

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50877/2018 (51) Int. Cl.: **F02B 75/04** (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 08.10.2018 **F16C 7/06** (2006.01)  
(43) Veröffentlicht am: 15.02.2020 **F02D 15/02** (2006.01)  
**F16K 31/44** (2006.01)  
**F16K 31/524** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
AT 519932 A2  
WO 2016203047 A1

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

(72) Erfinder:  
Rath Martin Dipl.Ing.  
8045 Graz (AT)  
Lösch Siegfried Dr.  
8051 Graz (AT)  
Gallob Christian Ing.  
8750 Judenburg (AT)  
Landfahrer Klaus Dr.  
8020 Graz (AT)

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

(54) **Längenverstellbares Pleuel, Hubkolbenmaschine sowie Fahrzeug**

(57) Die Erfindung betrifft ein längenverstellbares Pleuel für eine Hubkolbenmaschine, eine Hubkolbenmaschine und ein Fahrzeug, wobei eine wirksame Pleuellänge des Pleuels veränderbar ist und das Pleuel hydraulische Längenverstelleinrichtung aufweist, die einen hydraulischen Arbeitsraum, einen Hydraulikkanal (11B) eine Ventilausnehmung mit einer Ventilausnehmungs-Längsachse (L2), und eine in der Ventilausnehmung angeordnete Ventileinrichtung (14B) mit einem Ventilraum (31B) aufweist, wobei die Ventileinrichtung (14B) zum Öffnen und/oder Sperren eines Hydraulikmediumabflusses aus dem hydraulischen Arbeitsraum ausgebildet ist, und wobei der Hydraulikkanal (11B) an einer Einmündungsöffnung in einem Innenwandabschnitt (27B) der Ventilausnehmung in die Ventilausnehmung einmündet. Dabei weist die Ventileinrichtung (14B) wenigstens einen, der Einmündungsöffnung gegenüberliegenden, geschlossenen Außenwandabschnitt (25B) auf, der den Ventilraum (31B) der Ventileinrichtung (14B) zumindest teilweise umgibt, wobei der geschlossen ausgebildete Außenwandabschnitt (25B) der Ventileinrichtung (14B) zusammen mit dem die Einmündungsöffnung

umgebenden Innenwandabschnitt (27B) der Ventilausnehmung einen Strömungskanal ausbildet, wobei der Strömungskanal dazu konfiguriert ist, aus dem Hydraulikkanal (11B) mit einer ersten Strömungsrichtung (S1) austretendes und in die Ventilausnehmung eintretendes Hydraulikmedium vor dem Eintritt in den Ventilraum (31B) der Ventileinrichtung (14B) zumindest teilweise in eine von der ersten Strömungsrichtung verschiedene zweite Strömungsrichtung (S2) umzulenken.

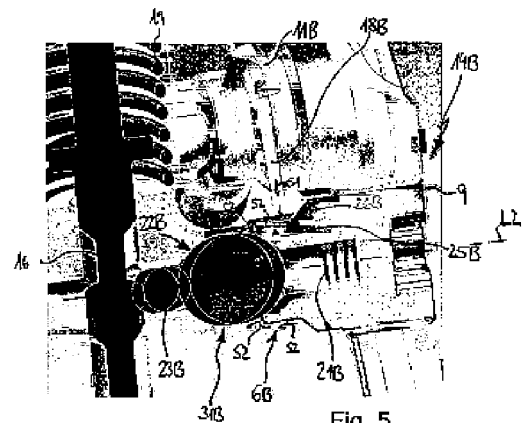


Fig. 5

### Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein längenverstellbares Pleuel für eine Hubkolbenmaschine, eine Hubkolbenmaschine und ein Fahrzeug, wobei eine wirksame Pleuellänge des Pleuels veränderbar ist und das Pleuel hydraulische Längenverstelleinrichtung aufweist, die einen hydraulischen Arbeitsraum, einen Hydraulikkanal (11B) eine Ventilausnehmung mit einer Ventilausnehmungs-Längsachse (L2), und eine in der Ventilausnehmung angeordnete Ventileinrichtung (14B) mit einem Ventilraum (31B) aufweist, wobei die Ventileinrichtung (14B) zum Öffnen und/oder Sperren eines Hydraulikmediumabflusses aus dem hydraulischen Arbeitsraum ausgebildet ist, und wobei der Hydraulikkanal (11B) an einer Einmündungsöffnung in einem Innenwandabschnitt (27B) der Ventilausnehmung in die Ventilausnehmung einmündet. Dabei weist die Ventileinrichtung (14B) wenigstens einen, der Einmündungsöffnung gegenüberliegenden, geschlossenen Außenwandabschnitt (25B) auf, der den Ventilraum (31B) der Ventileinrichtung (14B) zumindest teilweise umgibt, wobei der geschlossen ausgebildete Außenwandabschnitt (25B) der Ventileinrichtung (14B) zusammen mit dem die Einmündungsöffnung umgebenden Innenwandabschnitt (27B) der Ventilausnehmung einen Strömungskanal ausbildet, wobei der Strömungskanal dazu konfiguriert ist, aus dem Hydraulikkanal (11B) mit einer ersten Strömungsrichtung (S1) austretendes und in die Ventilausnehmung eintretendes Hydraulikmedium vor dem Eintritt in den Ventilraum (31B) der Ventileinrichtung (14B) zumindest teilweise in eine von der ersten Strömungsrichtung verschiedene zweite Strömungsrichtung (S2) umzulenken.

Fig. 5

## **Längenverstellbares Pleuel, Hubkolbenmaschine sowie Fahrzeug**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein längenverstellbares Pleuel für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, wobei eine wirksame Pleuellänge des Pleuels veränderbar ist. Zur Veränderung der wirksamen Pleuellänge weist das Pleuel eine hydraulische Längenverstelleinrichtung auf, die wenigstens einen hydraulischen Arbeitsraum, wenigstens einen Hydraulikkanal zum Abführen von Hydraulikmedium aus dem hydraulischen Arbeitsraum, wenigstens eine Ventilausnehmung mit einer Ventilausnehmungs-Längsachse, und eine in der Ventilausnehmung angeordnete Ventileinrichtung mit einem Ventilraum aufweist. Dabei ist die Ventileinrichtung zum Öffnen und/oder Sperren eines Hydraulikmediumabflusses aus dem hydraulischen Arbeitsraum ausgebildet. Der Hydraulikkanal ist in einem Strömungsweg zwischen der Ventileinrichtung und dem hydraulischen Arbeitsraum angeordnet und mündet mit einem ersten Ende an einer Einmündungsöffnung in einem Innenwandabschnitt der Ventilausnehmung in die Ventilausnehmung ein.

Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Hubkolbenmaschine mit einem solchen Pleuel sowie ein Fahrzeug mit einer solchen Hubkolbenmaschine.

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 verschiedene Maßnahmen aus dem Stand der Technik allgemein bekannt. Eine dieser Maßnahmen besteht beispielsweise darin, die absoluten Positionen der oberen und unteren Totpunkte eines zyklisch auf- und ab bewegbaren Kolbens in einem Zylinder der Hubkolbenbrennkraftmaschine zu variieren, indem eine wirksame Länge eines Pleuels, welche 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 Pleuelwelle drehbar ist, und einer zweiten Drehachse, um welche das Pleuel vorzugsweise mit seinem kleinen Pleuel um einen Pleuelbolzen drehbar ist, entsprechend geändert wird.

- 2 -

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

Aus der WO 2016/203047 A1 ist beispielsweise eine hydraulische Längenverstelleinrichtung mit relativ zueinander verschiebbaren, insbesondere teleskopartig ineinander- bzw. auseinanderschiebbaren, Pleuelteilen bekannt, wobei die zugehörige Längenverstelleinrichtung üblicherweise ein oder mehrere Hydraulikkammern aufweist, welche je nach gewünschter Pleuellänge mit einem Hydraulikmedium gefüllt oder drainiert werden können. Mithilfe einer oder mehrerer Steuerventile und ein oder mehrerer Rückschlagventile, kann der Hydraulikfluss zu und aus den Hydraulikkammern gesteuert werden und damit die Längenverstellung. Die Steuereinrichtung weist dabei einen ersten und einen zweiten Ventilraum auf in denen jeweils ein, in einem geschlossenen Zustand mittels einer Feder gegen einen Ventilsitz gepresster Ventilkörper angeordnet ist, wobei die Ventilräume jeweils mit einem der Hydraulikkanäle strömungsverbunden sind. Jeweils einer von den in den Ventilräumen angeordneten Ventilkörpern, die durch die Rückstellkraft der Feder gegen den Ventilsitz gepresst werden können und miteinander über eine verschiebbare Verbindungseinrichtung wirkverbunden sind, kann von der Verbindungseinrichtung gegen die Rückstellkraft einer Ventilfeeder von dem Ventilsitz abgehoben werden und damit den jeweiligen Ventilraum mit dem Hydraulikmediumversorgungs kanal strömungsverbinden, während der andere Ventilkörper die Strömungsverbindung zum Hydraulikmediumversorgungs kanal sperrt, wodurch die Längenverstellung, insbesondere ein Hydraulikmediumzufluss und -abfluss in die Hydraulikkammern der Längenverstelleinrichtung hinein und aus diesen heraus, gesteuert werden kann.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein alternatives, insbesondere ein verbessertes, hydraulisch längenverstellbares Pleuel bereitzustellen, vorzugsweise ein längenverstellbares Pleuel, mit welchem im Vergleich zu den vorbeschriebenen, aus dem Stand der Technik bekannten Pleueln, zumindest in einigen Fällen insbesondere eine während eines Betriebs in einer Hubkolbenmaschine auf die einzelnen Bauteile der Längenverstelleinrichtung wirkende Belastungen zumindest für einzelne Bauteile reduziert werden können und infolgedessen insbesondere eine Lebensdauer, erhöht werden kann.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein längenverstellbares Pleuel, durch eine Hubkolbenmaschine mit einem solchen Pleuel sowie durch ein Fahrzeug mit einer solchen Hubkolbenmaschine gemäß den unabhängigen Ansprüchen.

Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft ein längenverstellbares Pleuel für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, wobei eine wirksame Pleuellänge des Pleuels veränderbar ist, insbesondere einstellbar ist, wobei das Pleuel zur Veränderung der wirksamen Pleuellänge eine hydraulische Längenverstelleinrichtung aufweist, die wenigstens einen hydraulischen Arbeitsraum, wenigstens einen Hydraulikkanal zum Abführen von Hydraulikmedium aus dem hydraulischen Arbeitsraum, wenigstens eine Ventilausnehmung mit einer Ventilausnehmungs-Längsachse, und eine in der Ventilausnehmung angeordnete Ventileinrichtung mit einem Ventilraum aufweist, wobei die Ventileinrichtung zum Öffnen und/oder Sperren eines Hydraulikmediumabflusses aus dem hydraulischen Arbeitsraum ausgebildet ist, und wobei der Hydraulikkanal in einem Strömungsweg zwischen der Ventileinrichtung und dem hydraulischen Arbeitsraum angeordnet ist und mit einem ersten Ende an einer Einmündungsöffnung in einem Innenwandabschnitt der Ventilausnehmung in die Ventilausnehmung einmündet.

Erfindungsgemäß weist die Ventileinrichtung wenigstens einen, der Einmündungsöffnung gegenüberliegenden Außenwandabschnitt auf, der wenigstens in einem Bereich gegenüber von der Einmündungsöffnung geschlossen ausgebildet ist, d.h. keine Durchgangsöffnungen aufweist, und den Ventilraum der Ventileinrichtung zumindest teilweise umgibt und insbesondere keine Durchgangsöffnungen ins Innere des Ventilraums aufweist, wobei der geschlossen ausgebildete Außenwandabschnitt der Ventileinrichtung zusammen mit dem die Einmündungsöffnung umgebenden Innenwandabschnitt der Ventilausnehmung einen Strömungskanal ausbildet, wobei der Strömungskanal dazu konfiguriert ist, aus dem Hydraulikkanal mit einer ersten Strömungsrichtung austretendes und in die Ventilausnehmung eintretendes Hydraulikmedium vor dem Eintritt in den Ventilraum der Ventileinrichtung zumindest teilweise in eine von der ersten Strömungsrichtung verschiedene zweite Strömungsrichtung umzulenken.

Mittels des geschlossenen Außenwandabschnitts, der den Ventilraum zumindest teilweise umgibt, lässt sich verhindern, dass aus dem hydraulischen Arbeitsraum abfließendes Hydraulikmedium direkt in den Ventilraum eintritt. Dadurch können im Ventilraum angeordnete Bauteile, wie beispielsweise Ventilkörper oder Ventildedern, vor  
5 Beschädigungen durch das Hydraulikmedium geschützt werden, welches infolge der hohen Arbeitsdrücke, die im zugehörigen hydraulischen Arbeitsraum auftreten können und über 3.000 bar betragen können, beim Öffnen der Ventileinrichtung mit hoher Strömungsgeschwindigkeit durch den Hydraulikkanal fließt, insbesondere „schießt“, und infolgedessen mit einem starken Impuls auf die Ventileinrichtung trifft. Dadurch kann es  
10 ohne die erfindungsgemäße Umlenkung des Hydraulikmediums insbesondere zu Kavitationseffekten kommen, welche zu einer Beschädigung der Bauteiloberflächen führen können und infolgedessen zu einer mechanischen Schwächung und letztendlich zum Versagen.

Durch den der Einmündungsöffnung gegenüberliegenden, geschlossenen  
15 Außenwandabschnitt, der wie ein Schild wirkt, kann auf einfache Weise ein unmittelbarer Eintritt des Hydraulikmediums in den Ventilraum mit hoher Strömungsgeschwindigkeit und/oder mit hohem Druck in den Ventilraum verhindert werden und die im Ventilraum angeordneten Bauteile können geschützt werden. Dadurch lässt sich die mechanische Belastung dieser Bauteile reduzieren und in einigen Fällen ihre Lebensdauer erhöhen.

20 Durch das Umlenken der Strömung lässt sich bei einer entsprechenden Ausgestaltung der Umlenkung eine Drosselung erreichen und Strömungsenergie abbauen, insbesondere eine Strömungsgeschwindigkeit reduzieren. Dadurch kann die Gefahr von Kavitation reduziert werden.

Darüber hinaus lässt sich durch die Umlenkung, insbesondere durch eine gezielte  
25 Umlenkung, auf einfache Art und Weise eine vorteilhafte, insbesondere einfache, Strömungsführung für einen insbesondere vorteilhaften Eintritt des Hydraulikmediums in den Ventilraum erreichen.

Um eine Beschädigung des geschlossenen Außenwandabschnitts zu vermeiden, kann es in einigen Fällen vorteilhaft sein, wenn der Außenwandabschnitt wenigstens eine  
30 gehärtete Oberfläche oder eine entsprechend geeignete Beschichtung, beispielsweise

eine Verschleißschicht oder dergleichen, aufweist, beispielsweise eine PVD- oder CVD-Beschichtung.

Ferner kann der geschlossenen Außenwandabschnitt für eine vorteilhafte Strömungsbeeinflussung eine zu diesem Zweck vorteilhafte Oberflächenstruktur und/oder  
5 entsprechend geeignete Strömungsbeeinflussungselemente aufweisen, wobei in den meisten Fällen eine insbesondere eine Strömungsenergie minimierende, insbesondere reibungserzeugende und/oder richtungsändernde, Oberflächenstruktur und/oder entsprechend wirkende Strömungsbeeinflussungselemente als vorteilhaft angesehen werden können.

10 In einigen Fällen kann auch die Beschichtung des geschlossenen Außenwandabschnitts mit einer reibungserhöhenden Beschichtung vorteilhaft sein. Die Beschichtung sollte jedoch nicht durch das Hydraulikmedium abgetragen werden können, da in einer vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels ein Hydraulikkreislauf der hydraulischen Längenverstellung mit einem Ölkreislauf einer zugehörigen  
15 Hubkolbenmaschine fluidverbindbar ist bzw. bei einer erfindungsgemäßen Hubkolbenmaschine fluidverbunden ist. Dabei könnten abgetragene Partikel der Beschichtung zu einer Beschädigung der Hubkolbenmaschine führen.

Wenigstens eine Ventilausnehmung eines erfindungsgemäßen Pleuels kann als sackloch-  
20 artige Ausnehmung oder Sackloch gefertigt sein, insbesondere mit einer Ventilausnehmungsöffnung an einer Seite in Längsrichtung der Ventilausnehmung, insbesondere als Ventilausnehmung, die wenigstens einen Abschnitt mit einem Innengewinde aufweist, insbesondere mit einem an die Ventilausnehmungsöffnung angrenzenden Innengewinde. Dies erfordert nur an einer Seite ein Sichern der Ventileinrichtung gegen ein Herausfallen aus der Ventilausnehmung und ermöglicht insbesondere die Verwendung einer Schraube,  
25 insbesondere einer Verschlusschraube als Sicherungsmittel. In einigen Fällen ist es vorteilhaft, wenn wenigstens eine Ventileinrichtung als vormontierte Baugruppe in die zugehörige Ventilausnehmung eingebracht werden kann.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung kann der Strömungskanal dazu konfiguriert sein, das  
30 Hydraulikmedium in eine zweite Strömungsrichtung umzulenken, die parallel zur Ventilausnehmungs-Längsachse der Ventilausnehmung verläuft. Dadurch lässt sich ein

5 besonders vorteilhaftes Umlenken und im weiteren Verlauf ein besonders vorteilhaftes Einleiten des Hydraulikmediums in den Ventilraum erreichen, insbesondere ein Einleiten in den Ventilraum, welches zu besonders geringer Kavitation und damit zu einer besonders geringen Bauteilbelastung führt, und dass insbesondere bei einem gleichzeitig  
weiterhin ausreichenden Hydraulikmediumabfluss aus dem zugehörigen hydraulischen Arbeitsraum.

10 In einer Weiterbildung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung ist der Strömungskanal insbesondere dazu konfiguriert, eine Strömungsgeschwindigkeit eines aus dem Hydraulikkanal austretenden und in die Ventilausnehmung eintretenden Hydraulikmediums vor dem Eintritt in den Ventilraum der Ventileinrichtung zu reduzieren. Dadurch kann die Gefahr von Kavitation und somit die Gefahr von Beschädigungen der Ventileinrichtung, insbesondere der im Ventilraum angeordneten Bauteile, verringert werden und in vielen Fällen die Lebensdauer dieser Bauteile erhöht werden.

