

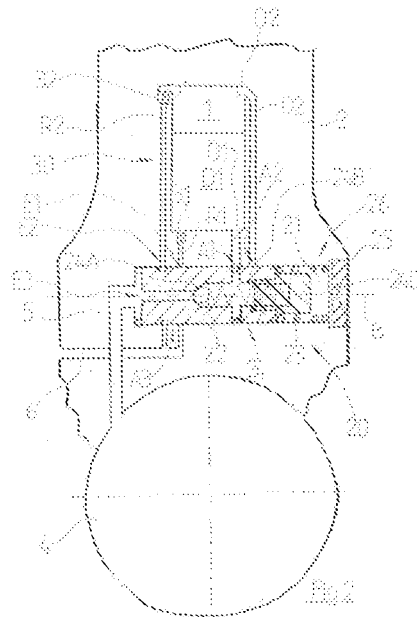
(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 51076/2017 (51) Int. Cl.: **F16C 7/06** (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 22.12.2017 **F02B 75/04** (2006.01)  
(43) Veröffentlicht am: 15.04.2019 **F16K 11/07** (2006.01)  
**F15B 15/26** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen: DE 102017100943 A1 DE 102015203417 A1 EP 1882869 A2 US 3150571 A WO 2017070724 A1	(71) Patentanmelder: AVL List GmbH 8020 Graz (AT)  (72) Erfinder: Singer Gerald BSc 4552 Wartberg an der Krems (AT)  (74) Vertreter: Kopetz Heinrich Dipl.Ing. 8020 Graz (AT)
--	---

(54) **Längenverstellbares Pleuel für eine Hubkolbenmaschine**

(57) Längenverstellbares Pleuel (10) für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, Hubkolbenmaschine und Fahrzeug, wobei das Pleuel (10) eine Längenverstelleinrichtung (30) und eine hydraulisch betätigbare und wenigstens zwischen zwei Steuerungszuständen umschaltbare Steuerungseinrichtung (20) zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung (30) aufweist, wobei mittels der Längenverstelleinrichtung (30) eine wirksame Länge (L) des Pleuels (10) einstellbar ist, wobei die Steuerungseinrichtung (20) wenigstens ein hydraulisches Steuerventil aufweist mit wenigstens einem hydraulischen Arbeitsraum (21) und einem im hydraulischen Arbeitsraum (21) aufgenommenen, hydraulisch betätigbaren Stellelement (22), wobei das hydraulisch betätigbare Stellelement (22) und der hydraulische Arbeitsraum (21) in einem Referenzzustand des Pleuels (10) eine definierte Passung zueinander aufweisen, und wobei die definierte Passung zwischen einer Außenkontur des Stellelements (22) und einer Innenkontur des Arbeitsraums (21) im Referenzzustand des Pleuels (10) eine Übermaßpassung ist.



## Zusammenfassung

Längenverstellbares Pleuel (10) für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, Hubkolbenmaschine und Fahrzeug, wobei das Pleuel (10) eine Längenverstelleinrichtung (30) und eine hydraulisch betätigbare und wenigstens zwischen zwei Steuerungszuständen umschaltbare Steuerungseinrichtung (20) zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung (30) aufweist, wobei mittels der Längenverstelleinrichtung (30) eine wirksame Länge (L) des Pleuels (10) einstellbar ist, wobei die Steuerungseinrichtung (20) wenigstens ein hydraulisches Steuerventil aufweist mit wenigstens einem hydraulischen Arbeitsraum (21) und einem im hydraulischen Arbeitsraum (21) aufgenommenen, hydraulisch betätigbaren Stellelement (22), wobei das hydraulisch betätigbare Stellelement (22) und der hydraulische Arbeitsraum (21) in einem Referenzzustand des Pleuels (10) eine definierte Passung zueinander aufweisen, und wobei die definierte Passung zwischen dem Stellelement (22) und dem Arbeitsraum (21) im Referenzzustand des Pleuels (10) eine Übermaßpassung ist.

Fig. 2

## Längenverstellbares Pleuel für eine Hubkolbenmaschine

Die Erfindung betrifft ein längenverstellbares Pleuel für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, wobei das Pleuel eine Längenverstelleinrichtung und eine hydraulisch betätigbare und wenigstens zwischen zwei Steuerungszuständen umschaltbare Steuerungseinrichtung zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung aufweist, wobei mittels der Längenverstelleinrichtung eine wirksame Länge des Pleuels einstellbar ist, wobei die Steuerungseinrichtung wenigstens ein hydraulisches Steuerventil aufweist mit wenigstens einem hydraulischen Arbeitsraum und einem im hydraulischen Arbeitsraum aufgenommenen, hydraulisch betätigbaren Stellelement, und wobei das hydraulisch betätigbare Stellelement und der hydraulische Arbeitsraum in einem Referenzzustand des Pleuels eine definierte Passung zueinander aufweisen.

Ferner betrifft die Erfindung eine Hubkolbenmaschine mit einem längenverstellbaren Pleuel, insbesondere eine als Hubkolbenbrennkraftmaschine ausgebildete Hubkolbenmaschine, sowie ein Fahrzeug mit einer solchen Hubkolbenmaschine.

Längenverstellbare Pleuel sind aus dem Stand der Technik grundsätzlich bekannt, beispielsweise aus der DE 10 2012 020 999 A1 sowie aus der WO 2015/055582 A2, wobei derartige Pleuel insbesondere bei Hubkolbenmaschinen mit variablem Verdichtungsverhältnis, insbesondere zum Verändern eines Verdichtungsverhältnisses, eingesetzt werden.

Das in der DE 10 2012 020 999 A1 beschriebene, längenverstellbare Pleuel weist einen im kleineren Pleuelauge angeordneten Exzenter auf, wobei zum Verstellen des Exzenters außerhalb des Pleuelstangenschaftes zwei Hydraulikzylinder vorgesehen sind, die mit Motoröl aus der Hubkolbenmaschine mit Hydraulikmedium versorgt werden können. Zur Steuerung der beiden Hydraulikzylinder, und damit zur Längenverstellung des Pleuels, ist eine Steuerungseinrichtung vorgesehen, mittels welcher die beiden Hydraulikzylinder der Längenverstellung jeweils derart mit Hydraulikmedium beaufschlagt werden können, dass sich eine gewünschte Längenänderung des Pleuels und damit eine Veränderung der effektiven bzw. wirksamen Pleuellänge und infolgedessen eine Veränderung des Verdichtungsverhältnisses einstellt.

Aus der WO 2015/055582 A2 ist ein längenverstellbares Pleuel mit einer hydraulischen Längenverstelleinrichtung bekannt, wobei das Pleuel einen ersten Pleuelstangenabschnitt

und einen zweiten Pleuelstangenabschnitt aufweist, wobei die beiden Pleuelstangenabschnitte entlang einer Längsachse des Pleuels relativ zueinander, insbesondere teleskopartig ineinander oder auseinander, verschiebbar sind. Einer der beiden Pleuelstangenabschnitte bildet dabei einen Hydraulikzylinder, der andere Pleuelstangenabschnitt einen zugehörigen Hydraulikkolben. Zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung ist eine hydraulisch betätigbare Steuerungseinrichtung mit einem senkrecht zur Pleuelstangenachse in eine Längsmittlebene der Pleuelstange axial verschiebbaren, einfachwirkenden Stellkolben als Stellelement vorgesehen. Der Stellkolben kann in einem funktionsgemäßen Verwendungszustand des Pleuels in einer Hubkolbenmaschine mithilfe des in der Hubkolbenmaschine anliegenden Motoröldrucks entgegen einer mittels einer Feder erzeugten Rückstellkraft von einer ersten Stellposition in eine zweite Stellposition axial verschoben werden, wobei je nach Stellposition des Stellkolbens ein oder mehrere Hydraulikzuflüsse bzw. Hydraulikabflüsse der hydraulischen Längenverstelleinrichtung freigegeben oder gesperrt sind. Über die Federsteifigkeit der Rückstellfeder kann eingestellt werden, ab welchem Motoröldruck eine Verschiebung des Stellkolbens von der ersten Stellposition in die zweite Stellposition bewirkt werden soll.

Eine große Herausforderung ist dabei das Erreichen und zuverlässige Sicherstellen einer zum Sperren der Hydraulikzuflüsse bzw. Hydraulikabflüsse der hydraulischen Längenverstelleinrichtung erforderlichen Dichtigkeit.

Vor diesem Hintergrund ist es daher eine Aufgabe der Erfindung, ein alternatives, längenverstellbares Pleuel für eine Hubkolbenmaschine bereitzustellen, insbesondere ein verbessertes längenverstellbares Pleuel, insbesondere ein längenverstellbares Pleuel mit einer verbesserten Dichtwirkung der Längenverstelleinrichtung. Darüber hinaus ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine alternative, insbesondere verbesserte, Hubkolbenmaschine bereitzustellen sowie ein alternatives, insbesondere verbessertes, Fahrzeug mit einer derartigen Hubkolbenmaschine.

Diese Aufgaben werden erfindungsgemäß durch ein längenverstellbares Pleuel gemäß Anspruch 1, durch eine Hubkolbenmaschine gemäß Anspruch 14 sowie durch ein Fahrzeug gemäß Anspruch 15 gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche und werden im Folgenden näher erläutert. Der Wortlaut der Ansprüche wird durch ausdrückliche Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.

Ein erfindungsgemäßes, längenverstellbares Pleuel für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, weist eine Längenverstelleinrichtung und

eine hydraulisch betätigbare und wenigstens zwischen zwei Steuerungszuständen umschaltbare Steuerungseinrichtung zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung auf, wobei mittels der Längenverstelleinrichtung eine wirksame Länge des Pleuels einstellbar ist. Die Steuerungseinrichtung weist dabei wenigstens ein hydraulisches Steuerventil auf mit wenigstens einem hydraulischen Arbeitsraum und einem im hydraulischen Arbeitsraum aufgenommenen, hydraulisch betätigbaren Stellelement, wobei das hydraulisch betätigbare Stellelement und der hydraulische Arbeitsraum in einem Referenzzustand des Pleuels eine definierte Passung zueinander aufweisen. Erfindungsgemäß ist die definierte Passung zwischen dem Stellelement und dem hydraulischen Arbeitsraum der Steuerungseinrichtung im Referenzzustand des Pleuels eine Übermaßpassung.

Dabei wird unter einem „Referenzzustand“ im Sinne der vorliegenden Erfindung ein Zustand des Pleuels verstanden, in welchem ein innerhalb der Längenverstelleinrichtung anliegender Hydraulikdruck unterhalb eines definierten Referenzhydraulikdrucks liegt und/oder in welchem innerhalb der Längenverstelleinrichtung kein Hydraulikdruck anliegt und/oder in welchem eine Kerntemperatur des Pleuels unterhalb einer Referenztemperatur liegt.

Unter einer „Passung“ wird im Sinne der vorliegenden Erfindung die maßliche Beziehung zwischen zwei miteinander verbundenen Bauteilen bezeichnet, welche in ihrem Verbindungsbereich vorzugsweise dieselbe Kontur aufweisen, jedoch einmal als Innenkontur und einmal als Außenkontur, wobei beide Bauteile hinsichtlich ihrer Konturen insbesondere das gleiche Nennmaß aufweisen, sich infolge der vorhandenen Toleranzen jedoch ein Spiel oder ein Übermaß in der Verbindung einstellt.

Unter einer „Übermaßpassung“ wird im Sinne der vorliegenden Erfindung eine Passung verstanden, bei der sich infolge der Toleranzen der beiden, die Passung bildenden Bauteile in einem Referenzzustand ein Übermaß einstellt.

