzt werden soll.

[0008] Den Einsatz von Flüssigkolbenwandlern als Gaskompressoren in einer Kältemaschine offenbart beispielsweise US 2,772,543 A. Einer der dort vorgeschlagenen Flüssigkolbenwandler weist eine flexible Membran zwischen der Flüssigkeit und dem Gas auf, die einen Übertritt der Flüssigkeit des Flüssigkolbens in den Gaskreislauf verhindert. Wenn das komprimierte Gas durch Heben des Flüssigkolbens vollständig durch den Hochdruckanschluss ausgetrieben ist, wird dieser durch die Membran verlegt. Ein Drucksensor in dem Arbeitsraum dieses Flüssigkolbenwandlers erkennt daraufhin einen Druckanstieg in der Flüssigkeit und initiiert die Umschaltung des Flüssigkolbenwandlers vom Heben auf Senken des Flüssigkolbens. In dem bekannten Flüssigkolbenwandler ist die Membran von dem Moment, da sie den Hochdruckanschluss verlegt, bis zum Umschalten an dieser Stelle dem Differenzdruck zwischen dem Hochdruck und dem weiter steigenden Druck der Flüssigkeit ausgesetzt. Die Membran ist dadurch immer wieder an derselben Stelle einer sehr hohen mechanischen Belastung ausgesetzt und neigt dort zu verstärktem Verschleiß und Versagen.

[0009] In einem anderen Flüssigkolbenwandler aus der US 2,772,543 A steht das Gas - ohne dazwischen liegende Membran - unmittelbar im Kontakt mit der Oberfläche der Flüssigkeit des Flüssigkolbens. Beim Heben des Flüssigkolbens erreicht die Oberfläche der Flüssig-

keit an der Oberseite einen Pegelsensor, der die Umschaltung des Flüssigkolbenwandlers vom Heben auf Senken des Flüssigkolbens initiiert. Beim Betrieb dieses Flüssigkolbenwandlers führt das durch den Hochdruckanschluss ausgetriebene Gas regelmäßig geringe Mengen der Flüssigkeit des Flüssigkolbens mit, die die Qualität des Gases beeinträchtigen und die Leistungsfähigkeit der Kühlung beeinträchtigen.

[0010] Auch im Flüssigkolbenmotor (im "Stirlingprozess") muss der Flüssigkolbenwandler vom Heben des Flüssigkolbens zum Austreiben des expandierten Gases aktiv auf Senken des Flüssigkolbens - also auf Zuströmen durch den Hochdruckanschluss in den Arbeitsraum - umgeschaltet werden. Die bekannten Flüssigkolbenwandler weisen in dieser Betriebsart dieselben oben genannten Nachteile auf.

Aufgabe

[0011] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Betriebssicherheit des Flüssigkolbenwandlers zu verbessern.

Lösung

[0012] Ausgehend von den bekannten Kreisprozessen wird nach der Erfindung vorgeschlagen, dass der Flüssigkolbenwandler auf Senken des Flüssigkolbens umgeschaltet wird, wenn beim Steigen des Flüssigkolbens die Flüssigkeit in dem Arbeitsraum ein Drosselement, das für das Gas durchlässig und für die Flüssigkeit im Wesentlichen undurchlässig ist, erreicht und ein Druck in der Flüssigkeit vor dem Drosselement ansteigt. Das komprimierte Gas durchströmt das Drosselement im Arbeitsraum im Wesentlichen ohne Druckverlust. Erst dem Durchströmen der nachfolgenden Flüssigkeit setzt das Drosselement einen merklichen Widerstand entgegen, so dass der Druck in der Flüssigkeit ansteigt. Dieser Druckanstieg triggert einerseits - wie im bekannten Stand der Technik - die Umschaltung des erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandlers auf Senken des Flüssigkolbens. Andererseits ist die freie Oberfläche des Flüssigkolbens in dem Drosselement - und damit ein Mitreißen von Partikeln und Tröpfchen der Flüssigkeit von dieser Oberfläche - signifikant verringert.

[0013] In einem erfindungsgemäßen Kreisprozess kann zum Umschalten des Flüssigkolbenwandlers auf Senken des Flüssigkolbens der Flüssigkeitsanschluss mit einem drucklosen Flüssigkeitsreservoir verbunden werden. Ein solcher erfindungsgemäßer Kreisprozess ermöglicht den Verdichterbetrieb des Flüssigkolbenwandlers. Alternativ kann zum Umschalten der Niederdruckanschluss für das Gas verschlossen und der Hochdruckanschluss geöffnet werden. So kann der Flüssigkolbenwandler als Motor betrieben werden.

[0014] Ausgehend von den bekannten Flüssigkolbenwandlern wird nach der Erfindung vorgeschlagen, ein Drosselement in dem Arbeitsraum vorzusehen, das für

das Gas durchlässig und für die Flüssigkeit im Wesentlichen undurchlässig ist, ein Sensorelement zum Erkennen eines Druckanstiegs in der Flüssigkeit vor dem Drosselement und ein mit dem Sensorelement verbundenes Schaltelement, das bei Erkennen des Druckanstiegs mittels des Sensors den Flüssigkolbenwandler vom Heben auf Senken des Flüssigkolbens umschaltet. Der erfindungsgemäße Flüssigkolbenwandler ermöglicht den Betrieb mit einem erfindungsgemäßen Kreisprozess und zeichnet sich durch die dort genannten Vorteile aus.

[0015] Als Drosselement eines erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandlers kommen insbesondere poröse, aber feste Materialien in Frage, wie sie für die "Tiefenfiltration" von Gasen verwendet werden. Alternativ kann als Drosselement beispielsweise auch eine Labyrinthdrossel mit entsprechend eingestelltem Durchflussquerschnitt zum Einsatz kommen.

[0016] Vorzugsweise weist ein erfindungsgemäßer Flüssigkolbenwandler einen Bypass auf, der an dem Drosselement vorbei von der Oberseite zu der Unterseite für die Flüssigkeit durchlässig ist. Vom Erkennen des Druckanstiegs bis zum Umschalten des Schaltelements auf "Senken" kann die Flüssigkeit in diesem Flüssigkolbenwandler über dem Drosselement (sogar bis zum Rückschlagventil) ansteigen und nach dem Umschalten drucklos wieder zurücklaufen.

[0017] Der Bypass kann beispielsweise durch ein federbelastet an eine ringförmige Anlagefläche angelegtes Drosselement ausgebildet sein. Beim Senken verschließt zunächst die über dem Drosselement anstehende Flüssigkeit das Drosselement und dieses wird durch den Überdruck auf der Oberseite gegen die Feder nach unten geschoben. Die Flüssigkeit kann dann durch den seitlich an dem Drosselement vorbei sich öffnenden Bypass zur Unterseite strömen. Alternativ kann der Bypass durch ein flexibles Drosselement ausgebildet sein, das im Wesentlichen zwischen der Unter- und der Oberseite fest eingebaut ist, aber an wenigstens einer Stelle an seinem Umfang durch den Überdruck auf der Oberseite nach unten verschoben wird und so den Bypass öffnet. Weiterhin alternativ kann der Bypass durch eine parallel zu dem Drosselement verlaufende Leitung zwischen der Oberseite und der Unterseite ausgebildet sein mit einem Rückschlagventil, das den Durchfluss von der Unter- zur Oberseite sperrt.

