

(19)



(11)

EP 3 489 516 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
29.05.2019 Patentblatt 2019/22

(21) Anmeldenummer: **17203509.9**

(22) Anmeldetag: **24.11.2017**

(51) Int Cl.:
F04C 23/00 ^(2006.01) **F04C 25/02** ^(2006.01)
F04C 18/344 ^(2006.01) **F04B 37/14** ^(2006.01)
F04C 28/02 ^(2006.01) **F04C 28/06** ^(2006.01)
F04B 41/06 ^(2006.01) **F04B 49/06** ^(2006.01)

(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

(71) Anmelder: **PFEIFFER VACUUM GMBH**
35614 Asslar (DE)

(72) Erfinder:
• **Schneider, Florian**
35305 Grünberg (DE)
• **Herrmann, Steffen**
35102 Lohra (DE)

(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald**
Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(54) **VAKUUMPUMPE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe umfassend einen ersten Arbeitspumpabschnitt, wenigstens einen zweiten Arbeitspumpabschnitt und eine Steuereinrichtung, mit der zwischen einer Reihenschaltung und einer Parallelschaltung der Arbeitspumpabschnitte umgeschaltet werden kann.

EP 3 489 516 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe mit einem ersten Arbeitspumpabschnitt und wenigstens einem zweiten Arbeitspumpabschnitt.

[0002] Der Stand der Technik wird nachfolgend anhand des Beispiels von Drehschiebervakuumpumpen mit zwei Arbeitspumpabschnitten beschrieben.

[0003] Eine bekannte Vakuumpumpe der genannten Art ist derart ausgebildet, dass die Arbeitspumpabschnitte parallel geschaltet sind. Hierdurch wird ein relativ großes Saugvermögen am Anfang eines Abpumpvorganges verwirklicht. Die Parallelschaltung der Arbeitspumpabschnitte ist jedoch hinsichtlich des erreichbaren Enddrucks, also des minimal am Einlass der Vakuumpumpe erreichbaren Drucks, nachteilig.

[0004] Für Anwendungen, bei denen ein besonders niedriger Enddruck benötigt wird, ist es im Stand der Technik bekannt, zwei Arbeitspumpabschnitte in Reihe zu schalten. Hierdurch kann - bei ansonsten baugleichen Arbeitspumpabschnitten - ein deutlich niedrigerer Enddruck erreicht werden. Allerdings ist hierbei das Saugvermögen bei hohen Einlassdrücken, also insbesondere am Anfang eines Abpumpvorganges, im Vergleich zum Parallelbetrieb stark reduziert.

[0005] Parallel arbeitende Vakuumpumpen der eingangs genannten Art eignen sich also für Anwendungen, bei denen ein schnelles Abpumpen Vorrang vor einem niedrigen erreichbaren Enddruck hat. Umgekehrt eignen sich in Reihe arbeitende Vakuumpumpen besonders für Anwendungen, bei denen ein schnelles Abpumpen weniger wichtig ist, dafür aber ein besonders niedriger Enddruck erreichbar sein soll.

[0006] Erreichbarer Enddruck und Saugvermögen bei hohen Einlassdrücken stehen insofern also in einem Zielkonflikt.

[0007] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, die Leistung einer Vakuumpumpe der eingangs genannten Art zu verbessern, insbesondere sowohl ein hohes Saugvermögen bei hohen Drücken, insbesondere am Anfang eines Abpumpvorganges, als auch einen niedrigen erreichbaren Enddruck zu verwirklichen. Es soll also insbesondere der beschriebene Zielkonflikt aufgelöst werden.

[0008] Diese Aufgabe wird durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, und insbesondere dadurch, dass eine Steuereinrichtung vorgesehen ist, mit der zwischen einer Reihenschaltung und einer Parallelschaltung der Arbeitspumpabschnitte umgeschaltet werden kann.

[0009] Hierdurch kann je nach Betriebszustand der Vakuumpumpe diejenige Betriebsart, also Reihen- bzw. Parallelschaltung, ausgewählt werden, welche eine in diesem Betriebszustand bessere Leistung erbringt. Die Vakuumpumpe kann also zum Beispiel am Anfang eines Abpumpvorganges in Parallelschaltung der Arbeitspumpabschnitte betrieben werden, um ein hohes Saugvermögen zu realisieren, und später, insbesondere sobald das Saugvermögen im Reihenbetrieb dasjenige des

Parallelbetriebs übersteigt, auf den Reihenbetrieb umschalten, um so eine weitere effektive Evakuierung bis hin zu einem besonders niedrigen Enddruck zu gewährleisten.

[0010] Die erfindungsgemäße Vakuumpumpe ist für verschiedene Anwendungsfälle flexibel einsetzbar. Außerdem kann herstellerseitig darauf verzichtet werden, mechanisch unterschiedliche Vakuumpumpen einerseits mit Parallelschaltung und andererseits mit Reihenschaltung anzubieten. Hierdurch lassen sich die Teilevielfalt drastisch reduzieren und somit Kosten sparen. Der konstruktive Mehraufwand für die Steuereinrichtung kann dagegen gering gehalten werden. Ferner ergibt sich ein Kostenvorteil daraus, dass nun kleinere Pumpen durch Parallelschaltung in Anwendungen eingesetzt werden können, in denen bisher größere Pumpen zum Einsatz kamen.

