

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
14. November 2013 (14.11.2013)



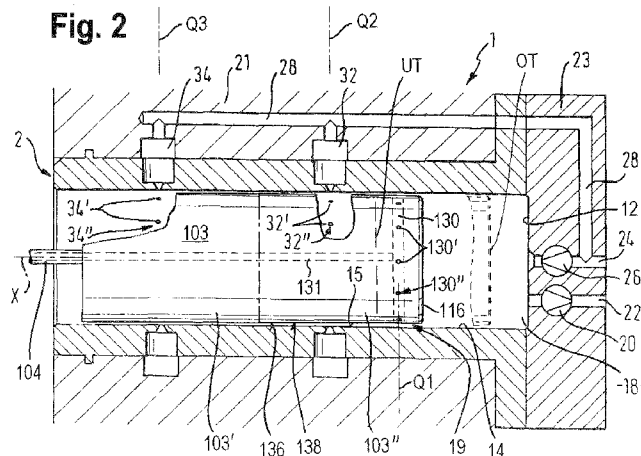
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/167124 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F04B 39/00 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2013/100171
- (22) Internationales Anmeldedatum:
8. Mai 2013 (08.05.2013)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2012 104 163.6 11. Mai 2012 (11.05.2012) DE
10 2012 104 164.4 11. Mai 2012 (11.05.2012) DE
10 2012 104 165.2 11. Mai 2012 (11.05.2012) DE
- (71) Anmelder: **AEROLAS GMBH AEROSTATISCHE
LAGER-LASERTECHNIK** [DE/DE]; Grimmerweg 6,
82008 Unterhaching (DE).
- (72) Erfinder: **MUTH, Michael**; Wichernweg 12, 81737
München (DE). **SLOTTA, Georg**; Hirtenweg 40, 85375
Neufahrn (DE).
- (74) Anwalt: **SCHLIMME, Wolfram**; Patentanwaltskanzlei
Dr. Schlimme, Haidgraben 2, 85521 Ottobrunn (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PISTON/CYLINDER UNIT

(54) Bezeichnung : KOLBEN-ZYLINDER-EINHEIT



(57) Abstract: A piston/cylinder unit having a piston (103) which can be guided linearly in the cylinder (2) in a manner which is mounted by fluid pressure, wherein the cylinder (2), an end wall (116) of the piston (103) and a cylinder end wall (12) surround a compression chamber (18) which is at a minimum in the region of the top dead centre (TDC) of the piston (103), wherein the compression chamber (18) is fluidically connected to a bearing gap (19) which is formed between a cylinder inner circumferential wall (14) and a piston outer circumferential wall (136), wherein a plurality of fluid outlet nozzles (32', 34') are arranged in at least one cross-sectional plane (Q2, Q3) of the cylinder (2) in the cylinder inner circumferential wall (14) along the circumference, which fluid outlet nozzles (32', 34') open into the bearing gap (19) and are connected to a supply line for a pressure fluid, and wherein a plurality of fluid outlet nozzles (130') which open into the bearing gap (19) are arranged in at least one cross-sectional plane (Q1) of the piston (103), adjacent to the piston end wall (116), in the piston outer circumferential wall (136) along the circumference, is characterized in that the fluid outlet nozzles (130') in the piston outer circumferential wall (136) are also connected to the supply line for the pressure fluid.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/167124 A2



SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*
- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Eine Kolben-Zylinder-Einheit mit einem im Zylinder (2) fluiddruckgelagerten linear bewegbaren Kolben (103), wobei der Zylinder (2), eine Stirnwand (116) des Kolbens (103) und eine Zylinderstirnwand (12) einen Kompressionsraum (18) umgeben, der im Bereich des oberen Totpunkts (OT) des Kolbens (103) minimal ist, wobei der Kompressionsraum (18) mit einem zwischen einer Zylinderinnenumfangswand (14) und einer Kolbenaußenumfangswand (136) gebildeten Lagerspalt (19) in Fluidverbindung steht, wobei in zumindest einer Querschnittsebene (Q2, Q3) des Zylinders (2) eine Mehrzahl von Fluidaustrittsdüsen (32', 34') in der Zylinderinnenumfangswand (14) entlang des Umfangs angeordnet sind, die in den Lagerspalt (19) münden und die mit einer Versorgungsleitung für ein Druckfluid verbunden sind, und wobei in zumindest einer Querschnittsebene (Q1) des Kolbens (103), der Kolbenstirnwand (116) benachbart, eine Mehrzahl von Fluidaustrittsdüsen (130') in der Kolbenaußenumfangswand (136) entlang des Umfangs angeordnet sind, die in den Lagerspalt (19) münden zeichnet sich dadurch aus, dass auch die Fluidaustrittsdüsen (130') in der Kolbenaußenumfangswand (136) mit der Versorgungsleitung für das Druckfluid verbunden sind.

05

10

Kolben-Zylinder-Einheit

15 Die Erfindung betrifft eine Kolben-Zylinder-Einheit mit einem im Zylinder fluiddruckgelagerten linear bewegbaren Kolben gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Bei derartigen Kolben-Zylinder-Einheiten besteht dann, wenn der Druck im
20 Kompressionsraum größer ist als der Druck im Lagerspalt die Gefahr, dass der Kolben durch asymmetrisch in den Lagerspalt eintretendes Fluid aus dem Kompressionsraum aus seiner mit dem Zylinder coaxialen Lage seitlich verkippt wird, wodurch sich zumindest partiell die Dicke des Lagerspalts verändert und
wodurch in Folge die Tragfähigkeit des Fluiddrucklagers zwischen dem Zylinder
25 und dem Kolben schlagartig abnimmt. Insbesondere dann, wenn die Kolben-Zylinder-Einheit als Kompressor ausgestaltet ist, ist aber die Kippstabilität des Kolbens zu gewährleisten.

Aus der DE 10 2004 061 904 A1, deren Offenbarung in die Offenbarung der
30 vorliegenden Anmeldung vollumfänglich einbezogen wird, ist bereits eine Kolben-Zylinder-Einheit bekannt, die eine erhöhte Kippstabilität des Kolbens ermöglicht. Diese vorbekannte Kolben-Zylinder-Einheit ist in Fig. 1 als Stand der Technik dargestellt. Diese Figur zeigt einen Längsschnitt durch eine

Kolben-Zylinder-Einheit 1 mit einem Zylinder 2 und einem Kolben 3. Der Zylinder ist mit einer Zylinderbohrung 10 versehen, in der der Kolben 3 in Richtung der Längsachse X der Zylinderbohrung 10 hin und her bewegbar und frei geführt aufgenommen ist. Der Kolben 3 ist über eine Kolbenstange 4 mit einem (nicht gezeigten) Antrieb oder Abtrieb verbunden. Die an einem Zylinderkopf 23 ausgebildete Zylinderstirnwand 12, die den stirnseitigen Abschluss der Zylinderbohrung 10 bildet, die Innenumfangswand 14 der Zylinderbohrung 10 und die Kolbenstirnwand 16 begrenzen das Zylindervolumen und bilden einen Kompressionsraum 18.

In die Zylinderstirnwand 12 mündet ein mit einem schematisch gezeigten Ventil 20 versehener Einlasskanal 22. Ebenfalls in der Zylinderstirnwand 12 ist ein Auslasskanal 24 vorgesehen, der ebenfalls ein entsprechendes Auslassventil 26 aufweist; auch dieser Auslasskanal mündet in die Zylinderbohrung 10.

Wird der Kolben in Fig. 1 nach rechts bis zu der gestrichelt gezeigten Lage des Kolbens 3 bewegt, in der dieser seinen oberen Totpunkt OT erreicht, wo er seine Bewegungsrichtung umkehrt, so wird das im Zylindervolumen 18 befindliche Fluid, das beispielsweise gasförmig ist, wenn es sich bei der Kolben-Zylinder-Einheit um einen Kompressor handelt, komprimiert. Das Zylindervolumen 18 bildet dann einen Kompressionsraum. Wenn dann das Auslassventil 26 öffnet, strömt das komprimierte Fluid aus dem Kompressionsraum 18 durch den Auslasskanal 24, beispielsweise zu nachgeschalteten Verbrauchern, ab.

Ein Teil des ausgestoßenen Fluids wird aus dem Auslasskanal 24 durch einen Verbindungskanal 28, der im Zylinderkopf 23 und im Gehäuse 21 des Zylinders 2 vorgesehen ist, in Ringkanäle 30, 32, 34 geleitet, die ebenfalls im Gehäuse 21 des Zylinders 2 vorgesehen sind und die die Zylinderbohrung 10 ringförmig umgeben. Die Ringkanäle 30, 32, 34 sind in Richtung der Längsachse X der Zylinderbohrung voneinander beabstandet. Jeder der Ringkanäle 30, 32, 34 ist mit einer Mehrzahl von Mikrolöchern 30', 32', 34' versehen, die über den Umfang der Zylinderbohrung 10 gleichmäßig verteilt den jeweiligen Ringkanal 30, 32, 34 mit dem Inneren der Zylinderbohrung 10 verbinden und dabei die Innenumfangswand 14 des Zylinders

durchdringen. Die Mikrolöcher 30', 32', 34' eines jeden Ringkanals 30, 32, 34 bilden so eine jeweilige ringförmige Düsenanordnung 30", 32", 34". Druckfluid, vorzugsweise unter Druck stehendes Gas wie zum Beispiel Druckluft, welches durch den Verbindungskanal 28 in die Ringkanäle 30, 32, 34 geleitet wird, kann somit durch die Mikrolöcher 30', 32', 34' austreten und in einem Lagerspalt 19 zwischen einer zylinderseitigen Lagerfläche 15 auf der Innenumfangswand 14 des Zylinders 2 und einer kolbenseitigen Lagerfläche 38 auf der Außenumfangswand 36 des Kolbens ein den Kolben seitlich abstützendes Fluidpolster, beispielsweise ein Gaspolster, ausbilden.