[0018] In einer bevorzugten Ausführung ist in einem erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandler das Drosselement in dem Arbeitsraum federbelastet anhebbbar gelagert. Nach dem Ausstoßen des Gases wird das Drosselement in einem solchen Flüssigkolbenwandler durch den Flüssigkolben gegen die Federbelastung mit kontinuierlich steigender Gegenkraft angehoben. Sowohl die Leitungen und Anschlüsse für die Flüssigkeit des Flüssigkolbens, als auch das Drosselement werden so nicht durch einen sprunghaften Druckanstieg belastet.

[0019] Besonders bevorzugt erkennt in einem solchen erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandler der Sensor

ein Anheben des Drosselements. Ein solcher erfindungsgemäßer Flüssigkolbenwandler erfordert keinen kostenintensiven Drucksensor. Außerdem dringt - gegenüber einem fest in den Arbeitsraum eingebauten Drosselement - weniger Flüssigkeit des Flüssigkolbens in das Drosselement ein. Ein Überströmen dieser Flüssigkeit durch das Drosselement wird so noch besser vermieden.

[0020] An einem erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandler kann der Sensor eine Druckdifferenz über dem Drosselement messen. Ein solcher Sensor kann beispielsweise ein Kolben sein, der einerseits mit dem Druck vor und andererseits mit dem Druck hinter dem Drosselement beaufschlagt ist und bei Anlage an einer Seite unmittelbar mechanisch oder elektrisch vermittelt das Schaltelement betätigt. Alternativ kann an einem erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandler der Sensor einen Druck in der Flüssigkeit - also eine Druckdifferenz gegen einen Normdruck - messen.

[0021] Weiterhin kann an einem erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandler alternativ der Sensor eine elektrische Leistungsaufnahme beim Verrichten der Strömungsarbeit messen. Beispielsweise kann ein solcher Sensor als Leistungsschutzschalter an einer elektrisch betriebenen Pumpe für die Flüssigkeit des Flüssigkolbens ausgeführt sein und bei erhöhter Leistungsaufnahme den Motor abschalten oder die Flüssigkeit aus der Pumpe in einen zweiten, parallel geschalteten Flüssigkolbenwandler leiten.

Ausführungsbeispiel

[0022] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert. Es zeigen

- Fig. 1a ein Verdichter mit erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandlern und
- Fig. 1b der Verdichter ohne Gehäuse,
- Fig. 2a ein Detail der oberen Rohre der Flüssigkolbenwandler und
- Fig. 2b ein Detail der unteren Rohre der Flüssigkolbenwandler,
- Fig. 3a die Verteiler der Flüssigkolbenwandler und
- Fig. 3b ein Detail der Verteiler,
- Fig. 4a eine Ausschnitt der Verteiler in perspektivischer Ansicht und
- Fig. 4b den Ausschnitt in einer schematischen Darstellung,
- Fig. 5 ein Ende eines der oberen Rohre und
- Fig. 6 ein Detail der Oberseite des Flüssigkolbenwandlers sowie
- Fig. 7 ein Detail der Oberseite eines anderen erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandlers und
- Fig. 8 ein Detail der Oberseite eines weiteren erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandlers.

[0023] Der in den Figuren 1a und 1b gezeigte Verdichter 1 für eine Kühlaggregat eines mit Kohlendioxid be-

triebenen, nicht weitergehend dargestellten Haushaltskühlgeräts weist in einem gemeinsamen Gehäuse 2 zwei identische erfindungsgemäße Flüssigkolbenwandler 3 auf. Das Gehäuse 2 wird durch einen Kühlmittleinlass 4 an der Oberseite 5 mit (nicht dargestelltem) Wasser als Kühlmittel beschickt, das die Flüssigkolbenwandler 3 umströmt und durch einen Kühlmittelauslass 6 an der Unterseite 7 aus dem Gehäuse 2 wieder austritt.

[0024] Innerhalb des Gehäuses 2 teilen durch horizontal verlaufende, übereinander versetzt angeordnete Leitbleche 8 die Flüssigkolbenwandler 3 in horizontal übereinander liegende Ausschnitte 9. Das Kühlmittel wird von dem Kühlmittleinlass 4 zum Kühlmittelauslass 6 und von der Oberseite 5 zur Unterseite 7 mäanderförmig durch die Ausschnitte 9 der Flüssigkolbenwandler 3 geführt. Das Kühlmittel durchströmt hierbei jeweils die nebeneinander liegenden Ausschnitte 9 der beiden Flüssigkolbenwandler 3, bevor seine Strömungsrichtung am Gehäuse 2 umgelenkt wird.

[0025] Jeder der Flüssigkolbenwandler 3 weist an der Unterseite 7 einen Flüssigkeitsanschluss 10 für eine (nicht dargestellte) Hydraulikflüssigkeit auf, die im Betrieb jeweils den Flüssigkolben bildet. An der Oberseite 5 weisen die Flüssigkolbenwandler 3 jeweils einen Niederdruckanschluss 11 (auch "Sauganschluss") und einen Hochdruckanschluss 12 (auch: "Druckanschluss") für das Kohlendioxidgas auf.

[0026] Jeder der Flüssigkolbenwandler 3 weist zwischen einem Verteiler 13 an der Unterseite 7 und einem Sammler 14 an der Oberseite 5 einen Arbeitsraum 15 aus einem unteren Rohrbündel 16 und einem oberen Rohrbündel 17 auf, die in den Figuren 2a und 2b im Detail dargestellt sind: Das untere Rohrbündel 16 besteht aus 17 senkrecht stehenden unteren Rohren 18 in drei gegeneinander um einen halben Rohrdurchmesser versetzten Reihen 19. Das obere Rohrbündel 17 besteht aus zwölf gegeneinander um einen halben Rohrdurchmesser versetzten Reihen 20 mit je 24 senkrecht stehenden oberen Rohren 21.

[0027] Die Flüssigkolbenwandler 3 weisen jeweils einen quaderförmigen Verteiler 22 auf, in den - wie in den Figuren 3a und 3b ersichtlich - von unten die unteren Rohre 18 und von oben die oberen Rohre 21 münden. Der Verteiler 22 weist - wie aus den Figuren 4a und 4b ersichtlich - in einem Boden 23 Öffnungen 24 zum Einlöten der unteren Rohre 18 und in einem Deckel 25 Öffnungen 26 zum Einlöten der oberen Rohre 21 auf. Zwischen Boden 23 und Deckel 25 weist der Verteiler 22 eine durchgehende, seitlich durch Seitenwände 27 von der Umgebung getrennte Kammer 28 auf. Boden 23, Deckel 25 und Seitenwände 27 des Verteilers 22 weisen eine Wandstärke von 5 mm auf. Im Schnitt wird der Inhalt des Arbeitsraums 15 - die Flüssigkeit des Flüssigkolbens oder das Kohlendioxidgas - in der Kammer 28 von einem unteren Rohr auf rund 17 obere Rohre 21 verteilt.

[0028] Nachdem das Kühlmittel das obere Rohrbündel 17 durchströmt hat, wird es mittels eines an das Gehäuse 2 angesetzten, halbzyklischer Umlenkbogens 29 seit-

lich an dem Verteiler 22 vorbei und zu dem unteren Rohrbündel 16 geführt.

