

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. November 2015 (19.11.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/173390 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F02B 75/04 (2006.01) *F02D 15/02* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/060759
- (22) Internationales Anmeldedatum:
15. Mai 2015 (15.05.2015)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2014 007 050.6 15. Mai 2014 (15.05.2014) DE
- (71) Anmelder: FEV GMBH [DE/DE]; Neuenhofstr. 181, 52078 Aachen (DE).
- (72) Erfinder: SCHAFFRATH, Uwe; Ackerstraße 32, 52134 Herzogenrath (DE).
- (74) Anwalt: VON KREISLER SELTING WERNER; Deichmannhaus am Dom, Bahnhofsvorplatz 1, 50667 Köln (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PISTON MACHINE HAVING A CONNECTING-ROD SHANK HAVING A PLURALITY OF PARTS AND CONNECTING ROD HAVING SUCH A CONNECTING-ROD SHANK

(54) Bezeichnung : KOLBENMASCHINE MIT EINEM PLEUELSCHAFT MIT MEHREREN TEILEN UND PLEUEL MIT EINEM DERARTIGEN PLEUELSCHAFT

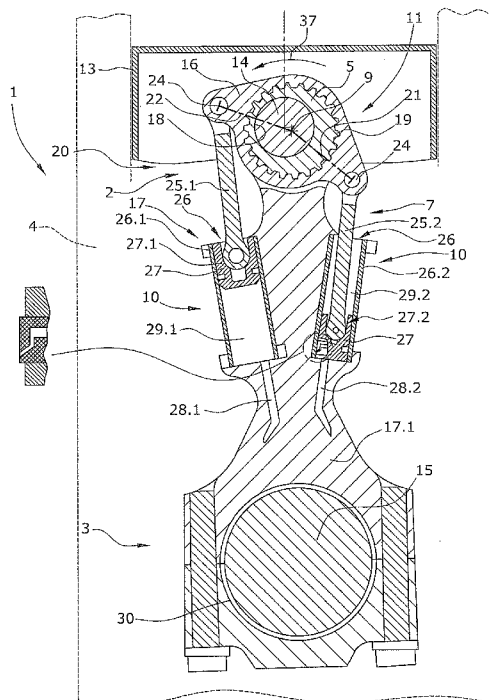


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a piston machine, comprising a crankshaft (15) and at least one connecting rod (17) supported on the crankshaft (15), wherein the connecting rod (17) has a small and a large connecting-rod bearing eye and wherein the connecting rod (17) has a connecting-rod shank (17.1). A compression piston (13), preferably a combustion-chamber piston, is supported by the connecting rod (17) by means of an eccentric (5) and can be adjusted by the connecting rod by means of an adjusting mechanism. The adjusting mechanism is supported by means of at least one supporting piston that can be displaced in a supporting cylinder (26) of the connecting rod (17), wherein the connecting-rod shank (17.1) comprises the supporting cylinder (26). At least one supporting-cylinder component (10), in particular designed as a sleeve, is attached to and/or in the connecting-rod shank (17.1), in which supporting-cylinder component the at least one supporting cylinder (26) is formed.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kolbenmaschine umfassend eine Kurbelwelle (15), zumindest einen an der Kurbelwelle (15) gelagerten Pleuel (17), wobei der Pleuel (17) ein kleines und ein großes Pleuellagerauge aufweist, und wobei der Pleuel (17)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2015/173390 A1



Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

einen Pleuelschaft (17.1) aufweist. Von dem Pleuel (17) ist ein Verdichtungskolben (13), vorzugsweise ein Brennkammerkolben, mittels eines Exzenters (5) getragen und über einen Verstellmechanismus verstellbar. Der Verstellmechanismus stützt sich mittels zumindest eines in einem Stützzylinder (26) des Pleuels (17) verfahrenen Stützkolben ab, wobei der Pleuelschaft (17.1) den Stützzylinder (26) aufweist. An und/oder in dem Pleuelschaft (17.1) ist mindestens ein insbesondere als Hülse ausgeführtes Stützzylinder-Bauteil (10) angebracht, in dem der mindestens eine Stützzylinder (26) ausgebildet ist.

**Kolbenmaschine mit einem Pleuelschaft mit mehreren Teilen und
Pleuel mit einem derartigen Pleuelschaft**

Die vorliegende Patentanmeldung nimmt die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2014 007 050.6 vom 15. Mai 2014 in Anspruch, deren Inhalt hiermit durch Bezugnahme zum Gegenstand der vorliegenden Patentanmeldung gehört.

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kolbenmaschine mit veränderbarem Verdichtungshub, auch "variable compression rate", abgekürzt VCR-Kolbenmaschine, wie auch ein Verfahren für eine Veränderung des Verdichtungshubs bei einer Kolbenmaschine. Die Kolbenmaschine ist bevorzugt eine Brennkraftmaschine insbesondere eines Straßenfahrzeugs und weist daher bevorzugt zumindest zwei Zylinder mit jeweiligem Verstellmechanismus auf. Mindestens ein Pleuel der Kolbenmaschine weist einen Pleuelschaft mit mehreren Teilen auf.

10

15

Das Bedürfnis, Kolbenmaschinen möglichst optimiert in unterschiedlichen Bereichen nutzen zu können, führt dazu, dass unter anderem der Kolbenhub veränderbar sein sollte. Dadurch kann der Kolbenhub an jeden Einsatzfall und erforderlichen Betriebszustand der Kolbenmaschine angepasst variiert werden. Wird also die Kolbenmaschine im Betrieb in unterschiedlichen Bereichen, zum Beispiel Lastbereichen eingesetzt, kann dem auch durch eine Verstellung des Hubes und damit der resultierenden Verdichtung Rechnung getragen werden.

20

25

Im Stand der Technik existieren eine Vielzahl an verschiedenen Lösungen für eine Änderung der Verdichtung einer Kolbenmaschine während des Betriebs. So geht aus der DE-A-10 2007 040 699 eine magnetische Lösung hervor. Die Erfindung geht allerdings eher von einer Kolbenmaschine aus, wie sie aus der DE-A-10 2005 055 199 hervorgeht. Auf den Inhalt dieser Druckschrift wird be-

züglich des Umfangs der Erfindungsoffenbarung verwiesen, da aus der Druckschrift der grundsätzliche Aufbau der Kolbenmaschine und eines möglichen einsetzbaren, speziellen Pleuels wie aber auch das prinzipielle Verstellverfahren hervorgeht.

5

Weiterhin ist bekannt, dass die bei einer VCR-Kolbenmaschine entstehenden Momente sich mittels eines Abstützmechanismus auf einem Ölpolster abstützen, das in Stützzylindern gehalten wird. Es hat sich herausgestellt, dass diese Stützzylinder am Pleuelschaft fertigungstechnisch nur leider recht aufwendig herstellbar sind. Darüber hinaus stellen die Stützzylinder eine zusätzliche bewegte Masse dar, die für die Kinematik von Pleuel unerwünscht ist. Die Ausbildung der Stützzylinder im Pleuel führt zu fertigungstechnisch bedingten Nachteilen, beispielsweise zu einem hohen Gewicht des Pleuels aufgrund der erforderlichen Mindest-Wanddicke, um Schmiede- und Fertigungstoleranzen einzuhalten, wie aber auch bei einer Feinbearbeitung der Zylinderfläche, beispielsweise durch Honen, welches aufgrund der Ausgestaltung des Stützzylinders als in den Pleuelschaft eingebrachte Sacklochbohrung erschwert war.

20 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Kolbenmaschine mit einem Pleuel zur Verfügung zu stellen, welches einfacher zu fertigen ist und womit ein verbessertes Stellverhalten bei einer Veränderung des Verdichtungsverhältnisses bei einer Kolbenmaschine ermöglicht werden kann.

25 Die Aufgabe wird mittels einer Kolbenmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen gehen aus den zusätzlichen Ansprüchen hervor, die jeweils für sich eigenständige Lösungen aber auch zusammen mit den anderen kombiniert spezielle Lösungen ergeben. Darüber hinaus können ein oder mehrere Merkmale der vorliegenden Ansprüche austauschbar durch ein oder mehrere Merkmale aus anderen Ansprüchen, der Beschreibung wie auch den Figuren sein. Die vorlie-

30

genden Ansprüche bilden einen ersten Ansatz zur Beschreibung der Erfindung, ohne die Erfindung selbst aber dadurch beschränken zu wollen.

In allgemeinsten Form lässt sich die Erfindung dadurch umreißen, dass der
5 mindestens eine Stützzylinder bzw. mindestens einer der Stützzylinder des
Verstellmechanismus des Pleuels in einem Stützzylinder-Bauteil ausgebildet
ist, das nach seiner Herstellung an dem Pleuel bzw. an dessen Pleuelschaft
montiert wird. Dieses Stützzylinder-Bauteil kann eine beliebige Außenkontur
aufweisen, wobei praktischerweise insoweit der Ausgestaltung der Außenkon-
10 tur Grenzen gesetzt sind, als der Pleuel mit dem Stützzylinder-Bauteil in dem
Zylinderkurbelgehäuse untergebracht werden muss. Das Stützzylinder-Bauteil
kann ein oder mehrere Stützzylinder aufweisen. Die Querschnittsfläche des
bzw. eines Stützzylinders kann dabei jede beliebige Form annehmen und ins-
besondere rund, vorzugsweise kreisrund oder oval, elliptisch o.dgl. ausgeführt
15 sein.

Der mit dem erfindungsgemäßen Ansatz erzielte Vorteil des Pleuels ist ferti-
gungstechnischer Art. Es ist wesentlich einfacher und damit kostengünstiger,
den Stützzylinder bzw. genauer gesagt den zylindrischen Hohlraum des Stütz-
20 zylinders in einem Bauteil auszubilden, das separat und damit getrennt vom
Pleuel hergestellt wird. Es hat sich nämlich herausgestellt, dass die Ausbildung
von Stützzylindern direkt im Pleuelschaft mit nicht unerheblichem konstruktiv-
en und montage- sowie herstellungstechnischen Aufwand verbunden ist. We-
sentlich einfacher demgegenüber ist es, den Stützzylinder separat vom Pleuel
25 auszubilden, um dann das entsprechende Stützzylinder-Bauteil anschließend
am bzw. im Pleuel, vorzugsweise in einer (Teil-)Ausnehmung des Pleuelschafts
bzw. des Pleuels zu montieren. Besonders vorteilhaft ist es, wenn als Stützzyl-
linder-Bauteil ein Rohr bzw. ein Röhrchen oder eine Hülse verwendet wird. So-
fern im Folgenden im Zusammenhang mit einer Hülse einzelne Merkmale und
30 Vorteile der Erfindung beschrieben werden, sind diese auf die Ausbildung eines
Stützzylinder-Bauteils als Hülse nicht beschränkt, sondern gelten auch allge-
mein für andere Ausgestaltungen von Stützzylinder-Bauteilen.

