

(12)

(21)

(51)

(56)

(71)

(72)

(74)

(54)

(57)

(110)

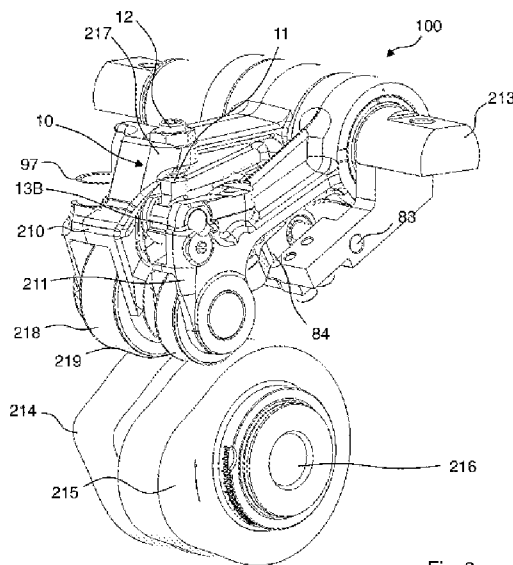


Fig. 2

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Ventilbetätigungsverrichtung (100) zur Betätigung wenigstens eines Ventils einer Hubkolbenmaschine, aufweisend einen ersten (210) und zweiten Betätigungshebel (211), drehbar gelagert um eine gemeinsame Drehachse (213), wobei der erste Betätigungshebel (210) mit dem wenigstens einen Ventil derart verbindbar ist, eine Betätigungsbewegung an das Ventil zu übertragen; zwei Nocken (214, 215), die an einer Welle (216) angeordnet sind und wobei die Betätigungshebel (210, 211) Konturen der Nockens (214, 215) abgreifen; eine mechanische Kopplungsverrichtung (10) zum Verbinden der Betätigungshebel (210, 211), die ein in zwei Positionen bringbares Sperrelement (13B) aufweist und eingerichtet ist, zumindest in der ersten Position des Sperrelements (13B) eine Betätigungsbewegung des zweiten (211) auf den ersten Betätigungshebel (210) zu übertragen; und eine Schaltvorrichtung (110), um das Sperrelement (13B) der Kopplungsverrichtung (10) zwischen den Positionen zu schalten, wobei die Schaltvorrichtung (110) ausgebildet ist, dass eine Bewegung des zweiten Betätigungshebels (211) einen Positionswechsel des Sperrelements (13B) mechanisch auslöst. Die Erfindung betrifft außerdem eine Brennkraftmaschine (101) mit einer derartigen Ventilbetätigungsverrichtung (100).

Fig. 2

Ventilbetätigungsverfahren

Die Erfindung betrifft eine Ventilbetätigungsverfahren zur Betätigung wenigstens eines Ventils einer Hubkolbenmaschine, insbesondere einer Brennkraftmaschine, mit einem ersten Betätigungshebel und einem zweiten Betätigungshebel, wobei die beiden Betätigungshebel um eine gemeinsame Drehachse drehbar gelagert sind, wobei der erste Betätigungshebel in der Weise mit dem wenigstens einen Ventil verbindbar ist, um eine Betätigungsbewegung an das wenigstens eine Ventil zu übertragen, und mit einem ersten Nocken und einem zweiten Nocken, wobei die beiden Nocken an einer Welle angeordnet sind und der erste Betätigungshebel eine Kontur des ersten Nockens abgreift und der zweite Betätigungshebel eine Kontur des zweiten Nockens abgreift.

Gattungsgemäße Ventilbetätigungsverfahren sowie Brennkraftmaschinen mit derartigen Ventilbetätigungsverfahren sind aus dem Stand der Technik grundsätzlich bekannt.

Aufgrund der immer höheren Anforderungen in Bezug auf Leistung, Effizienz und Emission gewinnen variable Ventiltriebe, d.h. Ventiltriebe mit veränderlichem Ventilhub, bei Hubkolbenbrennkraftmaschinen, insbesondere bei Hubkolbenbrennkraftmaschinen im Vier-Takt-Betrieb und im Sechs-Takt-Betrieb, mehr und mehr an Bedeutung.

Mit variablen Ventiltrieben kann dabei der Notwendigkeit der Konstrukteure der Brennkraftmaschinen und dem Wunsch der Thermodynamik entsprochen werden, alternativ verschiedene Ventilerhebungskurven auf ein oder mehrere Ventile zu übertragen, insbesondere je nach Betriebssituation der Brennkraftmaschine, wobei sowohl der Ventilhub als auch die Öffnungs- und Schließzeitpunkte angepasst werden können.

Dies wird im Allgemeinen durch eine Umschaltung im Übertragungsweg des Ventiltriebs erreicht. Hubum- und Hubabschaltungssysteme mit schaltbaren Nockenfolgen, wie Tassenstößeln, Rollenstößeln oder Kipphebeln, sind in verschiedenen Anwendungen in Serie. Dabei gilt, dass für jeden weiteren alternativen

Ventilhub auch ein entsprechender Nocken als hubgebendes Element vorhanden sein muss – es sei denn, der Alternativ-Hub ist ein Null-Hub.

Es gibt unterschiedliche Anwendungsbereiche für den Einsatz von Ventiltrieben mit veränderlichem bzw. variablem Ventilhub. Einige Beispiele werden im Folgenden aufgezählt:

Hubumschaltung: Die Hubumschaltung ermöglicht die betriebspunktabhängige Nutzung von mindestens zwei verschiedenen Ventilerhebungen. Hierbei kommt ein speziell auf den Teillastbereich abgestimmter, kleinerer Ventilhub zum Einsatz, welcher den Drehmomentverlauf verbessert und den Verbrauch und die Emission reduziert. Der große Ventilhub kann auf weitere Leistungssteigerung optimiert werden. Ein kleinerer Ventilhub mit geringerem Maximal-Hub und kürzerer Länge des Ereignisses ermöglicht durch einen deutlich früheren Einlass-Schließzeitpunkt und der Entdrosselung im Ansaugtrakt eine Verringerung der Ladungswechsel-Arbeit (Miller-Zyklus). Ähnliche Resultate sind mit dem Atkinson-Zyklus, das heißt extrem spätem Einlass-Schluss, möglich. Eine optimale Füllung des Verbrennungsraums bewirkt dabei im Teillastbereich noch eine Drehmomentsteigerung.