[0029] Die unteren Rohre 18 bestehen aus ... und weisen bei einem inneren Durchmesser von ... eine Wandstärke von ... auf. Die oberen Rohre 21 bestehen - wie in Figur 5 gezeigt - aus einem äußeren Edelstahlrohr 30 mit ... Wandstärke und einem rohrförmig extrudierten, innen strukturierten Einsatz 31 mit 16 radial nach innen weisenden Lamellen 32.

[0030] Der Niederdruckanschluss 11 und der Hochdruckanschluss 12 sind über einen gemeinsamen, in Figur 6 im Detail dargestellten Ein-/Auslassstutzen 33 an den Sammler 14 angeschlossen. Der Niederdruckanschluss 11 und der Hochdruckanschluss 12 sind durch Rückschlagventile 34 von dem Ein-/Auslassstutzen 33 getrennt, die nur einen Gasstrom aus dem Niederdruckanschluss 11 in den Arbeitsraum 15 und aus dem Arbeitsraum 15 in den Hochdruckanschluss 12 zulassen.

[0031] Die Flüssigkeitsanschlüsse der Flüssigkolbenwandler 3 sind über ein 4-Wegeventil mit einer elektrisch betriebenen Hydraulikpumpe für die Hydraulikflüssigkeit verbunden. Das 4-Wegeventil weist vier Anschlüsse auf, die die beiden Flüssigkeitsanschlüsse wechselweise entweder mit der Hydraulikpumpe oder mit einem Reservoir für das Hydrauliköl verbinden. Das 4-Wegeventil, die Hydraulikpumpe und das Reservoir sind nicht dargestellt.

[0032] Im Betrieb des Verdichters 1 werden die beiden Flüssigkolbenwandler 3 durch das 4-Wegeventil taktversetzt gesteuert: Während der eine Flüssigkolbenwandler 3 im Takt "Heben" an seinem Flüssigkeitsanschluss 10 von der Hydraulikpumpe mit der Hydraulikflüssigkeit gefüllt wird und das Kohlendioxidgas verdichtet und schließlich unter dem Hochdruck durch den Hochdruckanschluss 12 austreibt, läuft aus dem anderen Flüssigkolbenwandler 3 im Takt "Senken" das Hydrauliköl drucklos durch sein Eigengewicht in das Reservoir und saugt dabei Kohlendioxidgas unter dem Niederdruck aus dem Niederdruckanschluss 11 an.

[0033] Das 4-Wegeventil wird durch einen nicht dargestellten Sensor jeweils von einer in die andere Schaltstellung umgeschaltet, wenn der Flüssigkolben ein in dem Ein-/Auslassstutzen 33 angeordnetes Drosselement 35 - hier: einen Tiefenfilter aus einem porösen Sintermetall - erreicht.

[0034] Der Sensor ist ein frei beweglicher Kolben in einem parallel zu dem Drosselement 35 in den Ein-/Auslassstutzen 33 eingearbeiteten Zylinder, der mit dem Arbeitsraum einerseits unterhalb, andererseits oberhalb des Drosselements 35 verbunden ist. Erreicht der Flüssigkolben das Drosselement 35, so steigt der Druck unterhalb des

[0035] Drosselements 35 gegenüber dem Druck oberhalb des Drosselements 35 an. Der Kolben wird zu der Seite mit dem niedrigeren Druck verschoben und betätigt dort einen Schaltkontakt, der das 4-Wegeventil umschaltet.

[0036] Der Ein-/Auslassstutzen 33 weist ein rohrförmiges

Unterteil 36 und einen in das

[0037] Unterteil 36 eingesetzten Deckel 37 auf. Das Drosselement 35 liegt auf einem in dem Unterteil 36 radial nach innen vorspringenden Absatz 38 auf und wird von einem rohrförmigen Ansatz 39 an dem Deckel 37, der in dem Unterteil 36 einliegt, gegen den Absatz 38 gespannt.

[0038] Figur 7 zeigt einen alternativen Ein-/Auslassstutzen 40 eines anderen, nicht weiter dargestellten erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandlers. Dieser Ein-/Auslassstutzen 40 unterscheidet sich von dem zuvor beschriebenen Ein-/Auslassstutzen 33 nur insoweit, als sein Deckel 41 auf das Unterteil 42 aufgesetzt und das Drosselement 43 mittels einer Feder 44 gegen den Absatz 45 des Unterteils 42 gespannt ist.

[0039] Stößt nach dem Ausstoßen des Kohlendioxids die Hydraulikflüssigkeit an das Drosselement 43, so wird dieses durch den Druckverlust beim Einströmen angehoben. Das Drosselement 43 löst über einen Kontakt ein Signal aus, das ein Umschalten des 4-Wegeventils bewirkt.

[0040] Figur 8 zeigt einen dritten Ein-/Auslassstutzen 46 eines weiteren, nicht weiter dargestellten Flüssigkolbenwandlers. Dieser Ein-/Auslassstutzen 46 unterscheidet sich von dem zuvor beschriebenen Ein-/Auslassstutzen 33 nur insoweit, als sein Deckel 47 auf das Unterteil 48 aufgesetzt und das Drosselement 49 mittels einer Feder 50 gegen den Absatz 51 des Unterteils 48 gespannt ist. Außerdem weist das Drosselement 49 einen geringeren Durchmesser auf als das Unterteil 48, so dass sich beim Senken des Flüssigkolbens zwischen dem Drosselement 49 und dem Unterteil 48 ein Bypass 52 ausbildet. Durch den Bypass 52 kann Flüssigkeit, die auf dem Drosselement 49 ansteht, zu der Unterseite 53 abfließen.

[0041] Das Drosselement 49 ist oberhalb der Feder 50 eingeklemmt. Beim Anströmen der Flüssigkeit von unten tritt ein Druckanstieg in der Flüssigkeit auf, was als Schaltsignal für das 4-Wege-Ventil genutzt wird. Tritt die Flüssigkeit beim Ausschleichen aus dem Drosselement 49 oben aus, verschließt sie beim anschließenden Saugtakt zunächst die Poren. Durch Absaugen der Flüssigkeit unter dem Drosselement 49 wird dieses nach unten gesogen, bzw. durch den Gasdruck von oben nach unten gedrückt. Da im Federraum der Durchmesser größer ist als der Durchmesser des Drosselements 49, kann die oberhalb des Drosselements 49 befindliche Flüssigkeit durch den Bypass 52 an der Seite wieder nach unten strömen. Die Flüssigkeit in den Poren wird durch das einströmende Gas nach unten ausgeblasen. Der Vorteil dieser Variante ist, dass ein Durchströmen der Flüssigkeit durch das Drosselement 49 keinen Nachteil bewirkt, solange es nicht auch ein Rückschlagventil 54 durchströmt. Bei dieser Bauweise kann das Totvolumen zusätzlich verringert werden, da die Flüssigkeit bis zu den Rückschlagventilen 54 ansteigen und dennoch wieder zurücklaufen kann. Daneben ist ein deutlich kleineres Drosselement 49

[0042] (Höhe und Durchmesser) ausreichend, da das Flüssigkeitsvolumen, das vom Zeitpunkt des Drucksignals bis zum Umschalten des 4-Wegeventils nicht innerhalb des Drosselements 49 aufgenommen werden muss, sondern ruhig das Drosselement 49 durchströmen kann. Der Sensor misst hier die Druckdifferenz zwischen der Unterseite 53 und der Oberseite 55.