15 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung kann, insbesondere zusätzlich, in einem an die Ventilausnehmung angrenzenden Hydraulikkanalabschnitt eine Drossel angeordnet sein oder dieser Hydraulikkanalabschnitt als Drossel ausgebildet sein. Dazu kann der Hydraulikkanal beispielsweise einen insbesondere gegenüber einem vorherigen,  
20 insbesondere angrenzenden, Hydraulikkanalabschnitt reduzierten Durchflussquerschnitt aufweisen, beispielsweise einen auf 50% oder weniger eines vorherigen Durchflussquerschnitts reduzierten Durchflussquerschnitt, oder einen auf 25% oder weniger eines vorherigen Durchflussquerschnitts reduzierten Durchflussquerschnitt oder unmittelbar an die Einmündungsöffnung angrenzt.

25 Dadurch kann die Strömungsgeschwindigkeit des Hydraulikmediums bereits vor dem Eintritt in die Ventilausnehmung, d.h. vor der Einmündungsöffnung und vor dem Auftreffen auf den geschlossenen Wandabschnitt, reduziert werden. In einigen Fällen kann es vorteilhaft sein, wenn die Drossel erst kurz vor der Einmündungsöffnung im Hydraulikkanal angeordnet ist.

30 Für eine möglichst hohe Strömungsgeschwindigkeitsreduktion ist der Strömungskanal insbesondere derart konfiguriert, dass aus dem Hydraulikkanal mit der ersten

Strömungsrichtung austretendes und in die Ventilausnehmung eintretendes Hydraulikmedium vor dem Eintritt in den Ventilraum der Ventileinrichtung um wenigstens 50°, vorzugsweise um wenigstens 60°, 70°, 80° oder 85° umgelenkt wird, insbesondere jedoch höchstens um 90°, 100°, 120°, 150° oder 180°.

- 5 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung kann der Hydraulikkanal über eine umfangsseitige Wand der Ventilausnehmung in die Ventilausnehmung einmünden, wobei der Hydraulikkanal vorzugsweise mit einem Winkel von wenigstens 30°, 45°, 60°, 70°, 80° oder 85° zur Ventilausnehmungs-Längsachse der Ventilausnehmung, insbesondere jedoch höchstens  
10 mit einem Winkel von 90° und damit senkrecht zur Ventilausnehmungs-Längsachse der Ventilausnehmung, in die Ventilausnehmung einmündet.

In einigen Fällen kann es vorteilhaft sein, wenn der Hydraulikkanal insbesondere mit dem an die Ventilausnehmung angrenzenden Abschnitt des Hydraulikkanals in radialer Richtung zur Ventilausnehmungs-Längsachse einmündet.

- 15 Dadurch kann bei entsprechender Ausgestaltung der übrigen Komponenten der Ventileinrichtung erreicht werden, dass das Hydraulikmedium senkrecht auf den geschlossenen Außenwandabschnitt auftrifft, wodurch eine besonders hohe Reduktion der Strömungsgeschwindigkeit und damit eine besonders gute Reduzierung der Kavitationsgefahr erreicht werden kann. Einer möglichen Beschädigung des  
20 geschlossenen Außenwandabschnitts kann auf einfache Art und Weise durch eine entsprechende Verschleißschuttschicht oder dergleichen entgegengewirkt werden.

- In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung kann der Hydraulikkanal derart in die Ventilausnehmung einmünden, dass eine Hydraulikkanal-Längsachse eines an die Ventilausnehmung  
25 angrenzenden Hydraulikkanalabschnitts die Ventilausnehmungs-Längsachse der Ventilausnehmung schneidet, wobei die Hydraulikkanal-Längsachse des an die Ventilausnehmung angrenzenden Hydraulikkanalabschnitts insbesondere mit der Ventilausnehmungs-Längsachse in einer gemeinsamen Längsmittelleben der Ventilausnehmung liegt.

Durch ein derartiges, insbesondere mittiges Einmünden des Hydraulikkanals in die Ventilausnehmung kann ein besonders vorteilhaftes Strömungsverhalten des Hydraulikmediums erreicht werden. Insbesondere kann das Erzeugen von Wirbeln bzw. eines Dralls vermieden werden. Es ist vorteilhaft, wenn das Hydraulikmedium nicht mit  
5 einem Drall in den Ventilraum eintritt, da dies zu negativen Effekten, insbesondere zu einer negativen Beeinflussung der Bauteile der Ventileinrichtung führen kann. Dies kann beispielsweise zu einer unerwünschten Rotation des Ventilkörpers und damit zu einem nicht präzisen Ventilhub führen.

In einigen Anwendungsfällen, insbesondere wenn für ein mittiges Einmünden kein  
10 ausreichender Bauraum zur Verfügung steht, kann es jedoch vorteilhafter sein, wenn der Hydraulikkanal außermittig in die Ventilausnehmung mündet und damit versetzt, insbesondere exzentrisch zur Ventilausnehmungs-Längsachse. Falls erforderlich, können insbesondere in diesem Fall, zusätzliche Strömungsbeeinflussungselemente vorgesehen werden, mit welchen die durch die außermittige Einmündung eventuell unerwünschten  
15 Strömungseffekte reduziert oder ausgeglichen werden können.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung kann der geschlossen ausgebildete Außenabschnitt der Ventileinrichtung, der den Ventilraum der Ventileinrichtung zumindest teilweise umgibt, bezogen auf die Ventilausnehmungs-Längsachse der Ventilausnehmung, den Ventilraum  
20 zumindest teilweise in Umfangsrichtung umgeben. Dadurch kann ein besonders vorteilhaftes Einströmen von Hydraulikmedium in die Ventilausnehmung erreicht werden. Insbesondere kann dadurch erreicht werden, dass das Hydraulikmedium die Ventileinrichtung zunächst zumindest teilweise in Umfangsrichtung umströmt, bevor das Hydraulikmedium in den Ventilraum geleitet wird. Dadurch lässt sich auf einfache Art und  
25 Weise ein Strömungsweg, den das Hydraulikmedium bis zum Eintritt in den Ventilraum zurücklegen muss, ohne einen nennenswerten, insbesondere nahezu ohne zusätzlichen Bauraum, deutlich verlängern. Infolgedessen lässt sich eine erheblich verbesserte Reduktion der Strömungsgeschwindigkeit erreichen.

Dabei sollte jeweils, d.h. bei jeder möglichen Ausführung eines erfindungsgemäßen  
30 Pleuels, darauf geachtet werden, dass die Strömungsgeschwindigkeit nicht zu sehr reduziert wird und/oder nicht zu viel Strömungsenergie dissipiert wird, da sich ansonsten

kein ausreichend schneller Hydraulikmediumabfluss aus dem hydraulischen Arbeitsraum zur Änderung der wirksamen Pleuellänge mehr erreichen lässt, was sich nachteilig auf die Verstellung der wirksamen Pleuellänge auswirken kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß  
5 der vorliegenden Erfindung kann der Strömungskanal ein sich, bezogen auf die Ventilausnehmungs-Längsachse der Ventilausnehmung, zumindest teilweise in axialer Richtung und zumindest teilweise in Umfangsrichtung erstreckendes Ringraumsegment oder ein sich zumindest teilweise in axialer Richtung und über den gesamten Umfang erstreckender Ringraum sein, d.h. ein in Umfangsrichtung vollständig geschlossener  
10 Ringraum. Dadurch kann eine besonders vorteilhafte Strömungsführung des Hydraulikmediums vor dem Eintritt in den Ventilraum erreicht werden.

Ein besonders einfacher Ringraum lässt sich ausbilden, wenn die Ventilausnehmung im Bereich des die Einmündungsöffnung umgebenden Innenwandabschnitts zumindest  
15 teilweise entlang der Ventilausnehmungs-Längsachse zylindrisch ausgebildet ist, wobei eine zugehörige Innenmantelfläche den Ringraum vorzugsweise nach radial außen begrenzt, und wenn der geschlossene Außenwandabschnitt der Ventileinrichtung zumindest teilweise entlang der Ventilausnehmungs-Längsachse zylindermantelförmig  
ausgebildet ist, wobei der zylindermantelförmige, geschlossen ausgebildete Außenwandabschnitt den Ringraum bevorzugt in radialer Richtung nach innen begrenzt.

20 Der geschlossene Außenwandabschnitt eines längenverstellbaren Pleuels muss dabei keinen konstanten Außendurchmesser in axialer Richtung aufweisen, er kann auch einen sich ändernden Außendurchmesser aufweisen, wobei in diesem Fall jedoch eine Spaltbreite des Ringraums oder Ringraumsegments vorzugsweise in Strömungsrichtung zunimmt.

25 Ein besonders einfaches Ringraumsegment lässt sich entsprechend ausgestalten, erstreckt sich jedoch nicht über den gesamten Umfang der Ventileinrichtung, sondern nur über einen Teil davon, d.h. beispielsweise nur über 180° statt über 360°, wie ein in Umfangsrichtung geschlossener Ringraum.

Ein Ringraumsegment kann in einer möglichen Ausgestaltung beispielsweise auch durch  
30 eine axiale Nut in dem geschlossenen Außenwandabschnitt der Ventileinrichtung gebildet

sein, welche das Ringraumsegment nach radial innen begrenzt, oder eine oder mehrere in eine geschlossene Außenwandfläche eingebrachte Nuten aufweisen.

Der Innenwandabschnitt der Ventilausnehmung kann alternativ oder zusätzlich ebenfalls entsprechende Nuten aufweisen. Er ist bevorzugt jedoch zylindrisch ausgebildet. Dies vereinfacht die Fertigung der Ventilausnehmung.

Der geschlossene Außenwandabschnitt der Ventileinrichtung ist bevorzugt durch eine geschlossene Außenfläche eines zylindermantelförmigen Abschnitts der Ventileinrichtung, insbesondere durch eine geschlossene Außenfläche eines zylindermantelförmigen Abschnitts oder mehrerer zylindermantelförmiger Abschnitte von einem oder mehreren Bauteilen der Ventileinrichtung gebildet, insbesondere durch einen zylindermantelförmigen Bereich eines oder mehrerer Bauteile der Ventileinrichtung, die gegenüber der Ventilausnehmung im Bereich um die Einmündungsöffnung des Hydraulikkanals herum einen reduzierten Außendurchmesser aufweisen. Dadurch lässt sich eine besonders einfache Umlenkung des Hydraulikmediums in eine zweite Strömungsrichtung, die parallel zur Ventilausnehmungs-Längsachse verläuft, erreichen.

In einer weiteren, insbesondere bevorzugten, vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung kann der Strömungskanal an einer ersten Seite geschlossen ausgebildet sein und an einer gegenüberliegenden, zweiten Seite offen, wobei der Strömungskanal insbesondere über die zweite Seite mit dem Ventilraum fluidkommunizierend verbunden ist, wobei der Strömungskanal, insbesondere das Ringraumsegment oder der Ringraum, insbesondere an der ersten Seite in axialer Richtung geschlossen ausgebildet ist und an der gegenüberliegenden, zweiten Seite in axialer Richtung offen, bezogen auf die Ventilausnehmungs-Längsachse.

Dabei kann der Strömungskanal, insbesondere das Ringraumsegment oder der Ringraum, insbesondere an der ersten Seite in axialer Richtung, beispielsweise durch einen Außenwandabschnitt der Ventileinrichtung, insbesondere durch einen an eine Dichtfläche angrenzenden oder einen als Dichtfläche ausgebildeten Außenwandabschnitt, verschlossen sein.

Dadurch lässt sich auf besonders einfache Art und Weise eine vorteilhafte Hydraulikmediumströmung innerhalb der Ventilausnehmung erreichen, insbesondere bis

zum Eintritt in den Ventilraum. Auf diese Weise lässt sich insbesondere eine besonders einfache Umlenkung des Hydraulikmediums in eine zweite Strömungsrichtung, die parallel zur Ventilausnehmungs-Längsachse verläuft, erreichen.

5 In einer weiteren, insbesondere bevorzugten, vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung kann der geschlossen ausgebildete Außenwandabschnitt der Ventileinrichtung, der zusammen mit dem die Einmündungsöffnung umgebenden Innenwandabschnitt der Ventilausnehmung den Strömungskanal bildet, eine Nut und/oder eine Fase aufweisen, insbesondere eine sich  
10 zumindest teilweise in Umfangsrichtung erstreckende Nut und/oder eine Fase, insbesondere einen an eine Schulter oder an einen sich in radialer Richtung erstreckenden Absatz angrenzenden Freistich.

Dadurch lässt sich auf besonders einfache Art und Weise eine vorteilhafte Hydraulikmediumströmung innerhalb der Ventilausnehmung, insbesondere bis zum  
15 Eintritt in den Ventilraum, erreichen. Insbesondere lässt sich auf diese Weise, insbesondere durch einen Freistich, eine besonders einfache Umlenkung des Hydraulikmediums in eine zweite Strömungsrichtung, die parallel zur Ventilausnehmungs-Längsachse verläuft, erreichen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Nut oder die Fase oder der Freistich, insbesondere im  
20 Bereich der ersten Seite, an welcher der Strömungskanal vorzugsweise in axialer Richtung geschlossen ist, im Außenwandabschnitt angeordnet sein und insbesondere an eine Dichtfläche angrenzen.

In einer weiteren Ausgestaltung, insbesondere in einer Weiterbildung, eines  
25 längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Nut oder Fase oder der Freistich dabei zumindest teilweise, alternativ vollständig, eine den Ringraum radial begrenzende Fläche bilden, insbesondere einen den Ringraum radial nach innen begrenzende Fläche, wobei die Nut oder Fase oder der Freistich insbesondere vollständig umlaufend ausgebildet sein kann.

Unter einem „Freistich“ wird im Sinne der Erfindung gemäß DIN 509 eine Abtragung an einer rotationssymmetrischen Innenkante mit einer bestimmten Form und festgelegten Maßen, verstanden, insbesondere eine Nut mit einer Geometrie nach DIN 509.

In einer weiteren, insbesondere bevorzugten, vorteilhaften Ausgestaltung eines  
5 längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung weist die Ventileinrichtung insbesondere einen im Ventilraum angeordneten, zum Öffnen der Ventileinrichtung entgegen einer Rückstellkraft, insbesondere entgegen einer Rückstellkraft einer Ventilfeeder, von einem Ventilsitz entlang einer Ventilhubachse abhebbaren Ventilkörper auf, wobei der geschlossen ausgebildete Außenabschnitt der Ventileinrichtung, der mit  
10 dem die Einmündungsöffnung umgebenden Innenwandabschnitt den Strömungskanal bildet, den Ventilraum zumindest teilweise im Bereich des Ventilkörpers und/oder der Ventilfeeder umgibt, wobei die Ventileinrichtung mit der Ventilhubachse insbesondere parallel zur Ventilausnehmungs-Längsachse der Ventilausnehmung angeordnet ist, d.h. insbesondere derart, dass die Ventilhubachse des Ventilkörpers parallel zur  
15 Ventilausnehmungs-Längsachse der Ventilausnehmung verläuft.

Mittels einer derartigen Ventileinrichtung lässt sich auf besonders vorteilhafte, einfache Weise das Öffnen und Sperren eines Hydraulikmediumabflusses aus einem zugehörigen hydraulischen Arbeitsraum erreichen.

Dadurch, dass der geschlossen ausgebildete Außenabschnitt den Ventilraum zumindest  
20 teilweise im Bereich des Ventilkörpers und/oder der Ventilfeeder umgibt und insbesondere einen Eintritt von Hydraulikmedium in diesem Bereich in den Ventilraum verhindert, können der Ventilkörper und/oder die Ventilfeeder auf einfache Art und Weise vor Beschädigungen durch ein unmittelbares Auftreffen des Hydraulikmediums und infolgedessen beispielsweise entstehender Kavitation geschützt werden und somit die auf  
25 den Ventilkörper und/oder die Ventilfeeder wirkenden Belastungen reduziert werden. Infolgedessen lässt sich in einigen Fällen die Lebensdauer des Ventilkörpers und/oder der Ventilfeeder erhöhen.

Für eine besonders vorteilhafte Längenverstelleinrichtung ist wenigstens eine derartig ausgebildete Ventileinrichtung, bezogen auf einen funktionsgemäßen  
30 Verwendungszustand des Pleuels in einer Hubkolbenmaschine, mit der Ventilhubachse insbesondere parallel zu einer Kurbelwellenlängsachse angeordnet. Dadurch können

Beschleunigungen auf den Ventilkörper durch eine Hubbewegung des Pleuels, die zu einem unerwünschten Öffnen der Ventileinrichtung führen könnten, vermieden werden.

Als besonders geeignet haben sich Kugeln als Ventilkörper und gerade Schraubenfedern als Ventilfeuern erwiesen.

- 5 In einer weiteren, insbesondere bevorzugten, vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung weist die Ventileinrichtung eine Ventilsitzeinheit mit einem Ventilsitz auf, wobei der geschlossen ausgebildete Außenwandabschnitt, der zusammen mit dem die Einmündungsöffnung umgebenden Innenwandabschnitt der Ventilausnehmung den Strömungskanal bildet, durch einen  
10 Außenwandabschnitt der Ventilsitzeinheit gebildet ist.

Hierdurch lässt sich eine besonders kompakte Ventileinrichtung realisieren, da die erfindungsgemäße Strömungsumlenkungsfunktion in die Ventilsitzeinheit integriert werden kann. Somit ist kein zusätzliches Bauteil für den geschlossen ausgebildeten Außenwandabschnitt erforderlich.

- 15 Bevorzugt ist die Ventilsitzeinheit dabei derart ausgebildet, dass der Strömungskanal vorzugsweise zum Ventilsitz hin in axialer Richtung geschlossen ist und zur Ventilfeeder hin offen, wobei sich der geschlossene Außenwandabschnitt dazu vorzugsweise vom Ventilsitz in Richtung der Ventilfeeder erstreckt, insbesondere mantelförmig und bevorzugt zumindest teilweise um den Ventilkörper und/oder die Ventilfeeder herum, insbesondere  
20 zylindermantelförmig und besonders bevorzugt vollständig umlaufend, d.h. über den gesamten Umfang. Dazu kann die Ventilsitzeinheit einen insbesondere hülsenförmigen Abschnitt aufweisen, wobei eine Außenfläche des hülsenförmigen Abschnitts wenigstens teilweise den geschlossenen Außenwandabschnitt bildet.

- Der geschlossene Außenwandabschnitt eines längenverstellbaren Pleuels muss dabei  
25 keinen konstanten Außendurchmesser in axialer Richtung aufweisen, er kann insbesondere auch vom Ventilsitz ausgehend abnehmen, je nach vorteilhafter Strömungskontur.

