



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**28.04.2021 Patentblatt 2021/17**

(51) Int Cl.:  
**F04B 9/04** (2006.01) **F04B 35/01** (2006.01)  
**F04B 39/00** (2006.01) **F04B 53/14** (2006.01)  
**F04B 53/16** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19204408.9**

(22) Anmeldetag: **21.10.2019**

(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:  
**KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **Burckhardt Compression AG**  
**8404 Winterthur (CH)**

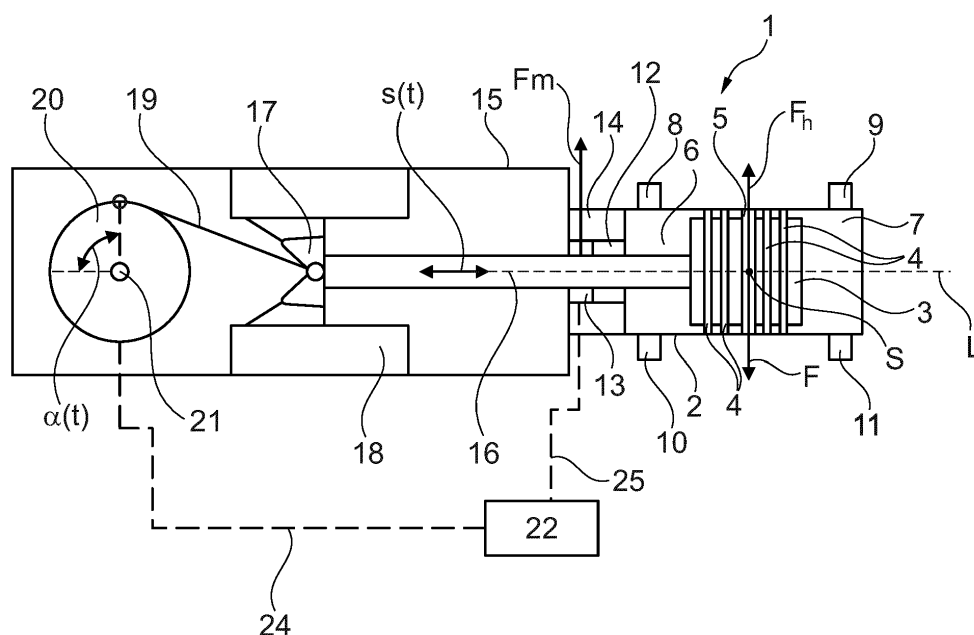
(72) Erfinder: **Voser, Alexandre**  
**8352 Elsau (CH)**

(74) Vertreter: **Dr. Graf & Partner AG**  
**Intellectual Property**  
**Friedtalweg 5**  
**9500 Wil / SG (CH)**

(54) **KOLBENVERDICHTER UND VERFAHREN ZUM BETRIEB DESSELBEN**

(57) Der Kolbenverdichter (1) zum Verdichten eines Gases umfasst einen in Wesentlichen in horizontaler Richtung verlaufenden Zylinder (2) und umfasst einen Kolben (3), eine Kolbenstange (16), eine Packungsdichtung (12), einen Kreuzkopf (17) sowie einen Antrieb (21), wobei der Kolben (3) in einer Längsrichtung (L) beweglich innerhalb des Zylinders (2) angeordnet ist, wobei der Kolben (3) über eine Kolbenstange (16) mit dem Kreuzkopf (17) verbunden ist, wobei zwischen dem Kolben (3) und dem Kreuzkopf (17) eine Packungsdichtung (12) an-

geordnet ist, durch welche die Kolbenstange (16) verläuft, und wobei der Kreuzkopf (17) durch den Antrieb (21) angetrieben ist, wobei zwischen dem Kolben (3) und dem Kreuzkopf (17) zudem ein ansteuerbares Magnetlager (13) angeordnet ist, wobei das Magnetlager (13) zumindest senkrecht zur Längsrichtung (L) eine magnetische Kraft ( $F_m$ ) auf die Kolbenstange (16) bewirken kann, und wobei eine Ansteuervorrichtung (22) die vom Magnetlager (13) auf die Kolbenstange (16) bewirkte magnetische Kraft ( $F_m$ ) ansteuert.



**Fig. 1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Kolbenverdichter sowie ein Verfahren zum Betrieb desselben.

## Stand der Technik

**[0002]** Das Dokument WO2014/139565A1 offenbart einen Kolbenverdichter mit einem horizontal verlaufenden Zylinder in welchem ein in horizontaler Richtung hin und her beweglicher Kolben angeordnet ist. Dieser Kolbenverdichter weist den Nachteil auf, dass die Dichtringe einem relativ grossen Verschleiss unterliegen, und dass der Kolbenverdichter nur mit relativ geringer Geschwindigkeit betreibbar ist.

## Darstellung der Erfindung

**[0003]** Aufgabe der Erfindung ist es einen vorteilhafteren Kolbenverdichter auszubilden, der vorzugsweise einen in horizontaler Richtung beweglichen Kolben aufweist.

**[0004]** Diese Aufgabe wird gelöst mit einem Kolbenverdichtung aufweisend die Merkmale von Anspruch 1. Die abhängigen Ansprüche 2 bis 6 betreffen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen. Die Aufgabe wird weiter gelöst mit einem Verfahren aufweisend die Merkmale von Anspruch 7. Die abhängigen Ansprüche 8 bis 13 betreffen weitere vorteilhafte Verfahrensschritte.

**[0005]** Die Aufgabe wird insbesondere gelöst mit einem Kolbenverdichter zum Verdichten eines Gases, umfassend einen in Wesentlichen in horizontaler Richtung verlaufenden Zylinder sowie umfassend einen Kolben, eine Kolbenstange, eine Packungsdichtung, einen Kreuzkopf sowie einen Antrieb, wobei der Kolben in einer Längsrichtung beweglich innerhalb des Zylinders angeordnet ist, wobei der Kolben über eine Kolbenstange mit dem Kreuzkopf verbunden ist, wobei zwischen dem Kolben und dem Kreuzkopf eine Packungsdichtung angeordnet ist, durch welche die Kolbenstange verläuft, und wobei der Kreuzkopf durch den Antrieb angetrieben ist, wobei zwischen dem Kolben und dem Kreuzkopf zudem ein ansteuerbares Magnetlager angeordnet ist, wobei das Magnetlager zumindest senkrecht zur Längsrichtung eine magnetische Kraft auf die Kolbenstange bewirken kann, und wobei eine Ansteuervorrichtung die vom Magnetlager auf die Kolbenstange bewirkte magnetische Kraft ansteuert.