[0043] In den Figuren sind

1	Verdichter	10	26	Öffnung
2	Gehäuse		27	Seitenwand
3	Flüssigkolbenwandler		5 28	Kammer
4	Kühlmitteleinlass		29	Umlenkbogen
5	Oberseite		30	Edelstahlrohr
6	Kühlmittelauslass	20	31	Einsatz
7	Unterseite		32	Lamelle
8	Leitblech		15 33	Ein-/Auslassstutzen
9	Ausschnitt		34	Rückschlagventil
10	Flüssigkeitsanschluss		35	Drosselement
11	Niederdruckanschluss	30	36	Unterteil
12	Hochdruckanschluss		37	Deckel
13	Verteiler		25 38	Absatz
14	Sammler		39	Ansatz
15	Arbeitsraum		40	Ein-/Auslassstutzen
16	unteres Rohrbündel	40	41	Deckel
17	oberes Rohrbündel		42	Unterteil
18	unteres Rohr		35 43	Drosselement
19	Reihe		44	Feder
20	Reihe		45	Absatz
21	oberes Rohr	50	46	Ein-/Auslassstutzen
22	Verteiler		47	Deckel
23	Boden		45 48	Unterteil
24	Öffnung		49	Drosselement
25	Deckel		50	Feder
			51	Absatz
			52	Bypass
		55	53	Unterseite
			54	Rückschlagventil

55 Oberseite

Patentansprüche

1. Kreisprozess in einem Flüssigkolbenwandler (3) mit abwechselndem Heben und Senken eines Flüssigkolbens in einem Arbeitsraum (15), der an einer Unterseite (7, 53) einen Flüssigkeitsanschluss (10) für eine Flüssigkeit des Flüssigkolbens und an einer Oberseite (5) einen Hochdruckanschluss (12) für ein Gas unter einem Hochdruck und einen Niederdruckanschluss (11) für das Gas unter einem Niederdruck aufweist, wobei in dem Kreisprozess eine Strömungsarbeit an der Flüssigkeit in eine Druckänderung des Gases oder die Druckänderung in die Strömungsarbeit gewandelt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Flüssigkolbenwandler auf Senken des Flüssigkolbens umgeschaltet wird, wenn beim Steigen des Flüssigkolbens die Flüssigkeit in dem Arbeitsraum (15) ein Drosselement (35, 43, 49), das für das Gas durchlässig und für die Flüssigkeit im Wesentlichen undurchlässig ist, erreicht und ein Druck in der Flüssigkeit vor dem Drosselement (35, 43, 49) ansteigt. 5
10
15
20
25

2. Kreisprozess nach dem vorgenannten Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Umschalten des Flüssigkolbenwandlers (3) auf Senken des Flüssigkolbens der Flüssigkeitsanschluss (10) mit einem drucklosen Flüssigkeitsreservoir verbunden wird. 30

3. Flüssigkolbenwandler (3) mit einem Arbeitsraum (15), der an einer Unterseite (7, 53) einen Flüssigkeitsanschluss (10) für eine Flüssigkeit eines Flüssigkolbens und an einer Oberseite (5) einen Hochdruckanschluss (12) für ein Gas unter einem Hochdruck und einen Niederdruckanschluss (11) für das Gas unter einem Niederdruck aufweist, und mittels dessen in einem Kreisprozess mit abwechselndem Heben und Senken des Flüssigkolbens eine Strömungsarbeit an der Flüssigkeit in eine Druckänderung des Gases oder die Druckänderung in die Strömungsarbeit wandelbar ist, **gekennzeichnet durch** ein Drosselement (35, 43, 49) in dem Arbeitsraum (15), das für das Gas durchlässig und für die Flüssigkeit im Wesentlichen undurchlässig ist, ein Sensorelement zum Erkennen eines Druckanstiegs in der Flüssigkeit vor dem Drosselement (35, 43, 49) und ein mit dem Sensorelement verbundenes Schaltelement, das bei Erkennen des Druckanstiegs mittels des Sensors den Flüssigkolbenwandler (3) vom Heben auf Senken des Flüssigkolbens umschaltet. 35
40
45
50

4. Flüssigkolbenwandler nach dem vorgenannten Anspruch, **gekennzeichnet durch** einen Bypass (52), der an dem Drosselement (49) vorbei von der Oberseite (55) zu der Unterseite (53) für die Flüssig-

keit durchlässig ist.

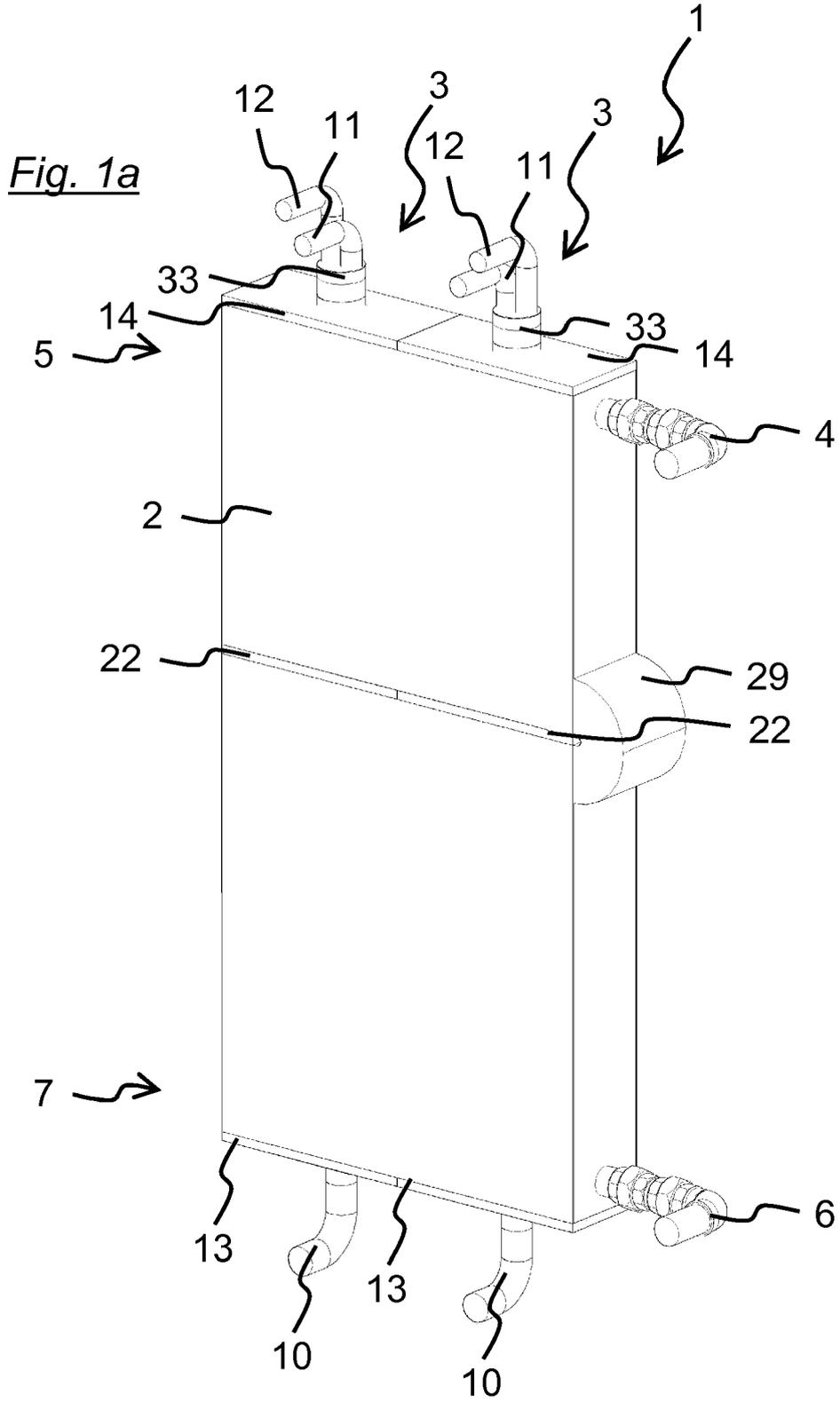
5. Flüssigkolbenwandler nach einem der Ansprüche 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Drosselement (43) in dem Arbeitsraum federbelastet anhebbar gelagert ist. 5