- In einer alternativen oder zusätzlichen Ausgestaltung, insbesondere in einer weiteren bevorzugten und vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß  
30 der vorliegenden Erfindung, weist die Ventileinrichtung eine Federführungseinheit auf zur

axialen Abstützung und/oder zur Führung der Ventildfeder, wobei der geschlossen ausgebildete Außenwandabschnitt, der zusammen mit dem die Einmündungsöffnung umgebenden Innenwandabschnitt der Ventilausnehmung den Strömungskanal bildet, insbesondere durch einen Außenwandabschnitt der Federführungseinheit gebildet ist.

- 5 Hierdurch lässt sich eine besonders kompakte Ventileinrichtung realisieren, da die erfindungsgemäße Strömungsumlenkungsfunktion in die Federführungseinheit integriert werden kann. Somit ist kein zusätzliches Bauteil für den geschlossen ausgebildeten Außenwandabschnitt erforderlich. Dazu kann die Federführungseinheit einen insbesondere hülsenförmigen Abschnitt aufweisen, wobei eine Außenfläche des  
10 hülsenförmigen Abschnitts wenigstens teilweise den geschlossenen Außenwandabschnitt bildet.

Der geschlossene Außenwandabschnitt erstreckt sich dabei bevorzugt von der Ventildfeder in Richtung des Ventilsitzes, vorzugsweise mantelförmig und zumindest teilweise um die Ventildfeder und/oder den Ventilkörper herum, insbesondere zylindermantelförmig  
15 und/oder kegelmantelförmig und besonders bevorzugt vollständig umlaufend, d.h. über den gesamten Umfang, wobei sich der geschlossene Außenwandabschnitt in axialer Richtung insbesondere bis über den Ventilkörper erstreckt.

Der geschlossene Außenwandabschnitt eines längenverstellbaren Pleuels muss dabei keinen konstanten Außendurchmesser in axialer Richtung aufweisen, er kann  
20 insbesondere auch vom Ventildfeder ausgehend abnehmen, je nach vorteilhafter Strömungskontur.

In einer alternativen Ausgestaltung kann der geschlossen ausgebildete Außenwandabschnitt jedoch auch durch ein anderes Bauteil gebildet werden, insbesondere durch die Außenwand eines anderen Bauteils, beispielsweise durch die  
25 Außenwandung einer den Ventilraum in diesem Bereich umgebenden Hülse oder dergleichen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Federführungseinheit, insbesondere zusätzlich, ein Federführungselement aufweisen, vorzugsweise mit einer zylindrischen Ausnehmung, in  
30 welcher die Ventildfeder zumindest teilweise geführt ist und an deren Boden die Ventildfeder,

insbesondere mit ihrem vom Ventilkörper abgewandten Ende, abgestützt sein kann. Dadurch lässt sich eine besonders kompakt bauende Ventileinrichtung realisieren.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung weist die Ventileinrichtung ein Sicherungsmittel auf, insbesondere eine Verschlusschraube, mittels welcher Teile der Ventileinrichtung oder die gesamte Ventileinrichtung gegen ein Herausfallen aus der Ventilausnehmung gesichert sind, wobei insbesondere das Sicherungsmittel zur axialen Abstützung und/oder zur Führung der Ventilfeeder ausgebildet ist.

Das Sicherungsmittel kann zusätzlich insbesondere als Federführungselement ausgebildet sein und Teil der Federführungseinheit sein oder die Federführungseinheit bilden, wobei das Sicherungsmittel insbesondere eine zylindrische Ausnehmung aufweisen kann, in welcher die Ventilfeeder zumindest teilweise geführt sein kann und an deren Boden die Ventilfeeder, insbesondere mit ihrem vom Ventilkörper abgewandten Ende, abgestützt sein kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung kann ein an den Ventilsitz des Ventilkörpers angrenzender und/oder den Ventilkörper im Bereich des Ventilsitzes zumindest teilweise mantelförmig umgebender Innenwandabschnitt wenigstens eine sich zumindest über einen definierten Bereich in Umfangsrichtung und zumindest in radialer Richtung nach außen und in axialer Richtung erstreckende Vertiefung aufweisen, vorzugsweise wenigstens eine Vertiefung mit einem halbkreisförmigen, halbellsipförmigen, nierenförmigen oder atomförmigen Radialquerschnitt, insbesondere mehrere, gleichmäßig in Umfangsrichtung verteilt angeordnete derartige Vertiefungen.

Dadurch kann, eine entsprechende Ausgestaltung der einen Vertiefung oder der mehreren Vertiefungen vorausgesetzt, in einigen Fällen eine bessere Umströmung, insbesondere eine zumindest teilweise Hinterströmung, des Ventilkörpers von der Ventilfeederseite in Richtung des Ventilsitzes, je nach Ausgestaltung sogar bis an den Ventilsitz heran, erreicht werden. Dadurch kann auf einfache Art und Weise in vielen Fällen ein „Festsaugen“ des Ventilkörpers am Ventilsitz vermieden werden. Infolgedessen kann die Betätigungskraft, die zum Öffnen der Ventileinrichtung erforderlich ist, relativ gering und insbesondere in einem engen Toleranzband gehalten werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Ventileinrichtung eine betätigbare Steuerventileinrichtung, insbesondere eine mittels eines stangenartigen, axial verschiebbaren Betätigungselementes betätigbare Steuerventileinrichtung, wobei der Ventilkörper der Steuerventileinrichtung in einer ersten Betätigungsposition des stangenartigen Betätigungselements vom Ventilsitz abgehoben ist und ein Hydraulikmediumabfluss aus dem Hydraulikraum über den Hydraulikkanal, in die Ventilausnehmung und durch den Ventilraum hindurch geöffnet ist, und in einer zweiten Betätigungsposition des Betätigungselements der Ventilkörper der Steuerventileinrichtung am Ventilsitz anliegt und ein Hydraulikmediumabfluss aus dem Hydraulikraum über den Hydraulikkanal, in die Ventilausnehmung und durch den Ventilraum hindurch gesperrt ist. Dadurch lässt sich eine besonders vorteilhafte Längenverstelleinrichtung bereitstellen.

Bevorzugt ist das stangenartige Betätigungselement dabei entlang einer parallel zur Ventilhubachse orientierten Betätigungsachse axial verschiebbar ist, insbesondere entlang einer mit der Ventilhubachse zusammenfallenden Betätigungsachse, wie beispielsweise bei einigen der in der WO 2016/203047 A1 offenbarten Ausführungsbeispielen von längenverstellbaren Pleueln mit hydraulischer Längenverstellung. Das stangenartige Betätigungselement kann aber auch entlang einer senkrecht zur Ventilhubachse orientierten Betätigungsachse axial verschiebbar sein.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Steuerventileinrichtung ferner einen Betätigungskörper aufweisen, der zwischen dem Ventilkörper und dem stangenartigen Betätigungselement angeordnet ist, und der insbesondere zur mechanischen Übertragung einer Betätigung des Betätigungselements auf den Ventilkörper dient.

Dadurch können bauraumbedingte Hindernisse überwunden werden. Beispielsweise kann auf diese Weise ein zu großer Abstand vom stangenförmigen Betätigungselement zum Ventilkörper überbrückt werden. Ferner lässt sich auf diese Weise in einigen Fällen so ein Ventilsitz mit einer vorteilhafteren Geometrie, insbesondere im Hinblick auf die mechanische Festigkeit des Ventilsitzes, erreichen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung weist ein an einen Ventilsitz des Betätigungskörpers

angrenzender und/oder den Betätigungskörper im Bereich des zugehörigen Ventilsitzes zumindest teilweise mantelförmig umgebender Innenwandabschnitt wenigstens eine sich zumindest über einen definierten Bereich in Umfangsrichtung und zumindest in radialer Richtung nach außen und in axialer Richtung erstreckende Bypass-Durchgangsöffnung auf, vorzugsweise wenigstens eine Bypass-Durchgangsöffnung mit einem halbkreisförmigen, halbellipsenförmigen, nierenförmigen oder atomförmigen Radialquerschnitt, insbesondere mehrere, gleichmäßig in Umfangsrichtung verteilt angeordnete derartige Bypass-Durchgangsöffnung.

Dadurch kann ein größerer Hydraulikmediumvolumenstrom aus dem Ventilraum am Ventilkörper und dem Betätigungskörper vorbei in einen an den Betätigungskörper angrenzenden Hydraulikraum oder -kanal abgeführt werden. Infolgedessen wiederum kann ein zugehöriger hydraulischer Arbeitsraum der Längenverstelleinrichtung schneller entleert werden und die wirksame Pleuellänge verändert werden.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung eines längenverstellbaren Pleuels gemäß der vorliegenden Erfindung weist das Pleuel, insbesondere die Längenverstelleinrichtung, einen Hydraulikzylinder mit einem ersten hydraulischen Arbeitsraum und einen zweiten hydraulischen Arbeitsraum auf, welche insbesondere durch einen doppelwirkenden Hydraulikkolben, der insbesondere als Stufenkolben, d.h. mit zwei unterschiedlich großen Wirkflächen, ausgebildet ist, getrennt sind.

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 Längenverstellvorrichtung kann insbesondere ein Zu- und Abfluss eines Hydraulikmediums in und aus den beiden hydraulischen Arbeitsräumen des Hydraulikzylinders gesteuert werden.

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

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

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

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

In einer vorteilhaften, möglichen Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Pleuels können beide 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.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft eine Hubkolbenmaschine, insbesondere eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit einem längenverstellbaren Pleuel, das nach dem ersten Aspekt der Erfindung ausgebildet ist.

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

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

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

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

- Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen,  
15 längenverstellbaren Pleuels in Seitenansicht,
- Fig. 2 einen ersten Pleuelteil des längenverstellbaren Pleuels aus Fig. 1, ebenfalls in Seitenansicht, mit teilweiser Darstellung verborgener Konturen,
- Fig. 3a ein prinzipielles Funktionsschema der hydraulischen  
20 Längenverstelleinrichtung des Pleuels aus den Fig. 1 und 2, dargestellt in einem ersten Zustand zum Einstellen einer maximalen wirksamen Pleuellänge,
- Fig. 3b ein prinzipielles Funktionsschema der hydraulischen  
Längenverstelleinrichtung des Pleuels aus den Fig. 1 und 2, dargestellt in  
25 einem zweiten Zustand zum Einstellen einer minimalen wirksamen Pleuellänge,
- Fig. 4a einen Ausschnitt eines Schnitts durch das erfindungsgemäße Pleuel aus den Fig 1 und 2 entlang der Schnittebene Y-Y' in einem zweiten Zustand zum Einstellen einer minimalen wirksamen Pleuellänge,

- Fig. 4b einen Ausschnitt eines Schnitts durch das erfindungsgemäße Pleuel aus den Fig 1 und 2 entlang der Schnittebene Y-Y' in einem ersten Zustand zum Einstellen einer maximalen wirksamen Pleuellänge,
- 5 Fig. 5 einen vergrößerten Ausschnitt aus Fig. 4a im Bereich der oberen Steuerventileinrichtung, wobei sowohl der erste Zustand zur Einstellung der maximalen wirksamen Pleuellänge als auch der zweite Zustand zur Einstellung der minimalen wirksamen Pleuellänge angedeutet sind,
- Fig. 6 einen stark vergrößerten Ausschnitt aus Fig. 5 in einem perspektivischen Halbschnitt aus einer anderen Perspektive,
- 10 Fig. 7 einen Ausschnitt eines Teilschnitts durch das erfindungsgemäße Pleuel aus den Fig. 1 und 2 im Bereich der unteren Steuerventileinrichtung 14A entlang einer anderen Schnittebene als in den Fig. 4a und 4b,
- Fig. 8 einen Ausschnitt eines Längsschnitts entlang einer senkrecht zu einer Kurbelwellenachse orientierten Ebene durch das erfindungsgemäße Pleuel  
15 aus den Fig. 1 und 2 im Bereich oberhalb der Ventileinrichtungen der Längenverstelleinrichtung oberhalb des großen Pleuelauges,
- Fig. 9 einen Ausschnitt eines Teilschnitts durch das erfindungsgemäße Pleuel aus den Fig. 1 und 2 im Bereich der unteren Steuerventileinrichtung 14A entlang einer weiteren Schnittebene,
- 20 Fig. 10 eine stark vereinfachte, schematisierte Darstellung in perspektivischer Ansicht im Wesentlichen von schräg oben auf bzw. in die Ventilausnehmung 6A der unteren Steuerventileinrichtung 14A,
- Fig. 11 in Seitenansicht die Ventilausnehmung 6A aus Fig. 10 mit Betätigungskörper,
- 25 Fig. 12 einen Ausschnitt eines ersten Schnitts durch ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen längenverstellbaren Pleuels entlang einer ersten Schnittebene X-X' analog zu Fig. 1, und



In den Rückschlagventilausnehmungen 8A und 8B ist jeweils eine Rückschlagventileinrichtung 15A bzw. 15B (siehe Fig. 2) angeordnet und ebenfalls durch ein Sicherungsmittel 9 festgesetzt und dadurch ebenfalls zum einen gegen ein Herausfallen aus der zugehörigen Rückschlagventilausnehmung 8A bzw. 8B gesichert  
5 sowie ferner in axialer Richtung in der Rückschlagventilausnehmung 8A bzw. 8B fixiert.

**Fig. 2** zeigt den ersten Pleuelteil 2 des längenverstellbaren Pleuels 1 aus Fig. 1, ebenfalls in Seitenansicht, mit teilweiser Darstellung verborgener Konturen, welche durch die gestrichelten Linien angedeutet sind. Anhand dieser ist erkennbar, dass der erste Pleuelteil 2 insbesondere einen sich entlang der Pleuellängsachse Z erstreckenden  
10 Führungs- und Hydraulikzylinder 10 aufweist. Der Hydraulikzylinder 10 ist dabei dazu ausgebildet und eingerichtet, den in Figur 1 gezeigten zweiten Pleuelteil 4 des Pleuels 1 zumindest teilweise aufzunehmen und den zweiten Pleuelteil 4 zu führen, welcher innerhalb des Führungs- und Hydraulikzylinders 10 und entlang der Pleuellängsachse Z relativ zum ersten Pleuelteil 2 verschiebbar ist und insbesondere teleskopartig in den  
15 ersten Pleuelteil 2 einschiebbar und aus diesem herausziehbar ist zum Verändern der wirksamen Pleuellänge L.

Der vor dem Hydraulikzylinder 10 aufgenommene Teil des zweiten Pleuelteils 2 des Pleuels 1 ist dabei vorzugsweise als Hydraulikkolben 17 (vgl. Fig. 3a und 3b), insbesondere als Stufenkolben, ausgebildet und bildet zusammen mit dem  
20 Hydraulikzylinder 10 zwei in Fig. 2 nicht eingezeichnete, jedoch aus den Fig. 3a und 3b erkennbare hydraulische Arbeitsräume 10A und 10B bzw. (Hoch-)Druckräume. Der Hydraulikkolben 17 und der Hydraulikzylinder 10 sind dabei Teil der Längenverstelleinrichtung 7 zur Veränderung, insbesondere Einstellung, der wirksamen Pleuellänge L.

Anhand der **Fig. 3a** und **3b** wird im Folgenden die grundsätzliche Funktionsweise der  
25 Längenverstelleinrichtung 7 erläutert, wobei in Fig. 3a ein prinzipielles Funktionsschema der hydraulischen Längenverstelleinrichtung 7 des Pleuels aus den Fig. 1 und 2 in einem ersten Zustand zum Einstellen einer maximalen wirksamen Pleuellänge dargestellt ist und in Fig. 3b in einem zweiten Zustand zum Einstellen einer minimalen wirksamen  
30 Pleuellänge.

Die Längenverstelleinrichtung 7 weist einen ersten, unteren hydraulischen Arbeitsraum 10A und einen zweiten, oberen hydraulischen Arbeitsraum 10B auf, welche in bevorzugter und aus dem Stand der Technik grundsätzlich bekannter Weise (siehe beispielsweise WO 2016/064193 A1) mit einem Hydraulikmedium befüllbar sind zum Verändern der wirksamen Pleuellänge L. Über Hydraulikkanäle 11A und 11B sowie über in den Steuerventilausnehmungen 6A und 6B bzw. den Rückschlagventilausnehmungen 8A und 8B (siehe Fig. 1) eingebrachte Steuerventileinrichtungen 14A und 14B und Rückschlagventileinrichtungen 15A und 15B sind die hydraulischen Arbeitsräume 10A und 10B mit einer Hydraulikmediumzuleitung 12, über welche der Längenverstelleinrichtung 7 insbesondere Hydraulikmedium aus dem Pleuellager im Bereich des großen Pleuelauge 3 des ersten Pleuelteils 2 zugeführt werden kann, fluidkommunizierend verbindbar.

Die Steuerventileinrichtungen 14A und 14B und Rückschlagventileinrichtungen 15A und 15B sind dabei dazu eingerichtet, einen Hydraulikmediumfluss von der Hydraulikmediumzuleitung 12 in die Hydraulikkanäle 11A und 11B und weiter in die hydraulischen Arbeitsräume 10A und 10B zu leiten, und insbesondere den Hydraulikzylinder 10 der Längenverstelleinrichtung 7 zu steuern und damit die Längenverstellung des Pleuels 1, wobei jedem hydraulischen Arbeitsraum 10A und 10B jeweils eine Steuerventileinrichtung 14A bzw. 14B und eine Rückschlagventileinrichtung 15A bzw. 15B zugeordnet ist.

Die Rückschlagventileinrichtungen 15A und 15B sind dabei insbesondere dazu eingerichtet, einen Hydraulikmediumfluss vom großen Pleuelauge 3 über die Hydraulikmediumzuleitung 12 und die Hydraulikkanäle 11A und 11B in den zugehörigen hydraulischen Arbeitsraum 10A oder 10B der Längenverstelleinrichtung 7 zu ermöglichen, einen Rücklauf bzw. Abfluss in die andere Richtung jedoch zu verhindern.

Die Steuerventileinrichtungen 14A und 14B sind ebenfalls dazu eingerichtet, einen Hydraulikmediumfluss vom großen Pleuelauge 3 über die Hydraulikmediumzuleitung 12 und die Hydraulikkanäle 11A und 11B in den zugehörigen hydraulischen Arbeitsraum 10A oder 10B zu ermöglichen, dienen jedoch primär zum gezielten Öffnen und/oder Sperren eines Hydraulikmediumabflusses aus dem zugehörigen hydraulischen Arbeitsraum 10A bzw. 10B.