Die Aufgabe wird weiter insbesondere gelöst mit einem Verfahren zum Betrieb eines Kolbenverdichters umfassend einen Kolben, der in einer Längsrichtung innerhalb eines Zylinders hin und her bewegt wird, wobei die Längsrichtung im Wesentlichen in horizontaler Richtung verläuft, wobei der Kolben über eine Kolbenstange angetrieben wird, wobei eine ansteuerbare, zumindest senkrecht zur Längsrichtung wirkende, magnetische Kraft auf die Kolbenstange ausgeübt wird und dadurch über die Kolbenstange eine Entlastungskraft auf den Kol-

ben bewirkt wird, wobei die magnetische Kraft in Abhängigkeit einer Zustandsgrösse angesteuert wird.

**[0006]** Der erfindungsgemässe Kolbenverdichter zum Verdichten eines Gases umfasst ein ansteuerbares Magnetlager, welches zwischen einem Kolben und einem Kreuzkopf des Kolbenverdichters angeordnet ist, wobei eine Kolbenstange den Kolben mit dem Kreuzkopf verbindet, wobei die Kolbenstange durch das magnetische Magnetlager verläuft, und wobei das Magnetlager zumindest senkrecht zur Verlaufsrichtung der Kolbenstange eine ansteuerbare, magnetische Anziehungskraft auf die Kolbenstange ausübt, um vorzugsweise eine vertikal nach oben gerichtete Kraft auf die Kolbenstange zu bewirken. Das ansteuerbare Magnetlager ist vorzugsweise als Radiallager ausgestaltet. Das Magnetlager könnte jedoch auch derart ausgestaltet sein, dass die Magnetkraft nur in einer Richtung bzw. in einer Dimension wirkt, vorzugsweise in zur Schwerkraft entgegengesetzten Richtung. Der Kolbenverdichter umfasst zumindest einen Zylinder sowie jeweils einen innerhalb des Zylinders hin und her beweglich angeordneten Kolben, wobei der Zylinderinnenraum und somit auch die Bewegung des Kolbens vorzugsweise in horizontaler Richtung oder im Wesentlichen in horizontaler Richtung verläuft, wobei ein derartiger Kolbenverdichter auch als horizontaler Kolbenverdichter bezeichnet wird. Es ist bekannt in horizontaler Richtung bewegliche Kolben mit einem sogenannten Führungsring zu versehen, welcher an der Innenoberfläche des Zylinders aufliegt. Die vom Magnetlager zumindest in vertikaler Richtung auf die Kolbenstange ausgeübte Anziehungskraft und/oder die auf die Kolbenstange ausgeübte Abstossungskraft hat zur Folge, dass die Auflagekraft eines an der Innenoberfläche des Zylinders abgestützten Kolbens reduziert wird, oder dass der Kolben bzw. der Führungsring die Innenoberfläche des Zylinders nicht mehr berührt, sodass der Kolben bzw. der Führungsring des Kolbens entweder nur mit reduzierter Auflagekraft an der Innenoberfläche des Zylinders aufliegt, und besonders vorteilhaft sich ohne eine Berührung der Innenoberfläche des Zylinders innerhalb des Zylinders hin und her bewegt. Falls ein Kolben einen Führungsring aufweist, so ergibt sich aus der Verwendung des Magnetlagers der Vorteil, dass die Auflagekraft des Führungsringes an der Innenoberfläche und dadurch der Verschleiss des Führungsringes reduziert wird, sodass der Führungsring eine höhere Standzeit bzw. eine höhere Lebensdauer aufweist, bis dieser zu ersetzen ist. Besonders vorteilhaft ist der Kolben des erfindungsgemässen Kolbenverdichters als ein Labyrinthkolben ausgestaltet, wobei ein solcher Labyrinthkolben, wie an sich bekannt, an dessen Oberfläche eine Labyrinthstruktur aufweist, welche zur Abdichtung zwischen Kolben und Innenoberfläche des Zylinders dient. Die vom Magnetlager auf die Kolbenstange bewirkte Anziehungskraft wird dabei vorzugsweise derart angesteuert, dass der sich hin und her bewegende Kolben entlang des gesamten Hubweges die Innenoberfläche des Zylinders nicht berührt. Der erfindungsgemässe Kolbenverdichtung ist je-

doch auch für Kolben mit Kolbenringen und gegebenenfalls zusätzlich aufweisend Führungsringe geeignet.

**[0007]** Der erfindungsgemässe Kolbenverdichter weist zudem den Vorteil auf, dass dieser mit einer höheren Drehungszahl beziehungsweise mit einer höheren mittleren Kolbengeschwindigkeit betreibbar ist, da der Kolben bzw. der Führungsring die Zylinderinnenwand entweder gar nicht mehr berührt, oder nur noch mit reduzierter Auflagekraft an der Zylinderinnenwand anliegt. Ein derartiger Betrieb mit höherer Umdrehungszahl ist insbesondere vorteilhaft bei einem Kolbenkompressor mit einem sogenannten trocken laufenden Kolben, das heisst einem Labyrinthkolben, oder einem Kolben mit selbstschmierenden Dichtungsringen, das heisst einem Kolben, dessen Kolben- bzw. Dichtungsringe nicht ölschmiert sind, was auch als ein ungeschmierter Kolben bezeichnet wird. Das ansteuerbare Magnetlager kann entweder als tragendes Lager verwendet werden, durch welches der Kolben ohne eine Berührung der Innenoberfläche des Zylinders gehalten wird, oder es kann als Entlastungslager verwendet werden, durch welches die vom Kolben auf die Innenoberfläche des Zylinders bewirkte Kraft reduziert wird, wobei der Kolben in diesem Fall die Innenwand berührt.

**[0008]** Das Magnetlager ist an einer vorgegebenen Stelle im horizontalen Kolbenverdichter angeordnet, wogegen sich die Lage des Schwerpunkts des Kolbens durch die Hin- und Herbewegung während des Betriebs ständig verändert, sodass sich während des Betriebs die Länge des durch die Kolbenstange zwischen dem magnetischen Magnetlager und dem Schwerpunkt des Kolbens gebildeten Hebelarms ständig verändert. Eine zur Stromversorgung des Magnetlagers vorgesehene Ansteuer-  
vorrichtung ist daher vorteilhafterweise derart ausgestaltet, dass die vom magnetischen Magnetlager auf die Kolbenstange bewirkte magnetische Kraft in Abhängigkeit der Stellung des Kolbens beziehungsweise in Abhängigkeit der Länge des vorhin genannten Hebelarms angesteuert verändert wird. Vorteilhafterweise wird zumindest eine in vertikaler Richtung wirkende Kraft auf die Kolbenstange ausgeübt. Besonders vorteilhaft ist das Magnetlager als Radiallager ausgestaltet, das, senkrecht zur Längsrichtung der Kolbenstange, eine in zwei Dimensionen ansteuerbare Kraft auf die Kolbenstange ausüben kann, vorzugsweise eine Kraft in vertikaler Richtung und eine Kraft in horizontaler Richtung. Vorteilhafterweise wird ein solches Radiallager derart angesteuert, dass der Kolben während dem Betrieb in jeder seiner möglichen Stellungen die Innenoberfläche des Zylinders nicht berührt, weder eine untere noch eine obere noch eine seitliche Innenfläche des Zylinders.