Die getrennte Ausbildung von Stützzyylinder und Pleuel ermöglicht es überdies, für den Stützzyylinder ein anderes Material als für den Pleuel zu verwenden. Somit ergibt sich der Vorteil, dass für das Stützzyylinder-Bauteil ein wesentlich leichtgewichtigerer Werkstoff verwendet werden kann, als dies für den Pleuel der Fall ist. Beispiele für leichtgewichtige Werkstoffe sind Aluminium, eine Aluminiumlegierung, Faserverbundmaterialien, insbesondere mit Kohlefasern. Die mechanische Verbindung von Stützzyylinder-Bauteil und Pleuel erfolgt kraftschlüssig, formschlüssig und/oder reibschlüssig. Zur Erzielung derartiger mechanischer Verbindungen zweier Bauteile existieren im Stand der Technik zahlreiche Varianten von Fügetechniken, die auch bei der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden können.

Gemäß einer speziellen Ausgestaltung der Erfindung wird mit dieser eine Kolbenmaschine mit veränderbarem Verdichtungshub vorgeschlagen, umfassend

- 15 - eine Kurbelwelle,
- zumindest einen an der Kurbelwelle drehbar gelagerten Pleuel, wobei der Pleuel ein kleines und ein großes Auge aufweist, und wobei der Pleuel einen Pleuelschaft aufweist,
- einen am Pleuel angeordneten Verdichtungskolben, vorzugsweise einen Brennkammerkolben, der mittels eines Verstellelements, insbesondere Exzentrers und eines Verstellsystems, bevorzugt eines Verstellgestänges, exzentrisch verstellbar ist, wobei sich das Verstellsystem über zumindest einen Stützkolben abstützt, der in einem Stützzyylinder des Pleuelschafts verfahrbar ist,
- 20 - wobei der Pleuelschaft mehrteilig mit einem Grundkörper ausgebildet ist, wobei der Stützzyylinder als eine separat vom Pleuel hergestellte Hülse ausgebildet und mit dem Grundkörper verbunden ist.

Insbesondere kann der Pleuelschaft mindestens zwei Hülsen für zwei Stützzyylinder aufweisen, die mit dem Grundkörper verbunden sein.

Der Begriff Hülse beschreibt hierbei ein Rohr oder Röhrrchen, das nach der Verbindung mit dem Grundkörper des Pleuelschafts die Funktion des Stützzy-
linders übernimmt. Der Begriff Rohr oder Röhrrchen beschreibt einen länglichen
Hohlkörper, dessen Länge in der Regel wesentlich größer als sein Durchmesser
5 ist. Das Rohr oder Röhrrchen ist dabei in Axialrichtung vorzugsweise an seinen
beiden Enden offen. Es kann aber auch eine Hülse genutzt werden, die einen
Boden aufweist. Der Boden kann zum Beispiel geschlossen sein. Der Boden
kann aber auch mit zumindest einer Durchlassöffnung, vorzugsweise einer Zu-
lauf- und/oder Ablauföffnung versehen sein. Eine weitere Ausgestaltung sieht
10 vor, dass zumindest eine der beiden Stirnseiten einer Hülse einen Kragen auf-
weist, der sich nach innen und/oder außen erstreckt.

Aufgrund der (bevorzugten) Ausgestaltung des Stützzyinders als Hülse, wel-
che mit dem Grundkörper des Pleuelschafts montierbar ist, kann die Bearbei-
15 tung eines Pleuels dergestalt, dass dieses einen Stützzyinder aufweist, vereinfacht
werden. Beispielsweise kann durch die Verwendung einer Hülse die Fein-
bearbeitung, beispielsweise das Honen, der Zylinderfläche vereinfacht werden.
Beispielsweise kann die Feinbearbeitung vor der Montage der Hülse an dem
Pleuelschaft erfolgen, so dass die Feinbearbeitung nicht in einem Sackloch er-
20 folgen muss, wie es der Fall wäre, wenn der Stützzyinders direkt in dem
Pleuelschaft integriert ausgebildet wird. Weiterhin kann durch die Verwendung
einer Hülse als Stützzyinder die Wanddicke des Stützzyinders verringert wer-
den, da keine z.B. toleranzbedingte Wanddicke für die Schmiede- und Ferti-
gungstoleranzen wie bei einem einteiligen Pleuelschaft vorgehalten werden
25 muss, wodurch ein geringeres Gewicht ermöglicht wird. Stattdessen können
die erforderlichen Toleranzen bereits bei der Herstellung der Hülse für den
bzw. jeden Stützzyinder berücksichtigt werden. Weiterhin ergeben sich durch
den erfindungsgemäßen mehrteiligen Aufbau des Pleuelschafts zusätzliche
Freiheitsgrade hinsichtlich der Einbringung von Hydraulik-Bohrungen in den
30 Pleuelschaft, da die Stützzyinder erst nach der Ausbildung der Hydraulik-
Bohrungen an den Pleuelschaft montiert werden. Dadurch kann die Bearbei-
tung des Pleuelschafts vereinfacht werden.

Weiterhin hat sich herausgestellt, dass die Hülse als vorgefertigtes Produkt auch mit ein oder mehreren Anschlüssen bzw. Öffnungen zum Beispiel in einer Seitenwand und/oder in einem Kragen oder Boden versehen sein kann. Dies erlaubt, einen Zu- und einen Ablauf von insbesondere Öl in der Hülse als spä-

5 terer Stützzylinder im Pleuel sicherstellen zu können. Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht beispielsweise vor, dass an der Hülse eine Leitung angebracht ist, die sodann z.B. mit dem Pleuelschaft und einem dortigen Anschluss verbunden wird, vorzugsweise nach Einsetzen der Hülse in den Pleuelschaft.

10 Bei der Kolbenmaschine stützt sich der Stützkolben in dem Stützzylinder auf einem im Wesentlichen inkompressiblen Medium ab. Das Medium ist bevorzugt ein Schmierstoff (wie z.B. Öl), der auch in der übrigen Kolbenmaschine an anderer Stelle dort zum Einsatz kommt. Bevorzugt ist der Exzenter in dem kleinen Pleuellagerauge angeordnet, wobei der Verdichtungskolben an dem Ex-

15 zenter gelagert ist. Die Kolbenmaschine kann ein oder mehrere derartige auf der Kurbelwelle angeordnete Pleuel aufweisen. Prinzipiell kann eine Verstellung so erfolgen, wie es aus der oben schon erwähnten DE-A-10 2005 055 199 oder aber auch aus der DE-A-10 2012 014 917 oder der DE-A-10 2011 108 790 hervorgeht, auf die diesbezüglich aber auch bezüglich der Verstellung und des

20 Aufbaus der Kolbenmaschine und des Pleuels nebst Stützzylinder und Stützkolben vollumfänglich im Rahmen der Offenbarung dieser Erfindung verwiesen wird. Der Inhalt der drei zuvor genannten Schriften wird hiermit durch Bezugnahme zum Gegenstand der vorliegenden Anmeldung.

25 Während der Stützzylinder das Medium aufnimmt, auf dem sich der Stützkolben abstützt, unterteilt der Stützkolben den Stützzylinder-Hohlraum den Inhalt des Stützzylinders, zum Beispiel in einen mit dem Medium gefüllten Abstützraum und in einen Verstellraum, in den der Stützkolben verfährt, wenn es zu einer Verstellung des Verdichtungskolbens kommen soll. Der Verstellraum ist

30 bevorzugt nicht mit dem Medium gefüllt, wobei jedoch auch Ausgestaltungen möglich sind, in denen auch der Verstellraum zumindest teilweise mit dem Medium gefüllt ist. Der Verstellraum ist bevorzugt luftgefüllt.

Es ist bevorzugt, dass der Stützzylinder über eine stoffschlüssige Verbindung, insbesondere durch Schweißen, eine kraftschlüssige Verbindung, insbesondere durch Verschrauben, und/oder durch Verpressen mit dem Pleuelschaft verbindbar ist.

5

Der Begriff stoffschlüssige Verbindung beschreibt hierbei alle Verbindungen, bei denen die Verbindungspartner durch atomare oder molekulare Kräfte zusammengehalten werden. Es handelt sich dabei um nicht lösbare Verbindungen, die sich nur durch Zerstörung der Verbindungsmittel trennen lassen. Der Begriff Schweißen beschreibt ein unlösbares Verbinden von Bauteilen unter Anwendung von Wärme und/oder Druck, mit oder ohne Schweißzusatzwerkstoffe. Weitere stoffschlüssige Verbindungen, mit denen der Stützzylinder an dem Grundkörper des Pleuelschafts befestigt werden kann, sind Löten oder Kleben.

10

15

Eine kraftschlüssige Verbindung entsteht durch die Übertragung von Kräften. Dazu zählen z.B. Druckkräfte oder Reibungskräfte. Der Zusammenhalt der kraftschlüssigen Verbindung wird durch die wirkende Kraft gewährleistet. Zugkräfte können mit kraftschlüssigen Verbindungen nicht übertragen werden, da sich beide Verbindungspartner voneinander lösen würden. Auch Schraubverbindungen sind in den meisten Fällen kraftschlüssige Verbindungen, da die Schrauben so fest angezogen werden, zumindest vorgespannt sind, dass die beiden verbundenen Teile durch Reibung zusammenhalten.

20

25

Des Weiteren kann über eine Warm- und/oder Kaltbehandlung eine Verbindung von Hülse und Pleuelschaft geschaffen werden.

30

Ferner kann die Herstellung einer Verbindung des/jedes Stützzylinders mit dem Grundkörper des Pleuelschafts an den jeweiligen eingesetzten Fertigungsprozess angepasst werden.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der Stützzyylinder aus einem anderen Material als der Pleuelschaft herstellbar. Beispielsweise kann der Pleuelschaft aus einem Metall, wie z.B. C70, mikrolegierte Stähle, Sintermetalle, Vergütungsstähle, Titan oder Gusseisen hergestellt sein. Die Hülse ist
5 beispielsweise aus Metall, Kohlefaser, Kunststoff, Keramik oder einer Metalllegierung hergestellt. Auf diese Weise kann die Wahl des Materials des Pleuelschafts und der Hülse für den Stützzyylinder der Kolbenmaschine einer Verbrennungskraftmaschine eines z.B. Fahrzeugs wie einem Straßenfahrzeug oder einer Maschine angepasst werden. Beispielsweise kann der Pleuelschaft aus
10 Titan und der Stützzyylinder aus einem Vergütungsstahl hergestellt sein, um die Anforderungen der Kolbenmaschine der Verbrennungskraftmaschine zu erfüllen.

Vorzugsweise ist der Stützzyylinder aus Aluminium herstellbar. Auf diese Weise
15 kann das Gewicht bei der Kolbenmaschine verringert werden.

Es ist bevorzugt, dass der Stützzyylinder und der Stützkolben einen gezielten Leckagepfad bilden. Insbesondere kann der gezielte Leckagepfad bevorzugt für das Medium vorgesehen sein, auf dem sich der Stützkolben in dem Stützzylin-
20 der abstützt. Es hat sich herausgestellt, dass mittels des Leckagepfads und dessen gezielter Einstellung beispielsweise verhindert werden kann, dass der Stützkolben über die Zeit immer weiter eintaucht und sich dadurch eine ungewollte Verstellung der Exzentrizität ergibt. Ein weiterer Vorteil kann beispielsweise sein, dass mittels des gezielten Leckagepfads eine Entlüftung zur Verfüg-
25 ung gestellt wird. Sollte sich in dem abstützenden Medium zum Beispiel Schaum, Luftbläschen oder ein anderes kompressibles Medium ansammeln, kann mittels des gezielten Leckagepfads ein Vorbeiströmen in einem Spalt zwischen Stützzyylinder und Stützkolben erfolgen.