Im Unterschied zu den Rückschlagventileinrichtungen 15A und 15B weisen die Steuerventileinrichtungen 14A und 14B jeweils mindestens zwei Betätigungszustände auf, wobei in einem ersten Betätigungszustand ein Rücklauf aus dem zugehörigen hydraulischen Arbeitsraum 10A bzw. 10B gesperrt ist und in einem zweiten  
5 Betätigungszustand freigegeben ist.

Die Steuerventileinrichtungen 14A und 14B weisen dazu jeweils einen in einem Ventilraum 31A bzw. 31B mittels einer hier nicht näher bezeichneten Ventildfeder gegen einen ebenfalls nicht näher bezeichneten Ventilsitz pressbaren Ventilkörper auf, welcher in den Fig. 3a und 3b ebenfalls nicht näher bezeichnet ist. Liegt der Ventilkörper am Ventilsitz an  
10 bzw. wird der Ventilkörper mittels der Ventildfeder gegen den Ventilsitz gepresst, ist die jeweilige Steuerventileinrichtung 14A bzw. 14B geschlossen und ein Hydraulikmediumabfluss aus dem zugehörigen hydraulischen Arbeitsraum 10A bzw. 10B ist gesperrt.

Zum Öffnen der Steuerventileinrichtung 14A bzw. 14B kann der Ventilkörper jeweils mittels  
15 eines stangenförmigen, entlang einer Betätigungsachse axial verschiebbaren Betätigungselements 16 vom Ventilsitz weggedrückt und dadurch abgehoben werden. In diesem Zustand ist die Steuerventileinrichtung 14A bzw. 14B geöffnet und ein Hydraulikmediumabfluss aus dem zugehörigen hydraulischen Arbeitsraum 10A bzw. 10B ist freigegeben.

Für einen verbesserten, insbesondere gleichmäßigeren Hydraulikmediumabfluss aus den zugehörigen hydraulischen Arbeitsräumen 10A und 10B durch die jeweils zugehörige Steuerventileinrichtung 14A bzw. 14B hindurch, ist bei dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiels jeweils in einem Hydraulikkanal zwischen dem zugehörigen hydraulischen Arbeitsraum 10A bzw. 10B und der Steuerventileinrichtung 14 bzw. 14B  
25 jeweils eine Drossel 18A bzw. 18B vorgesehen, insbesondere zur Reduzierung einer Strömungsgeschwindigkeit.

Zum Umschalten der beiden Steuerventileinrichtungen 14, insbesondere jeweils zwischen dem ersten Betätigungszustand, welcher in Fig. 3a gezeigt ist und welcher eine maximale wirksame Pleuellänge bewirkt, und dem zweiten Betätigungszustand, welcher in Fig. 3b  
30 gezeigt ist und eine minimale wirksame Pleuellänge bewirkt, ist das Betätigungselement 16 in einer Betätigungsausnehmung 13 (vgl. Fig. 4a und 4b) des längenverstellbaren

Pleuels 1, insbesondere innerhalb des zweiten Pleuelteils 2, axial beweglich, insbesondere verschiebbar, gelagert. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist das Betätigungselement 16 dabei selbst hydraulisch betätigbar, insbesondere in Abhängigkeit eines anliegenden Öldrucks in einer Hubkolbenmaschine, wie beispielsweise in der  
5 WO 2016/203047 beschrieben, während die Steuerventileinrichtungen 14A und 14B mechanisch betätigt werden können. Grundsätzlich könnte das Betätigungsmittel 16 alternativ auch elektromechanisch oder ebenfalls mechanisch oder dergleichen betätigt werden.

Das Betätigungsmittel und die Steuerventileinrichtungen 14A und 14B sind dabei derart  
10 ausgebildet und wirken derart zusammen, dass sich jeweils eine der beiden Steuerventileinrichtungen 14A und 14B im ersten Betätigungszustand befindet, d.h. dass ein Hydraulikmediumrücklauf aus einem der beiden hydraulischen Arbeitsräume 10A bzw. 10B gesperrt ist, während sich die andere Steuerventileinrichtung 14B bzw. 14A im  
15 zweiten Betätigungszustand befindet, so dass ein Hydraulikmediumrücklauf aus dem anderen hydraulischen Arbeitsraum 10B bzw. 10A freigegeben ist.

Ist beispielsweise, bezogen auf die Darstellung in den Fig. 3a und 3b ein Rücklauf über den linken Hydraulikkanal 11A gesperrt und ein Rücklauf über den rechten Hydraulikkanal 11B freigegeben, kann mit jedem Aufwärtshub durch die in Richtung des Hydraulikzylinders 10 jeweils öffnenden Ventileinrichtungen 14A und 15A  
20 Hydraulikmedium über die Hydraulikmediumzuleitung 12, durch die Ventileinrichtungen 14A und 15A hindurch sowie über die Hydraulikleitungen 11A in den Hydraulikzylinder 10, insbesondere den unteren hydraulischen Arbeitsraum 10A, eingesaugt werden.

Aufgrund des durch die zugehörige Steuerventileinrichtung 14A gesperrten Rücklaufs kann aus dem hydraulischen Arbeitsraum 10A jedoch kein Hydraulikmedium abgeführt  
25 werden. Dadurch füllt sich dieser hydraulischen Arbeitsraum 10A zunehmend. Dadurch wiederum wird der zweite Pleuelteil 4 zunehmend aus dem ersten Pleuelteil 2 herausgeschoben und eine Vergrößerung der wirksamen Pleuellänge L bewirkt, insbesondere bis zur maximalen wirksamen Pleuellänge L.

In dem anderen, oberen hydraulischen Arbeitsraum 10B kann sich durch den geöffneten  
30 Rücklauf aufgrund der anderen, sich im zweiten Betätigungszustand befindenden zugehörigen Steuerventileinrichtung 14B kein Gegendruck aufbauen.

Werden nun die beiden Steuerventileinrichtungen 14A und 14B mittels des Betätigungselements 16 betätigt, wobei die erste Steuerventileinrichtung 14A öffnet, so dass das Hydraulikmedium aus dem unteren hydraulischen Arbeitsraum 10A abfließen kann, und die zweite Steuerventileinrichtung 14B schließt, so dass ein Rücklauf aus dem oberen hydraulischen Arbeitsraum 10B im Bereich des Hydraulikzylinders 10 gesperrt ist, wird bei jedem Abwärtshub Hydraulikmedium aus dem unteren Arbeitsraum 10A herausgedrückt, während sich der obere Arbeitsraum 10B zunehmend füllt, wodurch sich die wirksame Pleuellänge L zunehmend, insbesondere bis zu ihrem Minimum, verringert.

In **Fig. 4a** ist ein Ausschnitt eines Schnitts durch das erfindungsgemäße Pleuel aus den Fig 1 und 2 entlang der Schnittebene Y-Y' in einem zweiten Zustand zum Einstellen einer minimalen wirksamen Pleuellänge dargestellt, und in **Fig. 4b** in einem ersten Zustand zum Einstellen einer maximalen wirksamen Pleuellänge, wobei in diesen beiden Fig. 4a und 4b insbesondere ein Aufbau der Steuerventileinrichtungen 14A und 14B gut erkennbar ist.

Die beiden Steuerventileinrichtungen 14A und 14B weisen jeweils einen als Ventilkugel ausgebildeten und in die zugehörige Ventilausnehmung 6A bzw. 6B eingesetzten Ventilkörper 20A bzw. 20B auf, der jeweils mittels einer als Schraubenfeder ausgebildeten Ventilsitzfeder 21A bzw. 21B gegen einem von der Ventilausnehmung 6A bzw. 6B gebildeten Ventilsitz 22A bzw. 22B gepresst werden kann, wobei die Ventilkugeln innerhalb eines zugehörigen Ventilraums 31A bzw. 31B entlang einer Ventilhubachse, die in diesem Fall mit einer Ventilausnehmungs-Längsachse L1 bzw. L2 zusammenfällt, vom Ventilsitz 22A bzw. 22B abhebbar sind.

Mittels eines gemeinsamen, stangenförmigen, axial verschiebbaren und mittels eines Federelements 19 vorgespannten Betätigungselements 16, das in einer Betätigungsausnehmung 13 angeordnet ist und durch ein Sicherungsmittel 24 in Form einer Verschlusschraube gegen ein Herausfallen gesichert ist, können die Steuerventileinrichtungen 14A und 14B, wie zuvor anhand der Fig. 3a und 3b erläutert, gleichzeitig und wechselweise betätigt werden.

Allerdings ist das Betätigungselement 16 in diesem Fall senkrecht zu den Ventilhubachsen der Steuerventileinrichtungen 14A und 14B verschiebbar und nicht fluchtend mit diesen wie in den Fig. 3a und 3b schematisch dargestellt. Das Betätigungsprinzip ist jedoch das gleiche.

- 27 -

Bei der Längenverstelleinrichtung 7 des erfindungsgemäßen Pleuels 1 wirkt das Betätigungselement 16 nicht direkt auf die Ventilkörper 20A und 20B, sondern jeweils auf einen dazwischen angeordneten Betätigungskörper 23A bzw. 23B, mittels dem zum einen ein Abstand zwischen dem Betätigungselement 16 und den Ventilkörpern 20A und 20B überbrückt werden kann, und zum anderen eine vorteilhaftere Ausgestaltung der Ventilsitze 22A und 22B ermöglicht wird.

Für eine einfache, wenig krafterfordernde aber dennoch zuverlässige Betätigung weist das Betätigungselement 16 mehrere, nicht näher bezeichnete Vorsprünge und Rampen auf, an welchen die Betätigungskörper 23A und 23B jeweils entlanggleiten können.

Mittels jeweils einer Verschlusschraube 9 als Sicherungsmittel sind die einzelnen Komponenten der Steuerventileinrichtungen 14A und 14B jeweils gegen ein Herausfallen aus den Ventilausnehmungen 6A und 6B gesichert.

Die Verschlusschrauben 9 dienen in diesem Fall dabei außerdem jeweils als Federführungselement zur Führung und Abstützung der Ventilfeuern 21A bzw. 21B.

Fig. 4a zeigt das Pleuel 1 bzw. die Längenverstelleinrichtung 7 in einem zweiten Zustand zum Einstellen einer minimalen wirksamen Pleuellänge, in welchem die, bezogen auf die Darstellung, obere Steuerventileinrichtung 14B geschlossen ist (der Ventilkörper 20B liegt am Ventilsitz 22B an), während die untere Steuerventileinrichtung 14A geöffnet ist.

Somit ist ein Hydraulikmediumabfluss aus dem Hydraulikkanal 11B gesperrt. Der Hydraulikkanal 11A ist freigegeben, der in diesem Schnitt jedoch nicht sichtbar ist.

In Fig. 4b ist das Pleuel 1 bzw. die Längenverstelleinrichtung 7 in einem ersten Zustand zum Einstellen einer maximalen wirksamen Pleuellänge dargestellt, in welchem die obere Steuerventileinrichtung 14B geöffnet ist (der Ventilkörper 20B ist vom Ventilsitz 22B abgehoben) während die untere Steuerventileinrichtung 14A geschlossen ist.

Aufgrund der hohen Drücke im zugehörigen hydraulischen Arbeitsraum 10A bzw. 10B, die bis zu 3.000 bar betragen können, kann es beim Umschalten der Längenverstelleinrichtung 7, insbesondere jeweils beim Öffnen einer der beiden Steuerventileinrichtungen 14A und 14B zu einem plötzlichen, schlagartigen Ausströmen bzw. „Herausschießen“ von Hydraulikmedium mit hohen Strömungsgeschwindigkeiten

aus dem zugehörigen Arbeitsraum 10A bzw. 10B in den zugehörigen Hydraulikkanal 11A bzw. 11B kommen.

Um eine Beschädigung der Ventilkörper 20A und 20B sowie der Ventildfedern 21A und 21B durch ein Auftreffen von Hydraulikmedium mit hoher Geschwindigkeit auf diese Bauteile zu vermeiden, vor allem durch Kavitation, weisen die Steuerventileinrichtungen 14A und 14B jeweils erfindungsgemäß einen gegenüber einer Einmündungsöffnung des Hydraulikkanals 11A bzw. 11B liegenden, geschlossenen Außenwandabschnitt 25A bzw. 25B auf, welche anhand der Fig. 5 und 6 gut erkennbar sind.

In **Fig. 5** ist ein vergrößerter Ausschnitt aus Fig. 4a im Bereich der oberen Steuerventileinrichtung 14B dargestellt, wobei sowohl der erste Zustand zur Einstellung der maximalen wirksamen Pleuellänge als auch der zweite Zustand zur Einstellung der minimalen wirksamen Pleuellänge angedeutet sind.

**Fig. 6** zeigt einen stark vergrößerten Ausschnitt dieses Bereichs aus Fig. 5 in einem perspektivischen Halbschnitt aus einer anderen Perspektive.

Anhand dieser beiden Figuren ist gut erkennbar, wie der Hydraulikkanal 11B, der in seinem an die Ventilausnehmung 6B angrenzenden Abschnitt als Drossel 18B ausgebildet ist und in diesem Bereich einen auf 25% gegenüber einem vorherigen Abschnitt reduzierten Durchströmungsquerschnitt aufweist, an einer Einmündungsöffnung 29B (vgl. Fig. 6) in die Ventilausnehmung 6B einmündet, erfindungsgemäß gegenüberliegend von dem geschlossen ausgebildeten Außenwandabschnitt 25B.

Der geschlossene Außenwandabschnitt 25B bildet dabei zusammen mit dem die Einmündungsöffnung 29B umgebenden Innenwandabschnitt 27A einen Strömungskanal in Form eines Ringraums aus, wobei der Strömungskanal gemäß der Erfindung derart konfiguriert ist, dass das mit einer ersten Strömungsrichtung S1 aus dem Hydraulikkanal 11B austretende Hydraulikmedium in eine zweite Strömungsrichtung S2 umgelenkt wird, welche bei diesem Ausführungsbeispiel parallel zur Ventilausnehmungs-Längsachse L2 verläuft.

Dadurch, dass der erfindungsgemäße, geschlossen ausgebildete Außenwandabschnitt 25B sich zumindest teilweise über den Ventilkörper 20B und die Ventildfeder 21B erstreckt und den Ventilraum 31B hülsenförmig und in Umfangsrichtung vollständig umgibt, kann

ein direktes Auftreffen des Hydraulikmediums auf dem Ventilkörper 20B und der Ventulfeder 21B vermieden werden und damit die Gefahr von Beschädigungen dieser Bauteile reduziert werden.

5 Dadurch kann das Hydraulikmedium zunächst in dem in Umfangsrichtung vollständig geschlossen ausgebildeten Ringraum verteilt werden, bevor es dann um 90° umgelenkt werden kann, um parallel zur Ventilausnehmungs-Längsachse L2 in Richtung einer nicht erkennbar dargestellten Eintrittsöffnung zu strömen und dann durch diese hindurch in den Ventilraum 31B einzutreten. Nach dem Umströmen von Ventilkörper 20B und Betätigungskörper 23B kann das Hydraulikmedium dann weiter in Richtung des  
10 Betätigungsmittels 16 in einen Drainage-Hydraulikkanal aus dem Ventilraum 31B ausströmen.

Der Hydraulikkanal 11B der Steuerungsventileinrichtung 14B, insbesondere der letzte Abschnitt im Bereich der Drossel 18B, mündet dabei unter einem Einmündungswinkel von 90° in den Strömungskanal, insbesondere in einem Winkel von 90° zur  
15 Ventilausnehmungs-Längsachse L2.

Der geschlossene Außenwandabschnitt 25B ist in diesem Fall dabei durch eine Außenfläche eines zylinderförmigen Abschnitts der Verschlusschraube 9 der Ventileinrichtung 14B gebildet und reicht bis an eine Dichtfläche 26B heran, wodurch der Strömungskanal an einer ersten Seite in axialer Richtung geschlossen ist und  
20 Hydraulikmedium mit reduzierter Strömungsgeschwindigkeit in Richtung des Ventilkörpers 20B und an diesem vorbei in den Ventilraum 31B geleitet wird.

Weist ein erfindungsgemäßes Pleuel mehrere Ventileinrichtungen und mehrere Hydraulikkanäle auf, können diese mit unterschiedlichen Winkeln jeweils in die zugehörige Ventilausnehmung einmünden.

25 Anhand von **Fig. 7**, welche einen Ausschnitt eines Teilschnitts durch das erfindungsgemäße Pleuel aus den Fig. 1 und 2 im Bereich der unteren Steuerventileinrichtung 14A entlang einer anderen Schnittebene als in den Fig. 4a und 4b zeigt, ist beispielsweise erkennbar, dass der Hydraulikkanal 11A nur mit einem Einmündungswinkel  $\alpha = 85^\circ$  einmündet.

Vorzugsweise münden jedoch beide Hydraulikkanäle 11A und 11B, wie in **Fig. 8** dargestellt, welche einen Ausschnitt eines Längsschnitts entlang einer senkrecht zu einer Kurbelwellenachse orientierten Ebene durch das erfindungsgemäße Pleuel aus den Fig. 1 und 2 im Bereich oberhalb der Ventileinrichtungen 14A und 14B der Längenverstelleinrichtung 7 oberhalb des großen Pleuelauges 3 zeigt, jeweils derart in die zugehörige Ventilausnehmung 6A bzw. 6B ein, dass eine Hydraulikkanal-Längsachse des an die Ventilausnehmung 6A bzw. 6B angrenzenden Abschnitts die zugehörige Ventilausnehmungs-Längsachse schneidet. Dadurch kann das Erzeugen eines Dralls im Hydraulikmediumstrom vermieden werden.

**Fig. 9** zeigt einen Ausschnitt eines Teilschnitts durch das erfindungsgemäße Pleuel aus den Fig. 1 und 2 im Bereich der unteren Steuerventileinrichtung 14A entlang einer weiteren Schnittebene, wobei in dieser Darstellung gut erkennbar ist, dass die Steuerventileinrichtungen 14A und 14B, insbesondere jeweils die Verschlusschraube 9, in ihrem geschlossenen Außenwandabschnitt 25A bzw. 25B jeweils einen an einen radialen Absatz angrenzenden Freistich 28A bzw. 28B aufweisen. Mit diesen lässt sich jeweils eine verbesserte Umlenkung des Hydraulikmediums in Richtung Ventilkörper 20A erreichen.

