



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

**EP 3 514 381 A1**

(12)

## **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**24.07.2019 Patentblatt 2019/30**

(51) Int Cl.:

**F04B 9/133** (2006.01)

**F04B 39/12** (2006.01)

**F04B 41/06** (2006.01)

**F04B 53/16** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18152933.0**

(22) Anmeldetag: **23.01.2018**

(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 RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**MA MD TN**

(71) Anmelder: **Maximator GmbH  
99734 Nordhausen (DE)**

(72) Erfinder:  
• **ADLER, Robert  
1030 Wien (AT)**  
• **FAHRTHOFER, Georg  
1030 Wien (AT)**

- **GRUBER, Sarah  
1030 Wien (AT)**
- **NAGL, Christoph  
1030 Wien (AT)**
- **RASCH, Markus  
1030 Wien (AT)**
- **STEPHAN, Markus  
1030 Wien (AT)**
- **WILLIG, Henning  
37431 Bad Lauterberg (DE)**
- **HIMMELSTEIN, Rene  
74889 Sinsheim (DE)**

(74) Vertreter: **Sonn & Partner Patentanwälte  
Riemergasse 14  
1010 Wien (AT)**

### **(54) VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM VERDICHTEN EINES ARBEITSMEDIUMS**

(57) Vorrichtung (1) und Verfahren zum Verdichten eines Arbeitsmediums aufweisend:  
- Komprimierung eines Antriebsmediums in einem Kompressor (2);  
- Bewegen eines Antriebskolbens (4) mittels des komprimierten Antriebsmediums innerhalb eines ersten Zylinders (5);

- Bewegen eines das Arbeitsmedium verdichtenden Hochdruckkolbens (8) mittels des Antriebskolbens (2) innerhalb eines zweiten Zylinders (9), und
- Wärmeübertragung vom verdichteten Arbeitsmedium auf das komprimierte Antriebsmedium vor dem Eintritt des komprimierten Antriebsmediums in den ersten Zylinder (5) des Antriebskolbens (4).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Verdichten eines Arbeitsmediums mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1 sowie ein Verfahren zum Verdichten eines Arbeitsmediums mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 8.

**[0002]** Derartige Verdichter sind im Stand der Technik in verschiedenen Ausführungen bekannt (vgl. z.B. die US 4,104,008 A).

**[0003]** Als nachteilig erweist sich jedoch der hohe Energieverbrauch von Verdichtern mit Gasantrieb.

**[0004]** Vordiesem Hintergrund setzt sich die Erfindung zum Ziel, den Wirkungsgrad für den Antrieb des Hochdruckkolbens zu erhöhen.

**[0005]** Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 8 gelöst.

**[0006]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Verdichten eines Arbeitsmediums weist zumindest die folgenden Komponenten auf:

- einen Kompressor zur Kompression eines Antriebsmediums;
- einen Druckübersetzer mit einem mittels des Antriebsmediums betätigbaren Antriebskolben innerhalb eines ersten Zylinders und mit einem das Arbeitsmedium verdichtenden Hochdruckkolben innerhalb eines zweiten Zylinders,
- einen Wärmetauscher zwischen dem Kompressor und dem ersten Zylinder des Druckübersetzers zur Wärmeübertragung vom verdichteten Arbeitsmedium auf das komprimierte Antriebsmedium.

**[0007]** Erfindungsgemäß ist der Wärmetauscher für einen Wärmeaustausch zwischen dem Arbeitsmedium nach der Verdichtung im zweiten Zylinder und dem Antriebsmedium vor dem Eintritt in den ersten Zylinder des Druckübersetzers eingerichtet. Vorteilhafterweise kann so die Temperatur des Antriebsmediums im komprimierten Zustand erhöht werden, bevor der Antriebskolben mit dem Antriebsmedium im komprimierten Zustand beaufschlagt wird. Dadurch steht eine höhere Arbeitsleistung für den Betrieb des Hochdruckkolbens zur Verfügung, so dass der Wirkungsgrad des Verdichters gesteigert werden kann.

