

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 51072/2018
(22) Anmeldetag: 03.12.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.02.2020

(51) Int. Cl.: **F02B 75/04** (2006.01)
F16C 7/06 (2006.01)
F02D 15/02 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:

DE 202014101792 U1
DE 102012020999 A1
WO 2016203047 A1
DE 102017217492 A1
WO 2017075646 A1
WO 2015055582 A2

(71) Patentanmelder:

AVL List GmbH
8020 Graz (AT)
iwis motorsysteme GmbH & Co. KG
81369 München (DE)

(72) Erfinder:

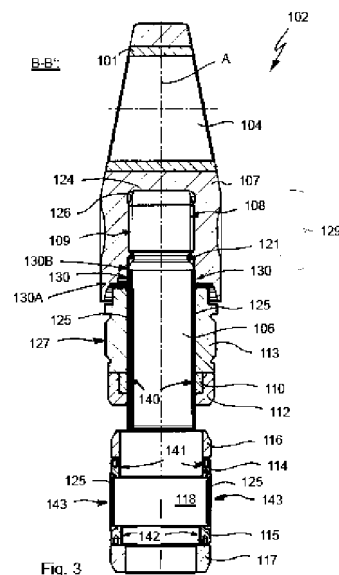
Rath Martin Dipl.Ing.
8045 Graz (AT)
Pramberger Harald Dipl.Ing.
8054 Graz (AT)
Ausserhofer Norbert Dipl.Ing.
8045 Graz (AT)
Kometter Bernhard Dipl.Ing.
8111 Judendorf (AT)
Jäger Florian Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:

Kopetz Heinrich Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)

(54) **Längenverstellbares Pleuel mit Pressverbindung**

(57) Die Erfindung betrifft ein längenverstellbares Pleuel (100) für eine Hubkolbenmaschine, ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Pleuels (100), eine Hubkolbenmaschine und ein Fahrzeug, wobei eine wirksame Pleuellänge (L) des Pleuels (100) veränderbar ist und das Pleuel (100) einen ersten Pleuelteil (102) und einen zweiten Pleuelteil (103) aufweist, wobei der erste Pleuelteil (102) einen Schaft (106) sowie einen ersten Verbindungsabschnitt (107) zur zumindest teilweisen Lagerung des Pleuels (100) in einer Hubkolbenmaschine aufweist, wobei der erste Verbindungsabschnitt (107) ein erstes Gewinde (108) aufweist und der Schaft (106) einen zum Zusammenwirken mit dem ersten Gewinde (108) ausgebildetes zweites Gewinde (109), wobei der Schaft (106) mittels einer Schraubverbindung fest mit dem ersten Verbindungsabschnitt (107) verbunden ist, und wobei der Schaft (106) und der erste Verbindungsabschnitt (107) in wenigstens einem Betriebszustand des Pleuels (100) zusätzlich zu der Schraubverbindung (108, 109) durch eine Pressverbindung (130) fest miteinander verbunden sind.



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein längenverstellbares Pleuel (100) für eine Hubkolbenmaschine, ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Pleuels (100), eine Hubkolbenmaschine und ein Fahrzeug, wobei eine wirksame Pleuellänge (L) des Pleuels (100) veränderbar ist und das Pleuel (100) einen ersten Pleuelteil (102) und einen zweiten Pleuelteil (103) aufweist, wobei der erste Pleuelteil (102) einen Schaft (106) sowie einen ersten Verbindungsabschnitt (107) zur zumindest teilweisen Lagerung des Pleuels (100) in einer Hubkolbenmaschine aufweist, wobei der erste Verbindungsabschnitt (107) ein erstes Gewinde (108) aufweist und der Schaft (106) einen zum Zusammenwirken mit dem ersten Gewinde (108) ausgebildetes zweites Gewinde (109), wobei der Schaft (106) mittels einer Schraubverbindung fest mit dem ersten Verbindungsabschnitt (107) verbunden ist, und wobei der Schaft (106) und der erste Verbindungsabschnitt (107) in wenigstens einem Betriebszustand des Pleuels (100) zusätzlich zu der Schraubverbindung (108, 109) durch eine Pressverbindung (130) fest miteinander verbunden sind.

Fig. 3

Längenverstellbares Pleuel mit Pressverbindung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein längenverstellbares Pleuel für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, wobei eine wirksame Pleuellänge des Pleuels veränderbar ist und das Pleuel einen ersten Pleuelteil und einen zweiten Pleuelteil aufweist. Zum Verändern der wirksamen Pleuellänge sind der erste Pleuelteil und der zweite Pleuelteil entlang einer Pleuellängsachse relativ zueinander bewegbar, wobei der erste Pleuelteil einen Schaft sowie einen ersten Verbindungsabschnitt zur zumindest teilweisen Lagerung des Pleuels in einer Hubkolbenmaschine aufweist, und wobei der zweite Pleuelteil einen zweiten Verbindungsabschnitt aufweist, der ebenfalls zur zumindest teilweisen Lagerung des Pleuels in einer Hubkolbenmaschine ausgebildet ist. Der erste Verbindungsabschnitt weist dabei ein erstes Gewinde auf und der Schaft ein zum Zusammenwirken mit dem ersten Gewinde ausgebildetes zweites Gewinde, wobei der Schaft mittels einer Schraubverbindung fest mit dem ersten Verbindungsabschnitt verbunden ist.

Die vorliegende Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung eines solchen längenverstellbaren Pleuels sowie eine Hubkolbenmaschine mit einem längenverstellbaren Pleuel und ein Fahrzeug mit einer Hubkolbenmaschine mit einem solchen Pleuel.

Um Fahrzeuge, insbesondere Kraftfahrzeuge, leistungsfähiger und/oder effizienter zu machen, sind aus dem Stand der Technik Hubkolbenbrennkraftmaschinen mit veränderbarem Verdichtungsverhältnis bekannt. Zur Veränderung des Verdichtungsverhältnisses in einer Hubkolbenmaschine sind aus dem Stand der Technik verschiedene Maßnahmen allgemein bekannt. Eine dieser Maßnahmen besteht beispielsweise darin, die absoluten Positionen der oberen und unteren Totpunkte eines zyklisch auf- und ab bewegbaren Hubkolbens in einem Zylinder der Hubkolbenbrennkraftmaschine zu variieren, indem eine wirksame Länge eines Pleuels entsprechend geändert wird, wobei die wirksame Länge des Pleuels insbesondere definiert ist durch einen Abstand zwischen einer ersten Drehachse, um welche das Pleuel vorzugsweise mit seinem großen Pleuelauge in einem funktionsgemäßen Verwendungszustand in einer Hubkolbenmaschine um eine

Kurbelwelle drehbar ist, und einer zweiten Drehachse, um welche das Pleuel vorzugsweise mit seinem kleinen Pleuel um einen Kolbenbolzen drehbar ist.

Zur Veränderung der wirksamen Pleuellänge ist bekannt, eine entsprechend ausgebildete Längenverstelleinrichtung vorzusehen, wobei verschiedene Konzepte zur Längenverstellung bekannt sind.

Aus der DE 10 2012 020 999 A1 ist beispielsweise eine längenverstellbare Pleuelstange mit einem hydraulisch verstellbaren Exzenter im kleinen Pleuelauge bekannt, wobei die wirksame Pleuellänge durch ein Verstellen des Exzenters verändert werden kann.

Aus der WO 2016/203047 A1 ist eine hydraulische Längenverstelleinrichtung mit relativ zueinander verschiebbaren, insbesondere teleskopartig ineinanderschiebbar bzw. auseinanderziehbar, Pleuelteilen bekannt, wobei einer der Pleuelteile einen Führungszylinder aufweist und der andere Pleuelteil einen Schaft mit einem entsprechend ausgebildeten Kolbenelement an einem Ende, insbesondere einem als doppeltwirkender Stufenkolben ausgebildeten Kolbenelement, das in den Führungszylinder ragt und zum Verändern der wirksamen Pleuellänge im Führungszylinder entlang der Pleuellängsachse verschiebbar ist. Die Längenverstelleinrichtung weist mehrere Hydraulikkammern auf, welche zum Teil von dem Führungszylinder und dem Kolbenelement begrenzt werden und welche je nach gewünschter Pleuellänge mit einem Hydraulikmedium gefüllt oder drainiert werden können. Mithilfe mehrerer Steuerventile und mehrerer Rückschlagventile, kann der Hydraulikfluss zu und aus den Hydraulikkammern gesteuert werden und damit die Längenverstellung.

Aus dem Stand der Technik ist zum einen bekannt, den Schaft einteilig mit einem ersten Verbindungsabschnitt des Pleuels, insbesondere einem kleinen Pleuelauge, auszubilden.

Ferner ist bekannt, den Schaft und den ersten Verbindungsabschnitt, der insbesondere ein kleines Pleuelauge zur Verbindung des Pleuels mit einem Hubkolben aufweisen kann, als getrennte Bauteile herzustellen und diese anschließend miteinander zu verbinden, wobei die DE 10 2017 217 492 A1 beispielsweise lehrt, den Schaft mit einem vom Kolbenelement abgewandten Ende in

den ersten Verbindungsabschnitt einzuschrauben, d.h. die Teile mittels einer Schraubverbindung fest miteinander zu verbinden.

Aus der WO 2017/075646 A1 ist bekannt, den Schaft und den ersten Verbindungsabschnitt mittels einer Pressverbindung fest miteinander zu verbinden, d.h. rein kraftschlüssig.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein alternatives, insbesondere ein verbessertes, hydraulisch längenverstellbares Pleuel bereitzustellen, vorzugsweise ein verbessertes, längenverstellbares Pleuel, welches eine zuverlässigere Verbindung eines Schaftes mit einem Verbindungsabschnitt eines Pleuels ermöglicht.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein längenverstellbares Pleuel, durch ein Verfahren zur Herstellung eines längenverstellbaren Pleuels, durch eine Hubkolbenmaschine mit einem solchen Pleuel sowie durch ein Fahrzeug mit einer solchen Hubkolbenmaschine gemäß den unabhängigen Ansprüchen.

Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft ein längenverstellbares Pleuel für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, wobei eine wirksame Pleuellänge des Pleuels veränderbar ist und das Pleuel einen ersten Pleuelteil und einen zweiten Pleuelteil aufweist, wobei der erste Pleuelteil und der zweite Pleuelteil zum Verändern der wirksamen Pleuellänge entlang einer Pleuellängsachse relativ zueinander bewegbar sind, wobei der erste Pleuelteil einen Schaft sowie einen ersten Verbindungsabschnitt zur zumindest teilweisen Lagerung des Pleuels in einer Hubkolbenmaschine aufweist, wobei der zweite Pleuelteil einen zweiten Verbindungsabschnitt aufweist, der ebenfalls zur zumindest teilweisen Lagerung des Pleuels in einer Hubkolbenmaschine ausgebildet ist, wobei der erste Verbindungsabschnitt ein erstes Gewinde aufweist und der Schaft ein zum Zusammenwirken mit dem ersten Gewinde ausgebildetes zweites Gewinde, und wobei der Schaft mittels einer Schraubverbindung fest mit dem ersten Verbindungsabschnitt verbunden ist.