Anhand von Fig. 9 ist ferner zu erkennen, dass die Steuerventileinrichtungen 14A und 14B, insbesondere die Ventilausnehmung 6A nierenförmige Vertiefungen 30A und 30B im Bereich des Ventilkörpers 20A bzw. 20B aufweisen, um ein Umströmen, insbesondere ein Hinterströmen, der Ventilkörper 20A und 20B bis an den Ventilsitz heran zu ermöglichen, um ein Festsaugen der Ventilkörper 20A und 20B am Ventilsitz zu vermeiden.

**Fig. 10** zeigt eine stark vereinfachte, schematisierte Darstellung in perspektivischer Ansicht im Wesentlichen von schräg oben auf bzw. in die Ventilausnehmung 6A der unteren Steuerventileinrichtung 14A, wobei in dieser Ansicht die vier, in Umfangsrichtung gleichmäßig verteilt angeordneten, nierenförmigen bzw. atomförmigen Vertiefungen 30A gut zu erkennen sind.

Neben den Vertiefungen 30A sind ferner drei ebenfalls nierenförmige Bypass-Durchgangsöffnungen bzw. Aussparungen 32A zu erkennen, welche im Bereich des Betätigungskörpers (hier nicht dargestellt) angeordnet sind und ebenfalls in Umfangsrichtung gleichmäßig verteilt angeordnet sind. Diese ermöglichen eine

verbesserte Umströmung des Betätigungskörpers, insbesondere einen größeren Volumenstrom von Hydraulikmedium beim Entleeren des zugehörigen hydraulischen Arbeitsraums 10A.

In **Fig. 11** sind die Vertiefungen 30A sowie die Bypass-Durchgangsöffnungen 31A zum  
5 besseren Verständnis nochmal in Seitenansicht mit dem Betätigungskörper 23A dargestellt.

**Fig. 12** zeigt einen Ausschnitt eines ersten Schnitts durch ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen längenverstellbaren Pleuels 40 entlang einer ersten  
10 Schnittebene X-X' analog zu Fig. 1 und **Fig. 13** einen zweiten Schnitt entlang einer zweiten Schnittebene Y-Y' analog zu Fig. 1 durch das Pleuel 40, wobei funktionsgleiche, jedoch geometrisch unterschiedlich zum ersten Ausführungsbeispiel ausgebildete Bauteile mit einem Hochkomma gekennzeichnet sind.

Die Ventileinrichtungen 14A', 14B', 15A' und 15B' unterscheiden sich dabei im Wesentlichen dadurch von denen des vorbeschriebenen Pleuels 1, dass bei diesen die  
15 Führungseinheit 33A bzw. 33B bzw. 34A bzw. 34B für die Ventildfeder 21A' bzw. 21B', jeweils nicht durch die Verschlusschraube 9 bzw. 9' gebildet wird, sondern durch eine am Boden der zugehörigen Ventilausnehmung abgestützte Hülse 33A bzw. 33B bzw. 34A bzw. 34B.

Ein weiterer Unterschied ist, dass der erfindungsgemäße, geschlossene  
20 Außenwandabschnitt 25A' bzw. 25B' der Steuerventileinrichtungen 14A' und 14B' jeweils durch eine Außenwandfläche 25A' bzw. 25B' einer Ventilsitzeinheit gebildet wird.

In einer alternativen, in den Figuren nicht dargestellten Ausgestaltung kann der Hydraulikkanal auch derart in die Ventilausnehmung einmünden, dass eine  
25 Ventilausnehmungs-Längsachse eines letzten, an die Ventilausnehmung angrenzenden Hydraulikkanalabschnitts parallel zur Ventilausnehmungs-Längsachse der Ventilausnehmung verläuft, insbesondere mit dieser zusammenfällt.

In einer weiteren möglichen, insbesondere alternativen, Ausgestaltung kann der Strömungskanal auch dazu konfiguriert sein, das Hydraulikmedium in eine zweite  
30 Strömungsrichtung umzulenken, die senkrecht zur Ventilausnehmungs-Längsachse der Ventilausnehmung verläuft.

- 32 -

In einer weiteren möglichen, insbesondere alternativen, Ausgestaltung kann der geschlossen ausgebildete Außenabschnitt der Ventileinrichtung, der den Ventilraum der Ventileinrichtung zumindest teilweise umgibt, sich, bezogen auf die Ventilausnehmungs-Längsachse der Ventilausnehmung, zumindest teilweise in einer Ebene senkrecht zur  
5 Ventilausnehmungs-Längsachse der Ventilausnehmung erstrecken.

Die vorbeschriebenen Maßnahmen zur Vermeidung von Beschädigungen von Bauteilen einer Ventileinrichtung einer Längenverstelleinrichtung einer hydraulisch längenverstellbaren Pleuelstange eignen sich dabei nicht ausschließlich nur für Längenverstelleinrichtungen, die innerhalb eines Pleuelschafts angeordnet sind und eine  
10 teleskopartige Längenverstellung ermöglichen, wie bei den beschriebenen Ausführungsbeispielen, sondern können prinzipiell auch, insbesondere gegeben falls unter Vornahme entsprechender, insbesondere trivialer Anpassungen, in längenverstellbaren Pleuelstangen eingesetzt werden, die beispielsweise wie in der DE 10 2012 020 999 A1 beschrieben ausgebildet sind.

15 Des Weiteren ist eine Vielzahl an Abwandlungen, insbesondere konstruktiver Art, möglich, ohne den Inhalt der Patentansprüche zu verlassen.

Bezugszeichenliste

1, 40	längenverstellbare Pleuelstange
2, 2'	erster Pleuelteil
3	großes Pleuelauge
4	zweiter Pleuelteil
5	kleines Pleuelauge
6A, 6B	Steuerventilausnehmung
7	Längenverstelleinrichtung
8A, 8B	Rückschlagventilausnehmung
9, 9', 24	Sicherungsmittel
10	Führungszylinder / Hydraulikzylinder
10A	erster hydraulischer Arbeitsraum
10B	zweiter hydraulischer Arbeitsraum
11A, 11B	Hydraulikkanal
12	Hydraulikmediumzuleitung
13	Betätigungsausnehmung
14A, 14B	Steuerventileinrichtung
14A', 14B'	
15A, 15B	Rückschlagventileinrichtung
15A', 15B'	
16, 16'	Betätigungsmittel
17	mit zweiten Pleuelteil verbundener Hydraulikkolben
18A, 18B	Drossel
18B'	
19	Federelement
20A, 20B	Ventilkörper
21A, 21B	Ventilfeder
21A', 21B'	
22A, 22B	Ventilsitz
22A', 22B'	
23A, 23B	Betätigungskörper
25A, 25B	geschlossener Außenwandabschnitt

- 34 -

25A', 25B'	
26A, 26B	Dichtfläche
26A', 26B'	
27A, 27B	Innenwandabschnitt
27A', 27B'	
28A, 28B	Freistich
29A, 29B	Einmündungsöffnung
30A, 30B	Vertiefung
31A, 31B	Ventilraum
32A, 32B	Bypass-Durchgangsöffnung
33A, 33B	Federführungselement
34A, 34B	
L	wirksame Pleuellänge
Z	Pleuellängsachse
L1, L2	Steuerventillängsachse
S1	erste Strömungsrichtung
S2	zweite Strömungsrichtung
$\alpha$	Einmündungswinkel

## Patentansprüche

1. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, wobei eine wirksame Pleuellänge (L) des Pleuels (1, 40) veränderbar ist, wobei das Pleuel (1, 40) zur Veränderung der wirksamen Pleuellänge (L) eine hydraulische Längenverstelleinrichtung (7) aufweist, die
  - wenigstens einen hydraulischen Arbeitsraum (10A, 10B),
  - wenigstens einen Hydraulikkanal (11A, 11B) zum Abführen von Hydraulikmedium aus dem hydraulischen Arbeitsraum (10A, 10B),
  - wenigstens eine Ventilausnehmung (6A, 6B) mit einer Ventilausnehmungslängsachse(L1, L2), und
  - eine in der Ventilausnehmung (6A, 6B) angeordnete Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') mit einem Ventilraum (31A, 31B) aufweist;  
wobei die Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') zum Öffnen und/oder Sperren eines Hydraulikmediumabflusses aus dem hydraulischen Arbeitsraum (10A, 10B) ausgebildet ist, und  
wobei der Hydraulikkanal (11A, 11B) in einem Strömungsweg zwischen der Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') und dem hydraulischen Arbeitsraum (10A, 10B) angeordnet ist und mit einem ersten Ende an einer Einmündungsöffnung (29A, 29B) in einem Innenwandabschnitt (27A, 27B) der Ventilausnehmung (6A, 6B) in die Ventilausnehmung (6A, 6B) einmündet,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') wenigstens einen, der Einmündungsöffnung (29A, 29B) gegenüberliegenden Außenwandabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B') aufweist, der wenigstens in einem Bereich gegenüber von der Einmündungsöffnung (29A, 29B) geschlossen ausgebildet ist und den Ventilraum (31A, 31B) der Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') zumindest teilweise umgibt, wobei der geschlossen ausgebildete Außenwandabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B') der Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') zusammen mit dem die Einmündungsöffnung (29A, 29B) umgebenden Innenwandabschnitt (27A, 27B, 27A', 27B') der Ventilausnehmung (6A, 6B) einen Strömungskanal ausbildet, wobei der Strömungskanal dazu konfiguriert ist, aus dem Hydraulikkanal (11A,

- 11B) mit einer ersten Strömungsrichtung (S1) austretendes und in die Ventilausnehmung (6A, 6B) eintretendes Hydraulikmedium vor dem Eintritt in den Ventilraum (31A, 31B) der Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') zumindest teilweise in eine von der ersten Strömungsrichtung verschiedene zweite Strömungsrichtung (S2) umzulenken.
2. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungskanal dazu konfiguriert ist, das Hydraulikmedium in eine zweite Strömungsrichtung (S2) umzulenken, die parallel zur Ventilausnehmungs-Längsachse (L1, L2) der Ventilausnehmung (6A, 6B) verläuft.
  3. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungskanal weiter dazu konfiguriert ist, eine Strömungsgeschwindigkeit eines aus dem Hydraulikkanal (11A, 11B) austretenden und in die Ventilausnehmung (6A, 6B) eintretenden Hydraulikmediums vor dem Eintritt in den Ventilraum (31A, 31B) der Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') zu reduzieren.
  4. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass in einem an die Ventilausnehmung (6A, 6B) angrenzenden Hydraulikkanalabschnitt eine Drossel (18A, 18B, 18B') angeordnet ist oder dieser Hydraulikkanalabschnitt als Drossel (18A, 18B, 18B') ausgebildet ist.
  5. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Hydraulikkanal (11A, 11B) über eine umfangsseitige Wand (27A, 27B, 27A', 27B') der Ventilausnehmung (6A, 6B) in die Ventilausnehmung (6A, 6B) einmündet, vorzugsweise mit einem Winkel von wenigstens 30°, 45°, 60°, 70°, 80° oder 85° zur Ventilausnehmungs-Längsachse (L1, L2) der Ventilausnehmung (6A, 6B), insbesondere jedoch höchstens mit einem Winkel von 90° und damit senkrecht zur Ventilausnehmungs-Längsachse (L1, L2) der Ventilausnehmung (6A, 6B).
  6. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Hydraulikkanal (11A, 11B) derart in die Ventilausnehmung

- 37 -

- (6A, 6B) einmündet, dass eine Hydraulikkanal-Längsachse des an die Ventilausnehmung (6A, 6B) angrenzenden Hydraulikkanalabschnitts die Ventilausnehmungs-Längsachse (L1, L2) der Ventilausnehmung (6A, 6B) schneidet, wobei die Hydraulikkanal-Längsachse des an die Ventilausnehmung (6A, 6B) angrenzenden Hydraulikkanalabschnitts insbesondere mit der Ventilausnehmungs-Längsachse (L1, L2) in einer gemeinsamen Längsmittlebene der Ventilausnehmung (6A, 6B) liegt.
7. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der geschlossen ausgebildete Außenabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B') der Ventileinrichtung (14A, 14B; 14A', 14B'), der den Ventilraum (31A, 31B) zumindest teilweise umgibt, bezogen auf die Ventilausnehmungs-Längsachse (L1, L2) der Ventilausnehmung (6A, 6B), den Ventilraum (31A, 31B) zumindest teilweise in Umfangsrichtung umgibt.
  8. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungskanal ein sich, bezogen auf die Ventilausnehmungs-Längsachse (L1, L2) der Ventilausnehmung, zumindest teilweise in axialer Richtung und zumindest teilweise in Umfangsrichtung erstreckendes Ringraumsegment oder ein sich zumindest teilweise in axialer Richtung und über den gesamten Umfang erstreckender Ringraum ist.
  9. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungskanal an einer ersten Seite geschlossen ausgebildet ist und an einer gegenüberliegenden, zweiten Seite offen, wobei der Strömungskanal insbesondere über die zweite Seite mit dem Ventilraum (31A, 31B) fluidkommunizierend verbunden ist.
  10. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der geschlossen ausgebildete Außenwandabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B'), der zusammen mit dem die Einmündungsöffnung (29A, 29B) umgebenden Innenwandabschnitt (27A, 27B, 27A', 27B') der Ventilausnehmung (6A, 6B) den Strömungskanal bildet, eine Nut und/oder eine Fase aufweist, insbesondere

eine sich zumindest teilweise in Umfangsrichtung erstreckende Nut und/oder eine Fase, insbesondere einen an eine Schulter oder an einen sich in radialer Richtung erstreckenden Absatz angrenzenden Freistich (28A, 28B).

11. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') einen im Ventilraum (31A, 31B) angeordneten, zum Öffnen der Ventileinrichtung entgegen einer Rückstellkraft, insbesondere entgegen einer Rückstellkraft einer Ventilfeeder (21A, 21B, 21A', 21B'), von einem Ventilsitz (22A, 22B, 22A', 22B') entlang einer Ventilhubachse abhebbaren Ventilkörper (20A, 20B) aufweist, wobei der geschlossen ausgebildete Außenabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B') der Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B'), der mit dem die Einmündungsöffnung (29A, 29B) umgebenden Innenwandabschnitt (27A, 27B, 27A', 27B') den Strömungskanal bildet, den Ventilraum (31A, 31B) zumindest teilweise im Bereich des Ventilkörpers (20A, 20B) und/oder der Ventilfeeder (21A, 21B, 21A', 21B') umgibt, wobei die Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') mit der Ventilhubachse insbesondere parallel zur Ventilausnehmungs-Längsachse (L1, L2) der Ventilausnehmung (6A, 6B) angeordnet ist.
12. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') eine Ventilsitzeinheit mit einem Ventilsitz (22A, 22B, 22A', 22B') aufweist, wobei der geschlossen ausgebildete Außenwandabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B'), der zusammen mit dem die Einmündungsöffnung (29A, 29B) umgebenden Innenwandabschnitt (27A, 27B, 27A', 27B') der Ventilausnehmung (6A, 6B) den Strömungskanal bildet, durch einen Außenwandabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B') der Ventilsitzeinheit gebildet ist.
13. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') eine Federführungseinheit (34A, 34B) aufweist zur axialen Abstützung und/oder zur Führung der Ventilfeeder (21A, 21B, 21A', 21B'), wobei der geschlossen ausgebildete Außenwandabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B'), der zusammen mit dem die Einmündungsöffnung (29A, 29B) umgebenden Innenwandabschnitt (27A, 27B, 27A', 27B') der

Ventilausnehmung (6A, 6B) den Strömungskanal bildet, durch einen Außenwandabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B') der Federführungseinheit (34A, 34B) gebildet ist.

14. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') ein Sicherungsmittel (9, 9') aufweist, insbesondere eine Verschlusschraube (9, 9'), mittels welcher Teile der Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') oder die gesamte Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') gegen ein Herausfallen aus der Ventilausnehmung (6A, 6B) gesichert sind, wobei insbesondere das Sicherungsmittel (9, 9') zur axialen Abstützung und/oder zur Führung der Ventilfeeder (21A, 21B, 21A', 21B') ausgebildet ist.
15. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein an den Ventilsitz (22A, 22B, 22A', 22B') des Ventilkörpers (20A, 20B) angrenzender und/oder den Ventilkörper (20A, 20B) im Bereich des Ventilsitzes (22A, 22B, 22A', 22B') zumindest teilweise mantelförmig umgebender Innenwandabschnitt (27A, 27B, 27A', 27B') wenigstens eine sich zumindest über einen definierten Bereich in Umfangsrichtung und zumindest in radialer Richtung nach außen und in axialer Richtung erstreckende Vertiefung (30A, 30B) aufweist, vorzugsweise wenigstens eine Vertiefung (30A, 30B) mit einem halbkreisförmigen, halbellenförmigen, nierenförmigen oder atomförmigen Radialquerschnitt, insbesondere mehrere, gleichmäßig in Umfangsrichtung verteilt angeordnete derartige Vertiefungen (30A, 30B).
16. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') eine betätigbare Steuerventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B) ist, insbesondere eine mittels eines stangenartigen, axial verschiebbaren, Betätigungselementes (16, 16') betätigbare Steuerventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B), wobei der Ventilkörper (20A, 20B) der Steuerventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B) in einer ersten Betätigungsposition des stangenartigen Betätigungselements (16, 16') vom Ventilsitz (22A, 22B, 22A', 22B') abgehoben ist und ein Hydraulikmediumabfluss aus dem Hydraulikraum über den Hydraulikkanal (11A, 11B), in die Ventilausnehmung (6A, 6B) und

- 40 -

durch den Ventilraum (31A, 31B) hindurch geöffnet ist, und in einer zweiten Betätigungsposition des Betätigungselements (16) der Ventilkörper (20A, 20B) der Steuerventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B) am Ventilsitz (22A, 22B; 22A', 22B') anliegt und ein Hydraulikmediumabfluss aus dem Hydraulikraum über den Hydraulikkanal (11A, 11B), in die Ventilausnehmung (6A, 6B) und durch den Ventilraum (31A, 31B) hindurch gesperrt ist.

17. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B) ferner einen Betätigungskörper (23A, 23B) aufweist, der zwischen dem Ventilkörper (20A, 20B) und dem stangenartigen Betätigungselement (16, 16') angeordnet ist, und der insbesondere zur mechanischen Übertragung einer Betätigung des Betätigungselements (16, 16') auf den Ventilkörper (20A, 20B) dient.
18. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass ein an einen Ventilsitz (22A, 22B, 22A', 22B') des Betätigungskörpers (23A, 23B) angrenzender und/oder den Betätigungskörper (23A, 23B) im Bereich des zugehörigen Ventilsitzes (22A, 22B, 22A', 22B') zumindest teilweise mantelförmig umgebender Innenwandabschnitt (27A, 27B, 27A', 27B') wenigstens eine sich zumindest über einen definierten Bereich in Umfangsrichtung und zumindest in radialer Richtung nach außen und in axialer Richtung erstreckende Bypass-Durchgangsöffnung (32A, 32B) aufweist, vorzugsweise wenigstens eine Bypass-Durchgangsöffnung (32A, 32B) mit einem halbkreisförmigen, halbellenförmigen, nierenförmigen oder atomförmigen Radialquerschnitt, insbesondere mehrere, gleichmäßig in Umfangsrichtung verteilt angeordnete derartige Bypass-Durchgangsöffnungen (33A, 33B).
19. Hubkolbenmaschine, insbesondere Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit einem längenverstellbaren Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 18.
20. Fahrzeug, insbesondere Kraftfahrzeug, mit einer Hubkolbenmaschine nach Anspruch 19.

1/10

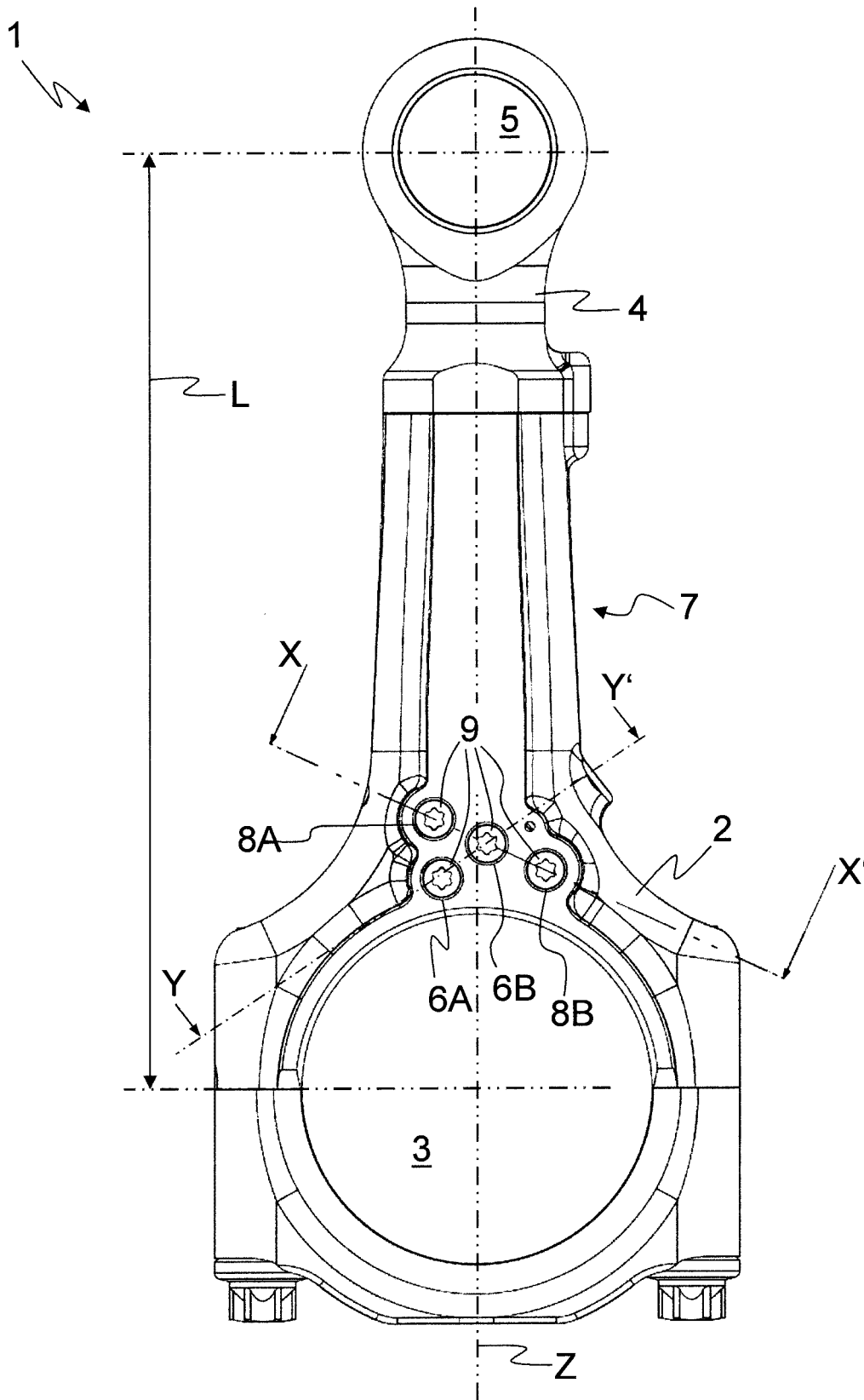


Fig. 1

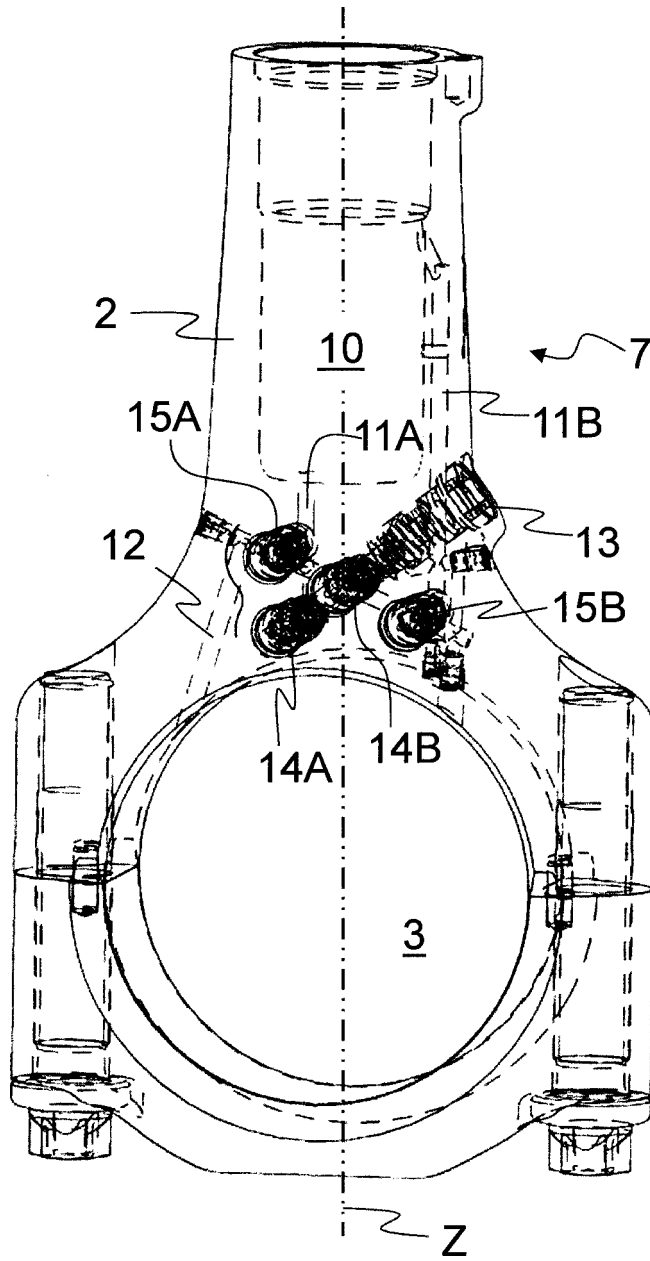
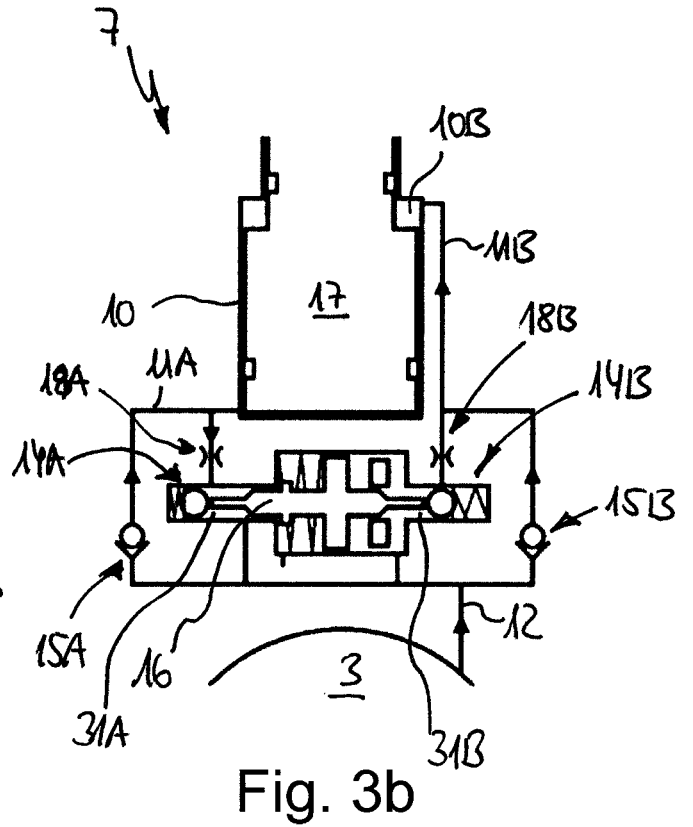
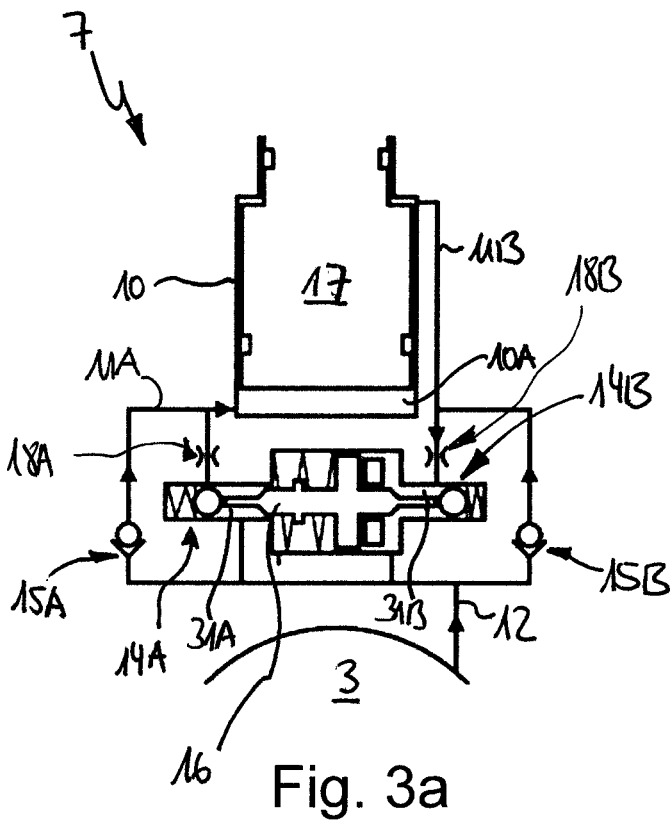
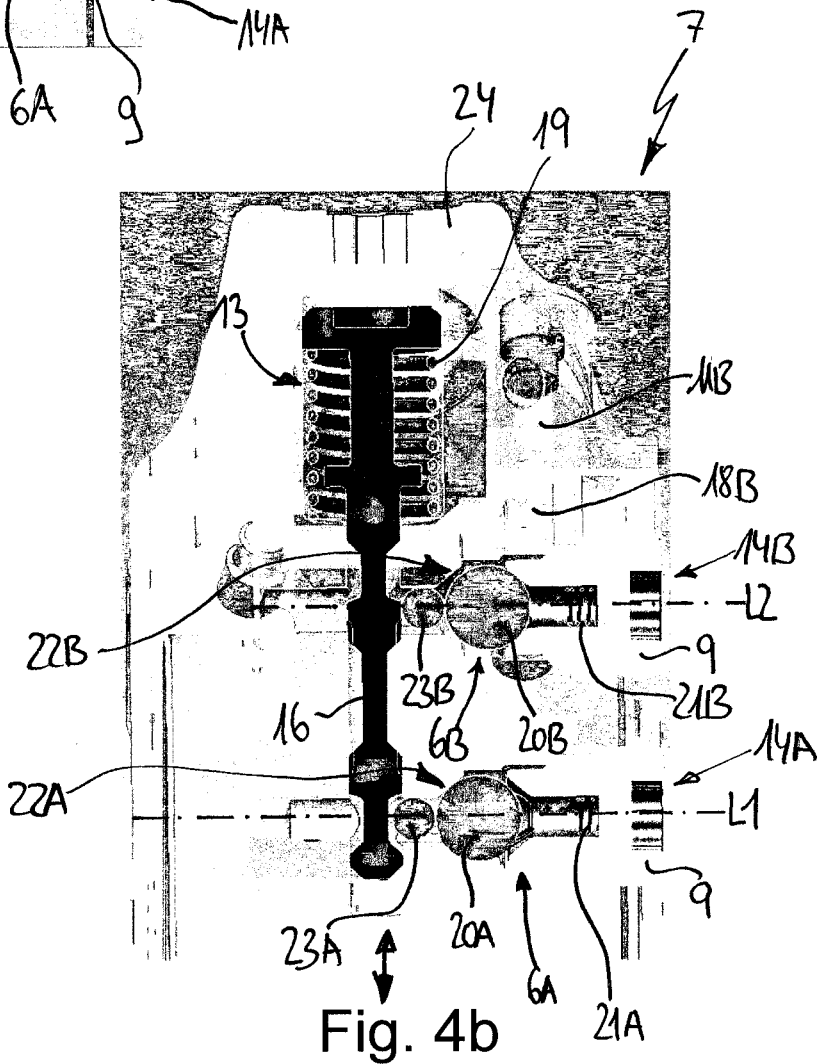
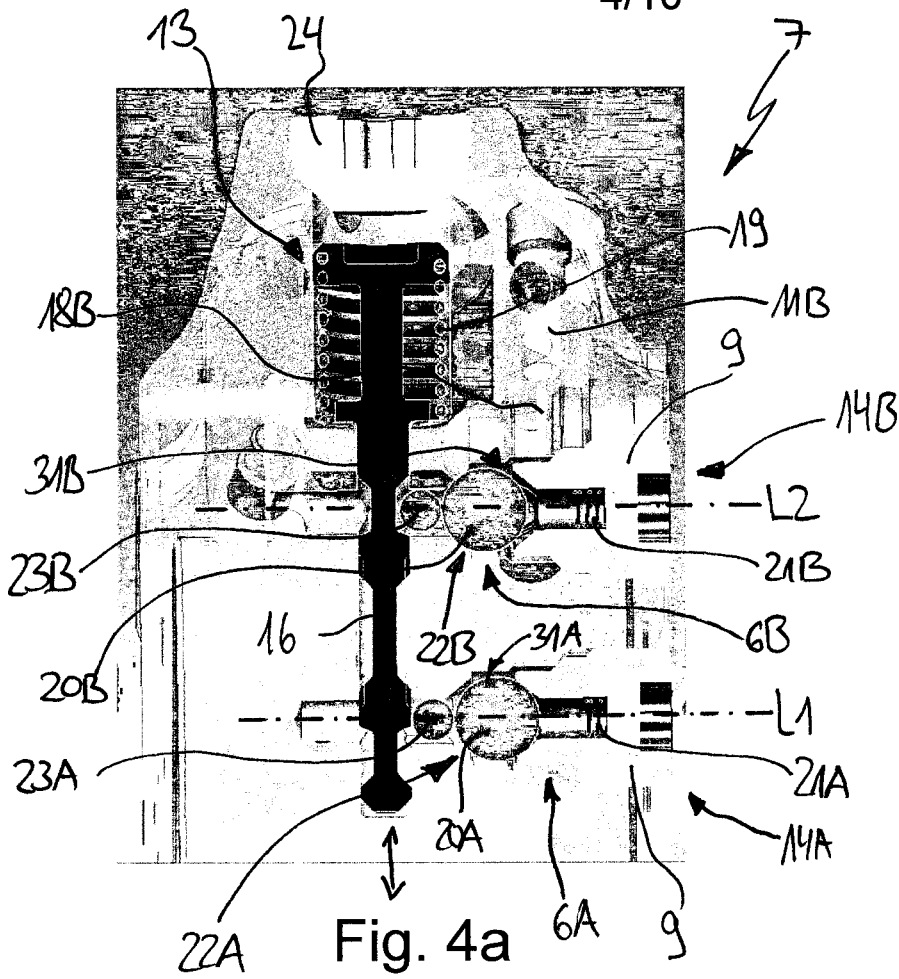
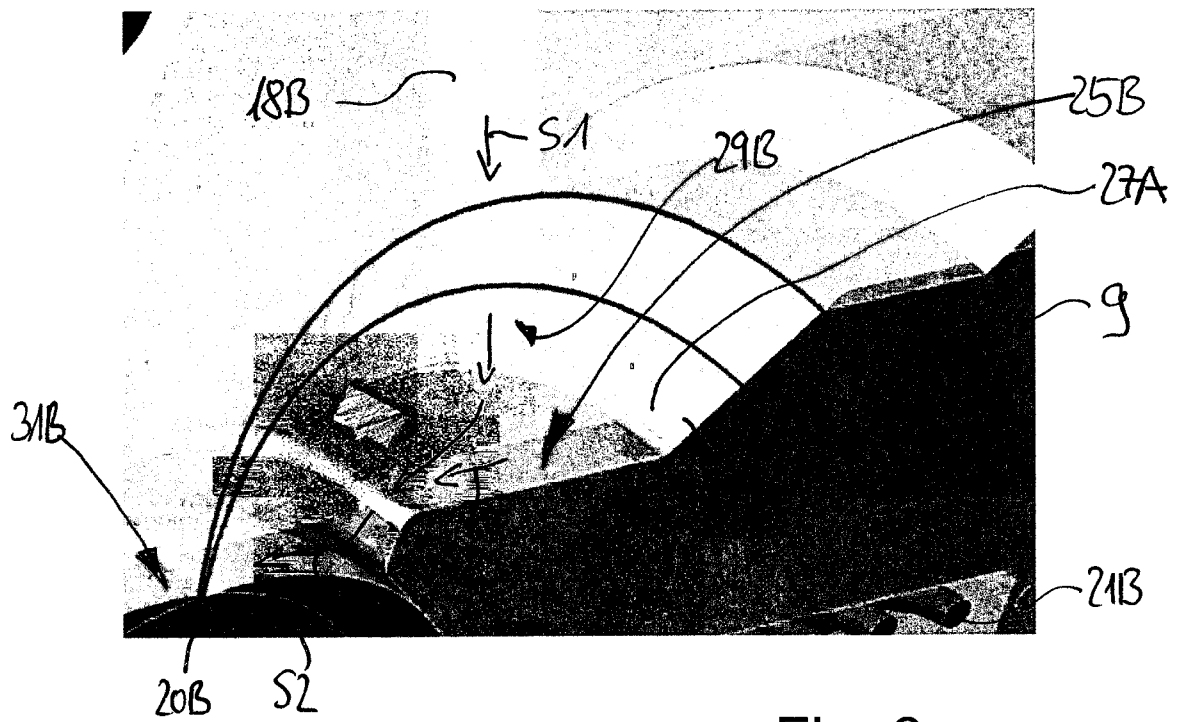
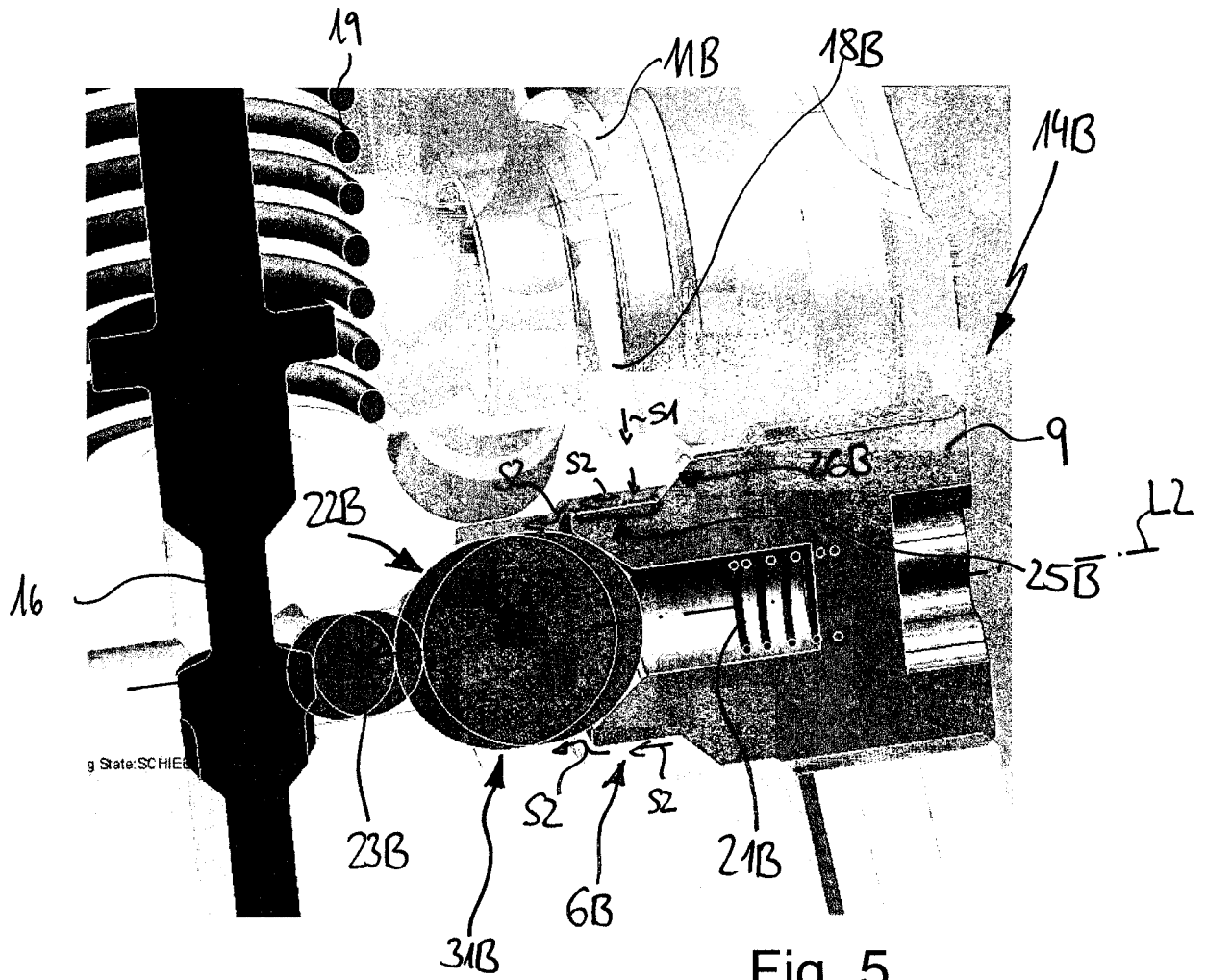


