

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50073/2019
(22) Anmeldetag: 30.01.2019
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2020

(51) Int. Cl.: **F16C 7/06** (2006.01)
F02B 75/04 (2006.01)
F02D 15/02 (2006.01)
F16B 19/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102017121475 A1
DE 3516506 A1
DE 102012020999 A1
WO 2016203047 A1
DE 102017217492 A1
WO 2017075646 A1

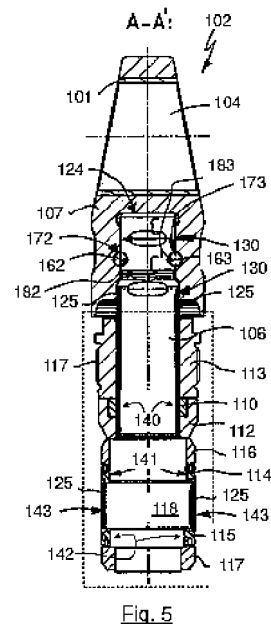
(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)
iwis motorsysteme GmbH & Co. KG
81369 München (DE)

(72) Erfinder:
Pramberger Harald Dipl.Ing.
8054 Graz (AT)
Rath Martin Dipl.Ing.
8045 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Kopetz Heinrich Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)

(54) **Längenverstellbares Pleuel mit Stiftverbindung**

(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 Schaft (106) und der erste Verbindungsabschnitt (107) mittels wenigstens eines Verbindungsstiftes (160, 161; 162, 163; 164, 165) miteinander verbunden sind.



Beschreibung

LÄNGENVERSTELLBARES PLEUEL MIT STIFTVERBINDUNG

[0001] 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, wobei der erste Pleuelteil einen Schaft sowie einen mit dem Schaft verbundenen ersten Verbindungsabschnitt zur zumindest teilweisen Lagerung des Pleuels in einer Hubkolbenmaschine aufweist und der zweite Pleuelteil einen zweiten Verbindungsabschnitt, der ebenfalls zur zumindest teilweisen Lagerung des Pleuels in einer Hubkolbenmaschine ausgebildet ist.

[0002] 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.

[0003] 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 grundsätzlich verschiedene Maßnahmen 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.

[0004] Zur Veränderung der wirksamen Pleuellänge ist bekannt, eine entsprechend ausgebildete Längenverstelleinrichtung vorzusehen, wobei verschiedene Konzepte zur Längenverstellung bekannt sind.

[0005] 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. DE 10 2017 12 14 75 A1 zeigt ein solches Pleuel, bei dem Stützstangen, die zum hydraulischen Verstellen des Exzenters benötigt werden, mit Sicherungsstiften in Kugelkopfaufnahmen eines Kolbens gegen Herausgleiten gesichert werden.

[0006] Aus der WO 2016/203047 A1 ist eine hydraulische Längenverstelleinrichtung mit relativ zueinander verschiebbaren, insbesondere teleskopartig ineinanderschließbaren bzw. auseinanderziehbaren 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 doppelwirkender Stufenkolben ausgebildeten Kolbenelement, das in den Führungszylinder ragt und zum Verändern der wirksamen Pleuellänge im Führungszylinder entlang der Pleuellängsachse verschiebbar ist. Zum Verändern der wirksamen Pleuellänge weist die Längenverstelleinrichtung ferner 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.

[0007] Aus dem Stand der Technik ist ferner bekannt, den Schaft einteilig mit einem ersten Verbindungsabschnitt des Pleuels, insbesondere einem kleinen Pleuelauge, auszubilden.

[0008] Des Weiteren 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. DE 35 16 506 A1 beschreibt ein mehrteiliges Pleuel, bei dem einzelne Teile über eine Verbindungsmutter verschraubt werden, wobei zur Sicherung gegen Verdrehen in den jeweiligen Pleuelteilen exzentrische, zueinander fluchtende, achsparallele Sacklochbohrungen sowie ein formschlüssig in diese eingreifender Verdrehsicherungsstift vorgesehen sind.

[0009] Aus der WO 2017/075646 A1 ist beispielsweise bekannt, den Schaft und den ersten Verbindungsabschnitt mittels einer Pressverbindung fest miteinander zu verbinden, d.h. insbesondere kraftschlüssig.

[0010] 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.

[0011] 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.

[0012] 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 einen Schaft sowie einen mit dem Schaft verbundenen 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.

[0013] Erfindungsgemäß sind der Schaft und der erste Verbindungsabschnitt dabei mittels wenigstens eines Verbindungsstiftes miteinander verbunden, insbesondere fest, d.h. insbesondere nicht relativbeweglich zueinander.

[0014] Dabei ist insbesondere wenigstens ein Verbindungsstift zumindest teilweise in den Schaft und zumindest teilweise in den ersten Verbindungsabschnitt eingebracht und insbesondere jeweils fest mit dem Schaft und dem Verbindungsabschnitt verbunden, wobei wenigstens ein Verbindungsstift insbesondere zumindest teilweise in den Schaft und/oder den ersten Verbindungsabschnitt eingepresst ist und vorzugsweise jeweils mittels einer Pressverbindung fest mit dem Schaft und dem Verbindungsabschnitt verbunden ist.

[0015] Besonders bevorzugt ist dazu vor dem Einpressen des wenigstens einen Verbindungsstiftes wenigstens eine entsprechende Aufnahmeöffnung, insbesondere wenigstens eine zylinderförmige Aufnahmeöffnung, beispielsweise eine Aufnahmebohrung, insbesondere eine Durchgangsöffnung, für den Verbindungsstift in den ersten Pleuelteil eingebracht worden, wobei die Aufnahmeöffnung insbesondere nach einem ersten Zusammensetzen des Schafts mit dem ersten Verbindungsabschnitt zu einer Vormontagebaugruppe des ersten Pleuelteils eingebracht worden ist.

[0016] Alternativ können ein oder mehrere Aufnahmeöffnungen oder Teilabschnitte dieser Aufnahmeöffnungen auch vor dem Zusammensetzen zu der Vormontagebaugruppe eingebracht worden sein, insbesondere jeweils zumindest teilweise in den Schaft und/oder zumindest teilweise in den ersten Verbindungsabschnitt.

[0017] Das Einbringen einer Aufnahmeöffnung vor dem Einbringen des Verbindungsstiftes er-

möglicht ein einfaches Einbringen des Verbindungsstifts in den ersten Pleuelteil, insbesondere ein einfaches Einpressen, insbesondere mit relativ geringen Kräften, bei einer gleichzeitig hohen erreichbaren Festigkeit einer auf diese Weise ausgebildeten Stiftverbindung.

[0018] Durch das Fertigen der Aufnahmebohrung nach dem Zusammensetzen des Schafts mit dem ersten Verbindungsabschnitt zu einer Vormontagebaugruppe des ersten Pleuelteils lassen sich kleinere Toleranzen für die Aufnahmeöffnung erreichen, da durch das Zusammensetzen entstehende Ungenauigkeiten vermieden werden können. Es können auch Absätze und Kanten, insbesondere Grate, an den Trennflächen reduziert oder sogar ganz vermieden werden. Ferner lässt sich eine zuverlässige Stiftverbindung erreichen, insbesondere eine hinsichtlich ihrer Festigkeit enger tolerierte Stiftverbindung. Dies wiederum ermöglicht eine Auslegung der Stiftverbindung mit geringeren Sicherheitsreserven, wodurch sich wiederum ein höherer Materialausnutzungsgrad und damit im Ergebnis ein leichteres Pleuel bereitstellen lässt und/oder günstigere Werkstoffe eingesetzt werden können.

[0019] Besonders bevorzugt, insbesondere wenn der Verbindungsstift in den ersten Pleuelteil eingepresst werden soll, sind Aufnahmeöffnung und Verbindungsstift dabei derart dimensioniert und toleriert, dass der Verbindungsstift mit der Aufnahmeöffnung, insbesondere einer Aufnahmebohrung, eine Übermaßpassung ausbildet, vorzugsweise eine Übermaßpassung, mit welcher eine für eine definierte Festigkeit der Stiftverbindung ausreichende Pressung zwischen den Verbindungsbauteilen erreicht werden kann.

[0020] Je nach gewünschter Festigkeit der Stiftverbindung sind dabei verschiedene Passungen möglich. Denkbar wäre grundsätzlich auch eine Übergangspassung, wenngleich diese aufgrund der hohen, beim Betrieb des Pleuels in einer Hubkolbenmaschine, insbesondere einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, auftretenden Kräfte nicht für alle Anwendungsfälle von Vorteil ist.

[0021] 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“.

[0022] D.h., dass bezogen auf die Stiftverbindung der Innendurchmesser der Aufnahmeöffnung für den Verbindungsstift bevorzugt derart bemessen ist, dass er in jedem Fall, d.h. bei jeder Toleranzlage, kleiner ist als ein kleinster Außendurchmesser des Verbindungsstifts.

[0023] Unter einem „Schaft“ wird vorliegend im Sinne der Erfindung ein längliches, insbesondere stangenförmiges Bauteil verstanden, welches zumindest abschnittsweise zylindrisch 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.

[0024] Der Schaft greift bei einem erfindungsgemäßen Pleuel insbesondere mit einem ersten Ende, insbesondere einem ersten zylindrischen Ende, in eine Ausnehmung im ersten Verbindungsabschnitt ein, bevorzugt in ein Sackloch, insbesondere in eine Sacklochbohrung.

[0025] In einer alternativen möglichen Ausgestaltung kann aber auch der erste Verbindungsabschnitt insbesondere mit einem ersten Ende, insbesondere einem ersten zylindrischen Ende, in eine Ausnehmung im Schaft eingreifen, bevorzugt in ein Sackloch, insbesondere in eine Sacklochbohrung.

[0026] Unter einer „Stiftverbindung“ wird vorliegend und insbesondere im Sinne der Erfindung, wie im maschinenbauüblichen Sinne, eine Verbindung zwischen zwei Bauteilen mithilfe eines Verbindungsstifts als Verbindungsmittel verstanden, wobei Stiftverbindungen und entsprechende Verbindungsstifte als solche aus dem Stand der Technik grundsätzlich bekannt sind, insbesondere im Zusammenhang mit Welle-Nabe-Verbindungen.

[0027] In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels sind der erste

Pleuelteil und der zweite Pleuelteil zum Verändern der wirksamen Pleuellänge entlang einer Pleuellängsachse relativ zueinander bewegbar.

[0028] In einer Weiterbildung eines erfindungsgemäßen Pleuels sind der erste Pleuelteil und der zweite Pleuelteil dabei 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.

[0029] Der erste Pleuelteil ist zum Verändern der wirksamen Pleuellänge dabei bevorzugt zumindest teilweise, insbesondere mit wenigstens einem Abschnitt, insbesondere mit dem Schaft, in den zweiten Pleuelteil einschiebbar und aus diesem herausziehbar.

[0030] 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.

[0031] 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.

[0032] In einer möglichen und vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels weist der zweite Pleuelteil insbesondere einen Führungszyylinder auf, wobei der Führungszyylinder dabei vorzugsweise fest mit dem zweiten Pleuelteil verbunden ist oder unmittelbar in den zweiten Pleuelteil, insbesondere den zweiten, insbesondere kurbelwellenseitigen, Verbindungsabschnitt, eingebracht sein kann.