Erfindungsgemäß sind der Schaft und der erste Verbindungsabschnitt in wenigstens einem Betriebszustand des Pleuels zusätzlich zu der Schraubverbindung durch eine Pressverbindung fest miteinander verbunden, d.h. kraftschlüssig.

Durch die zusätzlich zur Schraubverbindung vorhandene Pressverbindung zwischen dem Schaft und dem ersten Verbindungsabschnitt kann eine festere, insbesondere zuverlässigere, Verbindung zwischen dem Schaft und dem ersten Verbindungsabschnitt sichergestellt werden. Insbesondere kann durch die zusätzliche Pressverbindung die Gefahr eines LöSENS und/oder Lockerns der Schraubverbindung reduziert werden.

Unter einem „Schaft“ wird vorliegend im Sinne der Erfindung ein längliches, insbesondere stangenförmiges Bauteil verstanden, welches zumindest abschnittsweise zylinderförmig ausgebildet sein kann, aber auch, zumindest abschnittsweise, eine andere Querschnittsgeometrie aufweisen kann, beispielsweise einen viereckigen Querschnitt oder dergleichen, insbesondere um ein Verdrehen gegenüber einem mit dem Schaft zusammenwirkenden Bauteil, beispielsweise dem zweiten Pleuelteil, insbesondere um die Pleuellängsachse herum, zu vermeiden.

Unter einem „Betriebszustand“ wird vorliegend im Sinne der Erfindung wenigstens ein definierter Zustand einer Hubkolbenmaschine, insbesondere einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, während eines Betriebs verstanden, für welchen das erfindungsgemäße Pleuel ausgelegt ist.

Vorzugsweise ist die Pressverbindung zwischen dem Schaft und dem ersten Verbindungsabschnitt dabei derart ausgestaltet, dass der Schaft und der erste Verbindungsabschnitt über einen definierten Betriebsbereich, d.h. in mehr als einem Betriebszustand, insbesondere in wenigstens einem definierten Betriebstemperaturbereich, mittels der Pressverbindung fest verbunden sind, insbesondere wenigstens in einem Temperaturbereich zwischen -20°C und +300°C, insbesondere in einem Temperaturbereich von -40°C bis +500°C.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels sind der erste Pleuelteil und der zweite Pleuelteil insbesondere entlang der Pleuellängsachse, d.h. in axialer Richtung bezogen auf die Pleuellängsachse, zueinander verschiebbar, wobei der erste Pleuelteil und der zweite Pleuelteil insbesondere teleskopartig ineinanderschiebbar und auseinanderziehbar sind. Dadurch lässt sich eine besonders einfache und bauraumsparende, insbesondere platzsparende, Längenverstellung realisieren.

Der erste Pleuelteil ist zum Verändern der wirksamen Pleuellänge dabei insbesondere zumindest teilweise, insbesondere mit wenigstens einem Abschnitt, vorzugsweise mit seinem Schaft, in den zweiten Pleuelteil einschiebbar und aus diesem herausziehbar.

Der erste Verbindungsabschnitt des Pleuels, insbesondere des ersten Pleuelteils, ist in einer vorteilhaften Ausgestaltung insbesondere ein hubkolbenseitiger Verbindungsabschnitt, wobei der erste Verbindungsabschnitt insbesondere einen Kolbenbolzen oder ein kleines Pleuelauge aufweist zur zumindest teilweisen, insbesondere hubkolbenseitigen, Lagerung des Pleuels in einer Hubkolbenmaschine, insbesondere zur Verbindung mit einem Hubkolben einer Hubkolbenmaschine, bevorzugt auf aus dem Stand der Technik allgemein bekannte und übliche Art und Weise.

Der zweite Verbindungsabschnitt des Pleuels, insbesondere des zweiten Pleuelteils, ist in einer vorteilhaften Ausgestaltung insbesondere ein kurbelwellenseitiger Verbindungsabschnitt, wobei der zweite Verbindungsabschnitt insbesondere ein großes Pleuelauge aufweist zur zumindest teilweisen, insbesondere kurbelwellenseitigen, Lagerung des Pleuels in einer Hubkolbenmaschine, vorzugsweise zur Verbindung des zweiten Verbindungsabschnitts mit einer Kurbelwelle einer Hubkolbenmaschine, insbesondere auf aus dem Stand der Technik allgemein bekannte und übliche Art und Weise.

In einer möglichen und besonders vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels weist insbesondere der zweite Pleuelteil einen Führungszylinder auf, wobei der Führungszylinder dabei vorzugsweise fest mit dem zweiten Pleuelteil verbunden ist oder unmittelbar in den zweiten Pleuelteil, insbesondere den zweiten, insbesondere kurbelwellenseitigen, Verbindungsabschnitt, eingebracht sein kann.

Denkbar ist gemäß der vorliegenden Erfindung aber auch eine alternative, umgekehrte Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels, bei welchem der Schaft fest mit dem kurbelwellenseitigen Verbindungsabschnitt verbunden ist. D.h. der erste Verbindungsabschnitt kann in einer alternativen Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels ein kurbelwellenseitiger Verbindungsabschnitt sein und

der zweite Verbindungsabschnitt insbesondere ein hubkolbenseitiger Verbindungsabschnitt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen, längenverstellbaren Pleuels ist der Schaft des ersten Pleuelteils im Bereich eines ersten Endes fest mit dem ersten Verbindungsabschnitt verbunden und ragt insbesondere mit einem zweiten Ende vorzugsweise in den Führungszylinder hinein und kann besonders bevorzugt zum Verändern der wirksamen Pleuellänge kolbenartig entlang der Pleuellängsachse im Führungszylinder axial hin und her geschoben werden.

In einer möglichen und besonders vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung weist der Schaft des ersten Pleuelteils ein Kolbenelement auf, wobei insbesondere das zweite Ende des Schafts als Kolbenelement ausgebildet sein kann, insbesondere als doppeltwirkender Stufenkolben, wie beispielsweise in der vorgenannten DE 10 2017 2017 492 A1 beschrieben, wobei der Schaft, insbesondere das Kolbenelement, besonders bevorzugt mit dem Führungszylinder des zweiten Pleuelteils insbesondere einen ersten unteren und einen zweiten oberen hydraulischen Arbeitsraum aufspannt und bevorzugt zusammen mit dem Führungszylinder insbesondere einen ersten unteren und einen zweiten oberen hydraulischen Arbeitsraum zumindest teilweise begrenzt.

In einer Weiterbildung eines erfindungsgemäßen, längenverstellbaren Pleuels kann dabei insbesondere durch wechselseitiges Befüllen und Drainieren (Freigeben eines Hydraulikmediumablaufs) der beiden hydraulischen Arbeitsräume eine Verstellung der wirksamen Pleuellänge bewirkt werden, beispielsweise wie in der WO 2015/055582 A2 grundsätzlich beschriebenen Funktionsweise oder wie in der WO 2016/203047 A1 beschrieben.

Statt als Kolbenelement könnte der Schaft, insbesondere dessen zweites Ende, in einer alternativen Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen längenverstellbaren Pleuels auch als Spindel ausgebildet sein und beispielsweise einen Spindelabschnitt mit einem Außengewinde aufweisen und der zweite Pleuelteil anstatt eines Führungszylinders eine Spindelmutter, welche zwar in axialer Richtung fest mit dem Verbindungsabschnitt des zweiten Pleuelteils verbunden ist, jedoch um die Pleuellängsachse drehbar gelagert ist, wobei der Spindeltrieb vorzugsweise nicht

selbsthemmend ausgebildet ist, und wobei eine Drehung der Spindelmutter vorzugsweise gesperrt oder freigegeben werden kann, insbesondere mittels einer Steuerungsvorrichtung, wobei die Längenverstellung insbesondere durch gezieltes Freigeben und Sperren einer Drehung der Spindelmutter steuerbar ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung, insbesondere in einer Weiterbildung, ist das erste Gewinde des Verbindungsabschnitts ein Innengewinde und das zweite Gewinde des Schafts ein entsprechend ausgebildetes Außengewinde, wobei der Schaft mit dem Außengewinde vorzugsweise in den ersten Verbindungsabschnitt des ersten Pleuelteils eingeschraubt ist, insbesondere mit einem ersten Ende.

Dadurch lässt sich ein besonders einfach zu fertigendes und für eine hydraulische Längenverstellung vorteilhaftes, längenverstellbares Pleuel bereitstellen.

Das Innengewinde des ersten Verbindungsabschnitts ist dabei insbesondere in eine innere Mantelfläche einer Sacklochbohrung eingebracht, die in den ersten Verbindungsabschnitt des ersten Pleuelteils eingebracht ist,

Das Gewinde des Schafts befindet sich dabei besonders bevorzugt an einem ersten, dem ersten Verbindungsabschnitt zugewandten Ende des Schafts, wobei das Gewinde des Schafts vorzugsweise Teil eines Gewindeabschnitts am äußeren Ende des Schafts ist, insbesondere eines an eine Stirnseite angrenzenden Gewindeabschnitts, der zum einfacheren Einführen in den ersten Verbindungsabschnitt insbesondere zusätzlich eine Fase aufweist, welche insbesondere bis an das Gewinde heranreicht. Am anderen Ende des Gewindes, d.h. auf der vom ersten Verbindungsabschnitt abgewandten Seite des Gewindes, weist der Gewindeabschnitt vorzugsweise ferner einen Freistich auf.

Alternativ könnte auch der erste Verbindungsabschnitt in den Schaft eingeschraubt sein und das Außengewinde aufweisen und der Schaft das Innengewinde.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung weist der Schaft eine Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche auf, welche mit einer korrespondierend zur Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche des Schafts ausgebildeten Verbindungsabschnitts-Pressverbindungs-Kontaktfläche des ersten Verbindungsabschnitts eine Übermaßpassung bildet, wobei die

Übermaßpassung derart dimensioniert ist, dass in zumindest einem Betriebszustand der erste Verbindungsabschnitt und der Schaft des Pleuels kraftschlüssig miteinander verbunden sind, wobei die Übermaßpassung insbesondere die Pressverbindung zwischen dem Schaft und dem kolbenseitigen Verbindungsabschnitt des ersten Pleuelteils bewirkt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche insbesondere durch einen Bereich einer äußeren Mantelfläche des Schafts gebildet, insbesondere durch einen umlaufenden Mantelflächenbereich.

Die Verbindungsabschnitts-Pressverbindungs-Kontaktfläche ist bevorzugt durch einen Bereich einer inneren Mantelfläche des ersten Verbindungsabschnitts gebildet, insbesondere durch einen umlaufenden Mantelflächenbereich, insbesondere durch einen inneren Mantelflächenbereich einer Bohrung, insbesondere einer zusammen mit der Sacklochbohrung für das Innengewinde gefertigten Bohrung.