**[0009]** Das Magnetlager wird vorzugsweise in Abhängigkeit einer gemessenen Zustandsgrösse angesteuert, insbesondere wenn der Kolben während dem Betrieb die Innenoberfläche des Zylinders nicht berührt soll, wobei die Zustandsgrösse zumindest eine der nachfolgenden Grössen umfasst: Verschiebeweg des Kolbens im Zylinder, Verschiebeweg der Kolbenstange in Verlaufsrichtung

der Kolbenstange, Verschiebeweg der Kolbenstange senkrecht zur Verlaufsrichtung der Kolbenstange, sowie Drehwinkel der Antriebswelle. In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist als Zustandsgrösse der Abstand der Kolbenstange bezüglich dem Magnetlager geeignet, zumindest in vertikaler Richtung, und insbesondere die Spaltbreite im Magnetlager zwischen Kolbenstange und Magnetlager.

**[0010]** Ein Kolbenkompressor umfasst üblicherweise eine Packungsdichtung mit Dichtungsringen, wobei die Kolbenstange durch diese Packungsdichtung bzw. deren Dichtungsringe verläuft, um den Zylinderinnenraum gegen Aussen abzudichten. In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung sind in der Packungsdichtung nebst den Dichtungsringen zudem noch das Magnetlager angeordnet. Eine solche, modifizierte Packungsdichtung umfassend das Magnetlager ist besonders vorteilhaft als ein Austauschteil ausgestaltet. Besonders vorteilhaft weist eine solche modifizierte Packungsdichtung dieselben Masse auf wie bisher bekannte Packungsdichtungen ohne Magnetlager, sodass die modifizierte Packungsdichtung umfassend das Magnetlager zum Einbau in bestehende Kolbenkompressoren verwendet werden kann, um diese nachzurüsten und qualitativ zu verbessern.

**[0011]** In einer weiteren, vorteilhaften Ausgestaltung umfasst die modifizierte Packungsdichtung zudem noch Kühlkanäle. Bei einer im Kolbenkompressor montierten, modifizierten Packungsdichtung sind diese Kühlkanäle mit einem Kühlkreislauf verbunden, um das magnetische Magnetlager und/oder die Packungsdichtung zu kühlen.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0012]** Die zur Erläuterung der Ausführungsbeispiele verwendeten Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 einen schematisch vereinfachten Längsschnitt durch einen Kolbenverdichter;
- Fig. 2 schematisch eine Regelungsvorrichtung;
- Fig. 3 ein beispielhafter Verlauf der magnetischen Kraft in Funktion einer Zustandsgrösse, nämlich des Drehwinkels einer Antriebswelle;
- Fig. 4 einen Längsschnitt durch eine bekannte Packungsdichtung;
- Fig. 5 einen Längsschnitt durch eine Packungsdichtung gemäss der Erfindung;
- Fig. 6 ein radiales Magnetlager.

**[0013]** Grundsätzlich sind in den Zeichnungen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

### Wege zur Ausführung der Erfindung

**[0014]** Fig. 1 zeigt einen Kolbenverdichter 1 zum Verdichten eines Gases, umfassend einen in horizontaler Richtung verlaufenden Zylinder 2 sowie umfassend einen innerhalb des Zylinders 2 in Verlaufsrichtung des

Zylinders 2 bzw. in Längsrichtung L beweglichen Kolben 3. Der Kolbenverdichter 1 umfasst zudem eine Kolbenstange 16, eine Packungsdichtung 12, ein magnetisches Magnetlager 13, einen Kreuzkopf 17 mit einer Linearführung 18, eine Schubstange 19 sowie einen Antrieb, beispielsweise eine Kurbel 20 mit einer Antriebswelle 21. Der Kolben 3 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel doppelwirkend ausgestaltet und umfasst Dichtungs- bzw. Kolbenringe 4 sowie einen Führungsring 5, wobei der Kolben 3 den Innenraum des Zylinders 2 in einen ersten Innenraum 6 sowie einen zweiten Innenraum 7 unterteilt, wobei diese beiden Innenräume je ein Eingangsventil 8, 9 sowie je ein Ausgangsventil 10, 11 aufweisen. Der Zylinder 2 ist über ein Zwischenstück 14 mit einem Gehäuse 15 verbunden, wobei in Zwischenstück zudem die Packungsdichtung 12 und das magnetische Magnetlager 13 angeordnet sind. Das magnetische Magnetlager 13 bewirkt zumindest in vertikaler Richtung eine magnetische Kraft  $F_m$  auf die Kolbenstange 16. Eine Ansteuervorrichtung 22 erfasst über eine Signalleitung 24 und einen nicht dargestellten Sensor eine Zustandsgrösse  $Z$  des Kolbenkompressors 1, beispielsweise den Verschiebeweg  $s(t)$  des Kolbens im Zylinder 7 in Funktion der Zeit, den Verschiebeweg  $s(t)$  der Kolbenstange 16 und/oder einen Drehwinkel  $\alpha(t)$  der Antriebswelle 21 in Funktion der Zeit. Die Ansteuervorrichtung 22 steuert den Strom in den Magneten des Magnetlagers 13 und dadurch die von den Magneten auf die Kolbenstange 16 bewirkte magnetische Kraft über eine Signalleitung 25 an.

**[0015]** Die Ansteuervorrichtung 22 kann in einer einfachen Ausführungsform in einem Ansteuermodus betrieben werden, bei welchem eine Zustandsgrösse  $Z$  gemessen wird, und die magnetische Kraft  $F_m$  in Funktion der Zustandsgrösse  $Z$  verändert wird. Dabei kann auf eine Rückkoppelung verzichtet werden. Figur 3 zeigt beispielhaft einen derartigen Ansteuermodus, bei welchem der Verlauf einer Kurve K1 vorgegeben wird, wobei die Kurve K1 den Zusammenhang der Zustandsgrösse  $Z$ , im vorliegenden Fall der Drehwinkel  $\alpha$  der Antriebswelle 21, sowie die in Funktion des Drehwinkels  $\alpha$  zu erzeugende magnetische Kraft  $F_m$  vorgibt. Im dargestellten Ausführungsbeispiel entspricht der Winkel  $\alpha=0^\circ$  dem unteren Totpunkt und  $\alpha=180^\circ$  dem oberen Totpunkt des Kolbens 3 bezüglich dem zweiten Innenraum 7, wobei die magnetische Kraft  $F_m$  am unteren Totpunkt am kleinsten ist, weil der durch die Kolbenstange 16 zwischen dem Schwerpunkt S des Kolbens 3 und dem Magnetlager 13 gebildete Hebelarm am kürzesten ist, und wobei die magnetische Kraft  $F_m$  am oberen Totpunkt am grössten ist, weil der durch die Kolbenstange 16 zwischen dem Schwerpunkt S des Kolbens 3 und dem Magnetlager 13 gebildete Hebelarm am längsten ist. Der Drehwinkels  $\alpha$  wird mit einem nicht dargestellten Sensor gemessen und über die Signalleitung 24 der Ansteuervorrichtung 22 zugeführt. Der Kurvenverlauf K1 kann beispielsweise auf Grund von Erfahrungswerten vorgegeben werden. Diese Ausführungsform ist besonders vor-