30 Vorzugsweise ist der Leckagepfad nur zeitweise frei. Beispielsweise kann die zeitweise Freigabe mit einer Bewegung des Stützkolbens einhergehen. Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist der Leckagepfad während einer Bewe-

gung des Stützkolbens in eine erste Richtung wie auch in die dazu entgegengesetzte zweite Richtung jeweils zumindest zum Teil gezielt freigegeben. Dieses kann beispielsweise während der gesamten Bewegung oder aber auch nur während eines Teils der Bewegung der Fall sein. Der Leckagepfad kann beispielweise durchgängig gleichzeitig freigegeben sein. Er kann aber auch abschnittsweise bzw. schrittweise, d.h. nach und nach freigegeben sein. Auch besteht die Möglichkeit, dass der Leckagepfad einer gewissen Willkürlichkeit hinsichtlich seines Verlaufs zwischen Stützkolben und Stützzylinder unterliegt. Beispielsweise kann es von der Bewegung abhängen, in welcher Weise sich der Leckagepfad einstellt. Die Definierung des Leckagepfads erfolgt hierbei insbesondere durch die Geometrie des Stützzylinders, des Stützkolbens, deren Relativbewegung zueinander in axialer wie auch radialer Richtung. Eine weitere Ausgestaltung sieht hingegen die Definierung des Leckagepfads mittels eines vorgegebenen, festgelegten Weges vor, entlang dessen das Medium strömen muss. Auch können beide Ausgestaltungen hinsichtlich des Leckagepfads miteinander kombiniert werden. So können unterschiedliche Bereiche zwischen Stützkolben und Stützzylinder jeweils unterschiedlich den Leckagepfad definieren.

Die vorstehend beschriebenen Merkmale des Leckagepfads sind nicht auf die Realisierung eines Stützzylinders an einem Pleuel gemäß der Erfindung beschränkt und sind insoweit unabhängig davon und bei allen Pleuel-Konstruktionen mit Stützzylinder und -kolben anwendbar.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung, die zusammen wie auch unabhängig von den anderen beschriebenen Ausgestaltungen eingesetzt werden kann, sieht eine Kolbenmaschine vor, bei der der Stützkolben ohne ein separates Dichtelement zwischen Stützkolben und Stützzylinder versehen ist und ohne Dichtelement entlang des Stützzylinders verfährt.

30

Ein Vorteil bei Nutzung eines Stützkolbens ohne Dichtelement ist zum Beispiel eine Minimierung der Reibung zwischen Stützkolben und Stützzylinder. Dieses

ist zum Beispiel vorteilhaft in Bezug auf die Schaltzeiten, insbesondere bei kleinen Drehzahlen, vor allem auch in Richtung "hoher Verdichtung", also hohem Verdichtungsverhältnis, da hier nur geringe Massenträgheitsmomente, hervorgerufen durch die Vor- und Zurückbewegung des Verdichtungskolbens, wirken, auf die das Verstellsystem ohne eine unterstützende Bewegungskraft zur Verstellung des Verdichtungsbolzens angewiesen ist.

Eine bevorzugte Auslegung des definierten Leckagepfads erfolgt zum Beispiel wie folgt:

10

Für eine Spaltleckage eines exzentrischen Ringspaltens wird von folgendem mathematischen Zusammenhang ausgegangen:

$$Q_L = \frac{\pi \cdot d_m \cdot h^3 \cdot \Delta p}{12 \cdot \eta \cdot l} \cdot \left[1 + \frac{3}{2} \left(\frac{e}{h} \right)^2 \right]$$

mit d_m = mittl. Durchmesser der Dichtstelle, h = Spalthöhe, l = Länge der Dichtstelle, η = dyn. Viskosität, e = Exzentrizität.

15

Ein Durchmesserunterschied zwischen dem Stützkolben und dem Stützzylinder wird so bemessen, dass die Leckage sehr gering bleibt, aber es nicht zu einem Klemmen des Kolbens kommen kann. Durch die Bewegung des Stützkolbens wird sich hierbei der Leckagepfad ändern. Durch eine geeignete Auslegung der Passung zwischen Stützkolben und Stützzylinder gelingt es, ohne ein separates Dichtmittel zwischen Stützkolben und Stützzylinder auskommen zu können.

Gemäß einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass ein Einsacken des Stützzylinders um 1 % bis 2 % oder mehr bezogen auf den gesamten Verfahrensweg, der gleich dem Hub des Abstützmechanismus ist, akzeptiert werden kann. So hat sich herausgestellt, dass zum Beispiel ein Einsacken von ca. 0,3 mm bei ca. 30 mm Stützkolben-Hub noch zu keiner derartigen Verfälschung der Verstell-

position des Verdichtungskolbens führt, die bei permanenter Wiederholung schließlich in einer völligen Fehlstellung des Verdichtungskolbens endet.

5 Bevorzugt ist eine Durchmesserdifferenz zwischen Stützkolben und Stützzylin-
der, die hierfür beispielweise auf der Gaskraftseite ca. 0,1 % bis 0,2 % bezo-
gen auf den Nenndurchmesser des Stützzyinders beträgt. Die Gaskraftseite ist
hierbei diejenige, die sich bei einer Bewegung des Pleuels aufgrund der wir-
kenden Verbrennung und Expansion bei zum Beispiel einer Verbrennungs-
kraftmaschine als Druckkraft auf den Verdichtungskolben und damit auf den
10 Stützkolben als Verstellkraft auswirkt. So wird zum Beispiel für einen Durch-
messer von 14 mm ein diametrales Spiel von etwa ca. 0,025 mm vorgesehen.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist beispielsweise vorgesehen, dass
Stützkolben und Stützzyylinder mittels einer Klassierung gezielt gepaart sind.
15 Die Klassierung kann zum Beispiel mittels einer genauen Oberflächenvermes-
sung und Konturermittlung einhergehen, die es erlaubt, diejenigen Zylin-
der/Kolben-Paare festzulegen, die tatsächlich die entsprechende Durchmes-
serdifferenz entlang des Verfahrwegs des Stützkolbens auch einhält. Die
Stützzyylinder-Oberfläche muss von der Form und Oberflächenbeschaffenheit
20 für ein Dichtkonzept geeignet sein, wobei diese bevorzugt gehont, feingespinn-
delt oder geschliffen ist. Eine Laseroberflächenbearbeitung ist ebenfalls mög-
lich.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass für eine Zylinder/Kolben-Stützeinheit auf
25 der Massenkraftseite ein größeres Spiel akzeptiert wird, da hier üblicherweise
ein niedrigeres Öl-Druckniveau vorliegt. Mit "Massenkraftseite" ist diejenige
Stützeinheit gemeint, die aus Massenträgheitsmomenten des vor- und zurück-
bewegten Verdichtungskolben resultierende Kräfte auffängt.

30 Es wird des Weiteren eine Kolbenmaschine vorgeschlagen, bei der der Pleuel
einen ersten und einen zweiten Stützkolben aufweist, die im Verhältnis zuei-
einander einen unterschiedlichen Durchmesser aufweisen, wobei der erste

Stützkolben einen kleineren Durchmesser besitzt und zwischen dem ersten Stützkolben und dem diesen zugeordneten ersten Stützzylinder ein erster Spalt vorliegt, der größer ist als derjenige zwischen dem zweiten Stützkolben und dem diesen zugeordneten zweiten Stützzylinder.

5

Eine derartige Anordnung kann bevorzugt dem Unterschied der Größe der Momente, die auf der Massenkraftseite- und der Gasseite wirken, angepasst werden, insbesondere an die dadurch wirkenden Drücke. Bevorzugt ist der kleinere Durchmesser auf der Seite angeordnet, an der niedrigere Drücke wirken.

10

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass in dem Grundkörper des Pleuelschafts eine erste Hülse und eine zweite Hülse angeordnet sind und jeweils einen Stützzylinder des Verstellsystems bilden, wobei die erste Hülse einen anderen Innendurchmesser aufweist als die zweite Hülse. Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, dass eine erste Hülse und eine zweite Hülse in dem Grundkörper des Pleuelschafts angeordnet sind und jeweils einen Stützzylinder des Verstellsystems bilden, wobei die erste Hülse einen anderen Außendurchmesser aufweist als die zweite Hülse. Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, dass die erste Hülse einen anderen Innendurchmesser als die zweite Hülse aufweist, ein Außendurchmesser der ersten Hülse aber mit einem Außendurchmesser der zweiten Hülse übereinstimmt.

15

20

Der Verbrennungs-Spitzendruck und die Massenkräfte im Kurbeltrieb (kinematisches System insbesondere aus Kurbelwelle, Pleuel und ggf. Schwungrad) spiegeln sich über die geometrischen Verhältnisse wie insbesondere Exzentrizität, Hebellänge, Kraftangriffswinkel der Stützstangen, Stützkolbendurchmesser in den Stützzylinderdrücken wieder. Auf dem gaskraftseitigen Stützzylinder können durchaus Öl-Drücke von 300 bar und mehr wirken (z.B. über 400 bar). Eine bevorzugte Ausgestaltung sieht eine Nutzung eines definierten Leckagepfads ohne Dichtelement zwischen Stützkolben und Stützzylinder vor, wobei im Stützzylinder Drücke von über 400 bar auftreten können.

25

30

Die Stützkolbenhöhe geht in die oben angegebene Beziehung zur Auslegung vergleichsweise nur linear ein. Daher ist sie von geringerer Wertigkeit als das diametrale Spiel. Dennoch sollte die Stützkolbenhöhe möglichst groß bemessen sein, wobei sich eine Höhe zwischen ca. dem 0,8- bis 1,5-fachen des Kolbendurchmessers als vorteilhaft erwiesen hat.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass zumindest der Stützkolben und/oder die Hülse auf ihrem Innenumfang beschichtet sein kann, zum Beispiel mit Graphit, um durch Schmierung das Spiel zwischen Stützkolben und Stützzylinder minimieren zu können. Bevorzugt wird eine Kolbenmaschine vorgeschlagen, bei derer der Stützkolben auf seinem Umfang eine Beschichtung aufweist, bevorzugt eine Einlaufbeschichtung, mittels der der Stützkolben zuerst unter Druck in den Stützzylinder hinein gestopft werden muss und die sich im Betrieb abnutzt, um dadurch einen Spalt zwischen dem Stützkolben und dem Stützzylinder zu schaffen, und/oder bevorzugt eine Schutzbeschichtung, die eine höhere Abriebfestigkeit aufweist als das eigentliche Material des Stützkolbens und/oder der Hülse.

Es können beispielweise bei einer derartigen Ausgestaltung höhere Fertigungstoleranzen eingeplant werden, da die Einlaufbeschichtung als Opferschicht fungieren kann und somit das Spiel überbrückt.