Zylinderabschaltung: Die Zylinderabschaltung wird vorwiegend bei großvolumigen, vierzylindrigen Motoren (zum Beispiel mit vier, acht, zehn oder zwölf Motorzylindern) eingesetzt. Dabei werden ausgewählte Motorzylinder durch Hubabschaltung an den Ein- und Auslassventilen stillgelegt; es findet dabei eine komplette Entkopplung vom Nockenhub statt. Aufgrund von äquidistanten Zündfolgen lassen sich dabei gängige V8- und V12-Triebwerke auf A4- bzw. R6-Motoren umschalten. Der Zweck der Motorzylinderabschaltung liegt darin, die Ladungswechsel-Verluste zu minimieren und eine Betriebspunkt-Verlagerung hin zu höheren Mitteldrücken und damit höheren thermodynamischen Wirkungsgraden durchzuführen, wodurch erhebliche Kraftstoffeinsparungen erreicht werden können.

Motorbremsbetrieb: Motorbremssysteme, die einen Motorbremsbetrieb ermöglichen, erlangen in Fahrzeug-Brennkraftmaschinen, insbesondere für Nutzfahrzeuge, zunehmend an Bedeutung, da es sich bei diesen um kostengünstige und platzsparende Zusatzbremssysteme handelt, welche die Radbremsen, insbesondere bei längeren abschüssigen Fahrten, entlasten können. Zusätzlich bedingt die

Steigerung der spezifischen Leistung moderner Nutzfahrzeugmotoren auch die Anhebung der zu erreichenden Bremsleistung.

Zum Erzielen einer Motorbremswirkung ist bekannt, in den Motorzylindern einer Brennkraftmaschine zusätzliche Makroventile vorzusehen, mit welchen ein sogenanntes Dekompressionsbremsen durchgeführt werden kann, indem am Ende des Verdichtungsakts, insbesondere bei einem Vier-Takt-Motor oder einem Sechsstakt-Motors, eine Dekompression des Zylinders über die zusätzlichen Motorventile durchgeführt wird. Hierdurch entweicht die an dem verdichteten Gas verrichtete Arbeit über das Abgassystem der Brennkraftmaschine. Weiterhin muss die Brennkraftmaschine wiederum Arbeit aufwenden, um den Zylinder von Neuem mit Gas zu befüllen. Unter anderem ist bekannt, eine Motorbremswirkung über einen variablen Ventiltrieb der eigentlichen Auslassventile zu erzeugen.

Zur Änderung des Ventilhubes sind verschiedene Systeme und Konzepte bekannt. Insbesondere ist bekannt, zwischen ein oder mehreren, einen Nockenhub übertragenden Ventilbetätigungselementen einer Ventilbetätigungsvorrichtung eine mechanische oder hydraulische Kopplungsvorrichtung vorzusehen, mittels welcher eine Umschaltung im Übertragungsweg des Ventiltriebs erreicht werden kann.

Beispielsweise zeigt das Dokument US 2014/0326212 A1 ein System zur variablen Ventilsteuerung, insbesondere zum Erzeugen einer Motorbremswirkung, welches eine „Lost-Motion“-Einrichtung mit hydraulisch betätigbaren Sperrelementen aufweist, um wahlweise einen Ventilbetätigungsmechanismus zu sperren oder freizugeben, so dass Ventilbetätigungsbewegungen wahlweise übertragen oder nicht übertragen werden zu einem oder mehreren Ventilen, um den Ventilhub zu verändern und dadurch insbesondere eine Motorbremswirkung zu erzeugen.

In dem Dokument WO 2015/022071 A1 ist eine Ventilbetätigungseinrichtung zur Betätigung zumindest eines ersten Ventils einer Hubkolbenmaschine, insbesondere einer Verbrennungskraftmaschine, offenbart, welche insbesondere zur Motorbremsung verwendbar ist und welche einen ersten Kipphebelteil, einen zweiten Kipphebelteil, und ein erstes Schaltelement zur Veränderung des Ventilhubes des zumindest einen ersten Ventils aufweist, wobei der erste Kipphebelteil und der zweite Kipphebelteil schwenkbar gelagert und in der Weise angeordnet sind, dass zumindest

eine erste Ventilsteuerungsbewegung von einer ersten Nockenwelle über den ersten Kipphebelteil und den zweiten Kipphebelteil zu dem zumindest einen ersten Ventil übertragbar ist.

Das Dokument WO 2019/025511 A1 betrifft eine Kopplungsvorrichtung für eine Ventilbetätigungsvorrichtung zur Betätigung wenigstens eines Ventils einer Hubkolbenmaschine mit veränderlichem Ventilhub, insbesondere für eine Ventilbetätigungsvorrichtung einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, eine Ventilbetätigungsvorrichtung und eine Hubkolbenmaschine, wobei die Kopplungsvorrichtung ein erstes Kopplungselement, ein zweites Kopplungselement und eine Sperreinrichtung aufweist. Das erste Kopplungselement und das zweite Kopplungselement sind zumindest innerhalb definierter Grenzen entlang einer ersten Achse relativ zueinander verschiebbar, wobei mittels der Sperreinrichtung die Relativverschiebung der beiden Kopplungselemente zueinander entlang der ersten Achse zumindest in eine erste Richtung blockierbar ist. Die Sperreinrichtung weist ein zumindest in einem definierten Bereich in Umfangsrichtung um die erste Achse drehbares Sperrelement auf, wobei die Relativverschiebung der beiden Kopplungselemente entlang der ersten Achse zumindest in die erste Richtung blockiert ist, wenn sich das Sperrelement in einer Blockier-Position befindet. Die Offenbarung dieses Dokuments wird durch Bezugnahme in die vorliegende Anmeldung einbezogen.