**[0008]** Dieses Prinzip kann bei verschiedenen Typen von Verdichtern, insbesondere bei einem einfach- oder doppeltwirkenden, einstufigen oder zweistufigen Verdichter genutzt werden. Der Kompressor kann als Kolbenverdichter ebenfalls einfach- oder doppeltwirkend, einstufig oder zweistufig ausgeführt sein.

**[0009]** Für die Zwecke dieser Offenbarung beziehen sich die Orts- und Richtungsangaben, wie "vor", "nach", "zwischen", etc., auf die Strömungsrichtung des Antriebsmediums bzw. des Arbeitsmediums im Verdichterbetrieb.

**[0010]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist ein

geschlossener Kreislauf für das Antriebsmedium mit einer ersten Leitung vom Kompressor zum ersten Zylinder und mit einer zweiten Leitung vom ersten Zylinder zum Kompressor vorgesehen. In dem Artikel von Andreas P. Weiß, "Höhere Energieeffizienz - Theoretische Überlegungen zu einem idealen Druckluftsystem mit geschlossenem Luftkreislauf", O+P 5/2009, wurde in einem anderen Zusammenhang gezeigt, dass bei einem Druckluftsystem mit einem Druckluftzylinder die Ausbildung eines geschlossenen Luftkreislaufes die Energieeffizienz gegenüber einem offenen Referenzsystem ohne Abluftrückführung erhöht.

**[0011]** Der Wärmetauscher ist bevorzugt als Rekupeator ausgeführt, wobei das komprimierte Antriebsmedium und das verdichtete Arbeitsmedium mittels zumindest einer Wand voneinander getrennt sind. Bei einer alternativen Ausführung ist der Wärmetauscher als Regenerator ausgeführt, wobei eine Wärmespeicherung in einer Wärmetauschermasse vorgesehen ist.

**[0012]** Als Wärmetauscher kann beispielsweise ein Plattenwärmetauscher oder ein Rohr-in-Rohr-Wärmetauscher vorgesehen sein. Es sind jedoch verschiedene Ausführungen von Wärmetauschern bekannt, mit welchen der Wärmegehalt des verdichteten Arbeitsmediums auf das komprimierte Antriebsmedium übertragen werden kann.

**[0013]** Um die benötigte Antriebsleistung weiter zu verringern, ist es günstig, wenn der Kompressor vollhermetisch oder halbhermetisch ausgeführt ist.

**[0014]** Für die Zwecke dieser Offenbarung wird als "vollhermetischer" Kompressor eine Ausführung verstanden, bei welcher ein vorzugsweise druckdichtes Gehäuse sowohl einen Antriebsmotor als auch eine Verdichtereinheit umschließt, wobei das umschließende Gehäuse insbesondere verschweißt ist und die Medienleitungen durch das Gehäuse durchgeführt sind.

**[0015]** Für die Zwecke dieser Offenbarung wird als "halbhermetischer" Kompressor eine Ausführung verstanden, bei welcher ein Antriebsmotor mit einem Verdichtergehäuse druckdicht und lösbar verbunden ist.

**[0016]** Bei einer weiteren Ausführungsform ist ein offener Kompressor vorgesehen. Für die Zwecke dieser Offenbarung wird als "offener" Kompressor eine Ausführung verstanden, bei welcher aus wenigstens einer Seite einer Verdichtereinheit ein Wellenzapfen oder ein anderes Lastübertragungsmittel ragt, über das Arbeitsleistung in die Verdichtereinheit eingebracht werden kann.

**[0017]** Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind der Kompressor und der geschlossene Kreislauf für das Antriebsmedium dazu eingerichtet, das Antriebsmedium bei höherem Druck als Umgebungsdruck im Kreis zu führen.

