

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50856/2019  
(22) Anmeldetag: 08.10.2019  
(43) Veröffentlicht am: 15.04.2021

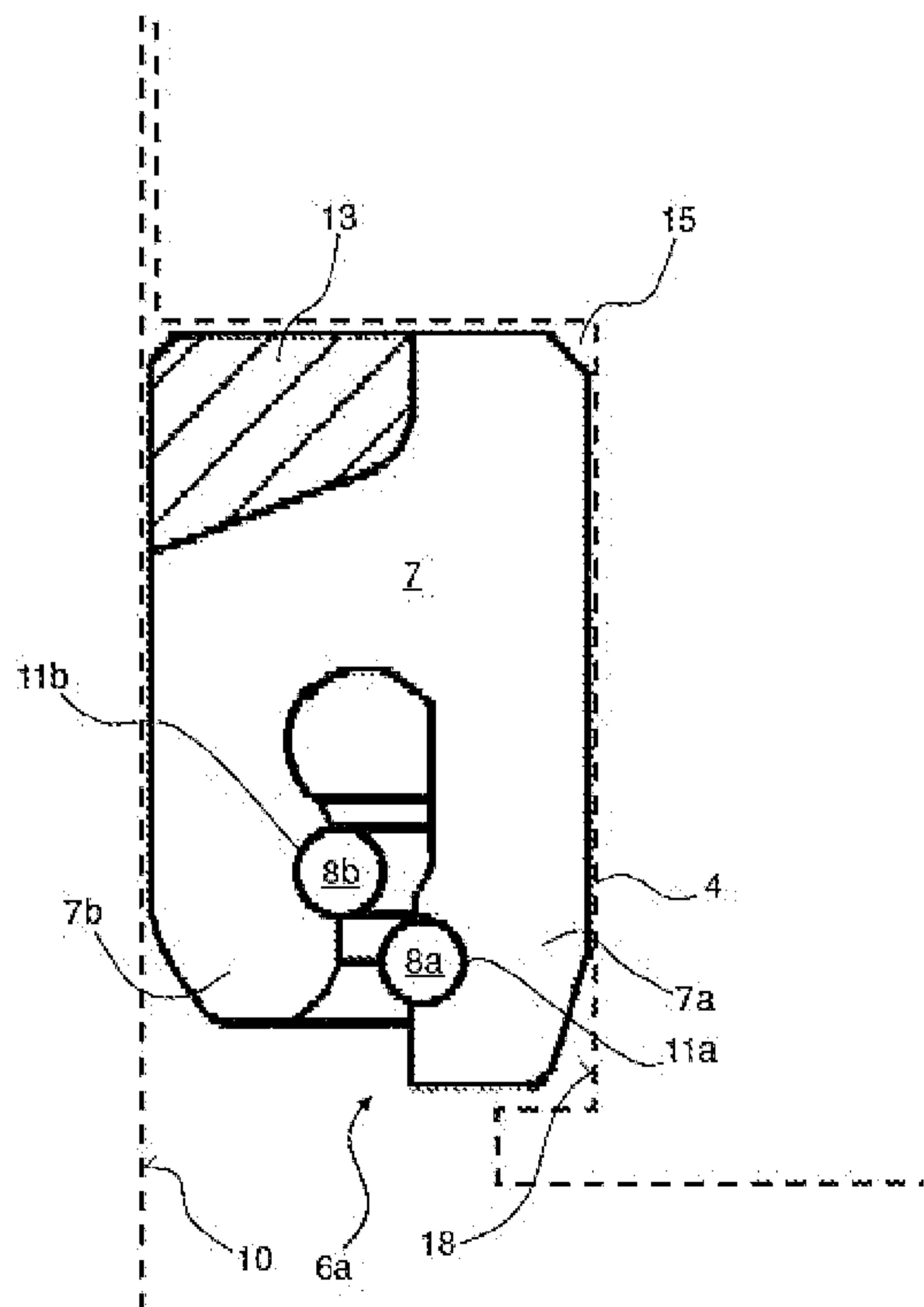
(51) Int. Cl.: F02B 75/04 (2006.01)  
F16C 7/06 (2006.01)  
F16J 15/3232 (2016.01)  
F16J 15/3236 (2016.01)  
F16J 15/3208 (2016.01)  
F16J 15/3212 (2016.01)  
F16J 9/06 (2006.01)  
B25B 27/12 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
EP 3312482 A1  
US 5992856 A  
CN 208966764 U  
JP S6157270 U  
US 2162104 A  
DE 102017217492 A1  
EP 3519709 A1  
AT 15890 U1  
WO 2018060458 A1  
DE 102017110363 A1  
US 3645543 A  
WO 2015055582 A2  
DE 102012020999 A1

(71) Patentanmelder:  
AVL List GmbH  
8020 Graz (AT)  
iwi motorsysteme GmbH & Co. KG  
81369 München (DE)  
  
(72) Erfinder:  
Hödl Bernhard Dipl.Ing.  
8051 Graz (AT)  
Melde-Tuczai Helmut Dipl.Ing.  
8042 Graz (AT)  
  
(74) Vertreter:  
Kopetz Heinrich Dipl.Ing.  
8020 Graz (AT)

(54) **Längenverstellbares Pleuel mit einer Dichtungsvorrichtung**

(57) Die Erfindung betrifft ein längenverstellbares Pleuel (1) für eine Hubkolbenmaschine, das eine Hydraulikeinrichtung (2) zur Verstellung einer effektiven Länge (L) des Pleuels (1) mit wenigstens einem Hydraulikzylinder (3) und einem darin verschieblich angeordneten Hydraulikkolben (4), welcher einen Arbeitsraum (5a, 5b) begrenzt, aufweist, wobei der Arbeitsraum (5a, 5b) durch wenigstens eine Dichtungsvorrichtung (6) abgedichtet ist. Die Dichtungsvorrichtung (6) weist ein Dichtelement (7) und wenigstens ein erstes und ein zweites Federelement (8a, 8b) auf, wobei das erste Federelement (8a) eine Kraft in der Weise auf einen ersten Abschnitt (7a) des Dichtelements (7) ausübt, dass der erste Abschnitt (7a) gegen eine Kolbenstange (9) des Hydraulikkolbens (4) oder den Hydraulikkolben (4) gepresst wird und das zweite Federelement (8b) eine Kraft in der Weise auf einen zweiten Abschnitt (7b) des Dichtelements (7) ausübt, dass der zweite Abschnitt (7b) gegen eine Zylinderwand (10) des Hydraulikzylinders (3) gepresst wird. Die Erfindung betrifft weiters ein Hubkolbenmaschine, ein Kraftfahrzeug, eine Dichtungsvorrichtung und ein Herstellungsverfahren.



**Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft ein längenverstellbares Pleuel (1) für eine Hubkolbenmaschine, das eine Hydraulikeinrichtung (2) zur Verstellung einer effektiven Länge (L) des Pleuels (1) mit wenigstens einem Hydraulikzylinder (3) und einem darin verschieblich angeordneten Hydraulikkolben (4), welcher einen Arbeitsraum (5a, 5b) begrenzt, aufweist, wobei der Arbeitsraum (5a, 5b) durch wenigstens eine Dichtungsvorrichtung (6) abgedichtet ist. Die Dichtungsvorrichtung (6) weist ein Dichtelement (7) und wenigstens ein erstes und ein zweites Federelement (8a, 8b) auf, wobei das erste Federelement (8a) eine Kraft in der Weise auf einen ersten Abschnitt (7a) des Dichtelements (7) ausübt, dass der erste Abschnitt (7a) gegen eine Kolbenstange (9) des Hydraulikkolbens (4) oder den Hydraulikkolben (4) gepresst wird und das zweite Federelement (8b) eine Kraft in der Weise auf einen zweiten Abschnitt (7b) des Dichtelements (7) ausübt, dass der zweite Abschnitt (7b) gegen eine Zylinderwand (10) des Hydraulikzylinders (3) gepresst wird. Die Erfindung betrifft weiters ein Hubkolbenmaschine, ein Kraftfahrzeug, eine Dichtungsvorrichtung und ein Herstellungsverfahren.

Fig. 4

## Längenverstellbares Pleuel mit einer Dichtungsvorrichtung

Die Erfindung betrifft ein längenverstellbares Pleuel für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, wobei das Pleuel eine Hydraulikeinrichtung aufweist, mittels welcher eine effektive Länge des Pleuels verstellbar ist, wobei die Hydraulikeinrichtung wenigstens einen Hydraulikzylinder und einen darin verschieblich angeordneten Hydraulikkolben, welcher einen Arbeitsraum begrenzt, aufweist, und wobei der Arbeitsraum durch wenigstens eine Dichtungsvorrichtung abgedichtet ist. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Hubkolbenmaschine mit einem solchen längenverstellbaren Pleuel sowie ein entsprechendes Kraftfahrzeug und ein Herstellungsverfahren für ein solches längenverstellbares Pleuel.

Federelemente sind in der Regel dazu ausgebildet, zusammen mit einem Dichtelement in einer radialen Dichtungsnut angeordnet zu werden und das Dichtelement zu stützen.

Dichtungsvorrichtungen dienen in der Regel zur Abdichtung eines Dichtspaltes, wobei für die verschiedensten Anwendungsfälle eine Vielzahl an verschiedenen Dichtungsvorrichtungen und Dichtungsanordnungen bekannt sind. Auch Federelemente für Dichtungsvorrichtungen sind aus dem Stand der Technik grundsätzlich allgemein bekannt. Beispielsweise sind gattungsgemäße Dichtungsanordnungen, Dichtungsvorrichtungen und Federelemente in dem Dokument US 3,645,543 beschrieben.

Mittels längenverstellbarer Pleuel kann in einer Hubkolbenmaschine ein Verdichtungsverhältnis verändert werden. Auf diese Weise kann das Betriebsverhalten einer Hubkolbenmaschine verändert werden. Aus dem Stand der Technik sind längenverstellbare Pleuel grundsätzlich bekannt, insbesondere hydraulische längenverstellbare Pleuel, beispielsweise aus dem Dokument WO 2015/055582 A2 oder dem Dokument DE 10 2012 020 999 A1. Ein Beispiel eines längenverstellbaren Pleuels ist in Fig. 1 gezeigt.

- 2 -

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Pleuel bereitzustellen. Insbesondere ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein Pleuel mit einer höheren Zuverlässigkeit und/oder Lebensdauer bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein längenverstellbares Pleuel nach Anspruch 1, eine Hubkolbenmaschine nach Anspruch 13, ein Kraftfahrzeug nach Anspruch 14 und ein Herstellungsverfahren nach Anspruch 16. Vorteilhafte Ausgestaltungen werden in den Unteransprüchen beansprucht.

Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft ein längenverstellbares Pleuel für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, wobei das Pleuel eine Hydraulikeinrichtung aufweist, mittels welcher eine effektive Länge des Pleuels verstellbar ist, wobei die Hydraulikeinrichtung wenigstens einen Hydraulikzylinder und einen darin verschieblich angeordneten Hydraulikkolben, welcher einen Arbeitsraum begrenzt, aufweist. Der Arbeitsraum ist durch wenigstens eine Dichtungsvorrichtung abgedichtet. Die Dichtungsvorrichtung weist ein Dichtelement und wenigstens ein erstes und ein zweites Federelement auf. Weiter übt das erste Federelement eine Kraft in der Weise auf einen ersten Abschnitt, insbesondere eine erste Dichtlippe, des Dichtelements aus, dass der erste Abschnitt gegen eine Kolbenstange des Hydraulikkolbens gepresst wird, und weiter übt das zweite Federelement eine Kraft in der Weise auf einen zweiten Abschnitt, insbesondere eine zweite Dichtlippe, des Dichtelements aus, dass der zweite Abschnitt gegen eine Zylinderwand des Hydraulikzylinders gepresst wird.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft eine Hubkolbenmaschine mit wenigstens einem längenverstellbaren Pleuel.

Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeug mit einer Hubkolbenmaschine.

Ein vierter Aspekt der Erfindung betrifft eine Dichtungsvorrichtung mit einem Dichtelement und wenigstens einem ersten und einem zweiten Federelement, wobei das erste Federelement eine Kraft in der Weise auf einen ersten Abschnitt, insbesondere eine erste Dichtlippe, des Dichtelements ausübt, dass der erste

Abschnitt gegen ein erstes Widerlager gepresst werden kann und das zweite Federelement eine Kraft in der Weise auf einen zweiten Abschnitt, insbesondere eine zweite Dichtlippe, des Dichthelements ausübt, dass der zweite Abschnitt gegen ein zweites Widerlager gepresst werden kann.