Eine weitere Ausgestaltung der Kolbenmaschine sieht vor, dass der Stützkolben mit einem Dichtelement versehen ist, welches eine gezielte Leckage zulässt, vorzugsweise mittels einer Teilung in einen Stoßbereich des Dichtelements und einen axialen Spiel zwischen einer Höhe des Dichtelements einerseits und andererseits einer Nuthöhe einer Nut, in der das Dichtelement angeordnet ist.

Ein Dichtelement, das für eine gezielte Leckage sorgen kann, sieht beispielweise einen Dichtring aus Kunststoff vor, der an einer Stoßstelle, die zur Montage benötigt wird, diagonal geteilt ist. Durch den Winkel des Stoßes und das axiale

Spiel, d.h. Dichtringhöhe zu Nuthöhe, kann ein Leckagestrom durch diese Form der Definierung des Leckagepfads eingestellt werden, zum Beispiel zur Entlüftung.

- 5 Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass der Stützkolben entlang seines Außenumfangs ein oder mehrere zumindest teilweise umlaufende Rillen aufweist. Bevorzugt kann der Stützkolben an der Außenseite mit kleinen Nuten ausgeführt sein. Diese sorgen für eine zusätzliche Dichtwirkung, da der Leckagestrom hier verwirbelt.

10

Eine Weiterbildung, die aber auch unabhängig von anderen Ausgestaltungen sein kann, sieht eine Kolbenmaschine vor, bei der der Stützkolben mit einem Element des Verstellgestänges mittels einer Kugelpopfverbindung verbunden ist. Bevorzugt ist die Verbindung zwischen einer Stützstange des Verstellgestänges und dem Stützkolben als Kugelpopf-Verbindung ausgeführt. Dieses kann insbesondere in Form einer Bischofsmützen-Kontur erfolgen. Dadurch wird die wirksame Dichtlänge nicht durch einen Bolzen unterbrochen. Eine Ausgestaltung sieht hierfür vor, dass die Kolbenmaschine einen Stützkolben mit einer Innenkontur aufweist, die ballig ist, auf der ein Kopf der Kugelpopfverbindung aufliegt. Die Aufliegefläche kann beispielsweise reibmindernd beschichtet sein.

15

20

Damit die Hertzschen Pressungen so gering wie möglich bleiben, wird folgendes für die Kugelpopfverbindung vorgeschlagen:

25

- der Kugeldurchmesser soll so groß wie möglich sein, d.h. die Kontaktlänge der Linienberührung ist zu maximieren;
 - der Stützkolben darf dadurch aber nicht so dünnwandig werden, dass Deformationen zum Klemmen führen;
 - das Verhältnis aus Kugeldurchmesser zu Stützkolbendurchmesser soll
- 30 bevorzugt in einem Bereich von 0,70 zu 0,85 liegen.

30

Weiterhin ist es bevorzugt, wenn die stirnseitige Außenkontur des Stützkolbens aufweist, die ballig ist. Die Stützkolbenkontur kann ballig ausgeführt werden, wodurch die Klemmneigung bei kleinen Spielen vermindert wird.

- 5 Eine Weitere Ausgestaltung sieht vor, dass die Kolbenmaschine zumindest einen Stützkolben mit einer Geometrie aufweist, die bei Druckaufbringung über das Verstellgestänge ein Aufweiten des Stützkolbens erlaubt, wobei der Spaltabstand zwischen Innenfläche des Stützzyinders und einer gegenüberliegenden Außenfläche des Stützkolbens verringert wird.

10

In Verbindung mit dem Kugelkopf kann in den Kolben eine zusätzliche Entlüftungsbohrung eingebracht werden, da der Kugelsitz unter Druck eine Dichtwirkung hat. Für diesen Fall ist zum Beispiel vorgesehen, dass keine Luft "rückwärts" angesaugt werden kann. Dies wird vorzugsweise dadurch erreicht, dass zu den Zeitpunkten im Arbeitszyklus der Kolbenmaschine, in denen eine Zugkraft an den Stützstangen wirkt, in jedem Fall der Mediumdruck in den Stützzylindern größer ist als der Druck im Kurbelgehäuse.

15

Eine weitere Ausgestaltung sieht einen Stützkolben mit einer durchgehenden Entlüftungsbohrung vor, deren eines Ende in einem Bereich einer Kolbenstirnseite des Stützkolbens in eine erste Seite des Stützzyinders mündet und deren anderes Ende in eine zweite Seite des Stützzyinders mündet, wobei die erste und die zweite Seite des Stützzyinders voneinander durch den Stützkolben getrennt sind.

25

Bevorzugt wird die Kolbenmaschine in Form einer Verbrennungskraftmaschine insbesondere eines Straßenfahrzeugs verwendet, wobei die Verbrennungskraftmaschine einen einstellbaren Hub zur Verdichtungsänderung während des Betriebs unter Nutzung zumindest eines mittels eines Exzenters verstellbaren Brennraumkolbens aufweist, wobei die Verstellung mittels eines Verstellgestänges infolge auf den Brennraumkolben einwirkender Gas- und/oder Massekräfte ausführbar ist.

30

Es ist bevorzugt, dass der Stützkolben auf seinem Umfang eine Beschichtung aufweist, bevorzugt eine Einlaufbeschichtung, mittels derer der Stützkolben zuerst unter Druck in den Stützzylinder eingebracht werden muss und die sich im Betrieb abnutzt, um dadurch einen Spalt zwischen dem Stützkolben und dem Stützzylinder zu schaffen, und/oder bevorzugt eine Schutzbeschichtung, die eine höhere Abriebfestigkeit aufweist als das eigentliche Material des Stützkolbens.

Die vorgeschlagene Kolbenmaschine weist bevorzugt eine Ausgestaltung auf, bei der der Pleuel einen ersten und einen zweiten Stützkolben hat, die über das Verstellgestänge und einen Exzenter, der den Brennraum- bzw. Verdichtungskolben trägt, miteinander verbunden sind, wobei der erste Stützkolben mit dem Verstellgestänge über eine Kugelkopf-Verbindung und der zweite Stützkolben mit dem Verstellgestänge über eine Bolzen-Verbindung verbunden ist.

Gemäß einem weiteren Gedanken der Erfindung, der bevorzugt bei einer der oben vorgeschlagenen Kolbenmaschine beispielhaft ausführbar ist, wird ein Verfahren zur Verstellung einer Verdichtung einer Kolbenmaschine mittels eines verstellbaren Kolbenhubs vorgeschlagen, wobei die Verstellung des Kolbenhubs unter Ausnutzung von wirkenden Masse- und/oder Gaskräften erfolgt, die dazu auf ein Verstellgestänge und einen daran angeordneten Stützkolben einwirken, wobei der Stützkolben in dem in dem Stützzylinder-Bauteil ausgebildeten Stützzylinder verfährt, wobei Öl der Kolbenmaschine als dämpfendes Medium der Bewegung des Stützkolbens in dem Stützzylinder entgegenwirkt.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass zumindest eine Hülse, vorzugsweise beide Hülsen, die jeweils einen Stützzylinder bilden, austauschbar im Grundkörper des Pleuelschafts angeordnet ist bzw. sind. Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, dass die bzw. jede Hülse nur zum Teil in den Grundkörper des Pleuelschafts eingelassen ist. Vorzugsweise wird die Hülse an ihrem Außenumfang zumindest teilweise freigelassen und nicht vom Grundkörper

umschlossen. Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die Hülse an einem Ende vollständig vom Grundkörper umschlossen ist, am anderen Ende hingegen nicht. Hierbei kann beispielsweise vorgesehen sein, dass die Hülse entlang eines ersten Bereichs vollständig durch den Grundkörper umschlossen ist, in einem
5 zweiten Bereich hingegen nicht. Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die Hülse entlang ihrer gesamten äußeren Erstreckung zumindest teilweise durch den Grundkörper umschlossen ist. Eine andere Ausgestaltung sieht hingegen vor, dass die Hülse in einem Axialabschnitt (über ihren gesamten Umfang oder einen Teil davon) aus dem Grundkörper herausragt. Vorzugsweise kann zwischen dem Stützkolben und dem Stützzyylinder das Öl entlang eines gezielten
10 Leckagepfads strömen kann.

Eine weitere Ausgestaltung eines Gedankens der Erfindung betrifft ein Verfahren, welches bevorzugt auch mit dem obigen Verfahren zusammen angewendet
15 werden kann, zur Verstellung einer Verdichtung einer Kolbenmaschine, bevorzugt mit einer oben beschriebenen Ausgestaltung einer Kolbenmaschine, wobei die Verstellung des Kolbenhubs unter Ausnutzung von wirkenden Masse- und/oder Gaskräften erfolgt, die dazu auf ein Verstellgestänge und einen daran angeordneten Stützkolben einwirken, wobei der Stützkolben in einem
20 Stützzyylinder verfährt, wobei Öl der Kolbenmaschine als dämpfendes Medium einer Bewegung des Stützkolbens in dem Stützzyylinder entgegenwirkt, wobei bei einem Losbrechmoment von 0,7 Nm oder weniger eine Reibung zwischen Stützkolben und Stützzyylinder überwunden und eine Verstellung des Stützkolbens im Stützzyylinder erfolgt.

25

Bevorzugt ist das Losbrechmoment am Stützkolben beim ersten Betrieb der Kolbenmaschine höher und baut sich bei länger andauernder Nutzung der Kolbenmaschine langsam ab. Insbesondere kann durch einen wirkenden Druck im Stützzyylinder eine Steifigkeit zum Beispiel eines Dichtelements abnehmen. Bei
30 kleinen Drehzahlen wie zum Beispiel 1000 U/min kann das Losbrechmoment im oberen Totpunkt (OT) etwa 0,7 Nm betragen.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines mit einer Kurbelwelle umlaufenden Pleuels für eine oben beschriebene Kolbenmaschine, wobei der Pleuel ein kleines (Kolbenlager) und ein großes (Hublager) Auge und einen Pleuelschaft aufweist, umfassend mindestens folgende Schritte:

- 5 - Bereitstellen eines Pleuelschafts, wobei der Pleuelschaft einen Grundkörper umfasst;
 - Bereitstellen von mindestens einer Hülse; und
 - Verbinden der Hülse mit dem Grundkörper.
- 10 Auf diese Weise kann ein Pleuelschaft mit mindestens einem Stützzylinder bestehend aus mehreren Teilen für eine Kolbenmaschine zur Verfügung gestellt werden.