Durch die im Betrieb auf das Pleuel wirkenden Kräfte, insbesondere durch die im Betrieb in der Längenverstelleinrichtung entstehenden hydraulischen Drücke, welche größer >1500 bar werden können, und/oder die im Betrieb auftretenden thermischen Belastungen kommt es in wenigstens einem Betriebszustand des Pleuels zu einem „Aufweiten“ des hydraulischen Arbeitsraumes der Steuerungseinrichtung und damit zu einer Reduzierung des Übermaßes zwischen Stellelement und hydraulischem Arbeitsraum. Mit Hilfe einer erfindungsgemäßen Übermaßpassung zwischen Stellelement und hydraulischem Arbeitsraum des Steuerventils kann erreicht werden, dass sich im Ergebnis in wenigstens einen Betriebszustand des Pleuels eine Übergangspassung oder eine Spielpassung einstellt,

welche zwar ein ungehindertes axiales Verschieben des Stellelements innerhalb des hydraulischen Arbeitsraums ermöglicht, jedoch gleichzeitig ein derart geringes Spiel aufweist, dass eine für die Längenverstellung erforderliche Dichtwirkung, insbesondere eine für eine präzise, insbesondere verbesserte, Längenverstellung erforderliche Dichtwirkung erreicht werden kann.

Somit kann auf einfache Art und Weise ein Pleuel bereitgestellt werden, mit dem in wenigstens einem Betriebszustand einerseits die für die Längenverstellung erforderliche Dichtigkeit erreicht, insbesondere sichergestellt, werden kann, und andererseits, insbesondere gleichzeitig, ein ungehindertes axiales Verschieben des Stellelements der Steuerungseinrichtung innerhalb des hydraulischen Arbeitsraums möglich ist, insbesondere ein beschädigungsfreies Betätigen der Steuerungseinrichtung, insbesondere ein beschädigungsfreies Verschieben des Stellelementes im hydraulischen Arbeitsraum des hydraulischen Steuerventils.

Ein erfindungsgemäßes Pleuel ist dabei insbesondere derart ausgebildet, insbesondere die Passung zwischen dem Stellelement und dem hydraulischen Arbeitsraum der Steuerungseinrichtung derart gewählt, dass sich im Referenzzustand des Pleuels reproduzierbar eine Übermaßpassung zwischen Stellelement und dem hydraulischen Arbeitsraum einstellt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels ist das Pleuel insbesondere derart ausgebildet, insbesondere die Passung zwischen Stellelement und Arbeitsraum derart gewählt, dass sich in wenigstens einem Betriebszustand des Pleuels infolge der im Betrieb auf das Pleuel, insbesondere auf die Steuerungseinrichtung, wirkenden Kräfte zwischen Stellelement und Arbeitsraum eine Übergangspassung oder eine Spielpassung einstellt, so dass das Stellelement in wenigstens einem Betriebszustand des Pleuels hydraulisch betätigbar und im Arbeitsraum entlang einer Betätigungsachse verschiebbar ist zum Umschalten der Steuerungseinrichtung zwischen den wenigstens zwei Steuerungszuständen der Steuerungseinrichtung zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung.

Dabei ist insbesondere ein Umschalten des Steuerventils von einem ersten Schaltzustand in einen zweiten Schaltzustand bewirkbar, wobei sich insbesondere das Stellelement in einem ersten Schaltzustand in einer ersten Stellposition befindet und in einem zweiten Schaltzustand in einer zweiten Stellposition.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels ist die Übermaßpassung im Referenzzustand dabei insbesondere derart in Abhängigkeit von den im Betrieb auf das Pleuel wirkenden Kräften und/oder Temperaturbelastungen gewählt, dass die im Betrieb auf das Pleuel wirkenden Kräfte und/oder Temperaturbelastungen derart zu einem Aufweiten des hydraulischen Arbeitsraums führen, dass sich ein gerade ausreichendes Spiel zum beschädigungsfreien Betätigen der Steuerungseinrichtung einstellt.

Im Sinne der vorliegenden Erfindung wird unter einem „Betriebszustand“ ein Zustand des Pleuels verstanden, in welchem wenigstens ein Hydraulikdruck innerhalb der Längenverstelleinrichtung einen definierten Referenzhydraulikdruck aufweist oder oberhalb eines definierten Referenzhydraulikdrucks liegt und/oder in welchem eine Kerntemperatur des Pleuels eine definierte Referenztemperatur aufweist oder eine oberhalb der Referenztemperatur liegt.

Unter einer „Spielpassung“ im Sinne der vorliegenden Erfindung wird eine Passung verstanden, bei der sich im Referenzzustand grundsätzlich ein Spiel infolge der vorhandenen Toleranzen einstellt.

Unter einer „Übergangspassung“ im Sinne der vorliegenden Erfindung wird eine Passung verstanden, bei der sich je nach tatsächlicher Toleranzlage der beiden miteinander verbundenen Bauteile in einem Referenzzustand entweder eine Spielpassung oder eine Übermaßpassung einstellt.

Ein „Pleuel“ im Sinne der vorliegenden Erfindung ist ein stangenartiges Verbindungselement für eine Hubkolbenmaschine, welches zur Verbindung einer Pleuelwelle der Pleuelmaschine mit einem Pleuel auszubilden ist und welches dabei dazu dient, eine lineare Bewegung des Pleuels, insbesondere eine linear-oszillierende Axialbewegung des Pleuels, in eine kreisförmige Bewegung der Pleuelwelle umzuwandeln oder umgekehrt, eine kreisförmige Bewegung der Pleuelwelle in eine lineare Bewegung des Pleuels umzusetzen.

Unter einer „Pleuelwelle“ im Sinne der vorliegenden Erfindung wird eine Pleuelwelle verstanden, welche dazu ausgebildet ist, in einer Pleuelmaschine eine linear-oszillierende Bewegung, d.h. eine translatorische Bewegung, eines oder mehrerer Pleuel mithilfe von Pleueln in eine Drehbewegung umzusetzen oder umgekehrt, eine Drehbewegung in eine translatorische Bewegung umzuwandeln.

Eine „Hubkolbenmaschine“ im Sinne der vorliegenden Erfindung ist eine Maschine, mit der eine lineare Hubbewegung eines Kolbens in eine Drehbewegung einer Welle umgesetzt werden kann bzw. umgekehrt, eine Drehbewegung einer Welle in eine lineare Hubbewegung eines Kolbens.

- 5 Eine „Hubkolbenbrennkraftmaschine“ im Sinne der vorliegenden Erfindung ist eine Hubkolbenmaschine, bei welcher mittels eines Verbrennungsvorgangs eine lineare Hubbewegung eines Hubkolbens erzeugt werden kann.

Bevorzugt weist ein erfindungsgemäßes Pleuel zur Verbindung mit einem Hubkolben sowie einer Kurbelwelle, insbesondere wie im Stand der Technik üblich, an seinen beiden  
10 Enden jeweils ein Pleuellager auf, insbesondere wie ebenfalls im Stand der Technik üblich, jeweils in Form eines Pleuelauges, wobei das Pleuel bevorzugt ein kleineres Pleuelauge am kolbenseitigen Ende und ein größeres Pleuelauge am kurbelwellenseitigen Ende aufweist, bezogen auf einen funktionsgemäßen Einbauzustand des Pleuels in eine Hubkolbenmaschine. Mithilfe eines im kleinen Pleuelauge gelagerten Kolbenbolzens kann vorzugsweise am kolbenseitigen Ende des Pleuels ein Hubkolben angebunden werden. Über  
15 das größere Pleuelauge kann bevorzugt das Pleuel an der Kurbelwelle angebunden werden, wobei im größeren Pleuelauge insbesondere ein als Gleitlager ausgebildetes Pleuellager angeordnet ist, welches mit Hydraulikmedium, insbesondere mit Motoröl einer Hubkolbenmaschine, geschmiert werden kann.

20 Das Pleuel ist dabei bevorzugt um eine Drehachse drehbar um die Kurbelwelle und um eine Drehachse um den Kolbenbolzen herum in einer Hubkolbenmaschine anordenbar, wobei ein Abstand zwischen den beiden Drehachsen, d.h. ein Abstand zwischen der Drehachse um den Kolbenbolzen und der Drehachse um die Kurbelwelle, eine wirksame bzw. effektive Pleuellänge definiert. Durch eine Änderung der wirksamen Pleuellänge, insbesondere durch ein Verstellen der wirksamen Pleuellänge, kann das Verdichtungsverhältnis  
25 der Hubkolbenmaschine verändert werden, da sich infolge der Änderung der wirksamen Pleuellänge eine Verschiebung des oberen Totpunkts der Kolbenbewegung ergibt.

Das Steuerventil eines erfindungsgemäßen, längenverstellbaren Pleuels kann grundsätzlich auf unterschiedlichste Art und Weise konstruktiv ausgestaltet sein.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels ist jedoch wenigstens ein hydraulischer Arbeitsraum der Steuerungseinrichtung, insbesondere des hydraulisch betätigbaren Steuerventils, ein Hydraulikzylinder, insbesondere ein als einfachwirkender Hydraulikzylinder ausgebildeter Stellzylinder.

5 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels ist wenigstens ein hydraulisch betätigbares Stellelement der Steuerungseinrichtung, insbesondere des hydraulisch betätigbaren Steuerventils, nach Art eines Hydraulikkolbens ausgebildet, insbesondere als einfachwirkender Hydraulikkolben, besonders bevorzugt als einfachwirkender Stellkolben.

10 In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels ist das Stellelement der Steuerungseinrichtung ein einfachwirkender Stellkolben, welcher insbesondere im hydraulischen Arbeitsraum, insbesondere in einem als Stellzylinder ausgebildeten hydraulischen Arbeitsraum der Steuerungseinrichtung, in wenigstens einem Zustand des Pleuels, insbesondere in wenigstens einem Betriebszustand des Pleuels, axial  
15 verschiebbar ist, insbesondere entlang einer Betätigungsachse, um eine Betätigung der Steuerungseinrichtung zu bewirken.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels ist die sich in wenigstens einem Betriebszustand einstellende Passung insbesondere derart gewählt, dass in wenigstens einem Betriebszustand des Pleuels das Stellelement zum Umschalten  
20 der Steuerungseinrichtung zwischen den wenigstens zwei Steuerungszuständen zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung mithilfe eines in einer Hubkolbenbrennkraftmaschine anliegenden Öldrucks betätigbar ist, wobei das Stellelement insbesondere mithilfe des anliegenden Öldrucks zwischen der ersten Stellposition und der zweiten Stellposition entlang der Betätigungsachse im Arbeitsraum verschiebbar ist.

25 Hierdurch kann auf besonders einfache Art und Weise eine Steuerung der Längenverstelleinrichtung erreicht werden. Insbesondere ist keine zusätzliche Hydraulikversorgung zur Betätigung der Steuerungseinrichtung erforderlich, sondern es kann insbesondere auf die grundsätzlich zur Schmierung der Hubkolbenmaschine vorgesehene Ölversorgung zurückgegriffen werden.

30 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels ist die Übermaßpassung im Referenzzustand eine Presspassung, wobei die Übermaßpassung

insbesondere derart gewählt ist, dass das Stellelement im Referenzzustand nicht entlang der Betätigungssachse im Arbeitsraum verschiebbar ist.

„Nicht verschiebbar“ bedeutet im Sinne der vorliegenden Erfindung dabei, dass eine Verschiebung des Stellelements entlang der Betätigungssachse im hydraulischen Arbeitsraum nicht ohne eine Beeinträchtigung der Funktion des Pleuels möglich ist, insbesondere nicht ohne eine Beeinträchtigung der Funktion der Steuereinrichtung, insbesondere des Stellelementes und/oder des Arbeitsraumes. Insbesondere ist im nicht verschiebbaren Zustand des Stellelementes keine beschädigungsfreie Verschiebung des Stellelementes möglich. D.h. insbesondere ist die Übermaßpassung derart gewählt, dass im Referenzzustand das Stellelement nicht ohne eine Beschädigung des Pleuels entlang der Betätigungssachse bewegt werden kann.

