

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50436/2019
(22) Anmeldetag: 15.05.2019
(43) Veröffentlicht am: 15.09.2020

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

(56) Entgegenhaltungen:
AT 15890 U1
WO 2015055582 A2

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

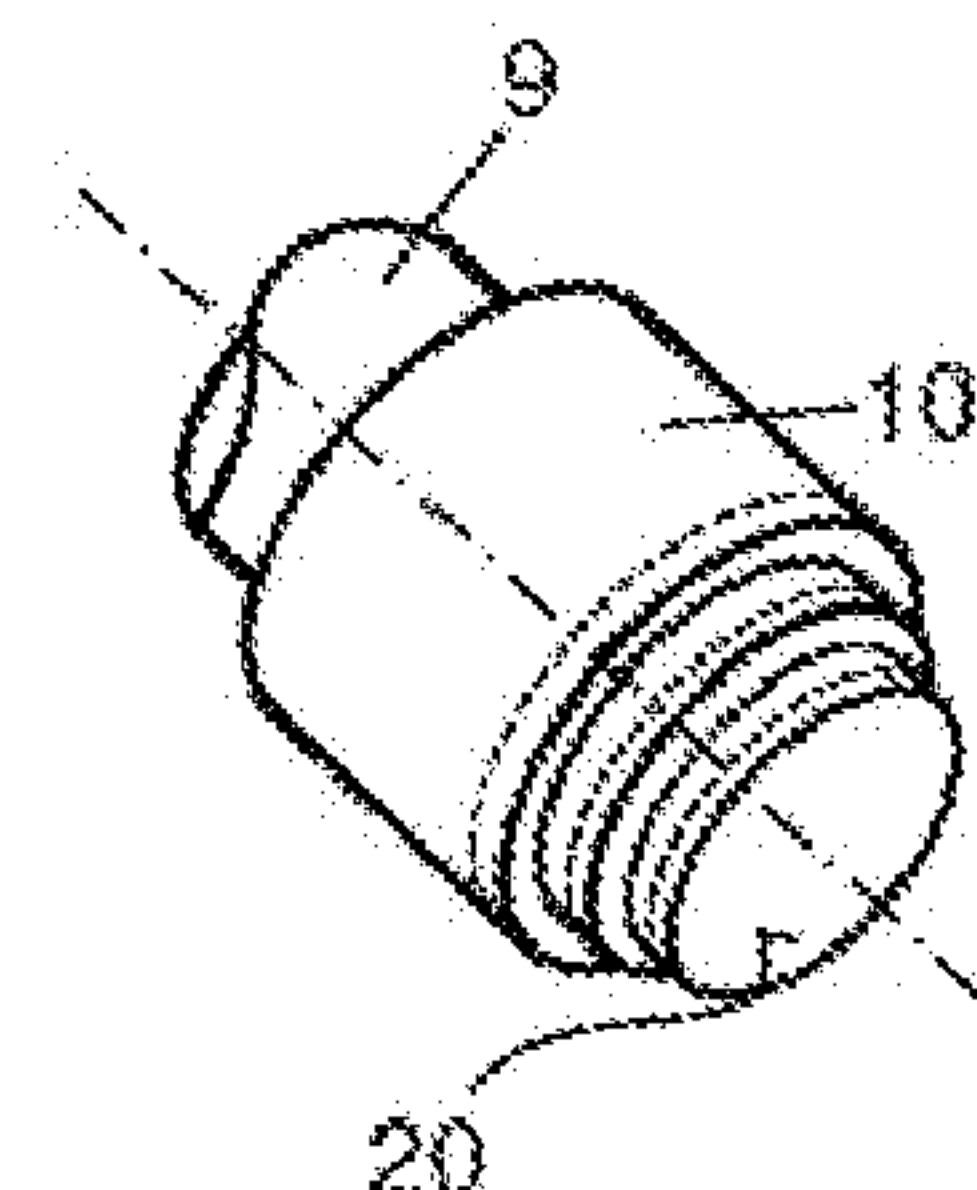
(72) Erfinder:
Arens Kai Dr.
81377 München (DE)
Neugärtner Jörg Dr.
93051 Regensburg (DE)
Weiss Thomas
86415 Mering (DE)
Kometter Bernhard Dipl.Ing.
8111 Judendorf (AT)
Gallob Christian
8750 Judenburg (AT)
Paterno Simon Ing.
8020 Graz (AT)
St John Robert
8020 Graz (AT)
Kober Thomas
8010 Graz (AT)
Unzeitig Wolfgang Dr.
8041 Graz (AT)
Redouane Abdelkarim
8047 Graz (AT)

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

(54) **Bausatz für die Herstellung von VCR-Pleuel**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft einen Bausatz für die Herstellung von VCR-Pleuel (1) mit unterschiedlichem Verdichtungsverhältnis. Der Bausatz umfasst ein erstes Modul, das zumindest ein Pleuelgehäuse (16) mit Kolbenaufnahmebohrung (15) aufweist, und ein zweites Modul, das zumindest eine Kolbenstange (9) mit in die Kolbenaufnahmebohrung (15) einzuführenden Verstellkolben (10) sowie einer oberen (19) oder einer unteren Kolbenanschlagfläche (20) aufweist. Ausgehend von einer vorgegebenen charakteristischen Länge (L_{MIN} , L_{MAX}) des VCR-Pleuels (1) des Bausatzes sind mindestens zwei Varianten des zweiten Moduls vorgesehen, die unterschiedlich positionierte obere Kolbenanschlagflächen (19) oder die unterschiedlich positionierte untere Kolbenanschlagflächen (20) aufweisen. Hierdurch lässt sich auf einfache Weise

die Variantenzahl erhöhen. Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Herstellen von VCR-Pleuel (1) mit unterschiedlich kurzen und/oder langen wirksamen Pleuellängen sowie auf ein VCR-Pleuel (1), das durch dieses Verfahren oder durch die Verwendung des Bausatzes hergestellt ist.



Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Bausatz für die Herstellung von VCR-Pleuel (1) mit unterschiedlichem Verdichtungsverhältnis. Der Bausatz umfasst ein erstes Modul, das zumindest ein Pleuelgehäuse (16) mit Kolbenaufnahmebohrung (15) aufweist, und ein zweites Modul, das zumindest eine Kolbenstange (9) mit in die Kolbenaufnahmebohrung (15) einzuführenden Verstellkolben (10) sowie einer oberen (19) oder einer unteren Kolbenanschlagfläche (20) aufweist. Ausgehend von einer vorgegebenen charakteristischen Länge (L_{MIN} , L_{MAX}) des VCR-Pleuels (1) des Bausatzes sind mindestens zwei Varianten des zweiten Moduls vorgesehen, die unterschiedlich positionierte obere Kolbenanschlagflächen (19) oder die unterschiedlich positionierte untere Kolbenanschlagflächen (20) aufweisen. Hierdurch lässt sich auf einfache Weise die Variantenzahl erhöhen. Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Herstellen von VCR-Pleuel (1) mit unterschiedlich kurzen und/oder langen wirksamen Pleuellängen sowie auf ein VCR-Pleuel (1), das durch dieses Verfahren oder durch die Verwendung des Bausatzes hergestellt ist.

Fig. 6

Bausatz für die Herstellung von VCR-Pleuel

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Bausatz für die Herstellung von VCR-Pleuel mit unterschiedlichem Verdichtungsverhältnis.

Bei Verbrennungshubkolbenmotoren gibt es Entwicklungstendenzen, das Verdichtungsverhältnis während des Betriebs zu ändern. Das wird mit dem Begriff „variable compression ratio“ (VCR) bezeichnet. Hierzu gibt es verschiedene Möglichkeiten, wie beispielsweise die Pleuellängen verstellbar zu gestalten. Derartige längenverstellbare Pleuelstangen werden im Rahmen der vorliegenden Offenbarung als VCR-Pleuel bezeichnet. Die Längenverstellung kann z.B. dadurch geschehen, dass die Lagerung des Pleuelauges über einen Exzenter verstellbar ausgeführt wird, oder dadurch, dass das Pleuel aus zwei teleskopierbaren Pleuelabschnitten besteht. Einige Varianten bedienen sich eines oder mehrerer Zylinder, in denen bzw. in dem sich jeweils ein Verstellkolben bewegt. Bei der Verwendung von zwei teleskopierbaren Pleuelabschnitten weist der eine Abschnitt einen Zylinder auf, in dem der andere Pleuelabschnitt mit einem Kolben eintaucht. Pleuelauge und Kolben sind bei dieser Ausführung über eine Kolbenstange miteinander verbunden, die durch einen Deckel, mit dem der Zylinder des anderen Pleuelabschnitts abgedichtet ist, hindurchgeführt werden muss. Eine solche Ausführung zeigt beispielsweise die WO 2015/055582 A1. Dort ist der Kolben mit Hilfe einer Zylinderschraube an das untere Ende des oberen Pleuelabschnitts angeschraubt. Diese Konstruktion erlaubt es, Deckel und andere Bauteile auf die Kolbenstange aufzuschieben, und erst dann den Kolben anzubringen. Alternativ kann der Kolben einteilig mit der Kolbenstange ausgebildet sein. Allerdings müssen dann andere Maßnahmen getroffen werden, um den Deckel und andere Bauteile weiterhin auf die Kolbenstange aufschiebbar zu gestalten. Eine Möglichkeit besteht darin, das Pleuelauge mit der Kolbenstange zu verschrauben.

Aufgrund der üblicherweise im Motorenbau zu erreichenden Stückzahlen, werden in aller Regel anwendungsspezifische Varianten entwickelt, die den unterschiedlichen Anforderungen gerecht werden. Speziell bei der Markteinführung einer neuen Technologie ist zu erwarten, dass die Markteinführung zunächst mit geringen Stückzahlen je Anwendungsvariante erfolgen muss. Wird dem durch Entwicklung jeweils komplette anwendungsspezifischer Varianten begegnet, so führt das zu einem negativen Skaleneffekt und damit hohen Produktkosten. Es wird daher nach einer Lösung gesucht, die Produktkosten in wirtschaftlich vertretbaren Grenzen zu halten, insbesondere bei Varianten, die sich maßgeblich durch die Bereitstellung

eines unterschiedlichen Verdichtungsverhältnisses auszeichnen und gleiche oder ähnliche Schnittstellenvoraussetzungen aufweisen.

Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Bausatz für die Herstellung von VCR-Pleuel mit unterschiedlichem Verdichtungsverhältnis zur Verfügung zu stellen, durch den die Produktkosten der einzelnen VCR-Pleuel in vertretbaren wirtschaftlichen Grenzen gehalten werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Bausatz ein erstes Modul, das zumindest ein Pleuelgehäuse mit Kolbenaufnahmebohrung aufweist, und ein zweites Modul, das zumindest eine Kolbenstange mit in die Kolbenaufnahmebohrung (bzw. den Zylinder) einzuführenden Verstellkolben sowie eine obere oder eine untere Kolbenanschlagfläche aufweist, umfasst, wobei ausgehend von einer vorgegebenen charakteristischen Länge der VCR-Pleuel des Bausatzes mindestens zwei Varianten des zweiten Moduls vorgesehen sind, die unterschiedlich positionierte obere Kolbenanschlagflächen oder die unterschiedlich positionierte untere Kolbenanschlagflächen aufweisen. Die VCR-Pleuel, die mittels dieses Bausatzes hergestellt werden können, weisen demnach eine gemeinsame vorgegebene charakteristische Länge auf. In Frage kommt z.B. die wirksame Länge (z.B. der Abstand der Pleuellaugenmittelpunkte) in einem vorgegebenen Betriebszustand. Die herzustellenden VCR-Pleuel unterscheiden sich demnach dadurch, dass sie unterschiedliche Verstellungen der Wirklängen bereitstellen. Bei einer rein teleskopierenden Variante ergeben sich somit zwei unterschiedliche Teleskopierlängen. Bei einer Exzentervariante wird der Exzenter um jeweils einen anderen Betrag von den Verstellkolben bewegt. Deshalb erfolgt vorrangig eine Veränderung auch nur beim zweiten Modul, während das erste Modul unangetastet bleiben kann. Die Kolbenanschlagflächen können am Verstellkolben selbst (insbesondere die untere Kolbenanschlagfläche) oder an einem anderen Element des zweiten Moduls vorhanden sein (insbesondere bei der oberen Anschlagfläche). Bei dem anderen Element kann es sich z.B. um die Verschlusseinheit zum Verschließen der Kolbenaufnahmebohrung (bzw. des Zylinders) handeln. Die Erzeugung unterschiedlich positionierter Kolbenanschlagflächen kann durch entsprechende Bearbeitung des zweiten Moduls oder Hinzufügung eines zusätzlichen Elements erfolgen. Bei der Veränderung der unteren Kolbenanschlagfläche ist es prinzipiell auch möglich, ein zusätzliches Element des zweiten Moduls zunächst in einem separaten Vorgang in die Kolbenaufnahmebohrung (bzw. Zylinder) des ersten Moduls einzusetzen. Ein solcher Bausatz eröffnet auch die Möglichkeit, eine Basisvariante des VCR-Pleuels bereitzustellen, die bereits einen Großteil der anwendungsspezifischen Anforderung abdeckt und

derart modular aufgebaut ist, dass weitere anwendungsspezifische Varianten, insbesondere hinsichtlich des erreichbaren Verdichtungsverhältnisses, durch einfache Anpassungen am zweiten Modul erzeugt werden können. Dies eröffnet die Möglichkeit, dass selbst, wenn mehrere unterschiedliche Gesamtsystemvarianten in geringer Stückzahl gefordert werden, durch den Gleichteil- und Ähnlichkeitsansatz noch ein positiver Skaleneffekt erzielt werden kann. Hervorzuheben ist, dass die einzelnen Module grundsätzlich für die Verwendung in einer bestimmten Anforderungsklasse ausgelegt werden. So können auf dieser Basis kundenspezifische Anforderungen innerhalb einer Anforderungsklasse über reine Bearbeitungs- bzw. Ausstattungsvarianten des zweiten Moduls realisiert werden. Dieser Ansatz ist speziell vorteilhaft, um die Technologie mit zunächst überschaubaren Stückzahlen bei verschiedenen Motoren zu etablieren.

Gemäß einer bevorzugten Variante kann eine Gruppe von mindestens zwei verschiedenen Ausführungsformen oder von mindestens zwei verschiedenen Abwandlungen des ersten Moduls mindestens zwei identisch ausgestaltete erste Module enthalten, wobei die mindestens zwei identisch ausgestalteten ersten Module mit unterschiedlichen Varianten des zweiten Moduls zum Herstellen von VCR-Pleuel mit unterschiedlichem Verdichtungsverhältnis kombinierbar sind. Im gesamten Bausatz können natürlich unterschiedliche erste Module enthalten sein; aber mindestens zwei sollen, wie vorgegeben, identisch ausgestaltet sein. Verschiedene Ausführungsformen einer Gruppe unterscheiden sich in mehreren Punkten bzw. Schnittstellen voneinander, während verschiedene Abwandlungen einer Gruppe lediglich Module betrifft, die sich jeweils nur in einem Punkt bzw. einer Schnittstelle (z.B. Pleuelaugendurchmesser etc.) voneinander unterscheiden. Diese Vorgabe erhöht dann noch einmal die Anzahl der Gleichteile innerhalb des Bausatzes und wirkt daher kostensenkend.

Bevorzugt kann das zweite Modul eine relativ zur Kolbenstange verschiebbar angeordnete Verschlusseinheit umfassen, die zum Verschließen der Kolbenaufnahmebohrung mit dem ersten Modul verbindbar ist, und dass die obere Kolbenanschlagfläche Bestandteil der Verschlusseinheit ist. Prinzipiell wäre es auch möglich, den Verstellkolben zu verlängern oder zu verkürzen. Aus Festigkeitsgründen ist es jedoch von Vorteil, wenn am Verstellkolben so wenig Anpassungsmaßnahmen wie nötig durchgeführt werden. Deshalb übernimmt diese Variation die Verschlusseinheit, die in ihrer kürzesten Bauform bereits eine ausreichende Festigkeit aufweist.

Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass die untere Kolbenanschlagfläche vom Kolbenboden selbst oder einem mit dem Kolbenboden verbundenen Anschlagring gebildet ist. Der Anschlagring ist als Bestandteil des Verstellkolbens anzusehen. Bevorzugt soll lediglich bei der Veränderung der unteren Kolbenanschlagfläche Einfluss auf die Kolbenlänge genommen werden. Wird jedoch anstelle der Verkürzung bzw. der Verlängerung der Kolbenlänge ein Anschlagring verwendet, kann ein Bearbeitungsschritt am Verstellkolben selbst entfallen. Die Veränderung der Position der Anschlagfläche an der nach unten weisenden Seite des Verstellkolbens ist darüber hinaus technisch sehr einfach zu realisieren und führt zu einem entsprechenden früheren oder späteren Anschlagen am Grund der Kolbenaufnahmebohrung.

Die kundenspezifischen Anforderungen können vielfältig sein. Deshalb ist gemäß einer Ausführungsform vorgesehen, dass die charakteristische Länge der VCR-Pleuels die minimale wirksame Pleuellänge ist. Unter wirksamer Pleuellänge wird eine Größe bezeichnet, die sich auf das Verdichtungsverhältnis auswirkt. Im vorliegenden Fall ist die untere Kolbenanschlagfläche immer an der gleichen Position vorhanden, während die obere Kolbenanschlagfläche variiert wird. Bei ansonsten baugleichen Verbrennungsmotoren und Einsatzbedingungen ist demnach das minimal zu erreichende Verdichtungsverhältnis bei der Verwendung der VCR-Pleuel dieses Bausatzes immer gleich.

Es besteht aber auch gemäß einer Ausführungsform die Möglichkeit, dass die charakteristische Länge der VCR-Pleuel die maximale wirksame Pleuellänge ist. Die Position der oberen Kolbenanschlagfläche ist hier bei allen zweiten Modulen gleich, während die Position der unteren Kolbenanschlagfläche verändert wird. Bei dieser Ausführungsform ist beim Einsatz von ansonsten baugleichen Motoren und gleichen Einsatzbedingungen das maximal zu erreichende Verdichtungsverhältnis der entsprechenden VCR-Pleuel gleich, während das minimal zu erreichende Verdichtungsverhältnis durch Veränderung der Position der unteren Kolbenanschlagfläche variiert.

Um die anwendungsspezifischen Varianten zu erhöhen, kann gemäß einer weiteren Ausführungsform vorgesehen sein, dass sowohl eine Variante des zweiten Moduls mit maximaler wirksamer Pleuellänge als charakteristische Länge als auch eine Variante des zweiten Moduls mit minimaler wirksamer Pleuellänge als charakteristische Länge enthalten sind. Hierdurch lassen sich bereits mindestens vier unterschiedliche anwendungsspezifische Varianten erzeugen.

Neben der Veränderung des Verdichtungsverhältnisses können auch andere anwendungsspezifische Anforderungen bestehen. Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung kann daher vorgesehen sein, dass das zweite Modul ein mit der Kolbenstange verbundenes erstes Pleuelauge mit einer Kolbenbolzenöffnung umfasst und mindestens zwei Abwandlungen, bevorzugt einer Variante, des zweiten Moduls mit unterschiedlichen Kolbenbolzenöffnungen enthalten sind. Auch durch diese Abwandlungen wird die Anwendungsvielfalt durch eine Anbindung an unterschiedliche Kolbenbolzendurchmesser erhöht.

Eine weitere Maßnahme zur Erhöhung der anwendungsspezifische Varianten besteht gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung dadurch, dass das Pleuelgehäuse des ersten Moduls mit einer Lagerschale verbunden ist und gemeinsam mit der Lagerschale ein zweites Pleuelauge mit einem Öffnungsdurchmesser ausformt und mindestens zwei Abwandlungen, bevorzugt einer Variante, des ersten Moduls mit unterschiedlichen Öffnungsdurchmessern des zweiten Pleuelauges enthalten sind. Hierdurch können unterschiedliche Anbindungen an die Kurbelwelle erfolgen, wodurch wiederum die Anwendungsvielfalt erhöht wird.

Neben der Variation des Verdichtungsverhältnisses besteht auch die Möglichkeit, dass die VCR-Pleuel grundsätzlich einen anderen Abstand zwischen der Kurbelwelle und dem Kolben zu überbrücken haben. Deshalb ist gemäß einer weiteren Variante vorgesehen, dass mindestens zwei Abwandlungen, bevorzugt eine Variante, des zweiten Moduls mit unterschiedlicher Länge zum Herstellen von VCR-Pleuel mit unterschiedlicher Gesamtlänge enthalten sind. Auch durch diese Abwandlungen wird die Anwendungsvielfalt erhöht.

Eine Kombination der zuvor beschriebenen Ansätze (Varianten und Abwandlungen) untereinander führt zu einer Vielzahl von kundenspezifischen Anwendungsmöglichkeiten, ohne allzu große Änderungen an den einzelnen Modulen vorzunehmen.

Die Verstellung eines VCR-Pleuels kann auf verschiedene Weise erfolgen. Bevorzugt erfolgt die Verstellung jedoch mittels hydraulischer Verriegelung bzw. Ansteuerung und aufgrund auftretender Massekräfte. Deshalb ist es gemäß einer Weiterentwicklung von Vorteil, wenn ein drittes Modul vorgesehen ist, wobei der Bausatz mindestens zwei identisch ausgestaltete dritte Module enthält und das dritte Modul Elemente zum hydraulischen Ansteuern des Verstellkolbens des zweiten Moduls umfasst. Günstigerweise kann vorgesehen sein, dass der Bausatz nur eine einzige Ausführungsform des dritten Moduls enthält, die identisch in allen Varianten und Abwandlungen verwendbar ist.

Bevorzugt kann das erste Modul Schnittstellen zum Verbinden der Elemente des dritten Moduls mit dem ersten Modul aufweisen. Das dritte Modul kommt demnach nur mit dem ersten Modul in Kontakt und entfaltet seine Funktion unabhängig von der Ausgestaltung des zweiten Moduls.

Bevorzugt kann das zweite Modul Kolbendichtungen und Dichtungen der Verschlusseinheit umfassen. Diese Kolbendichtungen und Dichtungen sind günstigerweise im Bausatz vormontiert und haben einen entscheidenden Einfluss auf die Funktion des VCR-Pleuels, da sie in aller Regel hohen Drücken standhalten müssen. Die Veränderung der Position der oberen oder unteren Kolbenanschlagfläche hat in aller Regel bei den mittels des Bausatzes erzeugbaren Ausführungsformen des VCR-Pleuels keinen Einfluss auf die Ausgestaltung der Kolbendichtungen und Dichtungen, die als Gleichteile bei allen Ausführungsformen verwendbar sind. Auch hier kommen deshalb wieder Gleichteile in großem Umfang zum Einsatz, was in der Folge zur Kostenreduktion führt.