**[0018]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist in der zweiten Leitung des geschlossenen Kreislaufes ein Kühler zur Kühlung des Antriebsmediums zwischen dem ersten Zylinder des Druckübersetzers und dem Kompressor angeordnet. Bei dieser Ausführungsform wird die Temperatur des Antriebsmediums bei der Rück-

führung vom ersten Zylinder zum Kompressor gesenkt. Auf diese Weise kann die Temperatur des Antriebsmediums nach der Komprimierung durch Wärmeaustausch mit dem verdichteten Arbeitsmedium erhöht werden, ohne dass die Temperatur im geschlossenen Kreislauf insgesamt immer weiter gesteigert werden würde. Vorteilhafterweise wird das Arbeitsmedium daher im geschlossenen Kreislauf auf verschiedenen Temperaturstufen geführt, um einen optimalen Wirkungsgrad beim Antrieb des Hochdruckkolbens zu erzielen.

**[0019]** Um die Temperatur des Antriebsmediums in der Rückleitung vom Verdichter gezielt auf das passende Niveau abzusenken, ist bei einer bevorzugten Ausführungsform weiters vorgesehen:

- ein Temperaturmesselement in der zweiten Leitung,
- eine Steuereinheit, welche einerseits mit dem Temperaturmesselement und andererseits mit dem Kühler verbunden ist, um den Kühler in Abhängigkeit von der Temperatur des Antriebsmediums in der zweiten Leitung zu steuern.

**[0020]** Zum Ausgleich von Druckspitzen bzw. Druckschwankungen ist bevorzugt ein erster Pufferspeicher zwischen dem Kompressor und dem Wärmetauscher und/oder ein zweiter Pufferspeicher zwischen dem Kühler und dem Kompressor vorgesehen.

**[0021]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist zwischen dem Kompressor und dem ersten Zylinder ein Steuerschieber vorgesehen, welcher zwischen einer ersten Stellung und einer zweiten Stellung umschaltbar ist, um den ein erstes Volumen des ersten Zylinders gegenüber einem zweiten Volumen des ersten Zylinders abdichtenden Antriebskolben mittels des Antriebsmediums hin- und her zu bewegen. In der ersten Stellung verbindet der Steuerschieber die erste Leitung mit einem ersten Volumen des ersten Zylinders und die zweite Leitung mit einem zweiten Volumen des ersten Zylinders. In der zweiten Stellung verbindet der Steuerschieber die erste Leitung mit dem zweiten Volumen des ersten Zylinders und die zweite Leitung mit dem ersten Volumen des ersten Zylinders.

**[0022]** Das erfindungsgemäße Verfahren zum Verdichten eines Arbeitsmediums weist zumindest die folgenden Schritte auf:

- Komprimierung eines Antriebsmediums in einem Kompressor;
- Bewegen eines Antriebskolbens mittels des komprimierten Antriebsmediums innerhalb eines ersten Zylinders;
- Bewegen eines des Arbeitsmedium verdichtenden Hochdruckkolbens mittels des Antriebskolbens innerhalb eines zweiten Zylinders, und
- eine Wärmeübertragung vom verdichteten Arbeitsmedium auf das komprimierte Antriebsmedium vor dem Eintritt des komprimierten Antriebsmediums in den ersten Zylinder des Antriebskolbens.

**[0023]** Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren weiters den Schritt

- Leiten des Antriebsmediums in einem geschlossenen Kreislauf vom Kompressor über den ersten Zylinder zurück zum Kompressor.

**[0024]** Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird das Antriebsmedium im Kompressor von einem Eingangsdruck auf einen Ausgangsdruck komprimiert, wobei der Eingangsdruck größer als ein Umgebungsdruck ist.

**[0025]** Der Eingangsdruck des Antriebsmediums am Eingang des Kompressors beträgt bevorzugt zwischen 0,5 bar und 50 bar, insbesondere zwischen 2 bar und 30 bar. Der Ausgangsdruck des Antriebsmediums am Ausgang des Kompressors beträgt bevorzugt zwischen 1 bar und 100 bar, insbesondere zwischen 5 bar und 40 bar.