6. Flüssigkolbenwandler nach dem vorgenannten Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor ein Anheben des Drosselements (43) erkennt. 10

7. Flüssigkolbenwandler (3) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor eine Druckdifferenz über dem Drosselement (35, 49) misst. 15

8. Flüssigkolbenwandler (3) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor einen Druck in der Flüssigkeit misst. 20

9. Flüssigkolbenwandler (3) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor eine elektrische Leistungsaufnahme beim Verrichten der Strömungsarbeit misst. 25



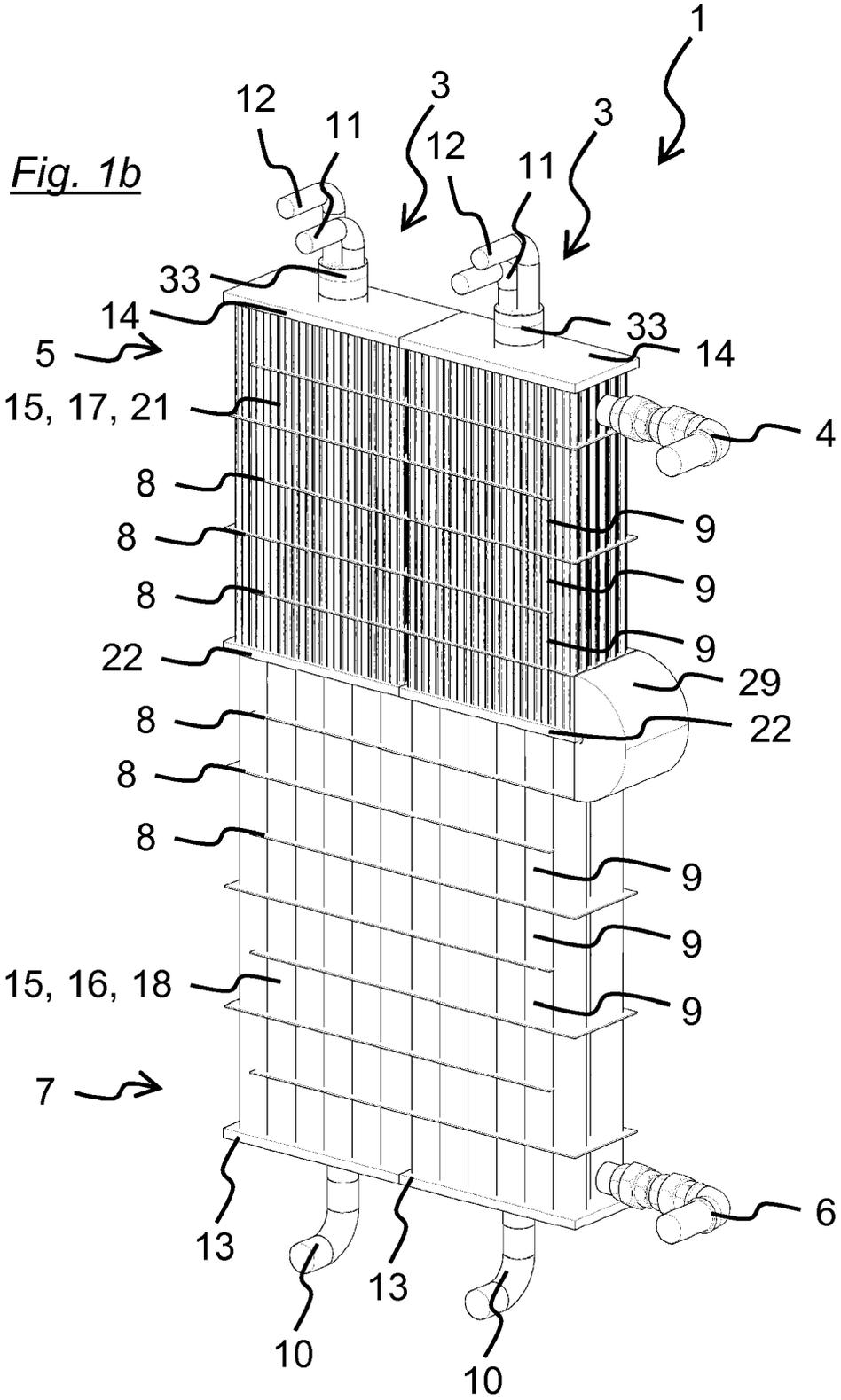


Fig. 2a

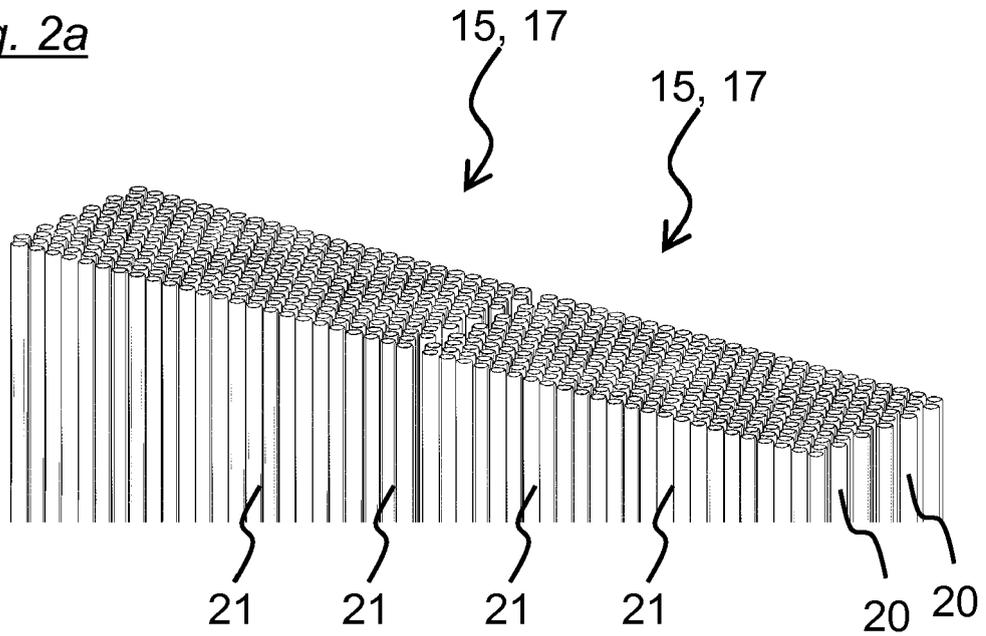
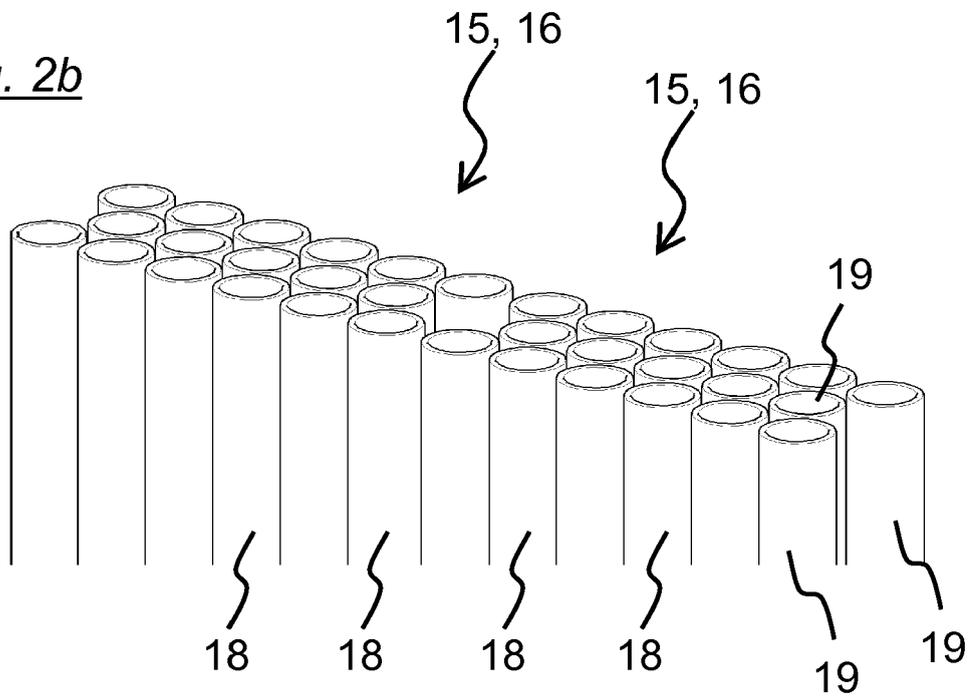