Der der Zylinderstirnwand 12 nächstgelegene erste Ringkanal 30 mit den ihm zugeordneten Mikrolöchern 30' ist in einem Bereich gelegen, in dem der Kolben die Mikrolöcher 30' nur dann abdeckt, wenn er sich in der Nähe der Kompressionsstellung, also des oberen Totpunkts OT, befindet, also dann, wenn das Zylindervolumen 18 minimiert ist. In diesem Fall deckt der Kolben 3 die vorderen, ersten Mikrolöcher 30' mit der Lagerfläche 38 im vorderen Bereich 3" ab. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass der Kolbenabschnitt, der der Kolbenstirnwand 16 benachbart ist, in seiner Lage nahe dem oberen Totpunkt OT seitlich stabilisiert ist, so dass die Gefahr, dass der Kolben durch aus dem Kompressionsraum in den Lagerspalt eintretendes Fluid seitlich ausgelenkt wird, im Wesentlichen ausgeschlossen ist.

Der zweite Ringkanal 32 ist so angeordnet, dass die ihm zugeordneten Mikrolöcher 32' stets vom sich bewegenden Kolben 3 abgedeckt sind, so dass die Mikrolöcher 32' über den gesamten axialen Bewegungsweg des Kolbens 3 zur Bildung des tragenden Gaspolsters zwischen der Innenumfangswand 14 des Zylinders 2 und der Außenumfangswand 36 des Kolbens 3 beitragen.

Der dritte Ringkanal 34 ist am weitesten von der Zylinderstirnwand 12 entfernt. Die dem dritten Ringkanal 34 zugeordneten Mikrolöcher 34' sind somit nur dann vom Kolben 3 überdeckt, und zwar von der Lagerfläche 38 im hinteren Bereich 3' des Kolbens, wenn sich der Kolben 3 im Bereich seiner zurückgezogenen Position befindet, in der das Zylindervolumen maximal ist.

Diese bekannte Kolben-Zylinder-Einheit stützt zwar den Kolben in seinem vorderen Umfangsbereich auch in der oberen Totpunktlage ab, doch ist nicht auszuschließen, dass aus dem Kompressionsraum 18 in den Lagerspalt eintretendes Druckfluid eine seitliche Kraft auf den Kolben ausübt, weil der Abstand zwischen der Kolbenstirnwand und dem Auftreffort des aus den Mikrolöchern 30' austretenden Lager-Druckfluids am Kolbenumfang aufgrund der Kolbenbewegung variiert.

Die DE 10 2008 007 661 A1 zeigt einen Linearverdichter mit einer Kolben-Zylinder-Einheit, deren Kolben von einem Linearmotor zu einer reziprozierenden Bewegung angetrieben wird. Der Kolben ist im Zylinder gasdruckgelagert, wozu die Zylinderwandung mit einer Vielzahl von Düsenöffnungen versehen ist. Der Kolben ist an seiner Stirnseite über den Umfang mit einer Vielzahl von Schrägbohrungen oder Radialschlitzten versehen, die sich vom Kolbenboden zum Kolbenumfang erstrecken. Durch diese Bohrungen bzw. Schlitzte soll ein Druckausgleich zwischen den Räumen beiderseits des Kolbens stattfinden.

Aus der DE 81 32 123 U1 ist eine Gaslagerung einer Kolben-Zylinder-Einheit bekannt, bei der zwischen dem Kompressionsraum und einem Druckraum des Gaslagers eine Fluidverbindung vorgesehen ist.

Die US 5 140 905 A zeigt und beschreibt einen gasgelagerten Kolben in einer Kolben-Zylinder-Einheit, bei dem im vorderen Endabschnitt Umfangsnuten vorgesehen sind, die isoliert in die Umfangswand eingebracht sind. Diese Umfangsnuten sollen das Gaslager vom oszillierenden Druck im Kompressionsraum isolieren.

Aus der JP 2002 349 435 A ist ein Linearkompressor mit einem luftgelagerten Kolben bekannt, bei welchem der Kolben in seinem in Axialrichtung mittleren Abschnitt mit einer Umfangsnut versehen ist. Diese Umfangsnut bewirkt einen Druckausgleich entlang des Umfangs des Kolbens und damit einen in

Umfangsrichtung wirkenden Druckausgleich im Lagerspalt. Tritt bei diesem bekannten Linearkompressor Druckluft aus dem Kompressionsraum in den Lagerspalt an einer Stelle des Lagerspalts in diesen ein, so werden die Kräfte, die ein Verkippen des Kolbens bewirken würden, durch den von der Umfangsnut bewirkten Druckausgleich schnell kompensiert, so dass sich der Kolben schnell wieder in seine mit der Zylinderachse koaxiale Lage zurückbewegt oder — im Idealfall — diese Lage gar nicht erst verlässt. Diese umlaufende Nut schwächt nicht nur die unerwünschte Querkraft, sondern auch das Luftlager, wodurch die Tragfähigkeit der Luftlagerung herabgesetzt ist.

Aus der US 2 907 304 A ist eine Kolben-Zylinder-Einheit bekannt, die ein von einem Fluid betätigbares Linearantriebsorgan bildet. Die Zylinderwand ist mit einer Mehrzahl von Öffnungen versehen, durch die unter Druck ein Fluid in den Zylinderraum eingeleitet wird. Weiterhin sind an beiden Stirnseiten des Zylindergehäuses schaltbare Fluidauslässe vorgesehen, so dass durch abwechselndes Öffnen entsprechender Auslassventile eine Linearbewegung des Kolbens erzeugt werden kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine gattungsgemäße Kolben-Zylinder-Einheit anzugeben, die auch bei hochdynamischen Anwendungen, also dann, wenn die Kolben-Zylinder-Einheit mit einer hohen Arbeitsfrequenz läuft, eine gesicherte seitliche Abstützung des Kolbens im Bereich der Kolbenstirnwand auch dann gewährleistet, wenn sich der Kolben im Bereich seines oberen Totpunkts befindet und somit der Druck im Kompressionsraum maximal ist.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit gemäß einer ersten Ausführungsform jeweils durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche 1, 4 und 13 gelöst.

Die Aufgabe wird somit bei einer gattungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Bei dieser Kolben-Zylinder-Einheit sind in zumindest einer Querschnittsebene des Zylinders eine Mehrzahl von Fluidaustrittsdüsen in der Zylinderinnenumfangswand entlang des Umfangs angeordnet, die in den Lagerspalt münden, und in zumindest
5 einer Querschnittsebene des Kolbens sind, der Kolbenstirnwand benachbart, eine Mehrzahl von Fluidaustrittsdüsen in der Kolbenaußenumfangswand entlang des Umfangs angeordnet, die in den Lagerspalt münden.

Erfindungsgemäß sind auch die Fluidaustrittsdüsen in der

10 Kolbenaußenumfangswand mit der Versorgungsleitung für das Druckfluid verbunden.

Auf diese Weise wird der Kolben unabhängig von seiner Position im Zylinder stets mittels des aus den kolbenseitigen Fluidaustrittsdüsen austretenden Druckfluids an
15 seiner der Kolbenstirnwand benachbarten Vorderseite gegen die Zylinderinnenumfangswand abgestützt. Die Fluidaustrittsdüsen sind somit in jeder Kolbenstellung von der Gegenfläche an der Zylinderinnenumfangswand überdeckt und der Abstand zwischen den Fluidaustrittsdüsen und dem Rand der Lagerfläche, also der Kolbenstirnwand, ist in jeder Kolbenstellung konstant. Der Kolben ist
20 dadurch auch in der Nähe des oberen Totpunkts, also bei maximaler Kompression im Kompressionsraum, wesentlich kippstabiler als bei den aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen.

Eine vorteilhafte Weiterbildung dieser erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit
25 zeichnet sich dadurch aus, dass die zumindest eine Querschnittsebene des Kolbens mit den Fluidaustrittsdüsen in jeder Stellung des sich im Betrieb hin und her bewegenden Kolbens zwischen der zumindest einen Querschnittsebene des Zylinders mit den Fluidaustrittsdüsen und der Zylinderstirnwand gelegen ist.

30 Diese vorteilhafte Weiterbildung gewährleistet, dass der vordere, der Kolbenstirnwand benachbarte, Abschnitt stets von dem aus den kolbenseitigen Fluidaustrittsdüsen ausströmenden Druckfluid abgestützt wird, während der

rückwärtige Kolbenabschnitt durch das Druckfluid abgestützt wird, welches aus den zylinderseitigen Fluidaustrittsdüsen austritt.

Die Aufgabe wird ebenfalls bei einer gattungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit gemäß einer zweiten Ausführungsform durch die Merkmale des Patentanspruchs 4 gelöst.

Diese erfindungsgemäße Kolben-Zylinder-Einheit weist einen im Zylinder fluiddruckgelagerten linear bewegbaren Kolben auf, wobei der Zylinder, eine Stirnwand des Kolbens und eine Zylinderstirnwand einen Kompressionsraum umgeben, der im Bereich des oberen Totpunkts des Kolbens minimal ist. Dieser Kompressionsraum steht mit einem zwischen einer Zylinderinnenumfangswand und einer Kolbenaußenumfangswand gebildeten Lagerspalt in Fluidverbindung. In zumindest einer Querschnittsebene des Zylinders münden eine Mehrzahl von Fluidaustrittsdüsen in den Lagerspalt, die in der Zylinderinnenumfangswand entlang des Umfangs angeordnet sind.

Zur Lösung der Aufgabe ist hierbei erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Kolben mit einer Umfangsnut versehen ist, in die eine Abluftleitung mündet, dass die Abluftnut in einem der Kolbenstirnwand benachbarten Umfangsabschnitt des Kolbens ausgebildet ist und dass die Abluftleitung in die Abluftnut eintretendes Druckfluid zu einem Druckniveau ableitet, das niedriger ist als der Druck im Kompressionsraum, wenn sich der Kolben in seinem oberen Totpunkt befindet oder sich in der Nähe des oberen Totpunkts auf den oberen Totpunkt zu bewegt.

Durch das Vorsehen einer solchen Abluftleitung in der Umfangsnut wird über die Lehre aus dem Stand der Technik hinaus nicht nur ein Druckausgleich entlang des Umfangs des Kolbens, also entlang des Umfangs des Lagerspalts, vorgesehen, sondern darüber hinaus wird in diese Umfangsnut eintretendes Druckfluid zu einem niedrigeren Druckniveau abgeleitet, was dazu führt, dass aus dem Kompressionsraum in den Lagerspalt eintretendes Druckfluid für das durch die Mikrolöcher in den Lagerspalt eintretende Lager-Druckfluid keine Barriere darstellt. Dadurch wird verhindert, dass sich die Tragfähigkeit des Lagers verschlechtert,

wenn sich der Kolben in der Nähe des oberen Totpunkts oder im oberen Totpunkt befindet und der Druck im Kompressionsraum wesentlich höher ist als der Lager-Fluiddruck.