**[0026]** Für die Zwecke dieser Offenbarung sollen sämtliche Druckwerte als Absolutdrucke verstanden werden.

**[0027]** Zur Temperaturabsenkung des Antriebsmediums vor dem Kompressor wird bevorzugt eine Kühlung des aus dem ersten Zylinder austretenden Antriebsmediums mittels eines Kühlers vorgenommen.

**[0028]** Das Antriebsmedium ist vorzugsweise von dem Arbeitsmedium verschieden. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Antriebsmedium gasförmig, wobei als Antriebsmedium vorzugsweise eines von Luft, Stickstoff, CO<sub>2</sub>, Argon oder Krypton oder eine Mischung daraus vorgesehen ist. Die herkömmlichen Verdichter mit Gasantrieb haben einen hohen Energiebedarf, um die benötigte Antriebsleistung für den Antrieb des Hochdruckkolbens zur Verfügung zu stellen.

Durch den geschlossenen Kreislauf des Antriebsmediums einerseits und die Wärmeübertragung vom verdichteten Arbeitsmedium auf das komprimierte Antriebsmedium andererseits kann der Wirkungsgrad beim Betrieb des Antriebskolbens wesentlich erhöht werden.

**[0029]** Bei einer besonders bevorzugten Anwendung ist das Arbeitsmedium gasförmig, wobei als Arbeitsmedium vorzugsweise molekularer Wasserstoff vorgesehen ist. Bevorzugt wird der Druck des Arbeitsmediums von einem Anfangsdruck, insbesondere zwischen 3 bar und 500 bar, auf einen Enddruck, insbesondere zwischen 100 bar und 1500 bar, insbesondere zwischen 700 bar und 1000 bar, angehoben. Diese Werte sind wiederum jeweils als Absoluter Druck zu verstehen.

**[0030]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines in der Zeichnung gezeigten Ausführungsbeispiels weiter erläutert.

**[0031]** Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Verdichten eines Arbeitsmediums mittels eines Hochdruckkolbens, wobei eine Wärmeübertragung vom verdichteten Arbeitsmedium auf das komprimierte Antriebsmedium für den Antriebskolben durchgeführt wird.

**[0032]** In Fig. 1 ist schematisch eine Vorrichtung 1 zum Verdichten eines gasförmigen Arbeitsmediums, vor-

zugsweise molekularer Wasserstoff, gezeigt. Die Vorrichtung 1 weist einen Kompressor 2 zur Kompression eines gasförmigen Antriebsmediums, vorzugsweise Luft, auf. Im Stand der Technik sind verschiedenste Typen von Kompressoren 2 bekannt. Beispielsweise kann der Kompressor 2 als Kolben- oder Schraubenverdichter ausgeführt sein. Der Kompressor kann genau eine Stufe oder mindestens zwei Stufen aufweisen. Der Kompressor 2 erhöht den Druck des Antriebsmediums von einem Eingangsdruck an einem Eingang 2a des Kompressors 2 auf einen Ausgangsdruck an einem Ausgang 2b des Kompressors 2.