Vorzugsweise erstreckt sich die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche dabei in Richtung des ersten Verbindungsabschnitts bis an den Freistich des Gewindeabschnitts des Schafts heran. D.h., dass sich die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche bevorzugt in einem an den Gewindeabschnitt des Schafts angrenzenden Schaftabschnitt befindet, wobei die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche insbesondere an den Gewindeabschnitt des Schafts angrenzt, insbesondere an einen zugehörigen Gewindefreistich.

Die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche kann alternativ aber auch mit einem Abstand in axialer Richtung, d.h. in Längsrichtung des Pleuels, zum Gewindeabschnitt des Schafts versetzt angeordnet sein und damit nicht unmittelbar an den Gewindeabschnitt angrenzen.

Es ist jedoch besonders vorteilhaft, wenn die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche unmittelbar an den Gewindeabschnitt des Schafts angrenzt, da hierdurch in einigen Fällen einer Gefahr des Lockerns oder Lösen der Schraubverbindung zwischen dem Schaft und dem ersten Verbindungsabschnitt besonders vorteilhaft entgegengewirkt werden kann.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung weist die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche des Schafts und/oder die Verbindungsabschnitts-Pressverbindungs-Kontaktfläche des ersten Verbindungsabschnitts in einem Ausgangszustand vor einem Herstellen der Pressverbindung eine zumindest teilweise konvex gekrümmte Kontur auf, die insbesondere zumindest teilweise ballig oder bombiert geformt ist, insbesondere in axialer Richtung bezogen auf die Pleuellängsachse.

Dadurch kann eine besonders feste Pressverbindung erreicht werden. Insbesondere wenn sich die ballige oder bombierte Kontur über den gesamten Umfang der Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche des Schafts und/oder der Verbindungsabschnitts-Pressverbindungs-Kontaktfläche des ersten Verbindungsabschnitts erstreckt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung weist der Schaft zumindest in wenigstens einem Bereich eine Beschichtung auf, vorzugsweise eine Kohlenstoffbeschichtung, insbesondere eine amorphe Kohlenstoffbeschichtung, d.h. eine sogenannte DLC-Beschichtung (DLC = „*diamond-like carbon*“), wobei insbesondere wenigstens eine Außenfläche, insbesondere wenigstens ein Bereich einer äußeren Mantelfläche, des Schafts zumindest teilweise beschichtet ist.

Kohlenstoffbeschichtungen sind aus dem Stand der Technik grundsätzlich bekannt und ermöglichen vielfältige Oberflächenfunktionen, wobei mittels einer Kohlenstoffbeschichtung bei einer entsprechenden Ausgestaltung der Beschichtung der zu beschichtenden Bauteile Verschleiß und Reibung reduziert werden können.

Als besonders vorteilhaft für den vorbeschriebenen Einsatzzweck, d.h. zur Beschichtung von Teilen des Pleuels, insbesondere zur Beschichtung des Schafts, erscheinen insbesondere metallhaltige, wasserstoffhaltige amorphe Kohlenstoffschichten, die in der Fachwelt, z.B. gemäß der VDI-Richtlinie 2840, mit „a-C:H:Me:“ bezeichnet werden. Mit derartigen Beschichtungen sind grundsätzlich hohe Verschleißfestigkeiten und geringe Reibkoeffizienten bei einer guten Haftung der Beschichtung auf dem Substrat möglich.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung ist der Schaft zumindest im Bereich der Schaft-

Pressverbindungs-Kontaktfläche zumindest teilweise beschichtet, insbesondere die gesamte Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche, vorzugsweise mit einer Kohlenstoffbeschichtung, insbesondere mit einer amorphen Kohlenstoffbeschichtung (DLC-Beschichtung).

In einigen Fällen kann es vorteilhaft sein, wenn der erste Verbindungsabschnitt des Pleuels, insbesondere die Verbindungsabschnitts-Pressverbindungs-Kontaktfläche, alternativ oder zusätzlich eine Beschichtung aufweist, vorzugsweise ebenfalls eine Kohlenstoffbeschichtung, insbesondere eine DLC-Beschichtung.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung, insbesondere in einer Weiterbildung, weist der Schaft, insbesondere zusätzlich, wenigstens eine weitere Funktionsfläche auf, insbesondere wenigstens eine Dichtfläche und/oder wenigstens eine Gleitfläche, wobei der Schaft insbesondere zumindest im Bereich der wenigstens einen weiteren Funktionsfläche zumindest teilweise, insbesondere über die gesamte wenigstens eine weitere Funktionsfläche beschichtet ist, vorzugsweise mit einer Kohlenstoffbeschichtung, insbesondere mit einer DLC-Beschichtung, wobei die Beschichtung in einer vorteilhaften Ausführung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der Erfindung insbesondere mittels eines CVD- oder PVD-Verfahrens (CVD = „*chemical vapour deposition*“; PVD = „*physical vapour deposition*“) aufgetragen worden ist.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung sind die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche und wenigstens eine weitere Funktionsfläche des Schafts, insbesondere wenigstens eine Dichtfläche, vorzugsweise durch eine zusammenhängende Fläche des Schafts gebildet, insbesondere durch eine zusammenhängende Außenfläche, insbesondere durch eine zusammenhängende äußere Mantelfläche. D.h. die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche und wenigstens eine weitere Funktionsfläche des Schafts, insbesondere wenigstens eine Dichtfläche, grenzen vorzugsweise unmittelbar aneinander, insbesondere ohne Absätze, Nuten oder dergleichen dazwischen.

Dadurch lassen sich mehrere Funktionsflächen insbesondere in einem Arbeitsgang fertigen, wodurch in einigen Fällen unter anderem aufwendige Einspann- und

Umrüstvorgänge entfallen können und die Fertigung des Schafts vereinfacht werden kann.

Alternativ können die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche und eine oder mehrere weitere Funktionsflächen des Schafts auch als getrennte und insbesondere nicht unmittelbar aneinander angrenzende Flächen ausgebildet sein.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung weist der Schaft, insbesondere auch, eine sich über die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche und über wenigstens eine weitere Funktionsfläche, insbesondere eine Dichtfläche, erstreckende und zusammenhängend ausgebildete Beschichtung auf.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung weist das Pleuel, insbesondere die Längenverstelleinrichtung, einen Hydraulikzylinder, der beispielsweise durch einen Führungszylinder im zweiten Pleuelteil gebildet sein kann, mit einem ersten hydraulischen Arbeitsraum und einem zweiten hydraulischen Arbeitsraum auf, welche insbesondere durch einen doppelwirkenden Hydraulikkolben, der insbesondere als Stufenkolben, d.h. mit zwei unterschiedlich großen Wirkflächen, ausgebildet sein kann, getrennt sind, wobei der Hydraulikkolben beispielsweise durch ein mit einem Schaft verbundenes Kolbenelement gebildet sein kann.

In einer Weiterbildung weist das Pleuel ferner eine Hydraulikmedium-Zuleitung und/oder eine Drainage-Leitung auf, welche jeweils mit dem ersten hydraulischen Arbeitsraum und/oder dem zweiten hydraulischen Arbeitsraum fluidkommunizierend verbindbar sind. In dieser vorteilhaften Ausgestaltung kann die Länge des Pleuels unmittelbar über die Stellung des Hydraulikkolbens im Hydraulikzylinder eingestellt werden. Mittels der Längenverstelleinrichtung kann insbesondere ein Zu- und Abfluss eines Hydraulikmediums in und aus den beiden hydraulischen Arbeitsräumen des Hydraulikzylinders gesteuert werden.

Die bei der Bewegung des Pleuels wirkenden Kräfte können hierbei von dem Hydraulikzylinder aufgenommen und an das Hydraulikmedium weitergegeben werden. Sind die Hydraulikmedium-Zuleitung und gegebenenfalls die Drainage verschlossen, kann eine Veränderung der Länge der Pleuel verhindert werden. Ist

die Hydraulikmedium-Zuleitung bzw. die Drainage dagegen geöffnet, besonders durch die entsprechende Schaltstellung des Schaltventils, kann, je nach anliegenden Kräften bzw. Drücken, eine Veränderung der Länge der Pleuel bewirkt werden.

Zur grundsätzlichen Funktionsweise eines derartig längenverstellbaren Pleuels wird auf die bereits erwähnte WO 2016/203047 A1 verwiesen.

In einer vorteilhaften, möglichen Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels kann die Längenverstelleinrichtung dabei für jeden hydraulischen Arbeitsraum insbesondere jeweils eine Steuerventileinrichtung, vorzugsweise eine vorbeschriebene Steuerventileinrichtung, zum Öffnen und/oder Sperren eines Hydraulikmediumabflusses aus dem zugehörigen hydraulischen Arbeitsraum, sowie eine Rückschlagventileinrichtung aufweisen, über welche in den zugehörigen hydraulischen Arbeitsraum während einer Hubbewegung Hydraulikmedium eingesaugt werden kann, aber nicht abfließen kann.

In einer vorteilhaften, möglichen Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels können beide Steuerventileinrichtungen dabei mittels eines gemeinsamen, stangenförmigen, axial verschiebbaren Betätigungselements betätigt werden, wobei das Betätigungselement insbesondere mittels eines doppelwirkenden Stellkolbens in Abhängigkeit von einem anliegenden Hydraulikdruck, insbesondere in Abhängigkeit von einem in einer Hubkolbenmaschine, insbesondere einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, anliegenden Öldruck betätigbar ist.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung weist das Pleuel wenigstens eine Dichtungsvorrichtung auf, insbesondere zur Abdichtung eines angrenzenden hydraulischen Arbeitsraumes, wobei wenigstens eine Dichtungsvorrichtung vorzugsweise auf dem Schaft angeordnet ist, insbesondere im Bereich wenigstens einer Dichtfläche, wobei wenigstens eine Dichtungsvorrichtung insbesondere vor dem Verbinden des Schafts mit dem ersten Verbindungsabschnitt auf dem Schaft angeordnet worden ist, insbesondere auf den Schaft aufgeschoben worden ist.

Dies ermöglicht eine einfache und damit vorteilhafte Montage eines längenverstellbaren Pleuels, insbesondere eines vorbeschriebenen Pleuels, mit einer hydraulischen Längenverstelleinrichtung.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines längenverstellbaren Pleuels für eine Hubkolbenmaschine, das nach einem ersten Aspekt der Erfindung ausgebildet ist, wobei das Verfahren gekennzeichnet ist durch die Schritte:

Bereitstellen eines ersten Verbindungsabschnitts mit einem ersten Gewinde,

Bereitstellen eines Schafts mit einem zum Zusammenwirken mit dem ersten Gewinde ausgebildeten, zweiten Gewinde, und

Verbinden des Schafts mit dem ersten Verbindungsabschnitt zu einem ersten Pleuelteil durch Verschrauben des ersten Gewindes mit dem zweiten Gewinde und Herstellen einer Pressverbindung zwischen dem ersten Verbindungsabschnitt und dem Schaft,

Bereitstellen eines zweiten Pleuelteils, und

Zusammensetzen des ersten Pleuelteils mit dem zweiten Pleuelteil zu einem längenverstellbaren Pleuel.