Das Verbinden kann beispielsweise mittels Montierens der mindestens einen Hülse auf den Grundkörper des Pleuelschafts erfolgen. . Beispielsweise kann die Hülse eingeschraubt werden. Das Montieren kann manuell wie auch maschinell erfolgen

Die Ausgestaltung der Erfindung mit zwei Stützzylindern ist im Endeffekt
20 gleichbedeutend mit einer Ausführungsform, bei der ein Stützzylinder mit doppelt wirkendem Stützkolben vorgesehen ist. Beidseitig des Stützkolbens bilden sich quasi zwei Arbeitsräume, die wie zwei Stützzylinder mit jeweils einem Stützkolben wirken. Insoweit ist es also erfindungsgemäß ebenfalls denkbar, dass das Stützzylinder-Bauteil einen Stützzylinder mit einem doppelt wirkenden
25 Stützkolben umfasst.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen gehen aus den nachfolgenden Figuren hervor. Die aus den Figuren jeweils hervorgehenden Ausgestaltungen dienen jeweils zur Erläuterung der Erfindung, ohne diese aber
30 beschränken zu wollen. Vielmehr können ein oder mehrere Ausgestaltungen miteinander kombiniert wie auch ein oder mehrere Merkmale aus einer Figur bzw. der obigen Beschreibung mit ein oder mehreren Merkmalen aus einer an-

deren Figur bzw. der obigen Beschreibung zu weiteren Ausgestaltungen verknüpft werden. Es zeigen:

- 5 Fig. 1 eine Ausgestaltung eines Pleuelschafts, mittels dessen eine einstellbare Änderung eines Verdichtungsverhältnisses einer Kolbenmaschine in einer Hubkolbenverbrennungskraftmaschine ermöglicht ist,
- 10 Fig. 2 eine Ausgestaltung eines Stützkolbens mit einer Kugelkopfverbindung,
- Fig. 3 eine weitere Ausgestaltung einer Kugelkopfverbindung,
- Fig. 4 eine zusätzliche Ausgestaltung eines Stützzyinders und
- 15 Fig. 5 eine letzte Ausgestaltung eines mindestens 2-stufigen VCR-Systems basierend auf dem Prinzip einer variablen effektiven Pleuellänge.

Fig. 1 zeigt eine Ausgestaltung, mittels der eine einstellbare Änderung eines Verdichtungsverhältnisses bei einer Kolbenmaschine 1 in Form einer Hubkolbenverbrennungskraftmaschine mit einem bei 4 angedeuteten Gehäuse ermöglicht ist, wobei gegebenenfalls mindestens ein Pleuel 17 einen Pleuelschaft 17.1 aufweist, an/in dem zwei Stützzyinder 26 in Form von Hülsen 26.1, 26.2 befestigt sind. Die Hülsen 26.1, 26.2 sind in diesem Ausführungsbeispiel in dem Pleuelschaft 17.1 verpresst. In diesem Ausführungsbeispiel sind die Hülsen 26.1, 26.2 für die Stützzyinder aus einem anderen Material als der Pleuelschaft 17.1 hergestellt; z.B. sind der Pleuelschaft 17.1 aus einem Gussstahl und die Hülsen 26.1, 26.2 der Stützzyinder aus Aluminium hergestellt.

Der Pleuel 17 weist ein großes Pleuellagerauge 3, über das der Pleuel 17 an der Pleuellagerauge 2 auf, das über einen Zapfen 14 den Verdichtungskolben 13 trägt. In dem kleinen Pleuellagerauge 2 ist wiederum ein Exzenter 5 angeordnet, der drehbar gelagert ist. Der

Exzenter 5 weist eine Bohrung 18 zur Aufnahme des Kolbenbolzens 14 auf. An seiner Außenfläche weist der Exzenter 5 eine Verzahnung 19 auf. Über diese Verzahnung 19 ist der Exzenter 5 formschlüssig mit einem Hebelsystem 20 verbunden, das als Abstützmechanismus und vorzugsweise auch als Rücklauf-
5 sperre wirkt. Das Hebelsystem 20 weist einen Schwenkhebel 16 auf, der mit der Verzahnung 19 des Exzenters 5 formschlüssig verbunden ist und den Exzenter 5 im Bedarfsfall verschwenkt. Der Schwenkhebel 16 und der Exzenter 5 bilden ein Verstellelement 11 zum Verstellen des Verdichtungskolbens 13. Kinematisch betrachtet weist das Verstellelement 11 zwei Hebel 21, 22 auf, die
10 sich vom Drehpunkt 9 des Verstellelements 11 aus erstrecken und von denen der Hebel 22 länger ist als der Hebel 21. Über seinen ersten Hebel 21 und den zweiten Hebel 22 ist der Schwenkhebel 16 an einer Abstützeinheit 7 abgestützt, wie nachfolgend beschrieben wird.

15 Aus Fig. 1 ist weiterhin zu entnehmen, dass das Hebelsystem 20 axial geführt ist. Ferner weist das Hebelsystem 20 Verbindungsgelenke 24 zwischen dem Schwenkhebel 16 bzw. an dessen beiden Hebeln 21, 22 auf. Über die Verbindungsgelenke 24 sind (Kolben-)Stangen 25.1 und 25.2 angelenkt. Im Pleuel 17 wiederum sind in dessen Pleuelschaft 17.1 Stützzylinder-Bauteile 10 in
20 Form von z.B. Hülsen 26.1, 26.2 als Stützzylinder 26 angeordnet. In den Hülsen 26.1, 26.2 sind Stützkolben 27 geführt, an denen jeweils die Stangen 25.1, 25.2 angelenkt sind. Bei einer durch Gas- oder Massenkräfte hervorgerufenen und zugelassenen Verdrehung des Exzenters 5 verschieben sich die beiden Stützkolben 27.1, 27.2 in den jeweiligen Stützzylindern 26 (Hülsen 26.1,
25 26.2). Die Stützzylinder 26 im Pleuel 17 weisen Kanäle 28.1, 28.2 auf, die jeweils zu einem Arbeitsraum 29.1, 29.2 in den Hülsen 26.1, 26.2 (Stützzylinder 26) führen. Am großen Pleuellagerauge 3 sind Pleuellagerschalen 30 angeordnet. Da die Lagerschalen 30 mit einer umlaufenden Nut versehen sind, die in Verbindung mit einer Ölversorgung über die Pleuellagerauge 3
30 zu jedem Zeitpunkt ein Öldruck an. Der Bewegungsablauf bei einer Veränderung des Verdichtungsverhältnisses geht im Übrigen näher aus der DE-A-

10 2005 055 199 hervor, auf die hiermit Bezug genommen wird und die somit zum Gegenstand der vorliegenden Patentanmeldung gehört.

Die Funktionsweise des Pleuels 17 zur Einstellung eines anderen Verdichtungsverhältnisses wird im Folgenden am Beispiel der Einstellung eines niedrigen Verdichtungsverhältnisses erläutert. Wird im Motorbetrieb ein niedriges Verdichtungsverhältnis gewünscht, so wird zum Beispiel ein Mehrwegeventil in eine Stellung gebracht, in der die beiden Kanäle für den Abfluss von Öl in den Arbeitsraum 29.1 und für den Zufluss von Öl in den anderen Arbeitsraum 29.2 freigegeben sind. In denjenigen Motorphasen, in denen in Folge der Verbrennung Gasdruckkräfte auf dem Pleuel 17 lasten und sich dieses in Richtung Kurbelwelle (also nach unten) bewegt, wird der Stützkolben 27.1 weiter in die Hülse 26.1 hineingeschoben, so dass das in dem ersten Arbeitsraum 29.1 befindliche Öl in den Kanal 28.1 verdrängt wird. Gleichzeitig verfährt der Stützkolben 27.2 und saugt über den Kanal 28.2 Öl in den zweiten Arbeitsraum 29.2 hinein. Der Exzenter 5 kann sich somit schrittweise in Richtung des Pfeils 37 in Fig. 1 verdrehen. Diese gegenläufige Verschiebung der beiden Stützkolben 27.1, 27.2 wird automatisch beendet, wenn sich die Hubbewegung des Pleuels 17 umkehrt und der Pleuel sich wieder nach oben bewegt. Jetzt wirkt auf den zweiten Stützkolben 27.2 eine Kraft, die durch die Trägheit der "beschleunigten" Masse des Verdichtungskolbens, des Exzenters 5 sowie des Hebelsystems 20 resultiert. Da der Kanal 28.2 nicht freigegeben ist (das nicht gezeigte Ventil ist geschlossen), stützt sich der Stützkolben 27.2 auf dem Ölvolumen in den Arbeitsraum 29.2 ab. Eine Verdrehung des Exzenters 5 in Gegenrichtung ist nicht möglich, da der erste Arbeitsraum 29.1 verschlossen ist und der erste Stützkolben 27.1 nicht eintauchen kann.

Bei nächster Umkehr der Pleuelbewegung "zieht" die Massekraft an dem zweiten Stützkolben 27.2, so dass wieder Öl in den Arbeitsraum 29.2 gelangt. Gleichzeitig verdrängt der erste Stützkolben 27.1 Öl aus dem Arbeitsraum 29.1. Diese schrittweise gegensinnige Bewegung der beiden Stützkolben 27.1, 27.2 führt insoweit ggf. über mehrere Arbeitszyklen der Kolbenmaschine zu

einer Verdrehung des Exzenters aus der einen Verdreh-Endstellung, bei der sich einer der beiden Stützkolben 27 am Boden des zugehörigen Stützzylinders 26 befindet, während der andere Stützkolben vom Boden "seines" Stützzylinders beabstandet ist, in die andere Verdreh-Endstellung, in der die Situation
5 hinsichtlich der von den Stützkolben jeweils eingenommenen Position genau umgekehrt zum zuvor Beschriebenen ist.

Zur Verstellung des Verdichtungsverhältnisses von einem (bzw. dem) kleineren Wert zu einem (bzw. dem) größeren Wert wird dafür gesorgt, dass nur
10 dann, wenn an dem Stützkolben 27.2 "gezogen" wird (was infolge der Massenträgheit mit Beginn des Ansaugens von Luft in den Brennraum der Fall ist), eine Verstellung des Hebelsystems 20 und damit eine Verdrehung des Exzenters entgegen dem Pfeil 37 der Fig. 1 in Richtung zu der dort gezeigten Exzenterposition erfolgt. Je nach Auslegung eines oder mehrerer hydraulischen Wi-
15 derstände und einer Größe der Triebwerkskräfte kann sich daher ein Eintauchvorgang über mehrere Arbeitszyklen erstrecken. Der hydraulische Widerstand wird vorzugsweise durch eine Verbindungsleitung oder durch eine darin befindliche Drosselstelle gebildet.

20 Diese Ausgestaltung eines Verfahrens ist nur beispielhaft, ebenso wie der Aufbau des Pleuels, und nicht beschränkend. Die verwendeten Stützkolben weisen einen definierten Leckagepfad auf, der hier in Bezug auf den ersten Stützkolben 27.1 vergrößert in Form einer speziellen Dichtungsgestaltung eines Dicht-
elements ermöglicht ist.

25

Fig. 2 zeigt eine beispielhafte Ausgestaltung eines Stützkolbens 27 mit einer Kugelkopfverbindung 40, wobei in dem Stützzylinder 26 bzw. dem Stützkolben 27 eine Entlüftungsbohrung 42 angeordnet ist.

30

Fig. 3 zeigt eine weitere beispielhafte Ausgestaltung einer Kugelkopfverbindung 40 eines Stützzylinders 26, wobei der Stützzylinder 26 eine ballige Stirnfläche aufweist.

Fig. 4 zeigt eine Ausgestaltung eines Stützzylinders 26, der eine Kontur aufweist, die bei Druck zu einer Spaltverengung zwischen Stützzylinder 26 und Stützkolben 27 durch Aufweitung des Stützkolbens führt. Die Kontur an der Stirnseite mit ihrer bevorzugt umlaufenden Ausnehmung 44 ermöglicht, dass die Steifigkeit des Stützkolbens 27 an der Stirnseite gezielt am äußeren Umfang geschwächt wird, so dass der Öldruck zu einer kleinen Deformation des Stützkolbens 27 führt und damit das Spiel verkleinert, wobei die Verkleinerung druckabhängig erfolgt.

