



(11)

EP 3 414 456 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
11.03.2020 Patentblatt 2020/11

(51) Int Cl.:
F04B 27/00 ^(2006.01) **F04B 27/02** ^(2006.01)
F04B 39/00 ^(2006.01) **F04B 53/14** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17700772.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2017/000062

(22) Anmeldetag: **19.01.2017**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/137143 (17.08.2017 Gazette 2017/33)

(54) **HUBKOLBENMASCHINE, INSBESONDERE ZWEI- ODER MEHRSTUFIGER KOLBENKOMPRESSOR, DRUCKLUFTVERSORGUNGSANLAGE, DRUCKLUFTVERSORGUNGSYSTEM UND FAHRZEUG, INSBESONDERE PKW MIT EINER DRUCKLUFTVERSORGUNGSANLAGE**

RECIPROCATING-PISTON MACHINE, IN PARTICULAR TWO-STAGE OR MULTI-STAGE PISTON COMPRESSOR, COMPRESSED-AIR SUPPLY INSTALLATION, COMPRESSED-AIR SUPPLY SYSTEM AND VEHICLE, IN PARTICULAR PASSENGER CAR, HAVING A COMPRESSED-AIR SUPPLY INSTALLATION

MACHINE À PISTONS ALTERNATIFS, NOTAMMENT COMPRESSEUR À PISTONS ALTERNATIFS À AU MOINS DEUX ÉTAGES, DISPOSITIF D'ALIMENTATION EN AIR COMPRIMÉ, SYSTÈME D'ALIMENTATION EN AIR COMPRIMÉ ET VÉHICULE, NOTAMMENT VOITURE PARTICULIÈRE ÉQUIPÉE D'UN DISPOSITIF D'ALIMENTATION EN AIR COMPRIMÉ

(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

• **KLOOS, Eugen**
68519 Viernheim (DE)
• **STABENOW, Uwe**
30880 Laatzen (DE)

(30) Priorität: **11.02.2016 DE 102016001596**

(74) Vertreter: **Rabe, Dirk-Heinrich**
Am Lindener Hafen 21
30453 Hannover (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.12.2018 Patentblatt 2018/51

(73) Patentinhaber: **WABCO Europe BVBA**
1170 Brussels (BE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 589 224 WO-A1-2004/029476
DE-A1- 3 122 311 DE-A1- 4 420 861
US-A- 4 729 291

(72) Erfinder:
• **BREDBECK, Klaus**
31628 Landesbergen (DE)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 414 456 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Hubkolbenmaschine, insbesondere einen zwei- oder mehrstufigen Kolbenkompressor, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Weiter betrifft die Erfindung eine Druckluftversorgungsanlage und ein Druckluftversorgungssystem sowie ein Fahrzeug, insbesondere ein PKW, mit einer Hubkolbenmaschine, insbesondere mit einem Kolbenkompressor.

[0002] Eine Druckluftversorgungsanlage wird in Fahrzeugen aller Art, insbesondere zur Versorgung einer Luftfederanlage eines PKWs oder eines Nutzfahrzeugs mit Druckluft, eingesetzt. Luftfederanlagen können auch Niveauregelungseinrichtungen umfassen, mit denen der Abstand zwischen Fahrzeugachse und Fahrzeugaufbau eingestellt werden kann. Eine Luftfederanlage eines eingangs genannten pneumatischen Druckluftversorgungssystems umfasst eine Anzahl von an einer gemeinsamen Leitung (Galerie) pneumatisch angeschlossenen Luftbälgen, die mit zunehmender Befüllung den Fahrzeugaufbau anheben und mit abnehmender Befüllung absenken können. Ein solches System wird beispielsweise in einem Geländefahrzeug und einem Sport-Utility-Vehicle (SUV) oder einem Nutz- oder Personentransportfahrzeug eingesetzt.

[0003] Zur Sicherstellung eines langfristigen Betriebs der Druckluftversorgungsanlage weist diese einen Lufttrockner auf, mit dem die Druckluft zu trocknen ist. Dadurch wird die Ansammlung von Feuchtigkeit in dem Druckluftversorgungssystem vermieden, die ansonsten bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen zu ventilschädigender Eiskristallbildung und sonstigen unerwünschten Effekten in der Druckluftversorgungsanlage und in der Pneumatikanlage führen kann. Ein Lufttrockner weist ein Trockenmittel auf, üblicherweise eine Granulatschüttung, welche von der Druckluft durchströmbar ist, so dass die Granulatschüttung - bei vergleichsweise hohem Druck - in der Druckluft enthaltende Feuchtigkeit durch Adsorption aufnehmen kann. Es hat sich dabei oftmals bewährt, das Trockengranulat in einer Trocknerkartusche unterzubringen, die ein Trocknerbett zur Führung einer Druckluftströmung aufweist.

[0004] Eine Druckluftversorgungsanlage zur Verwendung in einem pneumatischen Druckluftversorgungssystem mit einer Pneumatikanlage, beispielsweise mit einer zuvor beschriebenen Luftfederanlage, wird mit Druckluft aus einer Druckluftzuführung betrieben, beispielsweise im Rahmen eines Druckniveaus von 5 bar bis 20 bar. Die Druckluft wird mittels eines Luftverdichters (Kompressor), vorliegend mit einer Hubkolbenmaschine, bevorzugt mit einem zwei- oder mehrstufigen Kolbenkompressor, der Druckluftzuführung zur Verfügung gestellt.

[0005] Bei einer Druckluftversorgungsanlage für ein Druckluftversorgungssystem in einem Fahrzeug ist die von dem Luftverdichter versorgte Druckluftzuführung einerseits zur Versorgung der Pneumatikanlage mit einem Druckluftanschluss pneumatisch verbunden und andererseits mit einem Entlüftungsanschluss pneumatisch verbunden. Über eine Entlüftungsventilanordnung kann die Druckluftversorgungsanlage und/oder die Pneumatikanlage durch Ablassen von Luft zum Entlüftungsanschluss hin entlüftet werden.

[0006] Der Antrieb der Hubkolbenmaschine im Luftverdichter (Kompressor) der Druckluftzuführung erfolgt regelmäßig mit einem Antriebsmotor, dessen Antriebsleistung über eine Pleuelwelle und ein oder mehrere Pleuel an einen oder mehrere Kolben des bevorzugt zwei- oder mehrstufigen Kolbenkompressors weitergegeben wird; jeweils ein Kolben läuft im Betrieb abgedichtet in je einem Zylinder. Der Antrieb der Hubkolbenmaschine im Luftverdichter (Kompressor) der Druckluftzuführung kann auch beispielsweise mit einem Riemenantrieb erfolgen.

[0007] Auf diese Weise wird angesaugte Umgebungsluft oder aus einer anderen Druckluftquelle zugeführte Ansaugluft verdichtet. Grundsätzlich haben sich dazu sogenannte TWIN-Kolbenkompressoren bewährt; d. h. zwei-stufige Kolbenkompressoren deren zwei Kolben über zwei diesen jeweils zugeordnete Pleuel angetrieben werden, welche z.B. wiederum genau entlang einer Zylinder-Achse, die bevorzugt exakt parallel und mitten-symmetrisch zu Zylinderlaufflächen im Zylinderhubraum für den Kolben ausgerichtet verläuft, ausgerichtet sind.

[0008] Je nach angeforderter Dynamik und Druckbelastung kann ein solcher oder anderer zweistufiger oder mehrstufiger Kompressor im Betrieb zunehmende Betriebsgeräusche entwickeln, die - wie sich herausstellt - maßgeblich durch eine Körperschallübertragung durch den Pleueltrieb u.a. in den Antriebsmotor des Kompressors oder deren Gehäuse verursacht sein können. Wünschenswert ist es, eine verbesserte Akustik und einen gleichwohl verlässlichen Pleueltrieb in einem Kompressor in Form der genannten Hubkolbenmaschine zu realisieren. Dies soll insbesondere auch für einen besonders geringen Geräuschpegel im PKW-Bereich ausreichend sein.

[0009] DE 10 2004 020 104 offenbart in etwa einen TWIN-Kompressor mit symmetrisch gelagerten Doppelkolben für einen Verdichter, mit einem länglichen Kolbenträger, der an jedem Ende einen Kolben aufweist, und mit einem etwa parallel zum Kolbenträger verlaufenden Pleuel, das mittels eines Lagers auf einem Bolzen des Kolbenträgers drehbar gelagert ist und im Abstand davon mittels eines Pleuellagers auf einem Exzenter einer Antriebseinrichtung gelagert ist. Der Kolbenträger enthält in einem mittleren Bereich, der sich zwischen beiden Kolben erstreckt, einen zur frei beweglichen Aufnahme des Pleuels bemessenen Zwischenraum, in dem das Pleuel frei beweglich aufgenommen ist.

[0010] Es zeigt sich, wie von der Erfindung erkannt, dass Lösungen dieser Art Gefahr laufen, eine vergleichsweise hohe Schallentwicklung und m.E. Körperschallübertragungen durch den Pleueltrieb in den Kompressor-Antriebsmotor und damit auch nach außen zu verursachen. Ursache ist eine Krafttrichtungsänderung im Gelenk, bewirkt durch die Verdichtung und Ansaugung (Unterdruck) der ersten Stufe. Maßgebliche akustische Relevanz entsteht zusätzlich durch

die definierten Initialspiele, abhängig von Herstellprozessen und deren Toleranzen, sowie deren Vergrößerung über die Lebensdauer, bedingt durch Einlaufverhalten und Verschleiß.

[0011] An dieser Stelle setzt die Erfindung an, deren Aufgabe es ist, eine Hubkolbenmaschine, insbesondere einen zwei- oder mehrstufigen Kolbenkompressor, vorzugsweise TWIN-Kompressor, sowie eine Druckluftversorgungsanlage zum Betreiben einer Pneumatikanlage mit einer Druckluftströmung anzugeben, mittels der eine verbesserte Akustik und ein gleichwohl verlässlicher Pleueltrieb in einem Kolbenkompressor zu realisieren ist. Dies soll insbesondere auch für Geräuschpegelanforderungen im PKW-Bereich geeignet sein. Insbesondere sollen, im Rahmen einer akustischen Verbesserung, Körperschallemissionen eines Pleueltriebes in angrenzende, abstrahlende Bauteile, wie Elektromotor, Kurbeltrieb oder dergleichen Bauteile eines Luftverdichters (Kompressors) reduziert werden. Insbesondere soll die Druckluftversorgungsanlage vergleichsweise kompakt sein. Aufgabe der Erfindung ist es auch, ein entsprechendes Druckluftversorgungssystem und ein Fahrzeug mit dem Druckluftversorgungssystem, insbesondere für eine Luftfederanlage, anzugeben.

[0012] Die DE4420861 A1 beschreibt eine Kurbelantriebsvorrichtung, welche zwei einander gegenüberliegend angeordnete Behälter, in den Behältern vorgesehene bewegbare oder verformbare Elemente, durch welche die Kapazitäten der Behälter verändert werden können, während die Luftdichtigkeit derselben beibehalten bleibt. Die Elemente sind durch einen einzigen Verbinder miteinander verbunden, und der Verbinder ist an einer exzentrischen Welle festgelegt, welche um eine Drehwelle eines Motors herum vorgesehen ist. Daher wird die Drehbewegung des Motors natürlich und gleichmäßig durch den einzigen Verbinder in eine lineare Hin- und Herbewegung der bewegbaren oder verformbaren Elemente umgewandelt, und es wird möglich, den Abstand zwischen den Behältern kürzer zu gestalten.

[0013] Die WO2004029476A1 betrifft eine Rotationswelle zur Drehung um eine Achse, welche Rotationswelle einen exzentrischen, im Querschnitt im Wesentlichen kreisförmigen, sich in radialer Richtung erstreckenden Flansch trägt, mit dessen radial äußerer Oberfläche ein ringförmiges Gehäuse verbunden ist, das einen Hohlraum bietet, welcher teilweise durch radial innere und radial äußere koaxiale zylindrische Oberflächen definiert ist, dessen Achse gegenüber der Achse der Welle versetzt ist, wobei der Hohlraum eine ringförmige träge Masse aufnimmt und die radial inneren und die radial äußeren Oberflächen des Hohlraums den radial inneren bzw. radial äußeren Oberflächen der trägen Masse gegenüberliegen, wodurch es zwei Paare gegenüberliegender Oberflächen gibt und eines dieser Paare Lagerflächen bildet, die eine relative Drehung der trägen Masse und des Gehäuses um die Achse der koaxialen zylindrischen Oberflächen führen, und wobei das andere dieser Paare voneinander beabstandet ist, um einen ringförmigen Raum zu definieren, welcher ein verschiebbares Material aufnimmt, wobei die träge Masse und der Hohlraum eine Abmessung in radialer Richtung haben, die einen Höchstwert an einer ersten Position entgegengesetzt zur Richtung der Exzentrizität hat und in beiden Umfangsrichtungen zu einer zweiten Position hin fortschreitend abnimmt, die von der ersten Position um 180° versetzt ist.

[0014] Die Aufgabe hinsichtlich der Hubkolbenmaschine wird mit einer Hubkolbenmaschine, insbesondere mit dem zwei- oder mehrstufigen Kolbenkompressor, vorzugsweise TWIN-Kompressor, des Anspruchs 1 gelöst.

[0015] Diese weist auf:

- wenigstens einen Zylinder sowie wenigstens einen dem Zylinder zugeordneten ersten Kolben und einen dem oder einem Zylinder zugeordneten zweiten Kolben, wobei im Betrieb die Kolben in einem jeweiligen Zylinderhubraum des wenigstens einen Zylinders ausgelenkt werden,
- eine im Betrieb antreibbare Kurbelwelle mit einem exzentrischen Kurbelwellenzapfen und einer Antriebswellen-Kopplung, die zum Ankoppeln einer Antriebswelle eines Antriebsmotors zum Antreiben der Kurbelwelle ausgebildet ist,
- ein zum Auslenken des ersten Kolbens ausgebildetes erstes Pleuel,
- ein zum Auslenken des zweiten Kolbens ausgebildetes zweites Pleuel, und
- einen Lagerbolzen, um den das erste und zweite Pleuel drehbeweglich sind,

wobei das erste Pleuel (zweite Verdichterstufe) mittels des exzentrischen Kurbelwellenzapfens bewegbar ist und das zweite Pleuel (erste Verdichterstufe) mittels dem Lagerbolzen bewegbar ist.

[0016] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass

- zwischen dem Lagerbolzen einerseits und dem ersten Pleuel andererseits wenigstens ein, insbesondere ein erstes, den Lagerbolzen einerseits und das erste Pleuel andererseits elastisch gegeneinander lagerndes Elastomer-Element angeordnet ist, und/oder

- zwischen dem Lagerbolzen einerseits und dem zweiten Pleuel andererseits das wenigstens eine oder wenigstens ein, insbesondere ein zweites, den Lagerbolzen einerseits und das zweite Pleuel andererseits elastisch gegeneinander lagernde(s) Elastomer-Element angeordnet ist.

5 **[0017]** Das Elastomer-Element kann sich in einer ersten Variante ("und") entlang des Lagerbolzens erstrecken, so dass es sich zwischen erstem Pleuel und Lagerbolzen, sowie Lagerbolzen und zweitem Pleuel befindet. Es können auch in einer Abwandlung der ersten Variante ("und") mehrere Elastomer-Elemente, beispielsweise zwei Elastomer-Elemente vorgesehen sein, so dass jeweils eines der Elastomer-Elemente zwischen dem ersten Pleuel und dem Lagerbolzen und ein anderes der Elastomer-Elemente zwischen zweitem Pleuel und dem Lagerbolzen angeordnet ist.

10 **[0018]** Das Elastomer-Element kann sich in einer zweiten Variante ("oder") entlang des Lagerbolzens erstrecken, so dass es sich nur zwischen erstem Pleuel und Lagerbolzen befindet. Es können auch in einer Abwandlung der zweiten Variante ("oder") mehrere Elastomer-Elemente, beispielsweise zwei Elastomer-Elemente vorgesehen sein, so dass jeweils eines der Elastomer-Elemente zwischen dem ersten Pleuel und dem Lagerbolzen und ein anderes der Elastomer-Elemente auch zwischen dem ersten Pleuel und dem Lagerbolzen angeordnet ist.

15 **[0019]** Das Elastomer-Element kann sich in einer dritten Variante ("oder") entlang des Lagerbolzens erstrecken, so dass es sich nur zwischen zweitem Pleuel und Lagerbolzen befindet. Es können auch in einer Abwandlung der zweiten Variante ("oder") mehrere Elastomer-Elemente, beispielsweise zwei Elastomer-Elemente vorgesehen sein, so dass jeweils eines der Elastomer-Elemente zwischen dem zweiten Pleuel und dem Lagerbolzen und ein anderes der Elastomer-Elemente auch zwischen dem zweiten Pleuel und dem Lagerbolzen angeordnet ist.

20 **[0020]** Die Aufgabe hinsichtlich der Druckluftversorgungsanlage wird mit einer Druckluftversorgungsanlage des Anspruchs 22 gelöst. Eine Druckluftversorgungsanlage zum Betreiben einer Pneumatikanlage, insbesondere einer Luftfederanlage eines Fahrzeugs, vorzugsweise eines PKWs, mit einer Druckluftströmung, weist auf:

- eine Lufttrockneranordnung in einer Pneumatikhauptleitung, die eine Druckluftzuführung von einem Luftverdichter und einen Druckluftanschluss zu der Pneumatikanlage pneumatisch verbindet, und
- eine an die Pneumatikhauptleitung pneumatisch angeschlossene Ventilanordnung zur Steuerung der Druckluftströmung und einen Lufttrockner in der Pneumatikhauptleitung, wobei
- 30 - an die Druckluftzuführung ein Luftverdichter mit einer Hubkolbenmaschine, insbesondere ein zwei- oder mehrstufiger Kolbenkompressor, vorzugsweise TWIN-Kompressor, insbesondere der Ansprüche 1 bis 21 angeschlossen ist.

[0021] Die Aufgabe betreffend das Druckluftversorgungssystem wird mit einem Druckluftversorgungssystem des Anspruchs 23 gelöst. Die Erfindung führt auch auf ein Fahrzeug, insbesondere ein PKW-Fahrzeug, des Anspruchs 24.

35 **[0022]** Ein Druckluftversorgungssystem mit einer Pneumatikanlage und mit einer Druckluftversorgungsanlage dient zum Betreiben der Pneumatikanlage mit einer Druckluftströmung, insbesondere einer Luftfederanlage eines Fahrzeugs, vorzugsweise eines PKWs, wobei die Pneumatikhauptleitung eine Druckluftzuführung von einem Luftverdichter mit einer Hubkolbenmaschine, insbesondere einem zwei- oder mehrstufigen Kolbenkompressor, vorzugsweise TWIN-Kompressor, nach einem der Ansprüche 1 bis 21 und einen Druckluftanschluss zu der Pneumatikanlage pneumatisch verbindet.

40 **[0023]** Ein Fahrzeug, insbesondere PKW, ist mit einer Pneumatikanlage, insbesondere einer Luftfederanlage, und einer Druckluftversorgungsanlage gemäß Anspruch 22 zum Betreiben der Pneumatikanlage mit einer Druckluftströmung versehen.