5 Durch die Anordnung der Abluftnut in einem der Kolbenstirnwand benachbarten Umfangsabschnitt des Kolbens wird ermöglicht, dass aus dem Kompressionsraum in den Lagerspalt eintretendes Druckfluid bereits unmittelbar nach dem Eintreten in den Lagerspalt abgeleitet wird, so dass die auf den Kolben einwirkenden Querkräfte minimiert sind.

10

Das Lager-Druckfluid kann somit auch in Richtung der Umfangsnut strömen, wodurch die Tragfähigkeit des Fluiddrucklagers zwischen Kolben und Zylinder deutlich verbessert wird.

15 Vorzugsweise steht die Abluftnut mit einem Raum in Fluidverbindung, in dem das niedrigere Druckniveau herrscht.

Vorzugsweise ist zwischen der Kolbenstirnwand und der Abluftnut eine Druckausgleichs-Umfangsnut vorgesehen, die bewirkt, dass der Druck im

20 Lagerspalt entlang des Kolbumfangs stets ausgeglichen wird und es zu keiner asymmetrischen Druckverteilung kommt. Der Kolben behält dadurch stets seine zentrierte Position bei.

In einer anderen bevorzugten Ausgestaltung dieser zweiten Ausführungsform der
25 Erfindung weist der Kolben im Bereich der Kolbenstirnwand einen Kolbenabschnitt mit reduziertem Durchmesser auf. Die Abluftnut ist dabei im verbleibenden Kolbenbereich mit nichtreduziertem Durchmesser vorgesehen.

Das Vorsehen des Kolbenabschnitts mit reduziertem Durchmesser im Bereich der
30 Kolbenstirnseite bewirkt, dass dann, wenn der Druck des komprimierten Fluids im Kompressionsraum höher ist als der Druck im Lagerspalt, das komprimierte Fluid aus dem Kompressionsraum in den den Kolbenabschnitt mit reduziertem

Durchmesser umgebenden Ringraum eintritt und den Kolben dadurch in seiner zentrierten Lage stabilisiert.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Durchmesser des Kolbenabschnitts mit reduziertem Durchmesser von der Kolbenstirnwand ausgehend in Axialrichtung des Kolbens zunimmt. Das aus dem Kompressionsraum in den den Kolbenabschnitt mit reduziertem Durchmesser umgebenden Ringraum eintretende komprimierte Fluid wird wie bei einem auslassgedrosselten Fluidlager radial kräftewirksam. Dabei ist es günstig, wenn die engste Stelle des Ringraums, also der Übergang vom Kolbenabschnitt mit reduziertem Durchmesser zum Kolbenabschnitt mit nicht reduziertem Durchmesser, vor den ersten Fluidaustrittsdüsen der Druckfluidlagerung für den Kolben liegt.

Die Zunahme des Durchmessers im Kolbenabschnitt mit reduziertem Durchmesser kann bevorzugt linear oder auch nichtlinear sein.

Vorteilhaft ist auch, wenn in zumindest einer Querschnittsebene des Kolbens auf der von der Kolbenstirnwand abgewandten Seite der Abluftnut eine Mehrzahl von Fluidaustrittsdüsen in der Kolbenaußenumfangswand entlang des Umfangs angeordnet sind, die in den Lagerspalt münden. Auf diese Weise wird der Kolben unabhängig von seiner Position im Zylinder stets mittels des aus den kolbenseitigen Fluidaustrittsdüsen austretenden Druckfluids an seiner der Kolbenstirnwand benachbarten Vorderseite gegen die Zylinderinnenumfangswand abgestützt. Die Fluidaustrittsdüsen sind somit in jeder Kolbenstellung von der Gegenfläche an der Zylinderinnenumfangswand überdeckt und der Abstand zwischen den Fluidaustrittsdüsen und dem Rand der Lagerfläche, also der Kolbenstirnwand, ist in jeder Kolbenstellung konstant. Der Kolben ist dadurch auch in der Nähe des oberen Totpunkts, also bei maximaler Kompression im Kompressionsraum, wesentlich kippstabiler als bei den aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen.

Dabei ist es von Vorteil, wenn die zumindest eine Querschnittsebene des Kolbens mit den Fluidaustrittsdüsen in jeder Stellung des sich im Betrieb hin und her

bewegenden Kolbens zwischen der zumindest einen Querschnittsebene des Zylinders mit den Fluidaustrittsdüsen und der Zylinderstirnwand gelegen ist. Diese vorteilhafte Weiterbildung gewährleistet, dass der vordere, der Kolbenstirnwand benachbarte Abschnitt, stets von dem aus den kolbenseitigen Fluidaustrittsdüsen ausströmenden Druckfluid abgestützt wird, während der rückwärtige Kolbenabschnitt durch das Druckfluid abgestützt wird, welches aus den zylinderseitigen Fluidaustrittsdüsen austritt.

Die Aufgabe wird weiterhin bei einer gattungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung durch die Merkmale des Patentanspruchs 13 gelöst.

Zur Lösung der Aufgabe ist bei dieser Kolben-Zylinder-Einheit vorgesehen, dass in zumindest einer Querschnittsebene des Zylinders eine Mehrzahl von Fluidaustrittsdüsen in der Zylinderinnenwand entlang des Umfangs angeordnet sind, die in den Lagerspalt münden, und dass zumindest bei Annäherung des Kolbens an den oberen Totpunkt ein dem Kompressionsraum benachbarter Abschnitt des Lagerspalts eine größere Radialerstreckung aufweist als der vom Kompressionsraum abgewandte Abschnitt des Lagerspalts.

Die Ausgestaltung der Kolben-Zylinder-Einheit derart, dass ein dem Kompressionsraum benachbarter Abschnitt des Lagerspalts eine größere Radialerstreckung aufweist als der vom Kompressionsraum abgewandte Abschnitt des Lagerspalts, bewirkt, dass dann, wenn der Druck des komprimierten Fluids im Kompressionsraum höher ist als der Druck im Lagerspalt, das komprimierte Fluid aus dem Kompressionsraum in den Abschnitt des Lagerspalts mit größerer Radialerstreckung entlang des gesamten Kolbenumfangs eintritt und den Kolben dadurch in seiner zentrierten Lage stabilisiert. Das in diesem Abschnitt des Lagerspalts mit größerer Radialerstreckung aus dem Kompressionsraum eintretende komprimierte Fluid wirkt in diesem Bereich entsprechend einem auslassgedrosselten Fluidlager radial kräftewirksam, sobald der Druck des komprimierten Fluids höher ist als der Druck im Lagerspalt.

Vorzugsweise ist der Abschnitt des Lagerspalts mit größerer Radialerstreckung von einem Kolbenabschnitt mit reduziertem Durchmesser gebildet. Versuche haben gezeigt, dass es bereits ausreichend ist, wenn der Durchmesserunterschied zwischen dem Kolbenabschnitt mit reduziertem Durchmesser und dem
5 verbleibenden Kolbenabschnitt weniger als 5 %, vorzugsweise weniger als 1 %, des nichtreduzierten Kolbendurchmessers beträgt.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Durchmesser des Kolbenabschnitts mit
10 reduziertem Durchmesser von der Kolbenstirnwand ausgehend in Axialrichtung des Kolbens zunimmt. Das aus dem Kompressionsraum in den den Kolbenabschnitt mit reduziertem Durchmesser umgebenden Ringraum eintretende komprimierte Fluid wird wie bei einem auslassgedrosselten Fluidlager radial kräftewirksam. Dabei ist es günstig, wenn die engste Stelle des Ringraums, also
15 der Übergang vom Kolbenabschnitt mit reduziertem Durchmesser zum Kolbenabschnitt mit nichtreduziertem Durchmesser, vor den ersten Fluidaustrittsdüsen der Druckfluidlagerung für den Kolben liegt.

Die Zunahme des Durchmessers im Kolbenabschnitt mit reduziertem
20 Durchmesser kann bevorzugt linear oder auch nichtlinear sein.

Alternativ kann der Abschnitt des Lagerspalts mit größerer Radialerstreckung auch von einem Zylinderabschnitt mit erweitertem Durchmesser gebildet sein.

25 Dabei ist es vorteilhaft, wenn der Durchmesser des Zylinderabschnitts mit erweitertem Durchmesser ausgehend von der Zylinderstirnwand in Axialrichtung des Zylinders abnimmt.

Diese Abnahme des Durchmessers im Zylinderabschnitt mit erweitertem
30 Durchmesser ist bevorzugt linear; sie kann aber auch nichtlinear sein.

Eine vorteilhafte Weiterbildung dieser erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit zeichnet sich dadurch aus, dass in zumindest einer Querschnittsebene des

Kolbens, der Kolbenstirnwand oder dem stirnseitigen Kolbenabschnitt mit reduziertem Durchmesser benachbart, eine Mehrzahl von Fluidaustrittsdüsen in der Kolbenaußenumfangswand entlang des Umfangs angeordnet ist, wobei diese Fluidaustrittsdüsen in den Lagerspalt münden. Auf diese Weise wird der Kolben unabhängig von seiner Position im Zylinder stets mittels des aus den kolbenseitigen Fluidaustrittsdüsen austretenden Druckfluids in seinem vorderen Bereich, dem Abschnitt des Lagerspalts mit größerer Radialerstreckung benachbart, gegen die Zylinderinnenumfangswand abgestützt. Die Fluidaustrittsdüsen sind somit in jeder Kolbenstellung von der Gegenfläche an der Zylinderinnenumfangswand überdeckt und der Abstand zwischen den Fluidaustrittsdüsen und dem Rand der Lagerfläche des Kolbens, also der Kolbenstirnwand beziehungsweise dem Übergang des Kolbenaußenumfangs in den Abschnitt mit reduziertem Durchmesser, ist in jeder Kolbenstellung konstant. Der Kolben ist dadurch auch in der Nähe des oberen Totpunkts, also bei maximaler Kompression im Kompressionsraum, wesentlich kippstabiler als bei den aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen.