teilhaft, wenn, wie in Figur 1 dargestellt, ein Kolben 3 aufweisend einen Führungsring 5 verwendet wird, wobei der Führungsring 5 an der Innenoberfläche des Zylinders 2 anliegt, und wobei die magnetische Kraft  $F_m$  dazu dient die Auflagekraft des Führungsrings 5 an der Innenoberfläche des Zylinders 2 zu reduzieren, um dadurch insbesondere einen Verschleiss des Führungsrings 5 zu reduzieren. Die in Figur 3 dargestellte Kurve K1 zeigt nur den Verlauf der magnetischen Kraft  $F_m$  in Funktion des Kurbelwellenwinkels  $\alpha$  zwischen  $0^\circ$  und  $180^\circ$ . Im nachfolgenden, nicht dargestellten Abschnitt zwischen  $180^\circ$  und  $360^\circ$ , verläuft die Kraft  $F_m$ , ausgehend vom Wert bei  $180^\circ$ , in umgekehrter Richtung bis zum Wert von  $F_m$  beim Winkel von  $0^\circ$ , wobei dieser Wert identisch zum Wert beim Winkel von  $360^\circ$ .

**[0016]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist eine Messvorrichtung, beispielsweise ein Sensor 26 vorgesehen, um die Lage der Kolbenstange 16 und/oder des Kolbens 3 zumindest in vertikaler Richtung zu messen. Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel, welches die Lage der Kolbenstange 16 in vertikaler Richtung misst. In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Sensor 26 nahe dem Magnetlager 13 oder sogar innerhalb des Magnetlagers 13 angeordnet, wobei der Sensor 26 vorteilhafterweise die Distanz  $D$  zwischen einem oberen Spulenkern 13a des Magnetlagers 13 und der Oberfläche der Kolbenstange 16 misst. Das Magnetlager 13 umfasst vorteilhafterweise zumindest einen oberen Spulenkern 13a mit Spule 13b sowie einen unteren Spulenkern 13c mit Spule 13d. Das Magnetlager 13 kann, wie in Figur 6 dargestellt, auch als radiales Magnetlager ausgestaltet sein, mit einer Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Elektromagneten, wobei deren Spulen 13b, 13d vorzugsweise einzeln ansteuerbar sind, sodass durch eine entsprechende Ansteuerung der Spulen 13b, 13d die Richtung der auf die Kolbenstange 16 bewirkte magnetische Kraft  $F_m$  bestimmt werden kann.

**[0017]** In einem vorteilhaften Betriebsverfahren wird der Ansteuervorrichtung 22 über die Sollwertvorgabe 28 ein Sollwert für die Distanz  $D$  vorgegeben, wobei die Ansteuervorrichtung 22 die Spulen 13b, 13d derart über die Signalleitung 25 mit Strom ansteuert, der die Kolbenstange 16 unabhängig von Hub  $s(t)$  bzw. vom Kurbelwellenwinkel  $\alpha(t)$  eine im Wesentliche gleichbleibende, konstante Distanz  $D$  bezüglich dem oberen Spulenkern 13a aufweist. Die Kolbenstange 16 wirkt dabei als magnetischer Anker der beiden Spulenkern 13a, 13b. Vorzugsweise kann das Magnetlager 13 sowohl eine nach oben gerichtete Kraft als auch eine nach unten gerichtete magnetische Anziehungskraft auf die Kolbenstange 16 bewirken, sodass die Lage der Kolbenstange 16 relativ zum Magnetlager 13 besonders präzise ansteuerbar ist.

**[0018]** Der Kolbenverdichters 1 wird somit vorteilhafterweise derart betrieben, dass eine ansteuerbare magnetische Kraft  $F_m$  auf die Kolbenstange 16 ausgeübt wird, sodass über die Kolbenstange 16 eine zumindest in vertikaler Richtung wirkende Kraft  $F_m$ , bzw. eine Entlastungskraft  $F_n$ , auf den Kolben (3) bewirkt wird auf den

Kolben 3 bewirkt wird, welcher der Schwerkraft  $F$  entgegenwirkt, wobei die magnetische Kraft  $F_m$  abhängig von einer Zustandsgrösse  $Z$  wie beispielsweise der Distanz  $D$ , dem Hub  $s(t)$  oder dem Drehwinkel  $a(t)$  angesteuert bzw. verändert wird.

[0019] Der in Figur 4 dargestellte Längsschnitt zeigt eine an sich bekannte Packungsdichtung 12, umfassend eine Mehrzahl von Kammerringen 12a in welchen Dichtungsringe 12b angeordnet sind. Zudem umfasst die Packungsdichtung 12 ein Befestigungsteil 12c, an welchem auf nicht im Detail dargestellte Weise, alle Kammerringe 12a befestigt sind. Die Packungsdichtung 12 ist über das Befestigungsteil 12c mit einem Zylindergehäuse 2a eines Zylinders 2 verbunden, wobei eine Kolbenstange 16 durch die Packungsdichtung 12 verläuft. Das Zylindergehäuse 2a weist eine Ausnehmung auf, welche einer Aussenkontur 12d der Packungsdichtung 12 entspricht, sodass die gesamte Packungsdichtung 12 in diese Ausnehmung einführbar ist, und falls erforderlich die gesamte Packungsdichtung 12 ersetzt werden kann.