[0024] Eine Zylinder-Achse ist im Wesentlichen symmetrisch zu Zylinderlaufflächen für die Kolben in den Zylinderhubräumen des wenigstens einen Zylinders ausgerichtet. Unter einer Zylinder-Achse mit daran ausgerichteten Zylinderhubräumen ist insbesondere zu verstehen, dass die Zylinderlaufflächen an den Zylinderhubräumen eines Zylinders für den Kolben exakt parallel und symmetrisch zur Zylinder-Achse stehen.

[0025] Vorzugsweise ist der exzentrische Kurbelwellenzapfen - insbesondere auch die Antriebswellen-Kopplung - parallel zu einer senkrecht zur Zylinder-Achse ausgerichteten Wellen-Achse ausgerichtet; d. h. dass der Kurbelwellenzapfen und/oder ein diesen umgebendes Pleuellager senkrecht zur Zylinder-Achse steht.

50 **[0026]** Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass je nach angeforderter Dynamik und Druckbelastung bei einem Luftverdichter, ein zwei- oder mehrstufiger Kompressor, insbesondere ein zweistufiger TWIN Kompressor oder eine sonstige Hubkolbenmaschine im Betrieb zunehmend Betriebsgeräusche entwickelt, die - wie sich herausstellt - vor allem durch eine Körperschallübertragung durch den Pleuelltrieb in den Kompressor-Antriebsmotor verursacht sein können. Es tritt eine toleranzabhängige hohe Streuung der Geräuscentwicklung insbesondere beim Kraftwechsel, d. h. beim Übergang von Ansaugen auf Verdichten oder Entspannen auf Ansaugen auf. Es zeigt sich, wie von der Erfindung erkannt, dass die Betriebsgeräusche zum Teil durch im Stand der Technik konstruktiv erforderliche Pleuellagerspiele bedingt sind. Gleitlager verschleifen mit der Zeit, so dass sich mit längerer Verwendung der Gleitlager eine relativ große Pleuellagerspielerhöhung ergibt, die zu einer Geräuscherhöhung führt. Kunststoffgleitlager besitzen ein gutes Dämp-

fungsverhalten, sind verschleißempfindlich bei hohen Temperaturen und zeigen ein starkes Einlaufverhalten, was zu einer Pleuellagerspielerhöhung führt. Wälzlager dahingegen weisen grundsätzlich ein schlechtes Dämpfungsverhalten auf, da in diesem Fall typischerweise Stahl auf Stahl trifft.

[0027] Die Erfindung hat nun erkannt, dass durch wenigstens ein Elastomer-Element zum Lagern wenigstens eines der Pleuel gegenüber dem Lagerbolzen, d. h. des ersten und/oder zweiten Pleuels gegenüber dem Lagerbolzen, eine verbesserte Akustik in einem Kompressor zu realisieren ist; auch mit einer insbesondere für einen PKW-Bereich akzeptablen niedrigen Geräuschentwicklung. Darüber hinaus ist das Konzept der vorliegenden Erfindung ebenfalls bevorzugt für ein Nutzfahrzeug oder Personentransport-Fahrzeug, insbesondere wenn bei diesem die Druckluftversorgungsanlage für vergleichsweise hohe Druckamplituden ausgelegt ist.

[0028] Wie von der Erfindung erkannt, sehen bisherige Lösungen - vereinfacht dargestellt - Kugellager oder Gleitlager zur Lagerung zwischen dem ersten Pleuel und dem Lagerbolzen, sowie zwischen dem zweiten Pleuel und dem Lagerbolzen vor. Die Erfindung hat ferner erkannt, dass eine Auslenkung des ersten und zweiten Pleuels zueinander bzw. der entlang der Pleuel verlaufenden Längsachsen gering, d. h. unter 20° , insbesondere unter 14° ist. Die Erfindung sieht vor die Pleuellager, insbesondere Wälz- oder Gleitlager durch Elastomer-Elemente zu ersetzen. Elastomer-Elemente sind spielfreie Verbindungselemente mit guten Dämpfungseigenschaften. Die Geräuschentwicklung kann hierdurch vorteilhaft maßgeblich gesenkt werden. Die Lagerung durch Elastomer-Elemente ist aufgrund der geringen Auslenkung möglich.

[0029] Die Erfindung ermöglicht insbesondere eine Optimierung des akustischen Verhaltens, insbesondere eines zweistufigen TWIN Kompressors, da das Elastomer-Element hinsichtlich seiner Auslegungskriterien frei parametrierbar ist. Beispielsweise ist die Auswahl des Werkstoffes, d. h. die Härte, und die Geometrie des Elastomer-Elements, d. h. der Durchmesser, die Breite, die Wanddicke und/oder ähnliche Parameter frei parametrierbar. Dies kann u.a. zu einer Reduzierung der Geräuschentwicklung, insbesondere des initialen Pegels, der Pegelstreuung und der Pegelerhöhung über die Betriebsdauer führen. Die freie Parametrisierbarkeit ermöglicht es das Elastomer-Element immer an die vorhandenen Betriebsbedingungen anzupassen. Durch die Erfindung ist die Kompressorakustik von der Toleranz unabhängig, da die Lagerung über das Elastomer-Element keine Lagerspielabhängigkeit aufweist. Weiterhin kann die Anzahl an Bauteilen reduziert werden, da Gleit- oder Wälzlager und deren Dämpfungselemente entfallen können. Dies vereinfacht u.a. auch die Montage. Es tritt weiterhin keine Relativbewegung von benachbarten Flächen auf, d. h. von Gleitflächen oder Wälzflächen zu einer Pleuelinnenseitenoberfläche oder einer Lagerbolzenoberfläche. Insbesondere kann das Elastomer-Element oder mehrere Elastomer-Elemente auch herkömmliche Gleit- oder Wälzlager ersetzen, da diese kompatibel mit den herkömmlichen Pleuel designs bzw. dem herkömmlichen Pleuelaufbau sind.

[0030] Die Erfindung ermöglicht insbesondere des Weiteren eine spielfreie Verbindung zwischen zwei Pleueln herzustellen. Es kann weiterhin die Kraftübertragung zwischen Verdichter und Pleuelwelle aufgrund der guten Dämpfungseigenschaften des Elastomer-Elements verbessert werden. Das Elastomer-Element ermöglicht eine Relativbewegung zwischen den beiden Pleueln von wenigstens ca. 14° bzw. $\pm 7^\circ$. Weiterhin ist eine Kraftübertragung bis zu 1500 N und eine maximale Geschwindigkeit von ca. 0,20 m/s möglich. Die Pleuelkolbenmaschine kann derart ausgeführt sein, dass sie im Wesentlichen wartungsfrei ist und beispielsweise eine Dauerfestigkeit für ca. 1000 Betriebsstunden aufweist. Beispielsweise ist keine Initial- und/oder Nachschmierung, wie für Gleit- und/oder Wälzlager notwendig. Es tritt auch kein schädlicher Abrieb wie bei Gleit- und/oder Wälzlager auf. Weiterhin ist auch eine Kostenreduzierung durch Reduzierung der Bauteilanzahl möglich, da nur ein Elastomer-Element anstatt eines Wälz- und/oder Gleitlagers mit zusätzlichen Entkopplungs- und/oder Dämpfungselementen notwendig ist.

[0031] Die im Rahmen einer Druckluftversorgungsanlage zur Verwendung in einem pneumatischen Druckluftversorgungssystem hier beschriebene Pleuelkolbenmaschine, insbesondere der Pleuelkompressor, kann jedoch grundsätzlich auch in anderen Anwendungsgebieten Verwendung finden, insbesondere dort wo - wie bei den genannten Druckluftversorgungsanlagen - flexibel und dynamisch vergleichsweise hohe Druckamplituden erzielt werden sollen. Insbesondere kann die Pleuelkolbenmaschine in einem Verdichter für eine PKW Fahrwerkregelung Verwendung finden. Weiterhin kann die Pleuelkolbenmaschine, insbesondere der Pleuelkompressor in einem mehrstufigen Verdichter mit mindestens zwei Verdichterstufen, die nach dem Pleuelkolbenprinzip arbeiten, Verwendung finden.

[0032] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen und geben im Einzelnen vorteilhafte Möglichkeiten an, dass oben erläuterte Konzept im Rahmen der Aufgabenstellung sowie hinsichtlich weiterer Vorteile zu realisieren.

[0033] Ein Pleuel kann starr ohne Gelenklager oder auch gelenkig, insbesondere mit Gelenklager, ausgebildet sein. Ein Pleuel kann am Pleuel gehalten, gehalten oder an dem Pleuel einstückig ausgebildet sein. Der Pleuel ist bevorzugt an dem Pleuel angeformt, fest verbunden oder mittels einer Pleuelhalterung gehalten.

[0034] Im Rahmen einer besonders bevorzugten Weiterbildung ist das wenigstens eine Pleuel mittels wenigstens einem Pleuellager direkt oder indirekt am Pleuelwellenzapfen gelagert. Es kann das wenigstens eine Pleuel dafür mit einem einzigen Pleuellager direkt oder indirekt, oder mit einem Pleuellager direkt und dem Elastomer-Element indirekt am Pleuelwellenzapfen gelagert sein. Bevorzugt ist das erste Pleuel (zweite Verdichterstufe) dafür

- mit einem einzigen Pleuellager direkt oder indirekt, oder
- mit einem Pleuellager direkt und dem Elastomer-Element indirekt

am Kurbelwellenzapfen mit dem zweiten Pleuel (erste Verdichterstufe) gelagert. Unter einer direkten Lagerung ist zu verstehen, dass das Pleuel direkt über das Pleuellager durch den Kurbelwellenzapfen bewegt wird. Unter einer indirekten Lagerung ist zu verstehen, dass das Pleuel über ein weiteres Bauteil (beispielsweise bevorzugt das erste Pleuel bzw. das erste Pleuel und den Lagerbolzen), das heißt indirekt, durch den Kurbelwellenzapfen bewegt wird, jedoch nicht direkt an diesem gelagert ist.

[0035] Im Rahmen einer besonders bevorzugten Weiterbildung kann das erste Pleuel direkt mittels des exzentrischen Kurbelwellenzapfens bewegbar sein und das zweite Pleuel indirekt mittels des exzentrischen Kurbelwellenzapfens, insbesondere direkt mittels dem ersten Pleuel, bewegbar sein. Vorzugsweise ist bei dieser Weiterbildung das zweite Pleuel (als Schlepppleuel) vom ersten Pleuel (als Antriebspleuel) bewegbar, wobei das erste Pleuel direkt vom Kurbelwellenzapfen bewegt wird. Eine vorgenannte Weiterbildung hat sich insbesondere bewährt zur Realisierung eines zweistufigen Kolbenkompressors, der auch als TWIN-Kompressor zu bezeichnen ist, nämlich mit zwei gegenüberliegenden Kolben entlang einer Zylinderachse.

[0036] Vorzugsweise ist das wenigstens eine Elastomer-Element ein Gummielement oder als Gummibeschichtung zwischen Lagerbolzen und Pleuel eingebracht. Insbesondere kann die Gummibeschichtung auf der Bolzenoberfläche und/oder auf der Pleuelinnenoberfläche eingebracht, beispielsweise aufvulkanisiert, eingespritzt oder dergleichen sein. Das Elastomer Element kann eine aufgebrachte Schicht, insbesondere eine eingespritzte oder aufvulkanisierte Schicht sein. Vorzugsweise ist die aufgebrachte Schicht auf eine Lagerbolzenoberfläche, eine Pleuelinnenoberfläche des ersten Pleuels und/oder eine Pleuelinnenoberfläche des zweiten Pleuels aufgebracht. Das Elastomer-Element, insbesondere in Form einer aufgetragenen Schicht dient dazu Drehbewegungen der Pleuel um den Lagerbolzen herum zu lagern und eine Federwirkung zu erzeugen. Insbesondere ist die Lagerverbindung zwischen Lagerbolzen und erstem bzw. zweitem Pleuel durch das Elastomer-Element bzw. die Elastomer-Schicht realisiert, so dass auf ein weiteres Lagerelement, wie beispielsweise ein Kugellager, Wälzlager, Gleitlager, Gleitlagerschale oder dergleichen verzichtet wird. Das Elastomer-Element hat eine materialabhängige Härte. Bevorzugt wird ein Material, wie beispielsweise Gummi für das Elastomer-Element verwendet, das gute Dämpfungseigenschaften hat, um eine Geräuschreduzierung zu ermöglichen. Insbesondere kann eine Gummimischung zur Anpassung der Eigenschaften des Gummis als Material für das Elastomer-Element verwendet werden. Weiterhin können die Eigenschaften des Elastomer-Elements über die Geometrie des Elastomer-Elements eingestellt werden. Beispielsweise kann eine Form, insbesondere die Breite, Höhe, Länge, Durchmesser und Wanddicke entsprechend der jeweiligen Betriebsbedingungen angepasst werden.

[0037] Im Rahmen einer Weiterbildung kann das Elastomer-Element ein separates Teil sein. Bevorzugt ist das Elastomer-Element zwischen Lagerbolzen und Pleuel eingelegt oder ausschließlich zwischen Lagerbolzen und Pleuel geklemmt. Das Elastomer-Element kann sich entlang der Längsachse des Lagerbolzen erstrecken, so dass das Elastomer-Element zwischen dem Lagerbolzen und dem ersten Pleuel sowie dem zweiten Pleuel angeordnet ist. Alternativ können auch mehrere Elastomer-Elemente angeordnet sein, die jeweils zwischen dem Lagerbolzen und dem ersten Pleuel oder dem Lagerbolzen und dem zweiten Pleuel angeordnet sind. Es können also auch beispielsweise zwei Elastomer-Elemente zwischen dem Lagerbolzen und dem ersten Pleuel und/oder zwei Elastomer-Elemente zwischen dem Lagerbolzen und dem zweiten Pleuel angeordnet sein. Es kann aber auch lediglich nur ein Elastomer-Element zwischen dem ersten Pleuel und dem Lagerbolzen und/oder nur ein Elastomer-Element zwischen dem zweiten Pleuel und dem Lagerbolzen angeordnet sein. Das Elastomer-Element dient bevorzugt dazu Drehbewegungen der Pleuel um den Lagerbolzen herum zu ermöglichen und eine Dämpfungswirkung zu erzeugen. Insbesondere ist die Lagerverbindung zwischen Lagerbolzen und erstem bzw. zweitem Pleuel durch das Elastomer-Element realisiert, so dass auf ein weiteres Lagerelement, wie beispielsweise ein Kugellager, Wälzlager, Gleitlager oder dergleichen verzichtet ist. Das Elastomer-Element alleine dient also dazu die Drehbewegung aufzunehmen bzw. auszugleichen und kann dabei eine Dämpfungswirkung erzeugen.

[0038] In einer bevorzugten Weiterbildung ist das Elastomer-Element ringförmig, buchsenförmig oder hülsenförmig. Die Form des Elastomer-Elements kann auch auf die Formen der an das Elastomer-Element angrenzenden und/oder von dem Elastomer-Element gelagerten Komponenten angepasst sein. Das Elastomer-Element kann auch hohlzylinderförmig sein. Die Wanddicke des Elastomer-Element ist bevorzugt konstant. In einer Weiterbildung ändert sich die Wanddicke entlang einer Längsachse des Elastomer-Elements, insbesondere vergrößert oder verkleinert sich die Wanddicke. Bevorzugt ist die Wanddicke und die Änderung der Wanddicke auf die Betriebsbedingungen und insbesondere auf die mit dem Elastomer-Element in Kontakt stehenden Komponenten, wie beispielsweise dem Pleuel und dem Lagerbolzen angepasst.

[0039] In einer weiteren Weiterbildung ist das Elastomer-Element plättchenförmig, insbesondere eine Noppe oder ringsegmentförmig. Das Elastomer-Element kann ein, zwei oder mehrere Ringsegmente, beispielsweise Elastomer-Ringsegmente, insbesondere Gummiringsegmente aufweisen. Bevorzugt sind die Ringsegmente einander gegenüberliegend und insbesondere um den Lagerbolzen herum angeordnet. Auch die Parameter der Ringsegmente können entsprechend den Betriebsbedingungen angepasst werden, insbesondere deren Geometrie und das verwendete Ma-

terial können entsprechen den Betriebsbedingungen ausgewählt werden. Die Verwendung von Ringsegmenten ermöglicht eine Reduzierung des Rückstell-Drehmoments. Weiterhin führt die Reduzierung von einem den Umfang umgebenden Elastomer-Element zu Elastomer-Ringsegmenten zu einer Verringerung des Materialverbrauchs und zu kleineren Elementen. Hierdurch ist eine Lastübertragung nur in zwei Ringsegmente notwendig. Plättchenförmige Elastomer-Elemente, d.h. Elastomer-Plättchen können um den Lagerbolzen herum angeordnet sein, beispielsweise können 180 Elastomer-Plättchen um den Lagerbolzen angeordnet sein, so dass jedes Elastomer-Plättchen 2° der Lagerbolzenoberfläche abdecken.

[0040] Im Rahmen einer bevorzugten Weiterbildung ist das Elastomer-Element mit einem Metallträger verbunden oder in Kontakt. Der Metallträger kann beispielsweise eine Metallbuchse, eine Metallhülse, ein Metallring oder mehrere Metallplättchen sein. Das Elastomer-Element kann beispielsweise in den Metallträger eingeklemmt, angeklebt, aufvulkanisiert oder eingespritzt sein. Bevorzugt umschließt in diesem Fall der Metallträger das Elastomer-Element. Das Elastomer-Element kann auch beispielsweise um den Metallträger aufgeklemmt, angeklebt, aufvulkanisiert oder aufgespritzt sein. Bevorzugt umschließt in diesem Fall das Elastomer-Element den Metallträger. Es kann auch ein Elastomer-Element zwischen zwei Metallträgern angeordnet sein, beispielsweise sandwichartig. Es kann auch ein Metallträger zwischen zwei Elastomer-Elementen angeordnet sein, beispielsweise sandwichartig. Die Elastomer-Elemente können in diesem Fall auf den Metallträger aufgespritzt und in diesen eingespritzt sein oder auch separate Teile, beispielsweise Elastomer-Ringe sein, die in diesen eingelegt bzw. um diesen herum gelegt werden können.

[0041] In einer weiteren Weiterbildung weist das Elastomer-Element wenigstens zwei Elastomer-Ringe auf. Die Elastomer-Ringe sind bevorzugt parallel und mit einem Abstand zueinander um den Lagerbolzen herum angeordnet. Die Elastomer-Ringe können beide zwischen dem ersten Pleuel und dem Lagerbolzen oder dem zweiten Pleuel und dem Lagerbolzen angeordnet sein. Weiterhin kann auch je einer der Elastomer-Ringe zwischen dem ersten Pleuel und dem Lagerbolzen und dem zweiten Pleuel und dem Lagerbolzen angeordnet sein. Es können auch beispielsweise drei Elastomer-Ringe angeordnet sein. In diesem Fall können beispielsweise zwei Elastomer-Ringe zwischen dem zweiten Pleuel und dem Lagerbolzen und ein Elastomer-Ring zwischen dem ersten Pleuel und dem Lagerbolzen angeordnet sein. Es können auch Elastomer-Plättchen oder segmentierte Elastomer-Ringe zwischen den Pleueln und dem Lagerbolzen angeordnet sein.