Hierdurch kann, eine entsprechend gewählte Übermaßpassung im Referenzzustand vorausgesetzt, in wenigstens einem Betriebszustand ein besonders geringes Übermaß oder ein sehr kleines Spiel erreicht werden, welches einerseits zwar groß genug ist, eine beschädigungsfreie Verschiebung des Stellelements im hydraulischen Arbeitsraum zur Betätigung der Steuerungseinrichtung zu ermöglichen und/oder sicherzustellen, welches andererseits aber auch eine ausreichende Dichtigkeit gewährleistet.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels ist die Übermaßpassung zwischen Stellelement und Arbeitsraum insbesondere derart gewählt, dass sich im Referenzzustand ein Übermaß von wenigstens 2  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise von wenigstens 3  $\mu\text{m}$ , insbesondere von wenigstens 4  $\mu\text{m}$  einstellt und von höchstens 10  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise von höchstens 8  $\mu\text{m}$  oder höchstens 6  $\mu\text{m}$ , insbesondere von höchstens 4  $\mu\text{m}$ .

Es hat sich gezeigt, dass mit einer derartigen Übermaßpassung insbesondere bei Pleueln für Hubkolbenmaschinen von PKW und/oder für Nutzfahrzeuge, sich in wenigstens einem Betriebszustand eine besonders vorteilhafte Passung zwischen Stellelement und hydraulischem Arbeitsraum in der Steuerungseinrichtung, insbesondere im hydraulisch betätigbaren Steuerventil einstellt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels weist das Pleuel einen ersten Pleuelstangenabschnitt und einen zweiten Pleuelstangenabschnitt auf, wobei die beiden Pleuelstangenabschnitte zum Verstellen der effektiven Pleuellänge relativ zueinander bewegbar sind, vorzugsweise entlang einer Längsachse des Pleuels,

wobei die beiden Pleuelstangenabschnitte insbesondere teleskopartig ineinander schiebbar und/oder teleskopartig auseinanderziehbar sind.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels kann in diesem Fall zur Verbindung mit einem Hubkolben einer Hubkolbenmaschine, insbesondere einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, der erste Pleuelstangenabschnitt bevorzugt, insbesondere mittels eines kleinen Pleuelauges, vorzugsweise auf aus dem Stand der Technik hinreichend bekannte Art und Weise, mithilfe eines Kolbenbolzens mit dem Hubkolben einer Hubkolbenmaschine verbunden werden. Alternativ kann der erste Pleuelstangenabschnitt auch fest mit einem Kolbenbolzen verbunden sein, wobei in diesem Fall ein mit dem Pleuel zu verbindender Hubkolben einer Hubkolbenmaschine ein entsprechendes Auge aufweist, von welchem der mit dem Pleuel fest verbundene Kolbenbolzen aufgenommen werden kann und in welchem der fest mit dem Pleuel verbundene Kolbenbolzen insbesondere drehbar gelagert werden kann. Der zweite Pleuelstangenabschnitt ist vorzugsweise zur Anbindung an einer Kurbelwelle einer Hubkolbenmaschine ausgebildet und kann vorzugsweise, wie im Stand der Technik üblich, mithilfe eines größeren Pleuelauges an der Kurbelwelle angebunden werden.

Bei einer derartigen Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels bewirkt eine Änderung der wirksamen Pleuellänge insbesondere auch eine Änderung der absoluten Pleuellänge, wobei unter der absoluten Pleuellänge die Pleuellänge verstanden wird, über welche sich das gesamte Pleuel entlang seiner Längsachse erstreckt, während unter der wirksamen Länge des Pleuels lediglich der Abstand zwischen der Drehachse im kleineren Pleuelauge und der Drehachse im größeren Pleuelauge verstanden wird.

Grundsätzlich kann die Längenverstelleinrichtung eines erfindungsgemäßen Pleuels auf beliebige Weise ausgeführt sein. In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels ist die Längenverstelleinrichtung jedoch insbesondere derart ausgebildet, dass einer der beiden Pleuelstangenabschnitte als Führungskörper, insbesondere als Hydraulikzylinder, ausgebildet ist und der andere Pleuelstangenabschnitt als im Führungskörper verschiebbares Kolbenelement, insbesondere als doppelt wirkender Hydraulikkolben, wobei insbesondere zwischen einer ersten Stirnseite des Kolbenelementes und dem Führungskörper ein erster Druckraum und zwischen der zweiten Stirnseite des Kolbenelementes von dem Führungskörper ein zweiter Druckraum aufgespannt ist, wobei in dem ersten Druckraum vorzugsweise wenigstens ein erster Hydraulikkanal einmündet und in

den zweiten Druckraum vorzugsweise wenigstens ein zweiter Hydraulikkanal, welcher jeweils mit der Steuerungseinrichtung fluidkommunizierend verbunden sind. In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung sind der erste Druckraum und der zweite Druckraum dabei jeweils mit einem als Ölzuführungsleitung dienenden Hydraulikkanal und einem als Rücklaufleitung dienenden Hydraulikkanal mit der Steuerungseinrichtung fluidkommunizierend verbunden und/oder verbindbar.

Ein längenverstellbares Pleuel mit einer vorbeschrieben ausgebildeten, hydraulischen Längenverstelleinrichtung mit einem Hydraulikzylinder mit einem ersten Druckraum und einem zweiten Druckraum, welche insbesondere für ein erfindungsgemäßes Pleuel geeignet ist, ist grundsätzlich aus dem Stand der Technik bekannt und beispielsweise ausführlich in der WO 2015/055582 A1 sowie der WO 2016/064193 beschrieben, auf welche hiermit für nähere Ausführungen zur grundsätzlichen Funktionsweise einer solchen Längenverstelleinrichtung sowie hinsichtlich einer grundsätzlichen Funktionsweise einer zugehörigen Steuerungseinrichtung ausdrücklich verwiesen wird.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels weist das Pleuel eine Hydraulikmedium-Zuleitung und eine Drainage auf.

Eine „Hydraulikmedium-Zuleitung“ im Sinne der Erfindung ist dabei eine Leitung, in der Hydraulikmedium geführt werden kann, insbesondere mit einem in einer Hubkolbenmaschine anliegenden Motoröl-Druck.

Unter einer „Drainage“ im Sinne der Erfindung wird eine Hydraulikleitung und/oder eine Austrittsöffnung im Pleuel verstanden, mittels welcher Hydraulikmedium derart aus dem Pleuel abgeführt werden kann, dass ein Druckabbau in den mit der Drainage verbundenen Hydraulikkomponenten erfolgt. Eine Drainage kann beispielsweise durch eine Bohrung im Pleuel gebildet sein, mit welcher Hydraulikmedium in den Kurbelwellenraum einer zugehörigen Hubkolbenmaschine abgeführt werden kann. Eine Drainage kann aber beispielsweise auch durch Öffnungen in der Steuerungseinrichtung und/oder dem Steuerventil gebildet sein, wobei aus den Öffnungen Hydraulikmedium insbesondere in den Kurbelwellenraum und/oder in die Umgebung des Pleuels, bezogen auf einen funktionsgemäßen Verwendungszustand in einer Hubkolbenmaschine, abfließen kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels weist die Längenverstelleinrichtung einen Hydraulikzylinder mit einem ersten Druckraum und einem zweiten Druckraum auf, wobei der erste Druckraum der Längenverstelleinrichtung und der

zweite Druckraum der Längenverstelleinrichtung durch einen Hydraulikkolben voneinander getrennt sind, wobei vorzugsweise einer der beiden Pleuelstangenabschnitte mit dem Hydraulikzylinder verbunden ist und der andere der beiden Pleuelstangenabschnitte mit dem Hydraulikkolben, und wobei insbesondere die Hydraulikmedium-Zuleitung und die Drainage des Pleuels jeweils mit dem ersten Druckraum der Längenverstelleinrichtung und/oder dem zweiten Druckraum der Längenverstelleinrichtung fluidkommunizierend verbindbar sind.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels ist das Pleuel derart ausgebildet, dass im ersten Steuerungszustand der Steuerungseinrichtung und/oder im ersten Schaltzustand des Steuerventils ein Rückfluss von Hydraulikmedium aus dem ersten Druckraum der Längenverstelleinrichtung gesperrt ist und der zweite Druckraum der Längenverstelleinrichtung drainiert ist und im zweiten Steuerungszustand der Steuerungseinrichtung und/oder im zweiten Schaltzustand des Steuerventils ein Rückfluss aus dem zweiten Druckraum der Längenverstelleinrichtung gesperrt ist und der erste Druckraum der Längenverstelleinrichtung drainiert ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels kann dabei zur Verstellung der wirksamen Länge des Pleuels insbesondere jeweils einem der beiden Druckräume der Längenverstelleinrichtung aus dem Pleuellager des größeren Pleuellages über die Hydraulikmedium-Zuleitung Hydraulikmedium zugeführt werden bzw. infolge einer Hubbewegung in einen der beiden Druckräume eingesaugt werden, während gleichzeitig ein Rückfluss, d.h. eine Fluidverbindung zur Drainage, gesperrt ist, und ein Rücklauf aus dem anderen Druckraum geöffnet ist, so dass sich in diesem anderen Druckraum kein Hydraulikdruck in der Längenverstelleinrichtung aufbauen kann. Infolgedessen kann sich der Druckraum, dessen Rücklauf gesperrt ist, insbesondere nach einer Änderung des Steuerungszustands zunehmend und insbesondere über mehrere Hübe des Hubkolbens mit Hydraulikmedium füllen und ein entsprechender Hydraulikdruck darin aufgebaut werden, welcher eine Längenverstellung des Pleuels bewirkt infolge einer Relativbewegung der beiden Pleuelstangenabschnitte zueinander, insbesondere ein teleskopartiges Auseinanderziehen und/oder ein Ineinanderschieben, je nach Steuerungszustand des Steuerventils, während gleichzeitig der andere Druckraum entleert wird.

Das heißt mit anderen Worten, dass in einer vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels die Längenverstelleinrichtung eines erfindungsgemäßen Pleuels insbe-

sondere derart ausgebildet ist, dass zur Verstellung einer Länge des Pleuels einem Druckraum der Längenverstelleinrichtung über die Hydraulikmedium-Zuleitung Hydraulikmedium zugeführt werden kann bzw. in den Druckraum eingesaugt werden kann, während gleichzeitig der andere Druckraum drainiert ist, so dass sich in der Folge die gewünschte  
5 Veränderung der wirksamen Pleuellänge einstellt.

Insbesondere ist die Längenverstelleinrichtung dabei derart ausgebildet, dass infolge der auf das Pleuel wirkenden äußeren Kräfte bei einem Aufwärtshub der Pleuelstange Hydraulikmedium über die Hydraulikmedium-Zuleitung und den jeweils mit dieser fluidkommunizierend verbundenen Druckraum der Längenverstelleinrichtung eingesaugt werden  
10 kann, während der andere Druckraum der Längenverstelleinrichtung, welcher drainiert ist, entleert wird, wobei das Hydraulikmedium dazu vorzugsweise über die mit diesem Druckraum fluidkommunizierend verbundene Drainage in den Kurbelwellenraum abgeführt werden kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels ist das  
15 Pleuel insbesondere derart ausgebildet, dass in einem ersten Steuerungszustand der Steuerungseinrichtung und/oder im ersten Schaltzustand des Steuerventils die Hydraulikmedium-Zuleitung mit dem ersten Druckraum der Längenverstelleinrichtung fluidkommunizierend verbunden ist und der zweite Druckraum der Längenverstelleinrichtung mit der Drainage und in einem zweiten Steuerungszustand der Steuerungseinrichtung und/oder  
20 im zweiten Schaltzustand des Steuerventils die Hydraulikmedium-Zuleitung mit dem zweiten Druckraum der Längenverstelleinrichtung fluidkommunizierend verbunden ist und der erste Druckraum der Längenverstelleinrichtung mit der Drainage.