Günstigerweise kann die Lagerschale mittels Pleuelschrauben am restlichen Pleuelgehäuse befestigt sein, wobei die Schnittstellen zum Verbinden des dritten Moduls in dem restlichen Pleuelgehäuse angeordnet sind. Auch hierdurch wird eine Vereinfachung geschaffen, weil die Anbindung der Lagerschale unabhängig von der Schnittstelle des dritten Moduls ist, so dass auch hier wieder möglichst viele Gleichteile eingesetzt werden können.

Bei einer reinen teleskopierbaren Version ist vorteilhafterweise gemäß einer Ausführungsform des Bausatzes vorgesehen, dass die Längsachse der Kolbenaufnahmebohrung des ersten Moduls coaxial zur Längsachse des zusammengebauten VCR-Pleuels verläuft und die Längsachse der Kolbenstange des Verstellkolbens des zweiten Moduls ebenfalls coaxial zur Längsachse des zusammengebauten VCR-Pleuels verläuft. Hierdurch lässt sich ein sehr stabiler Teleskopmechanismus erreichen.

Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Herstellen von VCR-Pleuel mit unterschiedlichen kurzen und/oder langen wirksamen Pleuellängen mit folgenden Schritten:

Bereitstellen eines ersten Moduls, das zumindest ein Pleuelgehäuse mit Kolbenaufnahmebohrung aufweist,

Bereitstellen eines zweiten Moduls, das zumindest eine Kolbenstange mit in die Kolbenaufnahmebohrung einzuführenden Verstellkolben aufweist, und

Zusammenstellen eines VCR-Pleuels mittels Fügen des ersten und zweiten Moduls, sowie

Ausführen zumindest eines der folgenden Schritte:

Anordnen eines Anschlagrings am Verstellkolben zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen oder langen wirksamen Pleuellänge als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des zweiten Moduls,

oder

Anordnen eines Anschlagrings in der Kolbenaufnahmebohrung zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen wirksamen Pleuellänge als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des ersten Moduls,

oder

Anordnen eines Anschlagrings zwischen einer Verschlusseinheit des zweiten Moduls, die zum Verschließen der Kolbenaufnahmebohrung mit dem ersten Modul verbindbar ist, und dem Verstellkolben zum Einstellen einer vorgegebenen langen wirksamen Pleuellänge als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des zweiten Moduls,

oder

Verändern einer Position einer oberen oder einer unteren Kolbenanschlagfläche am Verstellkolben zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen oder langen wirksamen Pleuellänge als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des zweiten Moduls,

oder

Verändern einer Tiefe der Kolbenaufnahmebohrung im Pleuelgehäuse zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen wirksamen Pleuellänge als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des ersten Moduls,

oder

Auswählen eines zweiten Moduls aus einer Gruppe von zweiten Modulen, die sich hinsichtlich der in Kombination mit dem ersten Modul erreichbaren kurzen oder langen wirksamen Pleuellänge unterscheiden, zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen oder langen wirksamen Pleuellänge als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des zweiten Moduls,

oder

Auswählen eines ersten Moduls aus einer Gruppe von ersten Modulen, die sich hinsichtlich der in Kombination mit dem zweiten Modul erreichbaren kurzen wirksamen Pleuellänge unterscheiden, zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen wirksamen Pleuellänge als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des ersten Moduls.

Die Einstellung der kurzen und/oder langen wirksamen Pleuellänge erfolgt in Abhängigkeit der Vorgaben mittels einfacher Modifikation bestehender Module. Zur Anwendung kommen können Anschlagringe (auch unterschiedlicher Dicke), die an verschiedenen Positionen des zweiten oder ersten Moduls zur entsprechenden Einstellung verwendet werden. Die Veränderung der Position einer oberen oder einer unteren Kolbenanschlagfläche oder die Veränderung einer Tiefe der Kolbenaufnahmebohrung können auch durch andere Maßnahmen erfolgen. Von Vorteil ist es auch, wenn gleich eine Gruppe von ersten oder zweiten Modulen bereitgestellt werden, die bereits entsprechend angepasste erste und zweite Module zum Erzielen unterschiedlich kurzer oder langer wirksamer Pleuellängen enthalten und nur noch geeignet ausgewählt werden muss. Je größer die herzustellende Stückzahl ist, desto eher werden entsprechend vorbereitete erste und zweite Module bereits zur Auswahl vorliegen.

Darüber hinaus ist es von Vorteil, wenn der Schritt des Veränderns der Position einer oberen oder einer unteren Kolbenanschlagfläche am Verstellkolben ein spanendes Nachbearbeiten des Verstellkolbens oder der Kolbenstange einer Basisform des zweiten Moduls umfasst. Eine solche vorteilhaft gewählte Basisform stellt dann bereits eine bestimmte kurze oder lange wirksame Pleuellänge bereit und kann ohne Nachbearbeitung so eingesetzt werden, während Varianten des zweiten Moduls mittels der angegebenen spanenden Nachbearbeitung erzeugt werden.

In gleicher Weise kann der Schritt des Veränderns der Tiefe der Kolbenaufnahmebohrung im Pleuelgehäuse ein spanendes Nachbearbeiten der Kolbenaufnahmebohrung einer Basisform des ersten Moduls umfassen. Auch hier wird eine vorgegebene Basisform bereits eine bestimmte kurze wirksame Pleuellänge vorgeben, während mittels der spanenden Nachbearbeitung Varianten der kurzen wirksamen Pleuellänge erreicht werden können.

Darüber hinaus bezieht sich die Erfindung auf ein VCR-Pleuel, das durch das Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18 oder durch Verwenden eines Bausatzes nach einem

der Ansprüche 1 bis 15 hergestellt ist. Ein solches VCR-Pleuel ist insbesondere bei der Neueinführung einer Produkttechnik von großem Vorteil und kostengünstiger herzustellen.

Im Folgenden wird eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 ein VCR-Pleuel in einer teilweise geschnittenen Vorderansicht,
- Fig. 2 ein erstes Modul in einer perspektivischen Vorderansicht,
- Fig. 3 ein zweites Modul in einer perspektivischen Vorderansicht,
- Fig. 4 ein drittes Modul in einer perspektivischen Vorderansicht,
- Fig. 5 eine Explosionsdarstellung der Pleuelstange und des Pleuelkopfs und
- Fig. 6 den Pleuelbereich der Pleuelstange in einer perspektivischen Darstellung.

Die in Fig. 1 dargestellte längenverstellbare Pleuelstange 1 (VCR-Pleuel) umfasst zwei teleskopierbar zueinander bewegbare Pleuelteile 2, 3. Das in der Darstellung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 in Fig. 1 oben angeordnete obere Pleuelteil 3 weist einen Pleuelkopf 4 mit einem ersten Pleuelauge 5 auf, das den Pleuelbolzen (nicht gezeigt) des Pleuelkopfs im Pleuelmotor aufnimmt. Das in der Darstellung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 in Fig. 1 unten angeordnete Pleuelteil 2 weist ein zweites Pleuelauge 6 auf, mit dem die längenverstellbare Pleuelstange 1 auf der Pleuelwelle (nicht gezeigt) des Pleuelmotors gelagert ist. Dazu weist das untere Pleuelteil 2 weiter eine Pleuelhülse 7 auf, die zusammen mit dem ebenfalls hülsenartig ausgebildeten unteren Bereich eines Pleuelgehäuses 16 des unteren Pleuelteils 2 das zweite Pleuelauge 6 ausbildet. Die Pleuelhülse 7 und das Pleuelgehäuse 16 werden mittels Pleuelschrauben 8 miteinander verbunden.

Der Pleuelkopf 4 ist mit einer teleskopierbaren Pleuelstange 9 verbunden. Dabei ist der Pleuelkopf 4 üblicherweise mit der Pleuelstange 9 verschraubt oder verschweißt oder, wie in Fig. 1 dargestellt, einstückig ausgeführt. Am unteren Ende der Pleuelstange 9 befindet sich ein Pleuelbolzen 10. Der Pleuelbolzen 10 ist einteilig mit der Pleuelstange 9 ausgebildet. Insbesondere bei separater Herstellung des Pleuelkopfs 4 und der Pleuelstange 9 und der anschließenden Verbindung können vor dem Zusammenbau des oberen Pleuelteils 3 eine Pleuelverschlussseinheit 11 mit Pleueldichtung 12 sowie Pleuelbolzen 13 und 14 einfach

und beschädigungsfrei angeordnet werden. Bei der Stangendichtung 12 und den Kolbendichtungen 13, 14 handelt es sich um bekannte, zumeist mehrteilig ausgeführte Baueinheiten, die in aller Regel Dichtungs- und Befestigungs- bzw. Stützbereiche aufweisen.

Das obere Pleuelteil 3 ist über den Verstellkolben 10 teleskopierbar in dem unteren Pleuelteil 2 in einer Kolbenaufnahmebohrung 15 (insbesondere in Form eines Zylinders) geführt. Die Längsachse der Kolbenaufnahmebohrung 15 sowie die Längsachse der Pleuelstange 9 und des Verstellkolbens 10 sind koaxial zur Längsachse A der Pleuelstange 1 angeordnet. Aufgrund der Teleskopierbarkeit wird der Abstand zwischen dem im ersten Pleuelauge 5 aufgenommenen Kolbenbolzen des Hubkolbens und der in dem zweiten Pleuelauge 6 aufgenommenen Kurbelwelle des Kolbenmotors verstellt, um so das Verdichtungsverhältnis des Kolbenmotors an den jeweiligen Betriebszustand anzupassen. Die Kolbenaufnahmebohrung 15 ist in dem Pleuelgehäuse 16 des unteren Pleuelteils 2 angeordnet. Die Pleuelstange 9 mit dem Verstellkolben 10 und der Verschlusseinheit 11 einschließlich der Stangendichtung 12 und das Pleuelgehäuse 16 mit der Kolbenaufnahmebohrung 15 formen eine Zylinder-Kolben-Einheit 17 zum Verstellen der Pleuelstange 1. Aufgrund der Verstellung ist es möglich, den Kolbenmotor im Teillastbereich mit einem höheren Verdichtungsverhältnis als im Vollastbereich zu betreiben und so den Wirkungsgrad des Motors zu erhöhen.

In der Kolbenaufnahmebohrung 15 ist der Verstellkolben 10 des oberen Pleuelteils 3 in Längsrichtung der Pleuelstange 1 bewegbar angeordnet. Der Verstellkolben 10 ist in der Fig. 1 in seiner untersten Stellung dargestellt, so dass die Pleuelstange 1 in Fig. 1 ihre minimale wirksame Pleuellänge L_{MIN} aufweist. In der Fig. 1 ist auch die maximale wirksame Pleuellänge L_{MAX} eingezeichnet, die mittels Teleskopierung des oberen Pleuelteils 3 erreichbar ist.

Der Verstellkolben 10 unterteilt einen Bereich der Kolbenaufnahmebohrung 14 in zwei Druckräume, von denen in Fig. 1 nur der obere (Bezugsziffer 27) zu sehen ist. Die Pleuelstange 9 erstreckt sich von dem Verstellkolben 10 durch den oberen Druckraum 27 und die Stangendichtung 12 sowie die Verschlusseinheit 11 hindurch. Die Stangendichtung 12 umgibt die Pleuelstange 9 und dichtet den oberen Druckraum 27 gegenüber der Umgebung ab. Die beiden auf dem Verstellkolben 10 angeordneten Kolbendichtungen 13, 14 dichten den Verstellkolben 10 gegenüber der Kolbenaufnahmebohrung 15 ab. Im vorliegenden Fall ist zwischen der Stangendichtung 12 und dem Verstellkolben 10 ein Anschlagring 18 vorgesehen, dessen nach unten weisende Seite eine obere Kolbenanschlagfläche 19 formt. In der

unteren Stellung (Kurzstellung) der längenverstellbaren Pleuelstange 1 liegt der Verstellkolben 10 mit seiner unteren Kolbenanschlagfläche 20 am Grund der Kolbenaufnahmebohrung 15 an.