[0042] Im Rahmen einer weiteren Weiterbildung weist das Elastomer-Element wenigstens ein nur einseitig, insbesondere an einer Lagerbolzenoberseite angeordnetes Elastomer-Plättchen auf. Alternativ oder zusätzlich kann das Elastomer-Element wenigstens zwei einander gegenüberliegende, an der Lagerbolzenoberseite und einer Lagerbolzenunterseite, angeordnete Elastomer-Plättchen aufweisen. Die zwei einander gegenüberliegend angeordneten Elastomer-Plättchen dienen dazu den Lagerbolzen und wenigstens eines der Pleuel zu lagern.

[0043] Im Rahmen einer bevorzugten Weiterbildung ist das wenigstens eine Elastomer-Element zwischen einem inneren und einem äußeren Metallträger angeordnet. Bevorzugt ist der innere Metallträger mit dem Lagerbolzen und der äußere Metallträger mit wenigstens einem der Pleuel verbunden. Der Begriff verbunden meint hier unter anderem eingeklemmt, geklemmt, angeklebt, gepresst, angespritzt, eingespritzt, aufvulkanisiert, angelegt, eingelegt, eingebracht und eingebracht. Die Verbindung kann beispielsweise derart sein, dass ein Elastomer-Element beispielsweise in Form eines Elastomer-Rings zwischen dem inneren und dem äußeren Metallträger geklemmt ist. Besonders bevorzugt ist das Elastomer-Element mit dem inneren und dem äußeren Metallträger fest und direkt verbunden, beispielsweise indem das Elastomer-Element als Beschichtung bzw. Schicht auf eine Außenoberfläche des inneren Metallträgers und eine Innenoberfläche des äußeren Metallträgers eingebracht, z. B. eingespritzt, aufvulkanisiert oder mit einem oder mehreren anderen Verfahren eingebracht ist. Des Weiteren können der innere Metallträger mit dem Lagerbolzen und der äußere Metallträger mit wenigstens einem der Pleuel fest und direkt verbunden sein, beispielsweise, indem die Metallträger unter Spannung eingeklemmt werden. Es können auch mehrere Metallträger ineinander angeordnet sein oder beispielsweise ein Metallträger zwischen zwei Elastomer-Elementen. Auch eine Anordnung mehrere wechselnder Schichten von Metallträgern und Elastomer-Elementen ist möglich. Insbesondere können die Elastomer-Elemente verschiedene Materialeigenschaften aufweisen, um so die Lagerung der Pleuel auf die Betriebsbedingungen anzupassen.

[0044] Im Rahmen einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist das wenigstens eine Elastomer-Element zwischen einem inneren Metallträger und wenigstens einem der Pleuel angeordnet. Bevorzugt ist der innere Metallträger mit dem Lagerbolzen und das Elastomer-Element mit wenigstens einem der Pleuel verbunden. Die Verbindung kann beispielsweise derart sein, dass das Elastomer-Element beispielsweise in Form eines Elastomer-Rings zwischen dem inneren Metallträger und wenigstens einem der Pleuel geklemmt ist. Besonders bevorzugt ist das Elastomer-Element mit dem inneren Metallträger und mit wenigstens einem der Pleuel fest und direkt verbunden, beispielsweise indem das Elastomer-Element als Beschichtung bzw. Schicht auf eine Außenoberfläche des inneren Metallträgers und eine Pleueloberfläche wenigstens eines der Pleuel eingebracht ist, z. B. eingespritzt, aufvulkanisiert oder mit einem oder mehreren anderen Verfahren eingebracht ist.

[0045] Weiterhin ist im Rahmen einer weiteren bevorzugten Weiterbildung das wenigstens eine Elastomer-Element zwischen dem Lagerbolzen und einem äußeren Metallträger angeordnet. Bevorzugt ist das Elastomer-Element mit dem Lagerbolzen und der äußere Metallträger mit wenigstens einem der Pleuel verbunden. Die Verbindung kann beispiels-

weise derart sein, dass das Elastomer-Element beispielsweise in Form eines Elastomer-Rings zwischen den Lagerbolzen und den äußeren Metallträger geklemmt ist. Besonders bevorzugt ist das Elastomer-Element mit dem Lagerbolzen und dem äußeren Metallträger fest und direkt verbunden, beispielsweise indem das Elastomer-Element als Beschichtung bzw. Schicht auf eine Lagerbolzenoberfläche des Lagerbolzens und eine Innenoberfläche des äußeren Metallträgers

eingbracht ist, z. B. eingespritzt, aufvulkanisiert oder mit einem oder mehreren anderen Verfahren eingebracht ist.
[0046] Im Rahmen einer weiteren Weiterbildung ist das Elastomer-Element als Gummielement ausgeführt und zwischen zwei Stahlhülsen eingespritzt. Diese Komponente ist bevorzugt in ein Pleuel eingepresst und/oder auf den Lagerbolzen aufgespritzt. Eine weitere Weiterbildung sieht vor das Elastomer-Element als Gummielement auszuführen und auf eine Stahlbuchse aufzuspritzen. Diese Komponente ist bevorzugt in ein Pleuel eingepresst und/oder geklebt.
 In noch einer weiteren Weiterbildung kann das Elastomer-Element als Gummielement ausgeführt sein und auf eine Stahlbuchse aufgespritzt und/oder in ein Pleuel eingespritzt sein. Das Elastomer-Element kann als Gummielement auch als Vollgummiteil montiert, beispielsweise eingepresst und/oder geklebt sein. In einer weiteren Weiterbildung kann das Elastomer-Element als Gummielement ausgeführt sein, das wenigstens zweiteilig am Umfang des Pleuels angeordnet ist.

[0047] Im Rahmen einer weiteren bevorzugten Weiterbildung weist das wenigstens eine Elastomer-Element wenigstens zwei voneinander getrennte Ringsegmente auf. Bevorzugt ist von den wenigstens zwei getrennten Ringsegmenten wenigstens ein erstes Ringsegment auf einer Lagerbolzenoberseite zwischen Lagerbolzen und Pleuel und wenigstens ein zweites Ringsegment auf einer Lagerbolzenunterseite zwischen Lagerbolzen und Pleuel angeordnet. Die voneinander getrennten Ringsegmente des Elastomer-Elements können beispielsweise höchstens ein Viertel des Umfangs auf der Lagerbolzenoberseite und höchstens ein Viertel des Umfangs auf der Lagerbolzenunterseite umschließen, so dass wenigstens die Hälfte des Umfangs des Lagerbolzens frei vom Elastomer-Element ist.

[0048] In einer bevorzugten Weiterbildung beträgt ein maximaler Auslenkungswinkel der Auslenkung der Pleuel zwischen jeweiligen Längsachsen der Pleuel höchstens 14° , beispielsweise höchstens 10° und vorzugsweise ungefähr 7° .

[0049] Im Rahmen einer weiteren Weiterbildung hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dass das erste Pleuel mittels eines Pleuellagers direkt am Kurbelwellenzapfen gelagert ist und an das erste Pleuel mittels einer Kolbenhalterung der erste Kolben gehalten ist. Zusätzlich oder alternativ kann an dem zweiten Pleuel der zweite Kolben angeformt sein. In diesem Fall der Weiterbildung ist bevorzugt ein Schlepppleuel mit einem angeformten Kolben und ein Antriebspleuel mit einem daran gehaltenen Kolben realisiert. Grundsätzlich kann unabhängig von dieser Weiterbildung ein am Pleuel angeformter Kolben beziehungsweise ein am Pleuel gehaltener Kolben je nach Bedarf realisiert sein. Für ein mit der (Niederdruck-) Verdichterstufe eines TWIN-Kompressors gebildetes Schlepppleuel hat sich vor allem ein angeformter Kolben bewährt. Für eine weiter unten erläuterte (Hochdruck-) Verdichterstufe eines TWIN-Kompressors hat sich vor allem ein Antriebspleuel mit einem daran gehaltenen Kolben bewährt.

[0050] Im Rahmen einer bevorzugten konstruktiven Realisierung kann das Pleuellager als ein Ring-Kugellager realisiert sein, das bevorzugt in Form eines Ring-Kugellagers am Kurbelwellenzapfen, das heißt direkt am Kurbelwellenzapfen gebildet ist. Das Pleuellager kann auch ein Ring-Kugellager und/oder ein Gelenklager sein.

[0051] Wie weiter oben bereits erwähnt, hat sich eine Hubkolbenmaschine als ein Kolbenkompressor mit einem zweistufigen Kompressor mit einer ersten und zweiten Verdichterstufe besonders bewährt für die Bereitstellung von Druckluft für eine Druckluftversorgungsanlage. Insbesondere kann der Zweistufenkompressor als ein TWIN-Kompressor gebildet sein. Der Kolbenkompressor kann auch als zweizylindriger oder mehrzylindriger Kompressor gebildet sein.

[0052] Es ist insbesondere vorgesehen, dass - das erste Pleuel der zweiten, insbesondere Hochdruck-, Verdichterstufe gebildet ist, wobei das erste Pleuel mittels eines Pleuellagers direkt am Kurbelwellenzapfen gelagert ist.

[0053] Zusätzlich oder alternativ hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dass das zweite Pleuel der ersten, insbesondere Niederdruck-, Verdichterstufe gebildet ist.

[0054] Ein Aspekt der Erfindung betrifft die Verwendung der Hubkolbenmaschine, insbesondere des Kolbenkompressors in einem Verdichter bzw. Luftverdichter für eine PKW Fahrwerkregelung.

[0055] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Diese soll die Ausführungsbeispiele nicht notwendigerweise maßstäblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wo zur Erläuterung dienlich, in schematisierter und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt. Im Hinblick auf Ergänzungen der aus der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass vielfältige Modifikationen und Änderungen betreffend die Form und das Detail einer Ausführungsform vorgenommen werden können, ohne von der allgemeinen Idee der Erfindung abzuweichen. Die in der Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Weiterbildung der Erfindung wesentlich sein. Zudem fallen in den Rahmen der Erfindung alle Kombinationen aus zumindest zwei der in der Beschreibung, den Zeichnungen und/oder den Ansprüchen offenbarten Merkmale. Die allgemeine Idee der Erfindung ist nicht beschränkt auf die exakte Form oder das Detail der im Folgenden gezeigten und beschriebenen, bevorzugten Ausführungsformen oder beschränkt auf einen Gegenstand, der eingeschränkt wäre im Vergleich zu dem in den Ansprüchen beanspruchten Gegenstand. Bei angegebenen Bemessungsbereichen sollen auch innerhalb der genannten Grenzen liegende Werte als Grenzwerte offenbart und beliebig einsetzbar und beanspruchbar sein. Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung.

[0056] Im Einzelnen zeigen die Zeichnungen in:

FIG. 1: eine pneumatische Schaltung für eine Ausführungsform einer Druckluftversorgungsanlage mit angeschlossener Pneumatikanlage in Form einer Luftfederanlage für ein Fahrzeug, wobei ein im Detail D gezeigter zwei-stufiger Kolbenkompressor im Rahmen eines Luftverdichters die Luftfederanlage mit Druckluft versorgt über eine Lufttrockneranordnung und eine als entsperresbares Rückschlagventil ausgebildete Ventilanordnung, die über ein steuerbares Magnetventil schaltbar ist;

FIG. 2: für einen Luftverdichter, eine Hubkolbenmaschine in Form eines zweistufigen Kolbenkompressors mit einem ersten Pleuel für einen ersten Kolben einer zweiten (Hochdruck)-Stufe und einem zweiten Pleuel einer ersten (Niederdruck)-Stufe mit einem Pleuellager und Elastomer-Elementen in Form von Elastomer-Ringen;

FIG. 3a: für einen Luftverdichter, eine Hubkolbenmaschine in Form eines zweistufigen Kolbenkompressors mit einem ersten Pleuel für einen ersten Kolben einer zweiten (Hochdruck)-Stufe und einem zweiten Pleuel für einen zweiten Kolben einer ersten (Niederdruck)-Stufe in einer Frontansicht;

FIG. 3b: für einen Luftverdichter, eine Hubkolbenmaschine in Form eines zweistufigen Kolbenkompressors mit einem ersten Pleuel für einen ersten Kolben einer zweiten (Hochdruck)-Stufe und einem zweiten Pleuel für einen zweiten Kolben einer ersten (Niederdruck)-Stufe mit einem Pleuellager und einem durchgängigen Elastomer-Element in Form eines Elastomer-Rings in einer Schnittansicht entlang AA von FIG. 3a;

FIG. 4: einen Ausschnitt einer Hubkolbenmaschine in Form eines zwei-stufigen Kolbenkompressors mit einem ersten Pleuel für einen Kolben einer zweiten (Hochdruck)-Stufe und einem zweiten Pleuel mit Elastomer-Elementen in Form von Elastomer-Ringen;

FIG. 5: ein erstes Ausführungsbeispiel eines Elastomer-Elements in Form eines Elastomer-Rings;

FIG. 6: ein zweites Ausführungsbeispiel eines Elastomer-Elements in Form von zwei Elastomer-Ringsegmenten;

FIG. 7: ein Elastomer-Element in Form eines Elastomer-Rings, das einen Metallträger in Form einer Metallhülse umschließt;

FIG. 8a: ein Elastomer-Element in Form eines Elastomer-Rings, das sandwichartig zwischen zwei Metallträgern in Form von Metallhülsen angeordnet ist;

FIG. 8b: eine schematische Darstellung eines sandwichartig zwischen zwei Metallträgern in Form von Metallhülsen angeordneten Elastomer-Elements in Form eines Elastomer-Rings;

FIG. 9: ein drittes Ausführungsbeispiel eines Elastomer-Elements in Form einer auf eine Lagerbolzenoberfläche aufgespritzten Elastomerbeschichtung;

FIG. 10: ein erstes Pleuel mit einem in diesem angeordneten Elastomer-Element in Form eines Elastomer-Rings, das einen Metallträger in Form einer Metallhülse umschließt.

[0057] FIG. 1 zeigt im Detail D einen Luftverdichter mit einer Hubkolbenmaschine in Form eines zweistufigen Kolbenkompressors 400 mit einer ersten Verdichterstufe 401 und einer zweiten Verdichterstufe 402, der über einen Motor 500 als Antriebsmotor M angetrieben wird.

[0058] Solch ein Kolbenkompressor 400 wird bevorzugt für pneumatische Druckluftversorgungssysteme 1000 eingesetzt wie eines in FIG. 1 gezeigt ist.

[0059] FIG. 1 zeigt einen pneumatischen Schaltplan eines pneumatischen Druckluftversorgungssystems 1000 mit einer Druckluftversorgungsanlage 1001 mit einer Lufttrockneranordnung 100 und einer Pneumatikanlage 1002 in Form einer Luftfederanlage. Die Druckluftversorgungsanlage 1001 dient zum Betreiben der Pneumatikanlage 1002. Die Druckluftversorgungsanlage 1001 weist dazu eine vorewähnte Druckluftzuführung 1 und einen Druckluftanschluss 2 zur Pneumatikanlage 1002 auf.

[0060] Die Druckluftzuführung 1 ist vorliegend mit einer Luftzuführung 0, einem der Luftzuführung 0 vorgeordneten Luftfilter 0.1 und einem der Luftzuführung 0 über die Luftzuführungsleitung 270 nachgeordneten über den Motor 500 angetriebenen Luftverdichter gebildet. Der Luftverdichter ist hier als Beispiel einer Hubkolbenmaschine in Form eines

Doppelluftverdichter, nämlich einem zweistufigen Kolbenkompressors 400 mit einer ersten Verdichterstufe 401 und einer zweiten Verdichterstufe 402 sowie einem nicht näher bezeichnetem Anschluss der Druckluftzuführung 1 gebildet.

[0061] An den Anschluss der Druckluftzuführung 1 schließt sich in der Pneumatikhauptleitung 200 an den ersten Teil 201 der Pneumatikhauptleitung der Anschluss des Trockenbehälters 101 der Lufttrockneranordnung 100 an. Der Lufttrockner der Lufttrockneranordnung 100 ist weiter mittels dem zweiten Teil 202 der Pneumatikhauptleitung zur Führung einer Druckluftströmung DL zur Pneumatikanlage 1002 pneumatisch verbunden.

[0062] In der in FIG. 1 gezeigten Hauptansicht ist vorgesehen, dass eine Zweigleitung 230 an der Druckluftzuführung 1 von der Pneumatikhauptleitung 200 abzweigt und an eine Entlüftungsleitung 240 zur Entlüftung zu einem dem Entlüftungsanschluss 3 nachgeschalteten Entlüftungsfilter 3.1 anschließt; die Entlüftung ist mittels einem weiteren Zweiganschluss 241 und einem Anschlussabschnitt 242 an die Entlüftungsleitung 240 angeschlossen als auch an eine weitere Entlüftungsleitung 260 über den Zweiganschluss 261.

[0063] Die Pneumatikhauptleitung 200 verbindet somit pneumatisch die Druckluftzuführung 1 und den Druckluftanschluss 2, wobei in der Pneumatikhauptleitung 200 die Lufttrockneranordnung 100 und weiter in Richtung des Druckluftanschlusses 2 ein entsperbares Rückschlagventil 311 sowie eine erste Drossel 331 angeordnet ist.

[0064] Das pneumatisch entsperbare Rückschlagventil 311 ist vorliegend ein Teil der Wegeventilanordnung 310, die neben dem entsperbaren Rückschlagventil 311 ein steuerbares Entlüftungsventil 312 in Reihenschaltung mit einer zweiten Drossel 332 in der Entlüftungsleitung 230 aufweist. Das pneumatisch entsperbare Rückschlagventil 311 ist vorliegend ebenfalls in einer Reihenschaltung mit der ersten Drossel 331 in der Pneumatikhauptleitung 200 angeordnet, wobei die Pneumatikhauptleitung 200 die einzige pneumatische Leitung der ersten pneumatischen Verbindung ist, die sich bis zur Pneumatikanlage 1002 mit einer weiteren Pneumatikleitung 600 fortsetzt. Die Reihenanordnung aus erster Drossel 331 und pneumatisch entsperbaren Rückschlagventil 311 ist also zwischen der Lufttrockneranordnung 100 und dem Druckluftanschluss 2 zur Pneumatikanlage 1002 in der Pneumatikhauptleitung 200 angeordnet.

[0065] Weiter weist die Druckluftversorgungsanlage 1001 eine mit der Pneumatikhauptleitung 200 und dem Entlüftungsanschluss 3 und weiterem Filter 3.1 und/oder Schalldämpfer pneumatisch verbundene zweite pneumatische Verbindung auf; nämlich die vorerwähnte Entlüftungsleitung 230. Die Nennweite der zweiten Drossel 332 liegt vorliegend oberhalb der Nennweite der ersten Drossel 331.