Die Steuerungseinrichtung ist dabei insbesondere derart mit der Längenverstelleinrichtung wirkverbunden, insbesondere hydraulisch, dass durch ein Betätigen der Steuerungseinrichtung, insbesondere durch ein Umschalten der Steuerungseinrichtung vom ersten Steuerungszustand in den zweiten Steuerungszustand, insbesondere mithilfe des Stellelements, eine Änderung der wirksamen Pleuellänge bewirkt werden kann.  
25

Die Steuerungseinrichtung eines erfindungsgemäßen, längenverstellbaren Pleuels ist dabei vorzugsweise derart ausgebildet und wirkt insbesondere derart mit der Längenverstelleinrichtung zusammen und/oder ist derart mit der Längenverstelleinrichtung wirkverbunden, dass sich im ersten Steuerungszustand und/oder im ersten Schaltzustand des Steu-  
30

erventils eine erste wirksame Pleuellänge einstellt und im zweiten Schaltsteuerungs-  
zustand und/oder im zweiten Schaltzustand des Steuerventils eine zweite wirksame Pleuel-  
länge.

5 Insbesondere ist die Steuerungseinrichtung derart ausgebildet, dass sich bei einem ersten  
anliegenden Motoröl-Druck, bezogen auf einen funktionsgemäßen Verwendungszustand  
in einer Hubkolbenmaschine, insbesondere einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, der  
erste Steuerungszustand einstellt, wobei dazu das Stellelement insbesondere die erste  
Stellposition einnimmt, und bei einem zweiten anliegenden Motoröl-Druck der zweite  
Schaltzustand, wobei in diesem Fall das Stellelement die zweite Stellposition einnimmt.

10 Besonders bevorzugt ist das Stellelement dazu entgegen einer Rückstellkraft im hydraulischen  
Arbeitsraum entlang der Betätigungsachse verschiebbar, insbesondere entgegen  
einer mittels einer Rückstellfeder erzeugten, insbesondere definierten, Rückstellkraft, wo-  
bei die Federsteifigkeit der Rückstellfeder insbesondere derart gewählt ist, dass sich bei  
einem ersten, niedrigeren Motoröl-Druckniveau der erste Schaltzustand einstellt und das  
15 Stellelement die erste Stellposition einnimmt und von der Rückstellfeder in der ersten Stell-  
position gehalten wird, und sich bei einem zweiten, höheren Motoröl-Druckniveau, insbe-  
sondere einem Motoröl-Druckniveau, bei welchem ein anderes Verdichtungsverhältnis ge-  
wünscht ist, der zweite Steuerungszustand des Steuerventils einstellt, wobei dazu das  
Stellelement insbesondere mithilfe des anliegenden Motoröl-Drucks entgegen der Rück-  
20 stellkraft entlang der Betätigungsachse innerhalb des hydraulischen Arbeitsraum verscho-  
ben wird und die zweite Stellposition einnimmt. Das heißt, dass die Federsteifigkeit der  
Rückstellfeder insbesondere derart gewählt ist, dass sie bei einem zweiten, höheren Mo-  
toröl-Druckniveau, bei welchem gegenüber einem ersten Motoröl-Druckniveau eine Län-  
genverstellung, insbesondere eine Änderung der wirksamen Pleuellänge herbeigeführt  
25 werden soll, vom wirkenden Motoröl-Druckniveau überwunden wird.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels weist die  
Steuerungseinrichtung, insbesondere das hydraulische Steuerventil, insgesamt wenigstens  
sechs Hydraulikanschlüsse auf, wobei vorzugsweise drei der Hydraulikanschlüsse  
der Steuerungseinrichtung als Ventileingänge ausgebildet sind und vorzugsweise drei der  
30 Hydraulikanschlüsse als Ventilausgänge. Dabei ist vorzugsweise ein erster Ventilausgang  
der Steuerungseinrichtung, insbesondere über wenigstens eine Ölzuführungsleitung, mit  
dem ersten Druckraum der Längenverstelleinrichtung fluidkommunizierend verbunden o-  
der verbindbar, wobei vorzugsweise ein zweiter Ventilausgang der Steuerungseinrichtung,

insbesondere über wenigstens eine Ölzuführungsleitung, mit dem zweiten Druckraum der Längenverstelleinrichtung fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist und vorzugsweise ein dritter Ventilausgang der Steuerungseinrichtung mit der Drainage fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist.

- 5 Des Weiteren ist vorzugsweise ein erster Ventileingang der Steuerungseinrichtung, insbesondere über wenigstens eine Rücklaufleitung, mit dem ersten Druckraum der Längenverstelleinrichtung fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar, wobei vorzugsweise ein zweiter Ventileingang der Steuerungseinrichtung, insbesondere über wenigstens eine Rücklaufleitung, mit dem zweiten Druckraum der Längenverstelleinrichtung fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist, wobei des Weiteren vorzugsweise ein dritter Ventileingang der Steuerungseinrichtung mit der Hydraulikmedium-Zuleitung fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist.

Die Ölzuführungsleitung und Rücklaufleitungen des Pleuels zwischen der Steuerungseinrichtung und dem ersten Druckraum bzw. dem zweiten Druckraum der Längenverstelleinrichtung können dabei für jeden Druckraum der Längenverstelleinrichtung separat ausgebildet sein, wie bei dem in der WO 2015/055582 A1 beschriebenen längenverstellbaren Pleuel, oder alternativ jeweils durch einen gemeinsamen Hydraulikkanal gebildet sein.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels weist die Steuerungseinrichtung zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung wenigstens ein Rückschlagventil auf, wobei vorzugsweise die Hydraulikmedium-Zuleitung über ein Rückschlagventil mit dem ersten Druckraum der Längenverstelleinrichtung und/oder mit dem zweiten Druckraum der Längenverstelleinrichtung fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist, und wobei insbesondere wenigstens ein Rückschlagventil zumindest teilweise vom Stellelement des hydraulischen Steuerventils aufgenommen ist.

25 Dabei ist insbesondere wenigstens ein Rückschlagventil zumindest teilweise im Inneren des Stellelements angeordnet. In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels, insbesondere der Steuerungseinrichtung zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung, können dabei der erste Druckraum und der zweite Druckraum jeweils alternativ über ein und dasselbe Rückschlagventil fluidkommunizierend mit der Hydraulikmedium-Zuleitung verbunden werden. Hierdurch kann eine besonders kompakte, insbesondere eine besonders platz- und bauteilsparende Steuerungseinrichtung bereitgestellt werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels ist das Rückschlagventil dabei in das hydraulisch betätigbare Stellelement der Steuerungseinrichtung, insbesondere in das hydraulisch betätigbare Stellelement des Steuerventils, integriert. Hierdurch lässt sich eine besonders kompakte Steuerungseinrichtung realisieren.

- 5 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels weist das Rückschlagventil einen Ventilsitz, einen Ventilkörper und eine Ventildfeder auf, wobei der Ventilkörper mittels der Ventildfeder an den Ventilsitz pressbar ist, und wobei der Ventilkörper gegen eine Rückstellkraft der Ventildfeder vom Ventilsitz abhebbar ist, insbesondere entlang der Betätigungsachse, wobei die Ventildfeder an ihrer vom Ventilkörper abgewand-
- 10 ten Seite an einem mit dem Stellelement fest verbundenen Endanschlag abgestützt ist, wobei der Endanschlag insbesondere mit dem Stellelement verbunden, insbesondere in das Stellelement eingeschraubt ist.

Hierdurch lässt sich auf besonders einfache Art und Weise eine besonders bauraumsparende Anordnung des Rückschlagventils erreichen und insbesondere eine besonders einfache Ausgestaltung der Steuerungseinrichtung, welche nur ein Rückschlagventil erfordert. Ferner lässt sich eine besonders einfache Montage des Pleuels erreichen.

Eine erfindungsgemäße Hubkolbenmaschine weist wenigstens ein erfindungsgemäß ausgebildetes, längenverstellbares Pleuel auf.

Ein erfindungsgemäßes Fahrzeug weist eine erfindungsgemäße Hubkolbenmaschine auf.

- 20 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. Im Folgenden
- 25 wird die Erfindung anhand eines, in den Figuren schematisch dargestellten, nicht einschränkenden Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dabei zeigen

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen, längenverstellbaren Pleuels in Prinzipdarstellung und

- Fig. 2 einen Ausschnitt eines erfindungsgemäßen Pleuels im Bereich des größeren Pleuelauges und der Steuerungseinrichtung in Schnittdarstellung.

30

Fig. 1 zeigt in Prinzipdarstellung ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen, längenverstellbaren Pleuels 10 für eine hier nicht dargestellte Hubkolbenmaschine. Zur Verbindung mit einem Kolben einer Hubkolbenmaschine ist am oberen Ende des Pleuels 10 ein kleineres Pleuelauge 3 vorgesehen und zur Anbindung an einer Kurbelwelle der Hubkolbenmaschine ein größeres Pleuelauge 4 am unteren Ende, bezogen auf die Darstellung in Fig. 1.

Erfindungsgemäß weist das Pleuel 10 eine Längenverstelleinrichtung 30 auf mittels welcher eine wirksame Länge  $L$  des Pleuels 10 eingestellt werden kann. Um die Längenverstellung des Pleuels 10 zu ermöglichen, ist das in Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Pleuels 10 geteilt und weist einen ersten Pleuelstangenabschnitt 1 sowie einen zweiten Pleuelstangenabschnitt 2 auf, wobei die beiden Pleuelstangenabschnitte 1 und 2 zum Verstellen der wirksamen Pleuellänge  $L$  entlang einer Längsachse  $A$  des Pleuels relativ zueinander bewegt werden können. Insbesondere können der erste Pleuelstangenabschnitt 1 und der zweite Pleuelstangenabschnitt 2 dabei teleskopartig ineinander bzw. auseinandergeschoben werden, wobei der obere Pleuelstangenabschnitt 1 in dem unteren Pleuelstangenabschnitt 2 geführt ist.

Dadurch kann der Abstand zwischen einer hier nicht näher bezeichneten ersten Drehachse, um welche mittels eines hier nicht dargestellten Kolbenbolzens ein Kolben einer Hubkolbenmaschine im kleineren Pleuelauge 3 drehbar gelagert werden kann, und einer zweiten, ebenfalls nicht näher bezeichneten Drehachse, um welche das Pleuel 10 mit dem größeren Pleuelauge 4 drehbar an einer Kurbelwelle angebunden werden kann, verändert werden. Dadurch ergibt sich eine Veränderung einer wirksamen, bzw. effektiven Länge  $L$  der Pleuelstange 10, wobei bei dieser erfindungsgemäßen Pleuelstange 10 eine Änderung der wirksamen Pleuellänge  $L$  auch zu einer Änderung der absoluten Pleuellänge führt.

Durch Ändern der wirksamen Pleuellänge  $L$ , insbesondere durch ein Verstellen der wirksamen Pleuellänge  $L$ , verschiebt sich in einer Hubkolbenmaschine, insbesondere in einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, der obere Totpunkt des Kolbenhubs, was in einer Änderung des Verdichtungsverhältnisses resultiert.

Zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung 30 ist eine hydraulisch betätigbare und wenigstens zwischen zwei Steuerungszuständen umschaltbare Steuerungseinrichtung 20 vorgesehen. Die Steuerungseinrichtung 20 weist dabei ein in Fig. 1 nicht erkennbar dargestelltes Steuerventil auf (siehe Fig. 2) mit einem hydraulisch betätigbaren Stellelement

22 in Form eines einfachwirkenden Stellkolbens (wird nachfolgend auch mit Bezugszeichen 22 bezeichnet), der in einem hydraulischen Arbeitsraum 21 in Form eines Stellzylinders (wird nachfolgend auch mit Bezugszeichen 21 bezeichnet) aufgenommen ist und in diesem entlang einer Betätigungssachse B axial mithilfe eines in der Hubkolbenmaschine anliegenden Öldrucks, insbesondere eines anliegenden Motoröldrucks, entgegen der von einer Rückstellfeder 23 erzeugten Rückstellkraft axial verschiebbar ist.

Wie anhand von Fig. 2 erkennbar ist, ist das Steuerventil bei diesem Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Pleuels 10 dabei in einer, in diesem Fall zylindrischen Ausnehmung, insbesondere einer zylindrischen Bohrung 26, entlang der Betätigungssachse B in den unteren Pleuelstangenabschnitt 2 eingesetzt und axial mithilfe eines Verschlusselements 25 gesichert, wobei das Verschlusselement 25 auch als Endanschlag für die Rückstellfeder 23 dient bzw. zur Abstützung der Rückstellfeder 23.