[0011] Soweit hierin auf hohe oder niedrige Drücke Bezug genommen wird, beziehen diese sich auf die konkrete Vakuumanwendung und sind nicht absolut zu verstehen. Für den einfachen Fall, dass im Ausgangszustand der Pumpe sowohl am Einlass als auch am Auslass atmosphärischer Druck herrscht, bezieht sich hoher Druck insbesondere auf Werte nahe dem atmosphärischen Druck.

[0012] Die folgende Beschreibung bezieht sich beispielhaft vornehmlich auf Vakuumpumpen mit genau zwei Arbeitspumpabschnitten, die nach demselben Pumpprinzip arbeiten. Die genannten Beispiele lassen sich aber auch auf Pumpen mit drei oder mehr Arbeitspumpabschnitten und insbesondere auch auf Pumpen mit verschiedenartigen Arbeitspumpabschnitten übertragen.

[0013] Gemäß einer Ausführungsform ist die Vakuumpumpe eine Rotationsverdrängervakuumpumpe, insbesondere eine Drehschieberpumpe. Insbesondere arbeiten beide oder alle Arbeitspumpabschnitte nach dem Rotationsverdränger- bzw. Drehschieberprinzip. Zum Beispiel sind die Arbeitspumpabschnitte durch eine gemeinsame Welle angetrieben. Dies stellt eine konstruktiv einfache und somit kostengünstige Lösung dar.

[0014] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Steuereinrichtung dazu ausgebildet, die Umschaltung bei Erreichen eines vorgegebenen und/oder vorgebbaren Umschaltgasdrucks vorzunehmen. Dies ist deshalb vorteilhaft, da das Saugvermögen vom zum jeweiligen Zeitpunkt herrschenden Betriebsdruck abhängig ist und somit das Saugvermögen präzise gewählt werden kann.

[0015] Der Umschaltgasdruck kann z.B. ein an einem Einlass der Vakuumpumpe herrschender Gasdruck sein. Hierdurch lässt sich vorteilhaft nutzen, dass der Einlassdruck einer Vakuumpumpe meist ohnehin überwacht wird, sodass keine zusätzlichen Druckermittlungseinrichtungen nötig sind.

[0016] Vorteilhafte Werte für den Umschaltgasdruck liegen unterhalb von 1 hPa und/oder oberhalb von 0,01 hPa, bevorzugt oberhalb von 0,10 hPa.

[0017] Bei einer Weiterbildung ist die Steuereinrich-

tung dazu ausgebildet, die Umschaltung in Abhängigkeit von bekannten Saugvermögensverläufen der Vakuumpumpe bei Reihenschaltung und bei Parallelschaltung jeweils in Abhängigkeit von einem an einem Einlass der Vakuumpumpe herrschenden Gasdruck vorzunehmen.

[0018] Bei noch einer Weiterbildung ist die Steuereinrichtung dazu ausgebildet, einen Pumpvorgang mit einer Parallelschaltung der Arbeitspumpabschnitte zu beginnen und auf eine Reihenschaltung der Arbeitspumpabschnitte umzuschalten, sobald das Saugvermögen der Vakuumpumpe in Parallelschaltung kleiner oder zumindest im Wesentlichen gleich einem Saugvermögen der Vakuumpumpe in Reihenschaltung ist. Hierdurch kann jeweils ein vorteilhaftes Saugvermögen eingestellt werden.

[0019] Bei einer weiteren Ausführungsform umfasst die Steuereinrichtung wenigstens ein Umschaltventil, insbesondere ein Magnetventil. Solche Umschaltventile erlauben eine einfache, zuverlässige Steuerung bzw. Umschaltung. Zum Beispiel kann ein Dreiwegeventil, insbesondere mit einer Betriebsspannung von 24V, vorgesehen sein.

[0020] Das Umschaltventil kann z.B. wenigstens zwei Schaltstellungen aufweisen, von denen die eine der Reihenschaltung und die andere der Parallelschaltung zugeordnet ist.

[0021] Bei einer weiteren Ausführungsform weist das Umschaltventil wenigstens eine dritte Schaltstellung auf, in der die Arbeitspumpabschnitte von einem Einlass der Vakuumpumpe getrennt sind. Hierdurch können die Arbeitspumpabschnitte und ein Auslass der Vakuumpumpe sicher von dem Einlass getrennt werden. Somit kann insbesondere die Funktion eines Einlass- bzw. Sicherheitsventils von dem Umschaltventil mit übernommen werden. Die Vakuumpumpe weist also insbesondere kein zusätzliches Einlass- oder Sicherheitsventil auf. Hierdurch lassen sich nicht nur Kosten sparen, sondern es lässt sich auch ein bei Einlassventilen häufig anzutreffender Nachteil vermeiden, nämlich dass bei Differenzdruck-Einlassventilen niedrige Differenzdrücke häufig zu einem unzureichenden Verschluss des Einlasses führen. Das Umschaltventil kann hingegen bei beliebigen Differenzdrücken den Einlass wirksam verschließen.

[0022] Eine hohe Betriebssicherheit lässt sich beispielsweise erreichen, wenn das Umschaltventil in der dritten Schaltstellung stromlos ist bzw. wenn das Umschaltventil derart ausgebildet ist, dass es im stromlosen Zustand selbsttätig die dritte Schaltstellung einnimmt und hält. Hierdurch wird im Falle eines Stromausfalls ein Rückströmen des Prozessgases in den Rezipienten und insbesondere eine daraus resultierende umgekehrte Drehung der Pumpenwelle verhindert.