[0066] Das in der zweiten pneumatischen Verbindung angeordnete Entlüftungsventil 312 ist vorliegend als ein vom pneumatisch entsperbaren Rückschlagventil 311 separates 2/2-Ventil in der Entlüftungsleitung 230 gebildet.

[0067] Das steuerbare Entlüftungsventil 312 ist somit als indirekt geschaltetes Relaisventil Teil einer Ventilanordnung 300 mit einem Steuerventil 320 in Form eines 3/2-Wege-Magnetventils. Das Steuerventil 320 kann mit einem über eine elektrische Steuerleitung 321 übermittelbaren elektrischen Steuersignal, in Form eines Spannungsund/oder Stromsignals, an die Spule 322 des Steuerventils 320 elektrisch angesteuert werden. Bei dieser elektrischen Ansteuerung kann das Steuerventil 320 von der in FIG. 1 gezeigten stromlos die pneumatische Steuerleitung 250 unterbrechende Stellung in eine pneumatisch geöffnete Stellung überführt werden, in der über die pneumatische Steuerleitung 250 aus der Pneumatikhauptleitung 200 abgeleiteter Druck zur pneumatischen Steuerung des steuerbaren Entlüftungsventils 312 als Relaisventil weitergegeben wird.

[0068] Das steuerbare Entlüftungsventil 312 ist vorliegend zusätzlich mit einer Druckbegrenzung 313 versehen. Die Druckbegrenzung 313 greift über eine pneumatische Steuerleitung vor dem Entlüftungsventil 312 - konkret zwischen zweiter Drossel 332 und Entlüftungsventil 312 - einen Druck ab, welcher bei übersteigen eines Schwellendrucks den Kolben 314 des Entlüftungsventils 312 gegen die Kraft einer einstellbaren Feder 315 vom Ventilsitz abhebt - also das steuerbare Entlüftungsventil 312 auch ohne Ansteuerung über das Steuerventil 320 in die geöffnete Stellung bringt. Auf diese Weise wird vermieden, dass ein ungewollt zu hoher Druck im pneumatischen System 1000 entsteht.

[0069] Das Steuerventil 320 trennt im vorliegend geschlossenen Zustand die Steuerleitung 250 und ist über eine weitere Entlüftungsleitung 260 mit der Entlüftungsleitung 240 zur Entlüftung über den Entlüftungsanschluss 3 pneumatisch verbunden. Mit anderen Worten ist ein zwischen Entlüftungsventil 312 und Steuerventil 320 liegender Leitungsabschnitt 251 der Steuerleitung 250 bei der in FIG. 1 gezeigten geschlossenen Stellung des Steuerventils 320 mit der weiteren Entlüftungsleitung 260 zwischen Steuerventil 320 und dem Entlüftungsanschluss 3 verbunden. Die weitere Entlüftungsleitung 260 schließt dazu im weiteren Zweiganschluss 261 an die Entlüftungsleitung 230 und die weitere Entlüftungsleitung 240 an. Somit werden diese in einem zwischen dem weiteren Zweiganschluss 261 und dem Entlüftungsanschluss 3 liegenden Abschnitt einer Entlüftungsleitung 240 zusammengeführt.

[0070] Über das Steuerventil 320 kann also bei Anstehen eines von der Pneumatikhauptleitung 200 oder von der weiteren Pneumatikleitung 600 über die pneumatische Steuerleitung 250 vom Steueranschluss 252 abgeleiteten Steuerdrucks das Entlüftungsventil 312 unter Druckbeaufschlagung des Kolbens 314 geöffnet werden.

[0071] Der Kolben 314 ist vorliegend als ein Doppelkolben ausgeführt, so dass mit besonderem Vorteil versehen, das Überführen des Steuerventils 320 in den - im obigen Sinne geöffneten Zustand nicht nur zum Öffnen des Entlüftungsventils 312 führt, sondern auch zum Entsperren des entsperbaren Rückschlagventils 311. Mit anderen Worten dient das Steuerventil 320 der Magnetventilanordnung 300 zur Ansteuerung des separat vom Rückschlagventil 311 vorgesehenen Entlüftungsventils 312 als auch des Rückschlagventils 311. Dies führt zu einem beidseitigen pneumatischen Öffnen der

Lufttrockneranordnung 100 bei Überführung des Steuerventils 320 in die geöffnete Stellung. Diese weitere durch die Druckluftversorgungsanlage 1001 einnehmbare Betriebsstellung kann im Betrieb zum Entlüften der Pneumatikanlage 1002 und gleichzeitig zum Regenerieren der Lufttrockneranordnung 100 genutzt werden.

[0072] Die in FIG. 1 gezeigte Betriebsstellung der Druckluftversorgungsanlage 1001 dient unter Durchfluss des Rückschlagventils 311 in Durchlassrichtung vor allem zum Befüllen der Pneumatikanlage 1002 über die Pneumatikhauptleitung 200 sowie die weitere Pneumatikleitung 600.

[0073] Die Pneumatikanlage 1002 der FIG. 1 in Form einer Luftfederanlage weist in diesem Fall eine Anzahl von vier sogenannten Bälgen 1011, 1012, 1013, 1014 auf, die jeweils einem Rad eines nicht näher dargestellten PKW-Fahrzeugs zugeordnet sind und eine Luftfeder des Fahrzeugs bilden.

[0074] Des Weiteren weist die Luftfederanlage einen Speicher 1015 zur Speicherung schnellverfügbarer Druckluft für die Bälge 1011, 1012, 1013, 1014 auf. Jene Bälge 1011 bis 1014 sind jeweils in einer von einer Galerie 610 abgehenden Federzweigleitung 601, 602, 603, 604 jeweils einem Magnetventil 1111, 1112, 1113, 1114 vorgeordnet, welches jeweils als Niveauregelventil zum Öffnen oder Schließen einer mit einem Balg 1011 bis 1014 gebildeten Luftfeder dient. Die Magnetventile 1111 bis 1114 in den Federzweigleitungen 601 bis 604 sind als 2/2-Wegeventile in einem Ventilblock 1110 ausgebildet. Einem Speicher 1015 ist in einer Speicherzweigleitung 605 ein Magnetventil 1115 in Form eines weiteren 2/2-Wegeventils als Speicherventil vorgeordnet. Die Magnetventile 1011 bis 1015 sind mittels der Feder- und Speicherzweigleitungen 601 bis 604 bzw. 605 an eine gemeinsame Sammelleitung, nämlich die vorbezeichnete Galerie 610 und dann an die weitere Pneumatikleitung 600 angeschlossen. Die Galerie 610 ist so über die Pneumatikleitung 600 an den Druckluftanschluss 2 der Druckluftversorgungsanlage 1001 pneumatisch angeschlossen. Vorliegend sind die Magnetventile 1111 bis 1115 in einem Ventilblock 1010 mit den fünf Ventilen angeordnet. Die Magnetventile sind in FIG. 1 in einem stromlosen Zustand gezeigt - dabei sind die Magnetventile 1111 bis 1115 als stromlos geschlossene Magnetventile gebildet. Andere, hier nicht gezeigte abgewandelte Ausführungsformen können eine andere Anordnung der Magnetventile realisieren - es können auch weniger Magnetventile im Rahmen des Ventilblocks 1010 genutzt werden.

[0075] Zum Befüllen der Pneumatikanlage 1002 werden die den Bälgen 1011 bis 1014 vorgeordneten Magnetventile 1111 bis 1114 und/oder das dem Speicher 1015 vorgeordnete Magnetventil 1115 in eine geöffnete Stellung gebracht.

[0076] Gleichwohl ist bei geschlossener Stellung der Magnetventile 1111 bis 1114 bzw. 1115 in der Pneumatikanlage 1001 - aufgrund des vorliegend nicht entsperrten Rückschlagventils 311 - eine Betriebsstellung der Pneumatikanlage 1002 entkoppelt von der Druckluftversorgungsanlage 1001 möglich. Mit anderen Worten kann ein Querschalten von Bälgen 1011 bis 1015 (z. B. im Off-Road-Betrieb eines Fahrzeugs) ein Befüllen der Bälge 1011 bis 1015 aus dem Speicher 1015 oder eine Druckmessung in der Pneumatikanlage 1002 über die Galerie 610 vorgenommen werden, ohne dass die Druckluftversorgungsanlage 1001 druckbeaufschlagt wird.

[0077] Insbesondere wird die Lufttrockneranordnung 100 aufgrund des vom Druckluftanschluss 2 zur Druckluftzuführung 1 gesperrten Rückschlagventils 311 und des geschlossenen Steuerventils 320 vor unnötiger Beaufschlagung mit Druckluft geschützt. In vorteilhafter Weise ist also eine Beaufschlagung der Lufttrockneranordnung 100 mit Druckluft nicht bei jeder Betriebsstellung der Pneumatikanlage 1002 vorteilhaft. Vielmehr ist es für eine effektive und schnelle Regeneration der Lufttrockneranlage 100 vorteilhaft, wenn diese ausschließlich im Falle einer Entlüftung der Pneumatikanlage 1002 vom Druckluftanschluss 2 zur Druckluftzuführung 1 vorgenommen wird mit entsperrtem Rückschlagventil 311.

[0078] Dazu wird - wie oben erläutert - das Steuerventil 320 in eine geöffnete Schaltstellung gebracht, so dass sowohl das Entlüftungsventil 312 öffnet als auch das Rückschlagventil 311 entsperrt wird. Eine Entlüftung der Pneumatikanlage 1002 kann über die erste Drossel 331, das entsperrte Rückschlagventil 311 unter Regeneration der Lufttrockneranordnung 100 sowie anschließend über die zweite Drossel 332 und das geöffnete Entlüftungsventil 312 zur Entlüftung über den Entlüftungsanschluss 3 erfolgen.

[0079] Anders ausgedrückt ist zur gleichzeitigen entsperrenden Betätigung des Rückschlagventils 311 und zum öffnenden Betätigen des Entlüftungsventils 312 ein vom Steuerventil 320 pneumatisch ansteuerbarer Steuerkolben 314 als Doppelrelaiskolben vorgesehen mit einem Relaisentlüftungskörper 314.1 des Entlüftungsventils und einem Relaisentsperrkörper 314.2 für das entsperrbare Rückschlagventil 311. Der Doppelrelaiskolben verdeutlicht vorliegendes Prinzip zum Entsperren des Rückschlagventils 311 und gleichzeitiges Betätigen des Entlüftungsventils 312 über die zwei gekoppelten Betätigungselemente - nämlich über den Relaisentsperrkörper 314.2 und den Relaisentlüftungskörper 314.1 - die als einstückiger Doppelrelaiskörper oder in einer Abwandlung auch als separate Körper ausgebildet werden können. Im Rahmen einer besonders bevorzugten Abwandlung einer konstruktiven Realisierung können die vorgenannten Betätigungselemente des Doppelrelaiskolbens als einstückige Bereiche eines Doppelrelaiskolbens, gebildet sein.

[0080] FIG. 2 erläutert nun die Details des Konzepts der Erfindung am Beispiel einer Hubkolbenmaschine speziell in Form des zweistufigen Kolbenkompressors 400 der FIG. 1.

[0081] Bezug nehmend auf FIG. 2 zeigt diese eine Hubkolbenmaschine in Form eines Doppelverdichters gemäß dem Detail D der FIG. 1, nämlich einen als zweistufigen Kolbenkompressor 400 ausgeführten TWIN-Kompressor mit einer ersten Verdichterstufe 401 und einer zweiten Verdichterstufe 402 sowie mit einem Motor 500, der als Antriebsmotor M mit einer Antriebswelle 501 an eine Kurbelwelle 430 des Kolbenkompressors 400 gekoppelt ist.

[0082] Dazu weist die Kurbelwelle 430 eine Antriebswellenkopplung 431 auf, die als Aufnahme für die Antriebswelle 501 des Antriebsmotors M dient. Die Kurbelwelle 430 ist außenseitig der Antriebswellenkopplung 431 in einem Lager 502 drehbar gelagert, das vorliegend als Ring-Kugellager ausgeführt ist. Das Lager 502 wiederum ist mit einem entsprechenden Haltemechanismus am Motorgehäuse 503 gehalten. Auf diese Weise ist die im Betrieb mittels des Antriebsmotors M antreibbare Kurbelwelle 430 über die genannte Antriebswellenkopplung 431 zum Ankoppeln der Antriebswelle 501 des Antriebsmotors 500 zum Antreiben der Kurbelwelle 430 ausgebildet.

[0083] Die Kurbelwelle 430 weist darüber hinaus einen exzentrisch zur Achse A an der Kurbelwelle 430 ausgebildeten exzentrischen Kurbelwellenzapfen 432 auf, der sich entlang einer Exzenterachse erstreckt, welche hier als Wellenachse E bezeichnet ist.

[0084] Unter drehendem Antrieb der Kurbelwelle 430 ist der exzentrische Kurbelwellenzapfen 432 damit ausgebildet, ein erstes Pleuel P1 direkt und ein zweites Pleuel P2 indirekt anzutreiben. Dazu ist der exzentrische Kurbelwellenzapfen 432 mittels eines ersten Pleuellager L1 zur direkten Lagerung und zum direkten Antrieb des ersten Pleuels P1 ausgebildet. Das zweite Pleuel P2 wiederum ist an das als Antriebspleuel P1 funktionierende erste Pleuel P1, d. h. als Schlepppleuel, über ein von einem Elastomer-Element L2 in Form von drei Elastomer-Ringen L2E1, L2E2, L2E3 teilweise umschlossenen Lagerbolzen L2B bewegbar gelagert. Das erste Pleuellager L1 ist als Ring-Kugellager ausgebildet. Das Elastomer-Element L2 in Form der Elastomer-Ringe L2E1, L2E2, L2E3 umschließt in diesem Ausführungsbeispiel den Lagerbolzen L2B vollständig. Alternativ kann das Elastomer-Element L2 beispielsweise in Form von Elastomer-Ringsegmenten L2Ea und L2Eb (vgl. FIG. 6) den Lagerbolzen L2B auch nur teilweise, beispielsweise an der Ober- und Unterseite des Lagerbolzens L2B umschließen. In einem nicht gezeigten Ausführungsbeispiel erstreckt sich das Elastomer-Element L2 in Form von Elastomer-Ringsegmenten L2Ea und L2Eb über ungefähr das obere Viertel des Umfangs und das untere Viertel des Umfangs des Lagerbolzens L2B, so dass die seitlichen Viertel des Lagerbolzens L2B ohne Kontakt zu dem Elastomer-Element L2 sind. Das Elastomer-Element L2 ermöglicht eine spielfreie Lagerung der Pleuel P1 und P2. Das Elastomer-Element L2 hat des Weiteren große Dämpfungseigenschaften, so dass das Elastomer-Element L2 eine Geräuschreduzierung ermöglicht.

[0085] Der erste Kolben K1 ist mittels einer Kolbenhalterung K11 als separates Teil in das Kopfende des ersten Pleuels P1 eingesetzt und dort gehalten. Der zweite Kolben K2 ist integral und einstückig am Kopfende K22 des zweiten Pleuels P2 angeformt - also entlang einer Zylinder-Achse Z distal gegenüberliegend dem ersten Kolben K1. Das zweite Pleuel P2 ist dazu als einstückiges, in etwa ringartiges Bauteil - wie in FIG. 2 ersichtlich - am Elastomer-Element L2 drehbeweglich aufgehängt.

[0086] Bei dieser Konstruktion ist unter drehendem Antrieb der Kurbelwelle 430 eine exzentrische Drehbewegung des Kurbelwellenzapfens 432 im Betrieb des Kompressors 400 erreichbar, sodass der erste und zweite Kolben K1, K2 mit einer Hin-und-Her-Bewegung zur Verdichtung von Druckluft in der entsprechenden zweiten und ersten Verdichterstufe 402, 401 jeweils bewegt werden.

[0087] Der zweite Kolben K2 der ersten Verdichterstufe 401 bewegt sich dazu in einem Zylinderhubraum 411 des ersten Zylinders 410 in der ersten (Niederdruck-) Verdichterstufe 401. Der erste Kolben K1 bewegt sich dazu in einem Zylinderhubraum 421 eines zweiten Zylinders 420 der zweiten (Hochdruck-) Verdichterstufe 402. Der erste und zweite Zylinder 410, 420 sind Teil eines Gehäuses 440 des gesamten Luftverdichters mit Kolbenkompressor 400, Antriebsmotor M und Kurbelwelle 430. Das Gehäuse 440 des Luftverdichters ist durch weitere Bauteile 441 an dem Gehäuse einer Druckluftversorgungsanlage 1001, wie sie in FIG. 1 gezeigt ist, gehalten.

[0088] FIG. 2 zeigt den TWIN-Kompressor 400, vorliegend in einer Betriebsstellung, gemäß der der zweite Kolben K2 der (Niederdruck-) Verdichterstufe 401 in einer Hubstellung HS steht, das heißt, die Verdichtung der im Hubraum 411 befindlichen Luft steht bevor. Dagegen befindet sich der erste Kolben K1 der zweiten Verdichterstufe als 402 in einer Verdichtungsstellung VS, das heißt aus der zweiten Hochdruckstufe 402 wird Druckluft verdichtet abführbar zur Druckluftversorgungsanlage 1001.

[0089] Die Bewegung des ersten und zweiten Kolbens K1, K2 im Betrieb des Kolbenkompressors 400 erfolgt grundsätzlich entlang der Zylinder-Achse Z. Diese liegt mittensymmetrisch zu Zylinderlaufflächen Z1 beziehungsweise Z2 des ersten beziehungsweise zweiten Zylinderhubraums 411, 421 für den zweiten, beziehungsweise ersten Kolben K2, K1 des ersten beziehungsweise zweiten Zylinders 410, 420. In FIG. 2 ist dazu die Pleuellänge des ersten Pleuels P1 mit 52,00 mm angegeben als Beispiel für die Größenordnung der Hochdruckstufe 420 des Kolbenkompressors 400.

[0090] Das Pleuel des ersten Pleuels P1 kann beispielsweise auch eine Pleuellänge zwischen 50 und 70 mm, insbesondere eine Pleuellänge von 66 mm haben. Das zweite Pleuel kann beispielsweise eine Pleuellänge zwischen 40 und 60 mm, insbesondere eine Pleuellänge von 53 mm haben. Im Fall einer Pleuellänge des zweiten Pleuels von 53 mm, kann der Abstand zwischen einem Kolbenkopf des Kolbens 2 und dem exzentrischen Kurbelwellenzapfen beispielsweise zwischen 15 und 25 mm, insbesondere 21 mm betragen. Die vorgenannten Dimensionen können einen Auslenkungswinkel der Pleuel zueinander von bis zu 20°, beispielsweise 14° und insbesondere 7° ermöglichen.

[0091] Der Lagerbolzen L2B hat in diesem Ausführungsbeispiel einen Durchmesser von 8 mm und kann Durchmesser zwischen 5 mm und 12 mm aufweisen. Die maximale Drehzahl beträgt für dieses Ausführungsbeispiel bis zu 2700 Umdrehungen pro Minute, woraus sich eine maximale Gleitgeschwindigkeit von ungefähr 0,14 m/s, insbesondere 0,137

m/s ergibt. Die maximale Drehzahl beträgt bevorzugt zwischen 1500 und 3500 Umdrehungen pro Minute.