**[0033]** Wie aus der Zeichnung weiters ersichtlich, wird das komprimierte Antriebsmedium zum Antrieb eines Druckübersetzers 3 verwendet. Der Druckübersetzer 3, auch als Druckumwandler bezeichnet, weist einen Antriebskolben 4 auf, welcher innerhalb eines ersten Zylinders 5 zwischen einer ersten Endposition und einer zweiten Endposition hin- und her bewegt wird. Für den Antrieb des Antriebskolbens 4 wird das Antriebsmedium in den ersten Zylinder 5 geleitet. Der Antriebskolben 4 dichtet ein erstes Volumen 6 des ersten Zylinders 5 gegenüber einem zweiten Volumen 7 des ersten Zylinders 5 ab. Der Druckübersetzer 3 weist zudem einen Hochdruckkolben 8 auf, mit welchem das Arbeitsmedium von einem Anfangsdruck auf einen Enddruck verdichtet wird. Der Hochdruckkolben 8 ist innerhalb eines zweiten Zylinders 9 zwischen einer ersten Endstellung und einer zweiten Endstellung hin- und her bewegbar. Dafür ist der Hochdruckkolben 8 mit dem Antriebskolben 4 derart verbunden, dass die Bewegung des Antriebskolbens 4 auf den Hochdruckkolben 8 übertragen wird. Um eine Druckübersetzung von der Niederdruck- zur Hochdruckseite zu erzielen, weist der Hochdruckkolben 8 eine geringere Kolbenfläche als der Antriebs- bzw. Niederdruckkolben 4 auf. In der gezeigten Ausführung ist der Antriebskolben 4 doppeltwirkend mit einem weiteren Hochdruckkolben 10 innerhalb eines Hochdruckzylinders 11 auf der vom Hochdruckkolben 8 abgewandten Seite des Antriebskolbens 4 ausgebildet. Das Arbeitsmedium wird mit dem Anfangsdruck über eine erste Zuleitung 12 dem zweiten Zylinder 9 und über eine zweite Zuleitung 13 dem Hochdruckzylinder 11 zugeführt. Nach der Verdichtung wird das Arbeitsmedium mit dem Enddruck über eine erste Ableitung 14 vom zweiten Zylinder 9 und über eine zweite Ableitung 15 vom Hochdruckzylinder 11 abgeleitet. In den Zu- und Ableitungen sind Ventile 12a, 13a, 14a, 15a vorgesehen. In der gezeigten Ausführung werden die erste Ableitung 14 und die zweite Ableitung 15 in einer gemeinsamen Ableitung 16 zusammengeführt. Bei einer einfachwirkenden Ausführung des Antriebskolbens 4 (nicht gezeigt) ist lediglich die erste Ableitung 14 vorgesehen.

**[0034]** Wie aus Fig. 1 weiters ersichtlich, wird das Arbeitsmedium in einem geschlossenen Kreislauf 17 geführt. Der geschlossene Kreislauf 17 weist eine erste Leitung 18 vom Ausgang 2a des Kompressors 2 zum ersten Zylinder 5 und eine zweite Leitung 19 (Rückführung) vom

ersten Zylinder 5 zurück zum Eingang 2b des Kompressors 2 auf. Zudem ist eine Steuervorrichtung, insbesondere ein Steuerschieber 20, zur Änderung der Strömungsrichtung des Antriebsmediums im ersten Zylinder 5 vorgesehen. Dadurch kann der Antriebskolben 4 je nach Stellung der Steuervorrichtung von der einen Seite oder von der anderen Seite unter Druck gesetzt werden, so dass das Umschalten der Steuervorrichtung die Hin- und Her-Bewegung des Antriebskolbens 2 bewirkt. In der gezeigten Ausführung ist der Kompressor 2 vollhermetisch oder halbhermetisch ausgeführt. Vorteilhafterweise können so Gasleckagen reduziert werden.

**[0035]** Wie aus Fig. 1 ersichtlich, wird das Antriebsmedium in Strömungsrichtung 21 des Antriebsmediums geschen zwischen dem Kompressor 2 und dem ersten Zylinder 5 des Druckübersetzers 3 über einen Wärmetauscher 22 geführt, in welchem ein Wärmeaustausch mit dem verdichteten Arbeitsmedium durchgeführt wird. Zu diesem Zweck ist der Wärmetauscher 22 mit der ersten Ableitung 14 und/oder mit der zweiten Ableitung 15, im Fall des gezeigten doppeltwirkenden Verdichters mit der gemeinsamen Ableitung 16, verbunden. Somit kann der Wärmegehalt des Arbeitsmediums nach der Verdichtung im zweiten Zylinder 9 zur Temperaturerhöhung des Antriebsmediums vor dem Eintritt in den ersten Zylinder 5 für den Antriebskolben 4 erhöht werden. Aus der idealen Gasgleichung ( $p^*V=n^*R^*T$ ) ergibt sich, dass das Produkt  $p^*V$  erhöht wird, wenn die Temperatur des komprimierten Antriebsmediums erhöht wird. Die erbringbare Arbeit und folglich Leistung am Druckumsetzer wird dadurch erhöht. Somit wird für die gleiche Arbeit im Vergleich zu einem herkömmlichen System weniger (elektrische) Antriebsenergie für den Kompressor 2 benötigt.