[0033] 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.

[0034] 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 Führungszyylinder hinein und kann besonders bevorzugt zum Verändern der wirksamen Pleuellänge kolbenartig entlang der Pleuellängsachse im Führungszyylinder axial hin und her geschoben werden.

[0035] 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 Führungszyylinder des zweiten Pleuelteils insbesondere einen ersten unteren und einen zweiten oberen hydraulischen Arbeitsraum aufspannt und bevorzugt zusammen mit dem Führungszyylinder insbesondere einen ersten unteren und einen zweiten oberen hydraulischen Arbeitsraum zumindest teilweise begrenzt.

[0036] 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.

[0037] 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 Führungszyinders 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.

[0038] In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung ist wenigstens ein Verbindungsstift derart in den ersten Pleuelteil eingebracht, dass sich seine Zentrumsachse senkrecht zur Pleuellängsachse erstreckt und/oder senkrecht zu einer Längsachse des Schafts verläuft, wobei vorzugsweise wenigstens ein Verbindungsstift derart in den ersten Pleuelteil eingebracht ist, dass seine Zentrumsachse tangential zur Außenkontur des Schafts verläuft.

[0039] D.h., dass in einer vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung, insbesondere in einer Weiterbildung, wenigstens eine Stiftverbindung eine Quer-Stiftverbindung oder eine Tangential-Stiftverbindung ist.

[0040] Unter einer „Zentrumsachse“ eines Verbindungsstifts wird vorliegend und im Sinne der Erfindung insbesondere eine Längsachse des Verbindungsstifts verstanden, bevorzugt eine Längsmittelachse, bei einem längssymmetrischen Verbindungsstift insbesondere eine Symmetrieachse, welche in Längsrichtung verläuft.

[0041] Unter einer „Quer-Stiftverbindung“ wird hierin und insbesondere im Sinne der Erfindung und jeweils bezogen auf die Verbindung zwischen Schaft und erstem Verbindungsabschnitt, eine Stiftverbindung verstanden, bei welcher die Zentrumsachse des Verbindungsstifts senkrecht zu einer Längsachse des Schafts verläuft und vorzugsweise senkrecht zur Pleuellängsachse.

[0042] Unter einer „Tangential-Stiftverbindung“ wird hierin und insbesondere im Sinne der Erfindung und jeweils bezogen auf die Verbindung zwischen Schaft und erstem Verbindungsabschnitt, eine spezielle Quer-Stiftverbindung verstanden, bei welcher die Zentrumsachse des Verbindungsstifts zusätzlich tangential zur Außenkontur des Schafts verläuft, d.h. eine Außenkontur des Schafts in einem Tangentialpunkt berührt, wobei die Zentrumsachse insbesondere mit einer zugehörigen Tangente der Außenkontur des Schafts zusammenfällt, insbesondere mit einer Umfangstangente.

[0043] Je nach Position des Verbindungsstiftes im ersten Pleuelteil ergeben sich unterschiedliche Spannungsverteilungen unter Belastung im ersten Pleuelteil, insbesondere im Schaft und im ersten Verbindungsabschnitt. In einigen Fällen kann eine Quer-Stiftverbindung vorteilhafter sein, in anderen Fällen ist eine Tangential-Stiftverbindung vorteilhafter.

[0044] Je nachdem, ob bei einer Quer-Verbindungsstift-Verbindung der Verbindungsstift mehr durch den Schaft oder mehr durch den ersten Verbindungsabschnitt verläuft, können die auftretenden Spannungen, zumindest teilweise, zwischen dem Schaft und dem ersten Verbindungsabschnitt verteilt werden.

[0045] Aufgrund eines in der Regel größeren Querschnitts des Schafts im Bereich der Stiftverbindung im ersten Pleuelteil im Vergleich zu einer Wandstärke des ersten Verbindungsab-

schnitts kann es in einigen Fällen vorteilhafter sein, den Verbindungsstift mit einem größeren Volumen im Schaft einzubringen und mit einem kleineren Volumen im ersten Verbindungsabschnitt. Dabei sollte der Verbindungsstift jedoch immer mit so viel ausreichenden Volumen jeweils im Schaft und im ersten Verbindungsabschnitt eingebracht sein, d.h. in beiden, miteinander zu verbindenden Bauteilen, dass sich eine Stiftverbindung mit einer gewünschten, insbesondere erforderlichen, Festigkeit erreichen lässt.

[0046] Eine Tangential-Stiftverbindung hat insbesondere den Vorteil, dass sich besonders einfach und platzsparend bei einer akzeptablen, insbesondere einer recht vorteilhaften, sich unter Belastung im Betrieb einstellenden Spannungsverteilung sowohl im Schaft als auch im ersten Verbindungsabschnitt, zwei Stiftverbindungen in einer gemeinsamen Ebene realisieren lassen, insbesondere in einer sich senkrecht zur Pleuellängsachse erstreckenden Ebene, und dass insbesondere ohne eine noch verbleibende Restwandstärke des Schafts in der Verbindungsstiftebene zu sehr zu reduzieren.

[0047] Insbesondere bei im Verhältnis zum Schaftdurchmesser relativ geringen Wandstärken des ersten Verbindungsabschnitts im Bereich um die Stiftverbindung herum, kann es in einigen Fällen jedoch vorteilhaft sein, wenn wenigstens ein Verbindungsstift mit seiner Zentrumsachse senkrecht zur Pleuellängsachse, insbesondere in einer Ebene senkrecht zur Pleuellängsachse, und leicht versetzt zu einer Tangente der Außenkontur des Schafts angeordnet ist, insbesondere leicht nach innen versetzt in Richtung Schaftmitte, insbesondere um mehr als 0,1 mm und weniger als 2 mm relativ zur Tangente, insbesondere um mehr als 0,2 mm und weniger als 1 mm, und vorzugsweise parallel zur zugehörigen Tangente.

[0048] Grundsätzlich ist aber auch die Verbindung von Schaft und erstem Verbindungsabschnitt mittels wenigstens eines Längsstifts denkbar, d.h. mittels eines Verbindungsstifts, welcher sich mit seiner Zentrumsachse parallel zu einer Längsrichtung des Schafts und insbesondere parallel zur Pleuellängsachse erstreckt, insbesondere alternativ oder zusätzlich zu wenigstens einer Quer- oder Tangential-Stiftverbindung. Allerdings lassen sich im vorliegenden Anwendungsfall mit Längsstiften aufgrund einer anderen Belastung der Stiftverbindung in der Regel nicht so hohe Stiftverbindungsfestigkeiten erreichen wie mit Querstiften, da im vorliegenden Fall eine Längs-Stiftverbindung beim Betrieb eines Pleuels, insbesondere während eines Pleuelhubs, im Wesentlichen auf Schub belastet wird, während eine Quer-Stiftverbindung im Wesentlichen auf Scherung belastet wird, was im vorliegenden Anwendungsfall vorteilhafter erscheint.

[0049] Wenigstens ein Verbindungsstift kann insbesondere ein Zylinderstift sein, beispielsweise ein Vollzylinderstift, beispielsweise ein Zylinderstift nach ISO 2338, früher DIN 7 (ungehärtet) oder nach ISO 8734, früher DIN 6325 (gehärtete Ausführung), wobei in vielen Fällen gehärtete Verbindungsstifte vorteilhaft erscheinen aufgrund der auftretenden Kräfte. In einigen Fällen können jedoch auch ungehärtete Verbindungsstifte vorteilhaft sein, insbesondere wenn eine zumindest teilweise plastische Verformung eines oder mehrerer Verbindungsstifte gewünscht oder erforderlich ist, beispielsweise zum Verstemmen eines oder beider Enden.

[0050] Wenigstens ein Verbindungsstift kann auch, insbesondere alternativ, ein Kerbstift, beispielsweise ein Passkerbstift nach ISO 8745, oder eine Spannhülse nach ISO 8752 oder ein Kegelstift, beispielsweise nach EN 22339, sein. Aufgrund der großen, auf das Pleuel wirkenden Kräfte erscheint eine im Inneren hohle Spannhülse jedoch weniger vorteilhaft als ein massiver Verbindungsstift.

[0051] In einigen Fällen kann es vorteilhaft sein, wenn wenigstens ein Verbindungsstift die Dimension einer Nadelrolle eines Nadelrollen-Wälzlagers aufweist. Wenigstens ein Verbindungsstift kann auch ein Wälzkörper, insbesondere eine Nadelrolle eines Nadellagers sein, wobei vorzugsweise bei einem erfindungsgemäßen Pleuel, sofern es mehrere Stiftverbindungen mit mehreren Verbindungsstiften zur Verbindung des Schafts mit dem ersten Verbindungsabschnitt aufweist, sämtliche Verbindungsstifte, mittels denen der Schaft mit dem ersten Verbindungsabschnitt verbunden ist, jeweils ein Wälzkörper ist, insbesondere eine Nadelrolle eines Nadellagers.

[0052] Die Verwendung von Nadelrollen eines Nadellagers hat den Vorteil, dass diese „Verbindungsstifte“ in geeigneter Dimension und großer Stückzahl mit entsprechend engen Toleranzen und guten Werkstoffeigenschaften verfügbar sind und somit keine Sonderanfertigung erfordern, wodurch die Herstellkosten eines erfindungsgemäßen Pleuels gering gehalten werden können.

[0053] In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung, insbesondere in einer Weiterbildung, sind der Schaft und der erste Verbindungsabschnitt mittels eines ersten Verbindungsstifts und mittels wenigstens eines zweiten Verbindungsstifts fest miteinander verbunden, wobei vorzugsweise der erste Verbindungsstift und der zweite Verbindungsstift derart in den ersten Pleuelteil eingebracht sind, dass ihre Zentrumsachsen parallel oder rechtwinklig zueinander verlaufen.

[0054] In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung sind der erste Verbindungsstift und der zweite Verbindungsstift insbesondere derart in den ersten Pleuelteil eingebracht, dass ihre Zentrumsachsen sich jeweils senkrecht zur Pleuellängsachse erstrecken.

[0055] Der erste und zweite Verbindungsstift können dabei in einer gemeinsamen Ebene angeordnet sein oder in verschiedenen Ebenen, wobei, wenn die Zentrumsachsen des ersten und zweiten Verbindungsstifts parallel zueinander verlaufen, der erste und der zweite Verbindungsstift vorzugsweise in einer gemeinsamen ersten Ebene, insbesondere in einer gemeinsamen und sich senkrecht zur Pleuellängsachse erstreckenden ersten Ebene angeordnet sind.

[0056] Dabei können der erste Verbindungsstift und der zweite Verbindungsstift insbesondere in erstes Stiftverbindungs-Paar bilden.

[0057] Hierdurch lässt sich eine besonders vorteilhafte Spannungsverteilung im ersten Pleuelteil, insbesondere im Schaft und im ersten Verbindungsabschnitt, erreichen, insbesondere bei einer symmetrischen Anordnung des ersten und zweiten Verbindungsstifts zur Pleuellängsachse und insbesondere bei einer Anordnung der Verbindungsstifte mit ihren Zentrumsachsen in einer Ebene senkrecht zur Pleuellängsachse, vor allem eine weitestgehend symmetrische Spannungsverteilung (sofern der Verbindungsabschnitt und der Schaft ebenfalls entsprechend symmetrisch ausgebildet sind).