Durch eine hydraulische Betätigung des einfachwirkenden Stellkolbens 22 kann die Steuerungseinrichtung 20 bzw. das Steuerventil von einem ersten Steuerungszustand in einen zweiten Steuerungszustand umgeschaltet werden, wodurch eine Längenverstellung des Pleuels 10 herbeigeführt werden kann. Zum Einstellen einer ersten wirksamen Pleuellänge L kann der Stellkolben 22 eine erste, in Fig. 2 dargestellte Stellposition einnehmen und zum Einstellen einer zweiten wirksamen Pleuellänge L eine zweite, hier nicht dargestellte Stellposition, in welcher sich der Stellkolben 22, bezogen auf die Darstellung in Fig. 2, weiter rechts befindet.

Zur Hydraulikversorgung der hydraulisch betätigbaren Steuerungseinrichtung 20 weist das erfindungsgemäße Pleuel eine Hydraulikmedium-Zuleitung 5 auf, über welche der Steuerungseinrichtung 20 sowie der Längenverstelleinrichtung 30 Hydraulikmedium aus dem Pleuellager im Bereich des größeren Pleuelauges 4 zugeführt werden kann. Ferner ist eine Drainage 6 vorgesehen, über welche Hydraulikmedium mittels der Steuerungseinrichtung 20 aus der Längenverstelleinrichtung 30 in den Kurbelwellenraum bzw. in die Umgebung des Pleuels 10 abgeführt werden kann, insbesondere zum Druckabbau in der Längenverstelleinrichtung 30.

Zur Betätigung der Steuerungseinrichtung 20 kann der Stellkolben 22 der Steuerungseinrichtung 20 über die Hydraulikmedium-Zuleitung 5 und einen dritten Ventileingang E3 des Steuerventils der Steuerungseinrichtung 20 mit einem Hydraulikdruck beaufschlagt werden. Überschreitet der am Stellkolben 22 anliegende Hydraulikdruck dabei einen bestimmten Wert, wird die von der Rückstellfeder 23 erzeugte Rückstellkraft überwunden, wodurch

der Stellkolben 22 ausgehend von der in Fig. 2 dargestellten ersten Stellposition entlang der Betätigungsachse B, bezogen auf die Darstellung in Fig. 2, nach rechts in eine zweite Stellposition verschoben wird.

Die Längenverstelleinrichtung 30 bei diesem Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemä-  
5 ßen, längenverstellbaren Pleuels 10 weist dabei einen nicht näher bezeichneten Hydraulikkolben und einen ebenfalls nicht näher bezeichneten Hydraulikzylinder auf, wobei der Hydraulikkolben mit dem oberen Pleuelstangenabschnitt 1 fest verbunden ist bzw. Teil von diesem ist, was in Fig. 2 durch die Bezeichnung des Hydraulikkolbens ebenfalls mit dem Bezugszeichen 1 symbolisiert ist. Der Hydraulikzylinder der Längenverstelleinrichtung 30  
10 wird durch den unteren Pleuelstangenabschnitt 2 gebildet, wobei der Hydraulikkolben bzw. der obere Pleuelstangenabschnitt 1 entlang der Längsachse A des Pleuels im Hydraulikzylinder der Längenverstelleinrichtung 30 zur Veränderung der wirksamen Pleuellänge L verlagerbar ist.

Der Hydraulikkolben der Längenverstelleinrichtung 30 ist dabei als doppelt wirkender Hydraulikkolben ausgebildet und teilt den Hydraulikzylinder der Längenverstelleinrichtung 30  
15 in einen ersten Druckraum D1 und einen zweiten Druckraum D2, d.h. in einen ersten hydraulischen Arbeitsraum D1 und einen zweiten hydraulischen Arbeitsraum D2 der Längenverstelleinrichtung 30.

Je nach Position des Hydraulikkolbens innerhalb des Hydraulikzylinders bzw. je nach Po-  
20 sition des oberen Pleuelstangenabschnitts 1 relativ zum unteren Pleuelstangenabschnitt 2, ergibt sich eine jeweilige wirksame Pleuellänge L, wobei die Position des Hydraulikkolbens im Hydraulikzylinder der Längenverstelleinrichtung 30 von der anliegenden Druckdifferenz zwischen dem ersten Druckraum D1 und dem zweiten Druckraum D2 der Längenverstelleinrichtung 30 abhängt.

25 Die Steuerung der Druckdifferenz in den beiden Druckräumen D1 und D2 der Längenverstelleinrichtung 30 erfolgt mittels der Steuerungseinrichtung 20, welche mithilfe eines in einer zugehörigen Hubkolbenmaschine anliegenden Öldrucks, insbesondere eines anliegenden Motoröl-Druck hydraulisch betätigt werden kann.

Zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung 30 weist die Steuerungseinrichtung 20 we-  
30 nigstens sechs Hydraulikanschlüsse auf, insbesondere drei Ventileingänge E1, E2 und E3, sowie wenigstens drei Ventilausgänge A1, A2 und A3, wobei ein erster Ventilausgang

A1 über eine Ölzuführungsleitung Ö1 mit dem ersten Druckraum D1 der Längenverstelleinrichtung 30 fluidkommunizierend verbunden ist, ein zweiter Ventilausgang A2 über eine zweite Ölzuführungsleitung Ö2 mit dem zweiten Druckraum D2 und dritte Ventilausgänge A3 mit der Drainage 6.

5 Der erste Druckraum D1 der Längenverstelleinrichtung 30 ist zum Druckabbau aus dem ersten Druckraum D1 über eine Rückströmdrossel 31 und eine erste Rücklaufleitung R1 fluidkommunizierend mit einem ersten Ventileingang E1 des Steuerventils der Steuerungseinrichtung 20 verbunden, wobei das über den ersten Eingang E1 der Steuerungseinrichtung zugeführte, über die Rückströmdrossel 31 und den ersten Rücklaufkanal R1  
10 aus dem ersten Druckraum D1 abgeführte Hydraulikmedium durch die Steuerungseinrichtung hindurch über einen der dritten Ventilausgänge A3 und die Drainage 6 aus dem ersten Druckraum der Längenverstelleinrichtung 30 abgeführt werden kann.

Über eine zweite Rückströmdrossel 32 und eine zweiten Rücklaufleitung R2 und einen zweiten Ventileingang E2 kann entsprechend Hydraulikmedium aus dem zweiten Druckraum D2 durch die Steuerungseinrichtung 20 hindurch und über einen der dritten Ventilausgänge A3 und die Drainage 6 abgeführt werden.  
15

Ferner weist die Steuerungseinrichtung 20 ein Rückschlagventil 24 auf, welches bei diesem Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Pleuels 10 in das Steuerventil, insbesondere in den Stellkolben 22, integriert ist, wobei das Rückschlagventil 24 einen Ventilkörper 24A aufweist, welcher mittels einer Ventulfeder 24B, welche sich an einem in den Stellkolben 22 eingeschraubten Endanschlag 24C abstützt, in einem geschlossenen Zustand des Rückschlagventils 24 gegen einen hier nicht näher bezeichneten Ventilsitz gepresst wird. Infolge eines die Rückstellkraft der Ventulfeder 24B übersteigenden Hydraulikdrucks am Ventilkörper 24A auf der Seite des dritten Eingangs E3 kann der Ventilkörper 24A jedoch vom Ventilsitz abgehoben werden und Hydraulikmedium durch das Rückschlagventil 24 über den ersten Ventilausgang A1 oder den zweiten Ventilausgang A2 einen der beiden Druckräume D1 bzw. D2 der Längenverstelleinrichtung 30 zugeführt werden.  
20  
25

Befindet sich die Steuerungseinrichtung 20 dabei in einem Zustand wie in Fig. 2 dargestellt, in welchem ein am Stellkolben 22 anliegender Hydraulikdruck, insbesondere auf der Seite des dritten Eingangs E3, unterhalb eines definierten Hydraulikdrucks liegt, welcher nicht ausreicht, um die von der Rückstellfeder 23 erzeugte Rückstellkraft zu überwinden,  
30

ist die Hydraulikmediumzuleitung 5 über die Steuerungseinrichtung und den ersten Ventilausgang A1 fluidkommunizierend mit dem ersten Druckraum D1 der Längenverstelleinrichtung 30 verbunden, während ein Rücklauf über die erste Rückströmdrossel 31 und den ersten Rücklaufkanal R1 am ersten Ventileingang E1 gesperrt ist. In diesem Betriebszu-  
5 stand befindet sich der Stellkolben 22 in der ersten Stellposition, in welcher ein Ausgang des Rückschlagventils 24 über den ersten Ventilausgang A1 und die erste Ölzuführungsleitung Ö1 fluidkommunizierend mit dem ersten Druckraum D1 verbunden ist (der Mediumfluss erfolgt hier aus dem Inneren des Stellkolbens 22 durch an dessen Außenseite führende Bohrungen, die in eine die äußere Oberfläche umlaufende Nut münden), wäh-  
10 rend gleichzeitig ein Hydraulikmediumrücklauf über die erste Rückströmdrossel 31 und die erste Rücklaufleitung R1 durch den Stellkolben 22 am ersten Ventileingang E1 gesperrt ist.

Gleichzeitig ist ferner ein Hydraulikmediumzulauf in den zweiten Druckraum D2 der Längenverstelleinrichtung 30 am zweiten Ventilausgang A2 gesperrt und der zweite Druck-  
15 raum D2 drainiert, so dass im zweiten Druckraum D2 befindliches Hydraulikmedium über die zweite Rückströmdrossel 32 und den zweiten Rücklaufkanal R2 und dem zweiten Ventileingang E2 durch die Steuerungseinrichtung hindurch (im vorliegenden Fall mittels einer an der Außenseite des Stellkolbens gefertigten umlaufenden Nut) zu einem der dritten Ventilausgänge A3 geführt und über die Drainage 6 abgeleitet werden kann zum Druck-  
20 abbau aus dem zweiten Druckraum D2.

In diesem Steuerungszustand der Steuerungseinrichtung 20 kann nun infolge der bei einer Hubbewegung entstehenden äußeren Kräfte in einem funktionsgemäßen Verwendungszustand des Pleuels 10 in einer Hubkolbenmaschine, insbesondere in einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, der erste Druckraum D1 zunehmend mit Hydraulikmedium gefüllt  
25 werden bis der Hydraulikkolben der Längenverstelleinrichtung 30 bzw. der obere Pleuelstangenabschnitt 1 seinen oberen Anschlag erreicht und die maximale wirksame Pleuelänge L erreicht ist. Dies erfolgt insbesondere jeweils während eines Aufwärtshubs, in welchem infolge der dabei durch die Massekräfte bzw. die Fliehkraft im ersten Druckraum D1 entstehenden Sogwirkung Hydraulikmedium über die Hydraulikmediumzuleitung 5 und  
30 dem dritten Ventileingang E3 durch das Stellelement 22 hindurch angesaugt wird, wobei infolgedessen der Ventilkörper 24A vom Ventilsitz abgehoben wird und somit das Rückschlagventil 24 öffnet und in der Folge über den ersten Ventilausgang A1 Hydraulikmedium in den ersten Druckraum D1 gelangt, während gleichzeitig der zweite Druckraum D2 geleert wird.

Da ein Rücklauf über die erste Rückströmdrossel 31 sowie den ersten Rücklaufkanal R1 gesperrt ist und ein Rücklauf über den ersten Ventilausgang A1 infolge des Rückschlagventils 24 ebenfalls nicht möglich ist, füllt sich der Druckraum D1 zunehmend über mehrere Hübe bis die maximale wirksame Pleuellänge L erreicht ist.