**[0036]** In der gezeigten Ausführung ist zudem ein Kühler 23 in der zweiten Leitung 19 angeordnet, um eine Kühlung des Antriebsmediums am Weg vom ersten Zylinder 5 des Druckübersetzers 3 zurück zum Kompressor 2 zu erzielen. Der Kühler 23 kann als weiterer Wärmetauscher mit einem Ventilator 23a ausgebildet sein. In der gezeigten Ausführung ist zudem ein Temperaturreglement 26 in der zweiten Leitung 19 vorgesehen, welches die Temperatur des Arbeitsmediums an eine Steuereinheit 27 übermittelt, welche den Ventilator 23a in Abhängigkeit von der Temperatur des Antriebsmediums in der zweiten Leitung 19 ansteuert.

**[0037]** Weiters ist ein erster Pufferspeicher 24 zwischen dem Kompressor 2 und dem Wärmetauscher 22 und ein zweiter Pufferspeicher 25 zwischen dem Kühler 23 und dem Kompressor 2 vorgesehen.

**[0038]** Der besseren Übersicht halber sind in der Zeichnung lediglich die für das Verständnis der gezeigten Ausführungsform benötigten Komponenten dargestellt. Selbstverständlich kann die Verdichter-Vorrichtung 1 verschiedene zusätzliche Komponenten und Modifikationen gegenüber der gezeigten Ausführungsform aufweisen.

**Patentansprüche**

1. Vorrichtung (1) zum Verdichten eines Arbeitsmediums aufweisend:

- einen Kompressor (2) zur Kompression eines Antriebsmediums;
- einen Druckübersetzer (3) mit einem mittels des Antriebsmediums betätigbaren Antriebskolben (4) innerhalb eines ersten Zylinders (5) und mit einem das Arbeitsmedium verdichtenden Hochdruckkolben (8) innerhalb eines zweiten Zylinders (9);

**gekennzeichnet durch**

- einen Wärmetauscher (22) zwischen dem Kompressor (2) und dem ersten Zylinder (5) des Druckübersetzers (3) zur Wärmeübertragung vom verdichteten Arbeitsmedium auf das komprimierte Antriebsmedium.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch**

- einen geschlossenen Kreislauf (17) für das Antriebsmedium mit einer ersten Leitung (18) vom Kompressor (2) zum ersten Zylinder (5) und mit einer zweiten Leitung (19) vom ersten Zylinder (5) zum Kompressor (2).

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kompressor (2) vollhermetisch, halbhermetisch oder offen ausgeführt ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kompressor (2) und der geschlossene Kreislauf (17) für das Antriebsmedium dazu eingerichtet sind, das Antriebsmedium bei höherem Druck als Umgebungsdruck im Kreis zu führen.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **gekennzeichnet durch**

- einen Kühler (23) zur Kühlung des Antriebsmediums in der zweiten Leitung (19) zwischen dem ersten Zylinder (5) des Druckübersetzers (3) und dem Kompressor (2).

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **gekennzeichnet durch**

- ein Temperaturmesselement (26) in der zweiten Leitung (19),
- eine Steuereinheit (27), welche einerseits mit dem Temperaturmesselement (26) und andererseits mit dem Kühler (23) verbunden ist, um

den Kühler (23) in Abhängigkeit von der Temperatur des Antriebsmediums in der zweiten Leitung (19) zu steuern.