[0058] In einigen Fällen kann es hingegen vorteilhaft sein, den ersten und zweiten Verbindungsstift gezielt asymmetrisch zur Pleuellängsachse anzuordnen, d.h. insbesondere jeweils mit einem unterschiedlichen Abstand ihrer Zentrumsachsen zur Pleuellängsachse, insbesondere um die sich einstellende Spannungsverteilung in den einzelnen Bauteilen gezielt zu beeinflussen.

[0059] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung, insbesondere in einer Weiterbildung, sind der Schaft und der erste Verbindungsabschnitt, bevorzugt zusätzlich, mittels eines dritten Verbindungsstifts und mittels eines vierten Verbindungsstifts fest miteinander verbunden, wobei die Zentrumsachse des dritten Verbindungsstifts und die Zentrumsachse des vierten Verbindungsstifts vorzugsweise in einer gemeinsamen zweiten Ebene liegen, insbesondere in einer sich senkrecht zur Pleuellängsachse erstreckenden zweiten Ebene.

[0060] Dabei können der dritte Verbindungsstift und der vierte Verbindungsstift insbesondere in zweites Stiftverbindungs-Paar bilden.

[0061] In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels ist die zweite Ebene dabei insbesondere eine von der ersten Ebene verschiedene Ebene.

[0062] Hierdurch, insbesondere durch ein zweites Stiftverbindungs-Paar, und vor allem durch die Anordnung in verschiedenen, insbesondere parallelen Ebenen, insbesondere in sich senkrecht zur Pleuellängsachse erstreckenden Ebenen, kann auf einfache Art und Weise und besonders platzsparend, die Festigkeit der Verbindung zwischen dem Schaft und dem ersten Verbindungsabschnitt erhöht werden. Werden die zweiten und dritten Verbindungsstifte dabei jeweils mit ihren Zentrumsachsen um 90° versetzt zu den Zentrumsachsen der ersten und

zweiten Verbindungsstifte in den ersten Pleuelteil eingebracht, lässt sich eine besonders vorteilhafte Spannungsverteilung im ersten Pleuelteil erreichen bei einer gleichzeitig ausreichend festen Verbindung zwischen Schaft und erstem Verbindungsabschnitt.

[0063] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung, insbesondere in einer Weiterbildung, sind der Schaft und der erste Verbindungsabschnitt, insbesondere zusätzlich, mittels eines fünften Verbindungsstifts und mittels eines sechsten Verbindungsstifts fest miteinander verbunden, wobei die Zentrumsachse des fünften Verbindungsstifts und die Zentrumsachse des sechsten Verbindungsstifts vorzugsweise in einer gemeinsamen dritten Ebene liegen, insbesondere in einer sich senkrecht zur Pleuellängsachse erstreckenden dritten Ebene, wobei die dritte Ebene vorzugsweise eine von der ersten Ebene und/oder der zweiten Ebene verschiedene Ebene ist, und wobei vorzugsweise die erste, zweite und dritte Ebene jeweils parallel zueinander verlaufen und sich insbesondere jeweils senkrecht zur Pleuellängsachse erstrecken.

[0064] Dabei bilden der fünfte Verbindungsstift und der sechste Verbindungsstift vorzugsweise ein drittes Stiftverbindungs-Paar.

[0065] Hierdurch kann auf einfache Art und Weise und ebenfalls besonders platzsparend die Festigkeit der Verbindung zwischen dem Schaft und dem ersten Verbindungsabschnitt noch weiter erhöht werden und dies bei entsprechender Ausgestaltung ebenfalls mit einer vorteilhaften, sich bei Belastung im ersten Pleuelteil einstellenden Spannungsverteilung.

[0066] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung, insbesondere in einer Weiterbildung, weisen bevorzugt wenigstens zwei Verbindungsstifte eine gleiche Länge und/oder einen gleichen Außendurchmesser auf, insbesondere zwei in einer gemeinsamen Ebene angeordnete Verbindungsstifte.

[0067] Bevorzugt weisen die Verbindungsstifte wenigstens eines Stiftverbindungs-Paares die gleiche Länge auf.

[0068] Die Verbindungsstifte können aber auch unterschiedliche Längen und/oder Außendurchmesser aufweisen. Zugunsten einer gleichmäßigen und/oder symmetrischen Spannungsverteilung, insbesondere zur Pleuellängsachse als Symmetrieachse, können jedoch gleiche Längen und/oder Außendurchmesser der Verbindungsstifte von Vorteil sein. In anderen Fällen können hingegen unterschiedliche Ausgestaltungen und/oder Ausführungen der Verbindungsstifte von Vorteil sein.

[0069] In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung weisen bei jedem der Stiftverbindungs-Paare die Verbindungsstifte jedoch bevorzugt jeweils die gleiche Länge und/oder den gleichen Außendurchmesser auf, wobei die Länge und/oder der Außendurchmesser der Verbindungsstifte verschiedener Stiftverbindungs-Paare unterschiedlich oder identisch sein kann und besonders bevorzugt auch von zumindest zwei Stiftverbindungs-Paaren unterschiedlich ist, sofern wenigstens zwei Stiftverbindungs-Paare vorhanden sind.

[0070] Dabei kann es insbesondere vorteilhaft sein, insbesondere aufgrund der im Betrieb auftretenden und in Richtung der Kurbelwelle größer werdenden Biegebelastungen, wenn die weiter kurbelwellenseitig im ersten Pleuelteil eingebrachten Verbindungsstifte länger und/oder dicker als die weiter hubkolbenseitig im ersten Pleuelteil eingebrachten Verbindungsstifte sind, auf die in den meisten Fällen eine geringe Biegebelastung wirkt. D.h. vorzugsweise sind die Verbindungsstifte, die weiter kurbelwellenseitig eingebracht sind als die Verbindungsstifte, die weiter hubkolbenseitig eingebracht ist, bezogen auf einen funktionsgemäßen Verwendungszustand des Pleuels in einer Hubkolbenmaschine, länger und/oder dicker als die Verbindungsstifte, die weiter hubkolbenseitig eingebracht sind.

[0071] In einigen Fällen kann es jedoch auch vorteilhaft sein, wenn die weiter hubkolbenseitig eingebrachten Verbindungsstifte länger sind. Das hängt insbesondere von den Abmessungen des ersten Verbindungsabschnitts ab.

[0072] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung, insbesondere in einer Weiterbildung, verlaufen die Zentrumsachsen von zwei Verbindungsstiften, welche in einer gemeinsamen Ebene angeordnet sind, insbesondere die Zentrumsachsen der Verbindungsstifte eines Stiftverbindungs-Paares, parallel zueinander.

[0073] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung, insbesondere in einer Weiterbildung, verlaufen die Zentrumsachsen von wenigstens zwei Verbindungsstiften, welche in unterschiedlichen Ebenen angeordnet sind, insbesondere in benachbarten Ebenen, insbesondere rechtwinklig zueinander.

[0074] Aufgrund der im Betrieb auftretenden Kräfte kann es vorteilhaft sein, insbesondere wenn jeweils mehrere Verbindungsstifte zur Verbindung von Schaft und erstem Verbindungsabschnitt vorgesehen sind, dass eine Mehrzahl der Verbindungsstifte derart in den ersten Pleuelteil eingebracht ist, dass sich ihre Zentrumsachsen parallel zu einer Kurbelwellenachse erstrecken, bezogen auf einen funktionsgemäßen Einbauzustand eines erfindungsgemäßen Pleuels in einer Hubkolbenmaschine, insbesondere in einer Hubkolbenbrennkraftmaschine.

[0075] In einigen Fällen kann es aber auch vorteilhaft sein, wenn einer oder mehrere Verbindungsstifte alternativ dazu beispielsweise mit ihrer Zentrumsachse jeweils senkrecht zur Kurbelwellenachse eingebracht sind.

[0076] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung, insbesondere in einer Weiterbildung, ist wenigstens ein Verbindungsstift zusätzlich gegen Lockern und/oder Lösen und/oder Herausfallen gesichert.

[0077] Dabei ist vorzugsweise wenigstens ein Verbindungsstift an wenigstens einem Ende, insbesondere an beiden Enden, verstemmt.

[0078] In einer alternativen oder zusätzlichen Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung kann auch wenigstens ein Verbindungsstift mittels eines Sicherungsmittels gesichert sein, insbesondere mittels eines parallel zur Zentrumsachse des zu sichernden Verbindungsstifts eingebrachten Sicherungsstifts, d.h. mittels eines Sicherungsstifts dessen Zentrumsachse sich parallel zur Zentrumsachse des zu sichernden Verbindungsstifts erstreckt, wobei ein Durchmesser des Längsstifts bevorzugt kleiner ist als $1/4$, insbesondere kleiner als $1/8$, insbesondere kleiner als $1/10$ eines Durchmessers des zugehörigen Verbindungsstifts.

[0079] Durch Verstemmen können ein oder mehrere Verbindungsstifte jeweils besonders einfach und effektiv, insbesondere ohne ein zusätzliches Sicherungsmittel, gegen eine axiale Bewegung gesichert werden, wobei dabei vorzugsweise, insbesondere für eine verbesserte Verstemmung, eine zugehörige Aufnahmeöffnung, in welcher der zu sichernde Verbindungsstift eingebracht ist, insbesondere angesenkt ist.

[0080] Mithilfe eines zusätzlichen Sicherungsmittels kann ebenfalls eine einfache und zuverlässige Sicherung erreicht werden. In einigen Fällen kann dabei auf ein Ansenken der Aufnahmeöffnung verzichtet werden.

[0081] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung, insbesondere in einer Weiterbildung, sind der Schaft und der erste Verbindungsabschnitt in wenigstens einem Betriebszustand des Pleuels zusätzlich ferner durch eine Pressverbindung fest miteinander verbunden.

[0082] Durch die zusätzlich vorhandene Pressverbindung zwischen dem Schaft und dem ersten Verbindungsabschnitt kann eine festere, insbesondere zuverlässigere, Verbindung zwischen dem Schaft und dem ersten Verbindungsabschnitt sichergestellt werden.

[0083] Darüber hinaus ermöglicht die zusätzliche Pressverbindung, insbesondere wenn sie vor dem Einbringen wenigstens eines Verbindungsstiftes und/oder wenigstens einer Aufnahmeöffnung für einen Verbindungsstift hergestellt worden ist, ein einfacheres und damit insbesondere präziseres Einbringen der Aufnahmeöffnung(en) und/oder des/der Verbindungsstift(e) und infol-

gedessen eine prozesssichere Herstellung der Stiftverbindung(en), da der Schaft und der erste Verbindungsabschnitt durch die Pressverbindung relativ zueinander fixiert werden können, und das außerdem auf eine einfache Art und Weise, insbesondere ohne weitere, zusätzliche Verbindungsmittel sowie ohne eine Schwächung der zu verbindenden Bauteile, beispielsweise durch ein Gewinde.

[0084] 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.