[0092] Die Zylinder-Achse Z ist so orientiert, dass sie entlang eines Radius um die Wellenachse E (Exzenterachse E) verläuft. Die Wellenachse E verläuft exakt senkrecht zur Zylinder-Achse Z. Das heißt, der exzentrische Pleuellenzapfen 432 der Pleuellwelle 430 ist ebenfalls exakt senkrecht zur Zylinder-Achse Z im Pleuellkompressor 400 angeordnet. Ein hinlänglich verlässlicher und dichtender Lauf des zweiten und ersten Pleuels P2, P1 in der ersten (Niederdruck-) Verdichterstufe bzw. (Hochdruck-) Verdichterstufe 401, 402 ist somit aufgrund der Laufrichtung der Pleuels P2, P1 ebenfalls entlang der Zylinder-Achse Z gewährleistet.

[0093] Dazu wird die Anordnung des ersten Pleuels P1 mit Pleuel P2 beziehungsweise des zweiten Pleuels P2 mit Pleuel P1 unter Lagerung derselben mittels dem ersten Pleuellager L1 beziehungsweise des Elastomer-Elements L2 exakt entlang der Zylinder-Achse Z vorgenommen; beispielsweise mit einem Montagemaß von $X = 15,00 \text{ mm}$.

[0094] Im Ergebnis wird eine Pleuellmaschine in Form eines TWIN-Kompressors 400 mit erster und zweiter Verdichterstufe 401, 402 zur Verfügung gestellt, bei dem das erste Pleuel P1 der zweiten, nämlich (Hochdruck-) Verdichterstufe 402 gebildet ist, wobei das erste Pleuel P1 mittels dem Pleuellager L1 direkt am Pleuellenzapfen 432 gelagert ist - das heißt als Antriebspleuel - und das zweite Pleuel P2 der ersten, hier (Niederdruck-) Verdichterstufe 401 gebildet ist, wobei das zweite Pleuel P2 mittels dem Elastomer-Element L2 indirekt am Pleuellenzapfen 432, das heißt direkt am ersten Pleuel P1 -also als Schlepppleuel am Antriebspleuel- gelagert ist.

[0095] Die vorbeschriebenen Ausführungsformen mit Antriebspleuel und Schlepppleuel erweisen sich zwar als besonders vorteilhaft für einen TWIN-Kompressor. Das Konzept der Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt.

[0096] FIG. 3a zeigt eine Pleuellmaschine in Form eines zwei-stufigen Pleuellkompressors 400 mit einem ersten Pleuel P1 für einen ersten Pleuel K1 einer zweiten (Hochdruck-)Stufe 401 und einem zweiten Pleuel P2 für einen zweiten Pleuel K2 einer ersten (Niederdruck-)Stufe 402 in einer Frontansicht. In FIG. 3b ist eine Schnittansicht entlang des Schnitts AA der Pleuellmaschine in Form des zwei-stufigen Pleuellkompressors 400 der FIG. 3a gezeigt. In der Schnittansicht ist zu erkennen, dass das Elastomer-Element L2 in diesem Ausführungsbeispiel als ein sich entlang der gesamten Längsachse des Pleuellbolzens L2B erstreckender Elastomer-Ring L2E ausgeführt ist; dieser ist also als einziger -gemäß der ersten Variante ("und") der Erfindung- am Pleuellbolzen L2B angeordnet. Somit ist das Elastomer-Element L2B in Form eines Elastomer-Rings L2E zwischen Pleuellbolzen L2B und sowohl Pleuel P1, als auch Pleuel P2 angeordnet und lagert diese gegeneinander elastisch. Im Übrigen unterscheidet sich die Pleuellmaschine in Form des zwei-stufigen Pleuellkompressors 400 nicht von der in der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform.

[0097] FIG. 4 zeigt einen Ausschnitt einer Pleuellmaschine in Form eines zwei-stufigen Pleuellkompressors 400 mit einem ersten Pleuel P1 für einen Pleuel K1 einer zweiten (Hochdruck-)Stufe und einem zweiten Pleuel P2 mit Elastomer-Elementen in Form von Elastomer-Ringen L2E1, L2E2, L2E3; diese sind also -gemäß der Abwandlung der ersten Variante ("und") der Erfindung- am Pleuellbolzen L2B angeordnet.

[0098] Pleuel K1 ist in diesem Ausführungsbeispiel von der Pleuellhalterung K11 gehalten, kann aber auch in einem alternativen Ausführungsbeispiel an das Pleuel P1 angeformt sein.

[0099] Die Elastomer-Ringe L2E1 und L2E3 sind zwischen Pleuellbolzen L2B und Pleuel P2 angeordnet und lagern diese elastisch gegeneinander. Der Elastomer-Ring L2E2 ist zwischen Pleuellbolzen L2B und Pleuel P1 angeordnet und lagert diese elastisch gegeneinander. Die Elastomer-Ringe L2E1, L2E3 und L2E2 haben in diesem Ausführungsbeispiel unterschiedliche Höhen. Der Elastomer-Ring L2E2 ist höher als die Elastomer-Ringe L2E1 und L2E3, so dass er die größere Pleuellinnenseitenoberfläche des Pleuels P1 vollständig bedeckt. Die Pleuellinnenseitenoberflächen des Pleuels P2 sind in diesem Ausführungsbeispiel kleiner als die Pleuellinnenseitenoberfläche des Pleuels P1.

[0100] In einem nicht gezeigten Ausführungsbeispiel ist lediglich das Pleuel P1 durch den Elastomer-Ring L2E2 gelagert während die Elastomer-Ringe L2E1 und L2E3 nicht vorhanden sind.

[0101] Es sind auch andere Ausführungsformen der Pleuel P1 und P2 denkbar, beispielsweise anstatt zwei und einer Pleuellstangen können auch zwei und drei Pleuellstangen ineinander greifen. In diesem Fall können weitere Elastomer-Ringe angeordnet werden, um die Pleuel P1 und P2 zu lagern. Alternativ können auch nur drei der fünf Pleuellinnenseitenoberflächen gelagert sein. FIG. 5 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines Elastomer-Elements L2 in Form eines Elastomer-Rings L2E. Der Elastomer-Ring L2E in diesem Ausführungsbeispiel ist aus Gummi bzw. aus einer Gummimischung. Alternativ kann auch ein andere elastisches Material mit guten Dämpfungseigenschaften verwendet werden.

[0102] Die Höhe, Breite, Länge, Wanddicke und der Durchmesser des Elastomer-Rings L2E sind frei wählbar. Bevorzugt werden die vorgenannten Parameter auf die Betriebsbedingungen und die jeweilige Pleuellmaschine angepasst.

[0103] FIG. 6 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines Elastomer-Elements L2 in Form von zwei Elastomer-Ringsegmenten L2Ea und L2Eb; diese könnten wie die mit L2E1, L2E2, L2E3 bezeichneten Elastomerringe am Pleuellbolzen L2B der FIG. 4 angeordnet werden; diese könnten also -gemäß einer weiteren Abwandlung der ersten Variante ("und") [oder auch zweiten Variante ("oder")] der Erfindung nur an einem einzigen Pleuel- als wenigstens zwei Elastomer-Ringsegmenten L2Ea und L2Eb angeordnet sein.

[0104] Die zwei Elastomer-Ringsegmente L2Ea und L2Eb sind voneinander getrennt und in diesem Ausführungsbeispiel einander gegenüberliegend angeordnet. Alternativ ist auch eine zueinander verschobene Anordnung möglich, die

jedoch derart sein sollte, dass eine Lagerung eines zwischen den Elastomer-Ringsegmenten L2Ea und L2Eb angeordneten Lagerbolzens möglich ist.

[0105] In einem nicht gezeigten Ausführungsbeispiel können auch mehr als zwei Elastomer-Ringsegmente angeordnet sein, beispielsweise drei Elastomer-Ringsegmente. Die drei oder sechs Elastomer-Ringsegmente. Die Mittelpunkte der Elastomer-Ringsegmente können beispielsweise jeweils um einen Winkel auf dem Umfang zueinander verschoben angeordnet sein, dass sie sich zumindest teilweise gegenüberliegen. In einem nicht gezeigten Ausführungsbeispiel sind sechs Elastomer-Ringsegmente auf einem Umfang mit jeweils einem Winkelabstand von deren Mittelpunkten von 60° angeordnet.

[0106] Es kann auch nur ein Elastomer-Ringsegment angeordnet sein, beispielsweise ein 270° umschließendes Elastomer-Ringsegment. Die Elastomer-Ringsegmente können einen Umfang von 0° bis 360° umschließen.

[0107] FIG. 7 zeigt ein Elastomer-Element L2 in Form eines Elastomer-Rings L2E, das einen Metallträger MT in Form einer Metallhülse MTi umschließt. Die Metallhülse MTi ist im inneren des Elastomer-Rings L2E angeordnet. Vorliegend ist die Metallhülse MTi eingepresst. Die Metallhülse MTi kann auch eingeklebt sein. Alternativ kann auch eine Elastomer-Schicht bzw. eine Elastomer-Beschichtung auf die Metallhülse MTi aufgespritzt oder aufvulkanisiert werden. Die Anordnung eines Elastomer-Elements L2 zusammen mit einem Metallträger MT erhöht die Steifigkeit des Elastomer-Elements L2 bzw. der aus Elastomer-Element L2 und Metallträger MT zusammengesetzten Lagerungskomponente.

[0108] FIG. 8a zeigt ein Elastomer-Element L2 in Form eines Elastomer-Rings L2E, das sandwichartig zwischen zwei Metallträgern MT in Form von Metallhülsen MTi und MTa angeordnet ist. FIG. 8b zeigt eine schematische Darstellung der in FIG. 8a gezeigten aus Elastomer-Element L2 und Metallhülsen MTi und MTa zusammengesetzten Lagerungskomponente.

[0109] Alternativ kann auch eine Elastomer-Schicht zwischen die Metallhülsen MTi und MTa eingespritzt werden.

[0110] Die Anordnung zwischen zwei Metallhülsen erhöht die Steifigkeit der zusammengesetzten Lagerungskomponente weiter.

[0111] FIG. 9 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel eines Elastomer-Elements L2 in Form einer auf einen Teil der Lagerbolzenoberfläche L2BO aufgespritzten Elastomer-Schicht L2ES bzw. Elastomerbeschichtung. Die Elastomer-Schicht L2ES kann auch aufvulkanisiert sein. Alternativ kann die Elastomer-Schicht L2ES auch zwischen die Pleuelinnenoberfläche des Pleuels P1 und die Lagerbolzenoberfläche L2BO eingespritzt sein, so dass es das Pleuel P1 und den Lagerbolzen L2B fest und direkt verbindet. Die Elastomer-Schicht L2ES ist in dieser FIG. 9 - bevorzugt also gemäß der zweiten Variante ("oder") der Erfindung nur an einem einzigen Pleuel, nämlich dem ersten Pleuel P1 - als wenigstens eine ringförmige Schicht angeordnet.

[0112] FIG. 10 zeigt ein erstes Pleuel P1 mit einem in diesem angeordneten Elastomer-Element L2 in Form eines Elastomer-Rings L2E2, das einen Metallträger MT in Form einer Metallhülse MTi umschließt. Das Pleuel P1 kann durch die aus dem Elastomer-Ring L2E2 und der Metallhülse MTi zusammengesetzten Lagerungskomponente gegen einen Lagerbolzen L2B (nicht gezeigt) gelagert werden. Die Lagerungskomponente ist in dieser FIG. 10 - bevorzugt also gemäß der zweiten Variante ("oder") der Erfindung nur an einem einzigen Pleuel, nämlich dem ersten Pleuel P1 - angeordnet.

[0113] In FIG. 9 und FIG. 10 könnte gleichwohl gemäß der ersten Variante auch die Elastomer-Schicht L2ES oder das Elastomer-Element L2 am zweiten Pleuel P2 (nicht gezeigt in FIG. 9, FIG. 10) angeordnet sein.

Bezugszeichenliste (Bestandteil der Beschreibung)

[0114]

- 0 Luftzuführung, Ansaugung
- 0.1 Filterelement, Luftfilter
- 1 Druckluftzuführung
- 2 Druckluftanschluss
- 3 Entlüftungsanschluss
- 3.1 EntlüftungsfILTER, Filterelement, Schalldämpfer
- 100 Lufttrockneranordnung
- 101 Trockenbehälter

- 200 Pneumatikhauptleitung
- 201 erster Teil der Pneumatikhauptleitung
- 202 zweiter Teil der Pneumatikhauptleitung
- 230 Zweigleitung, Entlüftungsleitung
- 240 weitere Entlüftungsleitung
- 241 weiterer Zweiganschluss

EP 3 414 456 B1

	242	Anschlussabschnitt
	250	pneumatische Steuerleitung
	251	Leitungsabschnitt
	252	Steueranschluss
5		
	260	weitere Entlüftungsleitung
	261	Zweiganschluss
	270	Luftzuführungsleitung
	300	Ventilanordnung, Magnetventilanordnung
10	310	Wegeventilanordnung
	311	Rückschlagventil
	312	Entlüftungsventil
	313	Druckbegrenzung
	314	Kolben
15	314.1	Relaisentlüftungskörper
	314.2	Relaisentsperrkörper
	315	einstellbare Feder
	320	Steuerventil
	321	elektrische Steuerleitung
20	322	Spule
	331	erste Drossel
	332	zweite Drossel
	400	Luftverdichter in Form eines zweistufigen Kolbenkompressors
25	401	erste (Niederdruck)-Verdichterstufe
	402	zweite (Hochdruck)-Verdichterstufe
	410	erster Zylinder
	411,421	Zylinderhubraum
	420	zweiter Zylinder
30	430	Kurbelwelle
	431	Antriebswellenkopplung
	432	Kurbelwellenzapfen
	440	Gehäuse
	441	weitere Gehäusebauteile
35	500	Motor
	501	Antriebswelle
	M	Antriebsmotor
	502	Lager
	600	weitere Pneumatikleitung
40	601,602,603,604	Federzweigleitung
	605	Speicherzweigleitung
	610	Galerie
	1000	Druckluftversorgungssystem
45	1001	Druckluftversorgungsanlage
	1002	Pneumatikanlage
	1011, 1012, 1013, 1014	Bälge
	1110	Ventilblock
	1015	Speicher
50	1111 bis 1114	Magnetspeicher-Wegeventil
	1115	Magnet-Wegeventil
	A	Achse
	D	Detail
55	DL	Druckluftströmung
	E	Exzenterachse, Wellenachse
	HS	Hubstellung
	K1, K2	Kolben

K11	Kolbenhalterung
K22	Kopfende
L1	Pleuellager, Ring-Kugellager, Gelenk-Gleitlager
L2	Elastomer-Element
5 L2B	Lagerbolzen
L2E1, L2E2, L2E3, L2E	Elastomer-Ringe
L2Ea, L2Eb	Elastomer-Ringsegmente
L2ES	Elastomer-Schicht
MT	Metallträger
10 MTi, MTa	Metallhülse innen, außen
P1, P2	erstes, zweites Pleuel
VS	Verdichtungsstellung
Z	Zylinderachse
Z1, Z2	Zylinderlauffläche
15	

Patentansprüche

1. Hubkolbenmaschine (400), insbesondere zwei- oder mehrstufiger Kolbenkompressor (400), aufweisend:
 - wenigstens einen Zylinder (410, 420) sowie wenigstens einen dem Zylinder (420) zugeordneten ersten Kolben (K1) und einen dem oder einem Zylinder (410) zugeordneten zweiten Kolben (K2), wobei im Betrieb die Kolben (K1, K2) in einem jeweiligen Zylinderhubraum (411, 421) des wenigstens einen Zylinders (410, 420) ausgelenkt werden,
 - eine im Betrieb antreibbare Kurbelwelle (430) mit einem exzentrischen Kurbelwellenzapfen (432) und einer Antriebswellen-Kopplung (431), die zum Ankoppeln einer Antriebswelle (501) eines Antriebsmotors (M, 500) zum Antreiben der Kurbelwelle (432) ausgebildet ist,
 - ein zum Auslenken des ersten Kolbens (K1) ausgebildetes erstes Pleuel (P1),
 - ein zum Auslenken des zweiten Kolbens (K2) ausgebildetes zweites Pleuel (P2), und
 - einen Lagerbolzen (L2B), um den das erste (P1) und zweite Pleuel (P2) gegeneinander drehbeweglich sind, wobei das erste Pleuel (P1) mittels dem exzentrischen Kurbelwellenzapfen (432) bewegbar ist und das zweite Pleuel (P2) mittels dem Lagerbolzen (L2B) am ersten Pleuel (P1) bewegbar gelagert ist und wobei
 - zwischen dem Lagerbolzen (L2B) einerseits und dem ersten Pleuel (P1) andererseits wenigstens ein, insbesondere ein erstes, den Lagerbolzen (L2B) einerseits und das erste Pleuel (P1) andererseits elastisch gegeneinander lagerndes Elastomer-Element (L2; L2E; L2E2; L2Ea, L2Eb; L2ES) angeordnet ist, und/oder
 - zwischen dem Lagerbolzen (L2B) einerseits und dem zweiten Pleuel (P2) andererseits das wenigstens eine oder wenigstens ein, insbesondere ein zweites, den Lagerbolzen (L2B) einerseits und das zweite Pleuel (P2) andererseits elastisch gegeneinander lagernde(s) Elastomer-Element (L2; L2E; L2E1, L2E3; L2Ea, L2Eb) angeordnet ist.
2. Hubkolbenmaschine (400) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der exzentrische Kurbelwellenzapfen (432) und/oder die Antriebswellen-Kopplung (431) parallel zu einer zu einer Zylinder-Achse (Z) senkrecht verlaufenden Wellen-Achse (E) ausgerichtet ist.
3. Hubkolbenmaschine (400) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - wenigstens eines der Pleuel (P1) mittels wenigstens einem Pleuellager (L1) direkt oder indirekt am Kurbelwellenzapfen (432) gelagert ist, und/oder
 - an dem oder an wenigstens einem Pleuel (P1, P2) der Kolben (K1, K2) angeformt, fest verbunden oder mittels einer Kolbenhalterung (K11) der Kolben (K1) gehalten ist.
4. Hubkolbenmaschine (400) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Pleuel (P1) direkt mittels dem exzentrischen Kurbelwellenzapfen (432) bewegbar ist und das zweite Pleuel (P2) indirekt mittels dem exzentrischen Kurbelwellenzapfen (432), insbesondere mittels dem ersten Pleuel (P1), bewegbar ist, vorzugsweise wenigstens das zweite Pleuel (P2) als Schlepppleuel vom ersten Pleuel (P1) als Antriebspleuel bewegbar ist.
5. Hubkolbenmaschine (400) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens

eine Elastomer-Element (L2; L2E; L2E1, L2E2, L2E3; L2Ea, L2Eb; L2ES) ein Gummielement ist oder als Gummibeschichtung zwischen Lagerbolzen (L2B) und Pleuel (P1, P2), insbesondere auf der Lagerbolzenoberfläche (L2BO) und/oder auf einer Pleuelinnenoberfläche, eingebracht ist.