Ein fünfter Aspekt der Erfindung betrifft ein Herstellungsverfahren für ein längenverstellbares Pleuel, wobei in einem ersten Schritt wenigstens ein Montagewerkzeug an einem Dichthelement angesetzt wird und in einem zweiten Schritt das erste Federelement bzw. der erste Dichtring auf einer Kegelfläche des wenigstens einen Montagewerkzeugs in das Dichthelement, insbesondere in eine erste Nut des Dichthelements, geschoben wird und in einem dritten Schritt das zweite Federelement bzw. der zweite Dichtring auf einer Hohlkegelfläche des wenigstens einen Montagewerkzeugs an das Dichthelement, insbesondere eine zweite Nut des Dichthelements, geschoben wird. Auf diese Weise lässt sich eine besonders einfache Montage der Dichtungsvorrichtung am Pleuel verwirklichen.

Die im Nachfolgenden erläuterten Merkmale und Vorteile in Bezug auf den ersten Aspekt der Erfindung gelten auch für die übrigen Aspekte der Erfindung und umgekehrt.

Ein Kraftfahrzeug im Sinne der Erfindung ist ein motorgetriebenes Fahrzeug, insbesondere Land-, Luft- oder Wasserfahrzeug.

Die Erfindung beruht insbesondere auf der Erkenntnis, dass in Arbeitsräumen von hydraulisch längenverstellbaren Pleueln, insbesondere bei Hubkolbenbrennkraftmaschinen, sehr hohe Drücke von mehr als 1000 bar, je nach Ausführung und Betriebspunkt sogar von mehr als 2000 bar oder 3000 bar, auftreten können. Dies stellt besonders hohe Anforderungen an die einzelnen Komponenten einer Vorrichtung eines solchen Arbeitsraums, insbesondere hinsichtlich der Maßhaltigkeit, der Festigkeit, der Lebensdauer sowie der chemischen Beständigkeit und/oder der Korrosionsbeständigkeit.

Insbesondere müssen die Dichtungsvorrichtungen hierbei dynamische Druckbelastungen aushalten. Im oberen Totpunkt (OT) des Gaswechsels – Gaswechsel-OT – zieht die Massekraft des Hubkolbens das Pleuel nach oben. In

dieser Phase entsteht im Arbeitsraum – bei einer Ausführung mit Stufenkolben und zwei Arbeitsräumen im unteren Arbeitsraum – bei kurzer Stange sogar Vakuum. Im Zünd-OT kommt es bei langer Stange im Arbeitsraum zu einer hohen Druckbelastung bzw. entsteht bei einer Ausführung mit Stufenkolben und zwei Arbeitsräumen im oberen Arbeitsraum ein Vakuum. Damit schwankt der Druck in dem Arbeitsraum bzw. den Arbeitsräumen zwischen Vakuum und einem Druckspitzenwert. Damit ein Dichtelement, insbesondere Dichtlippen, sich insbesondere in der Phase des Vakuums nicht von Zylinderflächen abheben können, ist es ein interner Stand der Technik der Anmelderin, das Dichtelement mit einer Feder gegen die Oberflächen des Hydraulikzylinders zu drücken. Im internen Stand der Technik der Anmelderin hat eine solche Feder eine V-Form, wie in Fig. 2 dargestellt, oder eine tangential an den Umfang des Dichtelements zylindrische Schraubenfeder. Die Feder sollte der Verformung der Zylinderoberfläche folgen, und zwar an jeder Stelle der Zylinderoberflächen. Daraus ergibt sich eine Belastung mit der Frequenz der Hubkolbenmaschine und einer Amplitude einer Verformung der Dichtungsvorrichtung.

Die Erfindung beruht nun auf der weiteren Erkenntnis, dass eine solche Belastung zu einem Dauerbruch einer Feder führen könnte.

Um dies zu vermeiden, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, statt der Feder zwei Federelemente zu verbauen. Die beiden Federelemente sind hierbei vorzugsweise vollständig voneinander getrennte Elemente. Insbesondere ist es für die Funktion der beiden Federelemente nicht nachteilig, wenn diese zwei getrennte Elemente sind, beispielsweise wenn diese erst im Betrieb des Pleuels voneinander getrennt werden.

Das erste Federelement wirkt zu einer Achse der Hydraulikeinrichtung hin und dichtet den Arbeitsraum gegenüber der Kolbenstange ab.

Das zweite Federelement wirkt von einer Achse der Hydraulikeinrichtung weg und bewirkt eine Abdichtung gegen die Zylinderwand des Hydraulikzylinders.

Die Funktion der beiden Abschnitte des Dichtelements bzw. der Federelemente ist hierbei vorzugsweise unabhängig voneinander. Weiter vorzugsweise wird die

Funktion des ersten Federelements nicht durch die Funktion des zweiten Federelements beeinflusst bzw. umgekehrt.

Da die beiden Federelemente nicht miteinander bzw. gegeneinander verspannt sind, tritt eine geringere Materialbelastung auf, was zu einer geringeren bzw. späteren Ermüdung des Materials führt. Des Weiteren kann auch bei Funktionsverlust eines der Federelemente das andere Federelement weiterhin seine volle Funktion erfüllen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Pleuels folgen die Federelemente im Wesentlichen der Form des Dichtelements. Hierdurch wird ein guter Kontakt mit dem Dichtelement und der Kolbenstange und/oder dem Hydraulikzylinder gewährleistet.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Pleuels sind die Federelemente in Richtung einer Längsachse der Hydraulikeinrichtung versetzt zueinander angeordnet. Hierdurch kann der Durchmesser der Federelemente bei gleichbleibender Größe des Dichtelements größer gemacht werden. Zudem können größere Kräfte mittels der Federelemente erzeugt werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Pleuels weist das Dichtelement im Querschnitt im Wesentlichen eine U-Form auf, und die beiden Schenkel der U-Form bilden den ersten Abschnitt und den zweiten Abschnitt. Hierdurch kann eine besonders einfache Montage erreicht werden, indem die beiden Federelemente durch die Öffnungen der U-Form in die U-Form eingebracht werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Pleuels ist ein Boden der U-Form in Richtung jenes Bereichs des Hydraulikkolbens angeordnet, welcher die größte radiale Ausdehnung aufweist. Hierdurch kann eine Montage der Federelemente nach Aufbringen des Dichtelements auf den Kolben in die U-Form eingebracht werden. Dies ermöglicht eine besonders einfache Montage.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Pleuels ist die wenigstens eine Dichtungsvorrichtung in einer Ausnehmung bzw. Dichtungsnut des Hydraulikkolbens angeordnet. Hierdurch kann ein besonders sicherer Sitz der

Dichtungsvorrichtung gewährleistet werden. Vorzugsweise ist diese Ausnehmung an der der Zylinderwand des Hydraulikzylinders zugewandten Seite des Hydraulikkolbens angeordnet.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Pleuels wird eine relative Position der Federelemente zueinander durch das Dichtelement definiert. Insbesondere werden die Federelemente in dem Dichtelement gehalten. Hierdurch kann eine Beabstandung der Federelemente gewährleistet werden, ohne dass die Federelemente unmittelbar verbunden werden müssen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Federelemente wenigstens im Wesentlichen als Ringe, insbesondere Schnappringe, ausgebildet, welche an einer Stelle unterbrochen sind. Solche Ringe lassen sich besonders einfach montieren und eignen sich besonders gut als Federelemente.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weisen die Federelemente Metall, insbesondere Federstahldraht, auf oder bestehen aus diesem. Dieser Werkstoff ist besonders geeignet für die Federelemente und erfüllt besonders gut die Anforderungen in Bezug auf die Temperaturanforderungen in einer Brennkraftmaschine. Aufgrund der geringen Spannung in den Federelementen können aber auch andere Werkstoffe zum Einsatz kommen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weisen die Abschnitte des Dichtelementes wenigstens eine erste Nut oder einen ersten Hohlraum und eine zweite Nut oder einen zweiten Hohlraum auf, wobei die Federelemente jeweils in einer der Nuten oder einem der Hohlräume angeordnet sind. In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die wenigstens eine erste Nut an einer Wandung der ersten Dichtlippe angeordnet, die der zweiten Dichtlippe zugewandt und die zweite Nut an einer Wandung der zweiten Dichtlippe angeordnet, die der ersten Dichtlippe zugewandt ist. Vorzugsweise sind die Federelemente dabei in der Weise gehalten, dass diese nicht durch Beschleunigung des Pleuels aus den Abschnitten des Dichtelements austreten können.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Federelemente in der Weise ausgebildet, dass deren Eigenfrequenz niedriger als eine Betriebsfrequenz des

Pleuels und/oder einer Hubkolbenmaschine und/oder des in einer Hubkolbenmaschine bestimmungsgemäß verwendeten Pleuels liegen. Hierdurch wird verhindert, dass eine Dichtleistung der Dichtungsvorrichtung durch bestimmte Betriebsarten bzw. Betriebspunkte beeinträchtigt werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Pleuels werden die Kräfte wenigstens im Wesentlichen durch elastische Dehnung der Federelemente erzeugt. Hierdurch kann eine besonders gute Dichtwirkung der Dichtungsvorrichtungen erreicht werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Pleuels sind die Federelemente in der Weise ausgelegt bzw. eingerichtet, dass sich die Abschnitte des Dichtelements im Normalbetrieb des Pleuels und/oder einer Hubkolbenmaschine nicht von der Kolbenstange und der Zylinderwand abheben können.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Pleuels sind die Federelemente für eine Verwendung zur Abdichtung des Arbeitsraums mit einem Betriebsdruck in einem Bereich von 1000 bar bis 3000 bar, insbesondere von 1500 bar bis 2800 bar, ausgelegt. Das heißt, die Kraft, welche die Federelemente erzeugen, ist so stark, dass sich die Dichtelemente – speziell auch unter Vakuum – nicht abheben. Hierdurch wird eine besonders hohe Dichtleistung erreicht.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist das Pleuel einen ersten Pleuelteil und einen zweiten Pleuelteil auf, welche zum Verstellen der effektiven Länge des Pleuels, insbesondere entlang einer Längsachse des Pleuels, relativ zueinander verschiebbar sind. Vorzugsweise sind der erste Pleuelteil und der zweite Pleuelteil zum Verstellen der effektiven Länge des Pleuels insbesondere teleskopartig ineinander- und auseinanderschiebbar, wobei der erste Pleuelteil den Hydraulikzylinder und der zweite Pleuelteil den Hydraulikkolben bildet. Durch diese Ausgestaltung lässt sich eine besonders effektive Längenverstellung des Pleuels erreichen.

Weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich aus der Beschreibung im Zusammenhang mit den Figuren. Es zeigen:

- Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines längenverstellbaren Pleuels mit einer erfindungsgemäßen Dichtungsvorrichtung in einem Längsschnitt,
- Fig. 2 eine Dichtungsvorrichtung in vergrößertem Querschnitt,
- Fig. 3 einen vergrößerten Ausschnitt des Pleuels aus Fig. 1 im Bereich der Dichtungsvorrichtungen mit einem erfindungsgemäßen Dichtelement im eingebauten Zustand,
- Fig. 4a ein Ausführungsbeispiel einer Dichtvorrichtung des Pleuels aus den Fig. 1 und 3 im eingebauten Zustand in vergrößerter Einzeldarstellung im Querschnitt,
- Fig. 4b das Ausführungsbeispiel einer Dichtvorrichtung des Pleuels aus Fig. 4a im nicht-eingebauten, unbelasteten Zustand,
- Fig. 5 ein Ausführungsbeispiel eines zweiten Federelements,
- Fig. 6 ein Ausführungsbeispiel eines ersten Federelements,
- Fig. 7 ein Ausführungsbeispiel eines Montagewerkzeugs für eine Dichtungsvorrichtung, und
- Fig. 8 ein Ablaufdiagramm eines Herstellungsverfahrens.

**Fig.1** zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen, längenverstellbaren Pleuels 1, das für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Verbrennungskraftmaschine für einen Personenkraftwagen, vorgesehen ist. Dieses Ausführungsbeispiel eines Pleuels 1 umfasst einen ersten Pleuelteil 1a und einen zweiten Pleuelteil 1b, welche in Richtung einer Längsachse A des Pleuels 1 relativ zueinander bewegbar sind. Die beiden Pleuelteile 1a und 1b sind zur Änderung der effektiven Pleuellänge L vorzugsweise teleskopartig ineinander- bzw. auseinanderschiebbar. Die effektive Pleuellänge L ist jeweils durch den Abstand zwischen einer hubkolbenseitigen Drehachse des Pleuels 1 und einer kurbelwellenseitigen Drehachse des Pleuels 1 definiert.

Der erste Pleuelteil 1a umfasst ein großes Pleuelauge 19 mit einem kurbelwellenseitigen Pleuellager zur Verbindung des Pleuels 1 mit einer hier nicht dargestellten Kurbelwelle, und der zweite Pleuelteil 1b ein kleines Pleuelauge 20

zur Verbindung des Pleuels 1 mit einem hier ebenfalls nicht dargestellten Hubkolben einer ebenfalls nicht dargestellten Hubkolbenmaschine.