5 Ändert sich nun in der Hubkolbenmaschine, insbesondere in der Hubkolbenbrennkraftmaschine der anliegende Öldruck derart, dass am Stellkolben 22 ein Hydraulikdruck anliegt, mit welchem die von der Rückstellfeder 23 erzeugte Rückstellkraft überwunden werden kann, führt dies in der Folge dazu, dass der Stellkolben 22 von der ersten Stellposition, welche in Fig. 2 dargestellt ist, entlang der Betätigungsachse B nach rechts verschoben  
10 wird (bezogen auf die Darstellung in Fig. 2) in die zweite, nicht dargestellte Stellposition. Dabei erfolgt eine Abstimmung der auf Seiten des dritten Ventileingangs in Richtung der Hydraulikmediumzuleitung 5 weisenden wirksamen Fläche des Stellkolbens 22 mit den durch die Hubkolbenbrennkraftmaschine bereitstellbaren Öldrücke, so dass die beschriebene Verschiebung des Stellkolbens 22 bei Variieren des Öldrucks in der Hubkolben-  
15 brennkraftmaschine sicher und reproduzierbar erreicht wird.

In dieser zweiten Stellposition, welche einen zweiten Steuerungszustand der Steuerungseinrichtung 20 repräsentiert, ist dann der zweite Ölzuführungskanal Ö2 über den zweiten Ventilausgang A2 der Steuerungseinrichtung 20 fluidkommunizierend mit dem dritten Ventileingang E3 mit der Hydraulikmediumzuleitung 5 verbunden und ein Rücklauf aus dem  
20 zweiten Druckraum D2 gesperrt. Das heißt, dass über die zweite Rückströmdrossel 32 und den zweiten Rücklaufkanal R2 kein Hydraulikmedium aus dem zweiten Druckraum D2 abfließen kann. Hingegen ist in der zweiten Stellposition des Stellkolbens 22 der erste Rücklaufkanal R1, über welchen Hydraulikmedium aus dem ersten Druckraum D1 durch die Rückströmdrossel 31 und die Steuerungseinrichtung 20 hindurch über die dritten Ven-  
25 tilausgänge A3 in die Drainage 6 abgeführt werden kann, freigegeben, d.h. drainiert, so dass das Hydraulikmedium aus dem ersten Druckraum D1 zum Druckabbau abgeführt werden kann.

In diesem Zustand wird nun bei jedem Abwärtshub bzw. Einwirken der Feuerkraft im Brennraum eines Zylinders Hydraulikmedium über die Hydraulikmediumzuleitung 5 und  
30 den dritten Ventileingang E3 durch den Stellkolben 22 hindurch über das Rückschlagventil 24, welches in jedem Abwärtshub öffnet, über die zweite Ölzuführungsleitung Ö2 in den zweiten Druckraum D2 angesaugt. Dadurch, dass der Rücklauf aus dem zweiten Druckraum D2 gesperrt ist, füllt sich nun zunehmend mit jedem Arbeitshub, insbesondere mit

jedem Abwärtshub, der zweite Druckraum D2, wobei sich gleichzeitig der erste Druckraum D1 entleert, bis die minimale wirksame Pleuellänge L erreicht ist.

Für eine präzise Steuerung der Längenverstellung, insbesondere um eine Verkürzung oder Verlängerung der wirksamen Pleuellänge L infolge von Leckageeffekten zu vermeiden, die zu einem Hydraulikmediumverlust im jeweiligen Druckraum D1 bzw. D2 führen und infolgedessen mit einer Veränderung der wirksamen Pleuellänge L verbunden sind, ist eine gute Dichtwirkung innerhalb des Pleuels 10, insbesondere im Bereich der zu sperrenden Rücklaufleitungen R1 und R2 erforderlich. Gleichzeitig ist jedoch sicherzustellen, dass der Stellkolben 22 mithilfe des in der Hubkolbenmaschine, insbesondere der Hubkolbenbrennkraftmaschine anliegenden Öldrucks (Motoröldruck) präzise und zuverlässig betätigbar ist. Somit darf einerseits in das Spiel zwischen Stellkolben 22 und hydraulischem Arbeitsraum 21 nicht zu groß sein, da ansonsten die Dichtigkeit nicht ausreichend ist. Andererseits darf das Spiel nicht zu klein bemessen sein um eine zuverlässige hydraulische Betätigung mithilfe des Motoröldrucks zu ermöglichen.

Erfindungsgemäß weisen das hydraulisch betätigbare Stellelement 22 und der hydraulische Arbeitsraum 21 in einem Referenzzustand des Pleuels 10 eine definierte Übermaßpassung zueinander auf, bei diesem Ausführungsbeispiel insbesondere mit einem Übermaß von  $4\mu\text{m}$ , wobei diese Passung bei dem Pleuel 10 derart gewählt ist, dass sich in wenigstens einem Betriebszustand des Pleuels 10 infolge der im Betrieb auf das Pleuel 10, insbesondere auf die Steuerungseinrichtung 20, wirkenden Kräfte zwischen Stellelement 22 und Arbeitsraum 21 eine Übergangspassung oder eine Spielpassung einstellt, so dass das Stellelement 22 in wenigstens einem Betriebszustand des Pleuels 10, insbesondere in vielen Betriebszuständen, hydraulisch betätigbar und im Arbeitsraum 21 entlang der Betätigungsachse B verschiebbar ist zum Umschalten der Steuerungseinrichtung 20 zwischen den zwei Steuerungszuständen zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung 30.

Die Übermaßpassung ist dabei derart in Abhängigkeit von dem in Betrieb auf das Pleuel wirkenden Kräften und Temperaturbelastungen gewählt, dass die im Betrieb auf das Pleuel 10 wirkenden Kräfte und Temperaturbelastungen im Betrieb derart zu einem Aufweiten des hydraulischen Arbeitsraums 21 führen, dass sich ein gerade ausreichendes Spiel zwischen dem Stellkolben 22 und dem hydraulischen Arbeitsraum 21 zum beschädigungsfreien Betätigen der Steuerungseinrichtung 20 einstellt. Dabei spielen insbesondere die während des Betriebs des Pleuels 10 auftretenden Drücke, die größer 1500 bar

sein können, eine entscheidende Rolle, da es zu Verformungen, insbesondere Komprimieren, der Bauteile bzw. Materialien kommt und so die erfindungsgemäßen Passungen vorteilhaft ausgenutzt werden können.

5 Die Passung ist dabei ferner derart gewählt, dass das Stellelement 22 zum Umschalten der Steuerungseinrichtung zwischen den zwei Steuerungszuständen mithilfe eines in der Hubkolbenbrennkraftmaschine anliegenden Öldrucks betätigbar ist, wobei das Stellelement 22 mithilfe des anliegenden Öldrucks zwischen der ersten Stellposition und der zweiten Stellposition entlang der Betätigungsachse B im Stellzylinder 22 verschiebbar ist.

10 Mit einem erfindungsgemäßen Pleuel 10 lässt sich dieser Zielkonflikt in vorteilhafter Weise lösen. Durch die erfindungsgemäße Übermaßpassung im Referenzzustand eines erfindungsgemäßen Pleuels 10 ergibt sich für diverse Betriebszustände, insbesondere in sämtlichen Betriebszuständen, infolge der beim Betrieb des Pleuels 10 auftretenden Aufweitung des hydraulischen Arbeitsraums 21 eine für den Betrieb der Steuerungseinrichtung 20 optimale Passung, insbesondere eine Spielpassung mit einem sehr geringen Spiel, 15 insbesondere mit einem Spiel von weniger als  $4\ \mu\text{m}$ , insbesondere mit einem Spiel von weniger als  $2\ \mu\text{m}$ , so dass einerseits die erforderliche Dichtwirkung erreicht werden kann, andererseits aber auch eine zuverlässige hydraulische Betätigung des Stellkolbens 22 sichergestellt werden kann.

20 Selbstverständlich ist eine Vielzahl von Abwandlungen, insbesondere von konstruktiven Abwandlungen, möglich, ohne den Inhalt der Patentansprüche zu verlassen.

Bezugszeichenliste:

- 1 erster Pleuelstangenabschnitt
- 2 zweiter Pleuelstangenabschnitt
- 3 kleineres Pleuelauge
- 4 größeres Pleuelauge
- 5 Hydraulikmedium-Zuleitung
- 6 Drainage
- 10 erfindungsgemäßes, längenverstellbares Pleuel
- 20 Steuerungseinrichtung
- 21 hydraulischer Arbeitsraum
- 22 Stellelement
- 23 Rückstellfeder
- 24 Rückschlagventil
- 24A Ventilkörper
- 24B Ventulfeder
- 24C Endanschlag
- 25 Verschlusselement
- 26 Ausnehmung
- 30 Längenverstelleinrichtung
- 31 Drossel
- 32 Drossel
  
- A Längsachse des Pleuels
- A1 erster Ventilausgang
- A2 zweiter Ventilausgang
- A3 dritter Ventilausgang
- B Betätigungsachse
- D1 erster Druckraum der Längenverstelleinrichtung
- D2 zweiter Druckraum der Längenverstelleinrichtung
- E1 erster Ventileingang
- E2 zweiter Ventileingang
- E3 dritter Ventileingang
- L wirksame Pleuellänge
- Ö1 Ölzuführungsleitung zum ersten Druckraum
- Ö2 Ölzuführungsleitung zum zweiten Druckraum
- R1 Rücklaufleitung vom ersten Druckraum
- R2 Rücklaufleitung vom zweiten Druckraum

## Patentansprüche

1. Längenverstellbares Pleuel (10) für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, aufweisend:
  - eine Längenverstelleinrichtung (30), mittels welcher eine wirksame Länge (L) des Pleuels (10) einstellbar ist, und
  - eine hydraulisch betätigbare und wenigstens zwischen zwei Steuerungszuständen umschaltbare Steuerungseinrichtung (20) zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung (30),
    - o wobei die Steuerungseinrichtung (20) wenigstens ein hydraulisches Steuerventil aufweist mit wenigstens einem hydraulischen Arbeitsraum (21) und einem im hydraulischen Arbeitsraum (21) aufgenommenen, hydraulisch betätigbaren Stellelement (22),
    - o wobei das hydraulisch betätigbare Stellelement (22) und der hydraulische Arbeitsraum (21) in einem Referenzzustand des Pleuels (10) eine definierte Passung zueinander aufweisen,dadurch gekennzeichnet, dass die definierte Passung zwischen dem Stellelement (22) und dem Arbeitsraum (21) im Referenzzustand des Pleuels (10) eine Übermaßpassung ist.
2. Pleuel (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Pleuel (10) derart ausgebildet ist, insbesondere die Passung zwischen Stellelement (22) und Arbeitsraum (21) derart gewählt ist, dass sich in wenigstens einem Betriebszustand des Pleuels (10) infolge der im Betrieb auf das Pleuel (10), insbesondere auf die Steuerungseinrichtung (20), wirkenden Kräfte zwischen Stellelement (22) und Arbeitsraum (21) eine Übergangspassung oder eine Spielpassung einstellt, so dass das Stellelement (22) in wenigstens einem Betriebszustand des Pleuels (10) hydraulisch betätigbar und im Arbeitsraum (21) entlang einer Betätigungsachse (B) verschiebbar ist zum Umschalten der Steuerungseinrichtung (20) zwischen wenigstens zwei Steuerungszuständen zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung (30).
3. Pleuel (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die sich in wenigstens einem Betriebszustand einstellende Passung derart gewählt ist, dass in dem wenigstens einen Betriebszustand des Pleuels (10) das Stellelement (22) zum Um-