Das Dokument AT 50710/2020 der Anmelderin betrifft eine Ventilbetätigungsvorrichtung zur Betätigung eines Ventils einer Hubkolbenmaschine, mit einer Kopplungsvorrichtung mit einem mittels einer mechanischen Schaltvorrichtung in eine erste und zweite Position bringbaren Sperrelement zur Betätigung der Kopplungsvorrichtung, wobei die Ventilbetätigungsvorrichtung in der ersten Position eine Betätigungsbewegung für das Ventil überträgt, und wobei die Schaltvorrichtung aufweist: eine Führungsstange und eine parallele, relativ bewegliche Betätigungsstange; ein an der Führungsstange beweglich gelagertes Kulissenführungselement zum Bewegen des Sperrelements zwischen den Positionen; ein mit dem Kulissenführungselement gekoppeltes Auslöseelement, wobei Kulissenführungselement und Auslöseelement mittels Federelementen zwischen zwei Anschlägen einer Betätigungsstange, denen jeweils ein Federelement zugeordnet ist,

eingespannt sind, wobei mit der Betätigungsstange Kulissenführungs- und Auslöseelement in Richtung entlang und/oder parallel zur Führungsstange verschiebbar sind, und ein mit dem Auslöseelement zusammenwirkendes Blockierelement, sodass in einem ersten Zustand das Blockierelement bei Verlagerung der Betätigungsstange in axialer Richtung eine Verschiebung des Auslöseelement und des Kulissenführungselements in der Weise blockiert, dass Federelemente vorgespannt werden, und in einem zweiten Zustand eine Verschiebung von Auslöse- und Kulissenführungselement eine Betätigung der Kopplungsvorrichtung bewirkt. Auch die Offenbarung dieses Dokuments wird durch Bezugnahme in die vorliegende Anmeldung einbezogen.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine verbesserte Ventilbetätigungsvorrichtung zur variablen Ventilsteuerung bereitzustellen. Insbesondere ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Ventilbetätigungsvorrichtung zur variablen Ventilsteuerung bereitzustellen, welche die Ventilhubumschaltung besonders präzise takten kann.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Ventilbetätigungsvorrichtung und eine Brennkraftmaschine gemäß den unabhängigen Patentansprüchen. Vorteilhafte Ausgestaltungen werden in den Unteransprüchen beansprucht.

Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft eine Ventilbetätigungsvorrichtung zur Betätigung wenigstens eines Ventils einer Hubkolbenmaschine, insbesondere einer Brennkraftmaschine, aufweisend:

einen ersten Betätigungshebel und einen zweiten Betätigungshebel, wobei die beiden Betätigungshebel um eine gemeinsame Drehachse drehbar gelagert sind, wobei der erste Betätigungshebel in der Weise mit dem wenigstens einen Ventil verbindbar ist, um eine Betätigungsbewegung an das wenigstens eine Ventil zu übertragen;

einen ersten Nocken und einen zweiten Nocken, wobei die beiden Nocken an einer, insbesondere gemeinsamen, Welle angeordnet sind und der erste Betätigungshebel eine Kontur des ersten Nockens abgreift und der zweite Betätigungshebel eine Kontur des zweiten Nockens abgreift;

eine mechanische Kopplungsvorrichtung, über welche der erste Betätigungshebel und der zweite Betätigungshebel miteinander verbindbar sind, wobei die

Kopplungsvorrichtung ein zumindest in eine erste Position und eine zweite Position bringbares Sperrelement aufweist und eingerichtet ist, zumindest in der ersten Position des Sperrelements eine Betätigungsbewegung des zweiten Betätigungshebels auf den ersten Betätigungshebel zu übertragen; und

eine Schaltvorrichtung, um das Sperrelement der Kopplungsvorrichtung zumindest von der ersten Position in die zweite Position und umgekehrt zu bringen, wobei die Schaltvorrichtung in der Weise ausgebildet ist, dass eine Bewegung des zweiten Betätigungshebels, insbesondere eine Bewegung, welche zum Schließen des wenigstens einen Ventils führt und/oder eine Bewegung in Richtung des zweiten Nockens, einen Positionswechsel des Sperrelements mechanisch auslöst.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit einer solchen Ventilbetätigungsvorrichtung.

Die Erfindung beruht auf dem Ansatz, eine variable Ventilsteuerung mittels zweier Betätigungshebel zu realisieren, wobei der erste Betätigungshebel permanent eine Ventilbetätigungsbewegung erzeugt und der zweite Betätigungshebel bei Bedarf mittels einer Schaltvorrichtung zugeschaltet werden kann, sodass sich die durch den zweiten Betätigungshebel erzeugte Ventilbetätigungsbewegung mit der Ventilbetätigungsbewegung des ersten Betätigungshebels überlagert. Dabei wird die Ventilbetätigungsbewegung des zweiten Betätigungshebels über die Kopplungsvorrichtung auf den ersten Betätigungshebel übertragen, sodass immer nur der erste Betätigungshebel über das Ventil betätigt wird. Im Falle eines Schlepphebels erfolgt dies vorzugsweise über eine Stoßstange.