Alternativ kann auch vorgesehen sein (nicht dargestellt), dass das erste Pleuelteil 1a an einem kolbenseitigen Ende das kleinere Pleuelauge zur Verbindung des Pleuels 1 mit einem Hubkolben einer Hubkolbenbrennkraftmaschine aufweist. Am anderen, kurbelwellenseitigen Ende des Pleuels 1 weist der zweite Pleuelteil 1b in diesem Fall das größere Pleuelauge zur Anbindung des Pleuels 1 an der Kurbelwelle der Hubkolbenmaschine auf. Um bei dem erfindungsgemäßem Pleuel 1 eine Längenverstellung zu bewirken, ist im Inneren eines Pleuelschafts des ersten Pleuelteils 1a eine Hydraulikeinrichtung 2 vorgesehen, welche einen im Pleuelschaft ausgebildeten Hydraulikzylinder 3 und einen doppelseitig wirkenden Hydraulikkolben 4 umfasst.

Der zweite Pleuelteil 1b weist an seinem dem ersten Pleuelteil 1a zugewandten Abschnitt eine Kolbenstange 9 auf. Die Kolbenstange 9 ist vorzugsweise in den zweiten Pleuelteil 1b eingeschraubt oder mit diesem verklemmt, wie im in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel zu erkennen ist. In einer nicht dargestellten Variante kann die Kolbenstange 9 einstückig mit dem zweiten Pleuelteil 1b ausgeführt sein. Am Ende der Kolbenstange 9 ist ein Hydraulikkolben 4 ausgeführt bzw. mit dieser verbunden. Dieser Hydraulikkolben 4 ist dazu eingerichtet mit dem Hydraulikzylinder 3 zusammenzuwirken und ist vorzugsweise einstückig mit der Kolbenstange 9 ausgeführt oder mit dieser verschraubt, wie in Fig. 1 durch eine punktierte Linie angedeutet ist.

Hydraulikzylinder 3 und Hydraulikkolben 4 bzw. Kolbenstange 9 haben z.B. einen kreisförmigen Querschnitt, können aber auch oval oder mit mehreckigem Querschnitt ausgeführt sein.

Der Hydraulikkolben 4 ist im Hydraulikzylinder 3 entlang der Längsachse A verschiebbar. Durch eine Bewegung des Hydraulikkolbens 4 aus dem Hydraulikzylinder 3 in Richtung des kleinen Pleuelauges 20 wird eine Zunahme der effektiven Pleuellänge L, durch eine Bewegung des Hydraulikkolbens 4 in den Hydraulikzylinder 3 in Richtung des großen Pleuelauges 19 wird eine Verringerung

der effektiven Pleuellänge L bewirkt. Dies hat jeweils eine Änderung des Verdichtungsverhältnisses in einer zugehörigen Hubkolbenmaschine zur Folge.

In dem Pleuelschaft ist eine Anschlaghülse 17 vorgesehen. Diese dient als Anschlag für den Hydraulikkolben 4 in Richtung des kleinen Pleuelauges 20. Hierdurch wird verhindert, dass der zweite Pleuelteil 1b, insbesondere der Hydraulikkolben 4, bei einer Längenverstellung, insbesondere während eines Aufwärtshubs, vollständig aus dem Hydraulikzylinder 3 geschoben wird.

Der Hydraulikkolben 4 ist in Fig. 1 in einer Mittelstellung dargestellt und unterteilt den Hydraulikzylinder 3 in einen ersten, in Richtung des größeren Pleuelauges 19 orientierten Arbeitsraum 5a und in einen zweiten, in Richtung des kleinen Pleuelauges 20 orientierten Arbeitsraum 5b. An dem Hydraulikkolben 4 sind Dichtungsvorrichtungen 6a, 6b vorgesehen, die durch Sicherungsringe 14, 21 in ihrer Position am Hydraulikkolben 4 gehalten werden. Der doppelseitig wirkende Hydraulikkolben 4 grenzt an den ersten Arbeitsraum 5a sowie an den zweiten Arbeitsraum 5b an. Die Dichtungsvorrichtungen 6a, 6b dichten den Hydraulikkolben 4 gegenüber dem Hydraulikzylinder 3 und damit auch die Arbeitsräume 5a, 5b gegeneinander ab. Eine weitere Dichtungsvorrichtung 6c dichtet in der Anschlaghülse 17 den zweiten Arbeitsraum 5b in Richtung des kleinen Pleuelauges 20 ab und wird mit einem Sicherungsring 22 in Position gehalten.

Die beiden Arbeitsräume 5a, 5b sind mit einer hier nicht dargestellten Hydraulikversorgung gekoppelt, wobei mittels einer zugehörigen Steuerungsvorrichtung, welche ein oder mehrere, entsprechende Steuerventile umfasst, ein wechselseitiges Befüllen und Entleeren der beiden Arbeitsräume 5a, 5b zum Bewirken einer Längenverstellung gesteuert werden kann.

Zur grundsätzlichen Funktionsweise der Längenverstellung wird auf das in dieser Anmeldung bereits genannte Dokument WO 2015/055582 oder das genannte Dokument DE 10 2012 020 999 A1 verwiesen.

Der in Fig. 1 untere, erste Arbeitsraum 5a ist im Wesentlichen durch den Hydraulikzylinder 3 (Zylinderwand und Boden) sowie den Hydraulikkolben 4 begrenzt. Ein radial umlaufender Dichtspalt, der durch den Hydraulikzylinder 3 und

den Hydraulikkolben 4 gebildet ist, grenzt an den ersten Arbeitsraum 5a an. Die Dichtungsvorrichtung 6a ist dazu ausgebildet, den Dichtspalt in axialer Richtung entlang der Längsachse A, gegenüber dem ersten Arbeitsraum 5a abzudichten. Die Dichtungsvorrichtung 6a umschließt daher vorzugsweise den gesamten Hydraulikkolben 4 bzw. die Kolbenstange 9 und liegt in radialer Richtung sowohl an dem Hydraulikzylinder 3 als auch an dem Hydraulikkolben 4, vorzugsweise dichtend, an.

Der in Fig. 1 obere, zweite Arbeitsraum 5b ist im Wesentlichen durch den Hydraulikkolben 4, eine Zylinderwand 10 des Hydraulikzylinders 3 sowie die Anschlaghülse 17 begrenzt. Ein radial umlaufender Dichtspalt, der durch den Hydraulikzylinder 3 und den Hydraulikkolben 4 gebildet ist, grenzt an den zweiten Arbeitsraum 5b an. Die Dichtungsvorrichtung 6b ist dazu ausgebildet, den Dichtspalt in axialer Richtung entlang der Längsachse A, gegenüber dem zweiten Arbeitsraum 5b abzudichten.

Die Dichtungsvorrichtungen 6a, 6b, 6c umschließen vorzugsweise den gesamten Hydraulikkolben 4 bzw. die Kolbenstange 9 und liegen in radialer Richtung sowohl an dem Hydraulikzylinder 3 als auch an dem Hydraulikkolben 4 bzw. der Kolbenstange 9, vorzugsweise dichtend, an. Die Dichtungsvorrichtungen 6a, 6b sind vorzugsweise in Bezug auf eine Ebene senkrecht zur Längsachse A des Pleuels gespiegelt angeordnet, um eine verbesserte Dichtwirkung in Bezug auf den jeweiligen Arbeitsraum 5a, 5b zu erzielen. Die dritte Dichtungsvorrichtung 6c dichtet den zweiten Arbeitsraum 5b nach außen bzw. in Richtung des kleinen Pleuelauges 20 ab. Durch diese Dichtungsvorrichtung wird der in Richtung des kleinen Pleuelauges 20 bezogen auf die Darstellung in Fig. 1 oben an den zweiten Arbeitsraum 5b angrenzende und durch die Anschlaghülse 17 und die Kolbenstange 9 gebildete, radiale Dichtspalt in axialer Richtung in Richtung des kleinen Pleuelauges 20 abgedichtet. Diese dritte Dichtungsvorrichtung 6c kann, muss aber nicht erfundungsgemäß ausgebildet sein.

**Fig. 2** zeigt eine Dichtungsvorrichtung 6a, 6b – gegebenenfalls auch Dichtungsvorrichtung 6c – aus dem internen Stand der Technik der Anmelderin in vergrößertem Querschnitt in unbelastetem Zustand. Die Dichtungsvorrichtung 6 weist ein Dichtelement 7 mit einem Federelement 8 auf. Das Federelement 8 ist

dabei in einer stirnseitigen, umlaufenden Ausnehmung des Dichtelements 7 angeordnet und in Form einer in Umfangsrichtung umlaufend ausgebildeten, V-förmigen Spiralfeder ausgebildet.

Die Ausnehmung des Dichtelements ist umlaufend von zwei Dichtflanken, radial nach innen und außen, begrenzt. Ein innerer Schenkel des V-förmigen Federelements 8 wirkt auf die innere Dichtflanke des Dichtelements 7 und drückt diese gegen den Hydraulikkolben 4. Ein äußerer Schenkel des Federelements 8 wirkt auf die äußere Dichtflanke des Dichtelements 7 und drückt diese gegen die Zylinderwand 10 des Hydraulikkolbens 3 im Pleuelschaft.

Ferner ist ein Stützring 13 vorgesehen, welcher das Dichtelement 7 in belastetem Zustand (hier nicht dargestellt) gegen den abzudichtenden Dichtspalt abstützt.

**Fig. 3** zeigt einen vergrößerten Ausschnitt I aus Fig. 1 im Bereich der Dichtungsvorrichtung 6a, wobei die nachfolgenden Ausführungen auch für die gegebenenfalls gleich ausgeführten Dichtungsvorrichtungen 6b und 6c gelten. Die Dichtungsvorrichtung 6a weist ein Dichtelement 7 auf und ist in einer, in dem Hydraulikkolben 4 vorgesehenen, umlaufenden Dichtungsnut 15 angeordnet. In axialer Richtung zur Längsachse A aus Fig. 1 ist die Dichtungsvorrichtung 6a mittels eines Sicherungsringes 14 fixiert bzw. geschützt. Der Sicherungsring 14 ist vorzugsweise als Schnappring ausgebildet.

Das Dichtelement 7 ist vorzugsweise aus NBR (Nitril Butadiene Rubber; Dt.: Acrylnitrit-Butadien-Kautschuk) oder Teflon<sup>TM</sup> (Tetra-Fluor-Ethylen) hergestellt und weist ein erstes Federelement 8a und ein zweites Federelement 8b auf. Das Dichtelement 7 ist vorzugsweise derart ausgebildet, dass es der Geometrie der Dichtungsnut 15 folgt und diese vorzugsweise im Wesentlichen vollständig ausfüllt. Vorzugsweise liegt das Dichtelement umlaufend, vorzugsweise dichtend, an dem Hydraulikkolben 4 bzw. den durch diesen gebildeten Nutwänden der Dichtungsnut 15 sowie an dem ersten Pleuelteil 1a bzw. die durch diesen gebildete Zylinderwand 10 an.

**Fig. 4a** zeigt die in der Dichtungsnut 15 angeordnete Dichtvorrichtung 6a des Pleuels 1 aus den Fig.1 und 3 in nochmals vergrößerter Darstellung im Querschnitt.

Die Dichtungsvorrichtung 6a umfasst das Dichtelement 7 und ein erstes 8a und ein zweites Federelement 8b. Die Federelemente 8a, 8b sind jeweils in einer, in dem zugeordneten Abschnitt 7a, 7b vorgesehenen, ersten oder zweiten in Umfangsrichtung umlaufenden Nut 11a, 11b angeordnet. Eine Position der Federelemente 8a, 8b, insbesondere zueinander, ist vorzugsweise durch das Dichtelement 7 definiert. Ein Stützring 13, welcher vorzugsweise an der dem abzudichtenden Dichtspalt zugewandten Kante des Dichtelements 7 angeordnet ist, stützt die Dichtungsvorrichtung 6a bzw. das Dichtelement 7 gegen den Dichtspalt ab.

Die Einkerbung, in welcher die Federelemente 8a, 8b angeordnet sind, ist vorzugsweise zu einer Stirnseite des Dichtelements 7 hin offen und weist im Wesentlichen eine U-Form auf. Die Einkerbung wird radial durch zwei Abschnitte 7a, 7b des Dichtelements 7 begrenzt. Dabei ist ein erster Abschnitt 7a auf der radialen Innenseite des Dichtelements 7 angeordnet und ein zweiter Abschnitt 7b ist auf der radialen Außenseite des Dichtelements 7 angeordnet.