- 5 **6.** Hubkolbenmaschine (400) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Elastomer-Element (L2; L2E; L2E1, L2E2, L2E3; L2Ea, L2Eb) ein separates Teil, insbesondere zwischen Lagerbolzen (L2B) und Pleuel (P1, P2) eingelegt oder geklemmt ist, insbesondere ausschließlich zwischen Lagerbolzen (L2B) und Pleuel (P1) eingelegt oder geklemmt ist, und/oder wobei das Elastomer-Element (L2; L2E; L2E1, L2E2, L2E3; L2Ea, L2Eb) dazu dient Drehbewegungen der Pleuel (P1, P2) um den Lagerbolzen (L2B) herum zu lagern und eine Dämpfungs-wirkung zu erzeugen.
- 10
- 15 **7.** Hubkolbenmaschine (400) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Elastomer-Element (L2; L2ES) eine aufgebrachte Schicht, insbesondere eine eingespritzte oder aufvulkanisierte Schicht ist, vorzugsweise eine auf eine Lagerbolzenoberfläche (L2BO), eine Pleuelinnenoberfläche des ersten Pleuels (P1) und/oder eine Pleuelinnenoberfläche des zweiten Pleuels (P2) aufgebrachte Schicht ist, und/oder wobei das Elastomer-Element (L2; L2ES) dazu dient Drehbewegungen der Pleuel (P1, P2) um den Lagerbolzen (L2BO) herum zu lagern und eine Dämpfung zu erzeugen.
- 20 **8.** Hubkolbenmaschine (400) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Elastomer-Element (L2; L2E; L2E1, L2E2, L2E3; L2ES) ringförmig, buchsenförmig oder hülsenförmig ist.
- 25 **9.** Hubkolbenmaschine (400) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Elastomer-Element (L2) plättchenförmig, insbesondere eine Noppe oder ringsegmentförmig (L2, L2Ea, L2Eb) ist.
- 30 **10.** Hubkolbenmaschine (400) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Elastomer-Element (L2) mit einem Metallträger (MT, MTi, MTa), insbesondere einer Metallbuchse, einer Metallhülse (MTi, MTa), einem Metallring oder mehreren Metallplättchen, verbunden ist oder in Kontakt ist.
- 35 **11.** Hubkolbenmaschine (400) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Elastomer-Element (L2; L2E1, L2E2, L2E3) wenigstens zwei Elastomer-Ringe (L2; L2E1, L2E2, L2E3) aufweist, die parallel und mit einem Abstand zueinander um den Lagerbolzen (L2B) herum angeordnet sind.
- 40 **12.** Hubkolbenmaschine (400) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Elastomer-Element (L2) wenigstens eine nur einseitig, insbesondere an einer Lagerbolzenoberseite angeordnetes Elastomer-Plättchen aufweist oder wenigstens zwei einander gegenüberliegende, an der Lagerbolzenoberseite und einer Lagerbolzenunterseite, angeordnete Elastomer-Plättchen aufweist.
- 45 **13.** Hubkolbenmaschine (400) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Elastomer-Element (L2; L2E) zwischen einem inneren (MTi) und einem äußeren Metallträger (MTa) angeordnet ist und der innere Metallträger (MTi) mit dem Lagerbolzen (L2B) verbunden ist und der äußere Metallträger (MTb) mit wenigstens einem der Pleuel (P1, P2) verbunden ist, insbesondere fest und direkt verbunden ist.
- 50 **14.** Hubkolbenmaschine (400) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Elastomer-Element (L2; L2E; L2E2) zwischen einem inneren Metallträger (MTi) und wenigstens einem der Pleuel (P1, P2) angeordnet ist und der innere Metallträger (MTi) mit dem Lagerbolzen (L2B) verbunden ist und das Elastomer-Element (L2; L2E; L2E2) mit wenigstens einem der Pleuel (P1, P2), insbesondere fest und direkt, verbunden ist.
- 55 **15.** Hubkolbenmaschine (400) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Elastomer-Element (L2; L2E) zwischen dem Lagerbolzen (L2B) und einem äußeren Metallträger (MTa) angeordnet ist und das Elastomer-Element (L2; L2E) mit dem Lagerbolzen (L2B), insbesondere fest und direkt, verbunden ist und der äußere Metallträger (MTa) mit wenigstens einem der Pleuel (P1, P2) verbunden ist.
- 60 **16.** Hubkolbenmaschine (400) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Elastomer-Element (L2; L2Ea, L2Eb) wenigstens zwei voneinander getrennte Ringsegmente (L2Ea, L2Eb) aufweist.
- 65 **17.** Hubkolbenmaschine (400) nach Anspruch 16, wobei von den wenigstens zwei getrennten Ringsegmenten (L2Ea,

L2Eb) wenigstens ein erstes Ringsegment (L2Ea) auf einer Lagerbolzenoberseite zwischen Lagerbolzen (L2B) und Pleuel (P1, P2) und wenigstens ein zweites Ringsegment (L2Eb) auf einer Lagerbolzenunterseite zwischen Lagerbolzen (L2B) und Pleuel (P1, P2) angeordnet ist.

- 5 18. Hubkolbenmaschine (400) nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die voneinander getrennten Ringsegmente des Elastomer-Elements (L2) höchstens ein Viertel des Umfangs auf der Lagerbolzenoberseite und höchstens ein Viertel des Umfangs auf der Lagerbolzenunterseite umschließen, so dass wenigstens die Hälfte des Umfangs der Lagerbolzenoberfläche (L2BO) des Lagerbolzens (L2B) frei vom Elastomer-Element (L2) ist.
- 10 19. Hubkolbenmaschine (400) nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein maximaler Auslenkungswinkel der Auslenkung der Pleuel (P1, P2) zwischen jeweiligen Längsachsen der Pleuel (P1, P2) höchstens 14° beträgt, beispielsweise höchstens 10° beträgt, vorzugsweise ungefähr 7° beträgt.
- 15 20. Hubkolbenmaschine (400) nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - das erste Pleuel (P1) mittels einem Pleuellager (L1) direkt am Kurbelwellenzapfen (432) gelagert ist und an dem ersten Pleuel (P1) mittels einer Kolbenhalterung (K11) der erste Kolben (k1) gehalten ist, und
 - an dem zweiten Pleuel (P2) der zweite Kolben (K2) angeformt ist.
- 20 21. Hubkolbenmaschine (400) nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolbenkompressor (400) als ein Zwei- oder Mehrstufen-Kompressor (400) mit mindestens einer ersten und zweiten Verdichterstufe (401, 402), oder als zweizylindriger oder mehrzylindriger Kompressor, gebildet ist, wobei:
 - das erste Pleuel (P1) der zweiten, insbesondere Hochdruck-, Verdichterstufe (402) gebildet ist, wobei das erste Pleuel (P1) mittels einem Pleuellager (L1) direkt am Kurbelwellenzapfen (432) gelagert ist, und/oder
 - 25 - das zweite Pleuel (P2) der ersten, insbesondere Niederdruck-, Verdichterstufe (401) gebildet ist.
- 30 22. Druckluftversorgungsanlage (1001) zum Betreiben einer Pneumatikanlage (1002), insbesondere einer Luftfederanlage eines Fahrzeugs, vorzugsweise eines PKWs, mit einer Druckluftströmung (DL), aufweisend:
 - eine Lufttrockneranordnung (100) in einer Pneumatikhauptleitung (200), die eine Druckluftzuführung (1) von einem Luftverdichter (400) und einen Druckluftanschluss (2) zu der Pneumatikanlage (1002) pneumatisch verbindet, und
 - 35 - eine an die Pneumatikhauptleitung (200) pneumatisch angeschlossene Ventilanordnung (300) zur Steuerung der Druckluftströmung (DL) und einen Lufttrockner (101) in der Pneumatikhauptleitung (200), wobei
 - an die Druckluftzuführung (1) ein Luftverdichter (400) mit einer Hubkolbenmaschine (400), insbesondere ein zwei- oder mehrstufiger Kolbenkompressor (400), nach einem der Ansprüche 1 bis 21 angeschlossen ist.
- 40 23. Druckluftversorgungssystem (1000) mit einer Pneumatikanlage (1002) und mit einer Druckluftversorgungsanlage (1001) gemäß Anspruch 22 zum Betreiben der Pneumatikanlage (1002) mit einer Druckluftströmung (DL), insbesondere einer Luftfederanlage eines Fahrzeugs, vorzugsweise eines PKWs, wobei die Pneumatikhauptleitung (1002) eine Druckluftzuführung (1) von einem Luftverdichter (400) mit einer Hubkolbenmaschine (400), insbesondere einem zwei- oder mehrstufigen Kolbenkompressor (400), nach einem der Ansprüche 1 bis 21 und einen Druckluftanschluss (2) zu der Pneumatikanlage (1002) pneumatisch verbindet.
- 45 24. Fahrzeug, insbesondere PKW, mit einer Pneumatikanlage (1002), insbesondere einer Luftfederanlage, und einer Druckluftversorgungsanlage (1001) gemäß Anspruch 22 zum Betreiben der Pneumatikanlage (1002) mit einer Druckluftströmung (DL).

Claims

- 50 1. Reciprocating-piston machine (400), in particular two-stage or multi-stage piston compressor (400), having:
 - 55 - at least one cylinder (410, 420) and at least one first piston (K1) assigned to the cylinder (420) and a second piston (K2) assigned to the or a second cylinder (410), wherein, during operation, the pistons (K1, K2) are deflected in a respective cylinder displacement chamber (411, 421) of the at least one cylinder (410, 420),
 - a crankshaft (430) which, during operation, can be driven and which has an eccentric crankshaft journal (432)

and a drive shaft coupling (431) which is designed for the coupling of a drive shaft (501) of a drive motor (M, 500) for driving the crankshaft (432),

- a first connecting rod (P1) designed for deflecting the first piston (K1),

- a second connecting rod (P2) designed for deflecting the second piston (K2), and

- a bearing pin (L2B) about which the first (P1) and second connecting rod (P2) are rotationally movable relative to one another,

wherein the first connecting rod (P1) is movable by means of the eccentric crankshaft journal (432), and the second connecting rod (P2) is movably mounted on the first connecting rod (P1) by means of the bearing pin (L2B), and wherein,

- between the bearing pin (L2B), at one side, and the first connecting rod (P1), at the other side, there is arranged at least one, in particular a first, elastomer element (L2; L2E; L2E2; L2Ea, L2Eb; L2ES) which mounts the bearing pin (L2B) at one side and the first connecting rod (P1) at the other side elastically with respect to one another, and/or,

- between the bearing pin (L2B), at one side, and the second connecting rod (P2), at the other side, there is arranged the at least one or at least one, in particular a second, elastomer element (L2; L2E; L2E1, L2E3; L2Ea, L2Eb) which mounts the bearing pin (L2B) at one side and the second connecting rod (P2) at the other side elastically with respect to one another.

2. Reciprocating-piston machine (400) according to Claim 1, **characterized in that** the eccentric crankshaft journal (432) and/or the drive shaft coupling (431) are/is aligned parallel to a shaft axis (E) running perpendicular to a cylinder axis (Z).

3. Reciprocating-piston machine (400) according to Claim 1 or 2, **characterized in that**

- at least one of the connecting rods (P1) is mounted by means of at least one connecting-rod bearing (L1) directly or indirectly on the crankshaft journal (432), and/or

- the piston (K1, K2) is integrally formed on, fixedly connected to, or held by means of a piston holder (K11) of the piston (K1) on the or on at least one connecting rod (P1, P2).

4. Reciprocating-piston machine (400) according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the first connecting rod (P1) is movable directly by means of the eccentric crankshaft journal (432) and the second connecting rod (P2) is movable indirectly by means of the eccentric crankshaft journal (432), in particular by means of the first connecting rod (P1), and, preferably, at least the second connecting rod (P2) as follower connecting rod is movable by the first connecting rod (P1) as drive connecting rod.

5. Reciprocating-piston machine (400) according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the at least one elastomer element (L2; L2E; L2E1; L2E2; L2E3; L2Ea, L2Eb; L2ES) is a rubber element or is introduced as a rubber coating between bearing pin (L2B) and connecting rod (P1, P2), in particular on the bearing pin surface (L2BO) and/or on a connecting-rod inner surface.

6. Reciprocating-piston machine (400) according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the elastomer element (L2; L2E; L2E1, L2E2; L2E3; L2Ea, L2Eb) is a separate part, in particular inserted or clamped between bearing pin (L2B) and connecting rod (P1, P2), in particular inserted or clamped exclusively between bearing pin (L2B) and connecting rod (P1), and/or wherein the elastomer element (L2; L2E; L2E1, L2E2; L2E3; L2Ea, L2Eb) serves for the mounting of rotational movements of the connecting rods (P1, P2) around the bearing pin (L2B) and for generating a damping action.

7. Reciprocating-piston machine (400) according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the elastomer element (L2; L2ES) is an applied layer, in particular an injection-molded or vulcanized-on layer, preferably is a layer applied to a bearing pin surface (L2BO), to a connecting-rod inner surface of the first connecting rod (P1) and/or to a connecting-rod inner surface of the second connecting rod (P2) and/or wherein the elastomer element (L2; L2ES) serves for the mounting of rotational movements of the connecting rods (P1, P2) around the bearing pin (L2BO) and generating damping.

8. Reciprocating-piston machine (400) according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the elastomer element (L2; L2E; L2E1, L2E2, L2E3; L2ES) is of ringshaped, bushing-shaped or sleeve-shaped form.

9. Reciprocating-piston machine (400) according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the elastomer element

(L2) is plate-shaped, in particular a stud or ring-segment-shaped (L2, L2Ea, L2Eb).

10. Reciprocating-piston machine (400) according to one of Claims 1 to 9, **characterized in that** the elastomer element (L2) is connected to or in contact with a metal support (MT, MTi, MTa), in particular a metal bushing, a metal sleeve (MTi, MTa), a metal ring or a plurality of metal plates.

11. Reciprocating-piston machine (400) according to one of Claims 1 to 10, **characterized in that** the elastomer element (L2; L2E1, L2E2, L2E3) has at least two elastomer rings (L2; L2E1, L2E2, L2E3), which are arranged parallel and with a spacing to one another around the bearing pin (L2B).

12. Reciprocating-piston machine (400) according to one of Claims 1 to 10, **characterized in that** the elastomer element (L2) has at least one elastomer plate arranged only on one side, in particular on a bearing pin top side, or has at least two elastomer plates situated opposite one another and arranged on the bearing pin top side and a bearing pin bottom side.

13. Reciprocating-piston machine (400) according to one of Claims 1 to 12, **characterized in that** the at least one elastomer element (L2; L2E) is arranged between an inner (MTi) and an outer metal support (MTa), and the inner metal support (MTi) is connected to the bearing pin (L2B) and the outer metal support (MTb) is connected, in particular fixedly and directly, to at least one of the connecting rods (P1, P2).

14. Reciprocating-piston machine (400) according to one of Claims 1 to 13, **characterized in that** the at least one elastomer element (L2; L2E; L2E2) is arranged between an inner metal support (MTi) and at least one of the connecting rods (P1, P2), and the inner metal support (MTi) is connected to the bearing pin (L2B) and the elastomer element (L2; L2E; L2E2) is connected, in particular fixedly and directly, to at least one of the connecting rods (P1, P2).

15. Reciprocating-piston machine (400) according to one of Claims 1 to 14, **characterized in that** the at least one elastomer element (L2; L2E) is arranged between the bearing pin (L2B) and an outer metal support (MTa), and the elastomer element (L2; L2E) is connected, in particular fixedly and directly, to the bearing pin (L2B), and the outer metal support (MTa) is connected to at least one of the connecting rods (P1, P2).

16. Reciprocating-piston machine (400) according to one of Claims 1 to 15, **characterized in that** the at least one elastomer element (L2; L2Ea, L2Eb) has at least two mutually separate ring segments (L2Ea, L2Eb).

17. Reciprocating-piston machine (400) according to Claim 16, wherein, of the at least two separate ring segments (L2Ea, L2Eb), at least one first ring segment (L2Ea) is arranged on a bearing pin top side between bearing pin (L2B) and connecting rods (P1, P2) and at least one second ring segment (L2Eb) is arranged on a bearing pin bottom side between bearing pin (L2B) and connecting rods (P1, P2).

18. Reciprocating-piston machine (400) according to Claim 16 or 17, **characterized in that** the mutually separate ring segments of the elastomer element (L2) surround at most one quarter of the circumference on the bearing pin top side and at most one quarter of the circumference on the bearing pin bottom side, such that at least half of the circumference of the bearing pin surface (L2BO) of the bearing pin (L2B) is free from the elastomer element (L2).

19. Reciprocating-piston machine (400) according to one of Claims 1 to 18, **characterized in that** a maximum deflection angle of the deflection of the connecting rods (P1, P2) between respective longitudinal axes of the connecting rods (P1, P2) amounts to at most 14°, for example amounts to at most 10°, preferably amounts to approximately 7°.

20. Reciprocating-piston machine (400) according to one of Claims 1 to 19, **characterized in that**

- the first connecting rod (P1) is mounted by means of a connecting-rod bearing (L1) directly on the crankshaft journal (432), and the first piston (K1) is held on the first connecting rod (P1) by means of a piston holder (K11), and
- the second piston (K2) is formed integrally on the second connecting rod (P2).

21. Reciprocating-piston machine (400) according to one of Claims 1 to 20, **characterized in that** the piston compressor (400) is designed as a two-stage or multi-stage compressor (400) with at least one first and second compressor stage (401, 402), or as a two-cylinder or multi-cylinder compressor, wherein:

- the first connecting rod (P1) of the second, in particular high-pressure, compressor stage (402) is formed,

wherein the first connecting rod (P1) is mounted by means of a connecting-rod bearing (L1) directly on the crankshaft journal (432), and/or

- the second connecting rod (P2) of the first, in particular low-pressure, compressor stage (401) is formed.

22. Compressed-air feed installation (1001) for operating a pneumatic installation (1002), in particular an air spring installation of a vehicle, preferably of a passenger motor vehicle, with a compressed-air flow (DL), having:

- an air dryer arrangement (100) in a pneumatic main line (200) which pneumatically connects a compressed-air supply (1) from an air compressor (400) and a compressed-air connection (2) to the pneumatic installation (1002), and

- a valve arrangement (300) which is pneumatically connected to the pneumatic main line (200) and which serves for controlling the compressed-air flow (DL), and an air dryer (101) in the pneumatic main line (200), wherein

- an air compressor (400) with a reciprocating-piston machine (400), in particular a two-stage or multi-stage piston compressor (400), according to one of Claims 1 to 21 is connected to the compressed-air supply (1).