Dabei ist es von Vorteil, wenn die zumindest eine Querschnittsebene des Kolbens mit den Fluidaustrittsdüsen in jeder Stellung des sich im Betrieb hin- und herbewegenden Kolbens zwischen der zumindest einen Querschnittsebene des Zylinders mit den Fluidaustrittsdüsen und der Zylinderstirnwand gelegen ist. Diese vorteilhafte Weiterbildung gewährleistet, dass der vordere Kolbenabschnitt stets von dem aus den kolbenseitigen Fluidaustrittsdüsen ausströmenden Druckfluid abgestützt wird, während der rückwärtige Kolbenabschnitt durch das Druckfluid abgestützt wird, welches aus den zylinderseitigen Austrittsdüsen austritt.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der dritten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit zeichnet sich dadurch aus, dass der Kolben in einem der Kolbenstirnwand oder dem Kolbenabschnitt mit reduziertem Durchmesser benachbarten Umfangsabschnitt mit zumindest einer Umfangsnut versehen ist. Diese Umfangsnut bildet eine umlaufende Druckausgleichsnut, die dafür sorgt, dass Druckunterschiede entlang des Umfangs des Lagerspalts, die beispielsweise durch asymmetrisch eintretendes Druckfluid aus dem

Kompressionsraum entstehen können, unmittelbar ausgeglichen werden, so dass der Kolben in seiner um die Zylinderlängsachse X zentrierten Lage verbleibt und nicht seitlich ausgelenkt wird.

5 Weiter vorteilhaft ist es, wenn zumindest eine Umfangsnut des Kolbens als Abluftnut ausgebildet ist, in die eine Abluftleitung mündet. Dadurch kann in den Lagerspalt aus dem Kompressionsraum eintretendes Druckfluid durch die Abluftnut und die Abluftleitung abgeleitet werden.

10 Dabei steht die Abluftleitung vorzugsweise mit einem Raum in Fluidverbindung, in dem ein Fluiddruck herrscht, der niedriger ist als der Druck im Kompressionsraum, wenn sich der Kolben in seinem oberen Totpunkt befindet oder sich auf den oberen Totpunkt zubewegt. Hierdurch wird verhindert, dass sich die Tragfähigkeit des Lagers verschlechtert, wenn sich der Kolben in der Nähe des oberen
15 Totpunkts oder im oberen Totpunkt befindet und der Druck im Kompressionsraum wesentlich höher ist als der Lager-Fluiddruck.

Vorzugsweise ist die Abluftnut in einem der Kolbenstirnwand benachbarten Umfangsabschnitt des Kolbens ausgebildet.

20

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Beispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert; in dieser zeigt:

25 **Fig. 1** eine Kolben-Zylinder-Einheit nach dem Stand der Technik;

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Kolben-Zylinder-Einheit gemäß einer ersten Ausführungsform;

30 **Fig. 3** eine erste Variante einer zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit;

Fig. 4 eine zweite Variante der zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit;

- Fig. 5 eine dritte Variante der zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit;
- Fig. 6 einen Kolben der dritten Variante der zweiten Ausführungsform mit konischem vorderen Endabschnitt;
- Fig. 7 einen Kolben der dritten Variante der zweiten Ausführungsform mit konkavem vorderen Endabschnitt;
- Fig. 8 einen Kolben der dritten Variante der zweiten Ausführungsform mit konvexem vorderen Endabschnitt;
- Fig. 9 eine vierte Variante der zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit;
- Fig. 10 eine erste Variante einer dritten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit;
- Fig. 11 einen Kolben der ersten Variante der dritten Ausführungsform mit konischem vorderen Endabschnitt;
- Fig. 12 einen Kolben der ersten Variante der dritten Ausführungsform mit konkavem vorderen Endabschnitt;
- Fig. 13 einen Kolben der ersten Variante der dritten Ausführungsform mit konvexem vorderen Endabschnitt;
- Fig. 14 eine erfindungsgemäße Kolben-Zylinder-Einheit mit einem Kolben der ersten Variante der dritten Ausführungsform, der eine Abluftnut aufweist;
- Fig. 15 die Variante der Fig. 14, wobei der Kolben zusätzlich eine Druckausgleichs-Umfangsnut aufweist;

Fig. 16 eine Kolben-Zylinder-Einheit der ersten Variante der dritten Ausführungsform mit einem Kolben, der im vorderen Kolbenabschnitt mit einem kolbenseitigen Fluiddrucklager versehen ist;

Fig. 17 die Kolben-Zylinder-Einheit aus Fig. 16, wobei der Kolben zusätzlich mit einer Abluftnut versehen ist; und

Fig. 18 eine zweite Variante der dritten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit mit einem Zylinderabschnitt mit erweitertem Durchmesser.

Fig. 1 zeigt die bereits in der Beschreibungseinleitung beschriebene Kolben-Zylinder-Einheit nach dem Stand der Technik gemäß der DE 10 2004 061 904 A1.

In Fig. 2 ist eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit dargestellt, wobei für die mit der Fig. 1 gleichen Elemente in der Fig. 2 die gleichen Bezugszeichen verwendet worden sind.

Der Kolben 103 ist in einer mittleren Position zwischen seinem unteren Totpunkt UT und seinem oberen Totpunkt OT dargestellt. Der zweite Ringkanal 32 und der dritte Ringkanal 34 sind — ähnlich wie in der in Fig. 1 gezeigten Kolben-Zylinder-Einheit — im Zylinder angeordnet. Die Lage der dem zweiten Ringkanal 32 zugeordneten, Fluidaustrittsdüsen bildenden Mikrolöcher 32' in der Querschnittsebene Q2 und die Lage der dem dritten Ringkanal 34 zugeordneten, Fluidaustrittsdüsen bildenden Mikrolöcher 34' in der Querschnittsebene Q3 sowie der Abstand zwischen der zweiten ringförmigen Düsenanordnung 32" und der dritten ringförmigen Düsenanordnung 34" in Axialrichtung sind so gewählt, dass die Mikrolöcher 32' und 34' während der gesamten Axialbewegung des Kolbens 103 von der Außenumfangswand 136 des Kolbens 103 bedeckt sind. Die beiden zylinderseitigen Luftlager, nämlich das von der zweiten ringförmigen Düsenanordnung 32" und das von der dritten ringförmigen Düsenanordnung 34" gebildete zweite beziehungsweise dritte Luftlager, sind somit während der

gesamten Kolbenbewegung aktiv und stützen den Kolben 103 in einem hinteren Kolbenabschnitt 103' und in einem vorderen Kolbenabschnitt 103" in Radialrichtung ab.

5 Das erste Luftlager ist — im Gegensatz zur Ausführungsform der Fig. 1 — nicht im Zylinder ausgebildet, sondern im Kolben 103. Dazu ist der Kolben 103 in der Kolbenaußenumfangswand 136 in einer Querschnittsebene Q1 in unmittelbarer Nähe zur Kolbenstirnwand 116 mit über den Umfang verteilt und gleichmäßig voneinander beabstandeten, Fluidaustrittsdüsen bildenden Mikrolöchern 130'
10 versehen, die in einen im Inneren des Kolbens 103 ausgebildeten Ringkanal 130 münden und die eine erste, vordere ringförmige Düsenanordnung 130" bilden. Der Ringkanal 130 im Inneren des Kolbens 103 ist über einen im Inneren der Kolbenstange 104 verlaufenden Kanal 131 und über eine (nicht gezeigte) Versorgungsleitung mit dem Verbindungskanal 28 verbunden. Das in den
15 Verbindungskanal 28 einströmende Druckfluid wird somit auch in den Ringkanal 130 im Inneren des Kolbens geleitet und strömt aus den ersten Mikrolöchern 130' in den Lagerspalt 19 ein.

Auf diese Weise ist im vordersten Bereich des vorderen Kolbenabschnitts 103" des Kolbens 103 von der dort vorgesehenen ringförmigen Düsenanordnung 130"
20 ein Fluidlager, beispielsweise ein Luftlager, gebildet, das den Kolben 103 in unmittelbarer Nachbarschaft zur Kolbenstirnwand 16 radial gegen die die Lagerfläche 15 bildende Zylinderinnenumfangswand 14 abstützt. Da dieses vorderste Fluidlager mit dem Kolben mitwandert, sind die für die radiale
25 Abstützung des Kolbens 103 in diesem Bereich aufgebrauchten Kräfte über die gesamte Kolbenbewegung nahezu konstant. Ein seitliches Auslenken des Kolbens (quer zur Längsachse X) ist daher selbst dann so gut wie ausgeschlossen, wenn aus dem Kompressionsraum 18 komprimiertes Fluid unter Druck in den Lagerspalt 19 eindringt.

30

In Fig. 3 ist eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit dargestellt, wobei für die mit der Fig. 1 gleichen Elemente in der Fig. 3 die gleichen Bezugszeichen verwendet worden sind.

Der Kolben 203 ist in einer mittleren Position zwischen seinem unteren Totpunkt UT und seinem oberen Totpunkt OT dargestellt. Der zweite Ringkanal 32 und der dritte Ringkanal 34 sind — ähnlich wie in der in Fig. 1 gezeigten

5 Kolben-Zylinder-Einheit — im Zylinder angeordnet. Die Lage der dem zweiten Ringkanal 32 zugeordneten, Fluidaustrittsdüsen bildenden Mikrolöcher 32' in der Querschnittsebene Q2 und die Lage der dem dritten Ringkanal 34 zugeordneten, Fluidaustrittsdüsen bildenden Mikrolöcher 34' in der Querschnittsebene Q3 sowie
10 drittem ringförmigen Düsenanordnung 34" in Axialrichtung sind so gewählt, dass die Mikrolöcher 32' und 34' während der gesamten Axialbewegung des Kolbens 203 von der Außenumfangswand 236 des Kolbens 203 bedeckt sind. Die beiden zylinderseitigen Luftlager, nämlich das von der zweiten ringförmigen
Düsenanordnung 32" und das von der dritten ringförmigen Düsenanordnung 34"
15 gebildete zweite beziehungsweise dritte Luftlager, sind somit während der gesamten Kolbenbewegung aktiv und stützen den Kolben 203 in einem hinteren Kolbenabschnitt 203' und in einem vorderen Kolbenabschnitt 203" in Radialrichtung ab.