Die einzelnen Verfahrensschritte müssen dabei nicht zwingend nacheinander und gemäß der vorstehenden Reihenfolge ausgeführt werden: auch eine parallele oder kombinierte Ausführung ist möglich, sofern diese technisch umsetzbar ist.

Bei einer vorteilhaften Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Herstellen der Pressverbindung zwischen dem ersten Verbindungsabschnitt des ersten Pleuelteils und dem Schaft werden der erste Verbindungsabschnitt und der Schaft vor dem Verschrauben zunächst jeweils auf eine definierte Füge­temperatur gebracht, insbesondere auf unterschiedliche Bauteiltemperaturen, wobei insbesondere der erste Verbindungsabschnitt erwärmt wird. Der Schaft bleibt vorzugsweise auf Umgebungstemperatur, wobei die Füge­temperatur des Schafts vorzugsweise zwischen 10°C und 40°C beträgt, insbesondere zwischen 15°C und 35°C. Der erste Verbindungsabschnitt wird vorzugsweise wenigstens auf mehr als 100°C erwärmt, insbesondere auf mehr als 200°C. Auch Temperaturen von mehr als 250°C sind möglich, um gute Verbindungsergebnisse zu erzielen.

Dadurch lassen sich der Schaft und der erste Verbindungsabschnitt besonders einfach und vorteilhaft zusätzlich zu der Schraubverbindung pressverbinden, insbesondere mittels einer Übermaßpassung.

Die Fügetemperaturen werden dabei bevorzugt derart gewählt, dass insbesondere der erste Verbindungsabschnitt nach dem Verschrauben mit dem Schaft, insbesondere nach einem Einschrauben des Schafts, insbesondere auf den Schaft aufschumpft.

Nach dem Verbinden, insbesondere Verschrauben, des Schafts mit dem ersten Verbindungsabschnitt wird vorzugsweise eine Temperaturdifferenz zwischen dem Schaft und dem ersten Verbindungsabschnitt ausgeglichen, insbesondere durch Abkühlen (aktiv oder passiv) des Verbindungsabschnitts. Besonders bevorzugt ist die Pressverbindung hergestellt, wenn beide Teile (Schaft und erster Verbindungsabschnitt), insbesondere wieder, Umgebungstemperatur haben.

Das Erwärmen nur des ersten Verbindungsabschnitts ermöglicht das Montieren einer oder mehrerer, insbesondere temperaturempfindlicher, Dichtungsvorrichtungen auf dem Schaft vor dem Verbinden mit dem ersten Verbindungsabschnitt, insbesondere ohne die Dichtungsvorrichtungen durch ein Erwärmen zu beschädigen.

Bei einer vorteilhaften Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Schaft vor dem Verschrauben mit dem ersten Verbindungsabschnitt zumindest teilweise beschichtet, vorzugsweise mit einer Kohlenstoffschicht, insbesondere mit einer DLC-Beschichtung.

Bei einer vorteilhaften Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Pleuels gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung, wobei der Schaft eine Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche und/oder wenigstens eine weitere Funktionsfläche aufweist, wird zumindest die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche und/oder die wenigstens eine weitere Funktionsfläche des Schafts zumindest teilweise beschichtet, vorzugsweise mit einer Kohlenstoffschicht, insbesondere mit einer DLC-Beschichtung. Dadurch kann ein besonders verschleißfester und reibungsarmer Schaft bereitgestellt werden.

Weist der Schaft ein Kolbenelement auf, welches an einer Innenwand eines Führungszylinders langgleitet, ist insbesondere eine Außenfläche, insbesondere eine

äußere Mantelfläche des Kolbenelements des Schafts als Funktionsfläche ausgebildet, wobei diese Funktionsfläche insbesondere mit einer Beschichtung versehen ist, insbesondere einer Kohlenstoffbeschichtung, insbesondere einer DLC-Beschichtung.

Bei einer vorteilhaften Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens wird vor dem Verschrauben des Schafts mit dem ersten Verbindungsabschnitt ferner wenigstens eine Dichtungsvorrichtung auf dem Schaft angeordnet, insbesondere im Bereich wenigstens einer Dichtfläche, vorzugsweise nach dem Beschichten der Dichtfläche und/oder nach dem Beschichten der Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche. Dies ermöglicht eine besonders vorteilhafte Montage des Pleuels und damit eine besonders vorteilhafte Herstellung.

Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft eine Hubkolbenmaschine, insbesondere eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit einem längenverstellbaren Pleuel, wobei das Pleuel nach dem ersten Aspekt der Erfindung ausgebildet ist und/oder das Pleuel durch ein Verfahren nach einem zweiten Aspekt der Erfindung hergestellt ist.

Ein vierter Aspekt der Erfindung betrifft ein Fahrzeug, insbesondere ein Kraftfahrzeug, mit einer Hubkolbenmaschine, die nach dem dritten Aspekt der Erfindung ausgebildet ist.

Diese und weitere Merkmale und Vorteile gehen außer aus den Ansprüchen und aus der Beschreibung auch aus den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich alleine oder zu mehreren, in Form von Unterkombinationen bei einer Ausgestaltung der Erfindung verwirklicht sein können und eine vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführung darstellen können, sofern diese technisch sinnvoll sind.

Manche der genannten Merkmale bzw. Eigenschaften betreffen sowohl ein erfindungsgemäßes, längenverstellbares Pleuel, als auch ein erfindungsgemäßes Verfahren sowie eine erfindungsgemäße Hubkolbenmaschine und/oder ein erfindungsgemäßes Fahrzeug. Einige dieser Merkmale und Eigenschaften werden nur einmal beschrieben, gelten jedoch unabhängig voneinander im Rahmen technisch möglicher Ausgestaltungen sowohl für ein erfindungsgemäßes längenverstellbares Pleuel als auch für ein erfindungsgemäßes Verfahren sowie für

eine erfindungsgemäße Hubkolbenmaschine und für ein erfindungsgemäßes Fahrzeug.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von nicht einschränkenden Ausführungsbeispielen, die in den Figuren dargestellt sind, näher erläutert, wobei funktionsgleiche Bauteile und/oder Einrichtungen die gleichen Bezugszeichen aufweisen können, auch über mehrere Ausführungsbeispiele hinweg. Es zeigen, teilweise schematisch:

- Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen, längenverstellbaren Pleuels in Perspektivdarstellung mit einem ersten Pleuelteil und einem zweiten Pleuelteil,
- Fig. 2 den ersten Pleuelteil aus Fig. 1 in Ansicht von vorne,
- Fig. 3 einen Schnitt durch den ersten Pleuelteil entlang einer Schnittebene B-B',
- Fig. 4 einen Schaft des ersten Pleuelteils aus den Fig. 2 und 3 in Einzeldarstellung in Ansicht von vorne und
- Fig. 5 den ersten Pleuelteil aus den Fig. 1 bis 3 in Explosionsdarstellung.

Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines längenverstellbaren Pleuel 100 in perspektivischer Darstellung, wobei das Pleuel 100 einen ersten Pleuelteil 102 mit einem hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107 mit einem kleinen Pleuelauge 104 zur Verbindung des Pleuels 100 mit einem hier nicht dargestellten Hubkolben einer Hubkolbenmaschine aufweist, sowie einen zweiten Pleuelteil 103 mit einem kurbelwellenseitigen Verbindungsabschnitt 120 mit einem großen Pleuelauge 105 zur Verbindung des Pleuels 100 mit einer hier ebenfalls nicht dargestellten Kurbelwelle einer Hubkolbenmaschine, wobei das kleine Pleuelauge 104 und das große Pleuelauge 105 jeweils als Pleuellager ausgebildet sind, wobei das Pleuel 100 eine in das kleine Pleuelauge 104 eingepresste Lagerschale 101 umfasst.

Zum Verstellen einer wirksamen Pleuellänge L des Pleuels, welche durch einen Abstand der Drehachsen des kleinen Pleuelauges 104 und des großen Pleuelauges 105 definiert ist, können der erste Pleuelteil 102 und der zweite Pleuelteil 103 entlang der Pleuellängsachse A teleskopartig auseinandergezogen und ineinandergescho-

ben werden, wobei insbesondere der erste Pleuelteil 102 zumindest teilweise in den zweiten Pleuelteil 103 eingeschoben oder aus diesem herausgezogen werden kann.

Dazu weist der zweite Pleuelteil 103, bezogen auf die Darstellung in Fig. 1 oberhalb des großen Pleuelauges 105 einen nur durch das Bezugszeichen 111 und den zugehörigen Bezugspfeil angedeuteten Führungszylinder 111 auf, in welchen ein stangenartiger Schaft 106 (siehe z.B. Fig. 2) des ersten Pleuelteils 102, der an seinem dem kleinen Pleuelauge 104 zugewandten Ende mit dem hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107 fest verbunden ist, zumindest teilweise hineinragt und entlang der Pleuellängsachse A im Führungszylinder 111 axial verschiebbar ist, was durch den Doppelpfeil in Fig. 1 symbolisiert ist. Fig. 1 zeigt das Pleuel 100 dabei in einem Zustand mit einer minimalen wirksamen Pleuellänge L.

Über eine hier nicht erkennbar dargestellte Hydraulikversorgung, welche insbesondere über einen Hydraulikmediumkanal aus dem großen Pleuelauge 105 mit Hydraulikmedium versorgt werden kann, und eine Steuerungseinrichtung 122, welche unterhalb des Führungszylinders 111 und oberhalb des großen Pleuelauges 105 im zweiten Pleuelteil 103 angeordnet ist und in Fig. 1 nur durch das Bezugszeichen 122 und einen zugehörigen Bezugspfeil angedeutet ist, kann die Längenänderung gesteuert werden.

Die **Fig. 2** und **3** zeigen den ersten Pleuelteil 102 des erfindungsgemäßen Pleuels 100 aus Fig. 1 in verschiedenen Ansichten, wobei aus den Fig. 2 und 3 insbesondere ersichtlich ist, wie der stangenartige Schaft 106 mit dem hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107, in den das kleine Pleuelauge 104 integriert ist, erfindungsgemäß verbunden ist.

Der Schaft 106 ist dabei zum einen in den hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107 eingeschraubt und zum anderen erfindungsgemäß zusätzlich mittels einer Pressverbindung 130 fest mit dem hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107 verbunden.

Dazu weist der Schaft 106 im Bereich seines, dem kleinen Pleuelauge 104 zugewandten Endes 124 einen Gewindeabschnitt 129 mit einem Außengewinde 109 auf und der hubkolbenseitige Verbindungsabschnitt 107 eine Sacklochbohrung mit einem entsprechend ausgebildeten Innengewinde 108. Für ein einfacheres Einführen

des Schafts 106 in den hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107 beim Einschrauben in den Verbindungsabschnitt 107 weist der Schaft 106 an seinem Ende 124, insbesondere im Bereich des Gewindeabschnitts 129 auf der dem kleinen Pleuelauge 104 zugewandten Seite vom Gewinde 109 eine Fase 126 auf. Bei diesem Pleuel 100 umfasst der Gewindeabschnitt 129 ferner einen Gewindefreistich 121 für einen einfacheren Werkzeugauslauf bei der Herstellung des Außengewindes 109.