Diese Abschnitte bzw. Dichtlippen 7a, 7b sind dazu ausgebildet, insbesondere unter Einwirkung einer von einem zugeordneten Federelement 8a, 8b ausgehenden Kraft, vorzugsweise dichtend, an den Hydraulikzylinder 3 bzw. dessen Zylinderwand 10, den Hydraulikkolben 4 bzw. die Kolbenstange 9 (in Fig. 4a nicht dargestellt) anzuliegen. Die Federelemente 8a, 8b wirken unabhängig voneinander, wodurch, in die jeweilige Wirkrichtung, ein zuverlässiges Anpressen der Dichtlippen 7a, 7b, und damit eine Dichtwirkung, gewährleistet ist. Das erste Federelement 8a ist an dem ersten Abschnitt bzw. der ersten Dichtlippe 7a des Dichtelements 7 angeordnet und dazu ausgebildet, eine Kraft auf die erste Dichtlippe 7a auszuüben, derart, dass die erste Dichtlippe 7a, insbesondere dichtend, gegen die Kolbenstange 9 oder gegen eine Wand 18 der in dem Hydraulikkolben 4 gebildeten Nut 15 gepresst wird. Das zweite Federelement 8b ist an der zweiten Dichtlippe 7b des Dichtelements 7 angeordnet und ausgebildet, eine Kraft auf den zweiten Abschnitt 7b auszuüben, derart, dass der zweite Abschnitt 7b, insbesondere dichtend, gegen die Zylinderwand 10 des Hydraulikzylinders 3 gepresst wird. Dadurch, dass die Federelemente 8a, 8b vorzugsweise nicht miteinander verbunden sind, beeinflussen die Federelemente 8a, 8b einander mechanisch nicht und wirken unabhängig voneinander.

Aufgrund der großen, während des Betriebs in einer Hubkolbenmaschine auf das Pleuel 1, insbesondere entlang seiner Längsachse A, wirkenden Zug- und Druckkräfte, entsteht in den Arbeitsräumen 5a, 5b einerseits Vakuum, andererseits entstehen hohe Hydraulikdrücke bzw. müssen hohe Hydraulikdrücke aufrechterhalten werden, insbesondere Drücke in einem Bereich von 1.000 bar bis 3.000 bar, insbesondere von 1.500 bis 2.800 bar, um eine eingestellte effektive Pleuellänge L aufrechtzuerhalten. Infolgedessen wirken erhebliche Kräfte auf die Dichtungsvorrichtung 6a, insbesondere auf das Dichtelement 7 mit den Abschnitten 7a und 7b.

Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Dichtungsvorrichtung 6a, insbesondere durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Federelemente 8a, 8b, kann eine besonders vorteilhafte Dichtwirkung des Dichtelements 7 erzielt werden. Durch die getrennte Ausführung der Federelemente 8a, 8b, werden im Betrieb des Hubkolbenmaschine auftretende mechanische Belastungen und Spannungen nicht zwischen den Federelementen 8a, 8b übertragen und somit eine Materialbelastung der einzelnen Federelemente 8a, 8b verringert.

Vorzugsweise wirkt das erste Federelement 8a zu einer Achse der Hydraulikeinrichtung 2 bzw. der Pleuellängsachse A hin und dichtet den Arbeitsraum 5a gegenüber dem Hydraulikkolben 4 ab. Das zweite Federelement 8b wirkt von der Achse der Hydraulikeinrichtung 2 bzw. der Pleuellängsachse A weg und bewirkt eine Abdichtung gegen die Zylinderwand 10 des Hydraulikzylinders 3 bzw. ersten Pleuelteils 1a. Dadurch wird verhindert, dass sich die Abschnitte 7a und 7b, insbesondere unter dynamischer Last, von den Dichtflächen 4 bzw. 9 und 10 abheben. Es wird gewährleistet, dass die Abschnitte 7a, 7b dichtend an den Dichtflächen 4 bzw. 9 und 10 anliegen.

Das Dichtelement 7 bildet mit seinen Dichtlippen 7a, 7b im Querschnitt eine U-Form bzw. eine Ausnehmung, wobei die erste und die zweite Nut 11a und 11b, in der jeweils ein Federelement 8a, 8b angeordnet sind, jeweils auf der Innenseite der Ausnehmung angeordnet sind. Die Nuten 11a, 11b sind vorzugsweise so ausgebildet, dass die Federelemente 8a, 8b, insbesondere gegen eine betriebsmäßige Längsbeschleunigung entlang der Pleuelachse A, fest fixiert sind.

Es kann vorgesehen sein, dass ein Federelement 8a, 8b jeweils in einem Hohlraum des zugeordneten ersten oder zweiten Abschnitts 7a, 7b angeordnet sind.

Dreidimensional hat das Dichtelement 7 vorzugsweise im Wesentlichen die Form eines Rings mit der vorzugsweise im Wesentlichen u-förmigen Ausnehmung an einer seiner Stirnflächen. In eingebautem Zustand weist die Stirnfläche mit der Ausnehmung vorzugsweise in Richtung eines Arbeitsraums 5a, 5b.

Die Dichtlippen 7a, 7b weisen im Querschnitt vorzugsweise unterschiedliche Konturen, insbesondere unterschiedliche Längen, auf. Ein länger ausgebildeter Abschnitt 7a, 7b bildet dabei vorzugsweise einen Anschlag für den Sicherungsring 14. Vorzugsweise ist jener Abschnitt 7a, 7b des Dichtelements 7 länger ausgebildet, der, in einem eingebauten Zustand, dem abzudichtenden Dichtspalt punktgespiegelt um  $180^\circ$  gegenüberliegt. Eine, vorzugsweise eine von der Ausnehmung der Stirnfläche des Dichtelements 7 abgewandte, Kante der Dichtlippen 7a, 7b, weist eine, vorzugsweise zu einer Außenseite des Dichtelements 7 geneigte Fase auf, um ein flächiges Anliegen der Außenseiten des Dichtelements 7 unter Einwirkung der Federelemente 8a, 8b zu begünstigen.

Die Federelemente 8a, 8b sind bezüglich einer Pleuellängsachse A vorzugsweise versetzt zueinander angeordnet. Dabei ist vorzugsweise das erste Federelement 8a, welches im in Fig. 4a dargestellten Ausführungsbeispiel der verlängerten Dichtlippe 7a zugeordnet ist, näher in Richtung zu der dem unteren Arbeitsraum 5a zugewandten Stirnfläche des Dichtelements 7 angeordnet, um zu vermeiden, dass die Dichtlippe 7a in ihrem Endbereich von der Wand 18 abhebt.

**Fig. 4b** zeigt die in Fig. 4a beschriebene Dichtungsvorrichtung 6a im unbelasteten Zustand.

**Fig. 5** zeigt ein Ausführungsbeispiel eines zweiten Federelements 8b, **Fig. 6** ein Ausführungsbeispiel eines ersten Federelements 8a.

Die Federelemente 8a, 8b sind vorzugsweise als Ring, insbesondere als Schnappring, vorzugsweise mit umlaufend einheitlichem Querschnitt, ausgebildet. Vorzugsweise weisen die Federelemente 8a, 8b einen kreisförmigen Querschnitt auf, können aber auch einen im Wesentlichen rechteckigen Querschnitt,

vorzugsweise mit abgerundeten Kanten, aufweisen. Ein Federelement 8a, 8b weist vorzugsweise Metall, insbesondere Federstahl, auf oder besteht aus diesem.

Die Federelemente 8a, 8b weisen vorzugsweise eine Öffnung 12 auf, wobei die Öffnung 12, insbesondere während eines Einbauvorganges des Federelements 8a, 8b in das Dichtelement 7, eine temporäre Änderung eines Durchmessers des Federelements 8a, 8b erlaubt.

Vorzugsweise sind die Federelemente 8a, 8b vollständig getrennte Elemente. In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind die Federelemente 8a, 8b zumindest teilweise miteinander verbunden und können vorzugsweise während der Montage oder im Betrieb des Pleuels 1 voneinander getrennt werden. Eine solche Verbindung der Federelemente 8a, 8b, ist vorzugsweise in Form eines Werkzeugs oder in Form von Streben oder Stützen ausgebildet.

In Fig. 5 und Fig. 6 ist zu erkennen, dass die Federelemente 8a, 8b aufgrund der weiter oben beschriebenen Funktion mit unterschiedlichen Durchmessern ausgeführt sind.

Wie in **Fig. 7** und **Fig. 8** dargestellt, wird bei einem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren 100 für eine erfindungsgemäße Dichtungsvorrichtung 6 für eine längenverstellbares Pleuel 1, in einem ersten Schritt 101 wenigstens ein Montagewerkzeug an einem Dichtelement 7 angesetzt. In einem zweiten Schritt 102 wird ein erste Federelement 8a auf einer Kegelfläche 16a des Montagewerkzeugs in das Dichtelement 7, insbesondere in eine erste Nut 11a des Dichtelements 7, geschoben. In einem dritten Schritt 103 wird das zweite Federelement 8b auf einer Hohlkegelfläche 16b eines Montagewerkzeugs an das Dichtelement 7, insbesondere eine zweite Nut 11b des Dichtelements 7 geschoben.

Das Montagewerkzeug ist vorzugsweise in der Form eines hohlen Konus, insbesondere eines hohlen Kegelstumpfs, ausgebildet, welcher mit seiner weitesten oder engsten Kontur im Wesentlichen dem Durchmesser der stirnseitigen Ausnehmung des Dichtelements 7 entspricht.

Zur Montage des ersten Federelements 8a wird ein kegelstumpf-förmiges Montagewerkzeug mit dem Ende seines größten Durchmessers an das Dichtelement 7, insbesondere an oder in die Ausnehmung, welche durch die Abschnitte 7a, 7b gebildet ist, angesetzt. Das Federelement 8a wird auf die Kegelfläche 16a aufgesetzt und in Richtung des Dichtelements 7, vorzugsweise mittels eines Hilfselements in Form eines geschlitzten Mantels, der im Wesentlichen der Form der Kegelfläche 16a folgt, verschoben. Durch das Verschieben des Federelements 8a entlang der Kegelfläche 16a, wird dessen Durchmesser erweitert, solange, bis das Federelement 8a in die dafür vorgesehene, mit Bezug auf die Pleuellängsachse A radial innen liegende, Nut 11a des Dichtelements 7 einschnappt. Fig. 7 zeigt das erste Federelement 8a während der Montage und im eingeschnappten Zustand.

Entsprechend wird, zur Montage des zweiten Federelements 8b ein Hohlkegelstumpf-förmiges Montagewerkzeug mit dem Ende seines kleinsten Durchmessers an das Dichtelement 7, insbesondere an oder in die Ausnehmung, welche durch die Abschnitte 7a und 7b gebildet ist, angesetzt. Das Federelement 8b wird auf die Hohlkegelfläche 16b aufgesetzt und in Richtung des Dichtelements 7, vorzugsweise mittels eines Hilfselements in Form eines geschlitzten Mantels, der im Wesentlichen der Form der Hohlkegelfläche 16b folgt, verschoben. Durch das Verschieben des Federelements 8b entlang der Hohlkegelfläche 16b, wird dessen Durchmesser verringert, solange, bis das Federelement 8b in die dafür vorgesehene, mit Bezug auf die Pleuellängsachse A radial außen liegende, Nut 11b des Dichtelements 7 einschnappt. Fig. 7 zeigt das zweite Federelement 8b während der Montage und im eingeschnappten Zustand.

Es sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den Ausführungsbeispielen lediglich um Beispiele handelt die den Schutzbereich, die Anwendungen und den Aufbau in keiner Weise einschränken sollen. Vielmehr wird dem Fachmann durch die vorausgehende Beschreibung ein Leitfaden für die Umsetzung mindestens eines Ausführungsbeispiels gegeben, wobei diverse Änderungen, insbesondere in Hinblick auf die Funktion und Anordnung der beschriebenen Bestandteile, vorgenommen werden können, ohne den Schutzbereich zu verlassen, wie er sich aus den Ansprüchen und diesen äquivalenten Merkmalskombinationen ergibt.