[0023] Das Umschaltventil kann z.B. als 5/3-Wegeventil ausgebildet sein. Dies erlaubt eine konstruktiv einfache Gestaltung.

[0024] Bei einer weiteren Ausführungsform umfasst ein Antrieb für zumindest einen der, insbesondere beide oder alle, Arbeitspumpabschnitte einen Gleichstrommotor, der mit dem Umschaltventil elektrisch in Reihe geschaltet ist. Hierdurch kann in einfacher Weise der Motor synchron zum Umschaltventil gesteuert werden. Insbesondere kann hierbei der stromlose Zustand zum Schalten des Umschaltventils in eine Sicherheitsstellung bzw. die dritte Schaltstellung führen.

[0025] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel umfasst die Steuereinrichtung wenigstens ein weiteres Ventil, welches zur Realisierung der Reihenschaltung den ersten Arbeitspumpabschnitt von einem Auslass der Vakuumpumpe trennt.

[0026] Die Aufgabe der Erfindung wird auch durch ein Verfahren gemäß Anspruch 15 gelöst, und insbesondere dadurch, dass während eines Pumpvorgangs zwischen einer Reihenschaltung und einer Parallelschaltung der Arbeitspumpabschnitte umgeschaltet wird.

[0027] Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich z. B. im Sinne der hierin beschriebenen Ausführungsformen der Vakuumpumpe weiterbilden und umgekehrt lässt sich die erfindungsgemäße Vakuumpumpe im Sinne der hierin beschriebenen Ausführungsformen des Verfahrens weiterbilden.

[0028] Weitere Ausführungsformen der Erfindung sind den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den Figuren zu entnehmen.

[0029] Die Erfindung wird nachfolgend lediglich beispielhaft anhand der schematischen Zeichnung erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Rotationsverdrängervakuumpumpe des Standes der Technik in einer Seitenansicht.

Fig. 2 zeigt die Vakuumpumpe der Fig. 1 in einer Schnittansicht entlang der Linie A-A von Fig. 1.

Fig. 3 zeigt für eine erfindungsgemäße Vakuumpumpe eine Auftragung des Saugvermögens in Abhängigkeit von einem Einlassdruck jeweils für eine Reihenschaltung und eine Parallelschaltung der Arbeitspumpabschnitte.

Fig. 4 zeigt ein Schaltbild eines 5/3-Wegeventils zur Umschaltung zwischen Reihenschaltung und Parallelbetrieb zweier Arbeitspumpabschnitte.

[0030] In Fig. 1 ist eine als Drehschiebervakuumpumpe ausgeführte und nachstehend als Vakuumpumpe 10 bezeichnete Rotationsverdrängervakuumpumpe des Standes der Technik dargestellt. Die Vakuumpumpe 10 saugt ein Arbeitsmedium an einem Einlass 28 an und fördert dieses zu einem Auslass 30, der zum Beispiel gegen Atmosphäre offen ist.

[0031] Fig. 2 zeigt eine Schnittansicht der Vakuumpumpe 10 entlang der Schnittlinie A-A gemäß Fig. 1. Der Schnitt verläuft dabei parallel entlang einer Drehachse

eines Rotors 12 der Vakuumpumpe 10. Die Vakuumpumpe 10 umfasst ein Sicherheitsventil 20, welches ein Rückfließen von Arbeitsmedium bei Ausfall der Pumpe verhindert. Das Sicherheitsventil 20 ist durch eine Druckvorsteuerung vorgesteuert.

[0032] Die Vakuumpumpe 10 umfasst außerdem einen Motor 26 zum Antrieb des Rotors 12 der Vakuumpumpe 10. Zwischen Motor 26 und Rotor 12 ist eine Kupplung 27 vorgesehen, welche insbesondere als Magnetkupplung ausgeführt sein kann.

[0033] An dem Rotor 12 sind zwei Arbeitspumpabschnitte und ein Steuerpumpabschnitt ausgebildet. Ein erster Arbeitspumpabschnitt wird durch einen Schieber 14 und einen Förderraum 15 definiert. Ein zweiter Arbeitspumpabschnitt wird durch einen Schieber 16 und einen Förderraum 17 definiert. In dem Steuerpumpabschnitt weist der Rotor einen Schieber 18 auf, der in einem Förderraum 19 rotiert, um ein Steuerfluid für die Druckvorsteuerung zu fördern. Die gezeigte Vakuumpumpe 10 arbeitet also im ersten Arbeitspumpabschnitt, im zweiten Arbeitspumpabschnitt und im Steuerpumpabschnitt jeweils nach dem Drehschieberpumpprinzip. In einem jeweiligen Pumpabschnitt können auch mehrere Schieber 14 bzw. 18 vorgesehen sein.

[0034] Der Rotor 12 ist mit seinem Steuerabschnitt 18, 19 in einem Aufnahmeteil 24 aufgenommen und abgestützt und darin drehbar gelagert. Das Aufnahmeteil 24 bildet mit einer Außenfläche 32 eine zylindrische Grundform, welche konzentrisch zu der Drehachse des Rotors 12 ausgerichtet ist.

[0035] In dem in Fig. 3 gezeigten Diagramm repräsentiert die Abszisse einen Einlassdruck einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe in logarithmischer Skaleneinteilung. Die Ordinate zeigt das Saugvermögen der Pumpe in einfacher Skaleneinteilung. Das Diagramm zeigt zwei Saugvermögensverläufe in Abhängigkeit des Einlassdrucks, nämlich einen ersten Saugvermögensverlauf SP, der den Saugvermögensverlauf bei einer Parallelschaltung der Arbeitspumpabschnitte darstellt, und einen zweiten Saugvermögensverlauf SR, der den Saugvermögensverlauf bei einer Reihenschaltung der Arbeitspumpabschnitte darstellt.