20 Der Kolben 203 ist im vorderen Kolbenabschnitt 203" in der Kolbenaußenumfangswand 236 in unmittelbarer Nähe zur Kolbenstirnwand 216 mit einer sich entlang des Umfangs erstreckenden Abluftnut 233 versehen, in die eine Abluftöffnung 233' mündet, welche über einen im Inneren der Kolbenstange 204 verlaufenden Kanal 233" mit einem Raum in Fluidverbindung steht, in dem ein
25 Fluiddruck herrscht, der niedriger ist als der Druck im Kompressionsraum 18, wenn sich der Kolben 203 in seinem oberen Totpunkt OT befindet oder sich auf den oberen Totpunkt OT zu bewegt; zumindest muss der in der Abluftnut 233 herrschende Druck niedriger sein als der Druck im Lagerspalt 19 vor und hinter der Abluftnut 233.

30 Fig. 4 zeigt eine Weiterbildung der Ausführungsform nach Fig. 3, bei welcher zwischen der Kolbenstirnwand 216 und der Abluftnut 233 eine weitere Umfangsnut 235 in der Kolbenaußenumfangswand 236 in unmittelbarer Nähe zur

Kolbenstirnwand 216 ausgebildet ist. Diese weitere Umfangsnut 235 bildet eine Druckausgleichs-Umfangsnut, welche dafür sorgt, dass bei aus dem Kompressionsraum 18 einseitig in den Lagerspalt 19 eintretendem Druckfluid ein Druckausgleich entlang des Umfangs des Kolbens 203 erfolgt und somit der Kolben in seiner zentrierten Position bezüglich der Zylinderachse X verbleibt und nicht seitlich ausgelenkt wird.

Fig. 5 zeigt eine andere Variante des mit der Abluftnut 233 versehenen Kolbens 203, bei welcher der Kolben 203 in seinem vorderen Kolbenabschnitt 203" im Bereich der Kolbenstirnwand 216 einen Kolbenabschnitt 237 mit reduziertem Durchmesser aufweist. Dieser Kolbenabschnitt 237 mit reduziertem Durchmesser ist von der Abluftnut 233 in Axialrichtung beabstandet, so dass die Abluftnut 233 im verbleibenden Teil des vorderen Kolbenbereichs 203" mit nicht reduziertem Durchmesser ausgebildet ist.

Durch das Vorsehen des Kolbenabschnitts 237 mit reduziertem Durchmesser ist zwischen der Zylinderinnenumfangswand 14 und der Außenumfangswand 237' des Kolbenabschnitts 237 mit reduziertem Durchmesser ein Ringspalt 19' geschaffen, dessen Radialerstreckung, also dessen radiale Dicke, größer ist als die des Lagerspalts 19. Tritt nun bei der Kompressionsbewegung des Kolbens 203 komprimiertes Druckfluid aus dem Kompressionsraum 18 in diesen vorderen Ringraum 19' ein, so zentriert das in den Ringspalt 19' eintretende Druckfluid den Kolben 203.

Bei der Variante gemäß Fig. 5 ist der Kolbenabschnitt 237 mit reduziertem Durchmesser zylindrisch ausgebildet. Er kann aber genauso gut auch von der Kolbenstirnwand 216 ausgehend in Axialrichtung des Kolbens mit zunehmendem Durchmesser ausgestaltet sein. Dies kann beispielsweise als Kolbenabschnitt mit einer konischen Umfangskontur 239 realisiert sein, wie es in Fig. 6 dargestellt ist, wobei die Zunahme des Durchmessers im Kolbenabschnitt 237 mit reduziertem Durchmesser linear ist. Die Zunahme des Durchmessers im Kolbenabschnitt 237 mit reduziertem Durchmesser kann aber ebenso gut nichtlinear sein, wie in den Fig. 7 und 8 dargestellt ist. Der Kolbenabschnitt kann also auch eine konkave

Umfangskontur 239' (Fig. 7) oder eine konvexe Umfangskontur 239" (Fig. 8) aufweisen.

Die Ausgestaltung des Kolbens 203 mit dem vorderen Kolbenabschnitt 237 mit reduziertem Durchmesser kann auch bei der in Fig. 4 dargestellten Variante des Kolbens mit zusätzlicher Druckausgleichs-Umfangsnut 235 vorgesehen sein.

Ebenso kann, wie in Fig. 9 gezeigt ist, der erfindungsgemäß mit der Abluftnut 233 versehene Kolben 203 in seinen in dieser Beschreibung wiedergegebenen unterschiedlichen Ausführungsformen gemäß der Fig. 3 bis 8 zusätzlich mit einem vorderen kolbenseitigen Fluidlager versehen sein.

Dazu ist der Kolben 203 in einer Querschnittsebene Q1' in der Kolbenaußenumfangswand 236 in unmittelbarer Nähe zur Abluftnut 233, aber von dieser axial beabstandet, auf der von der Kolbenstirnwand 216 abgewandten Seite der Abluftnut 233 mit über den Umfang verteilt und gleichmäßig voneinander beabstandeten und Fluidaustrittsdüsen bildenden Mikrolöchern 230' versehen. Diese Mikrolöcher 230' münden in einen im Inneren des Kolbens 203 ausgebildeten Ringkanal 230 und bilden eine erste, vordere ringförmige Düsenanordnung 230". Der Ringkanal 230 im Inneren des Kolbens 203 ist über einen ebenfalls im Inneren der Kolbenstange 204 verlaufenden Kanal 231 und über eine (nicht gezeigte) Versorgungsleitung mit dem Verbindungskanal 28 verbunden. Das in den Verbindungskanal 28 einströmende Druckfluid wird somit auch in den Ringkanal 230 im Inneren des Kolbens 203 geleitet und strömt aus den ersten Mikrolöchern 230' in den Lagerspalt 19 ein.

Auf diese Weise wird auch im vorderen Kolbenabschnitt 203" von der dort vorgesehenen ringförmigen Düsenanordnung 230" ein Fluidlager, beispielsweise ein Luftlager, gebildet, das den Kolben 203 im vorderen Kolbenabschnitt 203" radial gegen die die Lagerfläche 15 bildende Zylinderinnenumfangswand 14 abstützt. Da dieses vordere Fluidlager mit dem Kolben mitwandert, sind die für die radiale Abstützung des Kolbens 203 in diesem Bereich aufbrachten Kräfte über die gesamte Kolbenbewegung nahezu konstant. Ein seitliches Auslenken des

Kolbens (quer zur Längsachse X) ist daher selbst dann so gut wie ausgeschlossen, wenn trotz der vorstehend geschilderten weiteren Maßnahmen (Druckausgleichs-Umfangsnut 235, Kolbenabschnitt 237 mit reduziertem Durchmesser) ein asymmetrischer Eintritt von komprimiertem Fluid aus dem Kompressionsraum 18 in den Lagerspalt erfolgen sollte.

In Fig. 10 ist eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit dargestellt, wobei für die mit der Fig. 1 gleichen Elemente in der Fig. 10 die gleichen Bezugszeichen verwendet worden sind.

Der Kolben 303 ist in einer mittleren Position zwischen seinem unteren Totpunkt UT und seinem oberen Totpunkt OT dargestellt. Der zweite Ringkanal 32 und der dritte Ringkanal 34 sind — ähnlich wie in der in Fig. 1 gezeigten Kolben-Zylinder-Einheit — im Zylinder angeordnet. Die Lage der dem zweiten Ringkanal 32 zugeordneten, Fluidaustrittsdüsen bildenden Mikrolöcher 32' in der Querschnittsebene Q2 und die Lage der dem dritten Ringkanal 34 zugeordneten, Fluidaustrittsdüsen bildenden Mikrolöcher 34' in der Querschnittsebene Q3 sowie der Abstand zwischen der zweiten ringförmigen Düsenanordnung 32" und der dritten ringförmigen Düsenanordnung 34" in Axialrichtung sind so gewählt, dass die Mikrolöcher 32' und 34' während der gesamten Axialbewegung des Kolbens 303 von der Außenumfangswand 336 des Kolbens 303 bedeckt sind. Die beiden zylinderseitigen Luftlager, nämlich das von der zweiten ringförmigen Düsenanordnung 32" und das von der dritten ringförmigen Düsenanordnung 34" gebildete zweite beziehungsweise dritte Luftlager, sind somit während der gesamten Kolbenbewegung aktiv und stützen den Kolben 303 in einem hinteren Kolbenabschnitt 303' und in einem vorderen Kolbenabschnitt 303" in Radialrichtung ab.

Der Kolben 303 ist in seinem vorderen Kolbenabschnitt 303" im Bereich der Kolbenstirnwand 316 mit einem Kolbenabschnitt 337 mit reduziertem Durchmesser versehen, wodurch der Lagerspalt 19 in diesem Abschnitt einen Ringspalt 19' mit einer größeren Radialer Streckung bildet als der vom Kompressionsraum 18 abgewandte Abschnitt des Lagerspalts 19.

Durch das Vorsehen des Kolbenabschnitts 337 mit reduziertem Durchmesser ist also zwischen der Zylinderinnenumfangswand 14 und der Außenumfangswand 337' des Kolbenabschnitts 337 mit reduziertem Durchmesser ein Ringspalt 19' geschaffen, dessen Radialerstreckung, also dessen radiale Dicke, größer ist als die des Lagerspalts 19. Tritt nun bei der Kompressionsbewegung des Kolbens 303 komprimiertes Druckfluid aus dem Kompressionsraum 18 in diesen vorderen Ringspalt 19' ein, so zentriert das in den Ringspalt 19' eintretende Druckfluid den Kolben 303.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 10 ist der Kolbenabschnitt 337 mit reduziertem Durchmesser zylindrisch ausgebildet. Er kann aber genauso gut auch von der Kolbenstirnwand 316 ausgehend in Axialrichtung des Kolbens mit zunehmendem Durchmesser ausgestaltet sein. Dies kann beispielsweise als Kolbenabschnitt mit einer konischen Umfangskontur 339 realisiert sein, wie es in Fig. 11 dargestellt ist, wobei die Zunahme des Durchmessers im Kolbenabschnitt 337 mit reduziertem Durchmesser linear ist. Die Zunahme des Durchmessers im Kolbenabschnitt 337 mit reduziertem Durchmesser kann aber ebenso gut nichtlinear sein, wie in den Fig. 12 und 13 dargestellt ist. Der Kolbenabschnitt 337 kann also auch eine konkave Umfangskontur 339' (Fig. 12) oder eine konvexe Umfangskontur 339'' (Fig. 13) aufweisen.