5 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **gekennzeichnet durch**

- einen ersten Pufferspeicher (24) zwischen dem Kompressor (2) und dem Wärmetauscher (22) und/oder einem zweiten Pufferspeicher (25) zwischen dem Kühler (23) und dem Kompressor (2).

10 8. Verfahren zum Verdichten eines Arbeitsmediums aufweisend:

- Komprimierung eines Antriebsmediums in einem Kompressor (2);
- Bewegen eines Antriebskolbens (4) mittels des komprimierten Antriebsmediums innerhalb eines ersten Zylinders (5);
- Bewegen eines das Arbeitsmedium verdichtenden Hochdruckkolbens (8) mittels des Antriebskolbens (2) innerhalb eines zweiten Zylinders (9),

**gekennzeichnet durch**

- eine Wärmeübertragung vom verdichteten Arbeitsmedium auf das komprimierte Antriebsmedium vor dem Eintritt des komprimierten Antriebsmediums in den ersten Zylinder (5) des Antriebskolbens (4).

15 35 9. Verfahren nach Anspruch 8, **gekennzeichnet durch:**

- Leiten des Antriebsmediums in einem geschlossenen Kreislauf (18) vom Kompressor (2) über den ersten Zylinder (5) zurück zum Kompressor (2).

40 45 10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Antriebsmedium im Kompressor (2) von einem Eingangsdruck auf einen Ausgangsdruck komprimiert wird, wobei der Eingangsdruck größer als ein Umgebungsdruck ist.

50 11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Eingangsdruck zwischen 0,5 bar und 50 bar, insbesondere zwischen 2 bar und 30 bar, beträgt.

55 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **gekennzeichnet durch:**

- Kühlung des aus dem ersten Zylinder (5) austretenden Antriebsmediums mittels eines Küh-

lers (23).

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **da-durch gekennzeichnet, dass** das Antriebsmedium gasförmig ist, wobei als Antriebsmedium vorzugsweise eines von Luft, Stickstoff, CO<sub>2</sub>, Argon oder Krypton oder eine Mischung daraus vorgesehen ist. 5
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **da-durch gekennzeichnet, dass** das Arbeitsmedium gasförmig ist, wobei als Arbeitsmedium vorzugsweise molekularer Wasserstoff vorgesehen ist. 10