## Bezugszeichenliste

- 1, 1a, 1b Pleuel, erster Pleuelteil, zweiter Pleuelteil
- 2 Hydraulikeinrichtung
- 3 Hydraulikzylinder
- 4 Hydraulikkolben
- 5, 5a, 5b Arbeitsraum, erster Arbeitsraum, zweiter Arbeitsraum
- 6 Dichtungsvorrichtung
- 6a erste Dichtungsvorrichtung
- 6b zweite Dichtungsvorrichtung
- 6c dritte Dichtungsvorrichtung
- 7 Dichtelelement
- 8, 8a, 8b Federelement, erstes Federelement, zweites Federelement
- 9 Kolbenstange
- 10 Zylinderwand
- 11a, 11b erste Nut, zweite Nut
- 12 Öffnung
- 13 Stützring
- 14, 21, 22 Sicherungsring
- 15 Dichtungsnut
- 16a, 16b Kegelfläche, Hohlkegelfläche
- 17 Anschlaghülse
- 18 Wand
- 19 Großes Pleuelauge
- 20 Kleines Pleuelauge

**Patentansprüche**

1. Längenverstellbares Pleuel (1) für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, wobei das Pleuel (1) eine Hydraulikeinrichtung (2) aufweist, mittels welcher eine effektive Länge (L) des Pleuels (1) verstellbar ist, wobei die Hydraulikeinrichtung (2) wenigstens einen Hydraulikzylinder (3) und einen darin verschieblich angeordneten Hydraulikkolben (4), welcher einen Arbeitsraum (5a, 5b) begrenzt, aufweist, wobei der Arbeitsraum (5a, 5b) durch wenigstens eine Dichtungsvorrichtung (6) abgedichtet ist, welche ein Dichtelement (7) und wenigstens ein erstes und ein zweites Federelement (8a, 8b) aufweist, wobei das erste Federelement (8a) eine Kraft in der Weise auf einen ersten Abschnitt (7a), insbesondere eine erste Dichtlippe, des Dichtelements (7) ausübt, dass der erste Abschnitt (7a) gegen eine Kolbenstange (9) des Hydraulikkolbens (4) oder den Hydraulikkolben (4) gepresst wird und das zweite Federelement (8b) eine Kraft in der Weise auf einen zweiten Abschnitt (7b), insbesondere eine zweite Dichtlippe, des Dichtelements (7) ausübt, dass der zweite Abschnitt (7b) gegen eine Zylinderwand (10) des Hydraulikzylinders (3) gepresst wird.
2. Pleuel (1) nach Anspruch 1, wobei die Federelemente (8a, 8b) wenigstens im Wesentlichen der Form des Dichtelements (7) folgen.
3. Pleuel (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Federelemente (8a, 8b) in Richtung einer Längsachse (A) der Hydraulikeinrichtung (2) versetzt zueinander angeordnet sind.
4. Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Dichtelement (7) im Querschnitt im Wesentlichen eine U-Form aufweist und die beiden Schenkel der U-Form den ersten Abschnitt (7a) und den zweiten Abschnitt (7b) bilden.
5. Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die wenigstens eine Dichtungsvorrichtung (6) in einer Dichtungsnut (15) des Hydraulikkolbens (4) angeordnet ist, welche vorzugsweise an der einer Zylinderwand (10) des Hydraulikzylinders (3) zugewandten Seite angeordnet ist.

6. Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Federelemente (8a, 8b) wenigstens im Wesentlichen als Ringe, insbesondere Schnappringe, ausgebildet sind, welche an einer Stelle (12) unterbrochen sind.
7. Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei eine relative Position der Federelemente (8a, 8b) zueinander durch das Dichtelement (7) definiert wird.
8. Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Abschnitte (7a, 7b) des Dichtelements (7) wenigstens eine erste Nut (11a) oder einen ersten Hohlraum und eine zweite Nut (11b) oder einen zweiten Hohlraum aufweisen, wobei die Federelemente (8a, 8b) jeweils in einer der Nuten (11a, 11b) oder einem der Hohlräume angeordnet sind, vorzugsweise in der Weise, dass die Federelemente (8a, 8b) nicht durch Beschleunigungen des Pleuels (1) aus den Abschnitten (7a, 7b) des Dichtelements (7) austreten können.
9. Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Federelemente (8a, 8b) in der Weise ausgebildet sind, dass deren Eigenfrequenzen niedriger als eine Betriebsfrequenz des Pleuels (1) und/oder einer Hubkolbenmaschine und/oder des in einer Hubkolbenmaschine bestimmungsgemäß verwendeten Pleuels (1) liegen.
10. Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Federelemente (8a, 8b) in der Weise ausgelegt sind, dass sich die Abschnitte des Dichtelements (7) im Normalbetrieb des Pleuels (1) und/oder einer Hubkolbenmaschine nicht von der Kolbenstange (9) und der Zylinderwand (10) abheben können.
11. Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 mit einem ersten Pleuelteil (1a) und einem zweiten Pleuelteil (1b), die zum Verstellen der effektiven Pleuellänge (L), insbesondere entlang einer Längsachse (A) des Pleuels (1), relativ zueinander verschiebbar sind.

12. Pleuel (1) nach Anspruch 11, wobei die Pleuelteile (1a, 1b) zum Verstellen der effektiven Länge (L) des Pleuels (1) teleskopartig ineinander- und aueinanderschiebbar sind, wobei der erste Pleuelteil (1a) den Hydraulikzylinder (3) und der zweite Pleuelteil (1b) den Hydraulikkolben (4) bildet.
13. Hubkolbenmaschine, insbesondere Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit wenigstens einem längenverstellbaren Pleuel (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
14. Kraftfahrzeug mit einer Hubkolbenmaschine nach Anspruch 13.
15. Dichtungsvorrichtung (6) mit einem Dichtelement (7) und wenigstens einem ersten und einem zweiten Federelement (8a, 8b), wobei das erste Federelement (8a) eine Kraft in der Weise auf einen ersten Abschnitt (7a), insbesondere eine erste Dichtlippe, des Dichtelements (7) ausübt, dass der erste Abschnitt (7a) gegen ein erstes Widerlager gepresst werden kann und das zweite Federelement (8b) eine Kraft in der Weise auf einen zweiten Abschnitt (7b), insbesondere eine zweite Dichtlippe, des Dichtelements (7) ausübt, dass der zweite Abschnitt (7b) gegen ein zweites Widerlager gepresst werden kann.
16. Herstellungsverfahren (100) für ein längenverstellbares Pleuel (1) oder eine Dichtungsvorrichtung (6a, 6b) nach Anspruch 15, wobei in einem ersten Schritt (101) wenigstens ein Montagewerkzeug (16a, 16b) an dem Dichtelement (7) angesetzt wird und in einem zweiten Schritt (102) das erste Federelement (8a) auf einer Kegelfläche (16a) des wenigstens einen Montagewerkzeugs (16a, 16b) in das Dichtelement (7), insbesondere in eine erste Nut (11a) des Dichtelements (7), geschoben wird und/oder in einem dritten Schritt (103) das zweite Federelement (8b) auf einer Hohlkegelfläche (16b) des wenigstens einen Montagewerkzeugs (16a, 16b) in das Dichtelement (7), insbesondere eine zweite Nut (11b) des Dichtelements (7), geschoben wird.

1/7

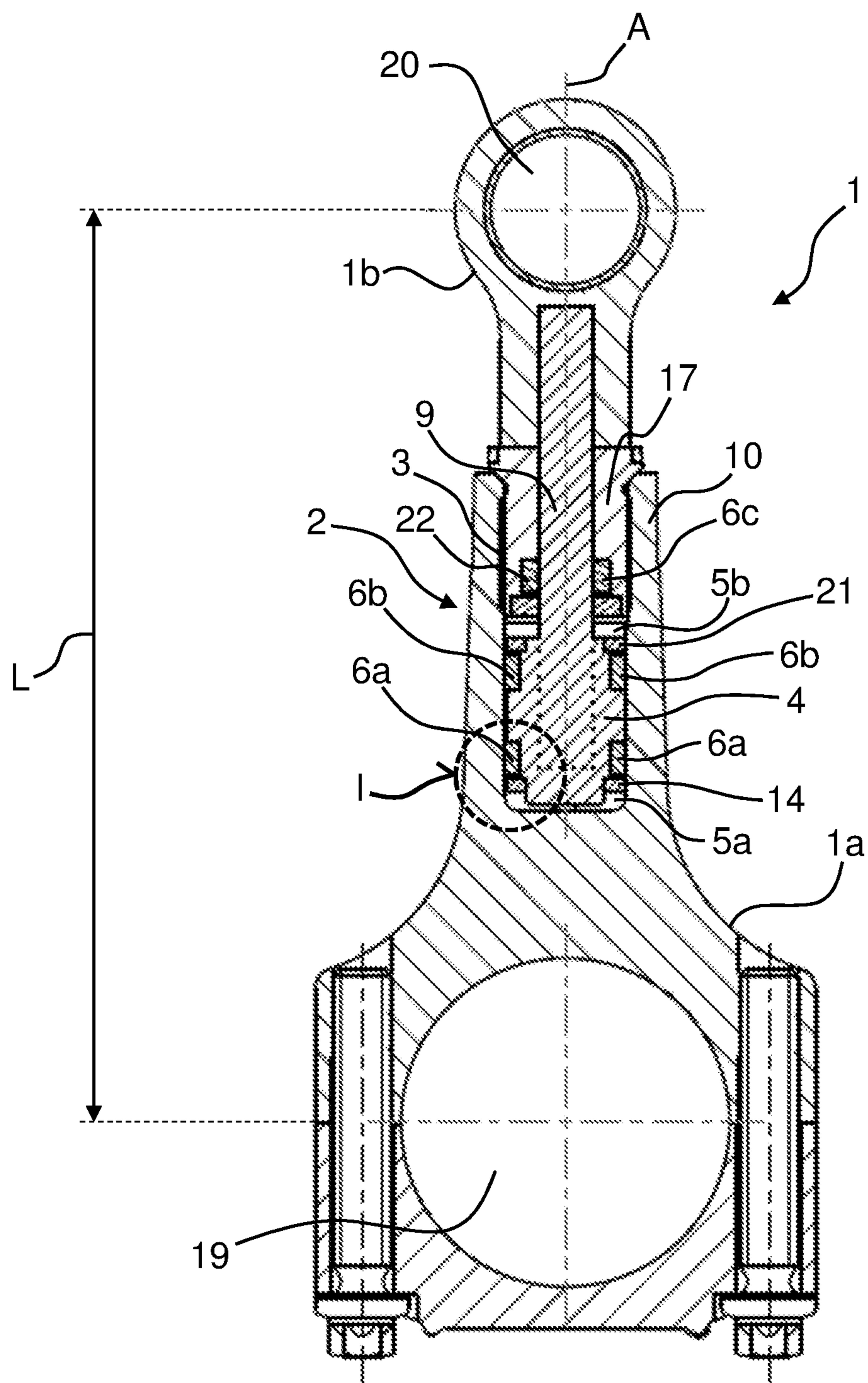
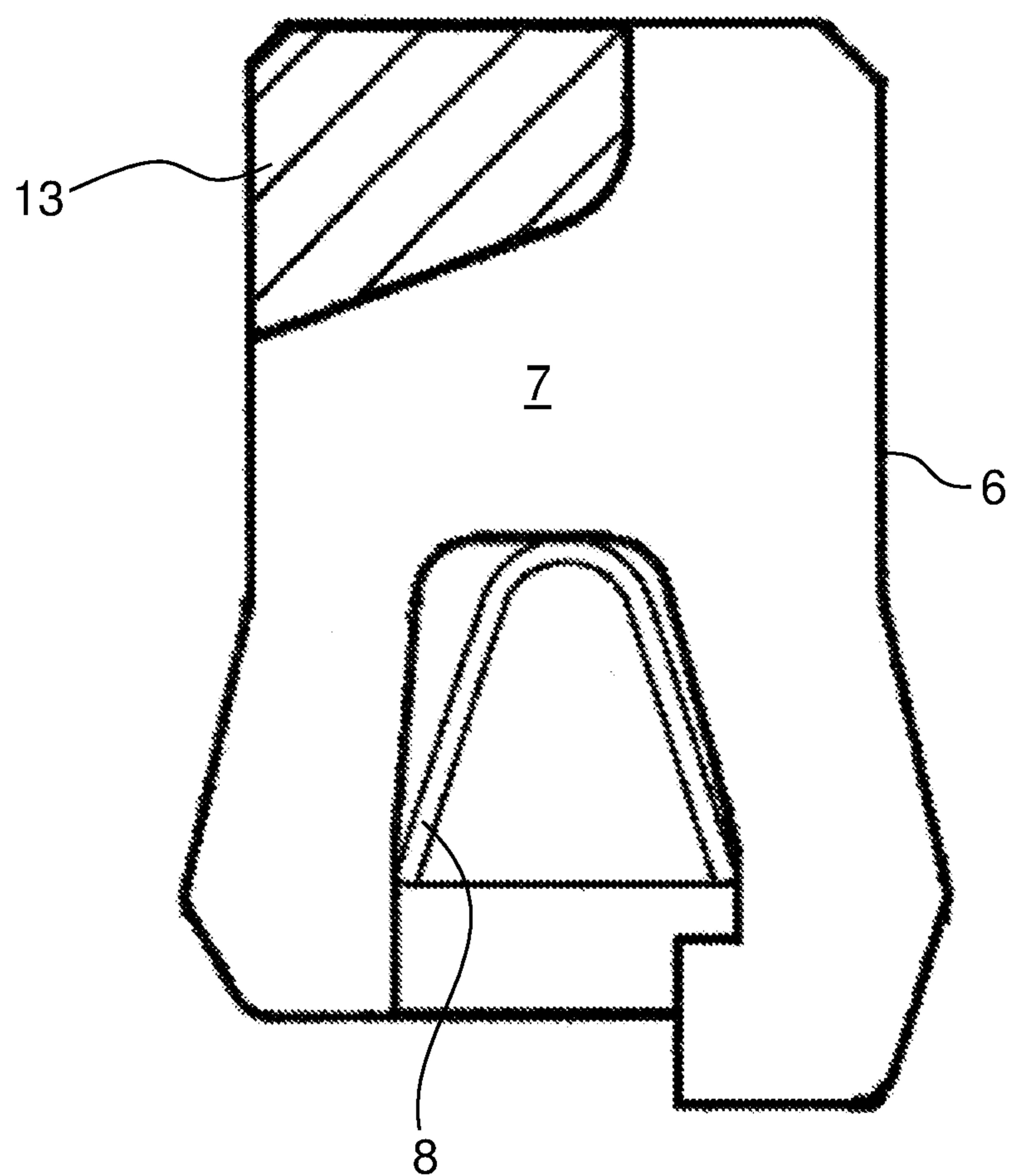