Fig. 14 zeigt eine andere Variante des mit dem Kolbenabschnitt 337 mit reduziertem Durchmesser versehenen Kolbens 303. Der Kolben 303 ist in seinem vorderen Kolbenabschnitt 303'', dem Kolbenabschnitt 337 mit verringertem Durchmesser benachbart, mit einer sich entlang des Umfangs erstreckenden Abluftnut 333 versehen, in die eine Abluftöffnung 333' mündet, welche über einen im Inneren der Kolbenstange 304 verlaufenden Kanal 333'' mit einem Raum in Fluidverbindung steht, in dem ein Fluiddruck herrscht, der niedriger ist, als der Druck im Kompressionsraum 18, wenn sich der Kolben 303 in seinem oberen Totpunkt OT befindet oder sich auf den oberen Totpunkt OT zu bewegt; zumindest muss der in der Abluftnut 333 herrschende Druck niedriger sein als der Druck im Lagerspalt 19 vor und hinter der Abluftnut 333. Die Abluftnut 333 ist in

Axialrichtung vom Kolbenabschnitt 337 mit reduziertem Durchmesser beabstandet, so dass die Abluftnut 333 im verbleibenden Teil des vorderen Kolbenbereichs 303" mit nicht reduziertem Durchmesser ausgebildet ist.

5 Fig. 15 zeigt eine Weiterbildung der Variante nach Fig. 14, bei welcher zwischen dem Kolbenabschnitt 337 mit reduziertem Durchmesser und der Abluftnut 333 eine weitere Umfangsnut 335 in der Kolbenaußenumfangswand 336 in unmittelbarer Nähe zum Kolbenabschnitt 337 mit reduziertem Durchmesser ausgebildet ist. Diese weitere Umfangsnut 335 bildet eine
10 Druckausgleichs-Umfangsnut, welche dafür sorgt, dass bei aus dem Kompressionsraum 18 einseitig in den Lagerspalt 19 eintretendem Druckfluid ein Druckausgleich entlang des Umfangs des Kolbens 303 erfolgt und somit der Kolben in seiner zentrierten Position bezüglich der Zylinderachse X verbleibt und nicht seitlich ausgelenkt wird.

15 Fig. 16 zeigt eine weitere alternative Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit, bei welcher der Kolben 303 in seinem vorderen Kolbenabschnitt 303", dem Kolbenabschnitt 337 mit reduziertem Durchmesser benachbart, ein kolbenseitiges Fluidlager aufweist.

20 Dazu ist der Kolben 303 in einer Querschnittsebene Q1" in der Kolbenaußenumfangswand 336 in unmittelbarer Nähe zum Kolbenabschnitt 337 mit reduziertem Durchmesser, aber von diesem axial beabstandet, mit über den Umfang verteilt und gleichmäßig voneinander beabstandeten und
25 Fluidaustrittsdüsen bildenden Mikrolöchern 330' versehen. Diese Mikrolöcher 330' münden in einen im Inneren des Kolbens 303 ausgebildeten Ringkanal 330 und bilden eine erste, vordere ringförmige Düsenanordnung 330". Der Ringkanal 330 im Inneren des Kolbens 303 ist über einen im Inneren der Kolbenstange 304 verlaufenden Kanal 331 und über eine (nicht gezeigte) Versorgungsleitung mit
30 dem Verbindungskanal 28 verbunden. Das in den Verbindungskanal 28 einströmende Druckfluid wird somit auch in den Ringkanal 330 im Inneren des Kolbens 303 geleitet und strömt aus den ersten Mikrolöchern 330' in den Lagerspalt 19 ein.

Wie in Fig. 17 dargestellt ist, kann der in Fig. 16 gezeigte und mit dem kolbenseitigen Luftlager versehene Kolben 303 zusätzlich mit einer Abluftnut 333 versehen sein, wie sie in Verbindung mit den Fig. 14 und 15 beschrieben worden ist. Zusätzlich oder alternativ zur Abluftnut 333 kann auch die in Verbindung mit Fig. 15 beschriebene Druckausgleichs-Umfangsnut 335 vorgesehen sein. Sowohl die Abluftnut 333 als auch die Druckausgleichs-Umfangsnut 335 sind zwischen dem Kolbenabschnitt 337 mit reduziertem Durchmesser und der vorderen ringförmigen Düsenanordnung 330" in dem Teil des Kolbens 303 ausgebildet, der einen nichtreduzierten Durchmesser aufweist.

Auf diese Weise wird auch im vorderen Kolbenabschnitt 303" von der dort vorgesehenen ringförmigen Düsenanordnung 330" ein Fluidlager, beispielsweise ein Gas- oder Luftlager, gebildet, das den Kolben 303 im vorderen Kolbenabschnitt 303" radial gegen die die Lagerfläche 15 bildende Zylinderinnenumfangswand 14 abstützt. Da dieses vordere Fluidlager mit dem Kolben mitwandert, sind die für die radiale Abstützung des Kolbens 303 in diesem Bereich aufgebrachtten Kräfte über die gesamte Kolbenbewegung nahezu konstant. Ein seitliches Auslenken des Kolbens (quer zur Längsachse X) ist daher selbst dann so gut wie ausgeschlossen, wenn trotz der vorstehend geschilderten weiteren Maßnahmen (Druckausgleichs-Umfangsnut 335, Kolbenabschnitt 337 mit reduziertem Durchmesser) ein asymmetrischer Eintritt von komprimiertem Fluid aus dem Kompressionsraum 18 in den Lagerspalt erfolgen sollte.

Schließlich zeigt Fig. 18 noch eine zweite Variante der dritten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit, bei welcher der Abschnitt 19" des Lagerspalts 19 mit größerer Radialerstreckung von einem vorderen, in der Nähe der Zylinderstirnwand 12 gelegenen Bereich 10' der Zylinderbohrung 10 gebildet ist, in welchem sich die Zylinderbohrung 10 zur Zylinderstirnwand 12 hin im Durchmesser vergrößert (Zylinderabschnitt 2'). Dieser Bereich 10' der Zylinderbohrung mit sich vergrößerndem oder vergrößertem Durchmesser umgibt zumindest einen Teil des vorderen Kolbenabschnitts 303" des Kolbens 303, wenn

dieser — wie in Fig. 18 gestrichelt dargestellt ist — sich im Bereich seines oberen Totpunkts OT befindet.

Bei der in Fig. 18 dargestellten Variante der dritten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Einheit ist es nicht erforderlich, dass der Kolben im Bereich seiner Kolbenstirnwand mit dem Kolbenabschnitt 337 mit reduziertem Durchmesser versehen ist, obwohl dies aber nicht ausgeschlossen wird.

Der Kolben 303 kann auch in der Variante gemäß Fig. 18 mit einer Abluftnut 333, einer Druckausgleichs-Umfangsnut 335, mit einem kolbenseitigen Fluidlager (vordere ringförmige Düsenanordnung 330") oder mit Kombinationen davon, wie dies bereits in Verbindung mit der ersten Variante der dritten Ausführungsform beschrieben worden ist, ausgestattet sein.

Die erfindungsgemäße Kolben-Zylinder-Einheit ist — und das gilt für alle Ausführungsformen — in einer bevorzugten Anwendung Teil eines Linearkompressors, wobei das komprimierte Fluid ein Gas, beispielsweise Luft, ist. Die Fluidlager sind dabei als Gasdrucklager, beispielsweise als Luftlager, ausgebildet. Eine bevorzugte Anwendung ist ein Kälteanlagen-Linearkompressor, wobei das Fluid ein gasförmiges Kältemittel ist.

Die Erfindung ist nicht auf die obigen Ausführungsbeispiele beschränkt, die lediglich der allgemeinen Erläuterung des Kerngedankens der Erfindung dienen.

Im Rahmen des Schutzzumfangs kann die erfindungsgemäße Vorrichtung vielmehr auch andere als die oben beschriebenen Ausgestaltungsformen annehmen. Die Vorrichtung kann hierbei insbesondere Merkmale aufweisen, die eine Kombination aus den jeweiligen Einzelmerkmalen der Ansprüche darstellen.

Bezugszeichen in den Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen dienen lediglich dem besseren Verständnis der Erfindung und sollen den Schutzzumfang nicht einschränken.

Patentansprüche

1. Kolben-Zylinder-Einheit mit einem im Zylinder (2) fluiddruckgelagerten linear bewegbaren Kolben (103),
- wobei der Zylinder (2), eine Stirnwand (116) des Kolbens (103) und eine Zylinderstirnwand (12) einen Kompressionsraum (18) umgeben, der im Bereich des oberen Totpunkts (OT) des Kolbens (103) minimal ist;
 - wobei der Kompressionsraum (18) mit einem zwischen einer Zylinderinnenumfangswand (14) und einer Kolbenaußenumfangswand (136) gebildeten Lagerspalt (19) in Fluidverbindung steht;
 - wobei in zumindest einer Querschnittsebene (Q2, Q3) des Zylinders (2) eine Mehrzahl von Fluidaustrittsdüsen (32', 34') in der Zylinderinnenumfangswand (14) entlang des Umfangs angeordnet sind, die in den Lagerspalt (19) münden und die mit einer Versorgungsleitung für ein Druckfluid verbunden sind, und
 - wobei in zumindest einer Querschnittsebene (Q1) des Kolbens (103), der Kolbenstirnwand (116) benachbart, eine Mehrzahl von Fluidaustrittsdüsen (130') in der Kolbenaußenumfangswand (136) entlang des Umfangs angeordnet sind, die in den Lagerspalt (19) münden;
- dadurch gekennzeichnet,
- dass auch die Fluidaustrittsdüsen (130') in der Kolbenaußenumfangswand (136) mit der Versorgungsleitung für das Druckfluid verbunden sind.
2. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Querschnittsebene des Kolbens (103) mit den Fluidaustrittsdüsen (130') in jeder Stellung des sich im Betrieb hin und her

bewegenden Kolbens (103) zwischen der zumindest einen Querschnittsebene des Zylinders (2) mit den Fluidaustrittsdüsen (32', 34') und der Zylinderstirnwand (12) gelegen ist.

3. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluidaustrittsdüsen (130') in der Kolbenaußenumfangswand (136) über einen im Inneren der Kolbenstange (104) verlaufenden Kanal (131) mit der Versorgungsleitung für das Druckfluid verbunden sind.