Vorzugsweise ist ein erster Kraftübertragungspfad über den ersten Betätigungshebel dabei nicht von dem Vorhandensein des zweiten Betätigungshebels beeinträchtigt. Die Kopplungsvorrichtung leitet den zweiten Kraftübertragungspfad vom zweiten Betätigungshebel am ersten Betätigungshebel ein, von wo aus dieser identisch zu dem ersten Kraftübertragungspfad bis zum Ventil verläuft.

Die Erfindung vereint auf diese Weise die Vorteile eines starren Betätigungshebels mit den Vorteilen einer verstellbaren Ventilsteuerung. Einerseits können große Kräfte zur Betätigung des Ventils allein über den ersten Betätigungshebel übertragen werden. Andererseits kann eine Feineinstellung des Ventils und/oder der ergänzenden

Betätigung des Ventils durch ein Hinzuschalten des zweiten Betätigungshebels erreicht werden.

Darüber hinaus ermöglicht es die Erfindung, ein Zu- oder Abschalten der Betätigungsbewegung über den zweiten Betätigungshebel durch die Bewegung des Betätigungshebels selbst zu erreichen. Dies ermöglicht es, den optimalen Schaltzeitpunkt besonders genau zu regeln.

Darüber hinaus kann die durch die Bewegung des zweiten Betätigungshebel getaktete Schaltung das maximal vorhandene Zeitfenster für den jeweiligen Betrieb über den ersten Betätigungshebel oder den zweiten Betätigungshebel bereitstellen. Auch das mechanische Auslösen des Umschaltvorgangs gewährleistet ein besonders zuverlässiges Auslösen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Ventilbetätigungsvorrichtung weist diese ein Auslöseelement auf, wobei die Schaltvorrichtung ein Blockierelement aufweist, welches dazu ausgebildet ist, mit dem Auslöseelement in der Weise zusammenzuwirken, um eine axiale Verschiebung des Auslöseelements zu blockieren oder freizugeben.

Durch das Vorsehen eines Blockierelements, welches mit einem Auslöseelement zusammenwirkt, kann das mechanische Auslösen bewerkstelligt werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Ventilbetätigungsvorrichtung ist die Führungsstange gehäusefest und axial verschiebbar gelagert, um das Auslöseelement zu betätigen.

In dieser vorteilhaften Ausgestaltung kann die Führungsstange direkt von einem Aktor betätigt werden. Eine weitere Vorrichtung zum Betätigen des Auslöseelements ist nicht notwendig.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wirken das Auslöseelement und das Blockierelement bei einer Bewegung des zweiten Betätigungshebels in Richtung der Welle in der Weise mechanisch zusammen, dass der Positionswechsel des Sperrelements ausgelöst wird.

In dieser vorteilhaften Ausgestaltung wirken das Auslöseelement und das Blockierelement nicht nur zusammen, um den Zeitpunkt einer axialen Verschiebung des Auslöseelements zu definieren, sondern auch, um den Positionswechsel des Sperrelements auszulösen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung gibt das Blockierelement bei einer Bewegung des zweiten Betätigungshebels weg der Welle die axiale Verschiebung des Auslöseelements entlang der Führungsstange frei.

Zusammen mit der vorher genannten vorteilhaften Ausgestaltung gibt die Bewegung des zweiten Betätigungshebels eine Bewegung des Auslöseelements weg von der Nockenwelle eine Verschiebung des Auslöseelements entlang der Führungsstange frei, worauf eine nachfolgende Bewegung des zweiten Betätigungshebels in Richtung der Welle einen Positionswechsel des Sperrelements auslöst. Hierdurch kann ein besonders zuverlässiger Schaltprozess verwirklicht werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Ventilbetätigungsvorrichtung ist das Blockierelement an dem zweiten Betätigungshebel und in Bezug auf diesen schwenkbar gelagert und betätigt über ein Schaltelement, insbesondere ein Schaltgestänge oder ein Kulissenführungselement, das Sperrelement.

Eine schwenkbare Lagerung des Blockierelements an dem zweiten Betätigungshebel ermöglicht ein besonders vorteilhaftes Zusammenwirken mit dem Auslöseelement der Schaltvorrichtung. Wird der zweite Betätigungshebel in Richtung der Nockenwelle verschwenkt, so kann das Blockierelement in Kontakt mit dem Auslöseelement kommen und wird in diesem Fall seinerseits verschwenkt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Ventilbetätigungsvorrichtung weist das Auslöseelement zwei Betätigungselemente auf, welche eingerichtet sind, eine Stellung des Blockierelements während der Bewegung des zweiten Betätigungshebels in Richtung der Welle in der Weise zu verändern, dass das Blockierelement einen Positionswechsel des Sperrelements bewirkt.

Insbesondere wird das Blockierelement hierdurch verschwenkt.

Wie bereits erläutert, ist vorzugsweise vorgesehen, dass eine Bewegung des zweiten Betätigungshebels weg von der Welle eine Bewegung des Auslöseelements bewirkt und eine Bewegung des zweiten Betätigungselements zu der Welle ein Schwenken des Blockierelements bewirkt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Ventilbetätigungsvorrichtung ist die Führungsstange wenigstens im Wesentlichen parallel zu der Drehachse und/oder der Welle ausgerichtet.

Diese Anordnung der Führungsstange ermöglicht eine besonders raumsparende Anordnung der einzelnen Elemente.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Ventilbetätigungsvorrichtung ist das Auslöseelement mittels wenigstens einem Federelement gegen das Blockierelement entlang der Führungsstange vorspannbar, wenn ein Positionswechsel des Sperrelements bewirkt werden soll, wobei das Auslöseelement dann entlang der Führungsstange verschiebbar ist, wenn das Blockierelement durch eine Bewegung des zweiten Betätigungshebels den Weg freigibt.