23. Compressed-air feed system (1000) having a pneumatic installation (1002) and having a compressed-air feed installation (1001) as per Claim 22 for operating the pneumatic installation (1002) with a compressed-air flow (DL), in particular an air spring installation of a vehicle, preferably of a passenger motor vehicle, wherein the pneumatic main line (1002) pneumatically connects a compressed-air supply (1) from an air compressor (400) with a reciprocating-piston machine (400), in particular a two-stage or multi-stage piston compressor (400), according to one of Claims 1 to 21 and a compressed-air connection (2) to the pneumatic installation (1002).

24. Vehicle, in particular passenger motor vehicle, having a pneumatic installation (1002), in particular an air spring installation, and having a compressed-air feed installation (1001) according to Claim 22 for operating the pneumatic installation (1002) with a compressed-air flow (DL).

Revendications

1. Machine à pistons alternatifs (400), en particulier compresseur à pistons à deux ou plusieurs étages (400), présentant :

- au moins un cylindre (410, 420) ainsi qu'au moins un premier piston (K1) associé au cylindre (420) et un deuxième piston (K2) associé au cylindre ou à un cylindre (410), les pistons (K1, K2), pendant le fonctionnement, étant déviés dans une chambre de course de cylindre respective (411, 421) de l'au moins un cylindre (410, 420),

- un vilebrequin (430) pouvant être entraîné pendant le fonctionnement avec un maneton de vilebrequin excentrique (432) et un accouplement d'arbre d'entraînement (431), qui est réalisé pour accoupler un arbre d'entraînement (500) d'un moteur d'entraînement (M, 500) pour l'entraînement du vilebrequin (432),

- une première bielle (P1) réalisée pour dévier le premier piston (K1),

- une deuxième bielle (P2) réalisée pour dévier le deuxième piston (K2), et

- un tourillon de palier (L2B), autour duquel la première (P1) et la deuxième (P2) bielle peuvent être tournées l'une par rapport à l'autre,

la première bielle (P1) pouvant être déplacée au moyen du maneton de vilebrequin excentrique (432) et la deuxième bielle (P2) étant supportée de manière déplaçable au moyen du tourillon de palier (L2B) sur la première bielle (P1) et

- entre le tourillon de palier (L2B) d'une part et la première bielle (P1) d'autre part étant disposé au moins un, en particulier un premier, élément élastomère (L2 ; L2E ; L2E2 ; L2Ea, L2Eb ; L2ES) supportant élastiquement l'un contre l'autre le tourillon de palier (L2B) d'une part et la première bielle (P1) d'autre part, et/ou

- entre le tourillon de palier (L2B) d'une part et la deuxième bielle (P2) d'autre part, étant disposé l'au moins un ou au moins un, en particulier un deuxième, élément élastomère (L2 ; L2E ; L2E1 ; L2E3 ; L2Ea, L2Eb), supportant élastiquement l'un contre l'autre le tourillon de palier (L2B) d'une part et la deuxième bielle (P2) d'autre part.

2. Machine à pistons alternatifs (400) selon la revendication 1, caractérisée en ce que le maneton de vilebrequin excentrique (432) et/ou l'accouplement d'arbre d'entraînement (431) sont orientés parallèlement à un axe d'arbre (E) s'étendant perpendiculairement à un axe de cylindre (Z).

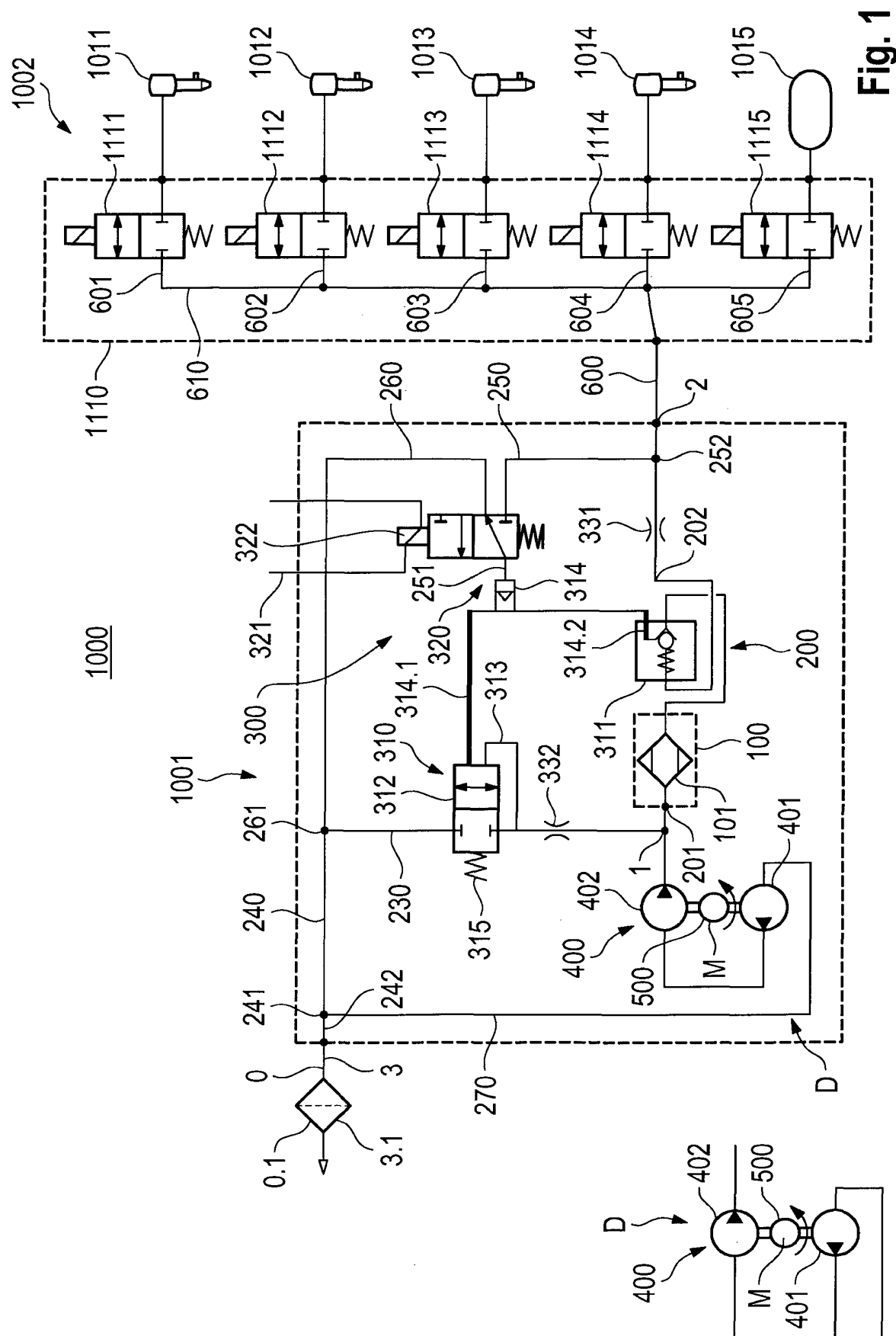
3. Machine à pistons alternatifs (400) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce**

- **qu'**au moins l'une des bielles (P1) est supportée directement ou indirectement sur le maneton de vilebrequin (432) au moyen d'au moins un palier de bielle (L1), et/ou
- **que** le piston (K1, K2) est façonné, connecté fixement ou retenu au moyen d'une fixation de piston (K11) du piston (K1) au niveau de la ou d'au moins une bielle (P1, P2).

4. Machine à pistons alternatifs (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** la première bielle (P1) peut être déplacée directement au moyen du maneton de vilebrequin excentrique (432) et la deuxième bielle (P2) peut être déplacée indirectement au moyen du maneton de vilebrequin excentrique (432), en particulier au moyen de la première bielle (P1), de préférence au moins la deuxième bielle (P2) pouvant être déplacée en tant que bielle menée par la première bielle (P1) en tant que bielle d'entraînement.5. Machine à pistons alternatifs (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** l'au moins un élément élastomère (L2 ; L2E ; L2E1 ; L2E2 ; L2E3 ; L2Ea, L2Eb ; L2ES) est un élément en caoutchouc ou est introduit en tant que revêtement en caoutchouc entre le tourillon de palier (L2B) et la bielle (P1, P2), en particulier sur la surface du tourillon de palier (L2BO) et/ou sur une surface intérieure de la bielle.6. Machine à pistons alternatifs (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** l'élément élastomère (L2 ; L2E ; L2E1, L2E2, L2E3 ; L2Ea, L2Eb) est une pièce séparée, en particulier est inséré ou serré entre le tourillon de palier (L2B) et la bielle (P1, P2), en particulier est inséré ou serré exclusivement entre le tourillon de palier (L2B) et la bielle (P1), et/ou l'élément élastomère (L2 ; L2E ; L2E1, L2E2, L2E3 ; L2Ea, L2Eb) sert à supporter des mouvements de rotation de la bielle (P1, P2) autour du tourillon de palier (L2B) et à générer un effet d'amortissement.7. Machine à pistons alternatifs (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** l'élément élastomère (L2 ; L2ES) est une couche appliquée, en particulier une couche pulvérisée ou vulcanisée, de préférence est une couche appliquée sur une surface du tourillon de palier (L2BO), une surface intérieure de bielle de la première bielle (P1) et/ou une surface intérieure de bielle de la deuxième bielle (P2), et/ou l'élément élastomère (L2 ; L2ES) sert à supporter des mouvements de rotation des bielles (P1, P2) autour du tourillon de palier (L2BO) et à générer un amortissement.8. Machine à pistons alternatifs (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce que** l'élément élastomère (L2 ; L2E ; L2E1 ; L2E2 ; L2E3 ; L2ES) est annulaire, en forme de douille ou en forme de manchon.9. Machine à pistons alternatifs (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce que** l'élément élastomère (L2) est en forme de plaque, en particulier est une noppe ou est en forme de segment annulaire (L2, L2Ea, L2Eb).10. Machine à pistons alternatifs (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisée en ce que** l'élément élastomère (L2) est connecté à, ou est en contact avec, un support métallique (MT, MTi, MTa), en particulier une douille métallique, un manchon métallique (MTi, MTa), une bague métallique ou plusieurs plaquettes métalliques.11. Machine à pistons alternatifs (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisée en ce que** l'élément élastomère (L2 ; L2E1, L2E2, L2E3) présente au moins deux bagues élastomères (L2 ; L2E1, L2E2, L2E3) qui sont disposées parallèlement et à distance l'une de l'autre autour du tourillon de palier (L2B).12. Machine à pistons alternatifs (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisée en ce que** l'élément élastomère (L2) présente au moins une plaquette en élastomère disposée seulement d'un côté, en particulier au niveau d'un côté supérieur du tourillon de palier, ou présente au moins deux plaquettes en élastomère opposées l'une à l'autre, disposées au niveau du côté supérieur du tourillon de palier et d'un côté inférieur du tourillon de palier.13. Machine à pistons alternatifs (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisée en ce que** l'au moins un élément élastomère (L2 ; L2E) est disposé entre un support métallique intérieur (MTi) et extérieur (MTa), et le support métallique intérieur (MTi) est connecté au tourillon de palier (L2B) et le support métallique extérieur (MTb) est connecté, en particulier est connecté fixement et directement, à au moins l'une des bielles (P1, P2).

14. Machine à pistons alternatifs (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, **caractérisée en ce que** l'au moins un élément élastomère (L2 ; L2E ; L2E2) est disposé entre un support métallique intérieur (MTi) et au moins l'une des bielles (P1, P2), et le support métallique intérieur (MTi) est connecté au tourillon de palier (L2B) et l'élément élastomère (L2 ; L2E ; L2E2) est connecté, notamment fixement et directement, à au moins l'une des bielles (P1, P2) .
15. Machine à pistons alternatifs (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, **caractérisée en ce que** l'au moins un élément élastomère (L2 ; L2E) est disposé entre le tourillon de palier (L2B) et un support métallique extérieur (MTa) et l'élément élastomère (L2 ; L2E) est connecté, en particulier fixement et directement, au tourillon de palier (L2B), et le support métallique extérieur (MTa) est connecté à au moins l'une des bielles (P1, P2).
16. Machine à pistons alternatifs (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, **caractérisée en ce que** l'au moins un élément élastomère (L2 ; L2Ea, L2Eb) présente au moins deux segments annulaires (L2Ea, L2Eb) séparés l'un de l'autre.
17. Machine à pistons alternatifs (400) selon la revendication 16, dans laquelle, parmi les au moins deux segments annulaires séparés (L2Ea, L2Eb), au moins un premier segment annulaire (L2Ea) est disposé sur un côté supérieur du tourillon de palier entre le tourillon de palier (L2B) et la bielle (P1, P2), et au moins un deuxième segment annulaire (L2Eb) est disposé sur un côté inférieur du tourillon de palier entre le tourillon de palier (L2B) et la bielle (P1, P2).
18. Machine à pistons alternatifs (400) selon la revendication 16 ou 17, **caractérisée en ce que** les segments annulaires séparés les uns des autres de l'élément élastomère (L2) entoure au plus un quart de la périphérie sur le côté supérieur du tourillon de palier et au plus un quart de la périphérie sur le côté inférieur du tourillon de palier, de telle sorte qu'au moins la moitié de la périphérie de la surface de tourillon de palier (L2BO) du tourillon de palier (L2B) soit exempte d'élément élastomère (L2).
19. Machine à pistons alternatifs (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, **caractérisée en ce qu'un** angle de déviation maximal de déviation des bielles (P1, P2) entre des axes longitudinaux respectifs des bielles (P1, P2) vaut au plus 14°, par exemple au plus 10°, de préférence environ 7°.
20. Machine à pistons alternatifs (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, **caractérisée en ce que**
- la première bielle (P1) est supportée directement sur le maneton de vilebrequin (432) au moyen d'un palier de bielle (L1), et le premier piston (K1) est retenu sur la première bielle (P1) au moyen d'une fixation de piston (K11), et
 - le deuxième piston (K2) est façonné sur la deuxième bielle (P2).
21. Machine à pistons alternatifs (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 20, **caractérisée en ce que** le compresseur de piston (400) est formé en tant que compresseur à deux ou plusieurs étages (400), avec au moins un premier et un deuxième étage de compresseur (401, 402), ou sous forme de compresseur à deux cylindres ou plusieurs cylindres, la première bielle (P1) du deuxième étage de compresseur (402), notamment l'étage haute pression du compresseur, étant formée, la première bielle (P1) étant supportée directement sur le maneton de vilebrequin (432) au moyen d'un palier de bielle (L1), et/ou la deuxième bielle (P2) du premier étage de compresseur (401), en particulier de l'étage basse pression du compresseur, étant formée.
22. Installation d'alimentation en air comprimé (1001) pour faire fonctionner une installation pneumatique (1002), en particulier une installation de ressort pneumatique d'un véhicule, de préférence d'un véhicule de tourisme, comprenant un écoulement d'air comprimé (DL), présentant :
- un agencement de sécheur d'air (100) dans une conduite pneumatique principale (200) qui relie pneumatiquement une alimentation en air comprimé (1) d'un compresseur d'air (400) et un raccord d'air comprimé (2) à l'installation pneumatique (1002), et
 - un agencement de soupape (300) raccordé pneumatiquement à la conduite pneumatique principale (200) pour commander l'écoulement d'air comprimé (DL) et un sécheur d'air (101) dans la conduite pneumatique principale (200),
 - un compresseur d'air (400) avec une machine à pistons alternatifs (400), en particulier un compresseur à pistons à deux ou plusieurs étages (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 21, étant raccordé à l'alimentation en air comprimé (1).

23. Système d'alimentation en air comprimé (1000) comprenant une installation pneumatique (1002) et une installation d'alimentation en air comprimé (1001) selon la revendication 22, pour faire fonctionner l'installation pneumatique (1002) avec un écoulement d'air comprimé (DL), en particulier une installation de ressort pneumatique d'un véhicule, de préférence d'un véhicule de tourisme, la conduite pneumatique principale (1002) reliant pneumatiquement une alimentation en air comprimé (1) d'un compresseur d'air (400) avec une machine à pistons alternatifs (400), en particulier un compresseur à pistons à deux ou plusieurs étages (400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 21, et un raccord d'air comprimé (2) à l'installation pneumatique (1002).
24. Véhicule, en particulier véhicule de tourisme, comprenant une installation pneumatique (1002), en particulier une installation de ressort pneumatique, et une installation d'alimentation en air comprimé (1001) selon la revendication 22, pour faire fonctionner l'installation pneumatique (1002) avec un écoulement d'air comprimé (DL).