[0036] Fig. 3 veranschaulicht eindrücklich, dass das Saugvermögen bei einem hohen Einlassdruck, also insbesondere am Anfang eines Abpumpvorgangs ausgehend vom Atmosphärendruck, im Parallelbetrieb deutlich größer ist als im Reihenbetrieb. Allerdings wird im Parallelbetrieb nur ein deutlich höherer Enddruck erreicht.

[0037] Die Saugvermögensverläufe schneiden sich - in dem hier dargestellten Beispiel - etwa bei einem Einlassdruck von 0,15 hPa. Der Schnittpunkt sowie die Verläufe an sich sind jedoch abhängig von der konstruktiven Ausgestaltung der jeweiligen Arbeitspumpabschnitte sowie von deren Größenverhältnis zueinander. Dabei gilt, dass je geringer die Größenunterschiede der Arbeitspumpabschnitte sind, desto größer die Zugewinne beim Saugvermögen sind.

[0038] Der Schnittpunkt lässt sich vorteilhaft als

Schaltunkt für die Steuereinrichtung der Vakuumpumpe zum Umschalten zwischen Parallel- und Reihenbetrieb heranziehen. Insbesondere wird ein dem Schnittpunkt entsprechender Umschaltgasdruck ermittelt und der Steuerung zugrunde gelegt.

[0039] Zur Beschreibung eines Abpumpvorgangs ist das Diagramm der Fig. 3 von rechts nach links zu lesen. Ein vorteilhafter Abpumpvorgang, insbesondere ausgehend vom Atmosphärendruck, verläuft derart, dass im Parallelbetrieb begonnen wird und dort das hohe Saugvermögen gemäß SP zur schnellen Evakuierung genutzt wird. Sobald jedoch das Saugvermögen im Parallelbetrieb unter dasjenige fällt, welches im Reihenbetrieb möglich ist, wird in den Reihenbetrieb umgeschaltet, so dass im niedrigen Druckbereich das dann höhere Saugvermögen gemäß SR ausgenutzt und ein niedrigerer Enddruck erreicht werden kann.

[0040] In Fig. 4 ist ein Umschaltventil 40 gezeigt, welches als 5/3-Wegeventil ausgebildet ist und eine erfindungsgemäße Vakuumpumpe steuert. Das Umschaltventil 40 weist drei Schaltstellungen (a), (b) und (c) auf, in denen zwei Arbeitspumpabschnitt 42 und 44 in unterschiedlicher Weise beschaltet sind. Das Umschaltventil 40 ist zwecks Auswahl der gewünschten Schaltstellung als Magnetventil ausgebildet, wobei eine entsprechende Magnetanordnung jedoch nicht näher dargestellt ist.

[0041] Dargestellt sind außerdem eine Reihe von Fluidkanälen, die einen Einlass 28 der Vakuumpumpe über das Umschaltventil 40 und die Arbeitspumpabschnitte 42, 44 mit einem Auslass 30 der Vakuumpumpe verbinden. Des Weiteren ist ein Schaltventil 46 vorgesehen, welches wahlweise absperren ist.

[0042] In Schaltstellung (a) sind alle Anschlüsse des Umschaltventils 40 voneinander getrennt. In dieser Stellung kann folglich kein Fluid vom Einlass 28 zum Auslass 30 und umgekehrt strömen. Diese Schaltstellung entspricht insbesondere der zuvor beschriebenen dritten Schaltstellung. Sie kann insbesondere im stromlosen Zustand des Schaltventils 40 eingenommen werden.

[0043] In Schaltstellung (b) des Umschaltventils 40 sind die Arbeitspumpabschnitte parallel geschaltet. Dabei ist das Schaltventil 46 geöffnet. In dieser Stellung lässt sich also für hohe Einlassdrücke ein hohes Saugvermögen realisieren.

[0044] In Schaltstellung (c) sind die Arbeitspumpabschnitte 42 und 44 dagegen in Reihe geschaltet. Hierzu ist das Schaltventil 46 geschlossen, was durch einen Querstrich angedeutet ist. Diese Schaltstellung wird vorzugsweise bei niedrigen Einlassdrücken gewählt, um einen besonders niedrigen Enddruck erreichen zu können.

[0045] Das Umschaltventil 40 verwirklicht hier also die Umschaltung zwischen Reihen- und Parallelbetrieb zur Leistungssteigerung einerseits und gleichzeitig eine Funktion als Sicherheitsventil andererseits. Trotz des konstruktiv einfachen Aufbaus lassen sich also die vielfältigen, hierin beschriebenen Vorteile erreichen. Falls die Erfindung zur Weiterbildung der Vakuumpumpe 10 gemäß Fig. 1 und 2 herangezogen werden soll, lassen

sich insbesondere durch die Sicherheitsfunktion des Umschaltventils das Sicherheitsventil 20 und der Steuerpumpabschnitt 18, 19 für die Druckvorsteuerung des Sicherheitsventils 20 einsparen.