Durch das Vorspannen an der Führungsstange kann die Betätigung des Auslöseelements unabhängig von dem eigentlichen Zeitpunkt der Verschiebung gemacht werden. Hierdurch kann ein Wirkzusammenhang zwischen der Bewegung des Blockierelements bzw. des zweiten Betätigungshebels und des Auslöseelements geschaffen werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Ventilbetätigungsvorrichtung ist das Blockierelement als Schaltwippe mit einem ersten Kupplungselement, insbesondere einem Kupplungskopf ausgebildet, dessen Stellung sich bei einem Schwenken des Blockierelements verändert und das mit einem zweiten Kuppel­element, insbesondere einer Aufnahme, des Schaltelements zusammenwirkt.

Eine Schaltwippe im Sinne der Erfindung ist vorzugsweise als eine Art Dreieck oder dreizackiger Stern ausgebildet. Zwei Extremitäten des Dreiecks dienen zum Betätigen der Schaltwippe, an der dritten Ecke/Zacke ist der Kupplungskopf angeordnet. Die Schaltwippe mit Kupplungskopf bietet eine besonders einfache mechanische Lösung für ein Blockierelement.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Ventilbetätigungsverrichtung ist das Sperrelement am zweiten Betätigungshebel drehgelagert und wirkt in seiner ersten Position mit einem zweiten Kupplungselement des ersten Betätigungshebels zusammen, wobei es mit dem Kupplungselement insbesondere in Anschlag bringbar ist.

Ein drehgelagertes Sperrelement stellt eine besonders einfache und robuste mechanische Ausführung des Sperrelements dar.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Ventilbetätigungsverrichtung verläuft eine Drehachse des Sperrelements wenigstens im Wesentlichen parallel zu der Welle.

Durch den hohen Grad an Symmetrie kann eine besonders einfache Ausgestaltung der Ventilbetätigungsverrichtung erreicht werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Ventilbetätigungsverrichtung ist der erste Betätigungshebel und/oder der zweite Betätigungshebel als Kipphebel oder Schleppehebel ausgebildet.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Ventilbetätigungsverrichtung weist der erste Betätigungshebel einen Kopplungsabschnitt auf, welcher den zweiten Betätigungshebel in der Weise umgreift, dass er für den zweiten Betätigungshebel und/oder die Kopplungsvorrichtung einen Anschlag bildet, der eine Drehung des zweiten Betätigungshebels um die gemeinsame Drehachse relativ zum ersten Betätigungshebel begrenzt.

Hierdurch kann eine besonders vorteilhafte Art der Kraftübertragung vom ersten Betätigungshebel auf den zweiten Betätigungshebel verwirklicht werden. Insbesondere kann die Ventilbetätigungsverrichtung besonders platzsparend gebaut werden, da alle zusätzlichen Bauteile an dem zweiten Betätigungshebel dort vorgesehen werden können, wo bei dem ersten Betätigungshebel die Stoßstange gelagert wird.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Ventilbetätigungsverrichtung steigt eine Flanke des zweiten Nockens in Bezug auf eine betriebsmäßige Drehrichtung der Welle später an als eine Flanke des ersten Nockens und Konturen des ersten Nockens

und des zweiten Nockens sind in der Weise ausgebildet, dass die Betätigungsbewegung des zweiten Betätigungshebels eine größere und zeitlich längere Ventilerhebungskurve erzeugt als die Ventilerhebungskurve, welche durch die Betätigungsbewegung des ersten Betätigungshebels erzeugt wird.

Aufgrund des früheren Anstiegs der Flanke des ersten Nockens liegen die vergleichsweise großen Kräfte, welche beim Öffnen eines Ventils entstehen, am ersten Betätigungshebel an, welcher vorzugsweise starr ausgeführt ist und daher eine größere Festigkeit aufweist als der zweite Betätigungshebel. Zudem kann der zweite Betätigungshebel gezielt weniger robust ausgelegt werden, wodurch Gewicht und Platz eingespart werden kann.

Die im Vorhergehenden genannten Merkmale und Vorteile in Bezug auf den ersten Aspekt der Erfindung gelten entsprechend für den zweiten Aspekt der Erfindung und umgekehrt.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und in Bezug auf ein nicht einschränkendes Ausführungsbeispiel, das in den Figuren dargestellt ist. Es zeigen wenigstens teilweise schematisch:

Figur 1 eine perspektivische Draufsicht auf ein Ventilsystem einer Brennkraftmaschine;

Figur 2 eine perspektivische Draufsicht eines Ausführungsbeispiels einer Ventilbetätigungsvorrichtung;

Figur 3 eine Draufsicht auf zwei Ventilbetätigungshebel der Ventilbetätigungsvorrichtung nach Fig. 2;

Figur 4 eine Querschnittsansicht der Ventilbetätigungsvorrichtung in der Ebene I-I aus Fig. 3;

Figur 5 eine Draufsicht auf einen Mechanismus zum Schalten der Ventilbetätigungsvorrichtung in einer ersten Position eines Sperrelements;

Figur 6 eine weitere Draufsicht auf einen Mechanismus zum Schalten einer Ventilbetätigungsverrichtung in einer zweiten Position eines Sperrelements;

Figur 7 eine perspektivische Ansicht eines zweiten Betätigungshebels der Ventilbetätigungsverrichtung;

Figuren 8a, 9a, 10a, 11a Seitenansichten eines zweiten Ventilbetätigungshebels und eines zweiten Nockens, jeweils in unterschiedlichen Drehpositionen des Nockens;

Figuren 8b, 9b, 10b, 11b eine Draufsicht auf ein Schaltelement der Ventilbetätigungsverrichtung in verschiedenen Positionen;

Figuren 8c, 9c, 10c, 11c eine Draufsicht auf ein vergrößertes Detail des Schaltelements in verschiedenen Stellungen;

Figuren 12, 13 eine Querschnittsansicht eines Auslöseelements in verschiedenen Belastungsstellungen;

Figur 14 ein Ausführungsbeispiel von zwei verschiedenen Ventilerhebungskurven, welche mit der Ventilbetätigungsverrichtung nach Figur 3 und 3 realisiert werden können; und

Figur 15 eine schematische Ansicht einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine.