Fig. 2b



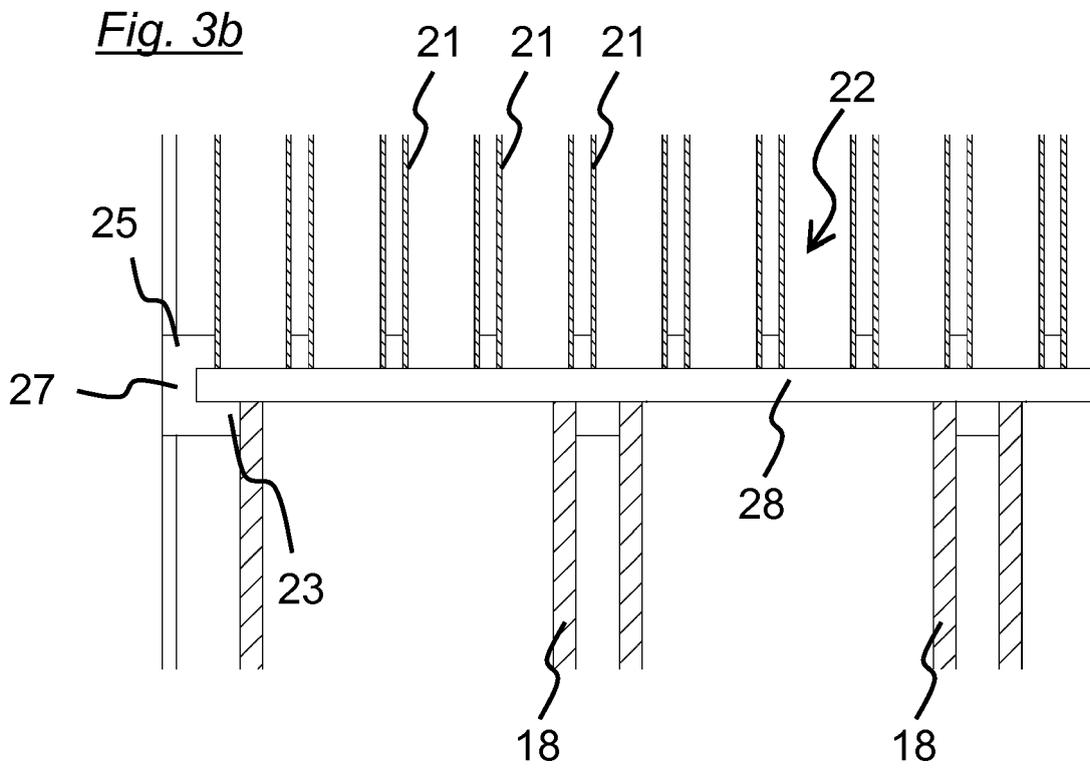
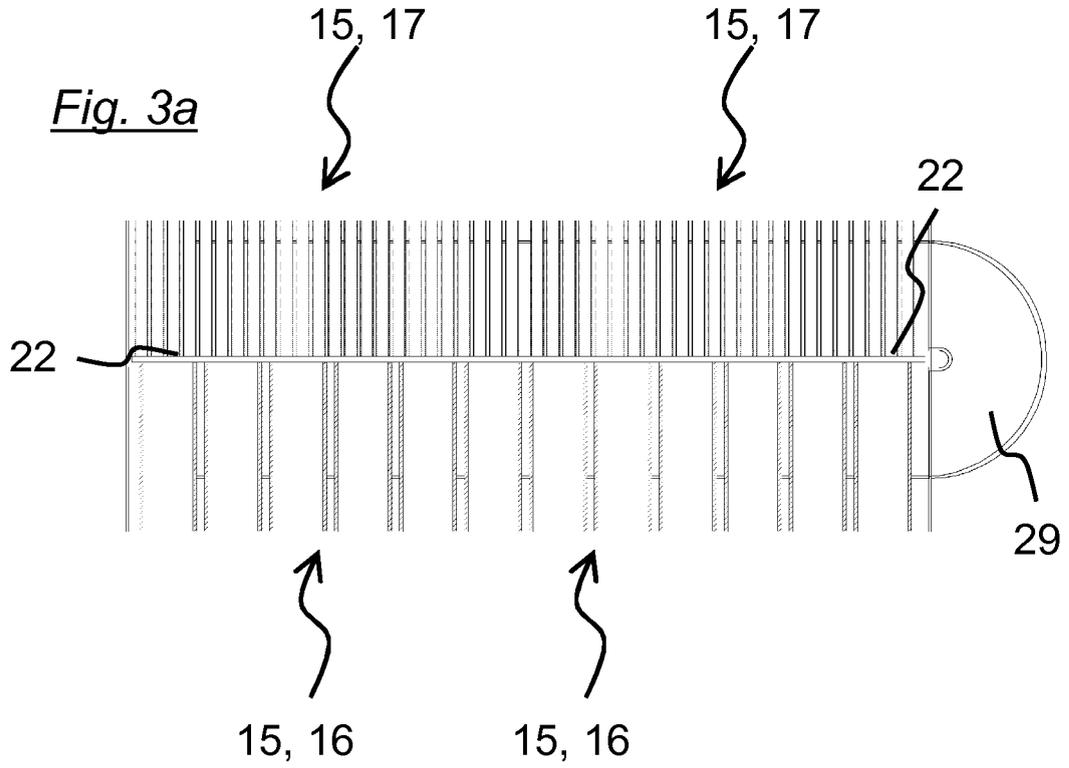