Die erfindungsgemäß zusätzlich zur Schraubverbindung vorhandene Pressverbindung 130 wird durch eine Übermaßpassung zwischen einer Schaft-Pressverbindungsfläche 130A des Schafts 106 und einer entsprechend ausgebildeten Verbindungsabschnitts-Pressverbindungs-Kontaktfläche 130B des hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitts 107 bewirkt, wobei die Durchmesser der Pressverbindungs-Kontaktflächen 130A und 130B derart aufeinander abgestimmt sind, dass sie, bezogen auf einen funktionsgemäßen Verwendungszustand, insbesondere in dem Betriebszustand, in dem die Pressverbindung 130 fest sein soll, eine Übermaßpassung bilden und somit eine kraftschlüssige Verbindung. Vorzugsweise ist die Pressverbindung 130 dabei so ausgelegt, dass sie über einem möglichst weiten Betriebsbereich fest ist.

Dabei ist der Begriff „Übermaßpassung“ im üblichen, maschinenbaulichen Sinn zu verstehen, insbesondere derart, dass die Größe der Bohrung, insbesondere ein Bohrungsdurchmesser, in jedem Fall, d.h. bei jeder Toleranzlage, kleiner ist als ein kleinster Außendurchmesser einer zugehörigen „Welle“. D.h., in diesem Fall ist der Innendurchmesser des Verbindungsabschnitts 107 im Bereich der Verbindungsabschnitts-Pressverbindungs-Kontaktfläche 130B derart bemessen, dass er in jedem Fall, d.h. bei jeder Toleranzlage, kleiner ist als ein kleinster Außendurchmesser des Schafts 106 im Bereich der Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche 130A.

Für eine möglichst feste Pressverbindung 130 sind die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche 130A des Schafts 106 und die Verbindungsabschnitts-Pressverbindungs-Kontaktfläche 130B des ersten, hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitts 107 derart ausgestaltet und dimensioniert, dass sie in einem hier nicht dargestellten Ausgangszustand vor einem Herstellen der Pressverbindung 130 jeweils eine zumindest teilweise konvex gekrümmte Kontur aufweisen und jeweils nach

außen bombiert sind, insbesondere in axialer Richtung bezogen auf die Pleuellängsachse A, wobei sich die Bombierung jeweils über einen gesamten Umfang erstreckt.

Wie anhand von Fig. 3 weiter zu erkennen ist, grenzt bei dem in Fig. 3 abgebildeten Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Pleuels 100 dabei der Bereich, in welchem der Schaft 106 mittels einer Pressverbindung 130 mit dem hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107 zusätzlich mittels einer Pressverbindung 130 verbunden ist, insbesondere die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche 130A, unmittelbar an den Gewindeabschnitt 129, insbesondere den Gewindefreistich 121, des Schafts 106 an. Allerdings geht der Gewindefreistich 121 dabei nicht wie bei einem üblichen Freistich (wie z.B. nach DIN 509) in der Regel üblich, mit einer (geraden) Fase in die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche 130A über, sondern mit einem Radius, d.h. mit einer gekrümmten Flächenkontur statt mit einer geraden, kegelstumpfförmigen Fläche. Dies hat sich aus Festigkeitsgründen als besonders vorteilhaft erwiesen.

Dadurch, dass sich die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche 130A bis an den Gewindeabschnitt 129 des Schafts 106 erstreckt und sich somit die Pressverbindung 130 in unmittelbarer Nähe zur Schraubverbindung aus dem in den hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107 eingebrachten Innengewinde 108 und dem in den Schaft 106 eingebrachten Außengewinde 109 befindet, kann einem Lockern und/oder Lösen der Schraubverbindung besonders wirkungsvoll entgegengewirkt werden. Ferner ermöglicht diese Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels 100 eine in axialer Richtung kompakte Ausgestaltung der Verbindung des Schafts 106 mit dem zugehörigen, hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107.

Entgegen den Darstellungen in Fig. 3 liegt in einer Variante bei einem erfindungsgemäßen Pleuel 100 das Ende 124 des Schafts 106 mit seiner Stirnseite nicht am hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107 an. D.h., vorzugsweise kann der Schaft 106 nur so weit in den hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107 eingeschraubt werden, dass der Schaft 106 mit seinem Ende 124 nicht „auf Block“ geht. Dadurch kann vermieden werden, dass es zu einer Überbestimmtheit kommt und der Schaft 106 möglicherweise nicht ausreichend weit in den hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107 eingeführt werden kann.

Um ein Herausziehen des ersten Pleuelteils 102, insbesondere des Schafts 106, aus dem Führungszylinder 111 zu verhindern, ist eine Anschlaghülse 113 vorgesehen,

welche ein Außengewinde 127 aufweist und an einem oberen Ende des Führungszylinders 111 in den zweiten Pleuelteil 103 eingeschraubt werden kann.

Um ein Verdrehen der beiden Pleuelteile 102 und 103 zu vermeiden, weist das erfindungsgemäße Pleuel 100 ferner eine Sicherungsausnehmung 150 auf (siehe Fig. 2), mittels welcher über einen in der Sicherungsausnehmung 150 platzierten, hier jedoch nicht erkennbar dargestellten Zentrierstift eine Verdrehung des ersten Pleuelteils 102 relativ zum zweiten Pleuelteil 103, insbesondere um die Pleuellängsachse A, vermieden werden kann.

Im Bereich seines anderen Endes, d.h. im Bereich eines dem großen Pleuelauge 105 zugewandten Endes, ist der Schaft 106 als Kolbenelement 118 ausgebildet, wobei der Schaft 106, bei dem in Fig. 1 beschriebenen Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Pleuels 100 insbesondere mit dem Kolbenelement 118 in den Führungszylinder 111 im zweiten Pleuelteil 103 eingreifen kann und im Führungszylinder 111 entlang der Pleuellängsachse A axial verschiebbar ist, wobei das Kolbenelement 118 mit einer als Gleitfläche 143 ausgebildeten äußeren Mantelfläche an einer inneren, ebenfalls als Gleitfläche ausgebildeten Mantelfläche des Führungszylinders 111 entlanggleiten kann, vorzugsweise mit einem definierten Spalt dazwischen.

Das Kolbenelement 118 ist dabei als doppelseitig wirkender Stufenkolben 118 ausgebildet und kann mit dem Führungszylinder 111, insbesondere mit einer Bodenfläche des Führungszylinders 111 sowie einer inneren Mantelfläche des Führungszylinders 111, und insbesondere einer Unterseite des Kolbenelements 118, einen ersten hydraulischen Arbeitsraum aufspannen, sowie mit einer oberen Seite des Kolbenelements 118, einer inneren Mantelfläche des Führungszylinders 111 und einer unteren Stirnseite der Anschlaghülse 113 einen zweiten hydraulischen Arbeitsraum, ähnlich zu den in der DE 10 2017 217 492 A1 beschriebenen Pleueln.

Um einen ausreichenden Druckaufbau in den hydraulischen Arbeitsräumen des Pleuels 100 zu erreichen, sind entsprechende Dichtungsvorrichtungen 110, 114 und 115 vorgesehen, welche jeweils mit Hilfe eines entsprechenden Stützelementes 112, 116 und 117 gesichert und gehalten werden können.

Eine erste Dichtungsvorrichtung 110 ist dabei insbesondere unmittelbar unterhalb der Anschlaghülse 113 angeordnet und kann mittels eines ersten Stützrings 112 in

einem funktionsgemäßen Verwendungszustand des Pleuels 100 innerhalb des Führungszylinders 111 in Position gehalten werden.

Zur Abdichtung eines Spalts zwischen dem Kolbenelement 118 und dem Führungszylinder 111 sind eine zweite Dichtungsvorrichtung 114 sowie eine dritte Dichtungsvorrichtung 115 vorgesehen, welche jeweils durch einen zweiten Stützring 116 bzw. einen dritten Stützring 117 auf dem Schaft 106, insbesondere angrenzend an das Kolbenelement 118, gehalten werden können, insbesondere auf entsprechenden, als zweite und dritte Dichtflächen 141 und 142 ausgebildeten, weiteren Funktionsflächen 141 und 142.

Das erfindungsgemäße Pleuel 100, insbesondere der Schaft 106, weist ferner zusätzlich eine Kohlenstoffbeschichtung 125 auf, wobei die Beschichtung 125 insbesondere eine sogenannte DLC-Beschichtung 125 („*diamond-like carbon*“-Beschichtung) ist, und welche sich bei dem hierin beschriebenen Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Pleuels 100 zum einen vom Bereich der Pressverbindung 130 in Richtung des großen Pleuelauges 105 bis über eine als Dichtfläche 140 ausgebildete Funktionsfläche 140 im Bereich der ersten Dichtvorrichtung 110 hinaus erstreckt, insbesondere bis an einen angrenzenden Schaftabsatz heran, auf welchem in einem funktionsgemäßen Verwendungszustand des Pleuels 100 die zweite Dichtungsvorrichtung 114 sowie der zugehörige Stützring 116 angeordnet sind.

Für ein optimales Aufbringen der DLC-Beschichtung 125 auf den Schaft 106, insbesondere auf die Dichtfläche 140 und den Bereich, in welchem der Schaft mit dem hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107 die Pressverbindung 130 bildet, d.h. die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche 130A, sind diese Flächen bei diesem Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Pleuels 100 in vorteilhafter Weise als eine gemeinsame zusammenhängend äußere Mantelfläche des Schaftes 106 ausgebildet, so dass mit einer ebenfalls zusammenhängenden DLC-Beschichtung 125 versehen werden können, insbesondere in einem Arbeitsgang.

Zum anderen ist eine Außenfläche 143, welche insbesondere als weitere Funktionsfläche 143, insbesondere als Gleitfläche 143 ausgebildet ist, mit einer DLC-Beschichtung 143 versehen.

Fig. 4 zeigt den Schaft 106 des ersten Pleuelteils 102 aus den Fig. 2 und 3 in Einzelteildarstellung in Ansicht von vorne, wobei in dieser Darstellung besonders gut der Gewindeabschnitt 129 mit der Fase 126, dem Außengewinde 109 und dem Gewindeabschnitt 121 zu erkennen ist, sowie die DLC-Beschichtung 125, die sich vom Rand des Gewindeabschnitts 129, insbesondere des Gewindefreistichs 121, über die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche 130A und die erste Dichtfläche 140 bis an den angrenzenden Schaftabsatz mit der zweiten Dichtfläche 141 erstreckt. Ebenso ist gut die DLC-Beschichtung 125 der Gleitfläche 143 im Bereich des als doppelwirkender Stufenkolben ausgebildeten Kolbenelements 118 zu erkennen.