Fig. 1

2/7



Stand der Technik

*Fig. 2*

3/7

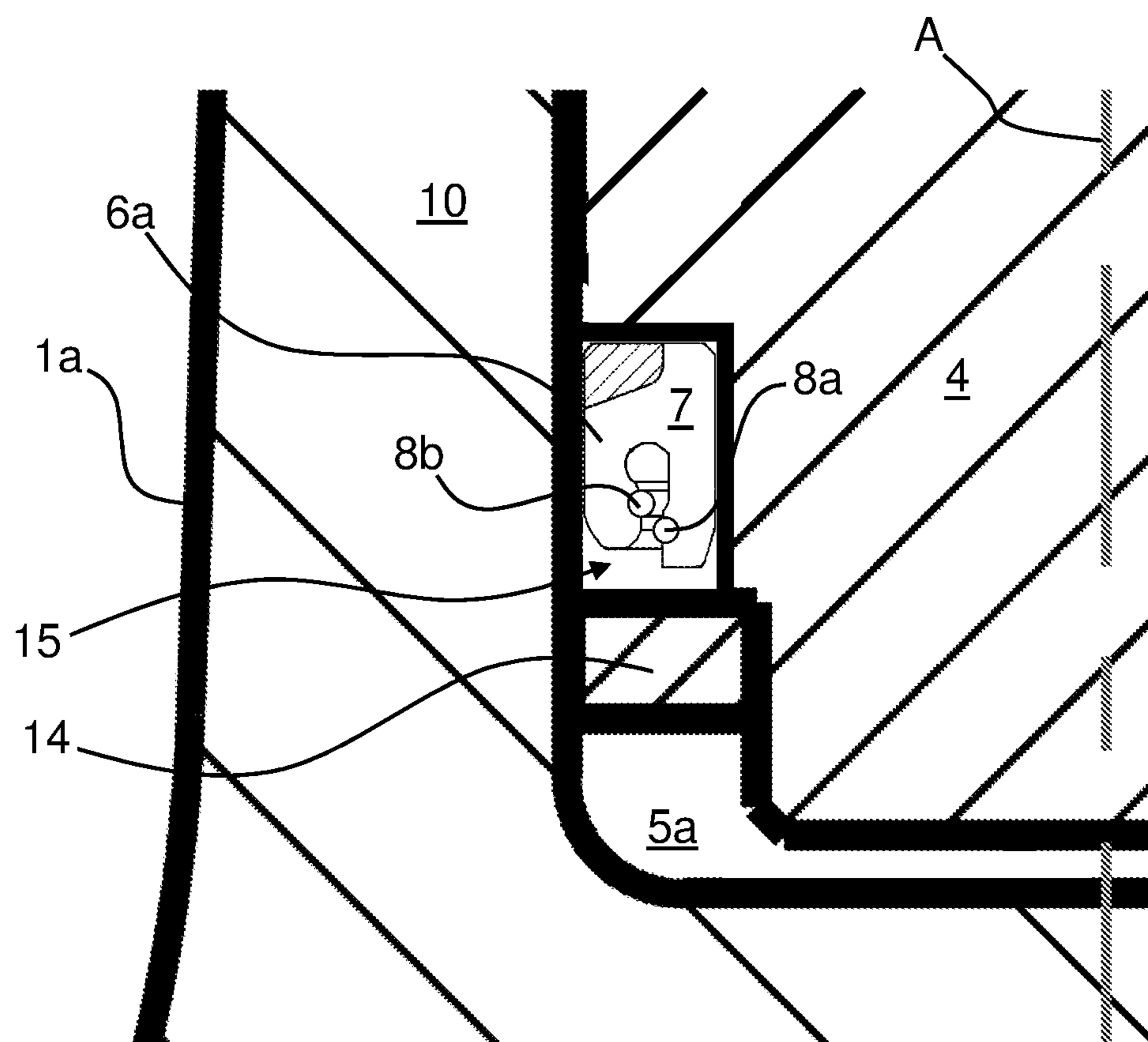


Fig. 3

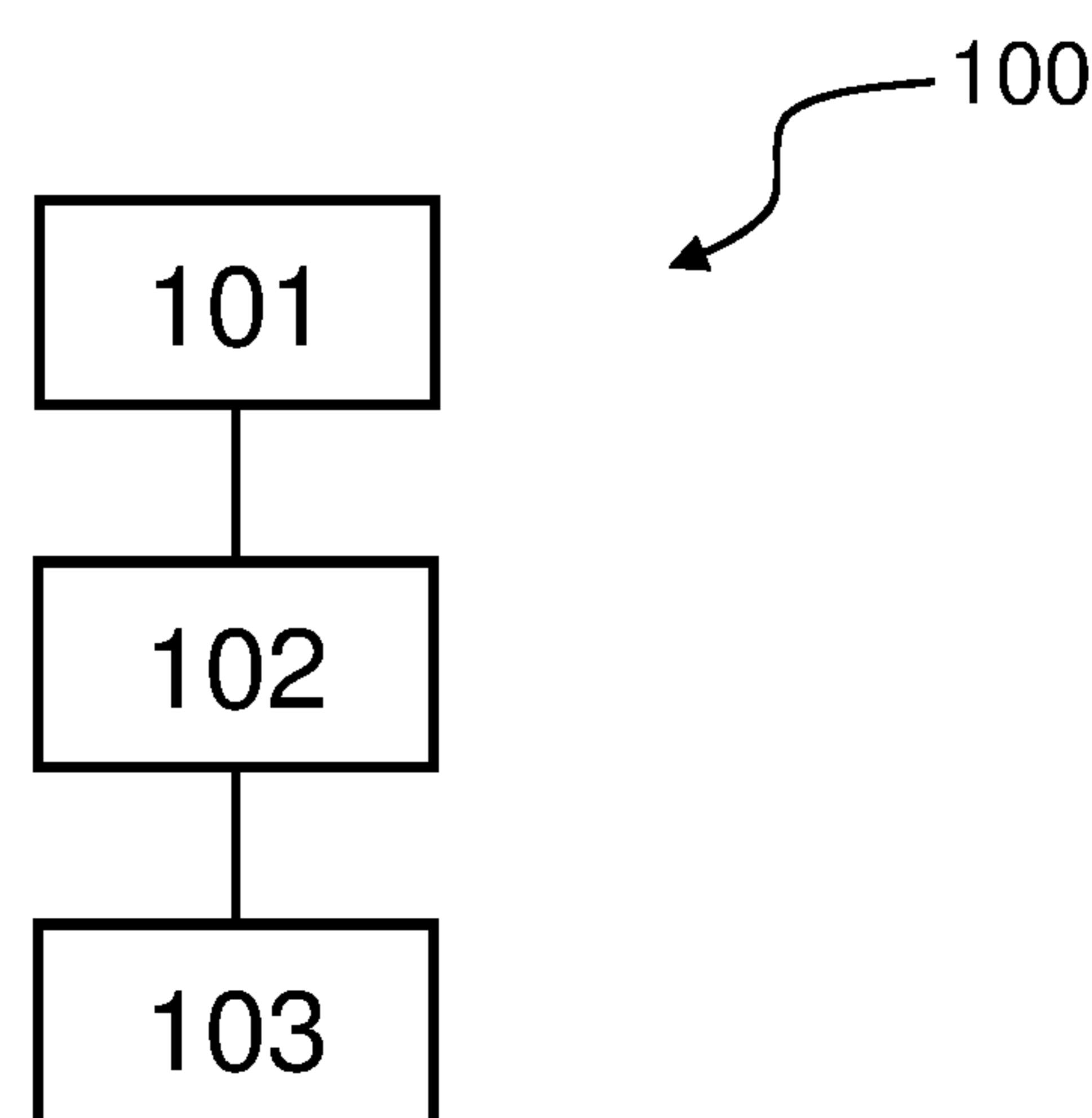


Fig. 8

4/7