[0085] 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 $+300^{\circ}\text{C}$, insbesondere in einem Temperaturbereich von -40°C bis $+500^{\circ}\text{C}$.

[0086] Sind der Schaft und der erste Verbindungsabschnitt zusätzlich mittels einer Pressverbindung miteinander verbunden, weist der Schaft insbesondere eine Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche auf, welche mit einer korrespondierend zur Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche des Schafts ausgebildeten Verbindungsabschnitts-Pressverbindungs-Kontaktfläche des ersten Verbindungsabschnitts bevorzugt eine Übermaßpassung bildet, wobei die Übermaßpassung vorzugsweise 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.

[0087] 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.

[0088] 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.

[0089] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung, insbesondere in einer Weiterbildung, 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.

[0090] 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.

[0091] Als besonders vorteilhaft für den vorbeschriebenen Einsatzzweck, d.h. zur Beschichtung von Teilen des Pleuels, insbesondere zur Beschichtung des Schafts, erscheinen Kohlenstoffbeschichtungen, wie sie in der VDI-Richtlinie 2840 beschrieben sind. Dabei erscheinen insbesondere metallhaltige, wasserstoffhaltige amorphe Kohlenstoffschichten, die gemäß der VDI-Richtlinie 2840 mit „a-C:H:Me:“ bezeichnet werden, vorteilhaft. Mit derartigen Beschichtungen sind grundsätzlich hohe Verschleißfestigkeiten und geringe Reibkoeffizienten bei einer guten Haftung der Beschichtung auf dem Substrat möglich.

[0092] 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).

[0093] 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.

[0094] 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.

[0095] In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung können die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche und wenigstens eine weitere Funktionsfläche des Schafts, insbesondere wenigstens eine Dichtfläche, vorzugsweise durch eine zusammenhängende Fläche des Schafts gebildet sein, 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.

[0096] 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.

[0097] 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.

[0098] In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung weist der Schaft, insbesondere auch, bevorzugt eine sich über die Schaft-Pressverbindungs-Kontaktfläche und über wenigstens eine weitere Funktionsfläche, insbesondere eine Dichtfläche, erstreckende und zusammenhängend ausgebildete Beschichtung auf.

[0099] 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 doppeltwirkenden 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.

[00100] 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 hydrau-

lischen Arbeitsräumen des Hydraulikzylinders gesteuert werden.

[00101] 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.

[00102] Zur grundsätzlichen Funktionsweise eines derartig längenverstellbaren Pleuels wird auf die bereits erwähnte WO 2016/203047 A1 verwiesen.

[00103] 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.

[00104] In einer vorteilhaften, möglichen Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels können beide Steuerventileinrichtung 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.

[00105] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung, insbesondere in einer Weiterbildung, weist das Pleuel wenigstens eine Dichtungsvorrichtung auf, wobei vorzugsweise wenigstens eine Dichtungsvorrichtung auf dem Schaft angeordnet ist, wobei insbesondere wenigstens eine Dichtungsvorrichtung vor dem Verbinden des Schafts mit dem ersten Verbindungsabschnitt, insbesondere vor einem Zusammensetzen des Schafts mit dem ersten Verbindungsabschnitt zu einer Vormontagebaugruppe des ersten Pleuelteils, auf dem Schaft angeordnet worden ist, insbesondere auf den Schaft aufgeschoben worden ist.

[00106] Dies ermöglicht eine einfache und damit vorteilhafte Montage eines längenverstellbaren Pleuels, insbesondere eines vorbeschriebenen Pleuels, mit einer hydraulischen Längenverstelleinrichtung.

[00107] 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:

[00108] Bereitstellen eines ersten Verbindungsabschnitts,

[00109] Bereitstellen eines Schafts,

[00110] Zusammensetzen des Schafts mit dem ersten Verbindungsabschnitt zu einer Vormontagebaugruppe des ersten Pleuelteils,

[00111] Verbinden, insbesondere Verstiften, des ersten Verbindungsabschnitts und des Schafts mittels einem oder mehreren Verbindungsstiften,

[00112] Bereitstellen eines zweiten Pleuelteils, und

[00113] Zusammensetzen des ersten Pleuelteils mit dem zweiten Pleuelteil zu einem längenverstellbaren Pleuel.

[00114] Die einzelnen Verfahrensschritte müssen dabei nicht zwingend nacheinander und gemäß vorstehender Reihenfolge ausgeführt werden: teilweise ist auch eine parallele oder

kombinierte Ausführung möglich, sofern diese technisch umsetzbar ist.

[00115] Bevorzugt wird der Schaft zum Verbinden mit dem ersten Verbindungsabschnitt, insbesondere zum Zusammensetzen mit dem ersten Verbindungsabschnitt, dabei zunächst mit einem ersten Ende, insbesondere einem ersten zylindrischen Ende, in eine Ausnehmung, insbesondere ein Sackloch, insbesondere eine Sacklochbohrung, des ersten Verbindungsabschnitts eingebracht.

[00116] Denkbar ist auch eine alternative Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels, bei welcher alternativ der Verbindungsabschnitt entsprechend in den Schaft eingebracht wird.

[00117] Besonders bevorzugt wird in einem nachfolgenden Schritt wenigstens ein Verbindungsstift zumindest teilweise in den Schaft und zumindest teilweise in den ersten Verbindungsabschnitt eingebracht und insbesondere jeweils mit dem Schaft und dem Verbindungsabschnitt verbunden, wobei wenigstens ein Verbindungsstift zumindest teilweise in den Schaft und/oder den ersten Verbindungsabschnitt eingepresst wird, bevorzugt in eine zugehörige und entsprechend ausgebildete, insbesondere entsprechend dimensionierte, vorher in den zusammengesetzten ersten Pleuelteil eingebrachte Aufnahmeöffnung, und insbesondere jeweils mittels einer Pressverbindung fest mit dem Schaft und dem Verbindungsabschnitt verbunden.

[00118] Dabei ist die Aufnahmeöffnung bevorzugt derart dimensioniert und toleriert und wird vorzugsweise derart in den Schaft und den ersten Verbindungsabschnitt, insbesondere die Vormontagebaugruppe des ersten Pleuelteils, eingebracht, dass der Verbindungsstift mit der Aufnahmebohrung eine Übermaßpassung ausbildet, wobei der Verbindungsstift insbesondere ebenfalls entsprechend dimensioniert und toleriert ist.

[00119] Zusätzlich können ein oder mehrere Verbindungsstifte durch Verstemmen, insbesondere an einem oder beiden Enden, und/oder ein Sicherungsmittel gesichert werden. Zum Verstemmen ist es vorteilhaft, wenn die Aufnahmeöffnung an ihren Rändern vor dem Einbringen des Verbindungsstifts angesenkt wird. Dadurch kann ein besserer Form- und Kraftschluss mit dem Verbindungsstift durch das Verstemmen erreicht werden.

[00120] Zum Einpressen in die Aufnahmeöffnung kann der Verbindungsstift in die Aufnahmeöffnung eingeschlagen werden, beispielsweise mithilfe eines Stempelwerkzeug und eines Hammers, wobei sich die Verwendung einer Einspritznadel und eines Hammers mit ca. 300-400g als vorteilhaft erwiesen hat.

[00121] Bei einer vorteilhaften Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Pleuels gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung wird vor dem Einbringen wenigstens eines Verbindungsstifts wenigstens eine Aufnahmeöffnung zur Aufnahme eines Verbindungsstiftes zum Verbinden, insbesondere Verstiften, des Schafts mit dem ersten Verbindungsabschnitt zumindest teilweise in den Schaft und zumindest teilweise in den ersten Verbindungsabschnitt eingebracht.

[00122] Bei einer besonders bevorzugten Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Aufnahmeöffnung dabei insbesondere erst nach dem Zusammensetzen des Schafts mit dem ersten Verbindungsabschnitt zu der Vormontagebaugruppe des ersten Pleuelteils eingebracht.

[00123] Bei einer vorteilhaften Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens, insbesondere in einer Weiterbildung, wird wenigstens eine Aufnahmeöffnung zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, durch Erodieren hergestellt, wobei besonders bevorzugt wenigstens eine Aufnahmeöffnung durch Erodieren in die Vormontagebaugruppe eingebracht wird.

[00124] Besonders bevorzugt erfolgt das Erodieren dabei derart, dass die Aufnahmeöffnung nicht bis auf ein endgültiges, definiertes Maß für die Aufnahme des Verbindungsstifts, insbesondere für eine Pressverbindung mit dem Verbindungsstift, erodiert wird, sondern mit einem kleineren Innenmaß, insbesondere einem kleineren Innendurchmesser, als für die Pressverbindung mit dem Verbindungsstift erforderlich, da es durch ein Abtragen einer beim Erodieren entstehenden Schmelzschicht beim Einpressen des Verbindungsstiftes sonst zu einem zu

großen Innenmaß der Aufnahmeöffnung kommen kann und damit beispielsweise statt zu einer Übermaßpassung zu einer Übergangs- oder sogar einer Spielpassung, mit welcher unter Umständen nicht die gewünschte und/oder erforderliche Festigkeit erreicht werden kann.

[00125] Bei einer vorteilhaften Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens, insbesondere in einer Weiterbildung, werden der Schaft und der erste Verbindungsabschnitt zusätzlich ferner mittels einer Pressverbindung fest verbunden, insbesondere beim Zusammensetzen des Schafts mit dem ersten Verbindungsabschnitt zur Vormontagebaugruppe des ersten Pleuelteils, d.h. insbesondere während dieses Schrittes, wobei zum Herstellen der Pressverbindung vorzugsweise der erste Verbindungsabschnitt und der Schaft zunächst jeweils auf eine definierte Fügetemperatur gebracht werden, wobei insbesondere der erste Verbindungsabschnitt erwärmt wird.

[00126] Der Schaft bleibt dabei 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.

[00127] Dadurch lassen sich der Schaft und der erste Verbindungsabschnitt besonders einfach und vorteilhaft zusätzlich pressverbinden, insbesondere mittels einer Übermaßpassung.

[00128] Die Fügetemperaturen werden dabei bevorzugt derart gewählt, dass der erste Verbindungsabschnitt insbesondere auf den Schaft aufschumpft.

[00129] Dies ermöglicht, wie bereits erläutert, eine festere, insbesondere zuverlässigere, Verbindung zwischen dem Schaft und dem ersten Verbindungsabschnitt sowie, insbesondere wenn die Pressverbindung vor dem Einbringen wenigstens eines Verbindungsstiftes und/oder wenigstens einer Aufnahmeöffnung für einen Verbindungsstift hergestellt wird, ein einfacheres und damit insbesondere präziseres Einbringen der Aufnahmeöffnung(en) und/oder des/der Verbindungsstift(e) und infolge ein prozesssicheres festes Verbinden des Schafts mit dem ersten Verbindungsabschnitt.

[00130] Nach dem Verbinden, insbesondere dem Zusammensetzen und bevorzugt nach dem Pressverbinden, 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.

[00131] 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.