Bezugszeichenliste

[0046]

10	Vakuumpumpe
12	Rotor
14	Schieber des ersten Arbeitspumpabschnitts
15	Förderraum des ersten Arbeitspumpabschnitts
16	Schieber des zweiten Arbeitspumpabschnitts
17	Förderraum des zweiten Arbeitspumpabschnitts
18	Schieber des Steuerpumpabschnitts
19	Förderraum des Steuerpumpabschnitts
20	Sicherheitsventil
24	Aufnahmeteil
26	Motor
27	Kupplung
28	Einlass
30	Auslass
32	Außenfläche
40	Umschaltventil
42	Arbeitspumpabschnitt
44	Arbeitspumpabschnitt
46	Schaltventil
SP	Saugvermögensverlauf im Parallelbetrieb
SR	Saugvermögensverlauf im Reihenbetrieb

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe umfassend einen ersten Arbeitspumpabschnitt (42), wenigstens einen zweiten Arbeitspumpabschnitt (44) und eine Steuereinrichtung (40, 46), mit der zwischen einer Reihenschaltung und einer Parallelschaltung der Arbeitspumpabschnitte umgeschaltet werden kann.
2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vakuumpumpe eine Rotationsverdrängervakuumpumpe ist, insbesondere eine Drehschieberpumpe.
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (40, 46) dazu ausgebildet ist, die Umschaltung bei Erreichen eines vorgegebenen und/oder vorgebbaren Umschaltgasdrucks vorzunehmen.
4. Vakuumpumpe nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Umschaltgasdruck ein an einem Einlass (28) der Vakuumpumpe herrschender Gasdruck ist.

5. Vakuumpumpe nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Umschaltgasdruck unterhalb von 1 hPa und/oder oberhalb von 0,01 hPa, bevorzugt oberhalb von 0,10 hPa, liegt.
6. Vakuumpumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (40, 46) dazu ausgebildet ist, die Umschaltung in Abhängigkeit von bekannten Saugvermögensverläufen der Vakuumpumpe bei Reihenschaltung und bei Parallelschaltung jeweils in Abhängigkeit von einem an einem Einlass (28) der Vakuumpumpe herrschenden Gasdruck vorzunehmen.
7. Vakuumpumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (40, 46) dazu ausgebildet ist, einen Pumpvorgang mit einer Parallelschaltung der Arbeitspumpabschnitte (42, 44) zu beginnen und auf eine Reihenschaltung der Arbeitspumpabschnitte umzuschalten, sobald das Saugvermögen der Vakuumpumpe in Parallelschaltung kleiner oder zumindest im Wesentlichen gleich einem Saugvermögen der Vakuumpumpe in Reihenschaltung ist.
8. Vakuumpumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung wenigstens ein Umschaltventil (40) umfasst, insbesondere ein Magnetventil.
9. Vakuumpumpe nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umschaltventil (40) wenigstens zwei Schaltstellungen aufweist, von denen die eine der Reihenschaltung und die andere der Parallelschaltung zugeordnet ist.
10. Vakuumpumpe nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umschaltventil (40) wenigstens eine dritte Schaltstellung aufweist, in der die Arbeitspumpabschnitte (42, 44) von einem Einlass (28) der Vakuumpumpe getrennt sind.
11. Vakuumpumpe nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umschaltventil (40) in der dritten Schaltstellung stromlos ist.
12. Vakuumpumpe nach zumindest einem der Ansprü-

che 8 bis 11,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Umschaltventil (40) als 5/3-Wegeventil ausgebildet ist.

5

13. Vakuumpumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

ein Antrieb für zumindest einen der Arbeitspumpabschnitte (42, 44) einen Gleichstrommotor umfasst, der mit dem Umschaltventil (40) elektrisch in Reihe geschaltet ist.

10

14. Vakuumpumpe nach zumindest einem der Ansprüche 8 bis 13,

15

dadurch gekennzeichnet, dass

die Steuereinrichtung wenigstens ein weiteres Ventil (46) umfasst, welches zur Realisierung der Reihenschaltung den ersten Arbeitspumpabschnitt (42) von einem Auslass (30) der Vakuumpumpe trennt.

20

15. Verfahren zum Betrieb einer Vakuumpumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem während eines Pumpvorgangs zwischen einer Reihenschaltung und einer Parallelschaltung der Arbeitspumpabschnitte umgeschaltet wird.