- schalten der Steuerungseinrichtung (20) zwischen den wenigstens zwei Steuerungszuständen zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung (30) mithilfe eines in einer Hubkolbenbrennkraftmaschine anliegenden Öldrucks betätigbar ist, wobei das Stellelement (22) insbesondere mithilfe des anliegenden Öldrucks zwischen der ersten Stellposition und der zweiten Stellposition entlang der Betätigungsachse (B) im Arbeitsraum (21) verschiebbar ist.
4. Pleuel (10) nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Übermaßpassung im Referenzzustand eine Presspassung ist, wobei die Übermaßpassung insbesondere derart gewählt ist, dass das Stellelement (22) im Referenzzustand nicht entlang der Betätigungsachse (B) im Arbeitsraum (21) verschiebbar ist.
  5. Pleuel (10) nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Übermaßpassung zwischen Stellelement (22) und Arbeitsraum (21) derart gewählt ist, dass sich im Referenzzustand ein Übermaß von wenigstens  $2\ \mu\text{m}$ , vorzugsweise von wenigstens  $3\ \mu\text{m}$ , insbesondere von wenigstens  $4\ \mu\text{m}$  einstellt und von höchstens  $10\ \mu\text{m}$ , vorzugsweise von höchstens  $8\ \mu\text{m}$  oder höchstens  $6\ \mu\text{m}$ , insbesondere von höchstens  $4\ \mu\text{m}$ .
  6. Pleuel (10) nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Pleuel (10) einen ersten Pleuelstangenabschnitt (1) und einen zweiten Pleuelstangenabschnitt (2) aufweist, wobei die beiden Pleuelstangenabschnitte (1, 2) zum Verstellen der wirksamen Pleuellänge (L) relativ zueinander bewegbar sind, vorzugsweise entlang einer Längsachse (A) des Pleuels (10), wobei die beiden Pleuelstangenabschnitte (1, 2) insbesondere teleskopartig ineinander schiebbar und/oder teleskopartig auseinander ziehbar sind.
  7. Pleuel (10) nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Pleuel (10) eine Hydraulikmedium-Zuleitung (5) und eine Drainage (6) aufweist.
  8. Pleuel (10) nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Längenverstelleinrichtung (30) einen Hydraulikzylinder mit einem ersten Druckraum (D1) und einem zweiten Druckraum (D2) aufweist, wobei der

erste Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung (30) und der zweite Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung (30) durch einen Hydraulikkolben voneinander getrennt sind, wobei einer der beiden Pleuelstangenabschnitte (2) mit dem Hydraulikzylinder verbunden ist und der andere der beiden Pleuelstangenabschnitte (1) mit dem Hydraulikkolben, wobei vorzugsweise die Hydraulikmedium-Zuleitung (5) und die Drainage (6) des Pleuels (10) jeweils mit dem ersten Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung (30) und/oder dem zweiten Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung fluidkommunizierend verbindbar sind.

9. Pleuel (10) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass im ersten Steuerungszustand der Steuerungseinrichtung (20) und/oder im ersten Schaltzustand des Steuerventils ein Rückfluss von Hydraulikmedium aus dem ersten Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung (30) gesperrt ist und der zweite Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung (30) drainiert ist und im zweiten Steuerungszustand der Steuerungseinrichtung (20) und/oder im zweiten Schaltzustand des Steuerventils ein Rückfluss aus dem zweiten Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung (30) gesperrt ist und der erste Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung drainiert ist.
10. Pleuel (10) nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass in einem ersten Steuerungszustand der Steuerungseinrichtung (20) und/oder im ersten Schaltzustand des Steuerventils die Hydraulikmedium-Zuleitung (5) mit dem ersten Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung (30) fluidkommunizierend verbunden ist und der zweite Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung (30) mit der Drainage (6) und in einem zweiten Steuerungszustand der Steuerungseinrichtung (20) und/oder im zweiten Schaltzustand des Steuerventils die Hydraulikmedium-Zuleitung (5) mit dem zweiten Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung (30) fluidkommunizierend verbunden ist und der erste Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung (30) mit der Drainage (6).

11. Pleuel (10) nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (20), insbesondere das hydraulische Steuerventil, insgesamt wenigstens sechs Hydraulikanschlüsse (E1, E2, E3, A1, A2, A3) aufweist,

wobei vorzugsweise drei der Hydraulikanschlüsse (E1, E2, E3, A1, A2, A3) der Steuerungseinrichtung (20) als Ventileingänge (E1, E2, E3) ausgebildet sind und vorzugsweise drei der Hydraulikanschlüsse (E1, E2, E3, A1, A2, A3) als Ventilausgänge (A1, A2, A3),

wobei vorzugsweise ein erster Ventilausgang (A1) der Steuerungseinrichtung, insbesondere über wenigstens eine Ölzuführungsleitung (Ö1), mit dem ersten Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung (30) fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist, wobei vorzugsweise ein zweiter Ventilausgang (A2) der Steuerungseinrichtung (20), insbesondere über wenigstens eine Ölzuführungsleitung (Ö2), mit dem zweiten Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung (30) fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist, wobei vorzugsweise ein dritter Ventilausgang (A3) der Steuerungseinrichtung (30) mit der Drainage (6) fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist,

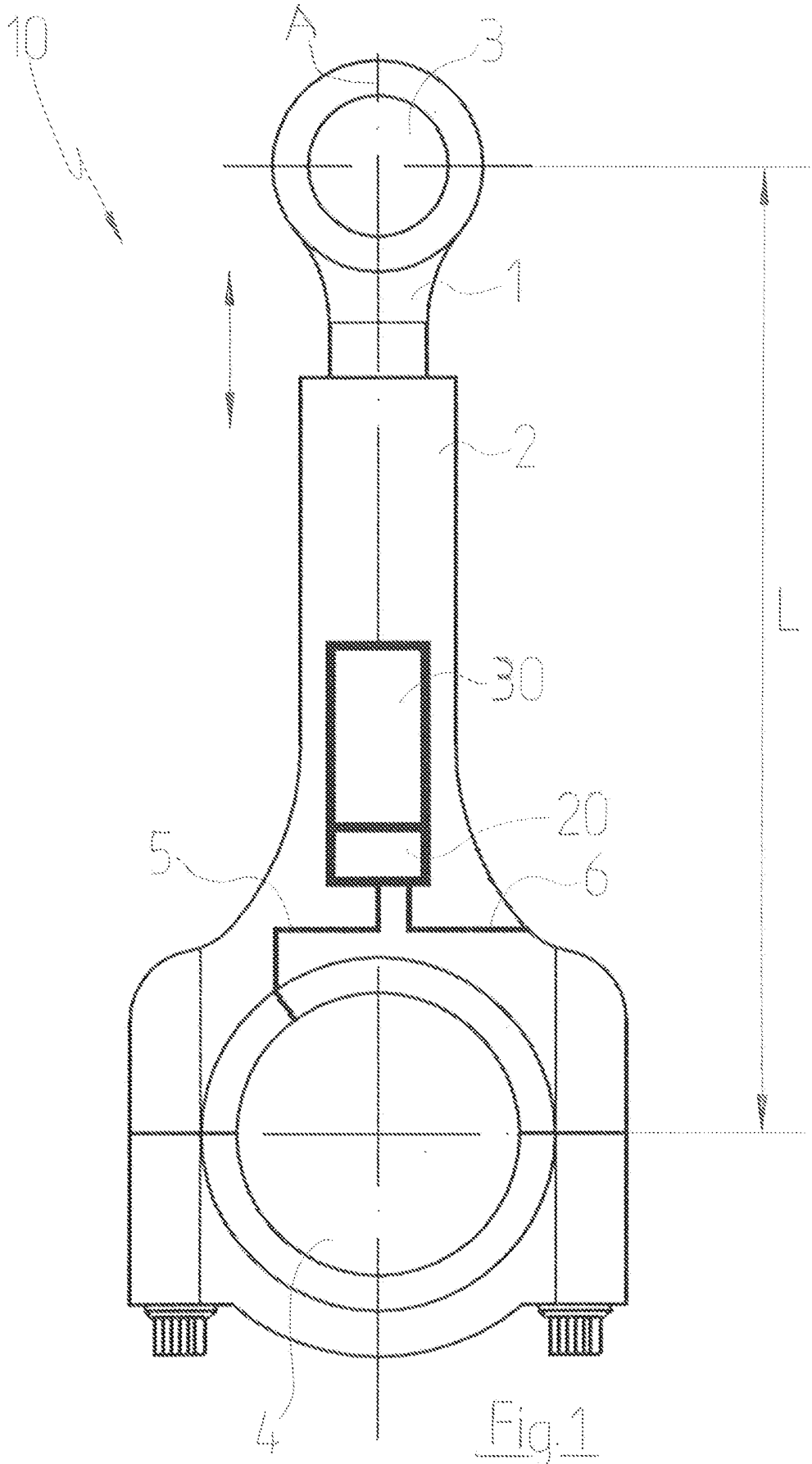
wobei vorzugsweise ein erster Ventileingang (E1) der Steuerungseinrichtung (20), insbesondere über wenigstens eine Rücklaufleitung (R1), mit dem ersten Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung (30) fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist, wobei vorzugsweise ein zweiter Ventileingang (E2) der Steuerungseinrichtung (20), insbesondere über wenigstens eine Rücklaufleitung (R2), mit dem zweiten Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung (30) fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist, und wobei vorzugsweise ein dritter Ventileingang (E3) der Steuerungseinrichtung (20) mit der Hydraulikmedium-Zuleitung (5) fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist.

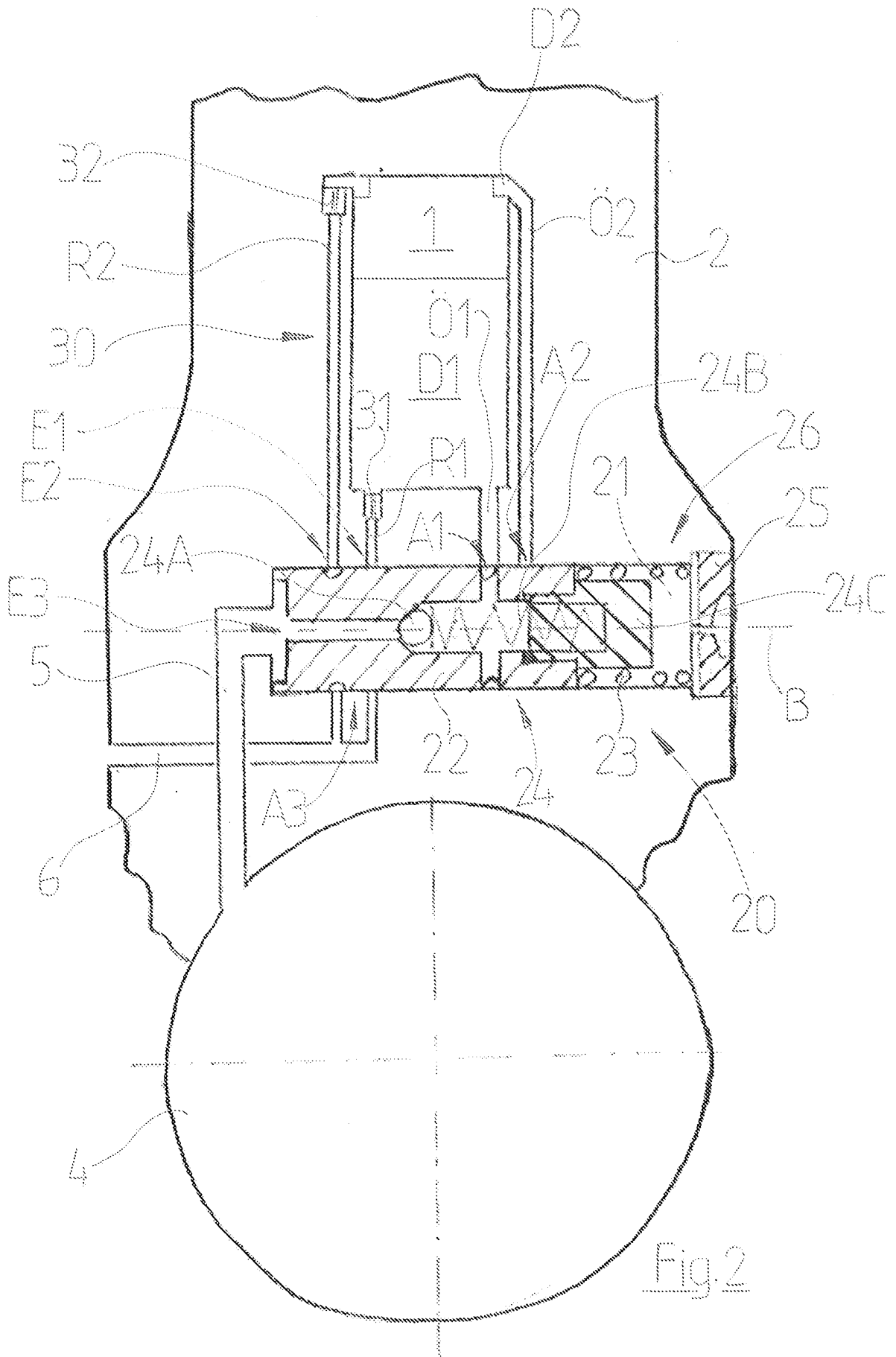
12. Pleuel (10) nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (20) zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung (30) wenigstens ein Rückschlagventil (24) aufweist, wobei vorzugsweise die Hydraulikmedium-Zuleitung (5) über ein Rückschlagventil (24) mit dem ersten Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung (30) und/oder mit dem zweiten Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung (30) fluidkommunizierend ver-

bunden oder verbindbar ist, und wobei insbesondere wenigstens ein Rückschlagventil (24) zumindest teilweise vom Stellelement (22) des hydraulischen Steuerventils aufgenommen ist.