Das Pleuelgehäuse 16 weist Schnittstellen zur Anordnung einer hydraulischen Steuereinrichtung 21 auf, die in Fig. 1 nur schematisch dargestellt ist. Wie in Fig. 4 dargestellt ist umfasst die hydraulische Steuereinrichtung 21 im Wesentlichen ein erstes und ein zweites Ablassventil 22, 23, die entsprechend zum Öffnen und Verschließen der oberen und unteren Druckkammer ausgestaltet sind, sowie einen federbeaufschlagten Steuerkolben 24 sowie einen Verschlussdeckel 25. Mittels des Steuerkolbens 24 werden abwechselnd das erste und zweite Ablassventil 22, 23 angesteuert. Die Verschiebung des Steuerkolbens 24 erfolgt aufgrund einer Druckveränderung in der Ölversorgung der Kurbelwelle und wird mittels Druckerhöhung durch die Ölpumpe bewirkt. Der prinzipielle Aufbau dieser hydraulischen Steuereinrichtung 21 ist im Stand der Technik bereits bekannt, weshalb hierauf nur kurz eingegangen wird. Die beiden Druckräume sind jeweils über getrennte Hydraulikmittelleitungen und separate Rückschlagventile und einem gemeinsamen Ölversorgungskanal, der in dem zweiten Pleuelauge 6 mündet, mit dem Motorölkreislauf des Kolbenmotors verbunden.

Ist die längenverstellbare Pleuelstange 1 in der langen Position, befindet sich im oberen Druckraum 27 kein Motoröl, während der untere Druckraum hingegen vollständig mit Motoröl gefüllt ist. Während des Betriebs wird die Pleuelstange 1 aufgrund der Massen- und Gaskräfte alternierend auf Zug und Druck belastet. In der langen Stellung wird die Zugkraft durch den mechanischen Kontakt des Verstellkolbens 10 mit dem Anschlagring 18 aufgenommen, wobei sich die Länge der Pleuelstange 1 nicht weiter verändert. Eine einwirkende Druckkraft wird über die Kolbenfläche auf den mit Motoröl gefüllten unteren Druckraum übertragen. Da das dem unteren Druckraum zugeordnete Rückschlagventil ein Ausströmen des Motoröls verhindert, steigt der Druck des Motoröls stark an und verhindert eine Veränderung der Pleuellänge, wodurch die längenverstellbare Pleuelstange 1 in dieser Bewegungsrichtung hydraulisch gesperrt ist.

In der Kurzstellung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 drehen sich die Verhältnisse um. Der untere Druckraum ist vollständig leer und eine Druckkraft wird durch den mechanischen Anschlag des Verstellkolbens 10 am Grund der Kolbenaufnahmebohrung 15 aufgenommen, während der obere Druckraum 27 mit Motoröl gefüllt ist, so dass eine Zugkraft auf die längenverstellbare Pleuelstange 1 einen Druckanstieg im oberen Druckraum 27 und eine hydraulische Sperrung bewirkt.

Die Pleuellänge der hier dargestellten längenverstellbaren Pleuelstange 1 kann zweistufig verstellt werden, indem eine der beiden Druckräume entleert wird und der jeweils andere Druckraum mit Motoröl gefüllt wird. Hierzu wird in der hydraulischen Steuereinrichtung jeweils eines der Rückschlagventile mittels der Ablassventile 22, 23 überbrückt, so dass das Motoröl aus dem bisher gefüllten Druckraum abfließen kann.

Das erste Pleuelauge 5 weist eine Kolbenbolzenöffnung mit einem Durchmesser D_1 auf. Das zweite Pleuelauge 6 weist einen Öffnungsdurchmesser D_2 auf. Die Pleuelstange 1 weist eine Gesamtlänge L_G auf. Im vorliegenden Fall wurde sie in der kürzesten Pleuelstellung gemessen. Alternativ ist auch die Messung in der langen Pleuelstellung möglich.

Die in Fig. 1 dargestellte Pleuelstange 1 wird durch Verwendung eines Bausatzes hergestellt, dessen Aufbau im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert wird.

Die in Fig. 1 dargestellte Pleuelstange 1 weist einen Verstellweg ε_1 auf. Des Weiteren weist die Pleuelstange 1 eine charakteristische Länge auf, die im vorliegenden Fall minimale wirksame Länge L_{MIN} entspricht.

Die Pleuelstange 1 ist unter Verwendung von drei Modulen hergestellt. Das erste Modul umfasst das Pleuelgehäuse 16, die Lagerschale 7 und die Pleuelschrauben 8. Das zweite Modul umfasst den Pleuelkopf 4, die Pleuelstange 9 mit Verstellkolben 10 und die Verschluss-einheit 11 sowie die Stangendichtung 12 und die Pleuelenddichtungen 13 und 14. Zusätzlich kann noch eine Verdrehsicherung (nicht dargestellt) vorgesehen sein, die ein Verdrehen des unteren Pleuelteils 2 gegenüber dem oberen Pleuelteil 3 verhindert. Entsprechende Elemente der Verdrehsicherung sind Bestandteile der jeweiligen zusammenwirkenden Module.

Das dritte Modul umfasst die hydraulische Steuereinrichtung 21.

Mittels des Bausatzes sollen nunmehr zwei Pleuelstangen 1 hergestellt werden, die ein unterschiedliches Verdichtungsverhältnis haben. Neben der in Fig. 1 dargestellten Pleuelstange 1 mit dem Verstellweg ε_1 soll mit dem Bausatz auch eine Pleuelstange 1 mit dem Verstellweg ε_2 hergestellt werden, der größer ist als ε_1 . Der Bausatz enthält eine einzige Version des ersten Moduls (siehe Fig. 2) sowie eine einzige Ausführungsform des dritten Moduls (siehe Fig. 4). Die einzige Variation erfolgt am zweiten Modul (Fig. 3). Hierzu wird eine zweite Variante des zweiten Moduls bereitgestellt, bei der ein Anschlagring 18 mit geringerer Dicke verwendet wird, wodurch die Position der oberen Pleuelanschlagfläche 19 verändert

wird. Hierdurch ergibt sich ganz automatisch ein größerer Verstellweg ε_2 . Der Bausatz enthält in dieser einfachsten Version demnach vier Module, nämlich eine einzige Variante des ersten Moduls, eine einzige Variante des dritten Moduls und zwei Varianten des zweiten Moduls, wodurch sich zwei Pleuelstangen mit unterschiedlichen Verdichtungsverhältnissen herstellen lassen. Bei beiden zu betrachtenden Pleuelstangen ist die charakteristische Länge (hier L_{MIN}) identisch. Der Unterschied besteht in der maximalen wirksamen Länge L_{MAX} . Durch die Verwendung von weiteren Varianten des zweiten Moduls, bei dem jeweils wiederum Anschlagringe 18 anderer Dicke eingesetzt werden, lässt sich die Anwendungsvielfalt nochmals erhöhen.

Alternativ besteht aber auch die Möglichkeit, die maximale wirksame Länge L_{MAX} als charakteristische Länge festzulegen. Eine solche Variante kommt mit oder ohne Anschlagring 18 aus; je nachdem, welches vorgegebene Maß L_{MAX} haben soll. Die Variation des zweiten Moduls erfolgt nunmehr am Verstellkolben 10 selbst, indem eine andere Positionierung der unteren Kolbenanschlagfläche 20 vorgenommen wird. Hierzu wird, wie durch die in Fig. 6 eingezeichneten gestrichelten Linien angedeutet ist, der Verstellkolben 10 bearbeitet, so dass die untere Kolbenanschlagfläche 20 im Verhältnis zum ersten Pleuelauge 5 eine andere Positionierung erhält. Während Pleuelstangen, die mittels eines solchen Bausatzes erzeugt werden sämtlich die gleiche Länge L_{MAX} haben, unterscheiden sie sich in der Länge L_{MIN} und somit ebenfalls hinsichtlich ihres Verdichtungsverhältnisses, nämlich des Verstellwegs ε .

Selbstverständlich können die oben beschriebenen Varianten auch untereinander kombiniert werden. Möglich ist auch die Verwendung von Anschlagringen am Verstellkolben 10.

Wichtig war bei der Erstellung des Bausatzes, dass ausgehend von einer stabil arbeitenden Basisausführungsform eine Anpassung an anwendungsspezifische Ausführungsformen ohne großen Aufwand möglich ist. In den Mittelpunkt rückt bei diesem Konzept die Veränderung des Verdichtungsverhältnisses. Die Beibehaltung eines ersten und eines dritten Moduls identischer Bauart setzt natürlich voraus, dass die Pleuelstangen einer bestimmten (d.h. derselben) Anforderungsklasse zuzuordnen sind, wohingegen auf dieser Basis kundenspezifische Ausführungsformen innerhalb einer Anforderungsklasse über reine Bearbeitungsvarianten des zweiten Moduls durchführbar sind. Durch die Verwendung eines solchen Bausatzes sind an den meisten Bauelementen der Module keine Änderungen durchzuführen. Mit den hier vorgestellten Konzepten kann in Abhängigkeit von der vom Kunden festgelegten charakteristischen Länge eine gewünschte Variation des Verdichtungsverhältnisses durchgeführt werden.

Darüber hinaus können auch Abwandlungen des ersten und zweiten Moduls durchgeführt werden, die andere Größen als das Verdichtungsverhältnis betreffen. Zum Beispiel können in dem Bausatz zwei Abwandlungen des ersten Moduls enthalten sein, die unterschiedliche Durchmesser D_2 aufweisen und so an unterschiedliche Kurbelwellen anpassbar sind. Des Weiteren können auch Abwandlungen des zweiten Moduls im Bausatz Anwendung finden, bei denen der Durchmesser D_1 unterschiedlich ist und somit die Anpassung an unterschiedliche Kolbenbolzendurchmesser möglich ist. Es muss demnach nur jeweils eine modifizierende Bearbeitung an der entsprechenden Stelle vorgenommen werden, während das restliche Modul für die Abwandlung identisch ausgebildet ist. Auch hier kann wieder eine Kombination dieser Abwandlungen innerhalb eines Bausatzes vorgenommen werden, wodurch sich eine noch größere Zahl kundenspezifischer Ausführungsformen erzeugen lässt. Innerhalb eines Bausatzes können auch Pleuelstangen mit unterschiedlichen Gesamtlängen L_G verwendet werden, die jedoch z.B. den gleichen Verstellweg ε aufweisen. Eine Anpassung ist z.B. lediglich über die Veränderung der in Fig. 5 gezeigten Bauelemente des zweiten Moduls möglich. Auch hierdurch wird die Gesamtzahl der Ausführungsformen nochmals erhöht.