25

30

35

40

45

50

55

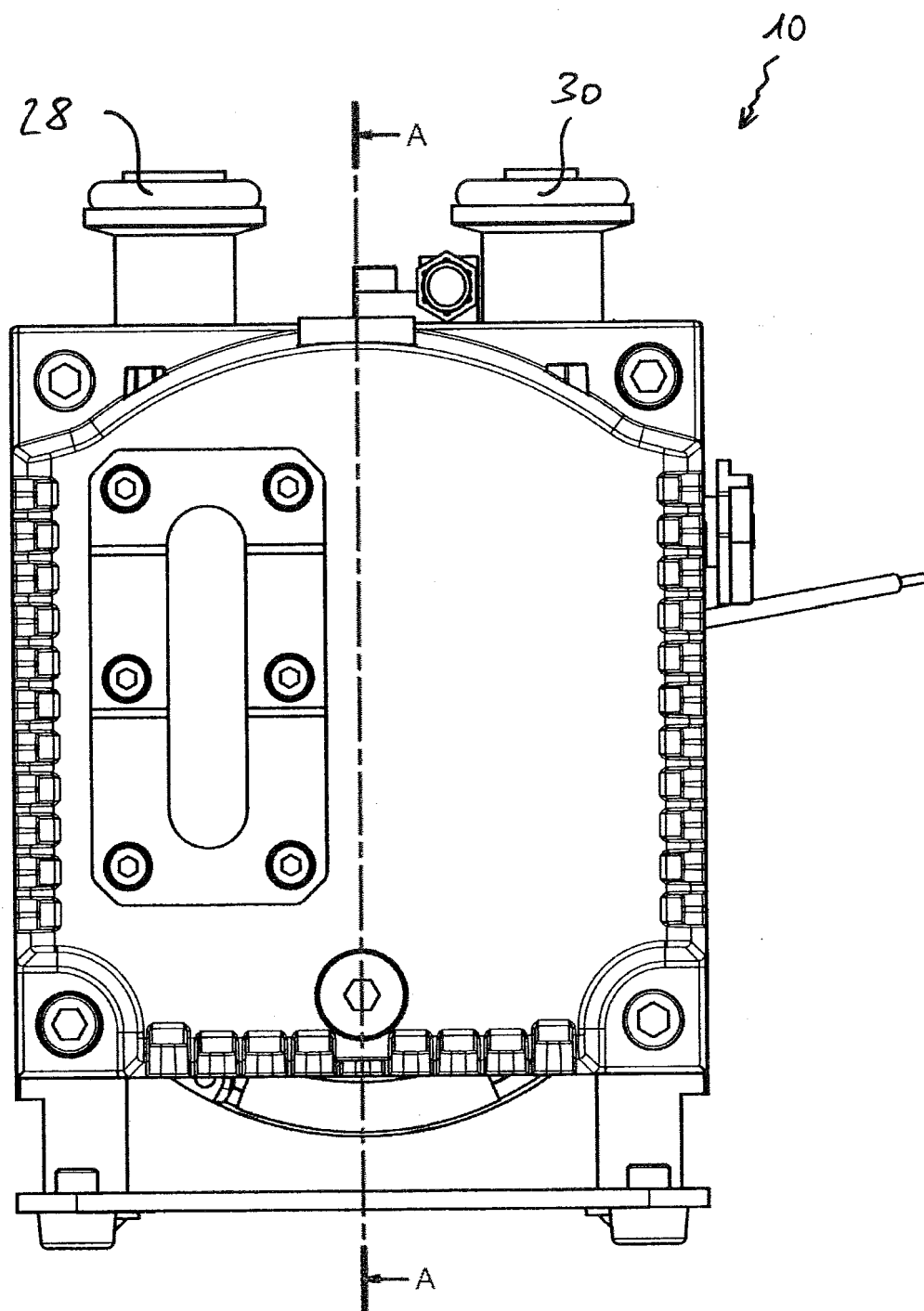


Fig. 1

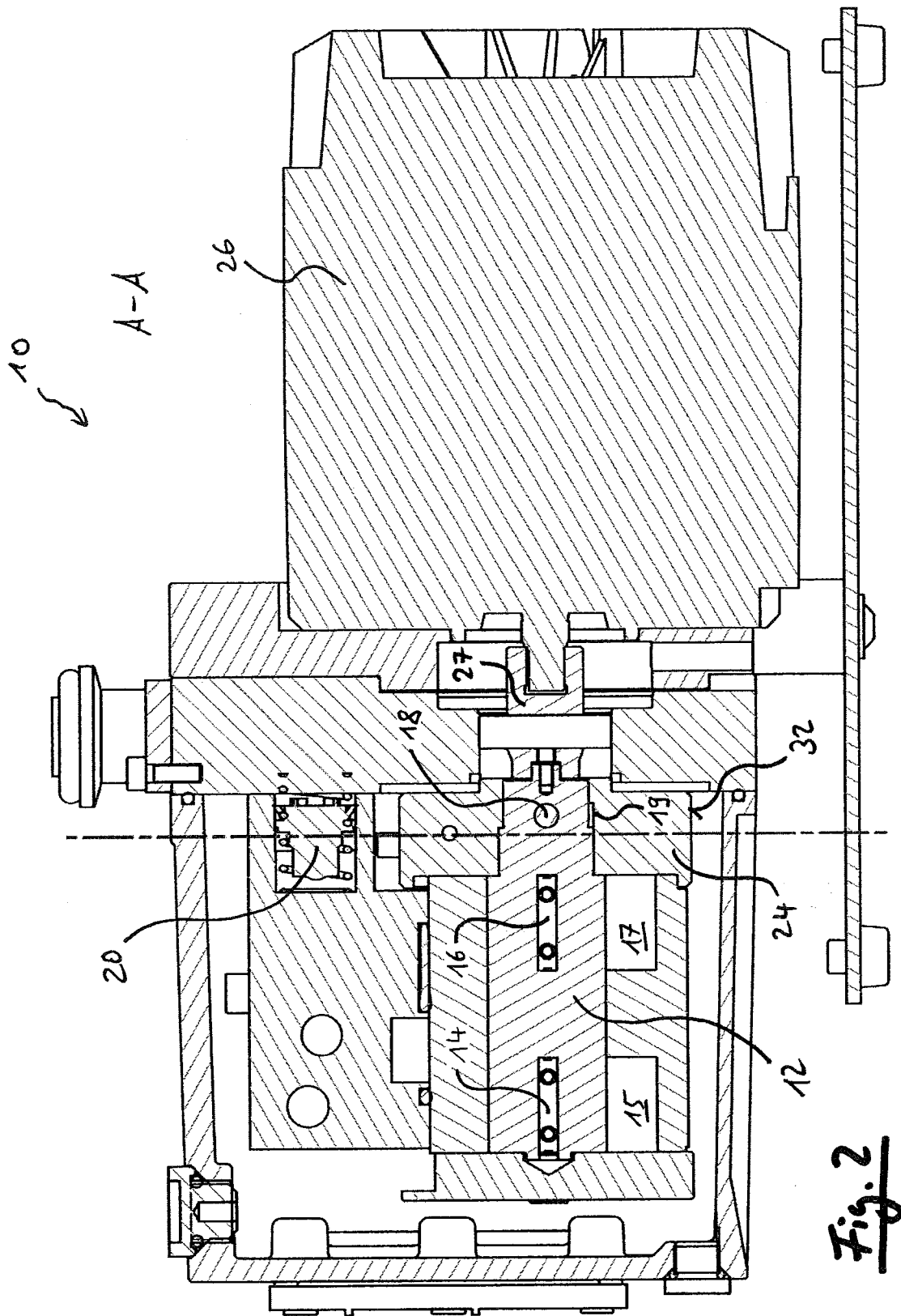