Fig. 4a

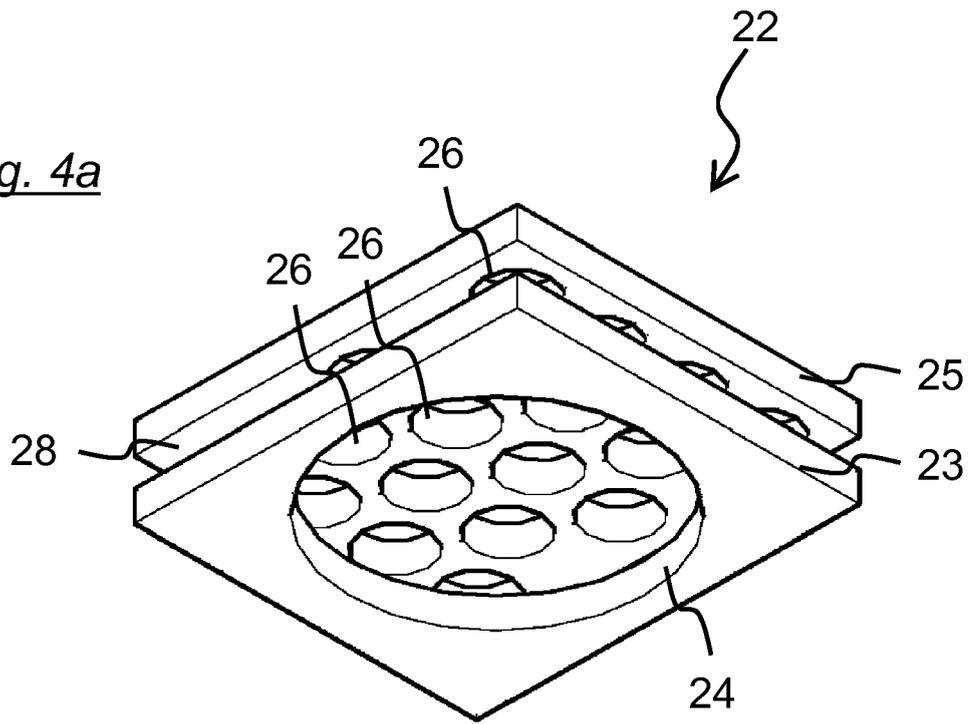
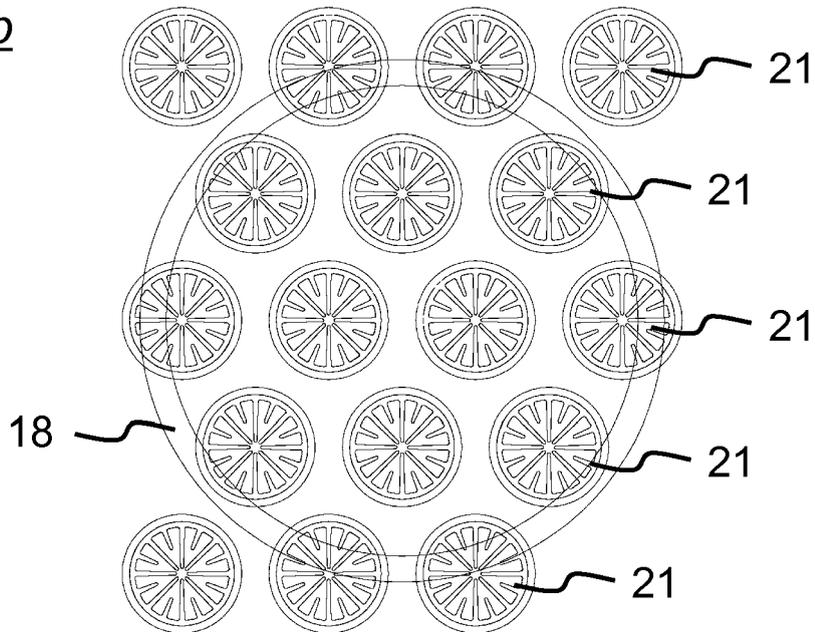


Fig. 4b



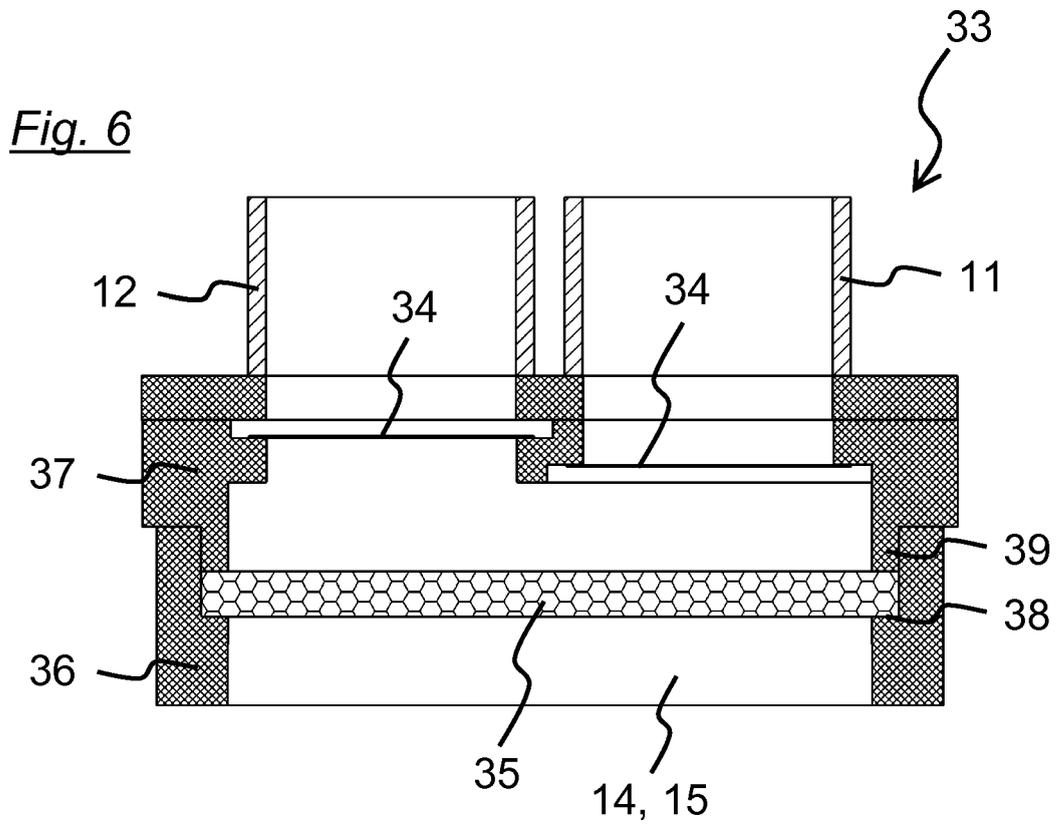
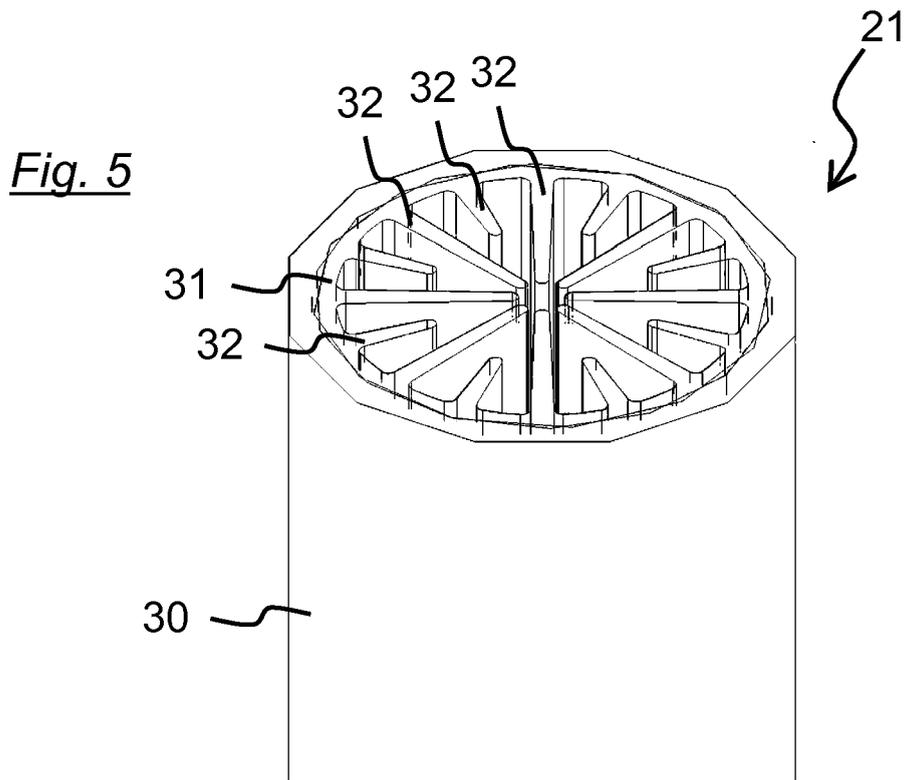