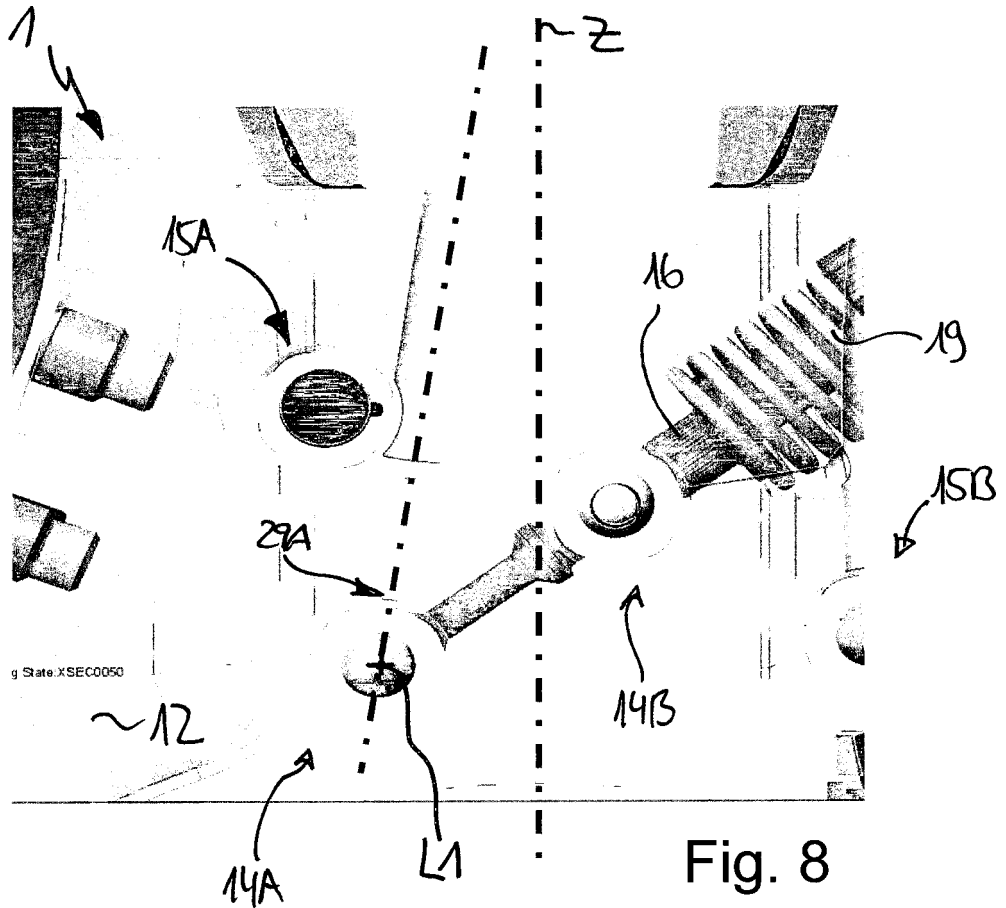
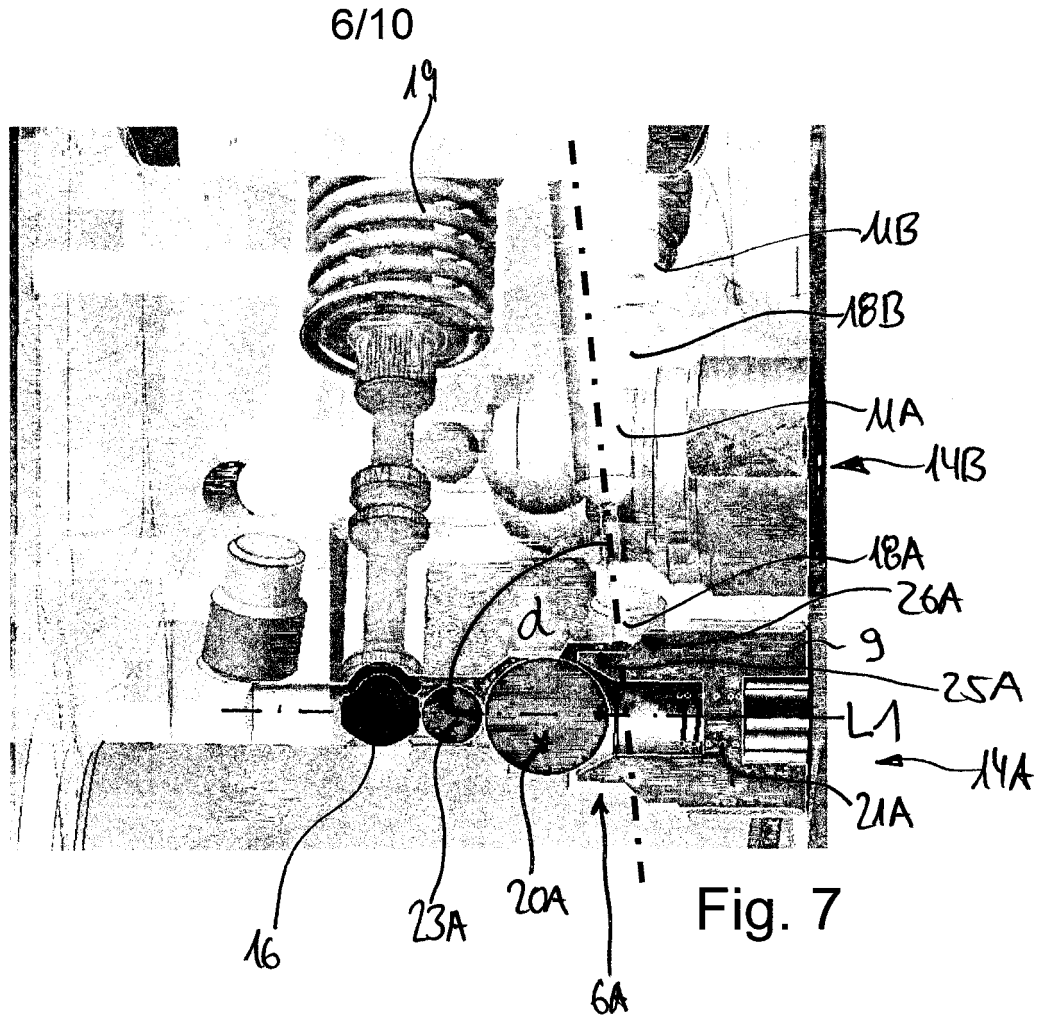
Fig. 2