Figur 1 zeigt ein Ventilsystem einer Brennkraftmaschine 101 mit einem Ausführungsbeispiel einer Ventilbetätigungsverrichtung 100 in perspektivischer Darstellung. Figur 15 zeigt in schematischer Ansicht eine derartige Brennkraftmaschine 101, die im dargestellten Ausführungsbeispiel vier Zylinder 102 aufweist, denen jeweils eine derartige Ventilbetätigungsverrichtung 100 zugeordnet ist. Natürlich ist die erfindungsgemäße Lösung auch auf anders ausgeführte Brennkraftmaschinen 101 anwendbar, insbesondere was die Anzahl der Zylinder 102 angeht.

Insgesamt werden bei dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel vier Ventile betätigt, wobei die beiden vorderen mit der Ventilbetätigungsverrichtung 100 über die Stoßstange 220 betätigt werden. Ein erster Betätigungshebel 210 sowie ein zweiter Betätigungshebel 211 der Ventilbetätigungsverrichtung 100 greifen hierbei jeweils eine Ventilbetätigungsbewegung an den Nocken 214, 215 ab. Diese kann dann an die Ventile übertragen werden.

Vorzugsweise ist eine Rückstellvorrichtung 96 vorgesehen, um einen Kontakt zwischen dem zweiten Betätigungshebel 211 und einem zweiten Nocken 215 zu gewährleisten, wenn der zweite Betätigungshebel 211 nicht belastet ist.

Das in Fig. 1 gezeigte Ausführungsbeispiel der Ventilbetätigungsverrichtung 100 stellt einen sogenannten Schlepphebel dar und weist entsprechend eine Aufnahme 97 für eine Stoßstange 220 auf, welche eine Ventilbetätigungsbewegung an wenigstens ein Ventil überträgt. Die in Beziehung auf dieses Ausführungsbeispiel beschriebene Lehre ist jedoch auch auf andere Formen von Ventilbetätigungsverrichtungen übertragbar, insbesondere auf Schlepphebel mit und ohne Rollen am Ende oder in der Mitte des bzw. der Schlepphebel, als auch für mittengelagerte Ventilbetätigungshebel, sogenannte Kipphebel, mit Rollen-, Gleit- oder Stoßstangenbetätigung.

Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Ventilbetätigungsverrichtung 100 in perspektivischer Darstellung, wobei die Ventilbetätigungsverrichtung 100 zur Betätigung eines hier nicht dargestellten Ventils einer Brennkraftmaschine ausgebildet ist.

Die Ventilbetätigungsverrichtung 100 weist einen ersten Betätigungshebel 210 sowie einen zweiten Betätigungshebel 211 auf, wobei die beiden Betätigungshebel 210, 211 drehbar um eine, vorzugsweise gemeinsame, Drehachse 213 gelagert sind. Eine Stoßstange 220 ist mit dem ersten Betätigungshebel 210 verbunden, um eine Betätigungsbewegung von dem ersten Betätigungshebel 210 oder dem zweiten Betätigungshebel 211 an das Ventil zu übertragen.

Der erste Betätigungshebel 210 ist dazu ausgebildet, eine Kontur eines ersten Nockens 214 abzugreifen, der zweite Betätigungshebel 211 ist dazu ausgebildet, eine Kontur eines zweiten Nockens 215 abzugreifen. Die beiden Nocken 214, 215 sind an einer, insbesondere gemeinsamen, Welle 216 drehfest gelagert. Vorzugsweise weist

der erste Nocken 214 in Umfangsrichtung der Welle 216 eine andere Kontur auf als der zweite Nocken 215.

Der erste Betätigungshebel 210 und der zweite Betätigungshebel 211 sind über eine Kopplungsvorrichtung 10 miteinander verbunden. Die Kopplungsvorrichtung 10 ist insbesondere dazu eingerichtet, eine Betätigungsbewegung von dem zweiten Betätigungshebel 211 an den ersten Betätigungshebel 210 zu übertragen, wenn sich die Kopplungsvorrichtung 10 in einem Blockier-Zustand befindet oder eine Bewegung des zweiten Betätigungshebels 211 in eine sogenannte Lost-Motion-Bewegung umzusetzen, wenn sich die Kopplungsvorrichtung 10 in einem Freigabe-Zustand befindet.

In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Kopplungsvorrichtung 10 an dem zweiten Betätigungshebel 211 angeordnet bzw. ein Bestandteil des zweiten Betätigungshebels 211. Vorzugsweise liegt eine Längsachse der Kopplungsvorrichtung 10, entlang derer die Kopplungsvorrichtung 10 längenverstellbar ist, tangential an einer Trajektorie des zweiten Betätigungshebels 211 um die Drehachse an.

Der erste Betätigungshebel 210 weist insbesondere einen Kopplungsabschnitt 217 auf, der sich vorzugsweise in die Trajektorie des zweiten Betätigungshebels 210 hinein erstreckt. Der Kopplungsabschnitt 217 ist mit einem zweiten Kopplungselement 12, welches mit dem ersten Kopplungselement 11 zur Übertragung der Betätigungsbewegung zusammenwirken kann, verbunden, vorzugsweise verschraubt, wie in Fig. 2 gezeigt.