[00132] Bei einer vorteilhaften Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens, insbesondere in einer Weiterbildung, wird der Schaft, insbesondere in wenigstens einem weiteren Schritt, zumindest teilweise beschichtet, vorzugsweise mit einer Kohlenstoffschicht, insbesondere mit einer DLC-Beschichtung, wobei der Schaft vorzugsweise vor Verbinden, insbesondere vor dem Zusammensetzen mit dem ersten Verbindungsabschnitt, zumindest teilweise beschichtet wird. Durch eine derartige Beschichtung lassen sich Reibung und Verschleiß am Schaft reduzieren.

[00133] 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.

[00134] Weist der Schaft ein Kolbenelement auf, welches an einer Innenwand eines Führungs-

zylinders langgleitet, kann insbesondere eine Außenfläche, insbesondere eine äußere Mantelfläche des Kolbenelements des Schafts als Funktionsfläche ausgebildet sein, wobei diese Funktionsfläche insbesondere mit einer Beschichtung versehen sein kann, insbesondere mit einer Kohlenstoffbeschichtung, insbesondere einer DLC-Beschichtung.

[00135] 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.

[00136] Bei einer vorteilhaften Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens, insbesondere in einer Weiterbildung, wird, insbesondere in wenigstens einem weiteren Schritt, wenigstens eine Dichtungsvorrichtung auf dem Schaft angeordnet, vorzugsweise vor Verbinden des Schafts mit dem ersten Verbindungsabschnitt, insbesondere vor dem Zusammensetzen des Schafts mit dem ersten Verbindungsabschnitt zu der Vormontagebaugruppe des ersten Pleuelteils.

[00137] Dies ermöglicht die Verwendung einer oder mehrerer umlaufend geschlossener Dichtungsvorrichtungen, insbesondere von Dichtringen und/oder Stützringen.

[00138] 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.

[00139] Ein vierter Aspekt der Erfindung betrifft ein Fahrzeug, insbesondere ein Kraftfahrzeug, mit einer Hubkolbenmaschine, die nach dem dritten Aspekt der Erfindung ausgebildet ist.

[00140] 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.

[00141] 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.

[00142] Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines nicht einschränkenden Ausführungsbeispiels, das in den Figuren dargestellt ist, näher erläutert. Es zeigen, teilweise schematisch:

- [00143]** Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen, längenverstellbaren Pleuels in Perspektivdarstellung mit einem ersten Pleuelteil und einem zweiten Pleuelteil,
- [00144]** Fig. 2 den ersten Pleuelteil des Pleuels aus Fig. 1 in perspektivischer Einzelteildarstellung,
- [00145]** Fig. 3 den ersten Pleuelteil des Pleuels aus Fig. 1 und 2 in Ansicht von vorne,
- [00146]** Fig. 4 einen Teilschnitt durch den ersten Pleuelteil aus den Fig. 1 bis 3 entlang der Schnitte B-B',
- [00147]** Fig. 5 einen Teilschnitt durch den ersten Pleuelteil aus den Fig. 1 bis 3 entlang der Schnitte A-A', und

[00148] Fig. 6 einen Teilschnitt durch den ersten Pleuelteil aus den Fig. 1 bis 3 entlang der Schnitte C-C'.

[00149] Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines längenverstellbaren Pleuels 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 dabei jeweils als Pleuellager ausgebildet sind, wobei das Pleuel 100 eine in das kleine Pleuelauge 104 eingepresste Lagerschale 101 umfasst.

[00150] 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 bei diesem Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Pleuels 100 der erste Pleuelteil 102 und der zweite Pleuelteil 103 entlang der Pleuellängsachse A teleskopartig auseinandergezogen und ineinandergeschoben werden, wobei insbesondere der erste Pleuelteil 102 zumindest teilweise in den zweiten Pleuelteil 103 eingeschoben oder aus diesem herausgezogen werden kann.

[00151] 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 Fig. 5) 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.

[00152] 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.

[00153] Die Fig. 2 bis 6 zeigen den ersten Pleuelteil 102 des erfindungsgemäßen Pleuels 100 aus Fig. 1 in verschiedenen Ansichten und Teilschnitten.

[00154] Fig. 2 zeigt den ersten Pleuelteil 102 des Pleuels aus Fig. 1 in perspektivischer Einzeldarstellung, Fig. 3 den ersten Pleuelteil 102 des Pleuels aus Fig. 1 und 2 in Ansicht von vorne, Fig. 4 einen Teilschnitt durch den ersten Pleuelteil 102 aus den Fig. 1 bis 3 entlang der Schnitte B-B', Fig. 5 einen Teilschnitt durch den ersten Pleuelteil 102 aus den Fig. 1 bis 3 entlang der Schnitte A-A' und Fig. 6 einen Teilschnitt durch den ersten Pleuelteil 102 aus den Fig. 1 bis 3 entlang der Schnitte C-C', wobei insbesondere aus Fig. 5 in Verbindung mit den Fig. 2 bis 4 und 6 ersichtlich ist, wie der stangenartige Schaft 106 mit dem hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107, in den das kleine Pleuelauge 104 integriert ist, verbunden ist.

[00155] Erfindungsgemäß ist der erste Verbindungsabschnitt 107 des ersten Pleuelteils 102 dabei mittels jeweils einem in eine zugehörige Aufnahmeöffnung 170, 171; 172, 173; 174 und 175 eingepressten Zylinderstift 160, 161; 162, 163; 164 und 165 fest mit dem Schaft 106 verbunden.

[00156] Der Schaft 106 ist dazu bei diesem Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Pleuels 100 mit einem ersten Ende 124 in eine Sacklochbohrung im ersten Verbindungsabschnitt 107 eingeführt und eingepresst sowie jeweils erfindungsgemäß mithilfe gehärteter Zylinderstifte 160, 161; 162, 163; 164 und 165, die in die zugehörige Aufnahmeöffnung 170, 171; 172, 173; 174 und 175 eingepresst sind, fest mit dem ersten Verbindungsabschnitt 107 verbun-

den, wobei die Aufnahmeöffnungen 170, 171; 172, 173; 174 und 175 jeweils als Durchgangsbohrung 170, 171; 172, 173; 174 und 175 ausgebildet sind, und wobei die Zylinderstifte 160, 161; 162, 163; 164 und 165 jeweils derart dimensioniert sind, dass sie mit der zugehörigen Aufnahmeöffnung 170, 171; 172, 173; 174 und 175 im eingepressten Zustand jeweils eine Übermaßpassung bilden.

[00157] Die als Zylinderstifte ausgebildeten Verbindungsstifte 160, 161; 162, 163; 164 und 165 sind dabei derart angeordnet und die Aufnahmeöffnungen 170, 171; 172, 173; 174 und 175 derart ausgebildet, dass sich ihre Zentrumsachsen jeweils senkrecht zur Pleuellängsachse A erstrecken. Die Zentrumsachsen sind dabei nicht näher bezeichnet, jedoch in den Fig. 3 bis 5 jeweils durch ein kleines Kreuz („+“) symbolisiert.

[00158] Bei diesem Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Pleuels 100 sind dabei sämtliche Stiftverbindungen als Tangential-Stiftverbindungen ausgebildet, wobei die Zentrumsachsen der Verbindungsstifte 160, 161; 162, 163; 164 und 165 jeweils dem Verlauf einer Tangente eines Außendurchmessers des Schafts 106 im Verbindungsbereich mit dem ersten Pleuelteil 107 folgen, wie beispielhalber aus Fig. 5 für die Verbindungsstifte 162 und 163 erkennbar ist.

[00159] In einer alternativen Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels können ein oder mehrere Verbindungsstifte auch seitlich versetzt zur Tangente der Außenkontur verlaufen, beispielsweise nach innen, mehr in den Schaft 106 hinein, oder nach außen, mehr in den ersten Verbindungsabschnitt 107 hinein.

[00160] Dabei sind jeweils zwei Zylinderstifte 160 und 161 (erste und zweite Verbindungsstifte) bzw. 162 und 163 (dritte und vierte Verbindungsstifte) sowie 164 und 165 (fünfte und sechste Verbindungsstifte) paarweise angeordnet und bilden jeweils ein Stiftverbindungs-Paar, insbesondere ein erstes Stiftverbindungs-Paar mit den Verbindungsstiften 160 und 161, ein zweites Stiftverbindungs-Paar mit den Verbindungsstiften 162 und 163 und ein drittes Stiftverbindungs-Paar mit den Verbindungsstiften 164 und 165, wobei die Verbindungsstifte 160, 161; 162, 163; 164 und 165 jeweils derart in den ersten Pleuelteil 102 eingebracht sind, dass jeweils die beiden Zentrumsachsen der Verbindungsstifte 160, 161; 162, 163; 164 und 165 eines Stiftverbindungs-Paares in einer gemeinsamen Ebene liegen, insbesondere jeweils in einer sich senkrecht zur Pleuellängsachse A erstreckenden Ebene, was anhand der Fig. 3 bis 5 gut erkennbar ist.

[00161] Die drei Stiftverbindungs-Paare aus den Verbindungsstiften 160 und 161; 162 und 163 sowie 164 und 165 sind dabei in drei übereinanderliegenden Ebenen angeordnet, wobei die Zentrumsachsen der Verbindungsstifte 164 und 165 des untersten Stiftverbindungs-Paares sowie die Zentrumsachsen der Verbindungsstifte 160 und 161 der obersten Ebene, bezogen auf die Darstellungen in den Fig. 1 bis 6, dabei jeweils parallel zueinander verlaufen und derart, dass sie in einem funktionsgemäßen Einbauzustand des Pleuels 100 in einer hier nicht dargestellten Hubkolbenmaschine mit einer hier ebenfalls nicht dargestellten Kurbelwelle in einer Richtung parallel zu einer ebenfalls nicht bezeichneten Kurbelwellenachse verlaufen.

[00162] Die Zentrumsachsen des mittleren Stiftverbindungs-Paares mit den Verbindungsstiften 162 und 163 verlaufen um jeweils 90° versetzt zu den Zentrumsachsen der beiden anderen, benachbarten Stiftverbindungs-Paare mit den Verbindungsstiften 160 und 161 bzw. 164 und 165.

[00163] Bei diesem Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Pleuels 100 weisen die Verbindungsstifte 160, 161; 162, 163; 164 und 165 eines Stiftverbindungs-Paares jeweils eine gleiche Länge sowie einen gleichen Durchmesser auf, wobei in diesem Fall insbesondere alle Verbindungsstifte 160, 161; 162, 163; 164 und 165 den gleichen Durchmesser aufweisen.

[00164] In einer nicht dargestellten Variante weisen die Verbindungsstifte 160, 161; 162, 163; 164 und 165 eines Stiftverbindungs-Paares unterschiedliche Durchmesser auf, wobei günstigerweise der fünfte 164 und sechste Verbindungsstift 165 jeweils größere Durchmesser aufweisen als die übrigen Verbindungsstifte 160, 161, 162, 163.

[00165] Die Verbindungsstifte 160 und 161 sowie 162 und 163 weisen jedoch eine kürzere Länge auf als die Verbindungsstifte 164 und 165, wobei die Verbindungsstifte 160 und 161 die gleiche Länge aufweisen wie die Verbindungsstifte 162 und 163.

[00166] Durch die Ausgestaltung und Verteilung der einzelnen Stiftverbindungen auf diese Art und Weise, lassen sich auf engem Raum mehrere, in diesem Fall sechs, Stiftverbindungen realisieren, bei noch ausreichender Wandstärke der zu verbindenden Bauteile in Form des Schafts 106 und dem ersten Pleuelteil 107.