[0020] Figur 5 zeigt einen Längsschnitt durch eine erfindungsgemässe Packungsdichtung 12 umfassend ein Magnetlager 13. Figur 6 zeigt einen Teilabschnitt des Magnetlagers 13, das als Radiallager ausgestaltet ist und acht Spulenkerne 13a, 13c umfasst, wobei die zwei gegenüber liegenden Spulenkerne 13a, 13c mit Bezugszeichen versehen sind. Die Spulenkerne 13a, 13c sind mit Spulen 13b, 13d umwickelt. Zudem ist die der Kolbenstange 16 zugewandt Stirnseite 13e des Spulenkerne 13a dargestellt. Die Packungsdichtung 12 gemäss Figur 5 umfasst zwei Kammerringe 12a in welchen Dichtungsringe 12b angeordnet sind. Die Packungsdichtung 12 umfasst zudem zwei Notlager 12f, 12g mit je einer Lagerfläche 12h, 12i. Bei einem Stromausfall des Magnetlagers 13 oder zum Beispiel bei abgeschaltetem Kolbenverdichter kann die Kolbenstange 16 auf den Notlagern 12f, 12g aufliegen. Die Packungsdichtung 12 umfasst zudem eine Halterung 12k für einen Sensor 26, wobei zumindest oben ein Sensor 26 angeordnet ist, und wobei vorzugsweise eine Mehrzahl von Sensoren 26 in Umfangsrichtung gegenseitig beabstandet angeordnet sind. Zudem umfasst die Packungsdichtung 12 ein Befestigungsteil 12c, mit welchem vorzugsweise alle in Figur 5 dargestellten Komponenten verbunden sind. Die Packungsdichtung 12 weist eine Aussenkontur 12d auf. In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Aussenkontur 12d der erfindungsgemässen Packungsdichtung 12 ähnlich oder identisch dimensioniert wie die in Figur 4 dargestellte, bekannte Packungsdichtung 12, sodass in bestehenden Kolbenverdichtern 1 aufweisend die bekannte Packungsdichtung 12 die erfindungsgemässe Packungsdichtung 12 eingesetzt werden kann. Vorzugsweise wird ein mit der erfindungsgemässen Packungsdichtung 12 aufgewerteter Kolbenverdichter 1 zudem noch mit einer Ansteuervorrichtung 22 versehen, sodass auch bestehenden Kolbenverdichter 1 mit der erfindungsgemässen Vorrichtung versehen werden können bzw. bestehende Kolbenverdichter 1 mit dem erfin-

dungsgemässen Verfahren betrieben werden können.

[0021] In einer weiteren, vorteilhaften Ausgestaltung umfasst die erfindungsgemässe Packungsdichtung 12, wie in Figur 5 dargestellt, zudem noch Kühlkanäle 12l, welche beispielsweise innerhalb des Aussenmantels 12e und/oder innerhalb der Spulenkerne 13a, 13c verlaufen, wobei die Kühlkanäle Teil eines Kühlkreislaufes ausbilden, um das Magnetlager 13 und/oder die Packungsdichtung 12 zu kühlen. Der Kühlkreislauf ist nur schematisch dargestellt, wobei die Zuführleitungen und die Abführleitungen des Kühlkreislaufes vorzugsweise derart durch das Befestigungsteil 12c verlaufend angeordnet sind, sodass das Befestigungsteil 12c von Aussen, vorzugsweise an dessen Stirnseite zugängliche Anschlüsse 12m für den Kühlkreislauf aufweist, und dass der Kühlkreislauf im Innern der Packungsdichtung 12 vorgegeben und fertig konfiguriert ist, sodass nach dem Einbau der Packungsdichtung 12 nur noch die externe Kühlmittelzufuhr von Aussen am Befestigungsteil 12c anzuschliessen ist, um den Kühlkreislauf im Innern der Packungsdichtung 12 mit Kühlflüssigkeit zu versorgen. In Figur 5 sind insbesondere die innerhalb des Notlagers 12g angeordneten, die Kühlkanäle 12l gegenseitig Fluid leitend verbindenden Verbindungskanäle nicht dargestellt.

[0022] Im Ausführungsbeispiel gemäss Figur 1 ist ein Kolbenkompressor 1 umfassend einen Kolben 3 mit Kolben- bzw. Dichtringen 4 sowie einem Führungsring 5 dargestellt. Auf den Führungsring 5 könnte verzichtet werden. In einem weiteren, nicht dargestellten Ausführungsbeispiel könnte der Kolben 3 auch als Labyrinthkolben ausgestaltet sein, wobei dieser Labyrinthkolben die Innenwand des Zylinders 2 vorzugsweise nicht berührt.

## Patentansprüche

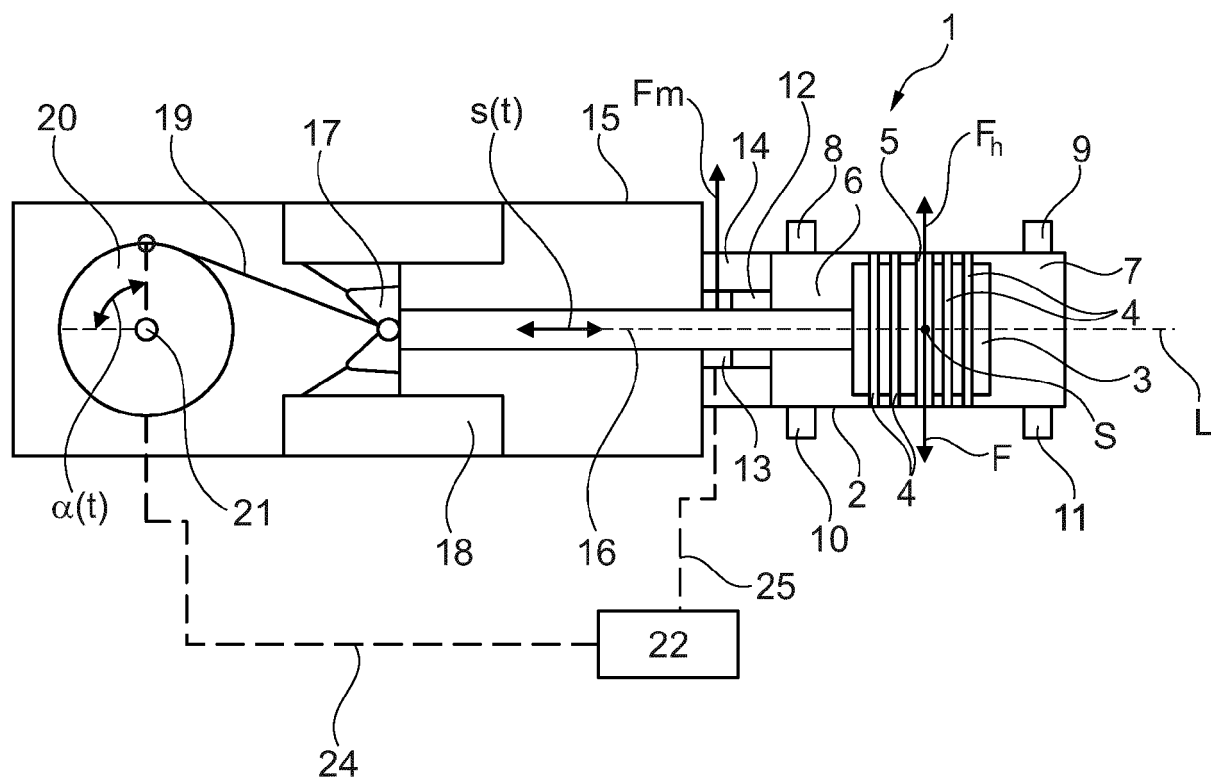
1. Kolbenverdichter (1) zum Verdichten eines Gases, umfassend einen in Wesentlichen in horizontaler Richtung verlaufenden Zylinder (2) sowie umfassend einen Kolben (3), eine Kolbenstange (16), eine Packungsdichtung (12), einen Kreuzkopf (17) sowie einen Antrieb (21), wobei der Kolben (3) in einer Längsrichtung (L) beweglich innerhalb des Zylinders (2) angeordnet ist, wobei der Kolben (3) über eine Kolbenstange (16) mit dem Kreuzkopf (17) verbunden ist, wobei zwischen dem Kolben (3) und dem Kreuzkopf (17) eine Packungsdichtung (12) angeordnet ist, durch welche die Kolbenstange (16) verläuft, und wobei der Kreuzkopf (17) durch den Antrieb (21) angetrieben ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Kolben (3) und dem Kreuzkopf (17) zudem ein ansteuerbares Magnetlager (13) angeordnet ist, dass das Magnetlager (13) zumindest senkrecht zur Längsrichtung (L) eine magnetische Kraft ( $F_m$ ) auf die Kolbenstange (16) bewirken kann, und dass eine Ansteuervorrichtung (22) die vom Magnetlager (13) auf die Kolbenstange (16)