Vorrang bei dem Bausatz hat die Veränderung des Verdichtungsverhältnisses. Ausgehend davon können auf der Grundlage von nur geringfügigen Änderungen, die maßgeblich am zweiten Modul durchgeführt werden, mehrere Ausführungsformen einer Pleuelstange (insbesondere einer Anwendungsklasse) erzeugt werden. Der Vorteil besteht darin, dass selbst bei geringer Stückzahl von unterschiedlichen Ausführungsformen durch den Gleich- und Ähnlichteilansatz noch ein positiver Skaleneffekt erzielt werden kann. Hierdurch lassen sich die Produktkosten, insbesondere für die Phase der Produkteinführung, reduzieren. Maßgeblich erfolgt dies durch die Längenbearbeitung des Verstellkolbens 10 oder durch die Verwendung von Distanzstücken (Anschlagringe unterschiedlicher Dicke). Im vorliegenden Fall ist der Verstellkolben 10 einteilig mit der Kolbenstange 9 ausgestaltet, weshalb die untere Kolbenanschlagfläche 20 auch dem Verstellkolben 10 zuzurechnen ist. Generell kommt es jedoch bei der Verwendung des Begriffs Kolbenanschlagfläche auf die Funktion, nämlich die unterschiedliche Positionierung eines Anschlags zur Veränderung des Verstellweges ε an. Auch bei einer zweiteiligen Ausführungsform (Kolbenstange und Verstellkolben) sind die unterhalb des Verstellkolbens 10 angeordneten Bestandteile des oberen Pleuelteils 3 dem Verstellkolben 10 zuzurechnen.

Aufgrund des oben beschriebenen Bausatzes und des dadurch hergestellten VCR-Pleuels ergibt sich auch ein vereinfachtes Verfahren zum Herstellen von VCR-Pleuel mit unterschiedlichen kurzen und/oder langen wirksamen Pleuellängen. Das Verfahren umfasst folgende Schritte:

Bereitstellen eines ersten Moduls, das zumindest ein Pleuelgehäuse 16 mit Kolbenaufnahmebohrung 15 aufweist, Bereitstellen eines zweiten Moduls, das zumindest eine Kolbenstange 9 mit in die Kolbenaufnahmebohrung 15 einzuführenden Verstellkolben 10 aufweist, und Zusammenstellen eines VCR-Pleuels 1 mittels Fügen des ersten und zweiten Moduls.

In Abhängigkeit der gewählten Vorgehensweise umfasst das Verfahren noch zumindest einen der folgenden Schritte:

Anordnen eines Anschlagrings 18 am Verstellkolben 10 zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen oder langen wirksamen Pleuellänge L_{MIN} oder L_{MAX} als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des zweiten Moduls, oder Anordnen eines Anschlagrings 18 in der Kolbenaufnahmebohrung 15 zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen wirksamen Pleuellänge L_{MIN} als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des ersten Moduls, oder Anordnen eines Anschlagrings 18 zwischen einer Verschlusseinheit 11 des zweiten Moduls, die zum Verschließen der Kolbenaufnahmebohrung 15 mit dem ersten Modul verbindbar ist, und dem Verstellkolben 10 zum Einstellen einer vorgegebenen langen wirksamen Pleuellänge L_{MAX} als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des zweiten Moduls, oder Verändern einer Position einer oberen oder einer unteren Kolbenanschlagfläche am Verstellkolben 10 zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen oder langen wirksamen Pleuellänge L_{MIN} oder L_{MAX} als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des zweiten Moduls, wobei dieser Schritt ein spanendes Nachbearbeiten des Verstellkolbens 10 oder der Kolbenstange 9 einer Basisform des zweiten Moduls umfasst, oder Verändern einer Tiefe der Kolbenaufnahmebohrung 15 im Pleuelgehäuse 16 zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen wirksamen Pleuellänge L_{MIN} als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des ersten Moduls, wobei dieser Schritt ein spanendes Nachbearbeiten der Kolbenaufnahmebohrung 15 einer Basisform des ersten Moduls umfasst, oder Auswählen eines zweiten Moduls aus einer Gruppe von zweiten Modulen, die sich hinsichtlich der in Kombination mit dem ersten Modul erreichbaren kurzen oder langen wirksamen Pleuellänge L_{MIN} oder L_{MAX} unterscheiden, zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen oder langen wirksamen Pleuellänge L_{MIN} oder L_{MAX} als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des zweiten Moduls, oder Auswählen eines ersten Moduls aus einer Gruppe von ersten Modulen,

die sich hinsichtlich der in Kombination mit dem zweiten Modul erreichbaren kurzen wirksamen Pleuellänge L_{MIN} unterscheiden, zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen wirksamen Pleuellänge L_{MIN} als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des ersten Moduls.

Insgesamt eröffnet ein solches Verfahren zahlreiche Möglichkeiten zur Erzeugung von VCR-Pleuel mit unterschiedlichen kurzen und/oder langen wirksamen Pleuellängen L_{MIN} oder L_{MAX} , ausgehend von einigen Modulen, die lediglich geringfügig variiert werden, wodurch die Teilevielfalt sehr stark reduziert werden kann. Hierdurch ist selbst bei geringen Stückzahlen in einer Produktanlaufphase mit einem positiven Skaleneffekt zu rechnen.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|--|
| 1 | längenverstellbare Pleuelstange (VCR-Pleuel) |
| 2 | unteres Pleuelteil |
| 3 | oberes Pleuelteil |
| 4 | Pleuelkopf |
| 5 | erstes Pleuelauge |
| 6 | zweites Pleuelauge |
| 7 | Lagerschale |
| 8 | Pleuelschrauben |
| 9 | Kolbenstange |
| 10 | Verstellkolben |
| 11 | Verschlusseinheit |
| 12 | Stangendichtung |
| 13 | Kolbendichtung |
| 14 | Kolbendichtung |
| 15 | Kolbenaufnahmebohrung |
| 16 | Pleuelgehäuse |
| 17 | Zylinder-Kolben-Einheit |
| 18 | Anschlagring |
| 19 | obere Kolbenanschlagfläche |
| 20 | untere Kolbenanschlagfläche |
| 21 | hydraulische Steuereinrichtung |
| 22 | erstes Ablassventil |
| 23 | zweites Ablassventil |
| 24 | Steuerkolben |
| 25 | Verschlussdeckel |

27 oberer Druckraum

A Längsachse der Pleuelstange

D_1 Durchmesser Kolbenbolzenöffnung

D_2 Öffnungsdurchmesser

L_G Gesamtlänge

L_{MAX} maximale wirksame Pleuellänge

L_{MIN} minimale wirksame Pleuellänge

ε_1 Verstellweg

ε_2 Verstellweg

Ansprüche

1. Bausatz für die Herstellung von VCR-Pleuel (1) mit unterschiedlichem Verdichtungsverhältnis, umfassend ein erstes Modul, das zumindest ein Pleuelgehäuse (16) mit Kolbenaufnahmebohrung (15) aufweist, und ein zweites Modul, das zumindest eine Kolbenstange (9) mit in die Kolbenaufnahmebohrung (15) einzuführenden Verstellkolben (10) sowie einer oberen oder einer unteren Kolbenanschlagfläche (19, 20) aufweist, wobei ausgehend von einer vorgegebenen charakteristischen Länge (L_{MIN} oder L_{MAX}) der VCR-Pleuel (1) des Bausatzes mindestens zwei Varianten des zweiten Moduls vorgesehen sind, die unterschiedlich positionierte obere Kolbenanschlagflächen (19) oder die unterschiedlich positionierte untere Kolbenanschlagflächen (20) aufweisen.
2. Bausatz nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Gruppe von mindestens zwei verschiedenen Ausführungsformen oder von mindestens zwei verschiedenen Abwandlungen des ersten Moduls mindestens zwei identisch ausgestaltete erste Module enthält und dass die mindestens zwei identisch ausgestalteten ersten Module mit unterschiedlichen Varianten des zweiten Moduls zum Herstellen von VCR-Pleuel (1) mit unterschiedlichem Verdichtungsverhältnis kombinierbar sind.
3. Bausatz nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite Modul eine relativ zur Kolbenstange (9) verschiebbar angeordnete Verschlusseinheit (11) umfasst, die zum Verschließen der Kolbenaufnahmebohrung (15) mit dem ersten Modul verbindbar ist, und dass die obere Kolbenanschlagfläche (19) Bestandteil der Verschlusseinheit (11) ist.
4. Bausatz nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die untere Kolbenanschlagfläche (20) vom Kolbenboden selbst oder einem mit dem Kolbenboden verbundenen Anschlagring (18) gebildet ist.
5. Bausatz nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die charakteristische Länge des VCR-Pleuels (1) die minimale wirksame Pleuellänge (L_{MIN}) ist.
6. Bausatz nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die charakteristische Länge des VCR-Pleuels (1) die maximale wirksame Pleuellänge (L_{MAX}) ist.

7. Bausatz nach Anspruch 5 und 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass sowohl eine Variante des zweiten Moduls mit maximaler wirksamer Pleuellänge (L_{MAX}) als charakteristische Länge als auch eine Variante des zweiten Moduls mit minimaler wirksamer Pleuellänge (L_{MIN}) als charakteristische Länge enthalten sind.
8. Bausatz nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite Modul ein mit der Kolbenstange (9) verbundenes erstes Pleuelaage (5) mit einer Kolbenbolzenöffnung umfasst und mindestens zwei Abwandlungen, bevorzugt einer Variante, des zweiten Moduls mit unterschiedlichen Kolbenbolzenöffnungen enthalten sind.
9. Bausatz nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Pleuelgehäuse (16) des ersten Moduls mit einer Lagerschale (7) verbunden ist und gemeinsam mit der Lagerschale (7) ein zweites Pleuelaage (6) mit einem Öffnungsdurchmesser (D_2) ausformt und mindestens zwei Abwandlungen, bevorzugt einer Variante, des ersten Moduls mit unterschiedlichen Öffnungsdurchmessern (D_2) des zweiten Pleuelauges (6) enthalten sind.
10. Bausatz nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens zwei Abwandlungen, bevorzugt einer Variante, des zweiten Moduls mit unterschiedlicher Länge zum Herstellen von VCR-Pleuel (1) mit unterschiedlicher Gesamtlänge (L_G) enthalten sind.
11. Bausatz nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein drittes Modul vorgesehen ist, der Bausatz mindestens zwei identisch ausgestaltete dritte Module enthält und das dritte Modul Elemente (22, 23, 24) zum hydraulischen Ansteuern des Verstellkolbens (10) des zweiten Moduls umfasst.
12. Bausatz nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Modul Schnittstellen zum Verbinden der Elemente (22, 23, 24) des dritten Moduls mit dem ersten Modul aufweist.
13. Bausatz nach einem der Ansprüche 3 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite Modul Kolbendichtungen (13, 14) und Dichtungen (12) der Verschlusseinheit (11) umfasst.

14. Bausatz nach einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lagerschale (7) mittels Pleuelschrauben (8) am Pleuelgehäuse (16) befestigt ist und die Schnittstelle zum Verbinden des dritten Moduls in dem restlichen Pleuelgehäuse (16) angeordnet sind.

15. Bausatz nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Längsachse der Kolbenaufnahmebohrung (15) des ersten Moduls coaxial zur Längsachse (A) des zusammengebauten VCR-Pleuels (1) verläuft und die Längsachse der Kolbenstange (9) und des Verstellkolbens (10) des zweiten Moduls ebenfalls coaxial zur Längsachse (A) des zusammengebauten VCR-Pleuels (1) verläuft.