10

4. Kolben-Zylinder-Einheit mit einem im Zylinder (2) fluiddruckgelagerten linear bewegbaren Kolben (203),

- wobei der Zylinder (2), eine Stirnwand (216) des Kolbens (203) und eine Zylinderstirnwand (12) einen Kompressionsraum (18) umgeben, der im Bereich des oberen Totpunkts des Kolbens (203) minimal ist;
- wobei der Kompressionsraum (18) mit einem zwischen einer Zylinderinnenumfangswand (14) und einer Kolbenaußenumfangswand (236) gebildeten Lagerspalt (19) in Fluidverbindung steht, und
- wobei in zumindest einer Querschnittsebene (Q2, Q3) des Zylinders (2) eine Mehrzahl von Fluidaustrittsdüsen (32', 34') in der Zylinderinnenumfangswand (14) entlang des Umfangs angeordnet sind, die in den Lagerspalt (19) münden,

20

dadurch gekennzeichnet,

25

- dass der Kolben (203) mit einer als Umfangsnut ausgebildeten Abluftnut (233) versehen ist, in die eine Abluftleitung (233") mündet;
- dass die Abluftnut (233) in einem der Kolbenstirnwand (216) benachbarten Umfangsabschnitt des Kolbens (203) ausgebildet ist und
- dass die Abluftleitung (233") in die Abluftnut (233) eintretendes Druckfluid zu einem Druckniveau ableitet, das niedriger ist als der Druck im Kompressionsraum (18), wenn sich der Kolben (203) in seinem oberen Totpunkt (OT) befindet oder sich in der Nähe des oberen Totpunkts auf den oberen Totpunkt (OT) zu bewegt.

30

5. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Abluftnut (233) mit einem Raum in Fluidverbindung steht, in dem
das niedrigere Druckniveau herrscht.
6. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass zwischen der Kolbenstirnwand (216) und der Abluftnut (233) eine
Druckausgleichs-Umfangsnut (239) vorgesehen ist.
7. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Kolben (203) im Bereich der Kolbenstirnwand (216) einen
Kolbenabschnitt (237) mit reduziertem Durchmesser aufweist, wobei jedoch
die Abluftnut (233) im verbleibenden Kolbenbereich mit nichtreduziertem
Durchmesser vorgesehen ist.
8. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Durchmesser des Kolbenabschnitts (237) mit reduziertem
Durchmesser von der Kolbenstirnwand (216) ausgehend in Axialrichtung des
Kolbens (203) zunimmt.
9. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zunahme des Durchmessers im Kolbenabschnitt (237) mit
reduziertem Durchmesser linear ist.
10. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zunahme des Durchmessers im Kolbenabschnitt (237) mit
reduziertem Durchmesser nichtlinear ist.

11. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der Ansprüche 4 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass in zumindest einer Querschnittsebene (Q1') des Kolbens (203) auf der
von der Kolbenstirnwand (216) abgewandten Seite der Abluftnut (233) eine
Mehrzahl von Fluidaustrittsdüsen (230') in der Kolbenaußenumfangswand
(236) entlang des Umfangs angeordnet sind, die in den Lagerspalt (19)
münden.
12. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die zumindest eine Querschnittsebene (Q1') des Kolbens (203) mit den
Fluidaustrittsdüsen (230') in jeder Stellung des sich im Betrieb hin und her
bewegenden Kolbens (203) zwischen der zumindest einen
Querschnittsebene (Q2, Q3) des Zylinders (2) mit den Fluidaustrittsdüsen
(32', 34') und der Zylinderstirnwand (12) gelegen ist.
13. Kolben-Zylinder-Einheit mit einem im Zylinder (2) fluiddruckgelagerten linear
bewegbaren Kolben (303),
- wobei der Zylinder (2), eine Stirnwand (316) des Kolbens (303) und eine
Zylinderstirnwand (12) einen Kompressionsraum (18) umgeben, der im
Bereich des oberen Totpunkts des Kolbens (303) minimal ist;
- wobei der Kompressionsraum (18) mit einem zwischen einer
Zylinderinnenumfangswand (14) und einer Kolbenaußenumfangswand
(336) gebildeten Lagerspalt (19) in Fluidverbindung steht,
dadurch gekennzeichnet,
- dass in zumindest einer Querschnittsebene (Q2, Q3) des Zylinders (2)
eine Mehrzahl von Fluidaustrittsdüsen (32', 34') in der
Zylinderinnenumfangswand (14) entlang des Umfangs angeordnet sind,
die in den Lagerspalt (19) münden, und
- dass zumindest bei Annäherung des Kolbens (303) an den oberen
Totpunkt (OT) ein dem Kompressionsraum (18) benachbarter Abschnitt
(19', 19'') des Lagerspalts (19) eine größere Radialerstreckung aufweist

als der vom Kompressionsraum (18) abgewandte Abschnitt des Lagerspalts (19).

14. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Abschnitt (19') des Lagerspalts (19) mit größerer Radialerstreckung gebildet ist von einem Kolbenabschnitt (337) mit reduziertem Durchmesser.
15. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Durchmesser des Kolbenabschnitts (337) mit reduziertem Durchmesser von der Kolbenstirnwand (316) ausgehend in Axialrichtung des Kolbens (303) zunimmt.
16. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zunahme des Durchmessers im Kolbenabschnitt (337) mit reduziertem Durchmesser linear ist.
17. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zunahme des Durchmessers im Kolbenabschnitt (337) mit reduziertem Durchmesser nichtlinear ist.
18. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Abschnitt (19'') des Lagerspalts (19) mit größerer Radialerstreckung von einem Zylinderabschnitt (2') mit erweitertem Durchmesser gebildet ist.

19. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Durchmesser des Zylinderabschnitts (2') mit erweitertem
Durchmesser ausgehend von der Zylinderstirnwand (12) in Axialrichtung des
Zylinders (2) abnimmt.
20. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 19,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Abnahme des Durchmessers im Zylinderabschnitt (2') mit
erweitertem Durchmesser linear ist.
21. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 19,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Abnahme des Durchmessers im Zylinderabschnitt (2') mit
erweitertem Durchmesser nichtlinear ist.
22. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der Ansprüche 13 bis 21,
dadurch gekennzeichnet,
dass in zumindest einer Querschnittsebene (Q1'') des Kolbens (303), der
Kolbenstirnwand (316) oder dem stirnseitigen Kolbenabschnitt (337) mit
reduziertem Durchmesser benachbart, eine Mehrzahl von Fluidaustrittsdüsen
(330') in der Kolbenaußenumfangswand (336) entlang des Umfangs
angeordnet sind, die in den Lagerspalt (19) münden.
23. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 22,
dadurch gekennzeichnet,
dass die zumindest eine Querschnittsebene (Q1'') des Kolbens (303) mit den
Fluidaustrittsdüsen (330') in jeder Stellung des sich im Betrieb hin und her
bewegenden Kolbens (303) zwischen der zumindest einen
Querschnittsebene (Q2, Q3) des Zylinders (2) mit den Fluidaustrittsdüsen
(32', 34') und der Zylinderstirnwand (12) gelegen ist.

24. Kolben-Zylinder-Einheit nach einem der Ansprüche 13 bis 23,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Kolben (303) in einem der Kolbenstirnwand (316) oder dem
Kolbenabschnitt (337) mit reduziertem Durchmesser benachbarten
Umfangsabschnitt mit zumindest einer Umfangsnut (333, 335) versehen ist.
25. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 24,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest eine Umfangsnut (333) des Kolbens (303) als Abluftnut
ausgebildet ist, in die eine Abluftleitung (333") mündet.
26. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 25,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Abluftleitung (333") mit einem Raum in Fluidverbindung steht, in
dem ein Fluiddruck herrscht, der niedriger ist als der Druck im
Kompressionsraum (18), wenn sich der Kolben (303) in seinem oberen
Totpunkt (OT) befindet oder sich auf den oberen Totpunkt (OT) zu bewegt.
27. Kolben-Zylinder-Einheit nach Anspruch 25 oder 26,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Abluftnut (333) in einem der Kolbenstirnwand (316) oder dem
Kolbenabschnitt (337) mit reduziertem Durchmesser benachbarten
Umfangsabschnitt des Kolbens (303) ausgebildet ist.