Fig. 2

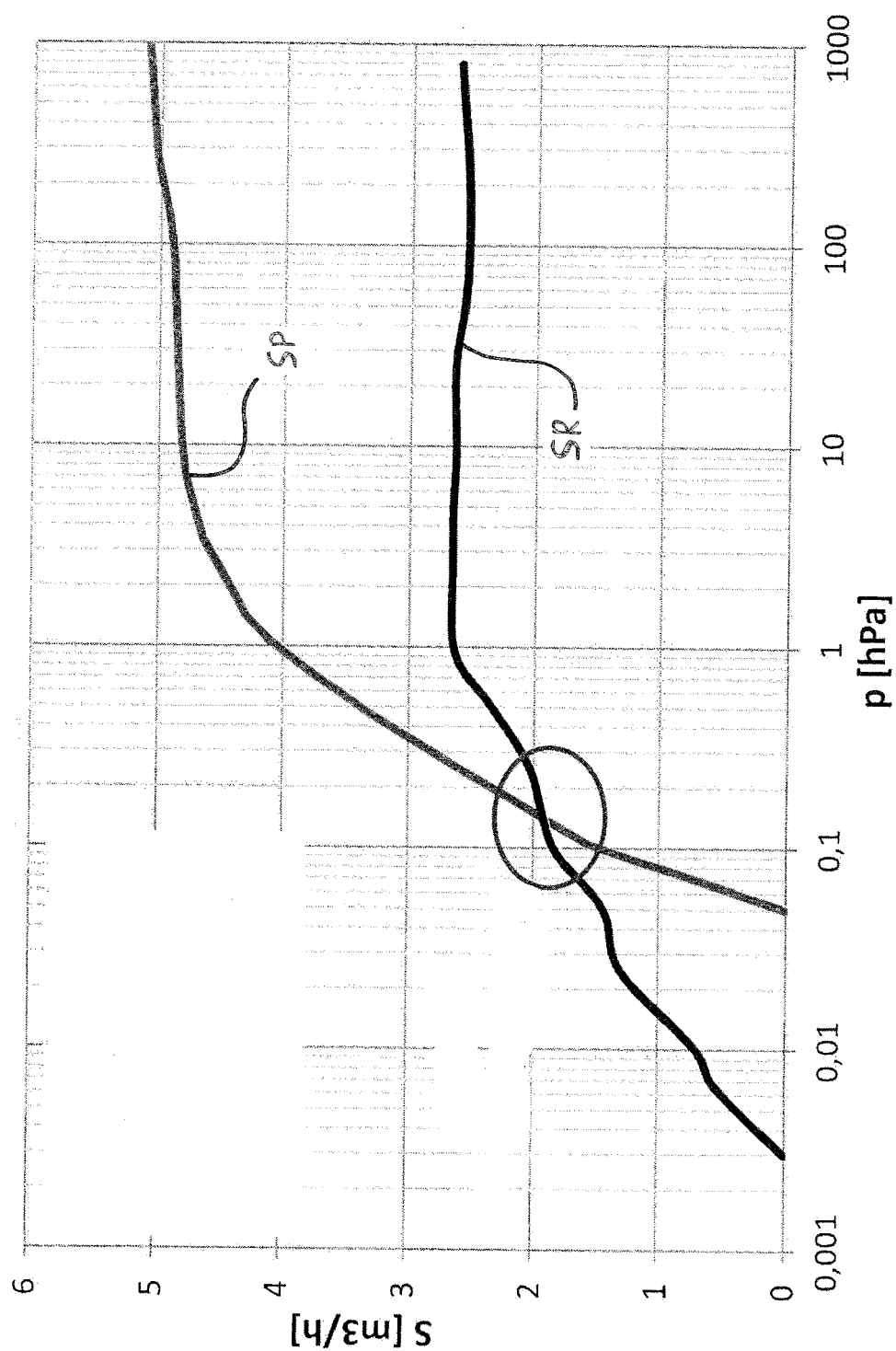
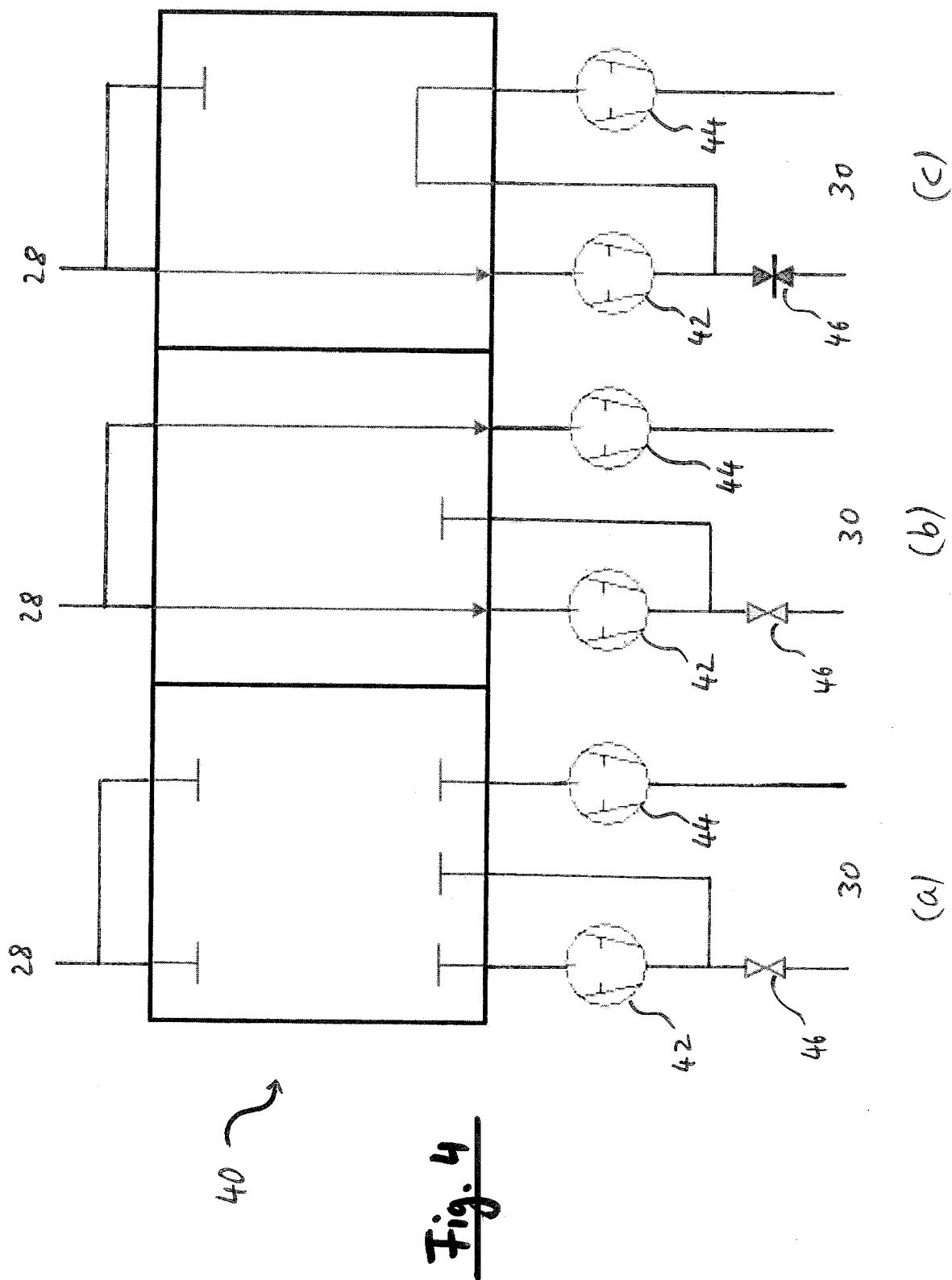