16. Verfahren zum Herstellen von VCR-Pleuel (1) mit unterschiedlichen kurzen und/oder langen wirksamen Pleuellängen (L_{MIN} oder L_{MAX}) mit folgenden Schritten:

Bereitstellen eines ersten Moduls, das zumindest ein Pleuelgehäuse (16) mit Kolbenaufnahmebohrung (15) aufweist,

Bereitstellen eines zweiten Moduls, das zumindest eine Kolbenstange (9) mit in die Kolbenaufnahmebohrung (15) einzuführenden Verstellkolben (10) aufweist, und

Zusammenstellen eines VCR-Pleuels (1) mittels Fügen des ersten und zweiten Moduls, sowie

Ausführen zumindest eines der folgenden Schritte:

Anordnen eines Anschlagrings (18) am Verstellkolben (10) zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen oder langen wirksamen Pleuellänge (L_{MIN} oder L_{MAX}) als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des zweiten Moduls,

oder

Anordnen eines Anschlagrings (18) in der Kolbenaufnahmebohrung (15) zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen wirksamen Pleuellänge (L_{MIN}) als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des ersten Moduls,

oder

Anordnen eines Anschlagrings (18) zwischen einer Verschlusseinheit (11) des zweiten Moduls, die zum Verschließen der Kolbenaufnahmebohrung (15) mit dem ersten Modul verbindbar ist, und dem Verstellkolben (10) zum Einstellen einer vorgegebenen langen wirksamen Pleuellänge (L_{MAX}) als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des zweiten Moduls,

oder

Verändern einer Position einer oberen oder einer unteren Kolbenanschlagfläche am Verstellkolben (10) zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen oder langen wirksamen Pleuellänge (L_{MIN} oder L_{MAX}) als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des zweiten Moduls,

oder

Verändern einer Tiefe der Kolbenaufnahmebohrung (15) im Pleuelgehäuse (16) zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen wirksamen Pleuellänge (L_{MIN}) als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des ersten Moduls,

oder

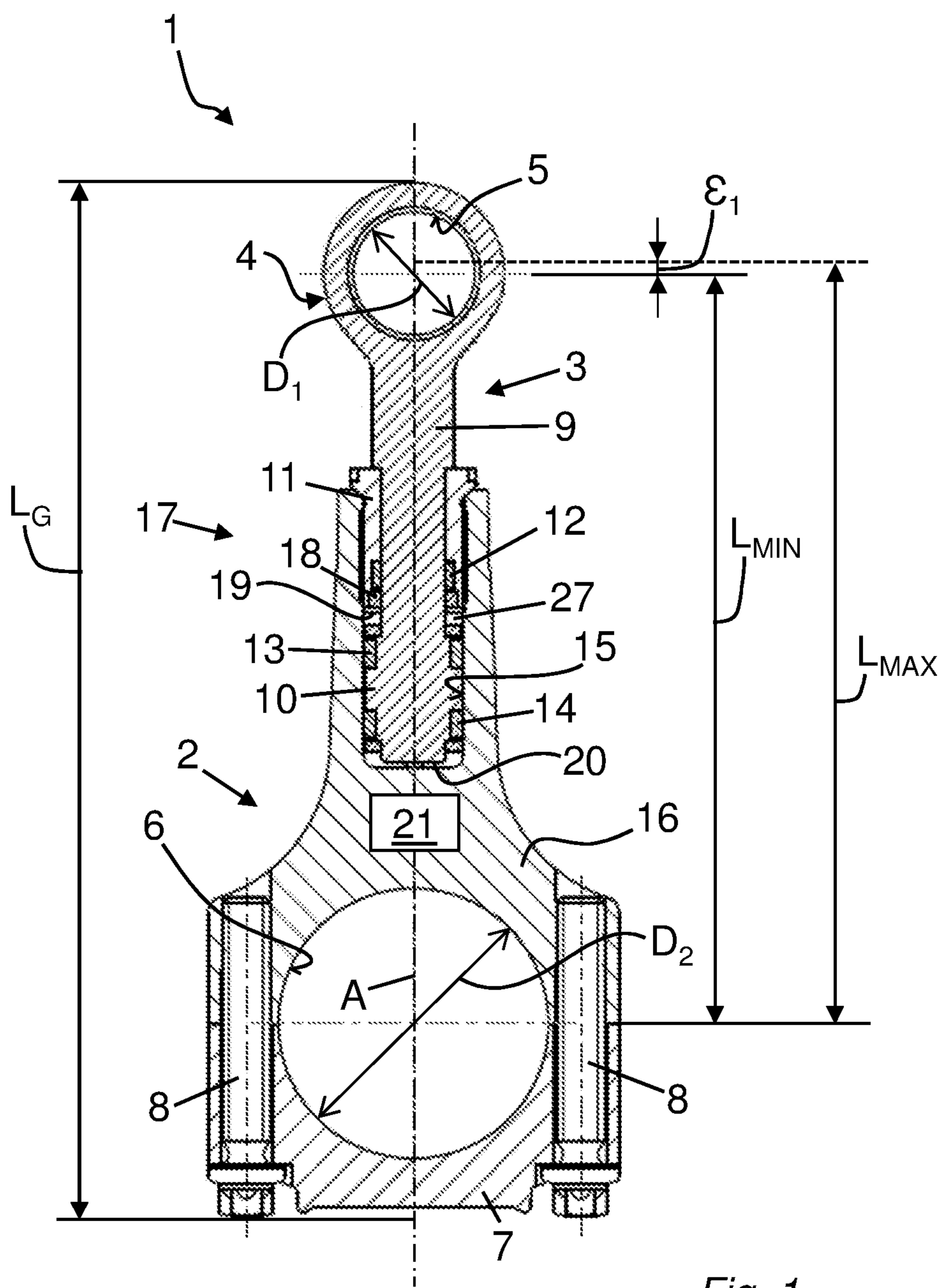
Auswählen eines zweiten Moduls aus einer Gruppe von zweiten Modulen, die sich hinsichtlich der in Kombination mit dem ersten Modul erreichbaren kurzen oder langen wirksamen Pleuellänge (L_{MIN} oder L_{MAX}) unterscheiden, zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen oder langen wirksamen Pleuellänge (L_{MIN} oder L_{MAX}) als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des zweiten Moduls,