Zum Schalten weist die Kopplungsvorrichtung 10 vorzugsweise ein Sperrelement 13b auf, welches vorzugsweise um eine Achse verschwenkbar ist, in der Weise, dass das Kopplungselement 11, welches vorzugsweise ein Teil des Sperrelements 13b ist und einen Anschlag 89 (nicht dargestellt, siehe z.B. Fig. 4 oder Fig. 7) ausbildet, zwischen wenigstens zwei Stellungen verschwenkt werden kann. Diese Achse ist dabei zu unterscheiden von der Drehachse 213 der Betätigungshebel 210, 211 und ist vorzugsweise parallel zu dieser Drehachse 213 und/oder der Nockenwelle und/oder der Führungsstange 83 ausgerichtet.

In einem Kopplungszustand wirkt das erste Kopplungselement 11, welches über das Sperrelement 13b an dem ersten Betätigungshebel 211 angebracht ist, mit einem

zweiten Kopplungselement 12 des ersten Betätigungshebels 210 zusammen, in der Weise, dass eine Ventilbetätigungsbewegung von dem ersten Betätigungshebel 210 auf den zweiten Betätigungshebel 211 übertragen wird. Der Anschlag 89 des ersten Kopplungselements 11 kommt hierbei mit dem zweiten Kopplungselement in Kontakt. Diese Position des Sperrelements 13b wird nachfolgend auch erste Position oder Blockier-Position genannt.

In dem Freigabe-Zustand der Kopplungsvorrichtung 10 befindet sich hingegen das Sperrelement 13b in einer zweiten Position, nachfolgend auch Freigabe-Position genannt, in welcher der Anschlag 89 (nicht dargestellt, siehe z.B. Fig. 4 oder Fig. 7) des ersten Kopplungselements 11 nicht mit dem zweiten Kopplungselement 12 zusammenwirkt. Vorzugsweise wird das Sperrelement 13b in Figur 1 hierfür im Uhrzeigersinn um etwa 90° verschwenkt, wie weiter unten noch im Detail beschrieben werden wird.

Das Sperrelement 13b wird vorzugsweise mittels einer Schaltvorrichtung 110 (nicht dargestellt) betätigt. Teile dieser Schaltvorrichtung 110 sind hierbei vorzugsweise gehäusefest zur Brennkraftmaschine gelagert, deren Ventile gesteuert werden (beide nicht dargestellt). Die Schaltvorrichtung 110 (in Fig. 2 nicht dargestellt) wird dabei vorzugsweise hydraulisch oder elektromechanisch mittels eines nicht dargestellten Aktors betrieben und weiter vorzugsweise von der Steuerung (ECU) einer Brennkraftmaschine gesteuert.

Figur 3 zeigt eine Draufsicht auf die der Drehachse 213 abgewandte Seite der Ventilbetätigungsvorrichtung 100 des Ausführungsbeispiels nach Fig. 2.

Auf der linken Seite der Darstellung von Fig. 3 ist der erste Betätigungshebel 210 gezeigt. Ein als durchgezogener Pfeil dargestellter erster Pfad F_1 der Kraftübertragung vom ersten Nocken 214 über einen ersten Abnehmer 218 auf den ersten Betätigungshebel 210 zu der Stoßstange 220 verläuft vorzugsweise im Wesentlichen parallel zu einer Bewegungsrichtung des ersten Betätigungshebels 210.

Auf der rechten Seite der Fig. 3 ist der zweite Betätigungshebel 211 dargestellt. Eine Kraftübertragung von dem zweiten Betätigungshebel 211 zu dem ersten Betätigungshebel 210 erfolgt nur, wenn sich die Kopplungsvorrichtung 10 in dem Blockier-Zustand befindet. Ist die Kopplungsvorrichtung 10 in dem Blockier-Zustand, verläuft ein zweiter Pfad F_2 der Kraftübertragung vom zweiten Nocken 215, über einen

zweiten Abnehmer 219 und den zweiten Betätigungshebel 210 bis zur Kopplungsvorrichtung 10 im Wesentlichen parallel zu einer Bewegungsrichtung des zweiten Betätigungshebels 211. Von der Kopplungsvorrichtung 10 verläuft der zweite Pfad F_2 der Kraftübertragung vorzugsweise über den Kopplungsabschnitt 217, insbesondere im Wesentlichen senkrecht zur Bewegungsachse des zweiten Betätigungshebels 211, bis zu dem ersten Betätigungshebel 210 und zur Stoßstange 220.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich, dass der Pfad F_1 in dem gezeigten Ausführungsbeispiel stets aktiviert ist. Der Pfad F_2 wird dagegen, je nach Zustand der Kopplungsvorrichtung 10, selektiv hinzugeschaltet.

Figur 4 zeigt eine Schnittdarstellung eines Ausführungsbeispiels des zweiten Betätigungshebels 211 und teilweise des ersten Ventilbetätigungshebels 210 der Ventilbetätigungsvorrichtung 100 in der Ebene I-I aus Figur 3, in welcher die Mittelachse der Kopplungsvorrichtung 10 liegt.

Wie bereits teilweise in Bezug auf Fig. 2 erläutert und nunmehr in Fig. 4 vollständig ersichtlich, weist die Kopplungsvorrichtung 10 das erste Kopplungselement 11, das Sperrelement 13B mit dem Zapfen 13A und zusätzlich ein zweites Kopplungselement 12 auf.

Wie bereits teilweise in Bezug auf Fig. 2 erläutert und nunmehr in Fig. 4 vollständig ersichtlich, sind das Sperrelement 13b mit dem ersten Kopplungselement 11 Teile des zweiten Betätigungshebels 211 bzw. sind an diesem gelagert. Darüber hinaus weist die Kopplungsvorrichtung 10 das zweite Kopplungselement 12 auf, welches Teil des ersten Betätigungshebels 210 ist bzw. an diesem gelagert wird.