Fig. 1

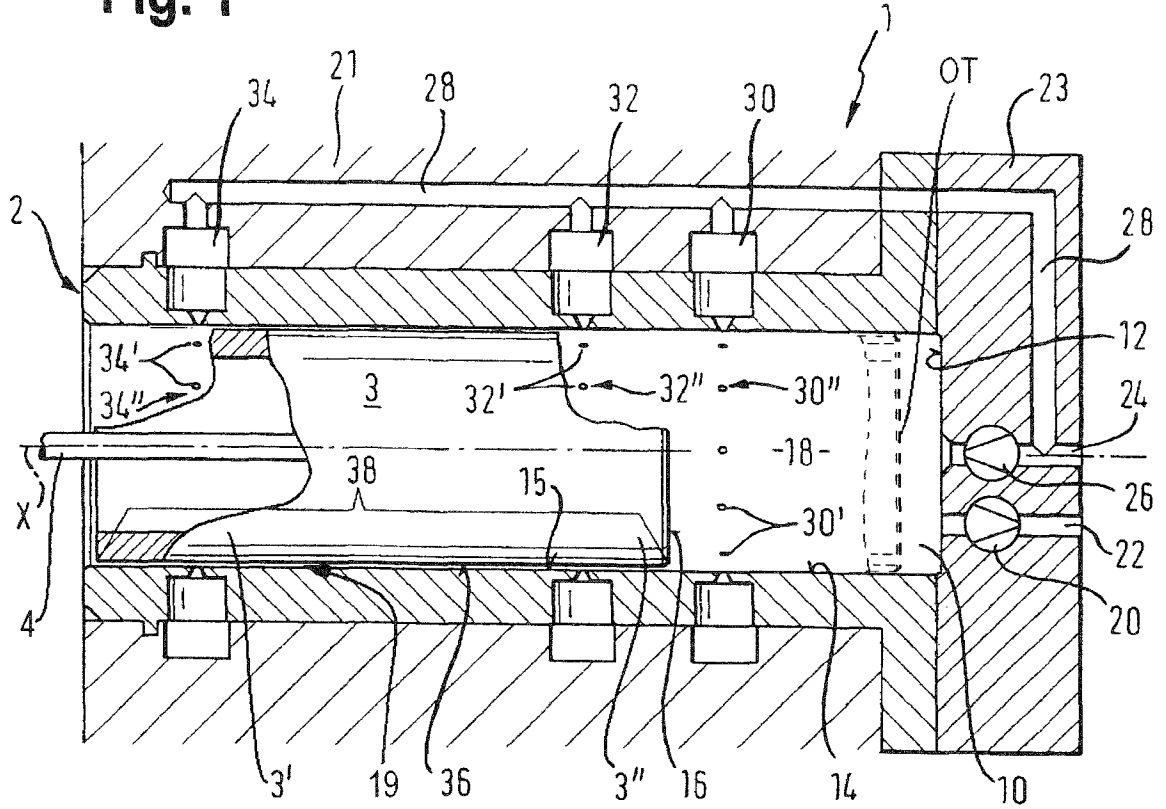
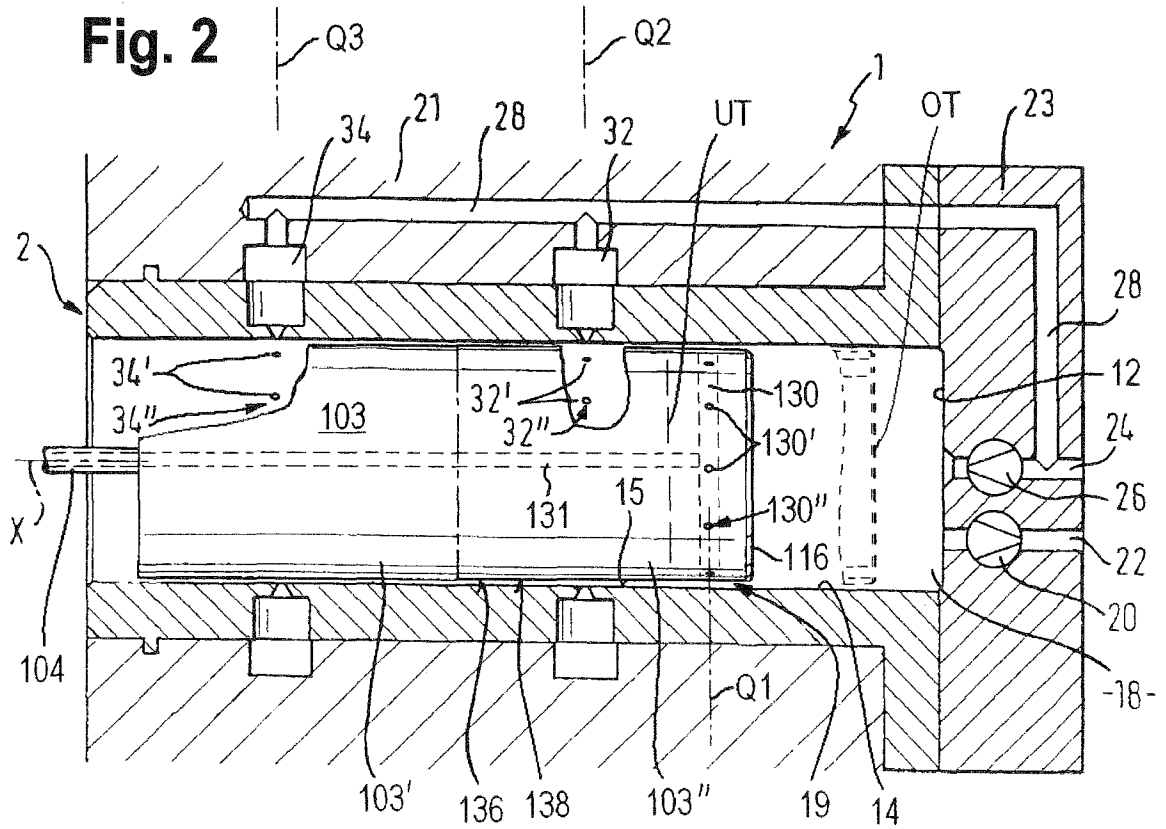


Fig. 2



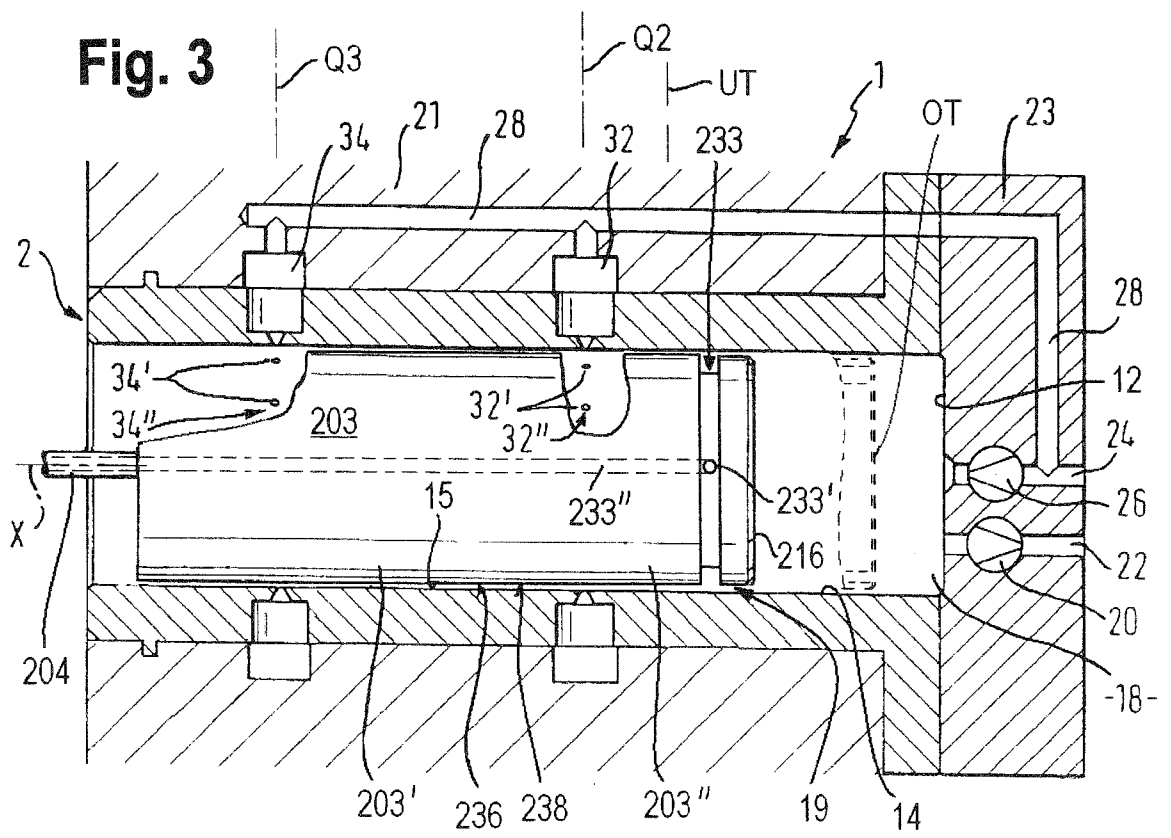


Fig. 4

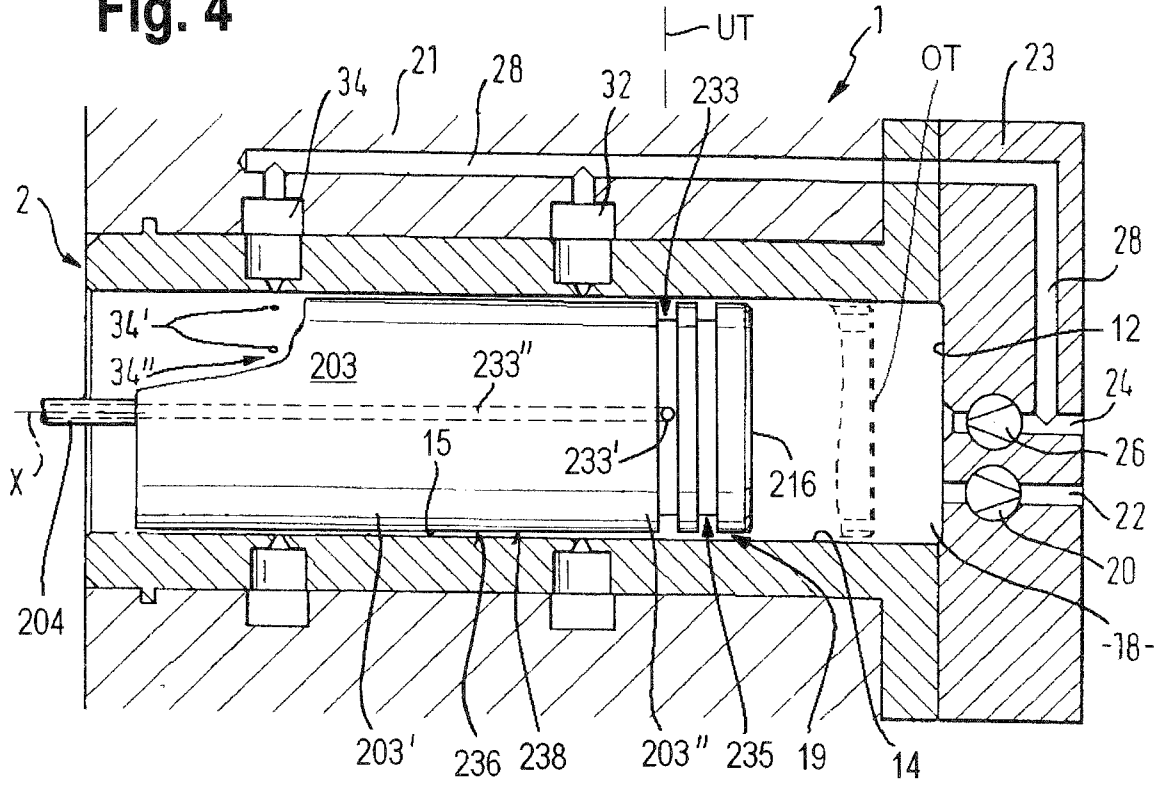


Fig. 5