[00167] Um die Verbindungsstifte 160, 161; 162, 163; 164 und 165 jeweils gegen ein Lockern und/oder Lösen zu sichern, sind sämtliche der Verbindungsstifte 160, 161; 162, 163; 164 und 165 jeweils an beiden Enden verstemmt. Ferner ist ein jeweils ein Sicherungsmittels 180, 181, 182, 184, 185 (siehe Fig. 3 bis 5) in Form eines weiteren, sehr dünnen Verbindungsstifts, dessen Durchmesser etwa 1/10 eines Durchmessers des zu sichernden Verbindungsstifts 160, 161; 162, 163; 164 und 165 beträgt, jeweils parallel zur Zentrumsachse des zu sichernden Verbindungsstifts 160, 161; 162, 163; 164 und 165, d.h. als Längssicherungsstift, zwischen Verbindungsstift 160, 161; 162, 163; 164 und 165 und Aufnahmeöffnung 170, 171; 172, 173; 174 und 175, in diesem Fall insbesondere zwischen Verbindungsstift 160, 161; 162, 163; 164 und 165 und Schaft 106, eingeschlagen, insbesondere mit Hilfe einer Einspritznadel als Zentrierstift und eines leichten Hammers mit etwa 300-400g.

[00168] Um ein besonders einfaches Einbringen der Aufnahmeöffnungen 170, 171; 172, 173; 174 und 175 zu ermöglichen, insbesondere nach dem der Schaft 106 zumindest teilweise in den ersten Verbindungsabschnitt 107 eingebracht ist und mit diesem zu einer Vormontagebaugruppe des ersten Pleuelteils 102 zusammengesetzt ist, sind der Schaft 106 und der erste Verbindungsabschnitt 107 zusätzlich zu den erfindungsgemäßen Stiftverbindungen mittels einer Pressverbindung 130 (siehe Fig. 5) fest verbunden.

[00169] Diese zusätzlich vorhandene Pressverbindung 130 wird durch eine Übermaßpassung zwischen einer hier nicht näher bezeichneten Pressverbindungs-Kontaktfläche des Schafts 106 und einer entsprechend ausgebildeten, ebenfalls nicht näher bezeichneten Pressverbindungs-Kontaktfläche des hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitts 107 bewirkt, wobei die Durchmesser der Pressverbindungs-Kontaktflächen 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.

[00170] Für eine möglichst feste Pressverbindung 130 können die Pressverbindungs-Kontaktfläche des Schafts 106 und die Pressverbindungs-Kontaktfläche des ersten, hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitts 107 derart ausgestaltet und dimensioniert sein, 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 erstrecken kann.

[00171] Bei diesem Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Pleuels 100 ist der Schaft 106 dabei jeweils über mehrere Kontaktflächen seitlich eines Freistichs 121 im Endbereich des Schafts 106 in den ersten Verbindungsabschnitt 107 eingepresst. Insbesondere ist denkbar, den Schaft 106 nur mit dem, dem Ende 124 zugewandten Abschnitt oberhalb des Freistichs 121 (bezogen auf die Darstellung in Fig. 5), mit dem Verbindungsabschnitt 107 presszuverbinden.

[00172] Möglich ist theoretisch auch eine Pressverbindung nur über den Abschnitt unterhalb des Freistichs 121. Aufgrund der kleineren Kontaktflächen erscheint diese Ausgestaltung jedoch weniger vorteilhaft.

[00173] In einer nicht dargestellten Variante kann der Schaft 106 mit einem konstanten Durchmesser in dem Kontaktbereich zum ersten Verbindungsabschnitt 107 ausgeführt sein, so dass

auf den Freistich 121 verzichtet werden kann.

[00174] Entgegen der Darstellung in Fig. 5 liegt bei einem tatsächlichen, erfindungsgemäßen Pleuel 100 das Ende 124 des Schafts 106 mit seiner Stirnseite jedoch bevorzugt nicht am hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitt 107 an, sondern ist stets leicht zu diesem beabstandet. 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.

[00175] Um bei einem erfindungsgemäßen, vollständig zusammengesetzten Pleuel 100 ein Herausziehen des ersten Pleuelteils 102, insbesondere des Schafts 106, aus dem Führungszylinder 111 zu verhindern, ist, wie anhand den Fig. 2, 3 und 5 erkennbar 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.

[00176] Um ein Verdrehen der beiden Pleuelteile 102 und 103 zu vermeiden, weist das erfindungsgemäße Pleuel 100 ferner eine Sicherungsausnehmung 150 auf (siehe beispielsweise Fig. 2 und 3), 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.

[00177] 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 hierin 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.

[00178] 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.

[00179] 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.

[00180] 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.

[00181] 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.

[00182] Das erfindungsgemäße Pleuel 100, insbesondere der Schaft 106, weist ferner zusätzlich eine Kohlenstoffbeschichtung 125 auf (siehe Fig. 5), 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 unteren 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 Dichtungsanordnung 114 sowie der zugehörige Stützring 116 angeordnet sind.

[00183] 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, 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.

[00184] Zum anderen ist eine Außenfläche 143, welche insbesondere als weitere Funktionsfläche 143, insbesondere als Gleitfläche 143 ausgebildet ist, mit einer DLC-Beschichtung 143 versehen.

[00185] Zur Herstellung des vorbeschriebenen, erfindungsgemäßen Pleuels 100 sind ist zunächst der Schaft 106 bereitgestellt worden.

[00186] 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 Pressverbindungsfläche des Schafts 106 erstreckt und auf einer Seite bis an den Freistich 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.

[00187] In einem weiteren nachfolgenden Schritt sind die zweite Dichtungsanordnung 114, der zugehörige Stützring 116 sowie die erste Dichtungsanordnung 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 Dichtungsanordnung 115 und der zugehörige Stützring 117 vom anderen Ende her, wobei die Dichtungsanordnungen 110, 114 und 115 sowie die Stützringe jeweils als umlaufend geschlossene Ringe ausgebildet sind.

[00188] In einem weiteren Schritt ist der hubkolbenseitige Verbindungsabschnitt 107 mit der Ausnahme für bereitgestellt worden und auf eine Fügetemperatur von 150°C erwärmt worden.

[00189] Der Innendurchmesser des Verbindungsabschnitts 107 im Bereich der Pressverbindungs-Kontaktfläche 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 entsprechenden Pressverbindungs-Kontaktfläche.

[00190] 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 eingesetzt und mit dem ersten Verbindungsabschnitt 107 zu einer Vormontagebaugruppe zusammengesetzt.

[00191] Das Erwärmen nur des hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitts 107 ohne eine Erwärmung oder Abkühlung des Schafts 106 hat den Vorteil, dass eine oder mehrere der Dichtungsanordnungen 110, 114 und 115, insbesondere die Dichtungsanordnungen 110 und 114 und 115, bereits vor dem Verbinden des Schafts 106 mit dem hubkolbenseitigen Verbindungs-

abschnitt 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.

[00192] 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 aufgeschrumpft ist, so dass der Schaft 106 und der hubkolbenseitige Verbindungsabschnitt 107 mittels einer Pressverbindung 130 miteinander verbunden sind. Zur Beschleunigung des Abkühlvorgangs ist auch eine aktive Abkühlung des hubkolbenseitigen Verbindungsabschnitts 107 denkbar.

[00193] Anschließend wurden die Aufnahmeöffnungen 170, 171, 172, 173, 174 und 175 für die Stiftverbindungen mittels Erodieren eingebracht, wobei die Aufnahmeöffnungen 170, 171, 172, 173, 174 und 175 derart eingebracht wurden, dass ihr Innendurchmesser jeweils erst nach Abtrag einer beim Erodieren entstehenden Schmelzschicht das für die Stiftverbindungen erforderliche Maß aufweist. D.h. die Aufnahmeöffnungen 170, 171, 172, 173, 174 und 175 wurden nicht auf Maß erodiert, sondern auf den Sollinnendurchmesser abzüglich einer definierten Erodier-Schmelzschichtdicke.

[00194] In einem weiteren Schritt wurden die einzelnen Verbindungsstifte 160, 161; 162, 163; 164 und 165, in die durch Erodieren eingebrachten Aufnahmeöffnungen 170, 171, 172, 173, 174 und 175 eingeschlagen, insbesondere eingepresst, um den Schaft 106 erfindungsgemäß mittels der Verbindungsstifte 160, 161; 162, 163; 164 und 165 mit dem ersten Verbindungsabschnitt 107 zu verbinden, wobei als Verbindungsstifte 160, 161; 162, 163; 164 und 165 insbesondere entsprechend dimensionierte und ausgebildete Nadelrollen aus Nadellagern verwendet worden sind.

[00195] Anstatt Erodieren können in nicht weitere beschriebenen Varianten des Verfahrens auch andere spanende Bearbeitungsverfahren zum Einsatz kommen.

[00196] Um die Verbindungsstifte 160, 161; 162, 163; 164 und 165 gegen ein Lockern und/oder Lösen zu sichern, sind die Verbindungsstifte 160, 161; 162, 163; 164 und 165 jeweils an ihren beiden Enden zusätzlich verstemmt worden. Ferner ist jeweils ein Längssicherungsstift 180, 181, 182, 183, 184 und 185 als Sicherungsmittel zwischen Schaft 106 und Verbindungsstift 160, 161; 162, 163; 164 und 165 eingeschlagen worden.

[00197] In einem weiteren Schritt ist der auf vorbeschriebene Weise hergestellte und zusammengesetzte erste Pleuelteil 102 mit dem zweiten Pleuelteil 103 zu einem erfindungsgemäßen, längenverstellbaren Pleuel 100 zusammengesetzt worden, 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 113 in den zweiten Pleuelteil 103 eingeschraubt worden ist.

[00198] Anschließend wurde ferner noch, um ein Verdrehen der beiden Pleuelteile 102 und 103 gegeneinander zu vermeiden, ein Zentrierstift in die Sicherungsausnehmung 150 eingesetzt.