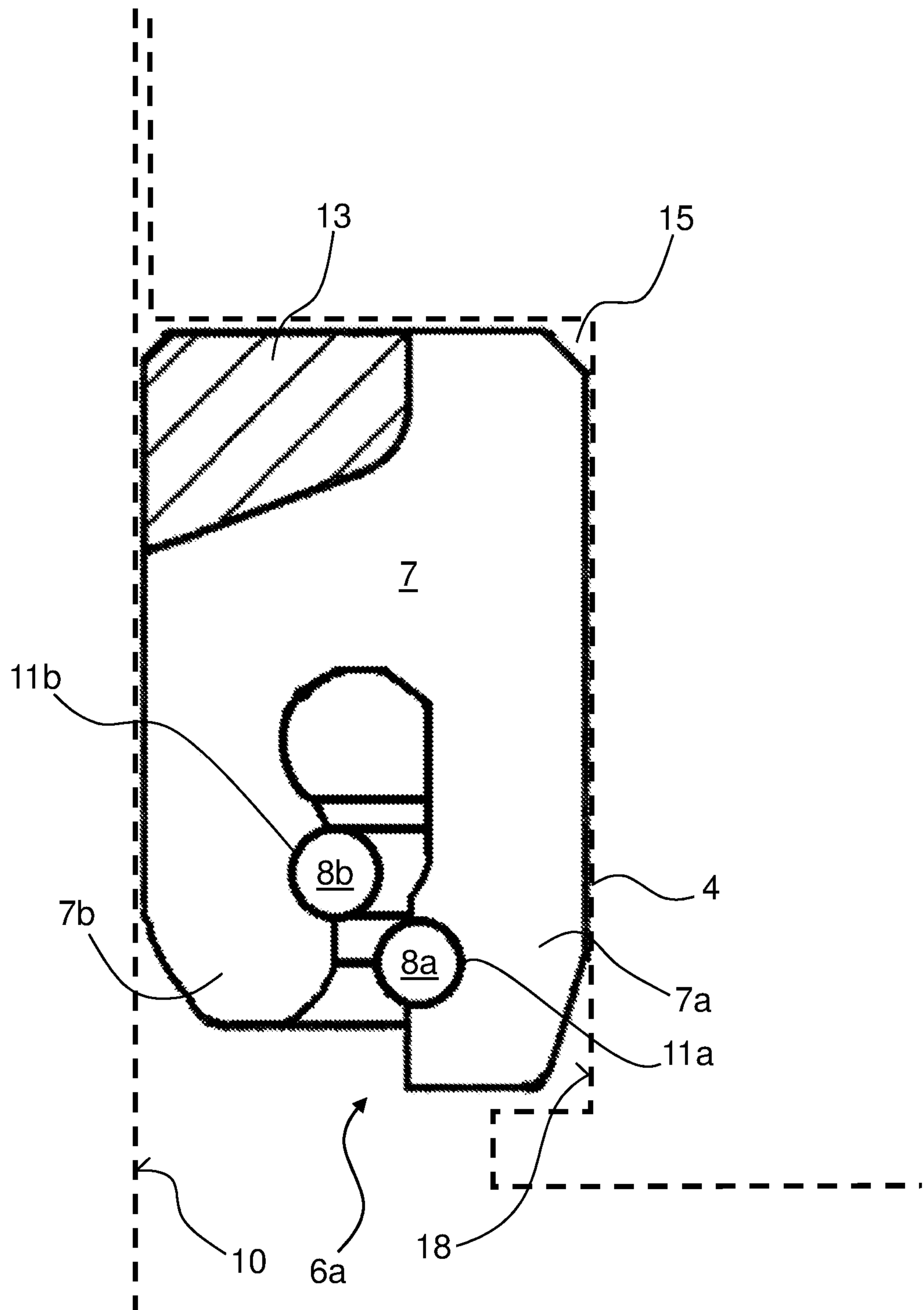


Fig. 4a

5/7

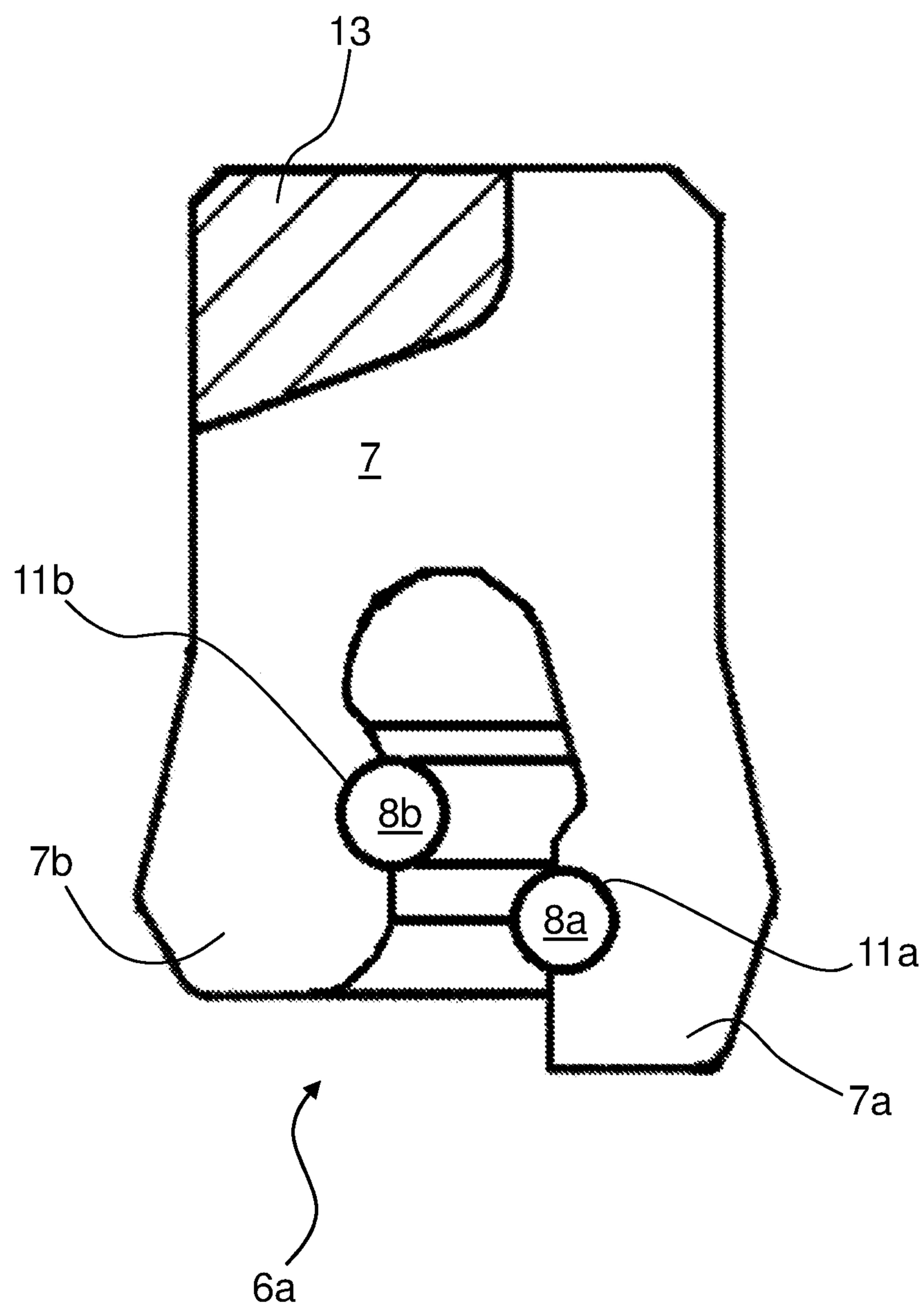
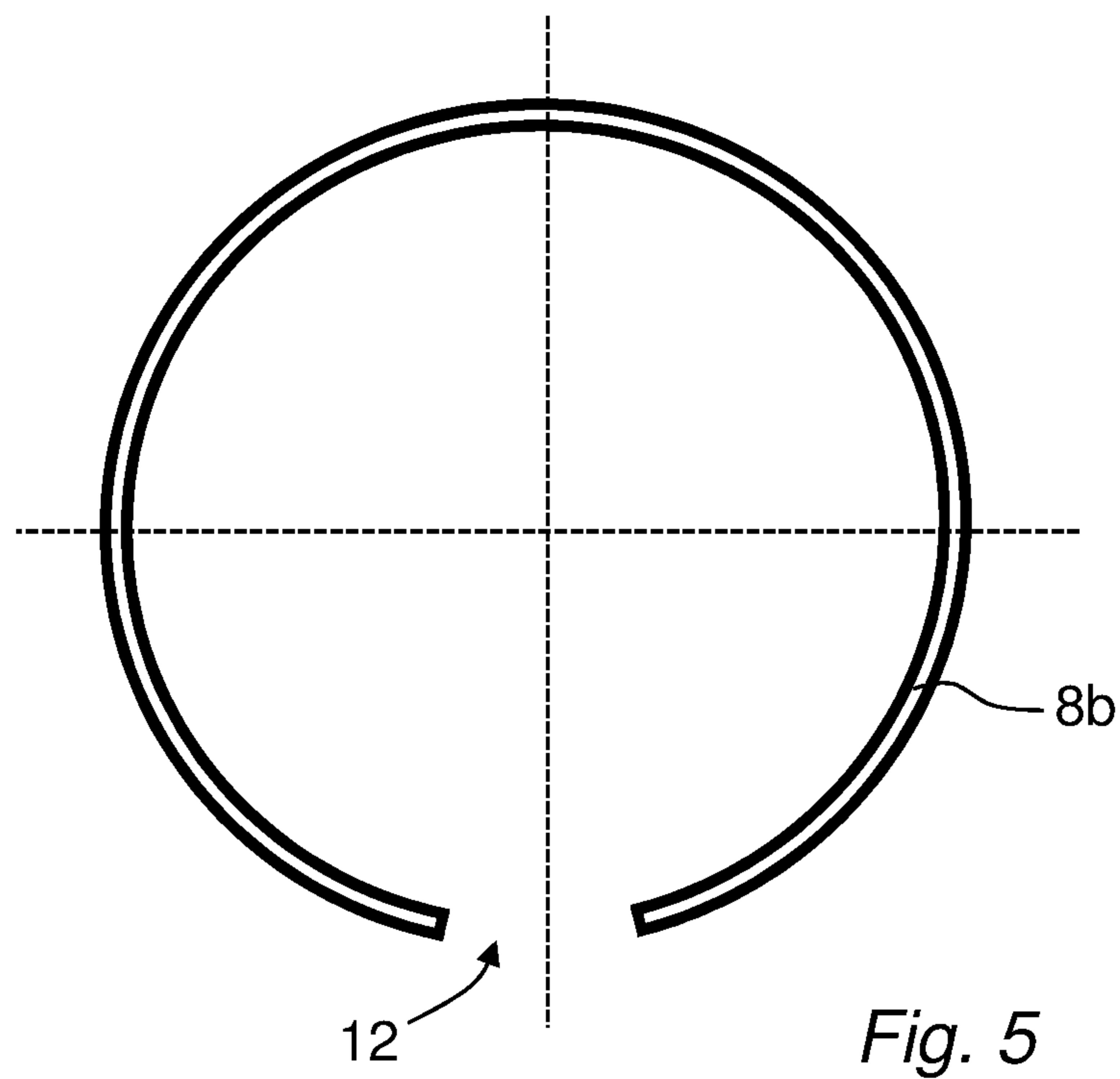
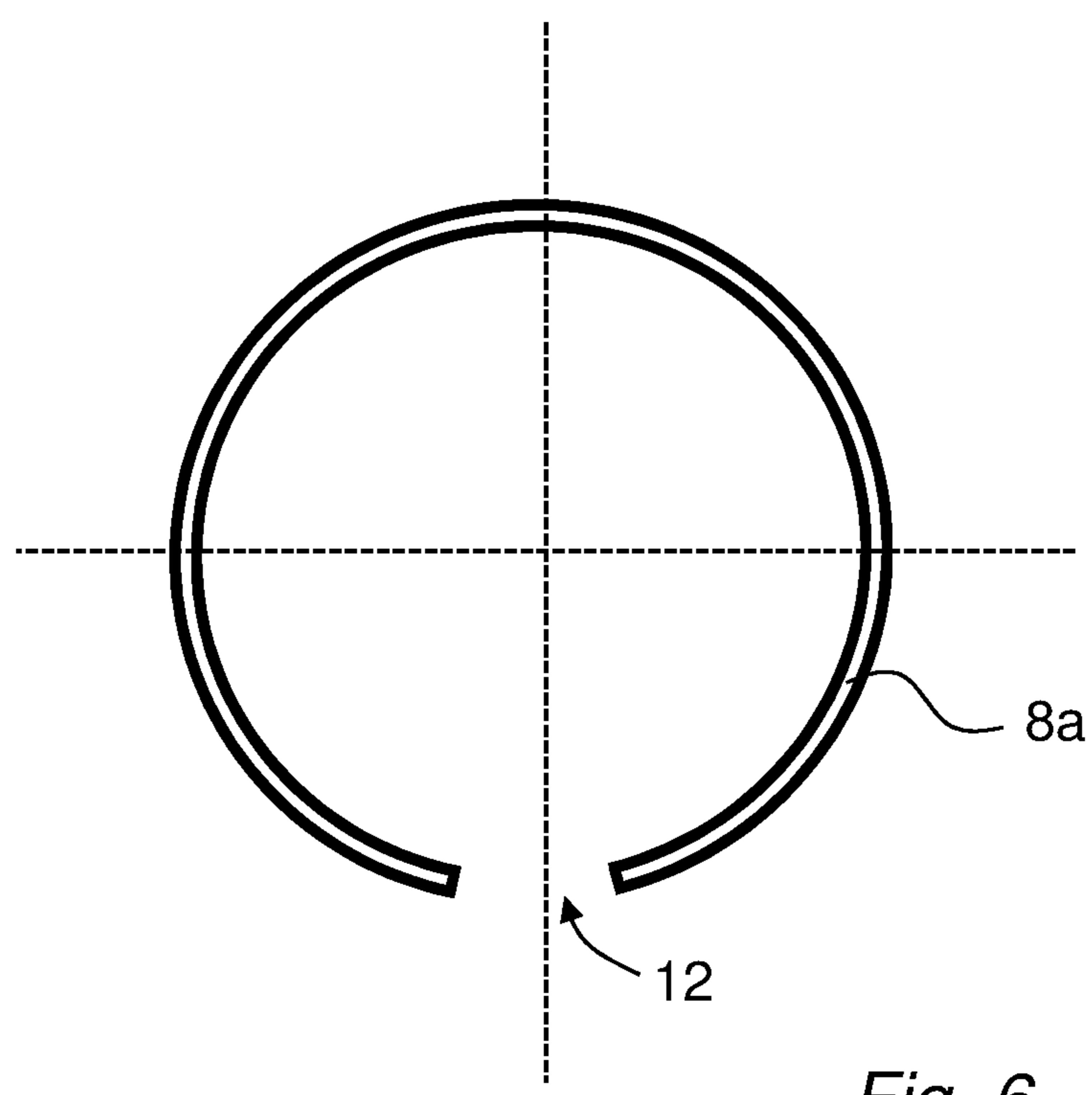