4/10







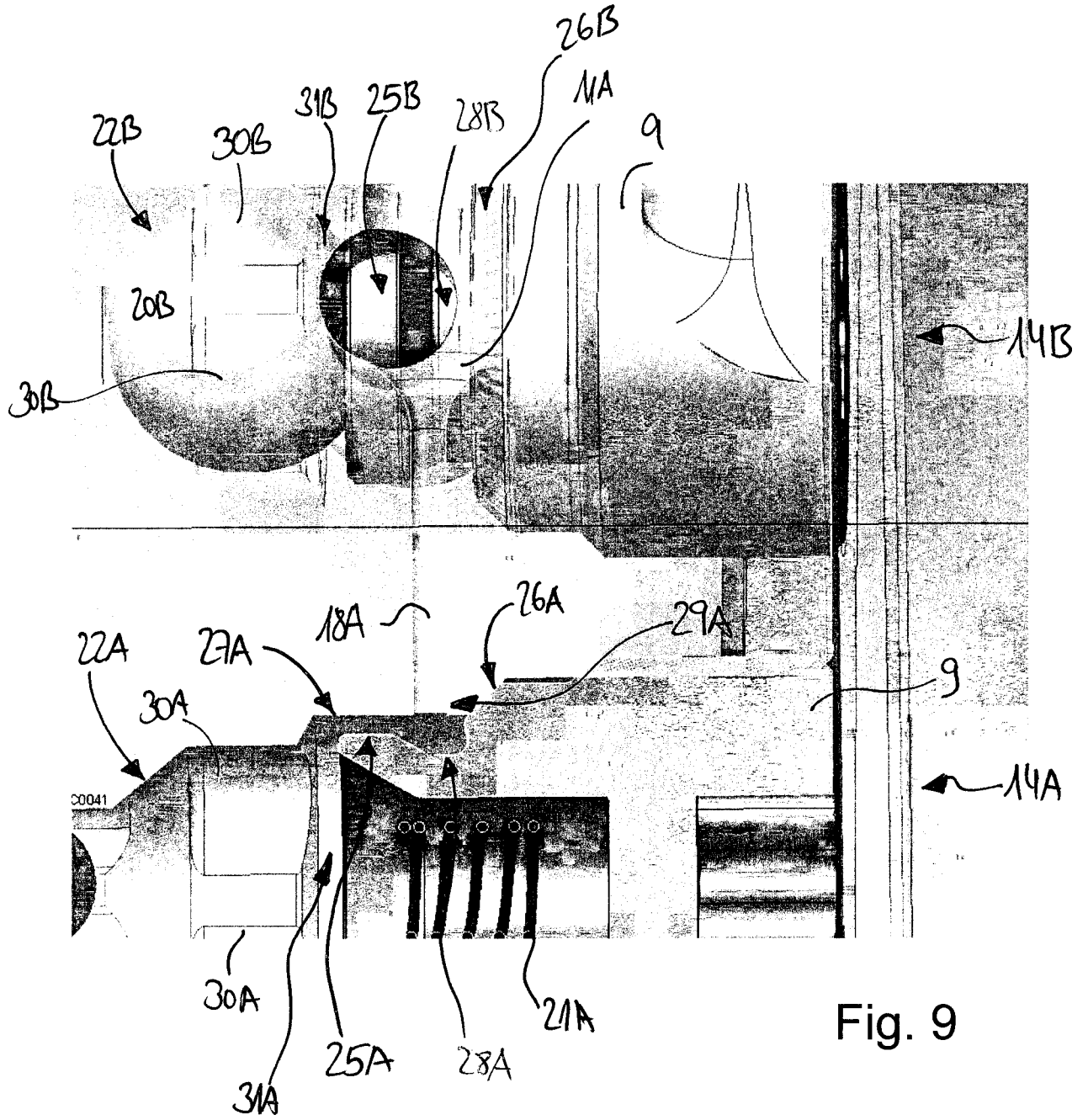


Fig. 9

8/10

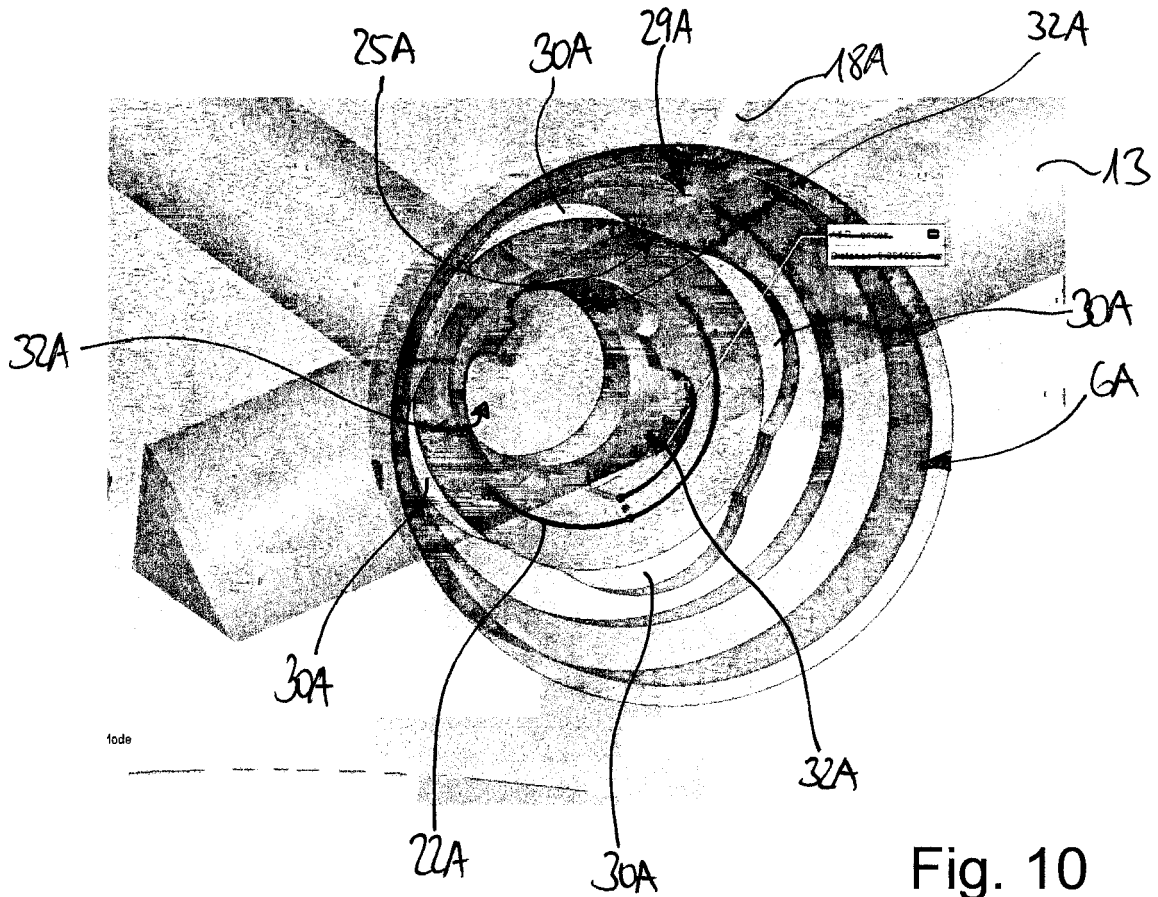


Fig. 10

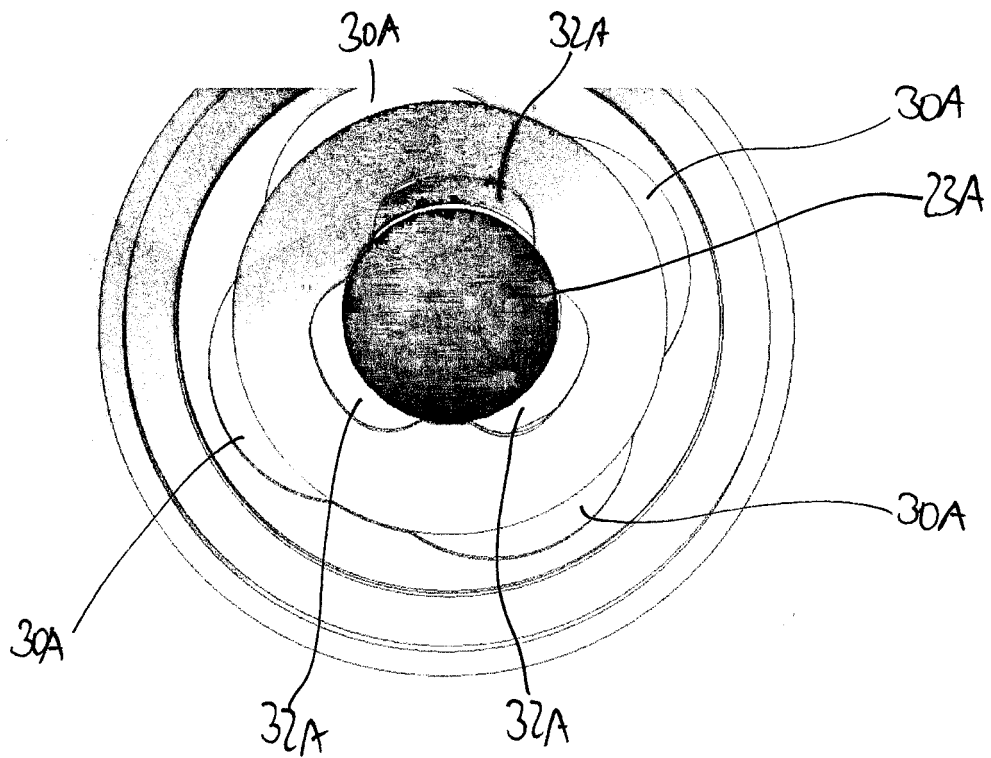
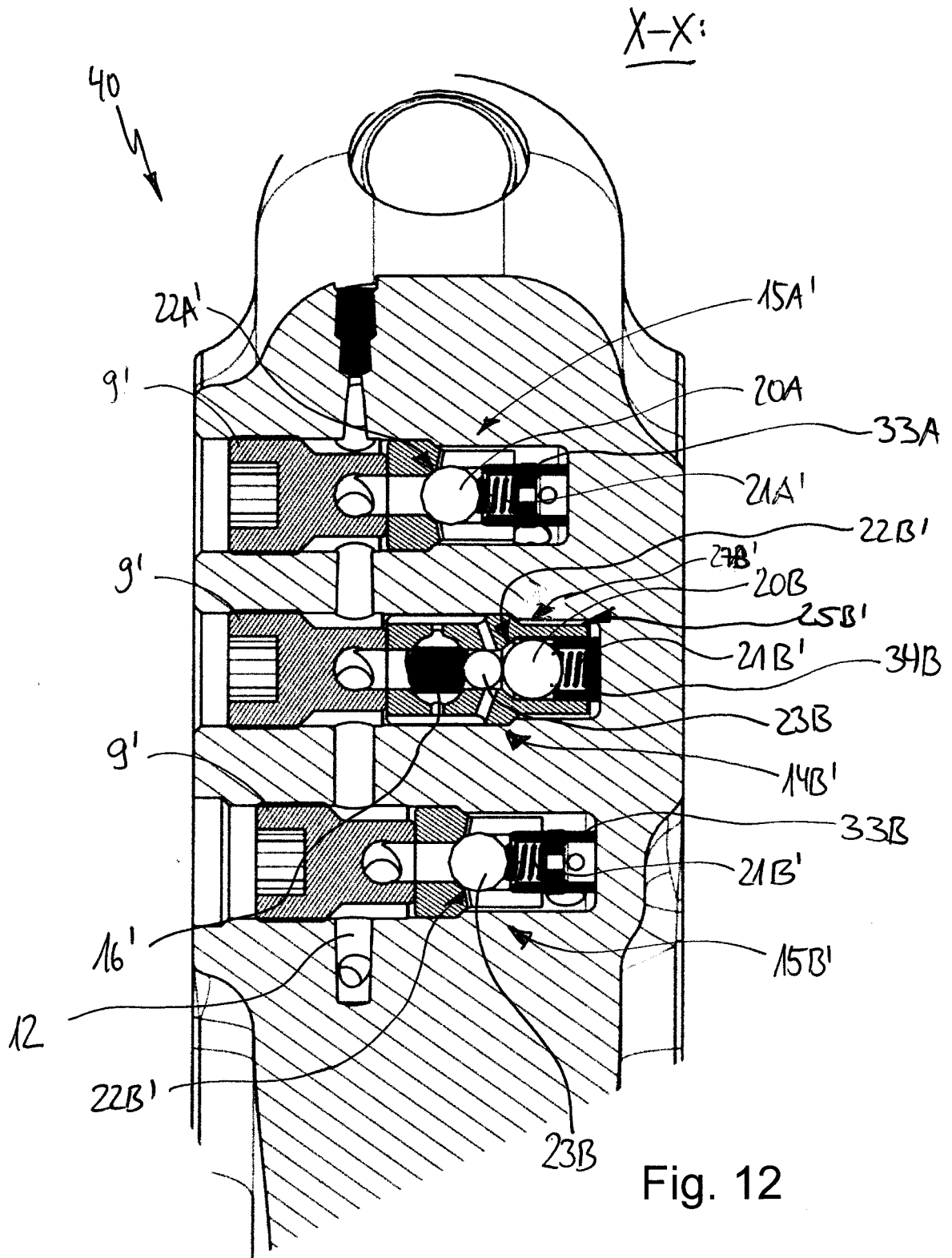


Fig. 11





## Patentansprüche

1. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, wobei das Pleuel (1, 40) einen ersten Pleuelteil (2) mit einem großen Pleuelauge (3) und einen zweiten Pleuelteil (4) mit einem kleinen Pleuelauge (5) aufweist und eine wirksame Pleuellänge (L) des Pleuels (1, 40) veränderbar ist, wobei das Pleuel (1, 40) zur Veränderung der wirksamen Pleuellänge (L) eine hydraulische Längenverstelleinrichtung (7) aufweist, die
  - wenigstens einen hydraulischen Arbeitsraum (10A, 10B),
  - wenigstens einen Hydraulikkanal (11A, 11B) zum Abführen von Hydraulikmedium aus dem hydraulischen Arbeitsraum (10A, 10B),
  - wenigstens eine Ventilausnehmung (6A, 6B) mit einer Ventilausnehmungslängsachse(L1, L2), und
  - eine in der Ventilausnehmung (6A, 6B) angeordnete Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') mit einem Ventilraum (31A, 31B) aufweist;  
wobei die Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') zum Öffnen und/oder Sperren eines Hydraulikmediumabflusses aus dem hydraulischen Arbeitsraum (10A, 10B) ausgebildet ist, und  
wobei der Hydraulikkanal (11A, 11B) in einem Strömungsweg zwischen der Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') und dem hydraulischen Arbeitsraum (10A, 10B) angeordnet ist und mit einem ersten Ende an einer Einmündungsöffnung (29A, 29B) in einem Innenwandabschnitt (27A, 27B) der Ventilausnehmung (6A, 6B) in die Ventilausnehmung (6A, 6B) einmündet,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') wenigstens einen, der Einmündungsöffnung (29A, 29B) gegenüberliegenden Außenwandabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B') aufweist, der wenigstens in einem Bereich gegenüber von der Einmündungsöffnung (29A, 29B) geschlossen ausgebildet ist und den Ventilraum (31A, 31B) der Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') zumindest teilweise umgibt, wobei der geschlossen ausgebildete Außenwandabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B') der Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') zusammen mit dem die Einmündungsöffnung (29A, 29B) umgebenden Innenwandabschnitt (27A, 27B, 27A', 27B') der Ventilausnehmung (6A, 6B) einen Strömungskanal ausbildet,

- 36 -

wobei der Strömungskanal dazu konfiguriert ist, aus dem Hydraulikkanal (11A, 11B) mit einer ersten Strömungsrichtung (S1) austretendes und in die Ventilausnehmung (6A, 6B) eintretendes Hydraulikmedium vor dem Eintritt in den Ventilraum (31A, 31B) der Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') zumindest teilweise in eine von der ersten Strömungsrichtung verschiedene zweite Strömungsrichtung (S2) umzulenken.

2. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungskanal dazu konfiguriert ist, das Hydraulikmedium in eine zweite Strömungsrichtung (S2) umzulenken, die parallel zur Ventilausnehmungs-Längsachse (L1, L2) der Ventilausnehmung (6A, 6B) verläuft.
3. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungskanal weiter dazu konfiguriert ist, eine Strömungsgeschwindigkeit eines aus dem Hydraulikkanal (11A, 11B) austretenden und in die Ventilausnehmung (6A, 6B) eintretenden Hydraulikmediums vor dem Eintritt in den Ventilraum (31A, 31B) der Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') zu reduzieren.
4. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass in einem an die Ventilausnehmung (6A, 6B) angrenzenden Hydraulikkanalabschnitt eine Drossel (18A, 18B, 18B') angeordnet ist oder dieser Hydraulikkanalabschnitt als Drossel (18A, 18B, 18B') ausgebildet ist.
5. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Hydraulikkanal (11A, 11B) über eine umfangsseitige Wand (27A, 27B, 27A', 27B') der Ventilausnehmung (6A, 6B) in die Ventilausnehmung (6A, 6B) einmündet, vorzugsweise mit einem Winkel von wenigstens 30°, 45°, 60°, 70°, 80° oder 85° zur Ventilausnehmungs-Längsachse (L1, L2) der Ventilausnehmung (6A, 6B), insbesondere jedoch höchstens mit einem Winkel von 90° und damit senkrecht zur Ventilausnehmungs-Längsachse (L1, L2) der Ventilausnehmung (6A, 6B).

6. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Hydraulikkanal (11A, 11B) derart in die Ventilausnehmung (6A, 6B) einmündet, dass eine Hydraulikkanal-Längsachse des an die Ventilausnehmung (6A, 6B) angrenzenden Hydraulikkanalabschnitts die Ventilausnehmungs-Längsachse (L1, L2) der Ventilausnehmung (6A, 6B) schneidet, wobei die Hydraulikkanal-Längsachse des an die Ventilausnehmung (6A, 6B) angrenzenden Hydraulikkanalabschnitts insbesondere mit der Ventilausnehmungs-Längsachse (L1, L2) in einer gemeinsamen Längsmittlebene der Ventilausnehmung (6A, 6B) liegt.
7. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der geschlossen ausgebildete Außenabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B') der Ventileinrichtung (14A, 14B; 14A', 14B'), der den Ventilraum (31A, 31B) zumindest teilweise umgibt, bezogen auf die Ventilausnehmungs-Längsachse (L1, L2) der Ventilausnehmung (6A, 6B), den Ventilraum (31A, 31B) zumindest teilweise in Umfangsrichtung umgibt.
8. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungskanal ein sich, bezogen auf die Ventilausnehmungs-Längsachse (L1, L2) der Ventilausnehmung, zumindest teilweise in axialer Richtung und zumindest teilweise in Umfangsrichtung erstreckendes Ringraumsegment oder ein sich zumindest teilweise in axialer Richtung und über den gesamten Umfang erstreckender Ringraum ist.
9. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungskanal an einer ersten Seite geschlossen ausgebildet ist und an einer gegenüberliegenden, zweiten Seite offen, wobei der Strömungskanal insbesondere über die zweite Seite mit dem Ventilraum (31A, 31B) fluidkommunizierend verbunden ist.
10. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der geschlossen ausgebildete Außenwandabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B'), der zusammen mit dem die Einmündungsöffnung (29A, 29B)

umgebenden Innenwandabschnitt (27A, 27B, 27A', 27B') der Ventilausnehmung (6A, 6B) den Strömungskanal bildet, eine Nut und/oder eine Fase aufweist, insbesondere eine sich zumindest teilweise in Umfangsrichtung erstreckende Nut und/oder eine Fase, insbesondere einen an eine Schulter oder an einen sich in radialer Richtung erstreckenden Absatz angrenzenden Freistich (28A, 28B).

11. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') einen im Ventilraum (31A, 31B) angeordneten, zum Öffnen der Ventileinrichtung entgegen einer Rückstellkraft, insbesondere entgegen einer Rückstellkraft einer Ventilfeeder (21A, 21B, 21A', 21B'), von einem Ventilsitz (22A, 22B, 22A', 22B') entlang einer Ventilhubachse abhebbaren Ventilkörper (20A, 20B) aufweist, wobei der geschlossen ausgebildete Außenabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B') der Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B'), der mit dem die Einmündungsöffnung (29A, 29B) umgebenden Innenwandabschnitt (27A, 27B, 27A', 27B') den Strömungskanal bildet, den Ventilraum (31A, 31B) zumindest teilweise im Bereich des Ventilkörpers (20A, 20B) und/oder der Ventilfeeder (21A, 21B, 21A', 21B') umgibt, wobei die Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') mit der Ventilhubachse insbesondere parallel zur Ventilausnehmungslängsachse (L1, L2) der Ventilausnehmung (6A, 6B) angeordnet ist.
12. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') eine Ventilsitzeinheit mit einem Ventilsitz (22A, 22B, 22A', 22B') aufweist, wobei der geschlossen ausgebildete Außenwandabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B'), der zusammen mit dem die Einmündungsöffnung (29A, 29B) umgebenden Innenwandabschnitt (27A, 27B, 27A', 27B') der Ventilausnehmung (6A, 6B) den Strömungskanal bildet, durch einen Außenwandabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B') der Ventilsitzeinheit gebildet ist.
13. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') eine Federführungseinheit (34A, 34B) aufweist zur axialen Abstützung und/oder zur Führung der Ventilfeeder (21A, 21B, 21A', 21B'), wobei der geschlossen ausgebildete Außenwandabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B'), der zusammen mit dem die Einmündungsöffnung

- (29A, 29B) umgebenden Innenwandabschnitt (27A, 27B, 27A', 27B') der Ventilausnehmung (6A, 6B) den Strömungskanal bildet, durch einen Außenwandabschnitt (25A, 25B, 25A', 25B') der Federführungseinheit (34A, 34B) gebildet ist.
14. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') ein Sicherungsmittel (9, 9') aufweist, insbesondere eine Verschlusschraube (9, 9'), mittels welcher Teile der Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') oder die gesamte Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') gegen ein Herausfallen aus der Ventilausnehmung (6A, 6B) gesichert sind, wobei insbesondere das Sicherungsmittel (9, 9') zur axialen Abstützung und/oder zur Führung der Ventilfeeder (21A, 21B, 21A', 21B') ausgebildet ist.
15. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein an den Ventilsitz (22A, 22B, 22A', 22B') des Ventilkörpers (20A, 20B) angrenzender und/oder den Ventilkörper (20A, 20B) im Bereich des Ventilsitzes (22A, 22B, 22A', 22B') zumindest teilweise mantelförmig umgebender Innenwandabschnitt (27A, 27B, 27A', 27B') wenigstens eine sich zumindest über einen definierten Bereich in Umfangsrichtung und zumindest in radialer Richtung nach außen und in axialer Richtung erstreckende Vertiefung (30A, 30B) aufweist, vorzugsweise wenigstens eine Vertiefung (30A, 30B) mit einem halbkreisförmigen, halbellenförmigen, nierenförmigen oder atomförmigen Radialquerschnitt, insbesondere mehrere, gleichmäßig in Umfangsrichtung verteilt angeordnete derartige Vertiefungen (30A, 30B).
16. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B') eine betätigbare Steuerventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B) ist, insbesondere eine mittels eines stangenartigen, axial verschiebbaren, Betätigungselementes (16, 16') betätigbare Steuerventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B), wobei der Ventilkörper (20A, 20B) der Steuerventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B) in einer ersten Betätigungsposition des stangenartigen Betätigungselements (16, 16') vom Ventilsitz (22A, 22B, 22A', 22B') abgehoben ist und ein Hydraulikmediumabfluss aus dem

- 40 -

Hydraulikraum über den Hydraulikkanal (11A, 11B), in die Ventilausnehmung (6A, 6B) und durch den Ventilraum (31A, 31B) hindurch geöffnet ist, und in einer zweiten Betätigungsposition des Betätigungselements (16) der Ventilkörper (20A, 20B) der Steuerventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B) am Ventilsitz (22A, 22B; 22A', 22B') anliegt und ein Hydraulikmediumabfluss aus dem Hydraulikraum über den Hydraulikkanal (11A, 11B), in die Ventilausnehmung (6A, 6B) und durch den Ventilraum (31A, 31B) hindurch gesperrt ist.

17. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerventileinrichtung (14A, 14B, 14A', 14B) ferner einen Betätigungskörper (23A, 23B) aufweist, der zwischen dem Ventilkörper (20A, 20B) und dem stangenartigen Betätigungselement (16, 16') angeordnet ist, und der insbesondere zur mechanischen Übertragung einer Betätigung des Betätigungselements (16, 16') auf den Ventilkörper (20A, 20B) dient.
18. Längenverstellbares Pleuel (1, 40) nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass ein an einen Ventilsitz (22A, 22B, 22A', 22B') des Betätigungskörpers (23A, 23B) angrenzender und/oder den Betätigungskörper (23A, 23B) im Bereich des zugehörigen Ventilsitzes (22A, 22B, 22A', 22B') zumindest teilweise mantelförmig umgebender Innenwandabschnitt (27A, 27B, 27A', 27B') wenigstens eine sich zumindest über einen definierten Bereich in Umfangsrichtung und zumindest in radialer Richtung nach außen und in axialer Richtung erstreckende Bypass-Durchgangsöffnung (32A, 32B) aufweist, vorzugsweise wenigstens eine Bypass-Durchgangsöffnung (32A, 32B) mit einem halbkreisförmigen, halbellenförmigen, nierenförmigen oder atomförmigen Radialquerschnitt, insbesondere mehrere, gleichmäßig in Umfangsrichtung verteilt angeordnete derartige Bypass-Durchgangsöffnungen (33A, 33B).
19. Hubkolbenmaschine, insbesondere Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit einem längenverstellbaren Pleuel (1, 40) nach einem der Ansprüche 1 bis 18.
20. Fahrzeug, insbesondere Kraftfahrzeug, mit einer Hubkolbenmaschine nach Anspruch 19.