[00199] 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
101	Lagerschale
102	erster Pleuelteil
103	zweiter Pleuelteil
104	kleines Pleuelauge
105	großes Pleuelauge
106	Schaft
107	erster Verbindungsabschnitt
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
121	Freistich
122	Steuerungseinrichtung zur Längenverstellung
124	Ende des Schafts
125	Beschichtung, insbesondere DLC-Beschichtung
127	Außengewinde
130	Pressverbindung
140	erste Dichtfläche
141	zweite Dichtfläche
142	dritte Dichtfläche
143	weitere Funktionsfläche (Gleitfläche)
150	Sicherungsausnehmung
160, 161	Verbindungsstift
162, 163	
164, 165	
170, 171,	Aufnahmeöffnung für Verbindungsstift
172, 173,	
174, 175	
180, 181	Sicherungsstift
182, 183,	
184, 185	
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) einen Schaft (106) sowie einen mit dem Schaft (106) verbundenen ersten Verbindungsabschnitt (107) zur zumindest teilweisen Lagerung des Pleuels (100) in einer Hubkolbenmaschine aufweist, und wobei der zweite Pleuelteil (103) einen zweiten Verbindungsabschnitt (120) aufweist, der ebenfalls zur zumindest teilweisen Lagerung des Pleuels (100) in einer Hubkolbenmaschine ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schaft (106) und der erste Verbindungsabschnitt (107) mittels wenigstens eines Verbindungsstiftes (160, 161; 162, 163; 164, 165) miteinander verbunden sind.
2. Längenverstellbares Pleuel (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Verbindungsstift (160, 161; 162, 163; 164, 165) derart in den ersten Pleuelteil (102) eingebracht ist, dass sich seine Zentrumsachse senkrecht zu einer Pleuellängsachse (A) erstreckt und/oder senkrecht zu einer Längsachse des Schafts (106) verläuft und insbesondere tangential zur Außenkontur des Schafts (106).
3. Längenverstellbares Pleuel (100) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schaft (106) und der erste Verbindungsabschnitt (107) mittels eines ersten Verbindungsstiftes (160; 162; 164) und mittels wenigstens eines zweiten Verbindungsstiftes (161; 163; 165) fest miteinander verbunden sind, wobei vorzugsweise der erste Verbindungsstift (160; 162; 164) und der zweite Verbindungsstift (161; 163; 165) derart in den ersten Pleuelteil (102) eingebracht sind, dass ihre Zentrumsachsen parallel oder rechtwinklig zueinander verlaufen.
4. Längenverstellbares Pleuel (100) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zentrumsachse des ersten Verbindungsstiftes (160) und die Zentrumsachse des zweiten Verbindungsstiftes (161) in einer gemeinsamen ersten Ebene liegen, insbesondere in einer sich senkrecht zur Pleuellängsachse (A) erstreckenden ersten Ebene.
5. Längenverstellbares Pleuel (100) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schaft (106) und der erste Verbindungsabschnitt (107) zusätzlich mittels eines dritten Verbindungsstiftes (162) und eines vierten Verbindungsstiftes (163) fest miteinander verbunden sind, wobei die Zentrumsachse des dritten Verbindungsstiftes (162) und die Zentrumsachse des vierten Verbindungsstiftes (163) vorzugsweise in einer gemeinsamen zweiten Ebene liegen, insbesondere in einer sich senkrecht zur Pleuellängsachse (A) erstreckenden zweiten Ebene.
6. Längenverstellbares Pleuel (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens zwei Verbindungsstifte (160, 161; 162, 163; 164, 165) eine gleiche Länge und/oder einen gleichen Außendurchmesser aufweisen, insbesondere zwei in einer gemeinsamen Ebene angeordnete Verbindungsstifte (160, 161; 162, 163; 164, 165).
7. Längenverstellbares Pleuel (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zentrumsachsen von zwei Verbindungsstiften (160, 161; 162, 163; 164, 165), welche in einer gemeinsamen Ebene angeordnet sind, parallel verlaufen.
8. Längenverstellbares Pleuel (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zentrumsachsen von wenigstens zwei Verbindungsstiften (160, 161; 162, 163; 164, 165), welche in unterschiedlichen Ebenen angeordnet sind, winklig zueinander verlaufen, insbesondere rechtwinklig.

9. Längenverstellbares Pleuel (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Verbindungsstift (160, 161; 162, 163; 164, 165) zusätzlich gegen Lockern und/oder Lösen und/oder Herausfallen gesichert ist.
10. Längenverstellbares Pleuel (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Verbindungsstift (160, 161; 162, 163; 164, 165) an wenigstens einem Ende verstemmt ist.
11. Längenverstellbares Pleuel (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Verbindungsstift (160, 161; 162, 163; 164, 165) mittels eines Sicherungsmittels (180, 181; 182, 183; 184, 185) gesichert ist, insbesondere mittels parallel zur Zentrumsachse des zu sichernden Verbindungsstifts eingebrachten Sicherungsstifts, dessen Durchmesser vorzugsweise kleiner ist als 1/4, eines Durchmessers des zugehörigen Verbindungsstifts (160, 161; 162, 163; 164, 165).
12. Längenverstellbares Pleuel (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schaft (106) und der erste Verbindungsabschnitt (107) in wenigstens einem Betriebszustand des Pleuels (100) zusätzlich ferner durch eine Pressverbindung (130) fest miteinander verbunden sind.
13. Verfahren zur Herstellung eines längenverstellbaren Pleuels (100) für eine Hubkolbenmaschine, das nach einem der Ansprüche 1 bis 12 ausgebildet ist, **gekennzeichnet durch** die Schritte:
Bereitstellen eines ersten Verbindungsabschnitts (107),
Bereitstellen eines Schafts (106),
Zusammensetzen des Schafts (106) mit dem ersten Verbindungsabschnitt (107) zu einer Vormontagebaugruppe des ersten Pleuelteils (102),
Verbinden, insbesondere Verstiften, des ersten Verbindungsabschnitts (107) und des Schafts (106) mittels einem oder mehreren Verbindungsstiften (160, 161; 162, 163; 164, 165),
Bereitstellen eines zweiten Pleuelteils (103), und
Zusammensetzen des ersten Pleuelteils (102) mit dem zweiten Pleuelteil (103) zu einem längenverstellbaren Pleuel (100).
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Aufnahmeöffnung (170, 171; 172, 173; 174, 175) zur Aufnahme eines Verbindungsstiftes (160, 161; 162, 163; 164, 165) zum Verbinden des Schafts (106) mit dem ersten Verbindungsabschnitt (107) zumindest teilweise in den Schaft (106) und zumindest teilweise in den ersten Verbindungsabschnitt (107) eingebracht wird.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Aufnahmeöffnung (170, 171; 172, 173; 174, 175) nach dem Zusammensetzen des Schafts (106) mit dem ersten Verbindungsabschnitt (107) zu der Vormontagebaugruppe des ersten Pleuelteils (102) in die Vormontagebaugruppe eingebracht wird.
16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Aufnahmeöffnung (170, 171; 172, 173; 174, 175) zumindest teilweise durch Erodieren hergestellt wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schaft (106) und der erste Verbindungsabschnitt (107) zusätzlich mittels einer Pressverbindung (130) fest miteinander verbunden werden.
18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Herstellen der Pressverbindung (130) der erste Verbindungsabschnitt (107) und der Schaft (106) zunächst jeweils auf eine definierte Füge­temperatur gebracht werden, wobei insbesondere der erste Verbindungsabschnitt (107) erwärmt wird.

19. Hubkolbenmaschine, insbesondere Hubkolbenbrennkraftmaschine, die ein längenverstellbares Pleuel (100) aufweist, das nach einem der Ansprüche 1 bis 12 ausgebildet ist und/oder das durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 18 hergestellt ist.
20. Fahrzeug, insbesondere Kraftfahrzeug, das eine Hubkolbenmaschine nach Anspruch 19 aufweist.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