oder

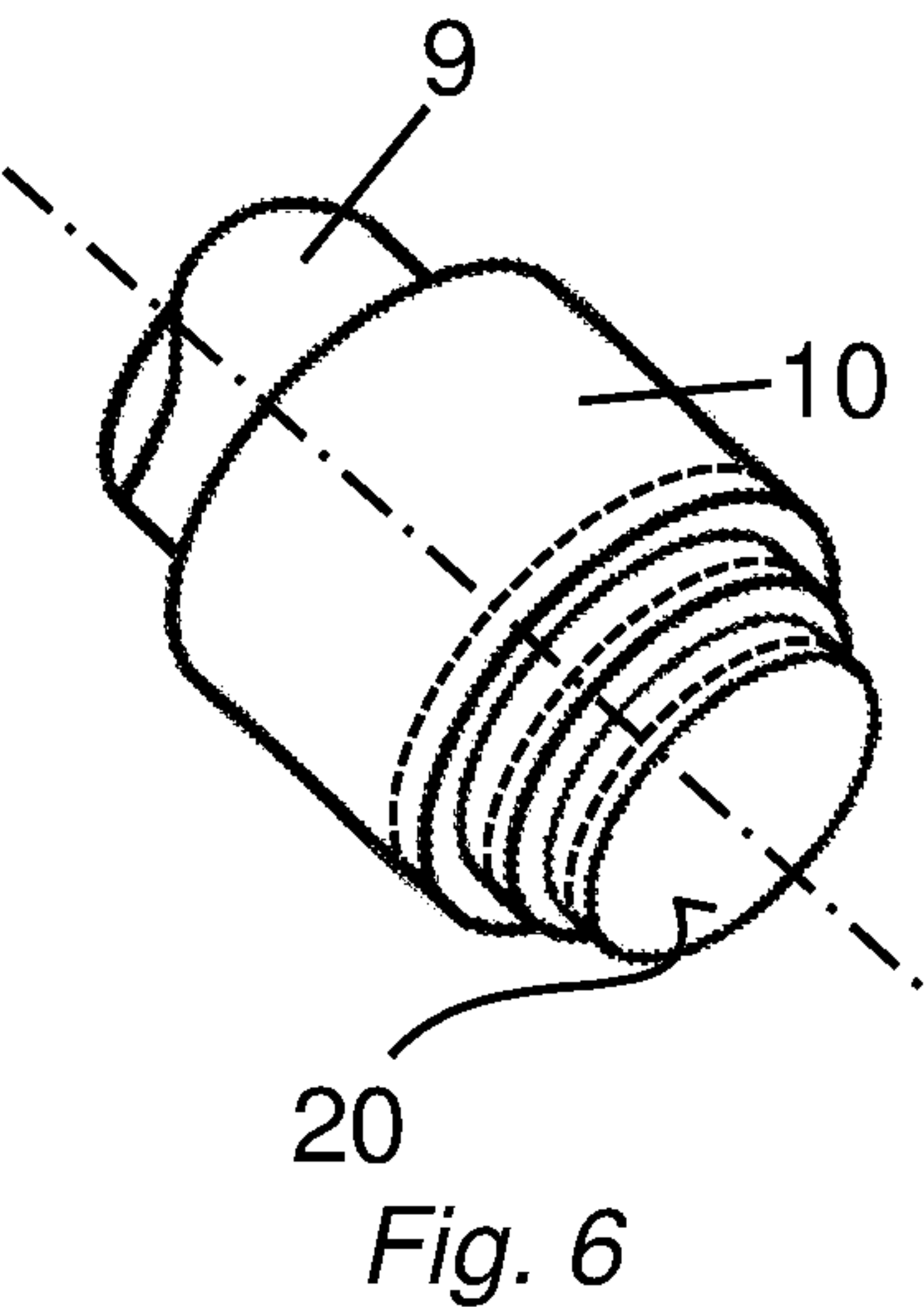
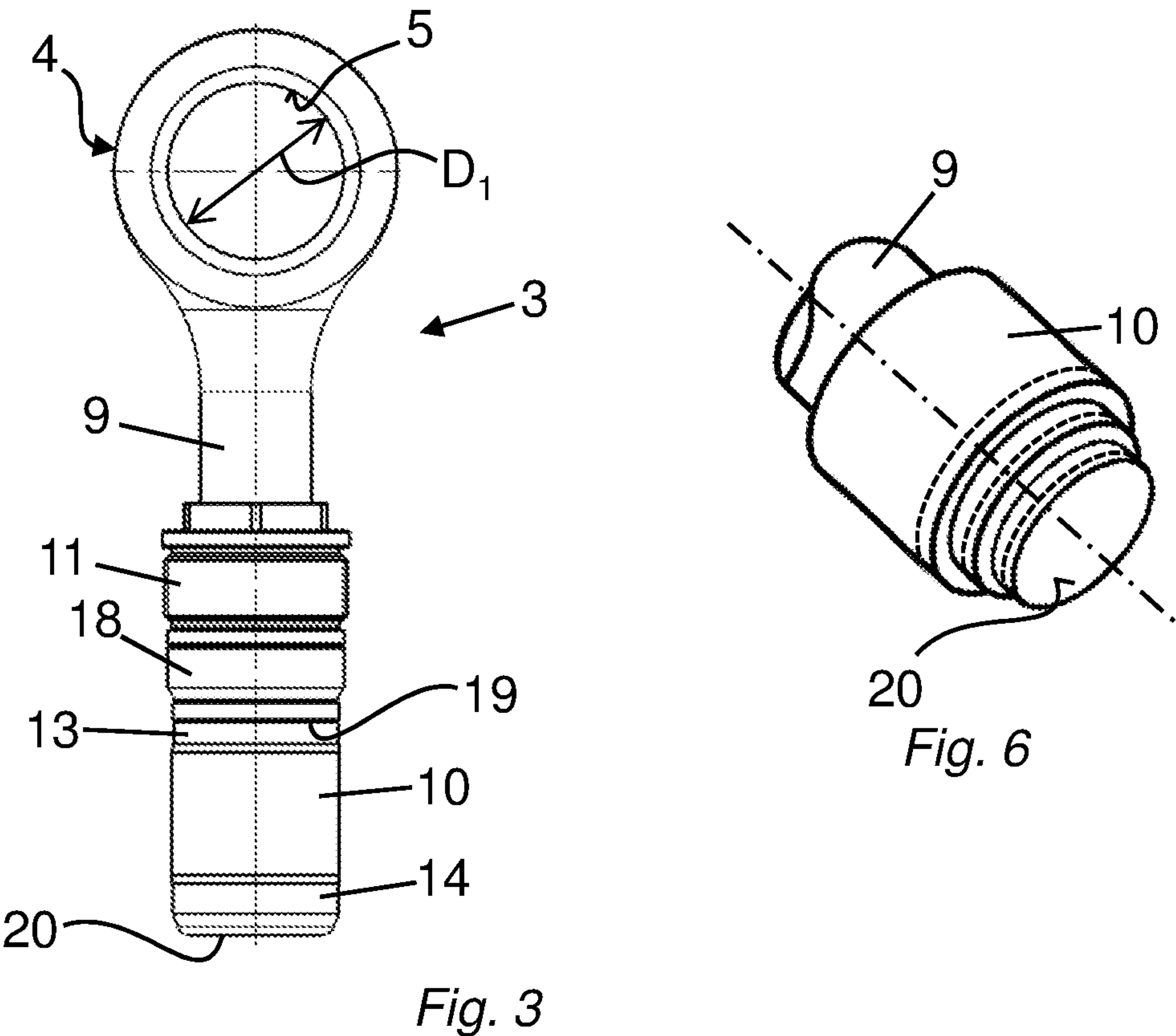
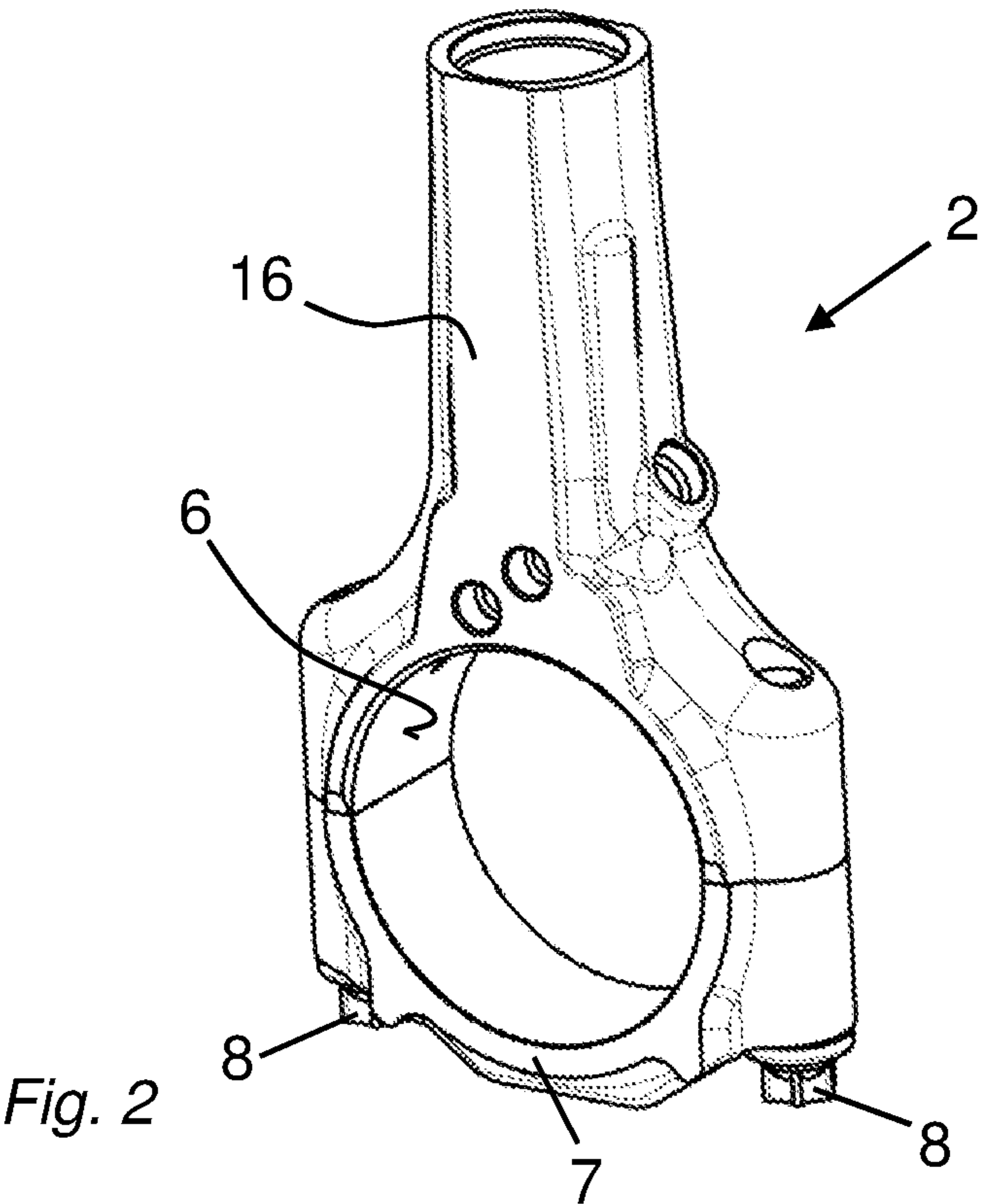
Auswählen eines ersten Moduls aus einer Gruppe von ersten Modulen, die sich hinsichtlich der in Kombination mit dem zweiten Modul erreichbaren kurzen wirksamen Pleuellänge (L_{MIN}) unterscheiden, zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen wirksamen Pleuellänge (L_{MIN}) als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des ersten Moduls.

17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schritt des Veränderns der Position einer oberen oder einer unteren Kolbenanschlagfläche am Verstellkolben (10) ein spanendes Nachbearbeiten des Verstellkolbens (10) oder der Pleuostange (9) einer Basisform des zweiten Moduls umfasst.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass der des Verfahrens des Veränderns der Tiefe der Kolbenaufnahmebohrung (15) im Pleuelgehäuse (16) ein spanendes Nachbearbeiten der Kolbenaufnahmebohrung (15) einer Basisform des ersten Moduls umfasst.
19. VCR-Pleuel (1), das hergestellt ist durch das Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18 oder durch Verwenden eines Bausatzes nach einem der Ansprüche 1 bis 15.