Fig. 5 zeigt in beispielhafter Ausgestaltung ein mindestens 2-stufiges VCR-System basierend auf dem Prinzip einer variablen Pleuellänge. Hierzu ist ein Exzenter zur Aufnahme des Kolbenbolzens im kleinen Pleuellagerauge schwenkbar gelagert. Die auf den Kolben wirkenden Gas- und Massenkräfte führen zu einem auf den Exzenter wirkenden Drehmoment. Ein Abstützmechanismus, aufweisend einen Hebel, zwei Stützstangen und zwei Stützkolben, ist mit dem Exzenter verbunden und überträgt dieses Moment auf zwei im Pleuel eingebrachte Stützzylinder. Der in Exzentrizitäts-Richtung weisende Stützzylinder, d.h. der weiter vom Drehpunkt des Exzenters beabstandete der beiden Stützzylinder übernimmt die Abstützung der aus den Gaskräften resultierenden Momenten, der andere Stützzylinder äquivalent die der Massenträgheitskräfte. Nachfolgend werden die beiden Seiten des Pleuels daher "GKS"(GasKraftSeite) und "MKS"(MassenKraftSeite) genannt. Beide Stützzylinder können bei Bedarf mit Öl gefüllt werden. Ein jedem Stützzylinder zugeordnetes Rückschlagventil erlaubt den intermittierenden Zufluss von Öl und verhindert ein Abfließen von Öl und umgekehrt. Über zum Beispiel ein 3/2-Wege Schaltventil lässt sich wahlweise die GKS beziehungsweise die MKS öffnen. Diese Kombination aus Rückschlagventilen und Schaltventilen bildet einen hydraulischen Freilauf, dessen Laufrichtung wählbar ist. Im Falle der gewählten Stellung eines hohen Verdichtungsverhältnisses, auch " ϵ_{high} " genannt, stützen sich die auf den Exzenter mathematisch positiv wirkenden Momente auf der Ölsäule der GKS ab. Die aus den Massenkräften herrührenden mathematisch negativ wirkenden Momente werden in dieser Stellung über einen direkten, metallischen Kontakt

des MKS-Stützkolbens auf den Pleuel übertragen. In der Stellung für ein niedriges Verdichtungsverhältnis, abgekürzt " ϵ_{low} ", sind die Gegebenheiten vertauscht. Ein positiver Nebeneffekt für die Stellung " ϵ_{low} " ist, dass die in dieser Stellung üblicherweise höheren Gaskräfte sich nun nicht mehr auf der Ölsäule abstützen und so der Öldruck in dem Stützzyylinder auf einem niedrigeren Niveau bleibt. Das Verstellsystem des derartigen Abstützsystems ist somit mit einem ersten und zweiten Stützkolben versehen, wobei die beiden Stützkolben unterschiedliche Verbindungen mit der jeweiligen Stützstange besitzen: der eine Stützkolben, der eine Kugelkopfverbindung aufweist, hat einen kleineren Stützkolbendurchmesser als der andere Stützkolben, der eine Bolzenverbindung aufweist. Der Hebel überträgt das aus der Exzentrizität entstehende Moment, das durch die immer weiter ansteigenden Verbrennungsspitzen drücken der heutigen, hoch aufgeladenen Ottomotoren bei mehr als 300 Nm liegen kann, auf die Stützstangen. Die aus dem Verhältnis zwischen Exzentrizität und Hebellänge gebildete Übersetzung liegt z.B. in etwa bei 1/10. In Verbindung mit den von der jeweiligen ϵ -Stellung abhängigen Kraftangriffswinkel zwischen Stützstangen und Hebel ergeben sich so Abstützkräfte die durchaus bei bis zu 10kN liegen können. Die bevorzugte hebelseitige Gelenkart ist ein klassischer Bolzen. Dieser wird fest mit einer als Gabel ausgeführten Struktur am oberen Ende der Stützstangen verbunden und im Hebel gelagert. Die hier auftretenden Flächenpressungen betragen beispielsweise bis zu 200 MPa. Die Gelenkstelle zu den Stützkolben kann ebenfalls als Bolzenlager ausgeführt werden. Die andere bevorzugte Ausgestaltung sieht ein Kugelgelenk vor. Zum einen ermöglicht dieses einen kleineren Stützkolbendurchmesser, was für die MKS, dessen Kräfte auf einem deutlich niedrigeren Niveau liegen als auf der GKS, zwei sich positiv auswirkende Nebeneffekte hat:

- Der Pleuel wird leichter, da die Struktur um den Stützzyylinder entsprechend nachgezogen werden kann.
- Durch einen möglichst kleinen MKS Stützkolbendurchmesser ergibt sich aufgrund des Öldrucks ein kleines, aber stetig wirkendes Moment auf den Exzenter in Richtung ϵ_{high} . Dieses wirkt sich bei kleinen Motor-Drehzahlen günstig auf das Schaltverhalten aus, da hier die aus den Mas-

senkräften entstehenden, für die Verstellung notwendigen Momente, entsprechend gering sind. Zum anderen ermöglicht der Verzicht auf einen Bolzen die Ausnutzung der gesamten Stützkolbenhöhe als Dichtlänge. Dies ist von Vorteil hinsichtlich des Verzichts auf zusätzliche Dichtelemente, da das System zwar eine gewisse Leckage verträgt - zum Beispiel wirkt sich bei einem Hebelverhältnis von ca. 1/10 ein leckagebedingtes Einsacken des Stützkolbens von z.B. 0,1 mm auf die effektive Pleuellänge nur um ca. 10 µm aus -, wenn diese aber zu groß wird, kann das Verdichtungsverhältnis ungewollt "driften". Ebenfalls erzeugen die Dichtelemente ein zusätzliches Reibmoment während eines Verstellvorgangs. So kann eine Verstellung nur eingeleitet werden, wenn dieses Moment überwunden wird. Das Dichtelement kann somit auch ein Dichtsystem umfassen, bestehend aus einem O-Ring und einem darüber liegenden Rechteckring aus einem PTFE-Verbundmaterial. Dessen Reibung hat beispielweise ein Losbrechmoment des Exzenters von 0,5 Nm bis 0,8 Nm zur Folge. Dieses gering erscheinende Momentenniveau wird aber bei kleinen Drehzahlen für eine Schaltung in Richtung "ε_high" wegen der in diesen Betriebspunkten ebenfalls sehr geringen Massenkräfte nur geringfügig überschritten. Da ein nur geringes Überschussmoment wiederum mit Einbußen bei der Schaltgeschwindigkeit einhergeht, sind die oben genannten Maßnahmen für diese extremen Betriebspunkte daher von hoher Bedeutung.

Die Erfindung lässt sich ferner alternativ durch eine der nachfolgend genannten Merkmalsgruppen umschreiben, wobei die Merkmalsgruppen beliebig miteinander kombinierbar sind und auch einzelne Merkmale einer Merkmalsgruppe mit ein oder mehreren Merkmalen einer oder mehrerer anderer Merkmalsgruppen und/oder einer oder mehrerer der zuvor beschriebenen Ausgestaltungen kombinierbar sind.

1. Kolbenmaschine umfassend
 - eine Kurbelwelle,

- 26 -

- zumindest einen an der Kurbelwelle drehbar gelagerten Pleuel 17, wobei der Pleuel 17 ein kleines 2 und ein großes Auge 3 aufweist und wobei der Pleuel 17 einen Pleuelschaft 17.1 aufweist,
- einen am Pleuel 17 angeordneten Verdichtungskolben, vorzugsweise einen Brennkammerkolben, der mittels eines Exzenters 5 und einem Verstellsystem, bevorzugt einem Verstellgestänge, exzentrisch verstellbar ist, wobei das Verstellsystem mittels zumindest eines in einem Stützzylinder des Pleuels 17 verfahrbaren Stützkolbens 27, 27.1, 27.2 sich abstützt, wobei der Pleuelschaft 17.1 den Stützzylinder aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass

- der Pleuelschaft 17.1 mehrteilig mit einem Grundkörper ausgebildet ist, wobei der Stützzylinder als eine separate Hülse 26.1, 26.2 mit dem Grundkörper verbunden ist.

2. Kolbenmaschine nach Ziffer 1, wobei der Stützzylinder über eine stoffschlüssige Verbindung, insbesondere Schweißen, eine kraftschlüssige Verbindung, insbesondere Verschrauben, und/oder durch Verpressen mit dem Pleuelschaft 17.1 verbunden ist.

3. Kolbenmaschine nach Ziffer 1 oder 2, wobei der Stützzylinder aus einem anderen Material als der Pleuelschaft 17.1 hergestellt ist.

4. Kolbenmaschine nach Ziffer 3, wobei der Stützzylinder aus Aluminium hergestellt ist.

5. Kolbenmaschine nach einer der vorherigen Ziffern, wobei der Stützzylinder und der Stützkolben 27, 27.1, 27.2 einen gezielten Leckagepfad bilden.

6. Kolbenmaschine nach Ziffer 5, wobei der Stützkolben 27, 27.1, 27.2 ohne ein separates Dichtelement zwischen Stützkolben 27, 27.1, 27.2 und

Stützzyylinder versehen ist und ohne Dichtelement entlang des Stützzylin-
ders verfährt.

- 5 7. Kolbenmaschine nach Ziffer 5 oder 6, wobei der Stützkolben 27, 27.1,
27.2 mit einem Dichtelement versehen ist, welches eine gezielte Leckage
zulässt, vorzugsweise mittels einer Teilung in einem Stoßbereich des
Dichtelements und einem axialen Spiel zwischen einer Höhe des Dicht-
elements einerseits und andererseits einer Nuthöhe einer Nut, in der das
Dichtelement angeordnet ist.
- 10 8. Kolbenmaschine nach einer der vorhergehenden Ziffern, wobei eine erste
Hülse 26.1 und eine zweite Hülse 26.2 in dem Grundkörper des Pleuel-
schafts 17.1 angeordnet sind und jeweils einen Stützzyylinder des Verstell-
systems bilden, wobei die erste Hülse 26.1 einen anderen Innendurch-
messer aufweist als die zweite Hülse 26.2.
- 15 9. Kolbenmaschine nach einer der vorhergehenden Ziffern, wobei eine erste
Hülse 26.1 und eine zweite Hülse 26.2 in dem Grundkörper des Pleuel-
schafts 17.1 angeordnet sind und jeweils einen Stützzyylinder des Verstell-
systems bilden, wobei die erste Hülse 26.1 einen anderen Außendurch-
messer aufweist als die zweite Hülse 26.2.
- 20 10. Kolbenmaschine nach einer der vorhergehenden Ziffern, wobei zumindest
eine Hülse 26.1, 26.2 austauschbar im Grundkörper des Pleuelschafts
17.1 angeordnet ist.
- 25 11. Kolbenmaschine nach einer der vorhergehenden Ziffern in Form einer
Verbrennungskraftmaschine eines Straßenfahrzeugs, wobei die Verbren-
nungskraftmaschine einen einstellbaren Hub zur Verdichtungsänderung
während des Betriebs unter Nutzung des zumindest einen exzentrisch
30 verstellbaren Brennraumkolbens aufweist, wobei zumindest eine exzentri-

sche Verstellung mittels einwirkender Gas- und/oder Massekräfte auf das zumindest eine Verstellgestänge ausführbar ist.