Fig. 5 zeigt eine Explosionsdarstellung des ersten Pleuelteils 102 aus den Fig. 1 bis 3, wobei anhand dieser Darstellung im Folgenden die Herstellung des Pleuels 100 gemäß einer Variante eines erfindungsgemäßen Verfahrens erläutert wird.

Zur Herstellung des vorbeschriebenen, erfindungsgemäßen Pleuels 100 ist zunächst der Schaft 106 bereitgestellt worden, und zwar bereits mit dem Gewindeabschnitt 129 mit dem Gewindefreistich 121, dem Außengewinde 109 und der Fase 126 sowie mit einer auf Maß gebrachten Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche 130A und auf Maß gebrachten Dichtflächen 140, 141 und 142, wobei die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche 130A insbesondere bombiert geformt war.

In einem nachfolgenden Schritt ist eine äußere Mantelfläche des Schafts 106 oberhalb des Kolbenelements 118 zusammenhängend mit der DLC-Beschichtung 125 im PVD-verfahren beschichtet worden, wobei sich die DLC-Beschichtung 125 über die Dichtfläche 140 und die Schaft-Pressverbindungsfläche 130A erstreckt und auf einer Seite bis an den Gewindeabschnitt, insbesondere bis an den Gewindefreistich 121, heranreicht und auf der anderen Seite bis an den angrenzenden Schaftabsatz mit der zweiten Dichtfläche 141. Ferner wurde die Gleitfläche 143 des Kolbenelements 118 des Schafts 118 mit einer DLC-Beschichtung 125 versehen, wobei die Schichtdicke jeweils nur 3 bis 5 µm beträgt.

In einem weiteren nachfolgenden Schritt sind die zweite Dichtungsvorrichtung 114, der zugehörige Stützring 116 sowie die erste Dichtungsvorrichtung 110 und der Stützring 112 sowie die Anschlaghülse 113 vom Ende 124 her in axialer Richtung auf den Schaft 106 aufgeschoben worden und die dritte Dichtungsvorrichtung 115 und der zugehörige Stützring 117 vom anderen Ende her, wobei die Dichtungsvorrichtung-

gen 110, 114 und 115 sowie die Stützringe jeweils als umlaufend geschlossene Ringe ausgebildet sind.

In einem weiteren Schritt ist der hubkolbenseitige Verbindungsabschnitt 107 mit dem zum Außengewinde 109 entsprechend ausgebildeten Innengewinde 108 sowie mit der auf Maß gebrachten und ebenfalls bombierten Verbindungsabschnitts-Pressverbindungs-Kontaktfläche 130B bereitgestellt worden und auf eine Füge-temperatur von größer 200°C erwärmt worden.

Der Innendurchmesser des Verbindungsabschnitts 107 im Bereich der Verbindungsabschnitts-Pressverbindungs-Kontaktfläche 130B wurde dabei derart bemessen, dass er in jedem Fall, d.h. bei jeder Toleranzlage, kleiner ist als ein kleinster Außendurchmesser des Schafts 106 im Bereich der Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche 130B.

In einem weiteren Schritt wurde der Schaft 106, welcher weder erwärmt noch abgekühlt worden ist, sondern Umgebungstemperatur (in diesem Fall 20°C) hatte, in den hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107 eingeschraubt.

Das Erwärmen nur des hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitts 107 ohne eine Erwärmung oder Abkühlung des Schafts 106 hat den Vorteil, dass eine oder mehrere der Dichtungsvorrichtungen 110, 114 und 115, insbesondere die Dichtungsvorrichtungen 110 und 114 und 115, bereits vor dem Verbinden des Schafts 106 mit dem hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107, auf den Schaft aufgeschoben werden können, ohne beschädigt zu werden, was die Verwendung in Umfangsrichtung geschlossener Dichtungsvorrichtungen 110, 114, und 115 ermöglicht, insbesondere die Verwendung von Dichtungsringen 110, 114, 115. Entsprechendes gilt für die zugehörigen Stützringe 112, 116 und 117.

Anschließend wurde eine Temperaturdifferenz zwischen dem Schaft 106 und dem hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107 durch Abkühlen ausgeglichen, insbesondere durch Erkalten lassen des hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitts 107, wobei der hubkolbenseitige Verbindungsabschnitt 107 auf den Schaft 106 geschrumpft ist, so dass der Schaft 106 und der hubkolbenseitige Verbindungsabschnitt 107 zusätzlich zu der Schraubverbindung mittels einer Pressverbindung 130

miteinander verbunden sind. Zur Beschleunigung des Abkühlvorgangs ist auch eine aktive Abkühlung des hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitts 107 denkbar.

Anschließend wurde der auf vorbeschriebene Weise hergestellte und zusammengesetzte erste Pleuelteil 102 mit dem zweiten Pleuelteil 103 zu einem erfindungsgemäßen, längenverstellbaren Pleuel 100 zusammengesetzt, wobei insbesondere der Schaft 106 des ersten Pleuelteils 102 mit den darauf angeordneten Dichtungsvorrichtungen 110, 114 und 115 sowie den zugehörigen Stützringen 112, 116 und 117 in den zweiten Pleuelteil 103, insbesondere den Führungszylinder 111 zumindest teilweise eingeschoben worden ist und die Anschlaghülse in den zweiten Pleuelteil 103 eingeschraubt worden ist.

Anschließend wurde ferner noch, um ein Verdrehen der beiden Pleuelteile 102 und 103 gegeneinander zu vermeiden, ein Zentrierstift in die Sicherungsausnehmung 150 eingesetzt.

Neben der vorbeschriebenen, beispielhalber beschriebenen Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels sind weitere Ausführungen, insbesondere eine Vielzahl an konstruktiven Abwandlungen, möglich, welche in einem durch die zugehörigen Patentansprüche definierten Schutzbereich fallen.

Bezugszeichenliste

100	erfindungsgemäßes, längenverstellbares Pleuel
102	erster Pleuelteil
103	zweiter Pleuelteil
104	kleines Pleuelauge
105	großes Pleuelauge
106	Schaft
107	erster, hubkolbenseitiger Verbindungsabschnitt
108	Innengewinde des ersten Verbindungsabschnitts
109	Außengewinde des Schafts
110	erste Dichtungsvorrichtung
111	Führungszylinder
112	erster Stützring
113	Anschlaghülse
114	zweite Dichtungsvorrichtung
115	dritte Dichtungsvorrichtung
116	zweiter Stützring
117	dritter Stützring
118	Kolbenelement
120	zweiter, kurbelwellenseitiger Verbindungsabschnitt
122	Steuerungseinrichtung zur Längenverstellung
121	Gewindefreistich
124	Ende des Schafts
125	Beschichtung, insbesondere DLC-Beschichtung
126	Fase
127	Außengewinde
129	Gewindeabschnitt
130	Pressverbindung
130A	Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche
130B	Verbindungsabschnitts-Pressverbindungs-Kontaktfläche
140	erste Dichtfläche
141	zweite Dichtfläche
142	dritte Dichtfläche
143	weitere Funktionsfläche (Gleitfläche)
150	Sicherungsausnehmung
A	Pleuellängsachse
L	wirksame Pleuellänge

Patentansprüche

1. Längenverstellbares Pleuel (100) für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, wobei eine wirksame Pleuellänge (L) des Pleuels (100) veränderbar ist und das Pleuel (100) einen ersten Pleuelteil (102) und einen zweiten Pleuelteil (103) aufweist,
 - wobei der erste Pleuelteil (102) und der zweite Pleuelteil (103) zum Verändern der wirksamen Pleuellänge (L) entlang einer Pleuellängsachse (A) relativ zueinander bewegbar sind,
 - wobei der erste Pleuelteil (102) einen Schaft (106) sowie einen ersten Verbindungsabschnitt (107) zur zumindest teilweisen Lagerung des Pleuels (100) in einer Hubkolbenmaschine aufweist,
 - wobei der zweite Pleuelteil (103) einen zweiten Verbindungsabschnitt aufweist, der ebenfalls zur zumindest teilweisen Lagerung des Pleuels in einer Hubkolbenmaschine ausgebildet ist,
 - wobei der erste Verbindungsabschnitt (107) ein erstes Gewinde (108) aufweist und der Schaft (106) einen zum Zusammenwirken mit dem ersten Gewinde (108) ausgebildetes zweites Gewinde (109), und
 - wobei der Schaft (106) mittels einer Schraubverbindung fest mit dem ersten Verbindungsabschnitt (107) verbunden ist,dadurch gekennzeichnet, dass der Schaft (106) und der erste Verbindungsabschnitt (107) in wenigstens einem Betriebszustand des Pleuels (100) zusätzlich zu der Schraubverbindung (108, 109) durch eine Pressverbindung (130) fest miteinander verbunden sind.
2. Längenverstellbares Pleuel (100) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Gewinde (108) des ersten Verbindungsabschnitts (107) ein Innengewinde (108) ist und das zweite Gewinde (109) des Schafts (106) ein entsprechend ausgebildetes Außengewinde (109), wobei der Schaft (106) mit dem Außengewinde (109) vorzugsweise in den ersten Verbindungsabschnitt (107) des ersten Pleuelteils (102) eingeschraubt ist.

3. Längenverstellbares Pleuel (100) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaft (106) eine Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche (130A) aufweist, welche mit einer korrespondierend zur Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche (130A) des Schafts (106) ausgebildeten Verbindungsabschnitts-Pressverbindungs-Kontaktfläche (130B) des ersten Verbindungsabschnitts (107) eine Übermaßpassung bildet, wobei die Übermaßpassung derart dimensioniert ist, dass in zumindest einem Betriebszustand der erste Verbindungsabschnitt (107) und der Schaft (106) des Pleuels (106) kraftschlüssig miteinander verbunden sind.
4. Längenverstellbares Pleuel (100) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche (130A) des Schafts (106) und/oder die Verbindungsabschnitts-Pressverbindungs-Kontaktfläche (130B) des ersten Verbindungsabschnitts (107) in einem Ausgangszustand vor einem Herstellen der Pressverbindung (130) eine zumindest teilweise konvex gekrümmte Kontur aufweist, insbesondere zumindest teilweise ballig oder bombiert geformt ist, insbesondere in axialer Richtung bezogen auf die Pleuellängsachse (A).
5. Längenverstellbares Pleuel (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaft (106) zumindest in wenigstens einem Bereich eine Beschichtung (125) aufweist, vorzugsweise eine Kohlenstoffbeschichtung (125), insbesondere eine DLC-Beschichtung (125).
6. Längenverstellbares Pleuel (100) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaft (106) zumindest im Bereich der Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche (130A) zumindest teilweise beschichtet ist.
7. Längenverstellbares Pleuel (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaft (106) wenigstens eine weitere Funktionsfläche (140, 141, 142, 143) aufweist, wobei der Schaft (106) insbesondere zumindest im Bereich der wenigstens einen weiteren Funktionsfläche (140, 143) zumindest teilweise beschichtet ist.