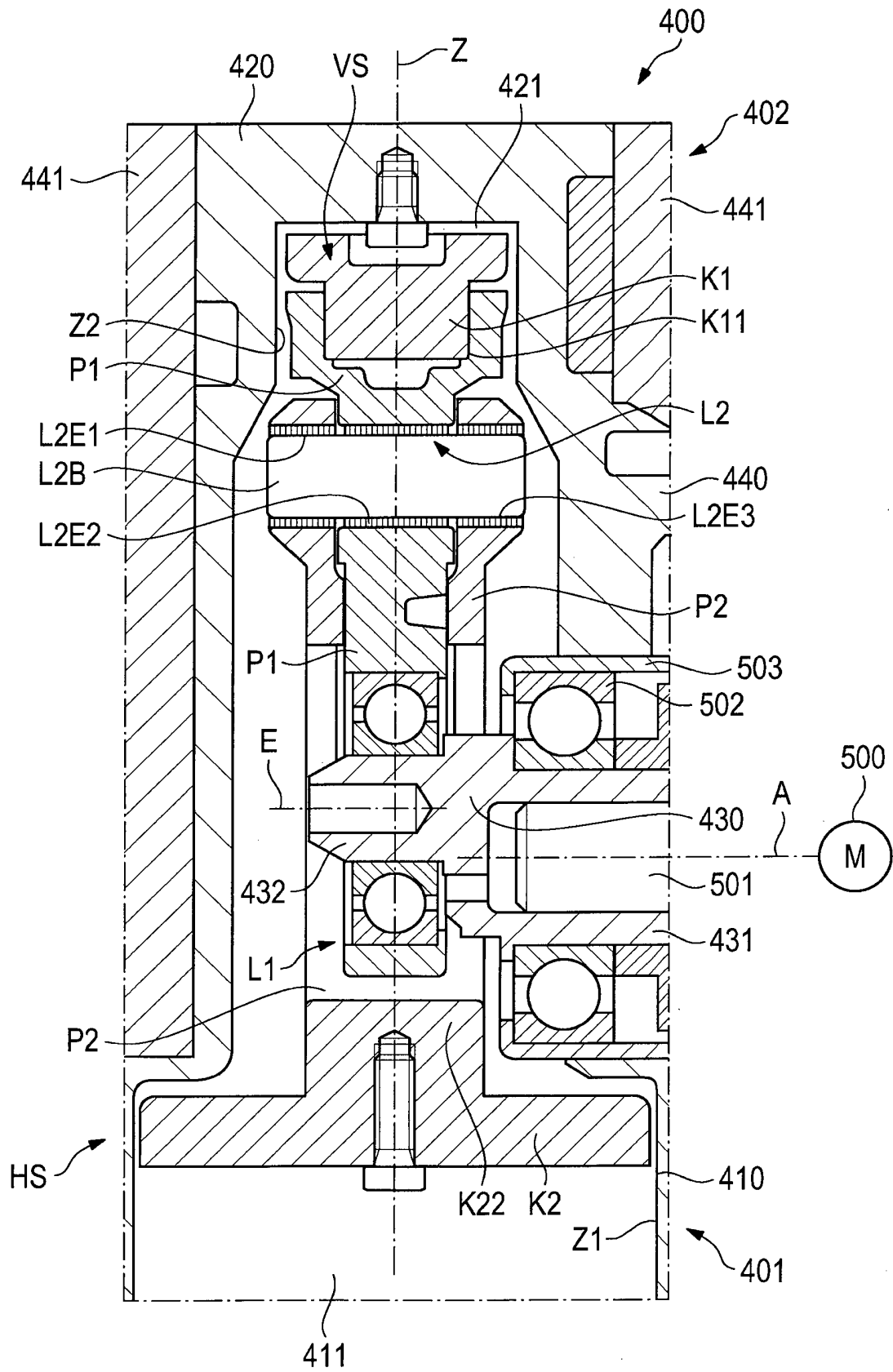


Fig. 2

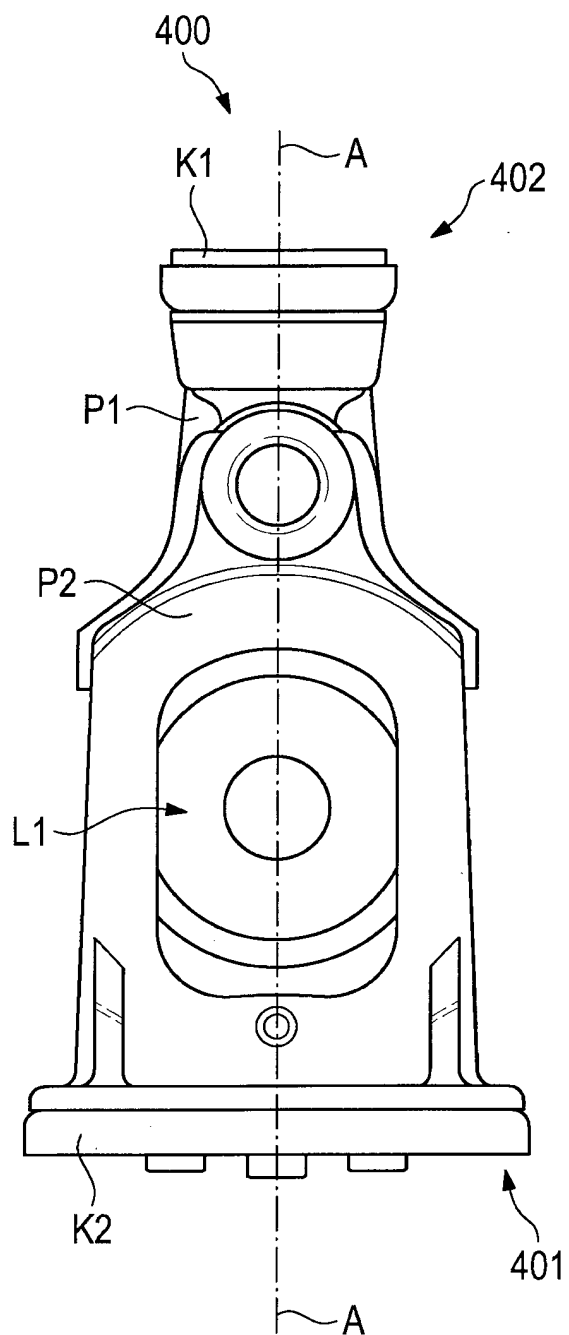


Fig. 3a

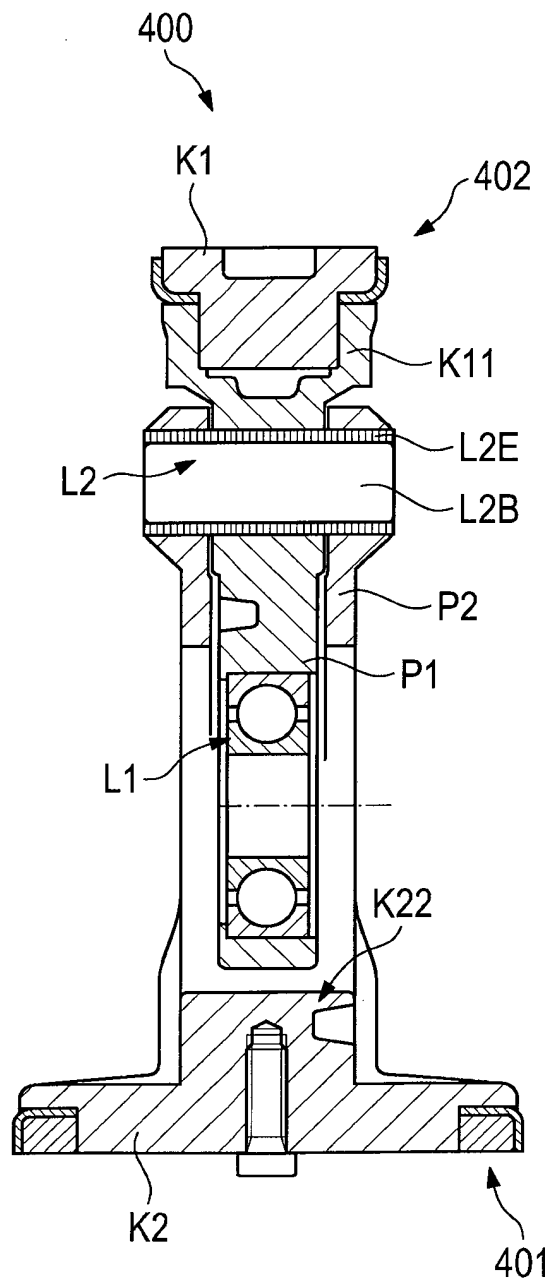


Fig. 3b

Fig. 3

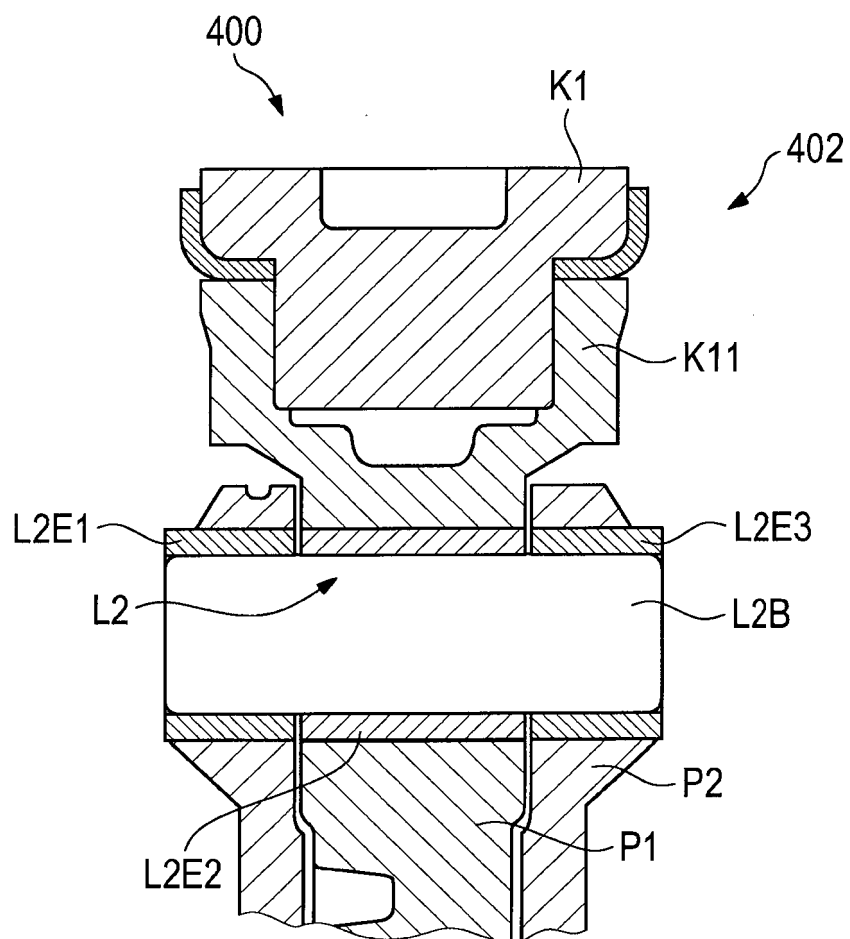


Fig. 4

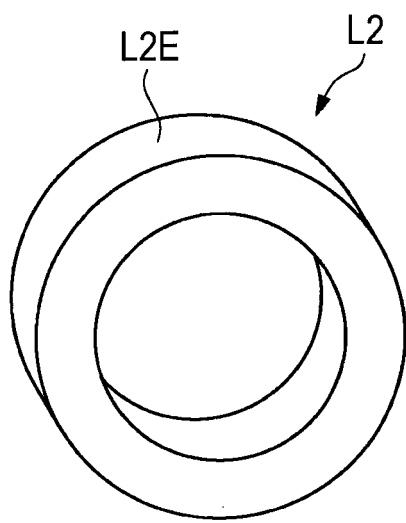


Fig. 5

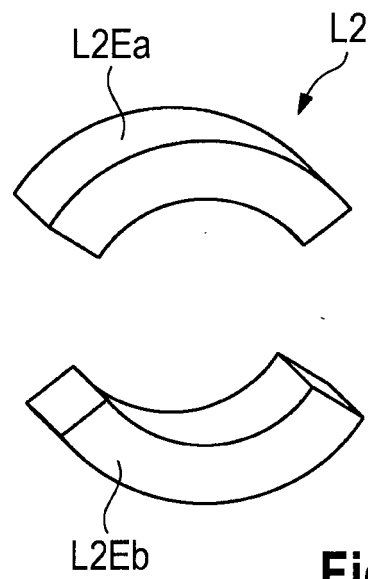


Fig. 6

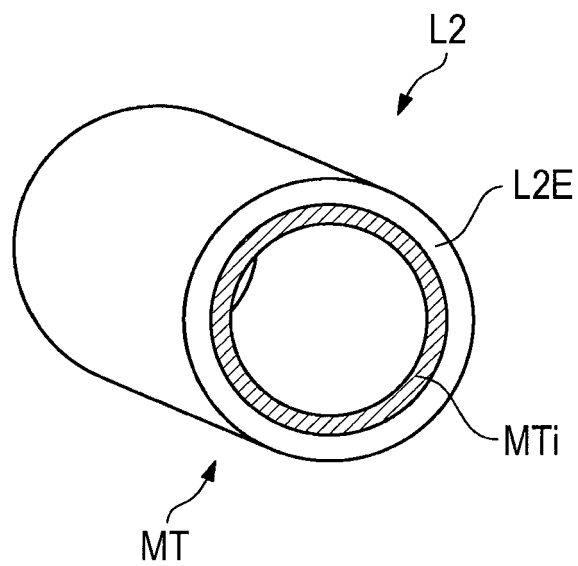


Fig. 7

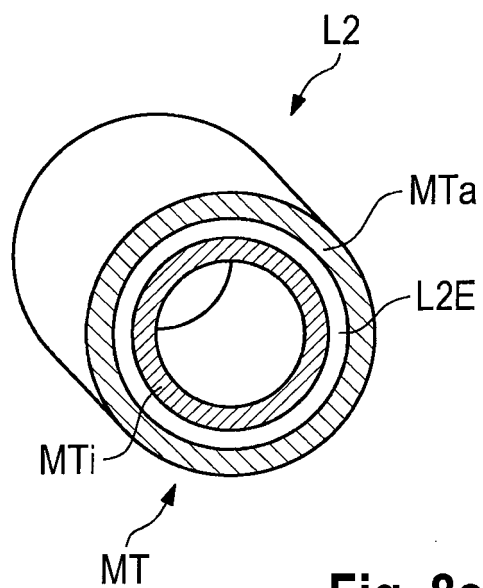


Fig. 8a

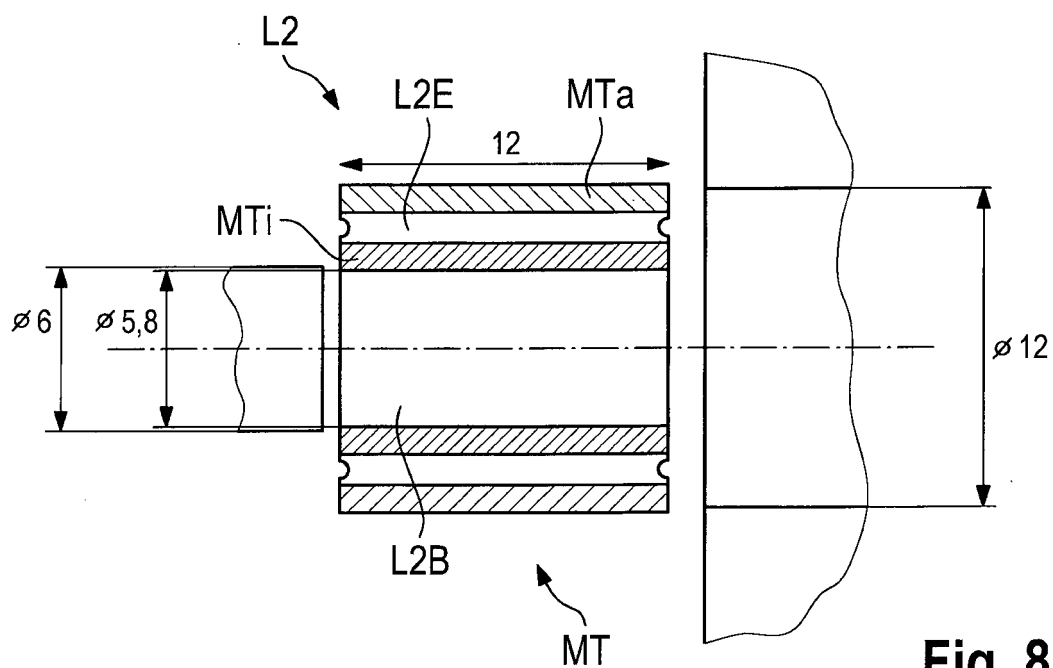


Fig. 8b

Fig. 8

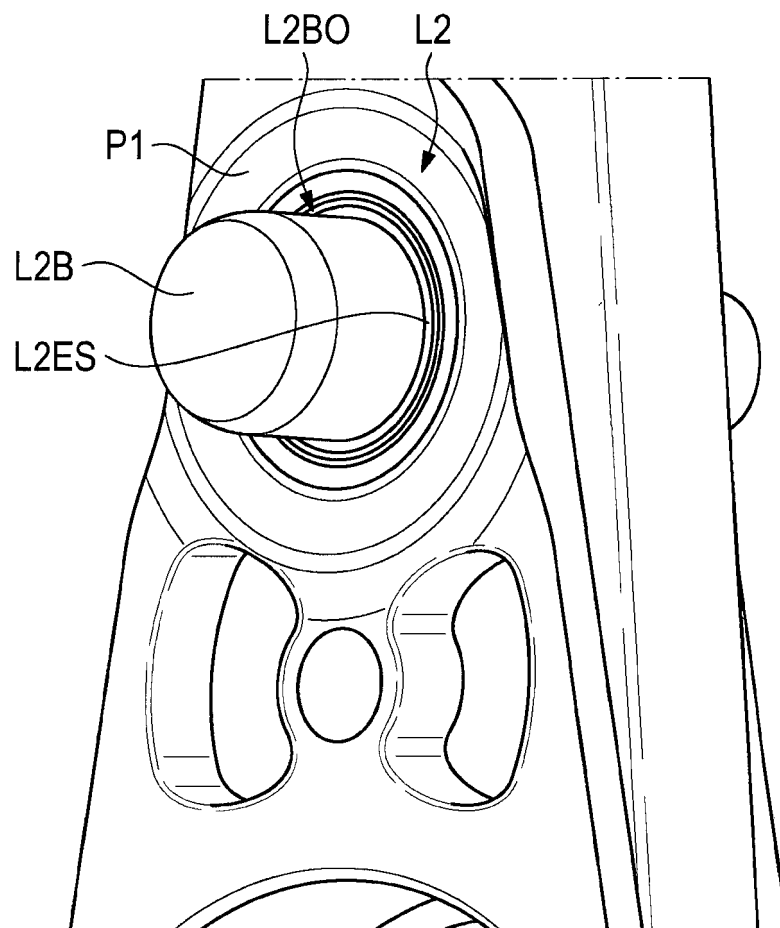


Fig. 9

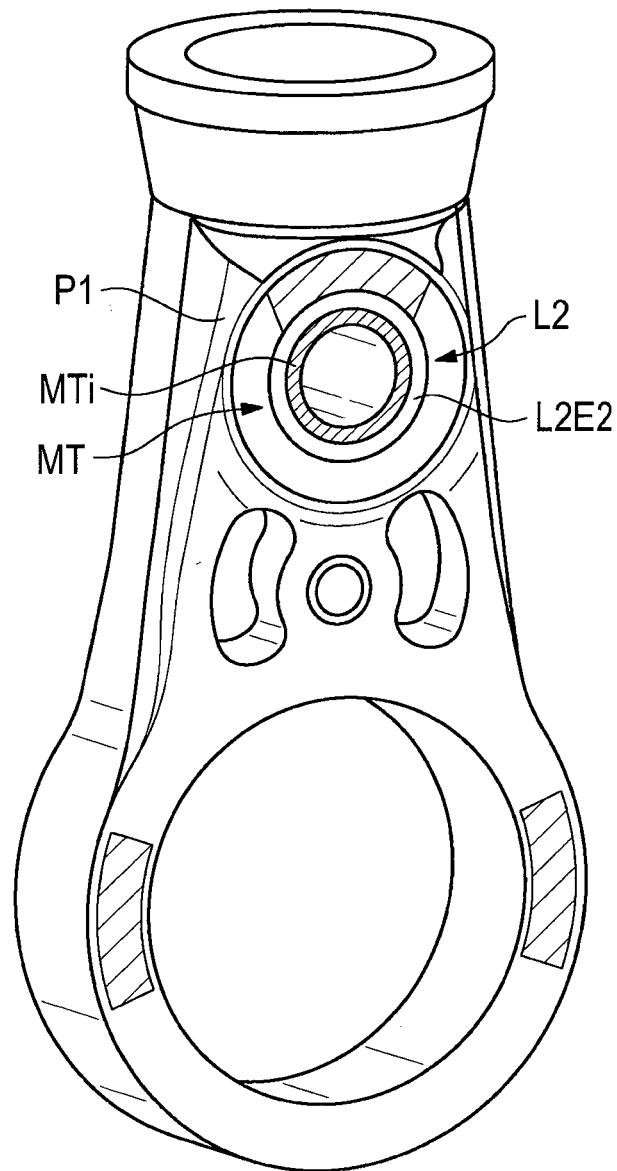


Fig. 10

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

- DE 102004020104 [0009]
- DE 4420861 A1 [0012]
- WO 2004029476 A1 [0013]