1/4

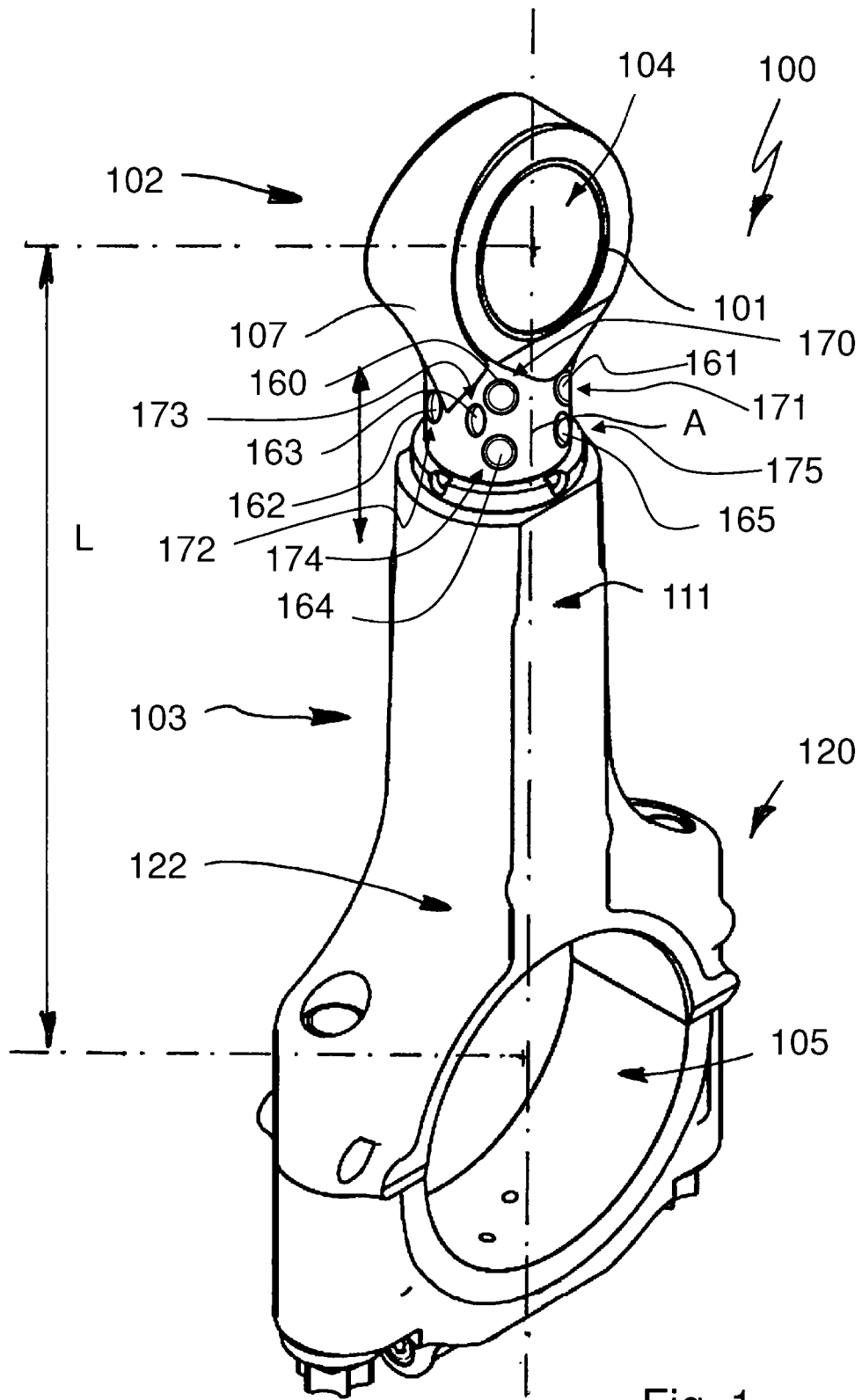


Fig. 1

2/4

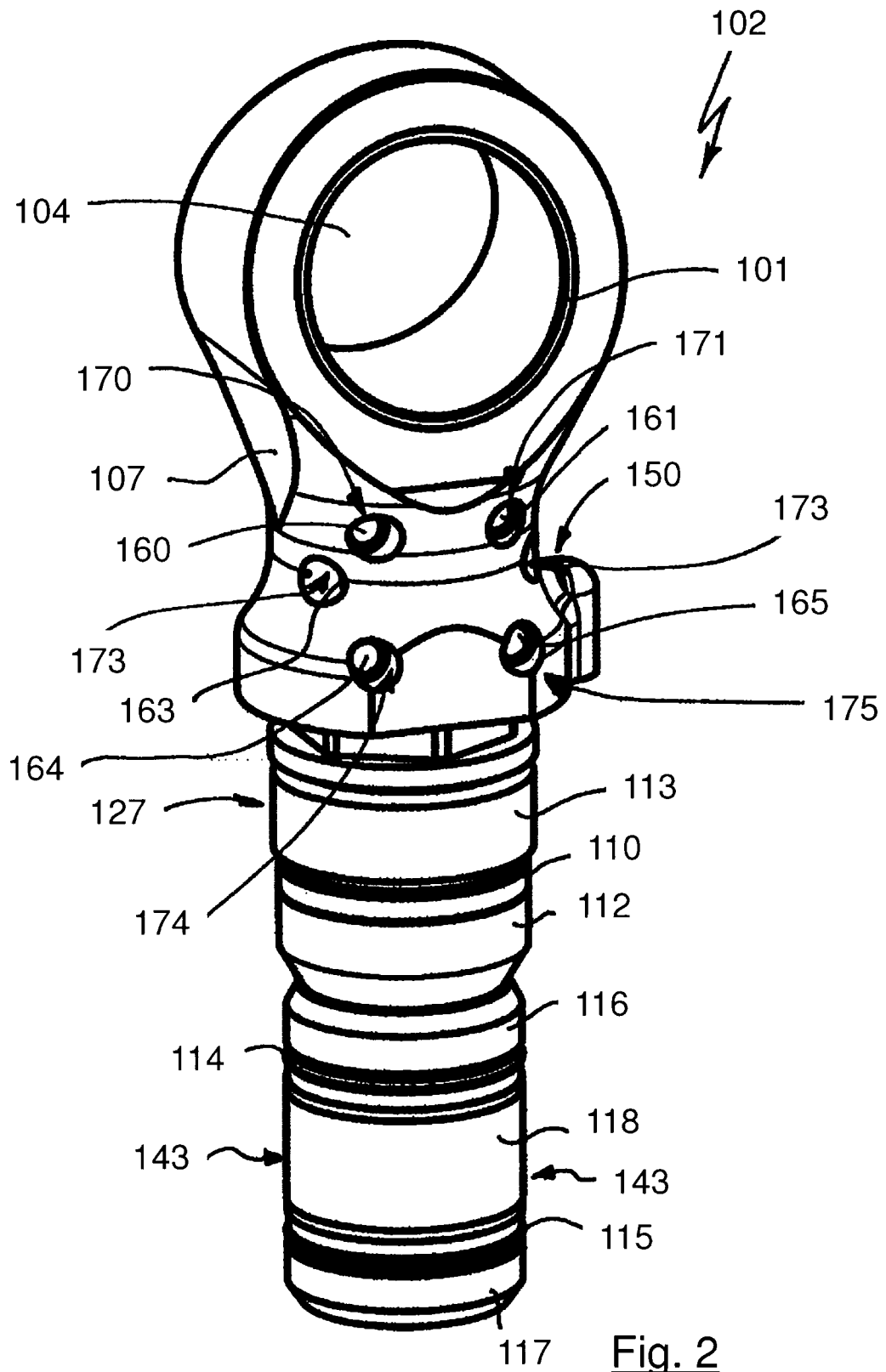


Fig. 2

3/4

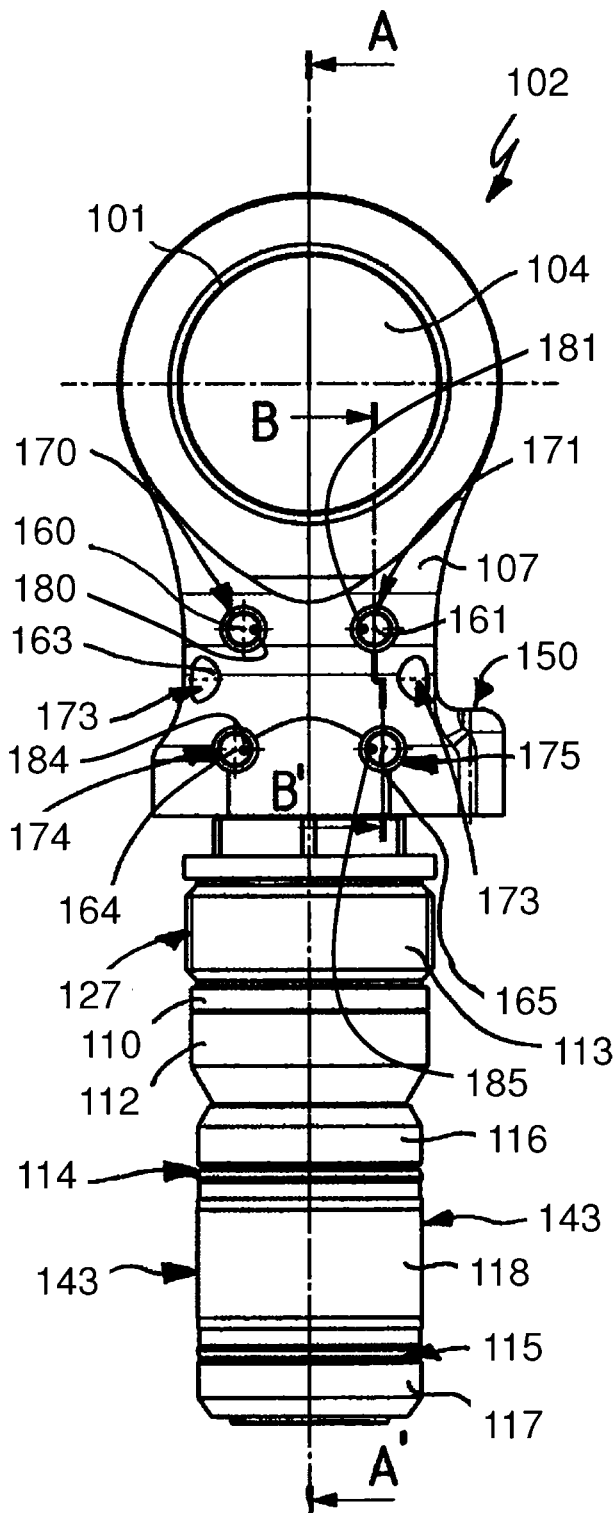


Fig. 3

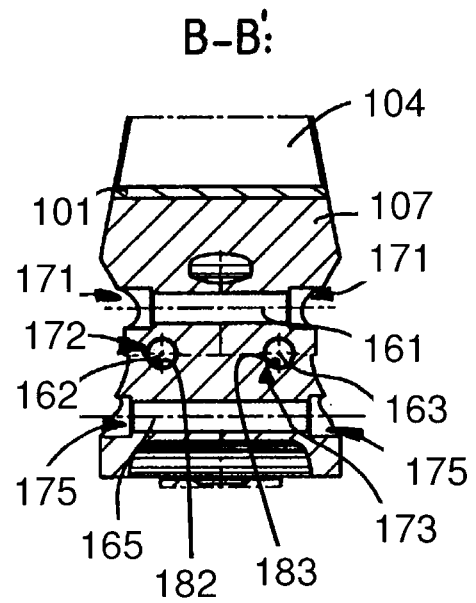


Fig. 4

4/4

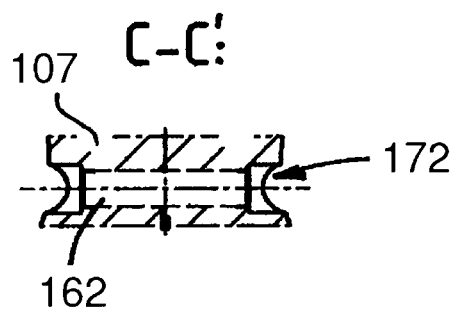


Fig. 6

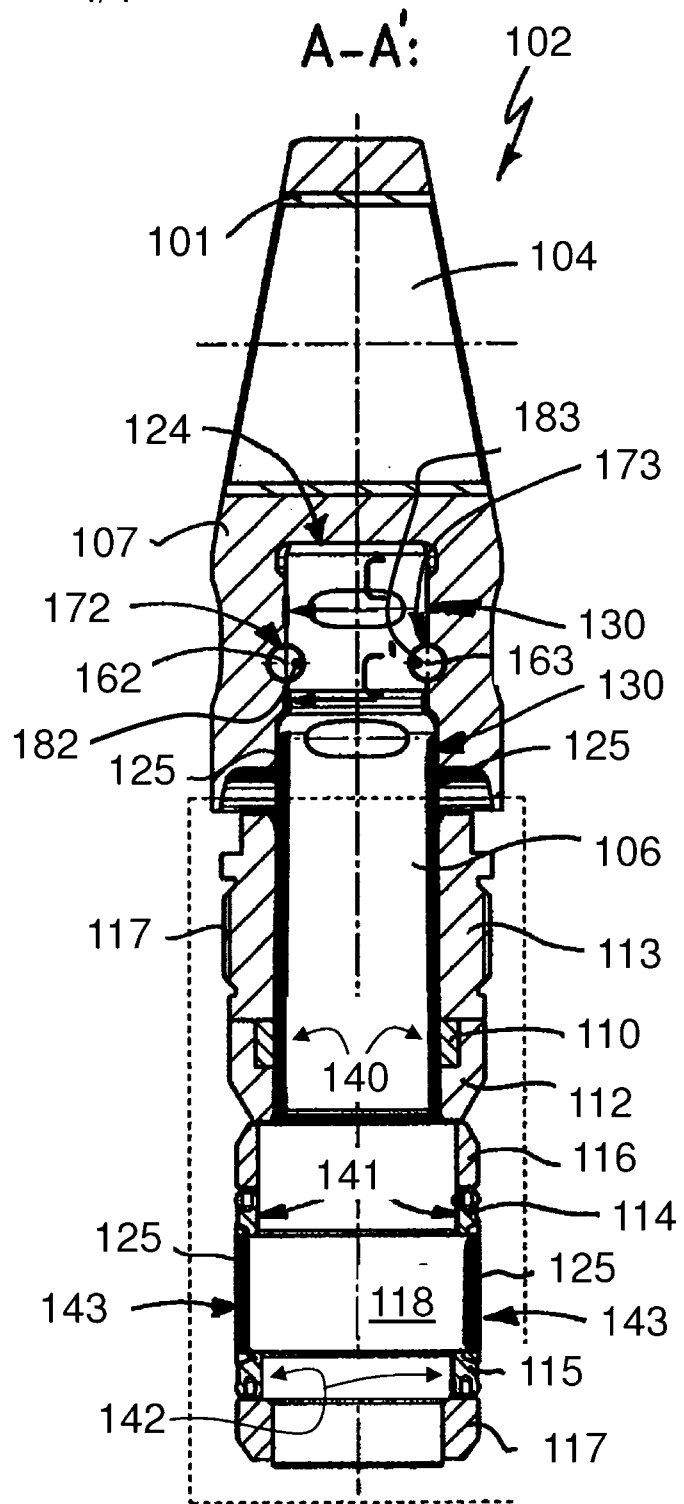


Fig. 5