12. Kolbenmaschine nach einer der vorhergehenden Ziffern, wobei der Pleuel
5 17 einen ersten 27.1 und einen zweiten Stützkolben 27.2 aufweist, die
über das Verstellgestänge miteinander verbunden sind, wobei der erste
Stützkolben 27.1 mit dem Verstellgestänge über eine Kugelkopf-
Verbindung und der zweite Stützkolben 27.2 mit dem Verstellgestänge
über eine Bolzen-Verbindung verbunden ist, wobei die im Verhältnis zuei-
10 nander einen unterschiedlichen Durchmesser aufweisen, wobei der erste
Stützkolben 27.1 einen kleineren Durchmesser besitzt und zwischen dem
ersten Stützkolben 27.1 und dem diesen zugeordneten ersten Stützzylind-
er 26.1 ein erster Spalt vorliegt, der größer ist als derjenige zwischen
dem zweiten Stützkolben 27.2 und dem diesen zugeordneten zweiten
15 Stützzylinder 26.2.
13. Kolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
gekennzeichnet, dass der Stützkolben 27, 27.1, 27.2 auf seinem Umfang
und/oder die Hülse 26.1, 26.2 als Stützzylinder auf ihrem Innenumfang
20 eine Beschichtung aufweist, bevorzugt eine Einlaufbeschichtung, mittels
der der Stützkolben zuerst unter Druck in den Stützzylinder hinein ge-
stopft werden muss und die sich im Betrieb abnutzt, um dadurch einen
Spalt zwischen dem Stützkolben 27, 27.1, 27.2 und dem Stützzylinder zu
schaffen, und/oder bevorzugt eine Schutzbeschichtung, die eine höhere
25 Abriebfestigkeit aufweist als das eigentliche Material des Stützkolbens 27,
27.1, 27.2 und/oder der Hülse 26.1, 26.2.
14. Verfahren zur Verstellung einer Verdichtung einer Kolbenmaschine bevor-
zugt nach einem der Ansprüche 5 bis 13, mittels eines exzentrisch ver-
30 stellbaren Kolbenhubs, wobei die Verstellung des Kolbenhubs unter Aus-
nutzung von wirkenden Masse- und/oder Gaskräften erfolgt, die dazu auf
ein Verstellgestänge und einen daran angeordneten Stützkolben 27, 27.1,

27.2 einwirken, wobei der Stützkolben 27, 27.1, 27.2 in einem durch eine eingesetzte Hülse 26.1, 26.2 gebildeten Stützzylinder verfährt, wobei in dem Stützzylinder Öl der Kolbenmaschine als dämpfendes Medium einer Bewegung des Stützkolbens 27, 27.1, 27.2 entgegenwirkt.

5

15. Verfahren zur Herstellung eines mit einer Kurbelwelle drehbar verbindbaren Pleuels 17 für eine Kolbenmaschine bevorzugt nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der Pleuel 17 ein kleines 2 und ein großes Auge 3 und einen Pleuelschaft 17.1 aufweist, umfassend mindestens folgende Schritte:

10

- Bereitstellen eines Pleuelschafts 17.1, wobei der Pleuelschaft 17.1 einen Grundkörper umfasst;
- Bereitstellen von mindestens einer Hülse 26.1, 26.2; und
- Verbinden der Hülse 26.1, 26.2 mit dem Grundkörper.

15

In der vorstehenden allgemeinen und Figurenbeschreibung sind neben dem Aspekt, dass der mindestens eine Stützzylinder bzw. falls gewünscht jeder Stützzylinder des Verstellmechanismus als Hülse mit entweder Bodenwand oder auch ohne Bodenwand ausgebildet ist, auch noch die Aspekte beschrieben, dass bei mehreren Stützzylindern diese unterschiedliche Innendurchmesser aufweisen können und dass eine bewusste Leckage für den Kolben eines Stützzylinders geschaffen wird. Schließlich ist dann auch noch beschrieben, wie die Anlenkung der Kolbenstange an dem Stützkolben erfolgen kann, nämlich beispielsweise durch ein Kugelgelenk. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass diese verschiedenen Aspekte in beliebiger Kombination einzelner Aspekte oder auch jeder Aspekt für sich zur Erfindung gehört oder eine Erfindung definieren. Mit anderen Worten bildet also jeder Aspekt für sich eine Erfindung, wobei diese einzelnen Erfindungsaspekte in beliebiger Kombination realisiert werden können.

20

25

30

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Kolbenmaschine
- 2 kleines Pleuellagerauge
- 3 großes Pleuellagerauge
- 5 Exzenter
- 7 Abstützeinheit
- 9 Drehpunkt
- 10 Stützzylinder-Bauteil
- 11 Verstellelement für den Verdichtungskolben
- 13 Verdichtungskolben
- 14 Kolbenbolzen
- 15 Kurbelwelle
- 16 Schwenkhebel
- 17 Pleuel
- 17.1 Pleuelschaft
- 18 Bohrung
- 19 Verzahnung
- 20 Hebelsystem bzw. Verstellmechanismus
- 21 erster Hebel
- 22 zweiter Hebel
- 24 Verbindungsgelenke
- 25 Stangen
- 26 Stützzylinder
- 26.1 Hülse als Stützzylinder
- 26.2 Hülse als Stützzylinder
- 27 Stützkolben
- 27.1 Stützkolben
- 27.2 Stützkolben
- 28 Kanal
- 28.1 Kanal
- 28.2 Kanal

29	Arbeitsraum
29.1	Arbeitsraum
29.2	Arbeitsraum
30	Pleuellagerschalen
37	Pfeil
40	Kugelkopfverbindung
42	Entlüftungsbohrung
44	Ausnehmung im Stützkolben

ANSPRÜCHE

1. Kolbenmaschine mit
 - einer Kurbelwelle (15),
 - mindestens einem von der Kurbelwelle (15) bewegbaren Pleuel (17), der einen Pleuelschaft (17.1) aufweist,
 - einem von dem Pleuel (17) getragenen Verdichtungskolben (13), vorzugsweise einem Brennkammerkolben, der mittels eines Exzenters (5) und eines Verstellmechanismus (20) verstellbar ist,
 - wobei der Verstellmechanismus (20) mindestens einen in einem Stützzylinder (26) des Pleuels (17) verfahrbaren Stützkolben (27, 27.1, 27.2) aufweist, der in einem in dem Pleuelschaft (17.1) befindlichen Stützzylinder (26) angeordnet ist,dadurch gekennzeichnet,
 - dass an und/oder in dem Pleuelschaft (17.1) ein Stützzylinder-Bauteil (10) angebracht und/oder eingesetzt ist und
 - dass der mindestens eine Stützzylinder (26) in dem Stützzylinder-Bauteil (10) ausgebildet ist.
2. Kolbenmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Stützzylinder-Bauteil (10) über eine stoffschlüssige Verbindung, insbesondere Schweißen, Löten, Kleben und/oder durch eine kraftschlüssige Verbindung, insbesondere Verschraubung, Vernietung und/oder durch eine reibschlüssige Verbindung wie z.B. Verpressung mit dem Pleuelschaft (17.1) verbunden ist.
3. Kolbenmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Stützzylinder-Bauteil (10) ein anderes Material als der Pleuelschaft (17.1) aufweist.
4. Kolbenmaschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Stützzylinder-Bauteil (10) Aluminium oder Kohlefaser aufweist.

5. Kolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Stützzyylinder-Bauteil (10) in dem Pleuelschaft (17.1) austauschbar angeordnet ist.
6. Kolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Stützzyylinder (26) mit einem in diesem angeordneten Stützkolben (27.2) vorgesehen ist und dass der zweite Stützzyylinder (26) in einem weiteren Stützzyylinder-Bauteil oder zusammen mit dem anderen Stützzyylinder (26) in ein und demselben Stützzyylinder-Bauteil ausgebildet ist.
7. Kolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche in Form einer Verbrennungskraftmaschine für ein Straßenfahrzeug, wobei die Verbrennungskraftmaschine einen einstellbaren Hub zur Verdichtungsänderung während des Betriebs unter Nutzung des zumindest einen verstellbaren Brennraumkolbens aufweist, wobei zumindest eine Verstellung mittels über den Verdichtungskolben (13) auf das zumindest eine Verstellgestänge einwirkender Gas- und/oder Massekräfte ausführbar ist.
8. Kolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Pleuel (17) einen ersten Stützzyylinder (26) mit einem ersten Stützkolben (27.1) und einen zweiten Stützzyylinder (26) mit einem zweiten Stützkolben (27.2) aufweist, wobei die beiden Stützkolben (27.1, 27.2) über ein Hubkolben-Verstellelement, insbesondere einen Exzenter (5) des Verstellmechanismus miteinander gekoppelt sind.
9. Kolbenmaschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Stützkolben (27.1) mit dem Verstellgestänge über eine Kugelkopf-Verbindung und der zweite Stützkolben (27.2) mit dem Verstellgestänge über eine Bolzen-Verbindung verbunden ist.

10. Kolbenmaschine nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Stützkolben (27.1, 27.2) im Verhältnis zueinander unterschiedliche Durchmesser aufweisen, wobei der erste Stützkolben (27.1) einen kleineren Durchmesser besitzt.
11. Kolbenmaschine nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem ersten Stützkolben (27.1) und dem diesem zugeordneten ersten Stützzylinder (26) ein erster Spalt vorliegt, der größer ist als derjenige Spalt zwischen dem zweiten Stützkolben (27.2) und dem diesem zugeordneten zweiten Stützzylinder (26).
12. Kolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Stützkolben (27, 27.1, 27.2) an seiner Außenumfangsfläche und/oder der Stützzylinder (26) an seiner Innenumfangsfläche eine Beschichtung aufweist und zwar bevorzugt eine Einlaufbeschichtung, mittels der der Stützkolben (27, 27.1, 27.2) zuerst unter Druck in den Stützzylinder (26) hinein gestopft werden muss und die sich im Betrieb abnutzt, um dadurch einen Spalt zwischen dem Stützkolben (27, 27.1, 27.2) und dem Stützzylinder zu schaffen, und/oder eine Schutzbeschichtung, die eine höhere Abriebfestigkeit aufweist als das eigentliche Material des Stützkolbens (27, 27.1, 27.2) und/oder des Stützzylinder-Bauteils (10).
13. Kolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Stützzylinder-Bauteil (10) im Wesentlichen die Form einer Hülse und/oder eines Röhrchens aufweist, sofern in dem Stützzylinder-Bauteil (10) ein einzelner Stützzylinder (26) ausgebildet ist.
14. Kolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Querschnittsfläche des bzw. jedes Stützzylinders (26) rund, kreisrund, oval, im Wesentlichen vieleckig oder eine andere geometrische Form aufweist.

15. Kolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenkontur des Stützzyylinder-Bauteils (10) beliebig, insbesondere zylindrisch ist.
16. Kolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Verstellmechanismus (20) zwei Stützkolben (27, 27.1, 27.2) aufweist, die jeweils in einem anderen Stützzyylinder (26) angeordnet sind, dass eine erste Hülse (26.1) und eine zweite Hülse (26.2) in den Pleuelschaft (17.1) eingesetzt sind und jeweils einen Stützzyylinder (26) bilden und dass die erste Hülse (26.1) einen anderen Innendurchmesser aufweist als die zweite Hülse (26.2) und/oder einen anderen Außendurchmesser aufweist als die zweite Hülse (26.2).
17. Kolbenmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen einem Stützzyylinder (26) und dem diesem zugeordneten Stützkolben (27, 27.1, 27.2) ein gezielter Leckagepfad ausgebildet ist.
18. Kolbenmaschine nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Stützkolben (27, 27.1, 27.2) ohne ein separates Dichtelement zwischen Stützkolben (27, 27.1, 27.2) und Stützzyylinder versehen ist und ohne Dichtelement in dem Stützzyylinder (26) angeordnet ist.
19. Kolbenmaschine nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Stützkolben (27, 27.1, 27.2) mit einem Dichtelement versehen ist, welches eine gezielte Leckage zulässt, vorzugsweise mittels einer Teilung in einem Stoßbereich des Dichtelements und einem axialen Spiel zwischen einer Höhe des Dichtelements einerseits und andererseits einer Nuthöhe einer Nut, in der das Dichtelement angeordnet ist.

-2/3-

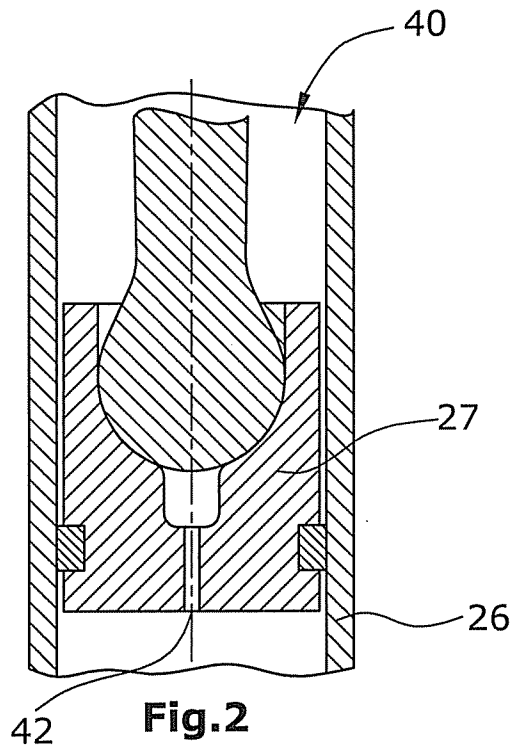


Fig. 2

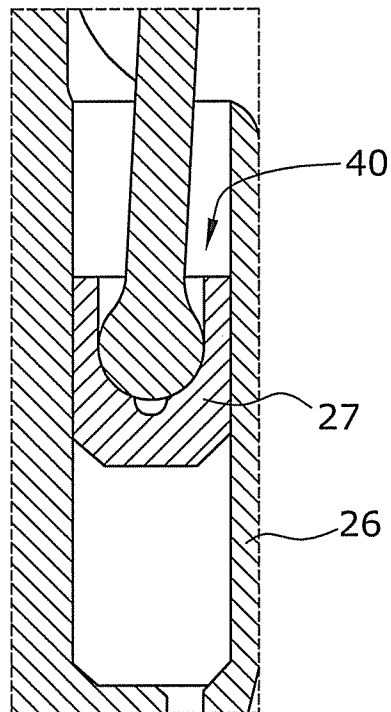


Fig. 3

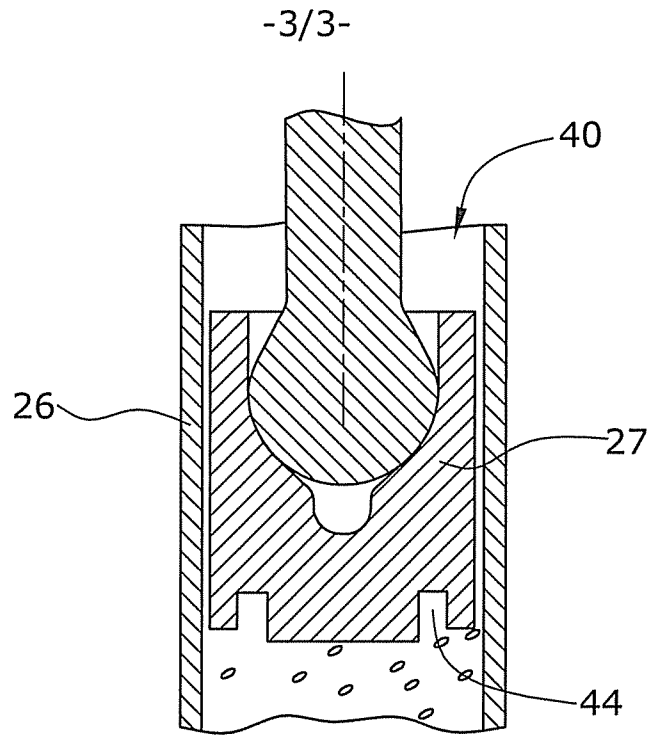


Fig.4

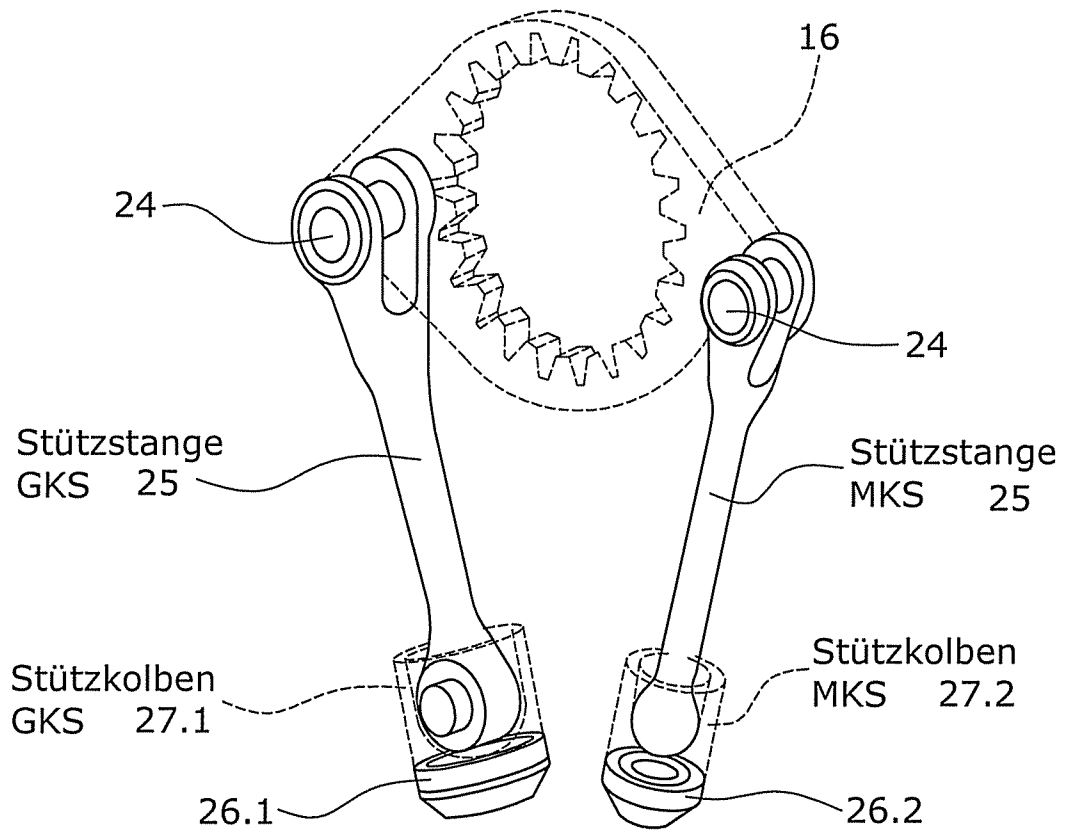


Fig.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/060759

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02B75/04 F02D15/02
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F02B F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2010 061360 A1 (PORSCHE AG [DE]) 21 June 2012 (2012-06-21)	1,2,6-9, 13-15,18
Y	paragraph [0027] - paragraph [0034]; figures 1,2	10,16
X	DE 10 2005 055199 A1 (FEV MOTORENTECH GMBH [DE]) 24 May 2007 (2007-05-24)	1,2,6-9, 13-15,18
Y	figures 2-5	10,16
X	DE 10 2011 002138 A1 (PORSCHE AG [DE]) 18 October 2012 (2012-10-18)	1,2,6-9, 13-15,18
Y	paragraph [0027] - paragraph [0032]; figure 1	10,16
Y	DE 10 2012 020999 A1 (FEV GMBH [DE]) 30 January 2014 (2014-01-30) paragraph [0073]; figures 18-22	10,16
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 14 July 2015	Date of mailing of the international search report 27/07/2015
---	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Tietje, Kai
--	---------------------------------------

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/060759

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2 989 954 A (HULBERT EDWARD A) 27 June 1961 (1961-06-27) column 2; figures 1,2 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/060759

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102010061360 A1	21-06-2012	NONE	
DE 102005055199 A1	24-05-2007	NONE	
DE 102011002138 A1	18-10-2012	NONE	
DE 102012020999 A1	30-01-2014	DE 102012020999 A1 WO 2014019683 A1	30-01-2014 06-02-2014
US 2989954 A	27-06-1961	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F02B75/04 F02D15/02
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F02B F02D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2010 061360 A1 (PORSCHE AG [DE]) 21. Juni 2012 (2012-06-21)	1,2,6-9, 13-15,18
Y	Absatz [0027] - Absatz [0034]; Abbildungen 1,2	10,16

X	DE 10 2005 055199 A1 (FEV MOTORENTECH GMBH [DE]) 24. Mai 2007 (2007-05-24)	1,2,6-9, 13-15,18
Y	Abbildungen 2-5	10,16

X	DE 10 2011 002138 A1 (PORSCHE AG [DE]) 18. Oktober 2012 (2012-10-18)	1,2,6-9, 13-15,18
Y	Absatz [0027] - Absatz [0032]; Abbildung 1	10,16

Y	DE 10 2012 020999 A1 (FEV GMBH [DE]) 30. Januar 2014 (2014-01-30)	10,16
	Absatz [0073]; Abbildungen 18-22	

	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. Juli 2015

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

27/07/2015

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Tietje, Kai

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2 989 954 A (HULBERT EDWARD A) 27. Juni 1961 (1961-06-27) Spalte 2; Abbildungen 1,2 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/060759

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102010061360 A1	21-06-2012	KEINE	
DE 102005055199 A1	24-05-2007	KEINE	
DE 102011002138 A1	18-10-2012	KEINE	
DE 102012020999 A1	30-01-2014	DE 102012020999 A1 WO 2014019683 A1	30-01-2014 06-02-2014
US 2989954 A	27-06-1961	KEINE	