8. Längenverstellbares Pleuel (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Pleuel (100) wenigstens eine Dichtungsvorrichtung (110, 114, 115) aufweist, wobei vorzugsweise wenigstens eine Dichtungsvorrichtung (110, 114, 115) auf dem Schaft (106) angeordnet ist, wobei insbesondere wenigstens eine Dichtungsvorrichtung (110, 114, 115) vor dem Verbinden des Schafts (106) mit dem ersten Verbindungsabschnitt (107) auf dem Schaft (106) angeordnet worden ist.
9. Verfahren zur Herstellung eines längenverstellbaren Pleuels (100) für eine Hubkolbenmaschine, das nach einem der Ansprüche 1 bis 8 ausgebildet ist, gekennzeichnet durch die Schritte:
Bereitstellen eines ersten Verbindungsabschnitts (107) mit einem ersten Gewinde (108),
Bereitstellen eines Schafts (106) mit einem zum Zusammenwirken mit dem ersten Gewinde (108) ausgebildeten zweiten Gewinde (109), und
Verbinden des Schafts (106) mit dem ersten Verbindungsabschnitt (107) zu einem ersten Pleuelteil (102) durch Verschrauben des ersten Gewindes (108) mit dem zweiten Gewinde (109) und Herstellen einer Pressverbindung (130) zwischen dem ersten Verbindungsabschnitt (107) und dem Schaft (106),
Bereitstellen eines zweiten Pleuelteils (103),
Zusammensetzen des ersten Pleuelteils (102) mit dem zweiten Pleuelteil (103) zu einem längenverstellbaren Pleuel (100).
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zum Herstellen der Pressverbindung (130) zwischen dem ersten Verbindungsabschnitt (107) des ersten Pleuelteils (102) und dem Schaft (106) der erste Verbindungsabschnitt (107) und der Schaft (106) vor dem Verschrauben zunächst jeweils auf eine definierte Füge­temperatur gebracht werden, wobei der erste Verbindungsabschnitt (107) insbesondere erwärmt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaft (106) vor dem Verschrauben mit dem ersten Verbindungsabschnitt (107) zu-

mindest teilweise beschichtet wird, vorzugsweise mit einer Kohlenstoffschicht (125), insbesondere mit einer DLC-Beschichtung (125).

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei der Schaft eine Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche (130A) und/oder wenigstens eine weitere Funktionsfläche (140, 141, 142, 143) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche (130A) und/oder die wenigstens eine weitere Funktionsfläche (140, 143) des Schafts (106) zumindest teilweise beschichtet wird, vorzugsweise mit einer Kohlenstoffschicht (125), insbesondere mit einer DLC-Beschichtung (125).
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Verschrauben des Schafts (106) mit dem ersten Verbindungsabschnitt (107) wenigstens eine Dichtungsvorrichtung (110, 114, 115) auf dem Schaft (106) angeordnet wird.
14. Hubkolbenmaschine, insbesondere Hubkolbenbrennkraftmaschine, die ein längenverstellbares Pleuel (100) aufweist, das nach einem der Ansprüche 1 bis 8 ausgebildet ist und/oder das durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13 hergestellt ist.
15. Fahrzeug, insbesondere Kraftfahrzeug, das eine Hubkolbenmaschine nach Anspruch 14 aufweist.

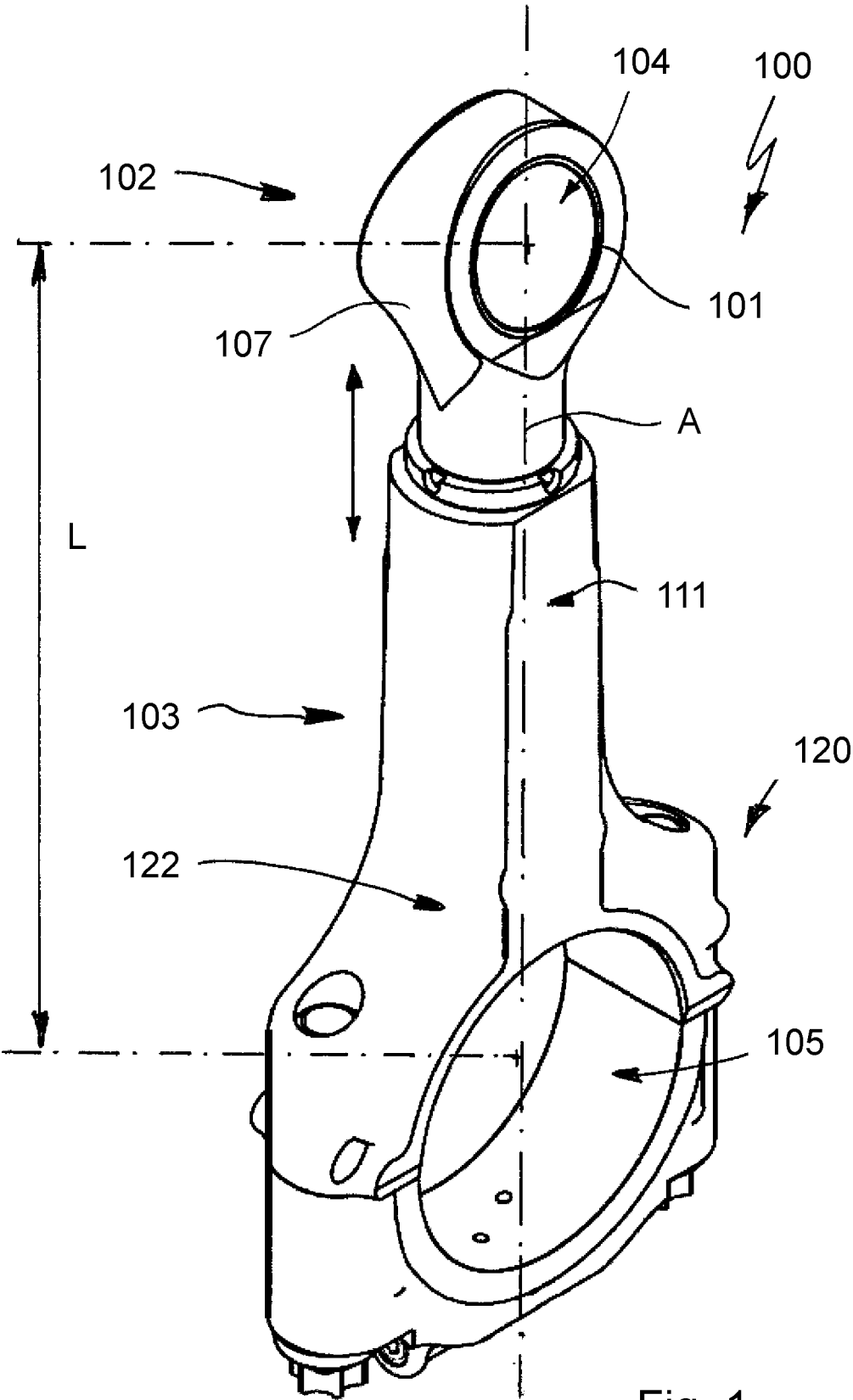


Fig. 1

2/5

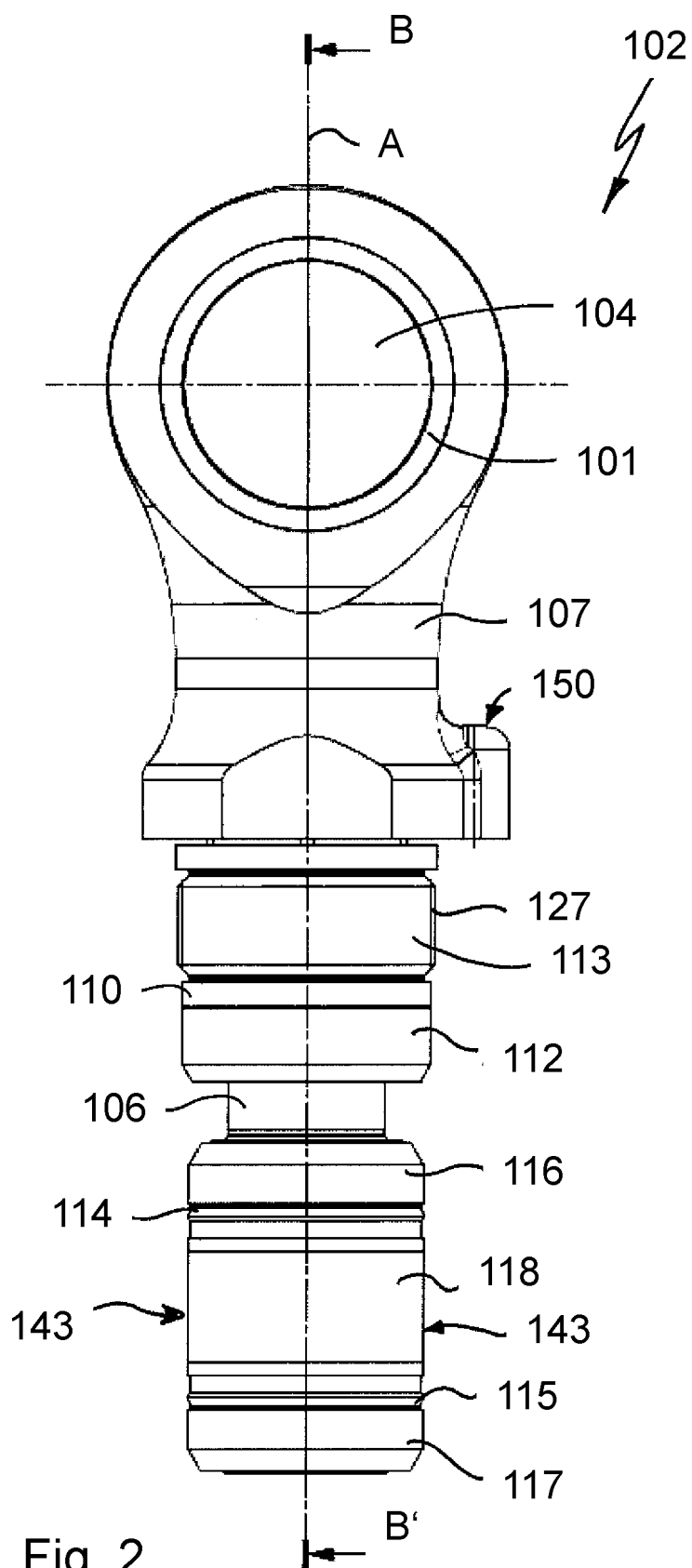
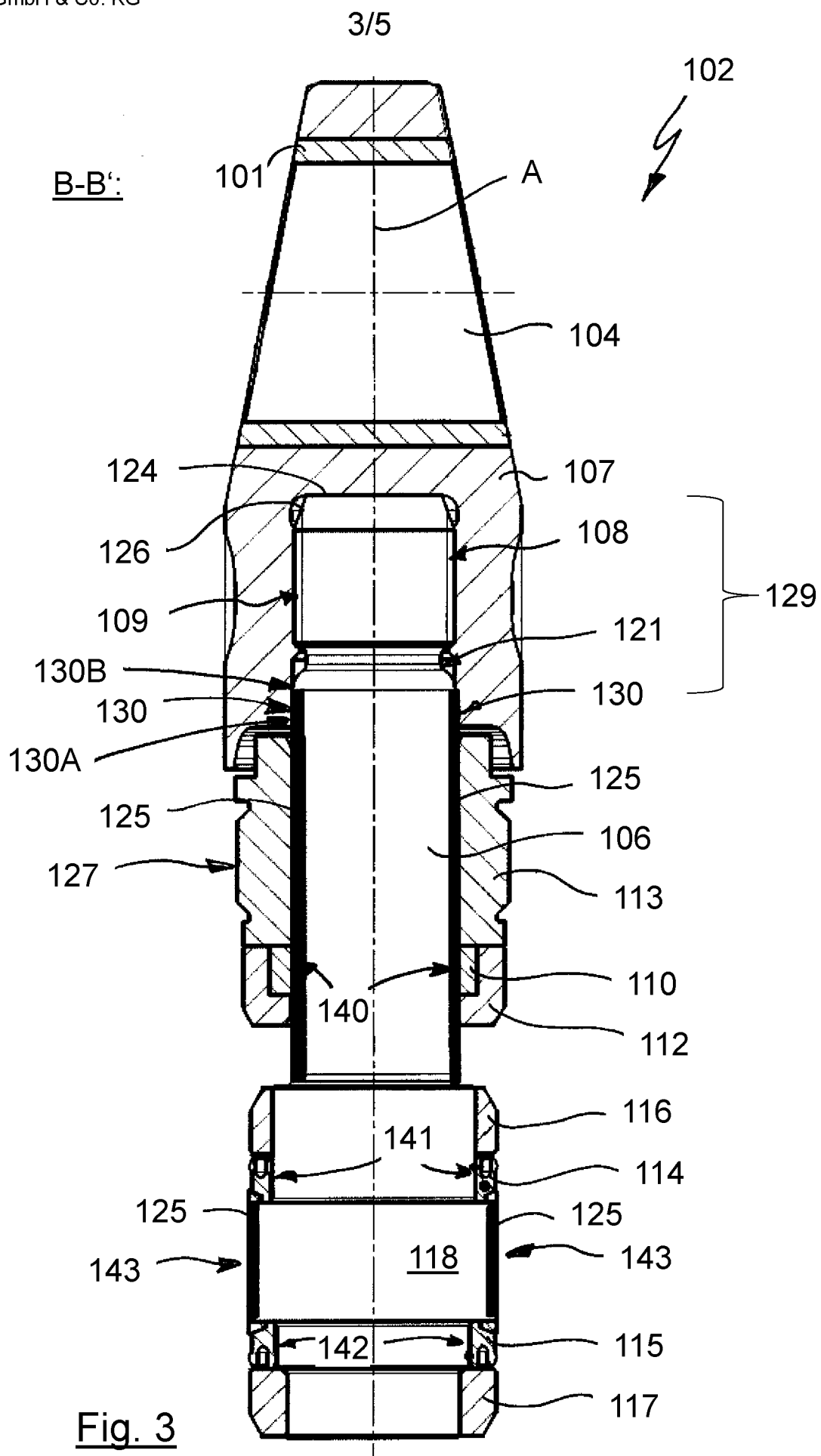