2/3



3/3

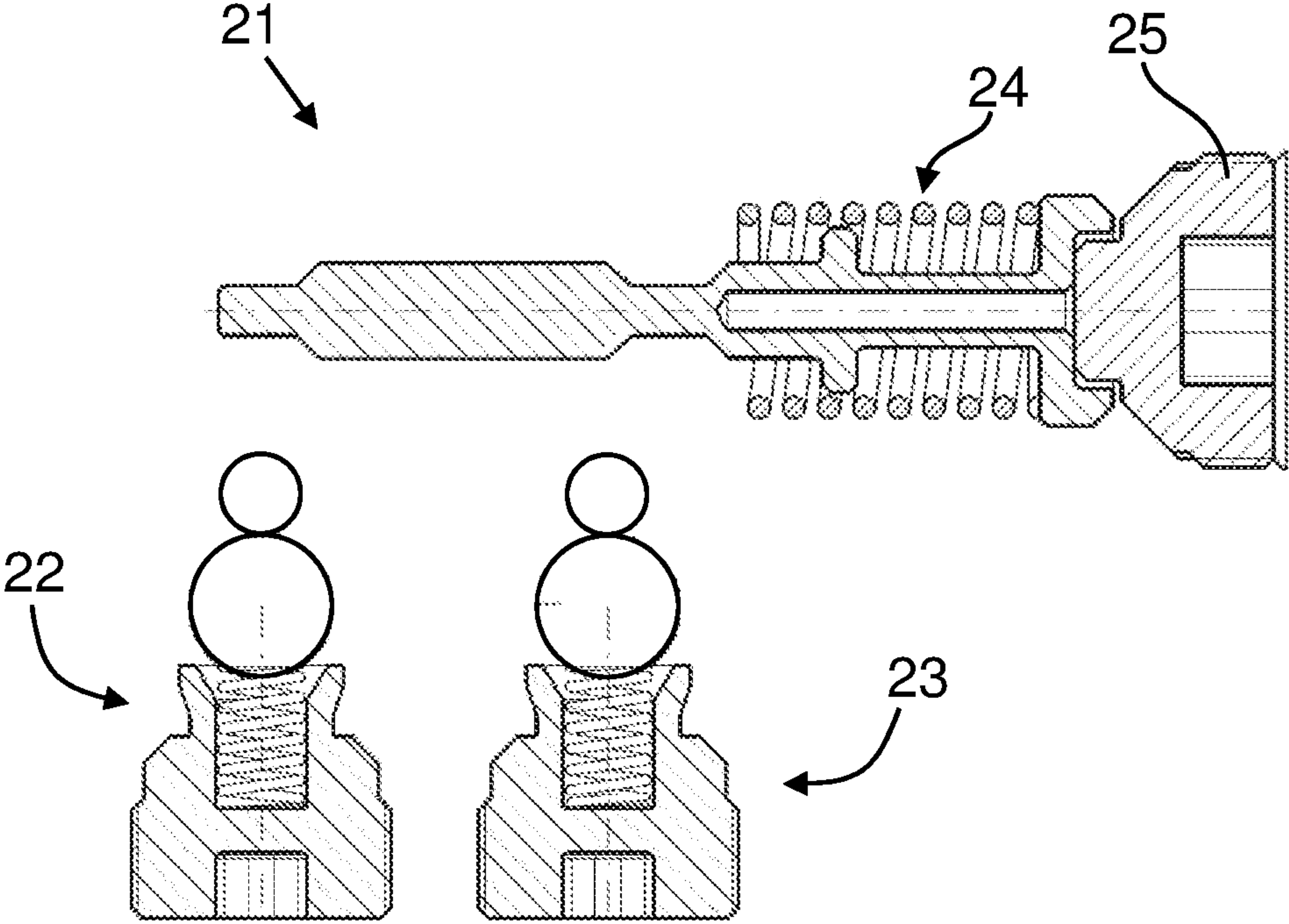


Fig. 4

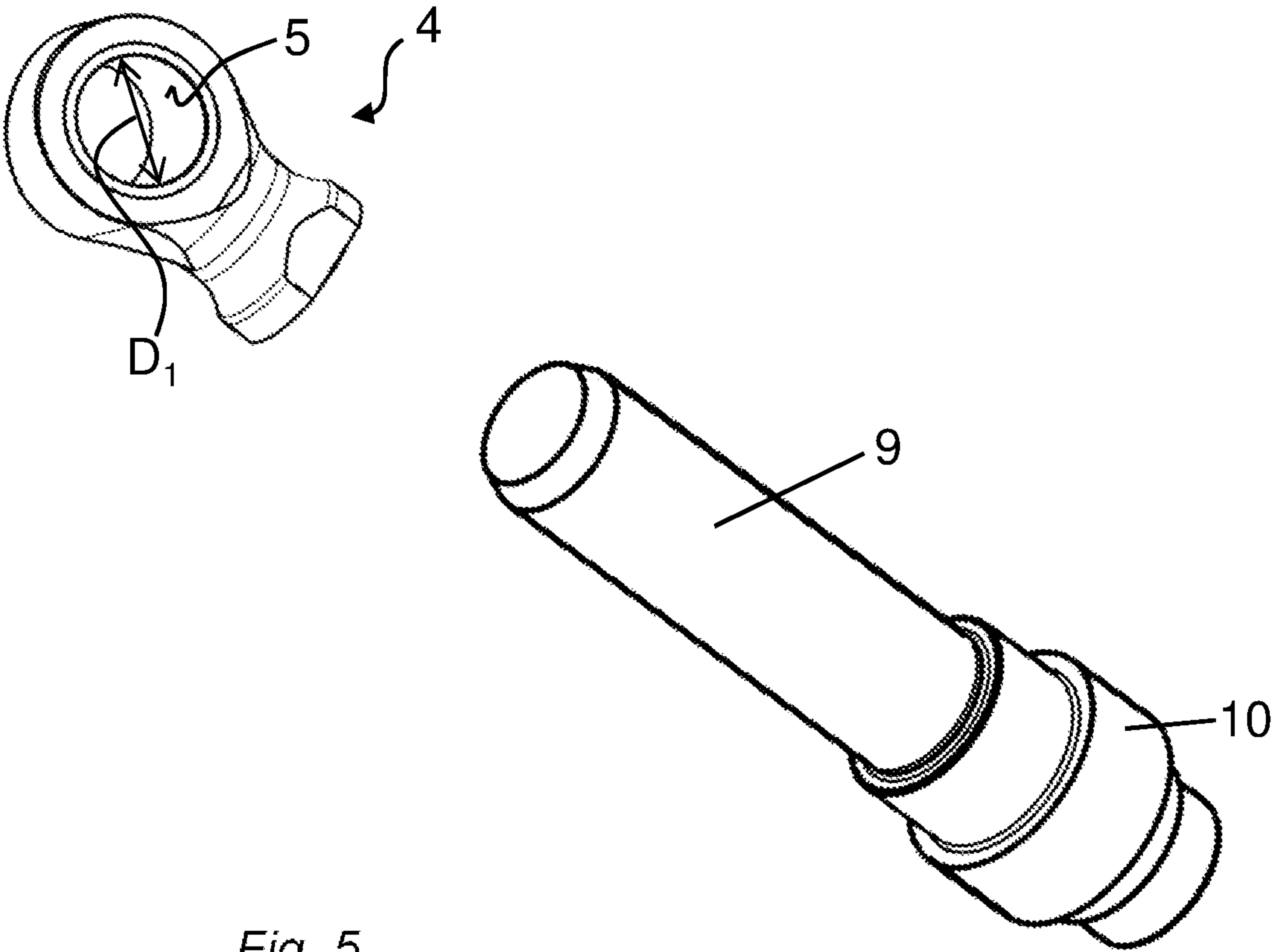


Fig. 5

Ansprüche

1. Bausatz für die Herstellung von VCR-Pleuel (1) mit unterschiedlichem Verdichtungsverhältnis, umfassend ein erstes Modul, das zumindest ein Pleuelgehäuse (16) mit Kolbenaufnahmebohrung (15) aufweist, und ein zweites Modul, das zumindest eine Kolbenstange (9) mit in die Kolbenaufnahmebohrung (15) einzuführenden Verstellkolben (10) sowie einer oberen oder einer unteren Kolbenanschlagfläche (19, 20) aufweist, wobei ausgehend von einer vorgegebenen charakteristischen Länge (L_{MIN} oder L_{MAX}) der VCR-Pleuel (1) des Bausatzes mindestens zwei Varianten des zweiten Moduls vorgesehen sind, die unterschiedlich positionierte obere Kolbenanschlagflächen (19) oder die unterschiedlich positionierte untere Kolbenanschlagflächen (20) aufweisen.
2. Bausatz nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Gruppe von mindestens zwei verschiedenen Ausführungsformen oder von mindestens zwei verschiedenen Abwandlungen des ersten Moduls mindestens zwei identisch ausgestaltete erste Module enthält und dass die mindestens zwei identisch ausgestalteten ersten Module mit unterschiedlichen Varianten des zweiten Moduls zum Herstellen von VCR-Pleuel (1) mit unterschiedlichem Verdichtungsverhältnis kombinierbar sind.
3. Bausatz nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite Modul eine relativ zur Kolbenstange (9) verschiebbar angeordnete Verschlusseinheit (11) umfasst, die zum Verschließen der Kolbenaufnahmebohrung (15) mit dem ersten Modul verbindbar ist, und dass die obere Kolbenanschlagfläche (19) Bestandteil der Verschlusseinheit (11) ist.
4. Bausatz nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die untere Kolbenanschlagfläche (20) vom Kolbenboden selbst oder einem mit dem Kolbenboden verbundenen Anschlagring (18) gebildet ist.
5. Bausatz nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die charakteristische Länge des VCR-Pleuels (1) die minimale wirksame Pleuellänge (L_{MIN}) ist.
6. Bausatz nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die charakteristische Länge des VCR-Pleuels (1) die maximale wirksame Pleuellänge (L_{MAX}) ist.

7. Bausatz nach Anspruch 5 und 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass sowohl eine Variante des zweiten Moduls mit maximaler wirksamer Pleuellänge (L_{MAX}) als charakteristische Länge als auch eine Variante des zweiten Moduls mit minimaler wirksamer Pleuellänge (L_{MIN}) als charakteristische Länge enthalten sind.
8. Bausatz nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite Modul ein mit der Kolbenstange (9) verbundenes erstes Pleuelauge (5) mit einer Kolbenbolzenöffnung umfasst und mindestens zwei Abwandlungen, bevorzugt einer Variante, des zweiten Moduls mit unterschiedlichen Kolbenbolzenöffnungen enthalten sind.
9. Bausatz nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Pleuelgehäuse (16) des ersten Moduls mit einer Lagerschale (7) verbunden ist und gemeinsam mit der Lagerschale (7) ein zweites Pleuelauge (6) mit einem Öffnungsdurchmesser (D_2) ausformt und mindestens zwei Abwandlungen, bevorzugt einer Variante, des ersten Moduls mit unterschiedlichen Öffnungsdurchmessern (D_2) des zweiten Pleuelauges (6) enthalten sind.
10. Bausatz nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens zwei Abwandlungen, bevorzugt einer Variante, des zweiten Moduls mit unterschiedlicher Länge zum Herstellen von VCR-Pleuel (1) mit unterschiedlicher Gesamtlänge (L_G) enthalten sind.
11. Bausatz nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein drittes Modul vorgesehen ist, der Bausatz mindestens zwei identisch ausgestaltete dritte Module enthält und das dritte Modul Elemente (22, 23, 24) zum hydraulischen Ansteuern des Verstellkolbens (10) des zweiten Moduls umfasst.
12. Bausatz nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Modul Schnittstellen zum Verbinden der Elemente (22, 23, 24) des dritten Moduls mit dem ersten Modul aufweist.
13. Bausatz nach einem der Ansprüche 3 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite Modul Kolbendichtungen (13, 14) und Dichtungen (12) der Verschlusseinheit (11) umfasst.

14. Bausatz nach einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lagerschale (7) mittels Pleuelschrauben (8) am Pleuelgehäuse (16) befestigt ist und die Schnittstelle zum Verbinden des dritten Moduls in dem restlichen Pleuelgehäuse (16) angeordnet sind.

15. Bausatz nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Längsachse der Kolbenaufnahmebohrung (15) des ersten Moduls coaxial zur Längsachse (A) des zusammengebauten VCR-Pleuels (1) verläuft und die Längsachse der Kolbenstange (9) und des Verstellkolbens (10) des zweiten Moduls ebenfalls coaxial zur Längsachse (A) des zusammengebauten VCR-Pleuels (1) verläuft.

16. Verfahren zum Herstellen von VCR-Pleuel (1) mit unterschiedlichen kurzen und/oder langen wirksamen Pleuellängen (L_{MIN} oder L_{MAX}) mit folgenden Schritten:

Bereitstellen eines ersten Moduls, das zumindest ein Pleuelgehäuse (16) mit Kolbenaufnahmebohrung (15) aufweist,

Bereitstellen eines zweiten Moduls, das zumindest eine Kolbenstange (9) mit in die Kolbenaufnahmebohrung (15) einzuführenden Verstellkolben (10) aufweist, und

Zusammenstellen eines VCR-Pleuels (1) mittels Fügen des ersten und zweiten Moduls, sowie

Ausführen zumindest eines der folgenden Schritte:

Anordnen eines Anschlagrings (18) am Verstellkolben (10) zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen oder langen wirksamen Pleuellänge (L_{MIN} oder L_{MAX}) als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des zweiten Moduls,

oder

Anordnen eines Anschlagrings (18) in der Kolbenaufnahmebohrung (15) zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen wirksamen Pleuellänge (L_{MIN}) als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des ersten Moduls,

oder

Anordnen eines Anschlagrings (18) zwischen einer Verschlusseinheit (11) des zweiten Moduls, die zum Verschließen der Kolbenaufnahmebohrung (15) mit dem ersten Modul verbindbar ist, und dem Verstellkolben (10) zum Einstellen einer vorgegebenen langen wirksamen Pleuellänge (L_{MAX}) als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des zweiten Moduls,

oder

Verändern einer Position einer oberen oder einer unteren Kolbenanschlagfläche am Verstellkolben (10) zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen oder langen wirksamen Pleuellänge (L_{MIN} oder L_{MAX}) als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des zweiten Moduls,

oder

Verändern einer Tiefe der Kolbenaufnahmebohrung (15) im Pleuelgehäuse (16) zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen wirksamen Pleuellänge (L_{MIN}) als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des ersten Moduls,

oder

Auswählen eines zweiten Moduls aus einer Gruppe von zweiten Modulen, die sich hinsichtlich der in Kombination mit dem ersten Modul erreichbaren kurzen oder langen wirksamen Pleuellänge (L_{MIN} oder L_{MAX}) unterscheiden, zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen oder langen wirksamen Pleuellänge (L_{MIN} oder L_{MAX}) als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des zweiten Moduls,

oder

Auswählen eines ersten Moduls aus einer Gruppe von ersten Modulen, die sich hinsichtlich der in Kombination mit dem zweiten Modul erreichbaren kurzen wirksamen Pleuellänge (L_{MIN}) unterscheiden, zum Einstellen einer vorgegebenen kurzen wirksamen Pleuellänge (L_{MIN}) als Bestandteil des Bereitstellungsschritts des ersten Moduls.

17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schritt des Veränderns der Position einer oberen oder einer unteren Kolbenanschlagfläche am Verstellkolben (10) ein spanendes Nachbearbeiten des Verstellkolbens (10) oder der Kolbenstange (9) einer Basisform des zweiten Moduls umfasst.
18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass der des Verfahrens des Veränderns der Tiefe der Kolbenaufnahmebohrung (15) im Pleuelgehäuse (16) ein spanendes Nachbearbeiten der Kolbenaufnahmebohrung (15) einer Basisform des ersten Moduls umfasst.
19. VCR-Pleuel (1), das hergestellt ist durch das Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18 oder durch Verwenden eines Bausatzes nach einem der Ansprüche 1 bis 15.