Fig. 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 20 3509

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 3 837 764 A (FRITCH J ET AL) 24. September 1974 (1974-09-24) * Abbildungen 1-3,13 * * Spalte 1, Zeile 9 - Zeile 11 * * Spalte 9, Zeile 19 - Spalte 10, Zeile 53 *	1-15	INV. F04C23/00 F04C25/02 F04C18/344 F04B37/14 F04C28/02 F04C28/06 F04B41/06 F04B49/06
X	EP 0 730 093 A1 (IWATA AIR COMPRESSOR MFG [JP]) 4. September 1996 (1996-09-04) * Abbildung 13 * * Spalte 31, Zeile 38 - Spalte 34, Zeile 46 *	1-15	
X	DE 20 2015 004596 U1 (OERLIKON LEYBOLD VACUUM GMBH [DE]) 21. September 2015 (2015-09-21) * Abbildungen 4-6 * * Absatz [0011] - Absatz [0012] *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04C F04B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 8. Mai 2018	Prüfer Durante, Andrea
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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

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

EP 17 20 3509

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.

08-05-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3837764 A	24-09-1974	KEINE	
EP 0730093 A1	04-09-1996	DE 69623516 D1	17-10-2002
		DE 69623516 T2	15-05-2003
		DE 69630981 D1	15-01-2004
		DE 69630981 T2	30-12-2004
		EP 0730093 A1	04-09-1996
		EP 1101943 A2	23-05-2001
		US 5961297 A	05-10-1999
DE 202015004596 U1	21-09-2015	CN 107850062 A	27-03-2018
		DE 202015004596 U1	21-09-2015
		EP 3280915 A1	14-02-2018
		KR 20180026369 A	12-03-2018
		US 2018112666 A1	26-04-2018
		WO 2016207106 A1	29-12-2016

EPO FORM P0461

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