bewirkte magnetische Kraft ( $F_m$ ) ansteuert.

2. Kolbenverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Packungsdichtung (12) als ein Austauschteil ausgestaltet ist, und dass die Packungsdichtung (12) sowohl zumindest einen Dichtungsring (23) als auch das Magnetlager (13) umfasst. 5
3. Kolbenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (3) als ein Labyrinthkolben ausgestaltet ist. 10
4. Kolbenverdichter nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (3) eine Mehrzahl von Dichtungsringen (4) und vorzugsweise zudem einen Führungsring (5) umfasst. 15
5. Kolbenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Packungsdichtung (12) und das Magnetlager (13) Kühlkanäle (12l) für eine Kühlmittel umfasst. 20
6. Kolbenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sensor (26) angeordnet ist zum Erfassen einer Zustandsgrösse (Z), wobei die Zustandsgrösse (Z) zumindest eine der nachfolgenden Grössen umfasst: Verschiebeweg des Kolbens im Zylinder, Verschiebeweg der Kolbenstange in Verlaufsrichtung der Kolbenstange, Verschiebeweg der Kolbenstange senkrecht zur Verlaufsrichtung der Kolbenstange, Drehwinkel der Antriebswelle, Spaltbreite innerhalb des Magnetlagers (13) zwischen Kolbenstange (16) und einem Magnet des Magnetlager (13). 25 30 35
7. Verfahren zum Betrieb eines Kolbenverdichters (1) umfassend einen Kolben (3), der in einer Längsrichtung (L) innerhalb eines Zylinders (7) hin und her bewegt wird, wobei die Längsrichtung (L) im Wesentlichen in horizontaler Richtung verläuft, wobei der Kolben (3) über eine Kolbenstange (16) angetrieben wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine ansteuerbare, zumindest senkrecht zur Längsrichtung (L) wirkende, magnetische Kraft ( $F_m$ ) auf die Kolbenstange (16) ausgeübt wird und dadurch über die Kolbenstange (16) eine Entlastungskraft ( $F_h$ ) auf den Kolben (3) bewirkt wird, wobei die magnetische Kraft ( $F_m$ ) in Abhängigkeit einer Zustandsgrösse (Z) angesteuert wird. 40 45 50
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zustandsgrösse (Z) zumindest eine der nachfolgenden Grössen umfasst, Verschiebeweg des Kolbens (3) im Zylinder (7), Verschiebeweg der Kolbenstange (16) in Längsrichtung (L), Bewegung der Kolbenstange (16) senkrecht zur Längsrichtung (L), Bewegung des Kolbens (3) senkrecht 55

zur Längsrichtung (L), Drehwinkel einer die Kolbenstange (16) antreibenden Antriebswelle (21); Spaltbreite innerhalb des Magnetlagers (13) zwischen Kolbenstange (16) und einem Magnet des Magnetlager (13).

9. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Zustandsgrösse (Z) die gegenseitige Lage von der Kolbenstange (16) und dem Magnetlager (13), senkrecht zur Längsrichtung (L) der Kolbenstange (16), gemessen wird.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gegenseitige Abstand von Kolbenstange (16) und Magnetlager (13), senkrecht zur Längsrichtung (L) der Kolbenstange (16), konstant gehalten wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (3) ohne Wandberührung im Zylinder (7) gehalten wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die magnetische Kraft ( $F_m$ ) mittels einer Vorsteuerung angesteuert wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die magnetische Kraft ( $F_m$ ) in Funktion der Zustandsgrösse (Z) fest vorgegeben ist.
14. Packungsdichtung für einen Kolbenverdichter (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, umfassend in einer Längsrichtung (L) nacheinander folgend angeordnet zumindest ein Befestigungsteil (12c), ein Magnetlager (13), sowie zumindest einen Kammerring (12a) mit darin angeordnetem Dichtungsring (12b).
15. Packungsdichtung nach Anspruch 14, umfassend in Längsrichtung (L) gegenseitig beabstandet angeordnet zumindest zwei Notlager (12f, 12g).