13. Pleuel (10) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Rückschlagventil (24) einen Ventilsitz, einen Ventilkörper (24A) und eine Ventilfeeder (24B) aufweist, wobei der Ventilkörper (24A) mittels der Ventilfeeder (24B) an den Ventilsitz pressbar ist, und wobei der der Ventilkörper (24A) gegen eine Rückstellkraft der Ventilfeeder (24B) vom Ventilsitz abhebbar ist, insbesondere entlang der Betätigungsachse (B), wobei die Ventilfeeder (24B) an ihrer vom Ventilkörper (24A) abgewandten Seite an einem mit dem Stellelement (22) fest verbundenen Endanschlag (24C) abgestützt ist, wobei der Endanschlag (24C) insbesondere mit dem Stellelement (22) verbunden ist, insbesondere in das Stellelement (22) eingeschraubt ist.
14. Hubkolbenmaschine, insbesondere Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit wenigstens einem längenverstellbaren Pleuel (10), dadurch gekennzeichnet, dass das Pleuel (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 13 ausgebildet ist.
15. Fahrzeug mit einer Hubkolbenmaschine, insbesondere mit einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubkolbenmaschine nach Anspruch 14 ausgebildet ist.

1/2





## Patentansprüche

1. Längenverstellbares Pleuel (10) für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, aufweisend:
  - eine Längenverstelleinrichtung (30), mittels welcher eine wirksame Länge (L) des Pleuels (10) einstellbar ist, und
  - eine hydraulisch betätigbare und wenigstens zwischen zwei Steuerungszuständen umschaltbare Steuerungseinrichtung (20) zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung (30),
    - o wobei die Steuerungseinrichtung (20) wenigstens ein hydraulisches Steuerventil aufweist mit wenigstens einem hydraulischen Arbeitsraum (21) und einem im hydraulischen Arbeitsraum (21) aufgenommenen, hydraulisch betätigbaren Stellelement (22),
    - o wobei das hydraulisch betätigbare Stellelement (22) und der hydraulische Arbeitsraum (21) in einem Referenzzustand des Pleuels (10) eine definierte Passung zueinander aufweisen,dadurch gekennzeichnet, dass die definierte Passung zwischen einer Außenkontur des Stellelements (22) und einer Innenkontur des Arbeitsraums (21) im Referenzzustand des Pleuels (10) eine Übermaßpassung ist.
2. Pleuel (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Pleuel (10) derart ausgebildet ist, insbesondere die Passung zwischen der Außenkontur des Stellelements (22) und der Innenkontur des Arbeitsraums (21) derart gewählt ist, dass sich in wenigstens einem Betriebszustand des Pleuels (10) infolge der im Betrieb auf das Pleuel (10), insbesondere auf die Steuerungseinrichtung (20), wirkenden Kräfte zwischen Stellelement (22) und Arbeitsraum (21) eine Übergangspassung oder eine Spielpassung einstellt, so dass das Stellelement (22) in wenigstens einem Betriebszustand des Pleuels (10) hydraulisch betätigbar und im Arbeitsraum (21) entlang einer Betätigungsachse (B) verschiebbar ist zum Umschalten der Steuerungseinrichtung (20) zwischen wenigstens zwei Steuerungszuständen zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung (30).

3. Pleuel (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die sich in wenigstens einem Betriebszustand einstellende Passung derart gewählt ist, dass in dem wenigstens einen Betriebszustand des Pleuels (10) das Stellelement (22) zum Umschalten der Steuerungseinrichtung (20) zwischen den wenigstens zwei Steuerungszuständen zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung (30) mithilfe eines in einer Hubkolbenbrennkraftmaschine anliegenden Öldrucks betätigbar ist, wobei das Stellelement (22) insbesondere mithilfe des anliegenden Öldrucks zwischen der ersten Stellposition und der zweiten Stellposition entlang der Betätigungsachse (B) im Arbeitsraum (21) verschiebbar ist.
4. Pleuel (10) nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Übermaßpassung im Referenzzustand derart gewählt ist, dass das Stellelement (22) im Referenzzustand nicht entlang der Betätigungsachse (B) im Arbeitsraum (21) verschiebbar ist.
5. Pleuel (10) nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Übermaßpassung zwischen der Außenkontur des Stellelements (22) und der Innenkontur des Arbeitsraums (21) derart gewählt ist, dass sich im Referenzzustand ein Übermaß von wenigstens 2  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise von wenigstens 3  $\mu\text{m}$ , insbesondere von wenigstens 4  $\mu\text{m}$  einstellt und von höchstens 10  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise von höchstens 8  $\mu\text{m}$  oder höchstens 6  $\mu\text{m}$ , insbesondere von höchstens 4  $\mu\text{m}$ .
6. Pleuel (10) nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Pleuel (10) einen ersten Pleuelstangenabschnitt (1) und einen zweiten Pleuelstangenabschnitt (2) aufweist, wobei die beiden Pleuelstangenabschnitte (1, 2) zum Verstellen der wirksamen Pleuellänge (L) relativ zueinander bewegbar sind, vorzugsweise entlang einer Längsachse (A) des Pleuels (10), wobei die beiden Pleuelstangenabschnitte (1, 2) insbesondere teleskopartig ineinander schiebbar und/oder teleskopartig auseinander ziehbar sind.
7. Pleuel (10) nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Pleuel (10) eine Hydraulikmedium-Zuleitung (5) und eine Drainage (6) aufweist.

8. Pleuel (10) nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Längenverstelleinrichtung (30) einen Hydraulikzylinder mit einem ersten Druckraum (D1) und einem zweiten Druckraum (D2) aufweist, wobei der erste Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung (30) und der zweite Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung (30) durch einen Hydraulikkolben voneinander getrennt sind, wobei einer der beiden Pleuelstangenabschnitte (2) mit dem Hydraulikzylinder verbunden ist und der andere der beiden Pleuelstangenabschnitte (1) mit dem Hydraulikkolben, wobei vorzugsweise die Hydraulikmedium-Zuleitung (5) und die Drainage (6) des Pleuels (10) jeweils mit dem ersten Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung (30) und/oder dem zweiten Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung fluidkommunizierend verbindbar sind.
9. Pleuel (10) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass im ersten Steuerungs-  
zustand der Steuerungseinrichtung (20) und im ersten Schaltzustand des Steuerventils ein Rückfluss von Hydraulikmedium aus dem ersten Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung (30) gesperrt ist und der zweite Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung (30) drainiert ist und im zweiten Steuerungs-  
zustand der Steuerungseinrichtung (20) und im zweiten Schaltzustand des Steuerventils ein Rückfluss aus dem zweiten Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung (30) gesperrt ist und der erste Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung drainiert ist.
10. Pleuel (10) nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass in einem ersten Steuerungs-  
zustand der Steuerungseinrichtung (20) und im ersten Schaltzustand des Steuerventils die Hydraulikmedium-Zuleitung (5) mit dem ersten Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung (30) fluidkommunizierend verbunden ist und der zweite Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung (30) mit der Drainage (6) und im zweiten Steuerungs-  
zustand der Steuerungseinrichtung (20) und im zweiten Schaltzustand des Steuerventils die Hydraulikmedium-Zuleitung (5) mit dem zweiten Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung (30) fluidkommunizierend verbunden ist und der erste Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung (30) mit der Drainage (6).

11. Pleuel (10) nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (20), insbesondere das hydraulische Steuerventil, insgesamt wenigstens sechs Hydraulikanschlüsse (E1, E2, E3, A1, A2, A3) aufweist,  
  
wobei vorzugsweise drei der Hydraulikanschlüsse (E1, E2, E3, A1, A2, A3) der Steuerungseinrichtung (20) als Ventileingänge (E1, E2, E3) ausgebildet sind und vorzugsweise drei der Hydraulikanschlüsse (E1, E2, E3, A1, A2, A3) als Ventilausgänge (A1, A2, A3).
12. Pleuel (10) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Ventilausgang (A1) der Steuerungseinrichtung, insbesondere über wenigstens eine Ölzuführungsleitung (Ö1), mit dem ersten Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung (30) fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist, und/oder ein zweiter Ventilausgang (A2) der Steuerungseinrichtung (20), insbesondere über wenigstens eine Ölzuführungsleitung (Ö2), mit dem zweiten Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung (30) fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist, und/oder ein dritter Ventilausgang (A3) der Steuerungseinrichtung (30) mit der Drainage (6) fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist.
13. Pleuel (10) nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Ventileingang (E1) der Steuerungseinrichtung (20), insbesondere über wenigstens eine Rücklaufleitung (R1), mit dem ersten Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung (30) fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist, wobei vorzugsweise ein zweiter Ventileingang (E2) der Steuerungseinrichtung (20), insbesondere über wenigstens eine Rücklaufleitung (R2), mit dem zweiten Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung (30) fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist, und wobei vorzugsweise ein dritter Ventileingang (E3) der Steuerungseinrichtung (20) mit der Hydraulikmedium-Zuleitung (5) fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist.
14. Pleuel (10) nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (20) zur Steuerung der Längenverstelleinrichtung (30) wenigstens ein Rückschlagventil (24) aufweist.
15. Pleuel nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass eine Hydraulikmedium-Zuleitung (5) des Pleuels (10) über ein Rückschlagventil (24) mit

dem ersten Druckraum (D1) der Längenverstelleinrichtung (30) und mit dem zweiten Druckraum (D2) der Längenverstelleinrichtung (30) fluidkommunizierend verbunden oder verbindbar ist, wobei das Rückschlagventil (24) zumindest teilweise vom Stellelement (22) des hydraulischen Steuerventils aufgenommen ist.

16. Pleuel (10) nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Rückschlagventil (24) einen Ventilsitz, einen Ventilkörper (24A) und eine Ventilfeeder (24B) aufweist, wobei der Ventilkörper (24A) mittels der Ventilfeeder (24B) an den Ventilsitz pressbar ist, und wobei der Ventilkörper (24A) gegen eine Rückstellkraft der Ventilfeeder (24B) vom Ventilsitz abhebbar ist, insbesondere entlang der Betätigungsachse (B), wobei die Ventilfeeder (24B) an ihrer vom Ventilkörper (24A) abgewandten Seite an einem mit dem Stellelement (22) fest verbundenen Endanschlag (24C) abgestützt ist, wobei der Endanschlag (24C) insbesondere mit dem Stellelement (22) verbunden ist, insbesondere in das Stellelement (22) eingeschraubt ist.
17. Hubkolbenmaschine, insbesondere Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit wenigstens einem längenverstellbaren Pleuel (10), dadurch gekennzeichnet, dass das Pleuel (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 16 ausgebildet ist.
18. Fahrzeug mit einer Hubkolbenmaschine, insbesondere mit einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubkolbenmaschine nach Anspruch 17 ausgebildet ist.