15

20

25

30

35

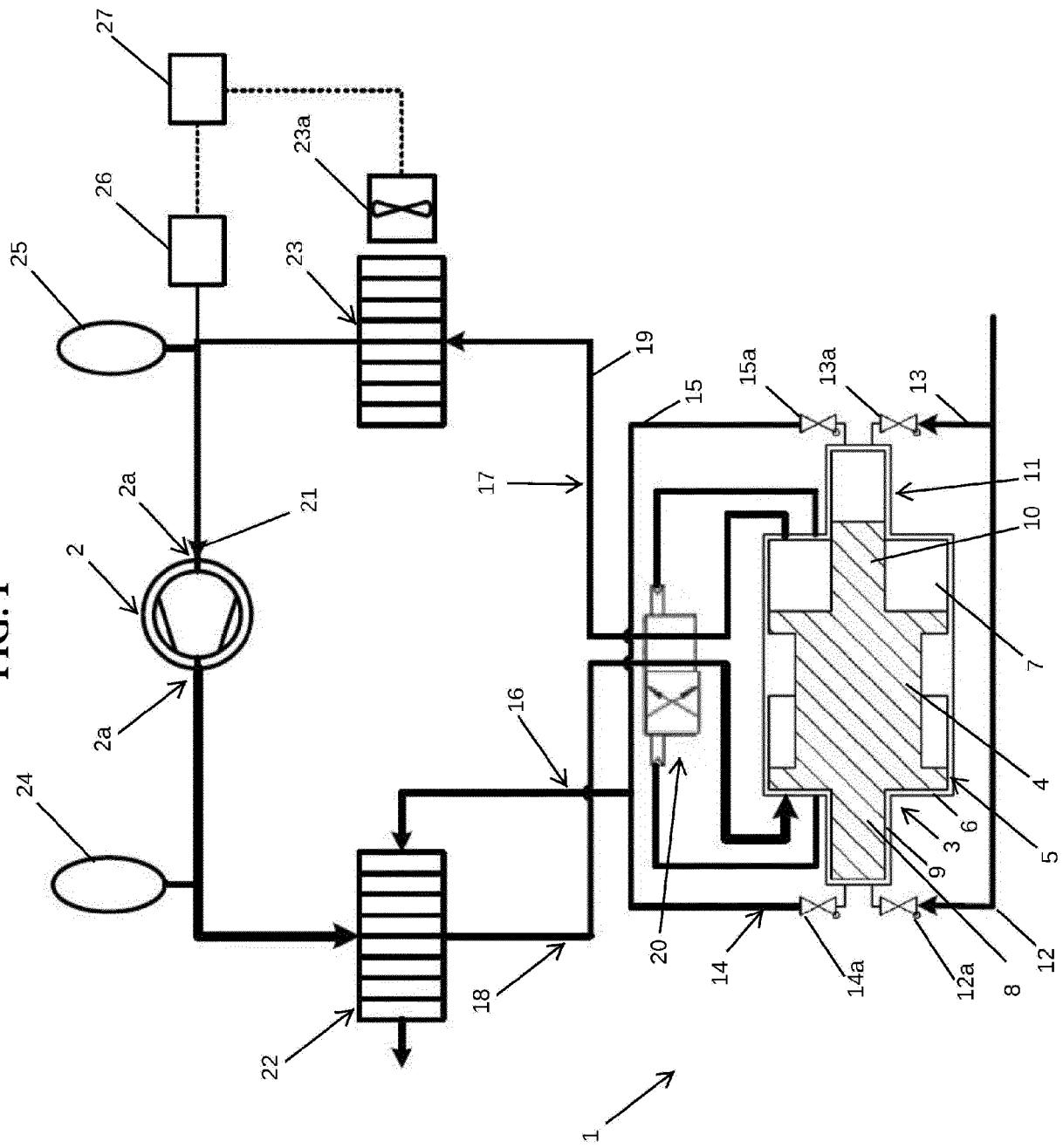
40

45

50

55

FIG. 1





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 18 15 2933

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betriefft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	Y,D US 4 104 008 A (HOFFMANN ERNST ET AL) 1. August 1978 (1978-08-01) * Spalte 6, Zeile 63 - Spalte 10, Zeile 29; Abbildungen 1,2 *	1-14	INV. F04B9/133 F04B39/12 F04B41/06 F04B53/16
15	Y US 5 324 175 A (SORENSEN HAROLD P [US] ET AL) 28. Juni 1994 (1994-06-28) * Spalte 2, Zeile 7 - Spalte 3, Zeile 22; Anspruch 7; Abbildungen 1,2 *	1-14	
20	A DE 30 18 625 A1 (EICKHOFF GEB [DE]) 26. November 1981 (1981-11-26) * Ansprüche 1-9 *	1,8	
25	A US 6 386 841 B1 (PROBST JOACHIM [DE]) 14. Mai 2002 (2002-05-14) * Spalte 4, Zeile 25 - Spalte 5, Zeile 55 *	1,8	
30			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
35			F04B
40			
45			
50	1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 25. April 2018	Prüfer Fistas, Nikolaos
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 Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

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

EP 18 15 2933

5 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.

25-04-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	US 4104008 A	01-08-1978	DE FR GB US	2626954 A1 2355180 A1 1521878 A 4104008 A	05-01-1978 13-01-1978 16-08-1978 01-08-1978
20	US 5324175 A	28-06-1994		KEINE	
25	DE 3018625 A1	26-11-1981		KEINE	
30	US 6386841 B1	14-05-2002		KEINE	
35					
40					
45					
50					
55					

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**

- US 4104008 A [0002]