**Fig. 1**

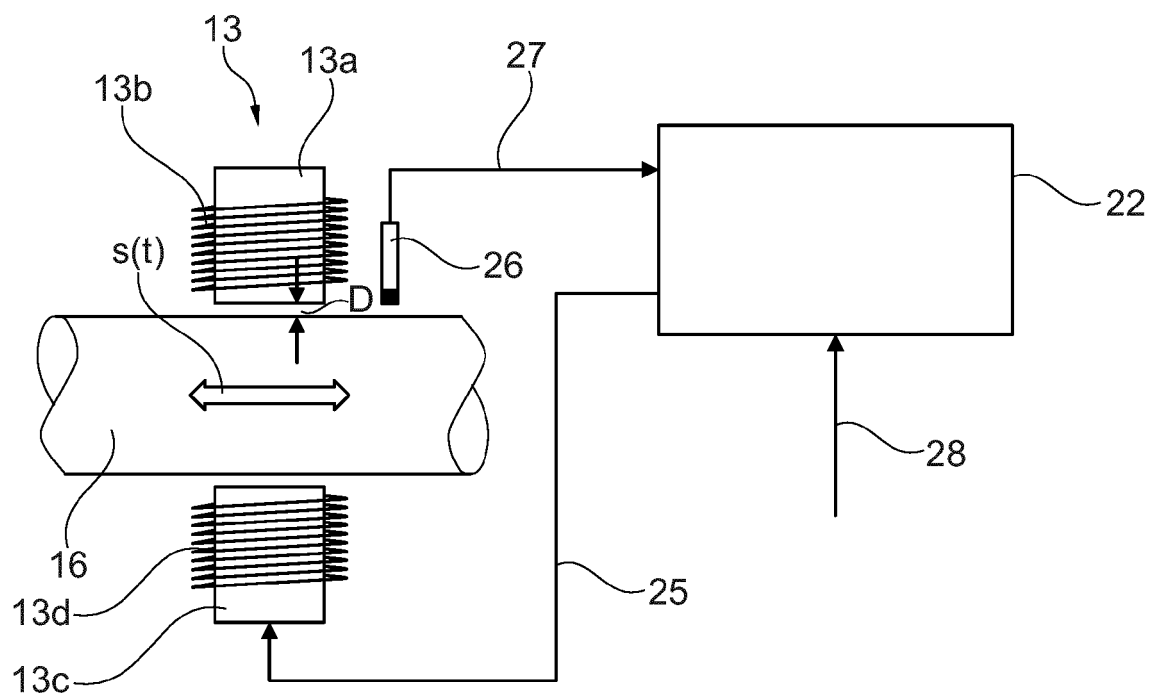


Fig. 2

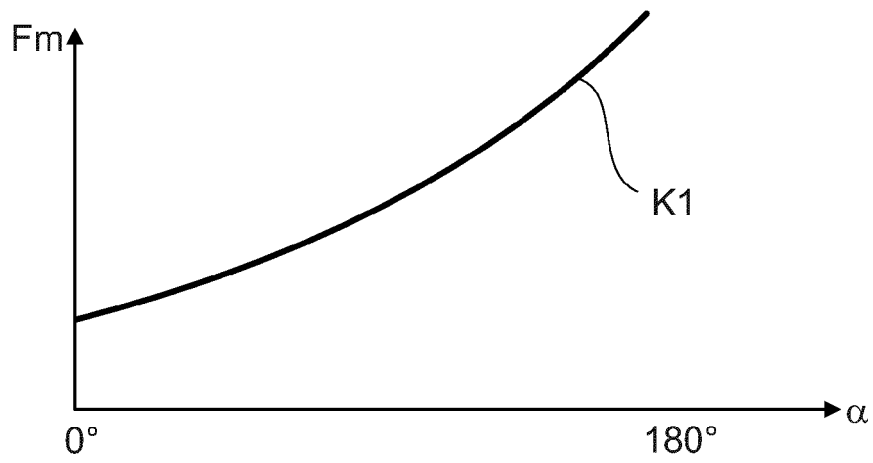


Fig. 3

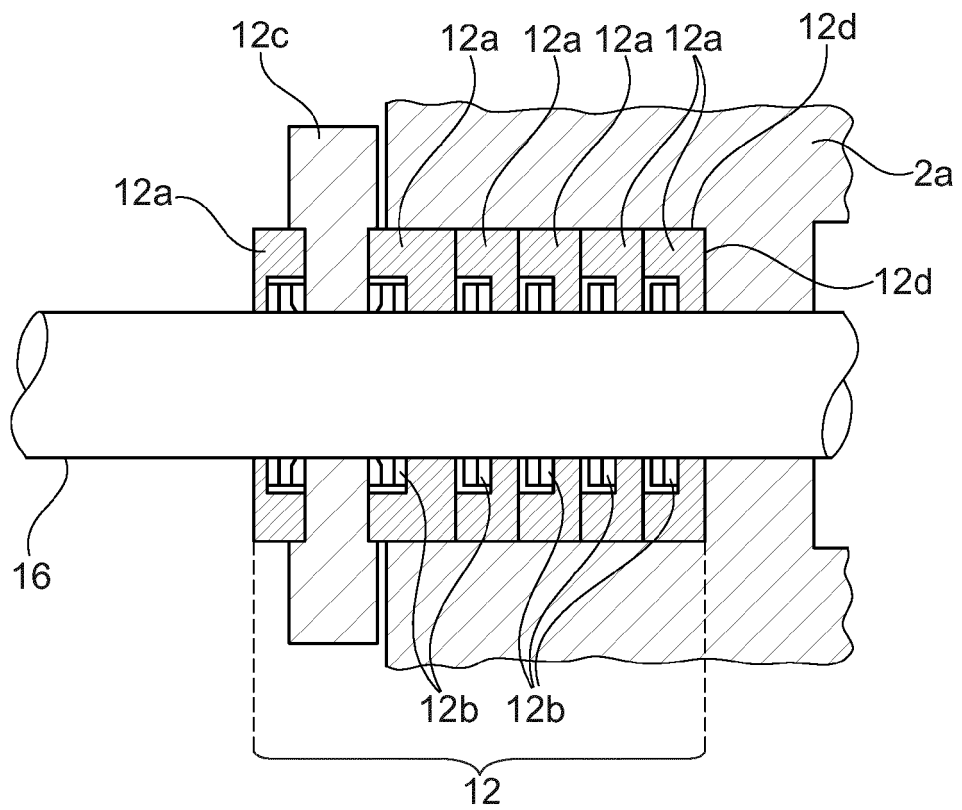


Fig. 4



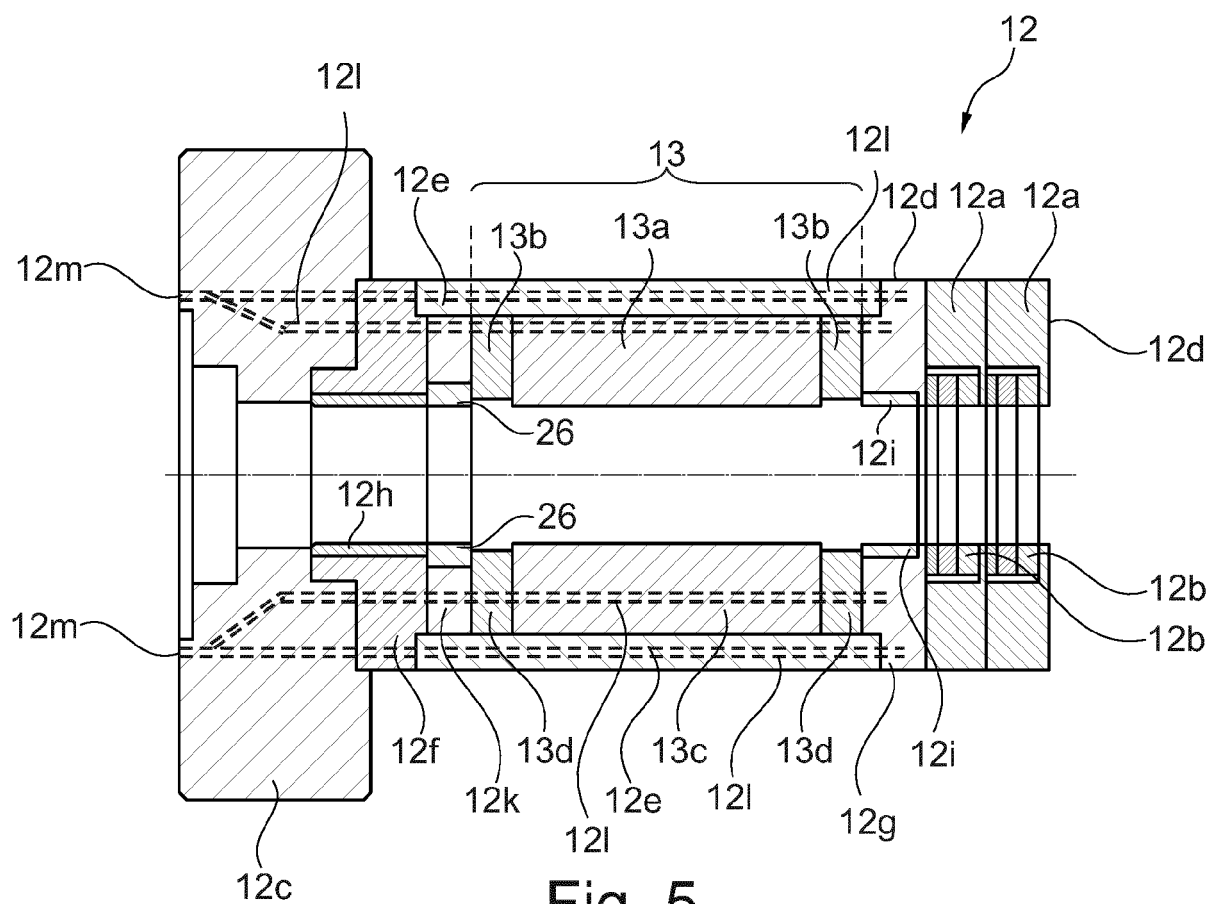


Fig. 5

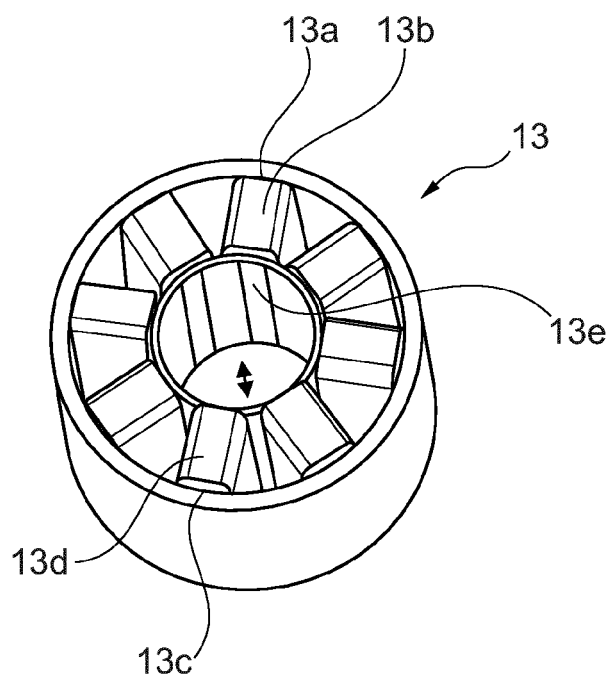


Fig. 6



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 19 20 4408

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	DE 38 05 670 A1 (BORSIG GMBH [DE]) 7. September 1989 (1989-09-07)	1-5,7-13	INV.
A	* Spalte 1, Zeile 3 - Spalte 2, Zeile 18; Abbildungen 1,2 *	6	F04B9/04 F04B35/01 F04B39/00 F04B53/14 F04B53/16
A	FR 2 754 570 A1 (THOME CREPELLE [FR]) 17. April 1998 (1998-04-17) * Seite 4, Zeile 2 - Seite 5, Zeile 25; Abbildungen 1,2 *	1-13	
A	WO 2006/042866 A1 (BURCKHARDT COMPRESSION AG [CH]; FEISTEL NORBERT [CH] ET AL.) 27. April 2006 (2006-04-27) * Seite 7, Zeile 8 - Seite 8, Zeile 6; Abbildung 1 *	1-13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 1. April 2020	Prüfer Jurado Orenes, A
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 03.92 (P04C03)



5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

### GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE

Die vorliegende europäische Patentanmeldung enthielt bei ihrer Einreichung Patentansprüche, für die eine Zahlung fällig war.

☒ Nur ein Teil der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für jene Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war, sowie für die Patentansprüche, für die Anspruchsgebühren entrichtet wurden, nämlich Patentansprüche:

☐ Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war.

### MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

Siehe Ergänzungsblatt B

☐ Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.

☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Recherchenabteilung nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.

☐ Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind, nämlich Patentansprüche:

☒ Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen, nämlich Patentansprüche:

1-13

☐ Der vorliegende ergänzende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen (Regel 164 (1) EPÜ).