Fig. 4b

6/7



*Fig. 5*



*Fig. 6*

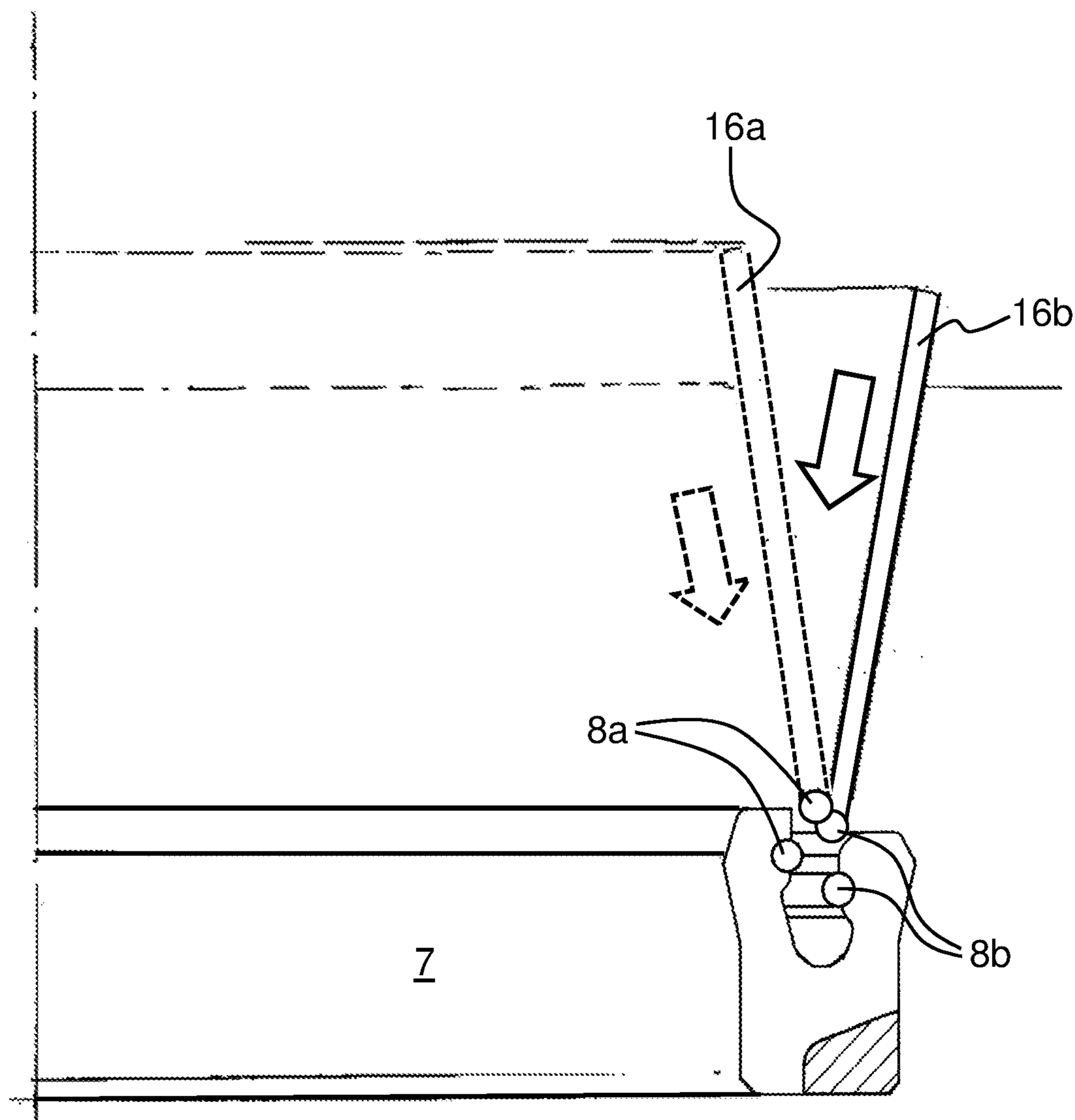


Fig. 7

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: <b>F02B 75/04</b> (2006.01); <b>F16C 7/06</b> (2006.01); <b>F16J 15/3232</b> (2016.01); <b>F16J 15/3236</b> (2016.01); <b>F16J 15/3208</b> (2016.01); <b>F16J 15/3212</b> (2016.01); <b>F16J 9/06</b> (2006.01); <b>B25B 27/12</b> (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC: <b>F02B 75/045</b> (2013.01); <b>F16C 7/06</b> (2013.01); <b>F16J 15/3232</b> (2016.01); <b>F16J 15/3236</b> (2016.01); <b>F16J 15/3208</b> (2016.01); <b>F16J 15/3212</b> (2016.01); <b>F16J 9/06</b> (2017.08); <b>B25B 27/12</b> (2013.01)		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): F02B, F16C, F16J, B25B		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI, XFULL		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am <b>15.04.2019</b> eingereichten Ansprüchen <b>1 - 16</b> erstellt.		
Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	EP 3312482 A1 (BAL SEAL ENG INC) 25. April 2018 (25.04.2018) Fig. 1 - 17 (insb. Bezugszeichen 104, 108, 112, 116, 117, 120, 122); Absätze [0027] und [0139] - [0190]	15
Y <sub>1</sub>		1 - 14
X	US 5992856 A (BALSELLS) 30. November 1999 (30.11.1999) Fig. 1 - 12; Spalten 3 - 5; Ansprüche	15
Y <sub>2</sub>		1 - 14
X	CN 208966764 U (GUANGZHOU AILI MACHINERY EQUIPMENT CO LTD) 11. Juni 2019 (11.06.2019) Fig. 1 - 3 (insb. Bezugszeichen 1, 6, 8, 9); Beschreibung; Ansprüche; Übersetzung der CN 208966764 U [online], [ermittelt am 10.04.2020]. Ermittelt auf: EPOQUE EPODOC Database.	15
Y <sub>3</sub>		1, 2, 4 - 14
X	JP S6157270 U (nicht bekannt) 17. April 1986 (17.04.1986) Fig. 3 - 5 (insb. Bezugszeichen 3, 4, 5, 6, 7, 8)	15
Y <sub>4</sub>		1, 2, 4 - 14
X	US 2162104 A (MOSHER) 13. Juni 1939 (13.06.1939) Fig. 1 und 2 (insb. Bezugszeichen 10, 14, 15, 16, 17, 18); Seiten 2 und 3; Anspruch	15
Y <sub>5</sub>		1, 2, 4 - 14
Y <sub>1</sub>	DE 102017217492 A1 (AVL LIST GMBH) 05. April 2018 (05.04.2018) Fig. 1 - 4; Absätze [0036] - [0060]	1 - 14
Y <sub>2</sub>	EP 3519709 A1 (AVL LIST GMBH) 07. August 2019 (07.08.2019) Fig. 1b	1 - 14
Datum der Beendigung der Recherche: 10.04.2020	Seite 1 von 2	Prüfer(in): THALHAMMER Christian
*) Kategorien der angeführten Dokumente: <b>X</b> Veröffentlichung von <b>besonderer Bedeutung</b> : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. <b>Y</b> Veröffentlichung von <b>Bedeutung</b> : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese <b>Verbindung für einen Fachmann naheliegend</b> ist.		
<b>A</b> Veröffentlichung, die den allgemeinen <b>Stand der Technik</b> definiert. <b>P</b> Dokument, das von <b>Bedeutung</b> ist (Kategorien X oder Y), jedoch <b>nach dem Prioritätstag</b> der Anmeldung veröffentlicht wurde. <b>E</b> Dokument, das von <b>besonderer Bedeutung</b> ist (Kategorie X), aus dem ein „ <b>älteres Recht</b> “ hervorgehen könnte (früheres Anmelde datum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). <b>&amp;</b> Veröffentlichung, die Mitglied der selben <b>Patentfamilie</b> ist.		

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
Y <sub>3</sub>	AT 15890 U1 (AVL LIST GMBH) 15. August 2018 (15.08.2018) Fig. 1a	1, 2, 4 – 14
Y <sub>4</sub>	WO 2018060458 A1 (AVL LIST GMBH) 05. April 2018 (05.04.2018) Fig. 1b	1, 2, 4 – 14
Y <sub>5</sub>	DE 102017110363 A1 (AVL LIST GMBH) 15. November 2018 (15.11.2018) Fig. 1	1, 2, 4 – 14

**Patentansprüche**

1. Längenverstellbares Pleuel (1) für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, wobei das Pleuel (1) eine Hydraulikeinrichtung (2) aufweist, mittels welcher eine effektive Länge (L) des Pleuels (1) verstellbar ist, wobei die Hydraulikeinrichtung (2) wenigstens einen Hydraulikzylinder (3) und einen darin verschieblich angeordneten Hydraulikkolben (4), welcher einen Arbeitsraum (5a, 5b) begrenzt, aufweist, wobei der Arbeitsraum (5a, 5b) durch wenigstens eine Dichtungsvorrichtung (6) abgedichtet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dichtungsvorrichtung (6) ein Dichtelement (7) und wenigstens ein erstes und ein zweites Federelement (8a, 8b) aufweist, wobei das erste Federelement (8a) eine Kraft in der Weise auf einen ersten Abschnitt (7a), insbesondere eine erste Dichtlippe, des Dichtelements (7) ausübt, dass der erste Abschnitt (7a) gegen eine Kolbenstange (9) des Hydraulikkolbens (4) oder den Hydraulikkolben (4) gepresst wird und das zweite Federelement (8b) eine Kraft in der Weise auf einen zweiten Abschnitt (7b), insbesondere eine zweite Dichtlippe, des Dichtelements (7) ausübt, dass der zweite Abschnitt (7b) gegen eine Zylinderwand (10) des Hydraulikzylinders (3) gepresst wird, wobei die Federelemente (8a, 8b) wenigstens im Wesentlichen als Ringe ausgebildet sind, welche an einer Stelle (12) unterbrochen sind.
2. Pleuel (1) nach Anspruch 1, wobei die Federelemente (8a, 8b) wenigstens im Wesentlichen der Form des Dichtelements (7) folgen.
3. Pleuel (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Federelemente (8a, 8b) in Richtung einer Längsachse (A) der Hydraulikeinrichtung (2) versetzt zueinander angeordnet sind.
4. Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Dichtelement (7) im Querschnitt im Wesentlichen eine U-Form aufweist und die beiden Schenkel der U-Form den ersten Abschnitt (7a) und den zweiten Abschnitt (7b) bilden.
5. Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die wenigstens eine Dichtungsvorrichtung (6) in einer Dichtungsnut (15) des Hydraulikkolbens (4)

angeordnet ist, welche vorzugsweise an der einer Zylinderwand (10) des Hydraulikzylinders (3) zugewandten Seite angeordnet ist.

6. Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Federelemente (8a, 8b) als Schnappringe, ausgebildet sind.
7. Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei eine relative Position der Federelemente (8a, 8b) zueinander durch das Dichtelement (7) definiert wird.
8. Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Abschnitte (7a, 7b) des Dichtelements (7) wenigstens eine erste Nut (11a) oder einen ersten Hohlraum und eine zweite Nut (11b) oder einen zweiten Hohlraum aufweisen, wobei die Federelemente (8a, 8b) jeweils in einer der Nuten (11a, 11b) oder einem der Hohlräume angeordnet sind, vorzugsweise in der Weise, dass die Federelemente (8a, 8b) nicht durch Beschleunigungen des Pleuels (1) aus den Abschnitten (7a, 7b) des Dichtelements (7) austreten können.
9. Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Federelemente (8a, 8b) in der Weise ausgebildet sind, dass deren Eigenfrequenzen niedriger als eine Betriebsfrequenz des Pleuels (1) und/oder einer Hubkolbenmaschine und/oder des in einer Hubkolbenmaschine bestimmungsgemäß verwendeten Pleuels (1) liegen.
10. Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Federelemente (8a, 8b) in der Weise ausgelegt sind, dass sich die Abschnitte des Dichtelements (7) im Normalbetrieb des Pleuels (1) und/oder einer Hubkolbenmaschine nicht von der Kolbenstange (9) und der Zylinderwand (10) abheben können.
11. Pleuel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 mit einem ersten Pleuelteil (1a) und einem zweiten Pleuelteil (1b), die zum Verstellen der effektiven Pleuellänge (L), insbesondere entlang einer Längsachse (A) des Pleuels (1), relativ zueinander verschiebbar sind.
12. Pleuel (1) nach Anspruch 11, wobei die Pleuelteile (1a, 1b) zum Verstellen der effektiven Länge (L) des Pleuels (1) teleskopartig ineinander- und

aueinanderschiebbar sind, wobei der erste Pleuelteil (1a) den Hydraulikzylinder (3) und der zweite Pleuelteil (1b) den Hydraulikkolben (4) bildet.

13. Hubkolbenmaschine, insbesondere Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit wenigstens einem längenverstellbaren Pleuel (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
14. Kraftfahrzeug mit einer Hubkolbenmaschine nach Anspruch 13.
15. Dichtungsvorrichtung (6) mit einem Dichtelement (7) und wenigstens einem ersten und einem zweiten Federelement (8a, 8b), wobei das erste Federelement (8a) eine Kraft in der Weise auf einen ersten Abschnitt (7a), insbesondere eine erste Dichtlippe, des Dichtelements (7) ausübt, dass der erste Abschnitt (7a) gegen ein erstes Widerlager gepresst werden kann und das zweite Federelement (8b) eine Kraft in der Weise auf einen zweiten Abschnitt (7b), insbesondere eine zweite Dichtlippe, des Dichtelements (7) ausübt, dass der zweite Abschnitt (7b) gegen ein zweites Widerlager gepresst werden kann, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Federelemente (8a, 8b) eine Öffnung (12) aufweisen.
16. Herstellungsverfahren (100) für ein längenverstellbares Pleuel (1) oder eine Dichtungsvorrichtung (6a, 6b) nach Anspruch 15, wobei in einem ersten Schritt (101) wenigstens ein Montagewerkzeug (16a, 16b) an dem Dichtelement (7) angesetzt wird und in einem zweiten Schritt (102) das erste Federelement (8a) auf einer Kegelfläche (16a) des wenigstens einen Montagewerkzeugs (16a, 16b) in das Dichtelement (7), insbesondere in eine erste Nut (11a) des Dichtelements (7), geschoben wird und/oder in einem dritten Schritt (103) das zweite Federelement (8b) auf einer Hohlkegelfläche (16b) des wenigstens einen Montagewerkzeugs (16a, 16b) in das Dichtelement (7), insbesondere eine zweite Nut (11b) des Dichtelements (7), geschoben wird.