Fig. 7

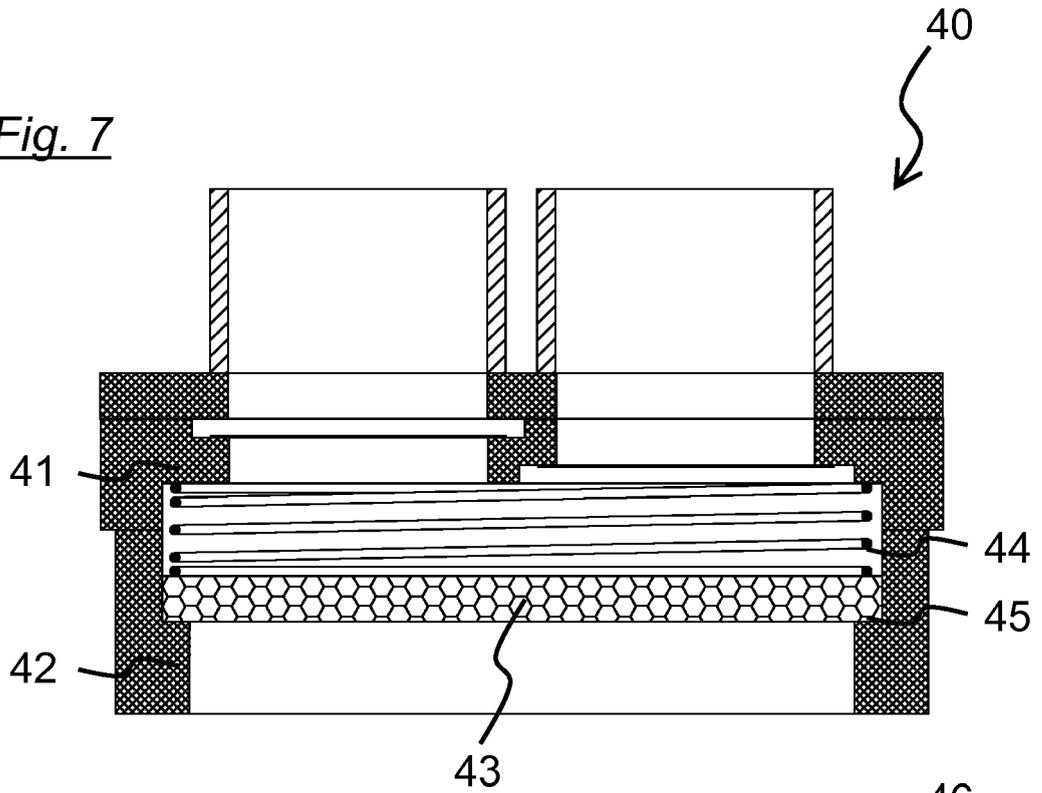
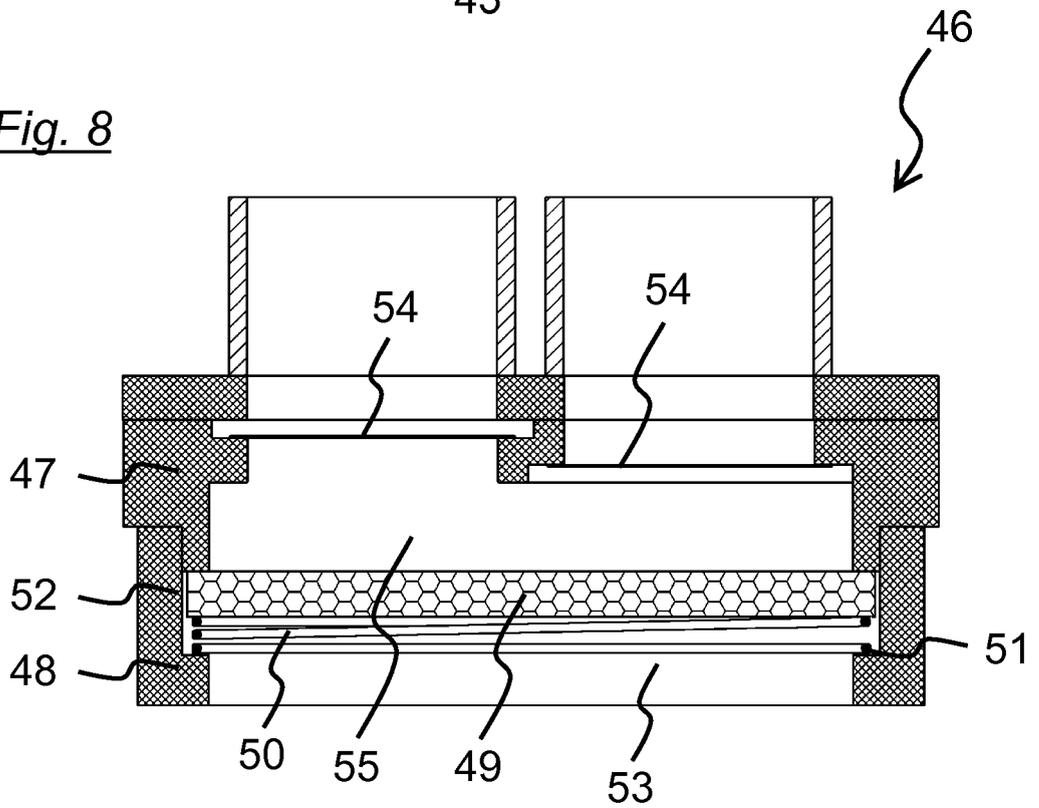


Fig. 8



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

- US 2772543 A [0008] [0009]