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT  
DER ERFINDUNG  
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung

EP 19 20 4408

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

1. Ansprüche: 1-13

Kolbenverdichter zum Verdichten eines Gases und Verfahren zum Betrieb eines Kolbenverdichters, umfassend einen in Wesentlichen in horizontaler Richtung verlaufenden Zylinder sowie umfassend einen Kolben, eine Kolbenstange, eine Packungsdichtung, einen Kreuzkopf sowie einen Antrieb, wobei der Kolben in einer Längsrichtung beweglich innerhalb des Zylinders angeordnet ist, wobei der Kolben über eine Kolbenstange mit dem Kreuzkopf verbunden ist, wobei zwischen dem Kolben und dem Kreuzkopf eine Packungsdichtung angeordnet ist, durch welche die Kolbenstange verläuft, und wobei der Kreuzkopf durch den Antrieb angetrieben ist, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Kolben und dem Kreuzkopf zudem ein ansteuerbares Magnetlager angeordnet ist, dass das Magnetlager zumindest senkrecht zur Längsrichtung eine magnetische Kraft auf die Kolbenstange bewirken kann, und dass eine Ansteuervorrichtung die vom Magnetlager auf die Kolbenstange bewirkte magnetische Kraft ansteuert.

---

2. Ansprüche: 14, 15

Packungsdichtung umfassend in einer Längsrichtung nacheinander folgend angeordnet zumindest ein Befestigungsteil, ein Magnetlager, sowie zumindest einen Kammerring mit darin angeordnetem Dichtungsring.

---

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

EP 19 20 4408

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.

01-04-2020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3805670 A1	07-09-1989	DE 3805670 A1	07-09-1989
		DE 8816661 U1	01-03-1990
FR 2754570 A1	17-04-1998	FR 2754570 A1	17-04-1998
		WO 9816740 A1	23-04-1998
WO 2006042866 A1	27-04-2006	CA 2581508 A1	27-04-2006
		CN 101044345 A	26-09-2007
		EP 1805437 A1	11-07-2007
		JP 2008517235 A	22-05-2008
		RU 2361140 C2	10-07-2009
		US 2009121440 A1	14-05-2009
		WO 2006042866 A1	27-04-2006

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**

- WO 2014139565 A1 [0002]