Fig. 2



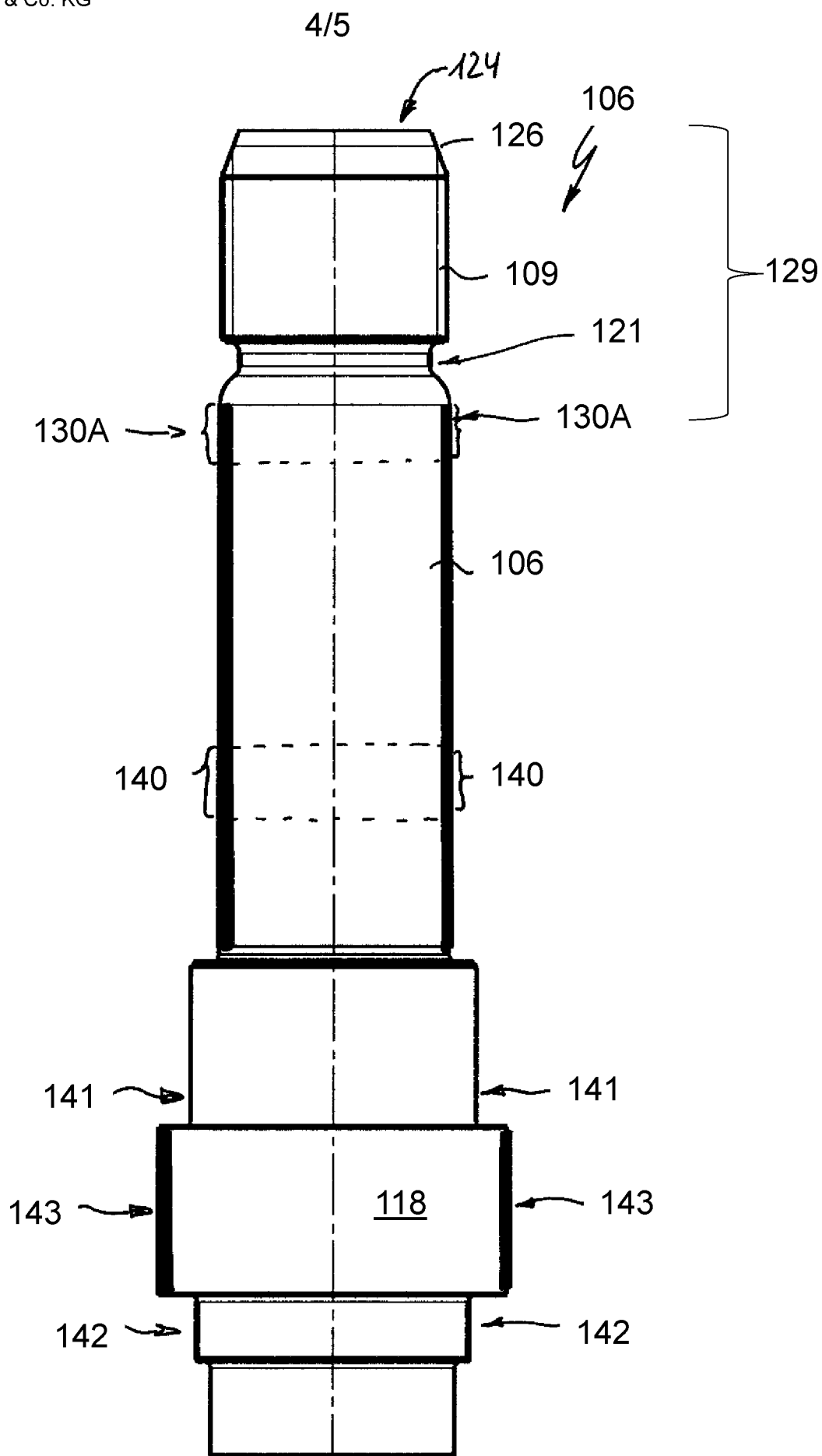


Fig. 4

5/5

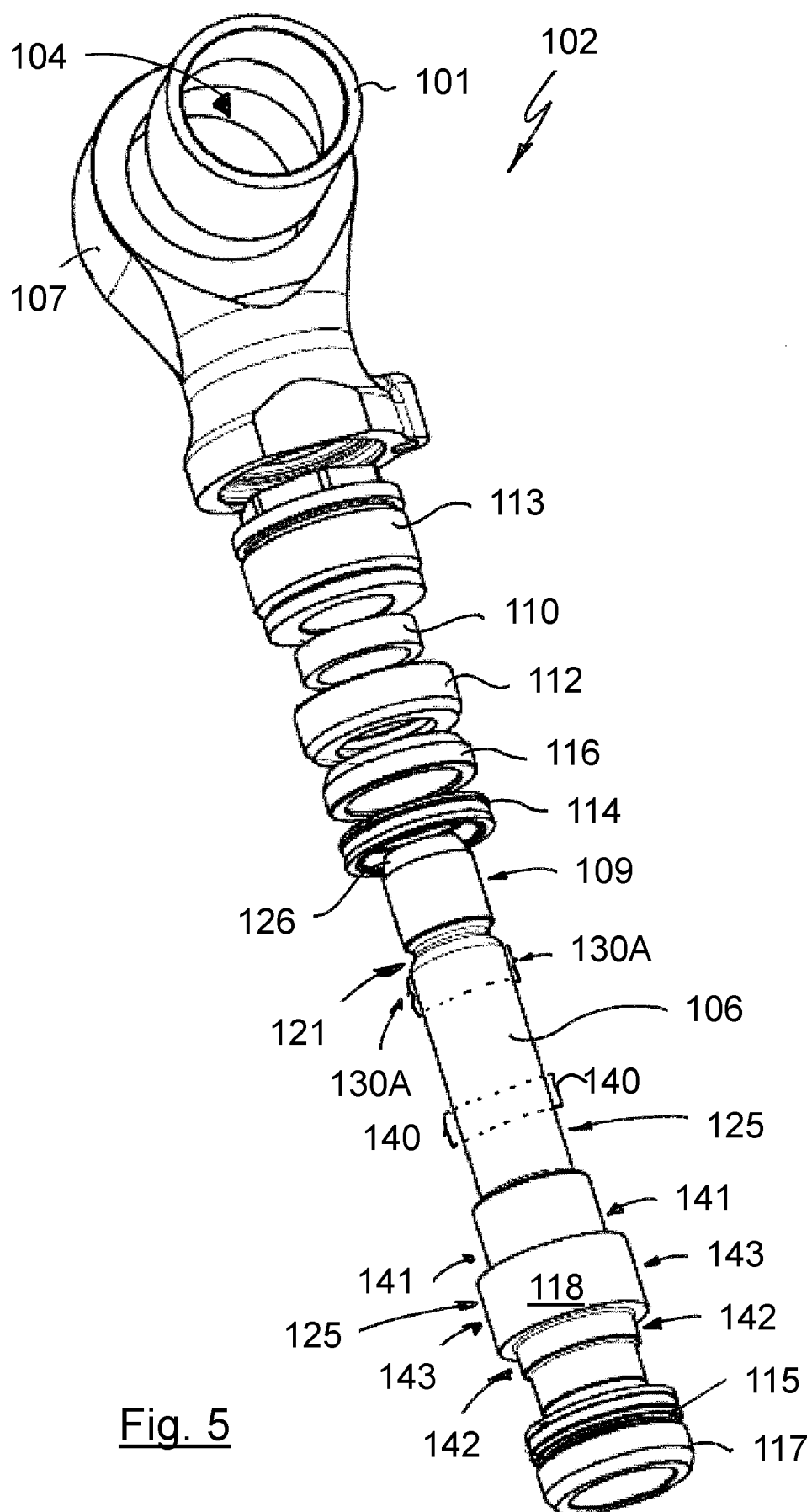


Fig. 5