Hierbei ist das erste Kopplungselement 11 kraftübertragend an dem zweiten Betätigungshebel 211 befestigt, das zweite Kopplungselement 12 ist entsprechend kraftübertragend an dem ersten Betätigungshebel 210 – vorzugsweise an dessen Kopplungsabschnitt 217 – befestigt und ist weiter vorzugsweise mittels eines Gewindes eingeschraubt und mit einer Sicherungsmutter 221 fixiert. Das zweite Kopplungselement 12 wird dabei vorzugsweise über einen Anschlag 89 des ersten Kopplungselements 11 betätigt. Der Zylinderboden des Sperrelements 13b, welcher den Anschlag 89 ausbildet, ist vorzugsweise nach innen gewölbt und ein freies Ende

des zweiten Kopplungselements 12 ist vorzugsweise korrespondierend konvex gewölbt ausgebildet.

Das Sperrelement 13b ist drehbar an dem zweiten Betätigungshebel 211 gelagert und kann mittels eines Schaltelements 84, in dem in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiel ein Schaltgestänge, betätigt werden. Das Schaltgestänge 84 wird wiederum mittels einer Schaltvorrichtung 110 betätigt. Auf diese Weise kann durch die mechanische Schaltvorrichtung 110 eine definierte Ventilerhebung selektiv aktiviert oder deaktiviert werden.

Diese Schaltvorrichtung 110 weist vorzugsweise ein Blockierelement 112 auf, welches in dem dargestellten Ausführungsbeispiel als Schaltwippe ausgebildet ist und ein erstes Kupplungselement 118 aufweist, insbesondere ein Kuppelkopf 118, welcher mit einem zweiten Kupplungselement 119 des Schaltgestänges 84, insbesondere einer Aufnahme, zusammenwirkt.

Das Blockierelement 112 ist in dem gezeigten Ausführungsbeispiel in der dargestellten Ebene schwenkbar an dem zweiten Betätigungshebel 211 gelagert.

Die Schaltvorrichtung 110 weist des Weiteren ein Auslöseelement 111 auf. Dieses Auslöseelement 111 ist hydraulisch oder elektromechanisch mittels eines nicht dargestellten Aktors betrieben.

Das Auslöseelement 111 weist vorzugsweise ein erstes Betätigungselement 116 und ein zweites Betätigungselement 117 (in Fig. 4 nicht sichtbar) auf, welche mit dem Blockierelement 112 zusammenwirken, um die Betätigung des Sperrelements 13b auszulösen, wie nachfolgend in Bezug auf die Fig. 5 und 6 erläutert wird.

Eine Ventilbetätigungsbewegung des zweiten Betätigungshebels 211 wird mittels eines zweiten Abnehmers 219 an einer zweiten Nocke 215 abgegriffen. Entsprechend wird eine Ventilbetätigungsbewegung des ersten Betätigungshebels 210 durch einen ersten Abnehmer 218 an dem zweiten Nocken 215 (in Fig. 5 und Fig. 6 nicht dargestellt) abgegriffen. Ist das Sperrelement 13b in der ersten Position oder Blockier-Position, wird die Betätigungsbewegung des ersten Betätigungselements 116 an den ersten Betätigungshebel 210 übertragen.

Wie auch in Fig. 5 gezeigt, ist das Sperrelement 13b in einer ersten Position, auch Blockier-Position genannt. Entsprechend befindet sich die Kopplungsvorrichtung 10 in dem Blockier-Zustand, in dem eine Ventilbetätigungsbewegung von dem zweiten Betätigungshebel 211 zu dem ersten Betätigungshebel 210 übertragen werden würde.

Diese erste Position wird dadurch erreicht, dass das Auslöseelement 111, welches an einer gehäusefesten Führungsstange 83 verschiebbar gelagert ist, in einer solchen Stellung ist, dass das zweite Betätigungselement 117 mit einer Extremität des als Schaltwippe ausgebildeten Blockierelements 112 zusammenwirkt. Hierdurch wird der Kupplungskopf 118 in Fig. 4 nach links verschwenkt. Da der Kupplungskopf 118 mit der Aufnahme 119 des Schaltgestänges 84 zusammenwirkt, wird auch das Schaltgestänge 84 nach links bewegt. Der Zapfen 13a des Sperrelements 13b wird in einer weiteren Aufnahme des Schaltgestänges 84 aufgenommen, sodass das Schaltgestänge 84 und das Sperrelement 13b in der Weise zusammenwirken, dass das erste Kopplungselement 11 nach rechts verschwenkt wird.

In Fig. 6 ist der Freigabezustand der Kopplungsvorrichtung 10 gezeigt, in welcher sich das Sperrelement 13b in der zweiten Position oder Freigabe-Position befindet. In diesem Fall wirkt das erste Kopplungselement nicht mit dem zweiten Kopplungselement 12 der Kopplungsvorrichtung 10 zusammen, wodurch eine Ventilbetätigungsbewegung des zweiten Betätigungshebels 211 nicht an den ersten Betätigungshebel 210 übertragen wird und somit als sogenannte Lost-Motion verlorenggeht.

In diesem Fall weist das Auslöseelement 111 der Schaltvorrichtung 110 auf der Führungsstange 83 eine solche Position auf, dass die andere Extremität der Schaltwippe 112 mit dem ersten Betätigungselement 116 des Auslöseelements 111 in der Weise zusammenwirkt, dass die Schaltwippe nach rechts geschwenkt wird. Über den Kupplungskopf 118 und die Aufnahme 119 wird diese Bewegung wiederum an das Schaltgestänge 84 übertragen, welches die Bewegung über den Zapfen 13a an das Sperrelement 13b überträgt, wodurch das erste Kopplungselement 11 nach links geschwenkt wird.

In Fig. 7 ist die Ventilbetätigungsvorrichtung 100 ohne den ersten Betätigungshebel 210 in perspektivischer Draufsicht dargestellt.

Aus dieser Ansicht wird die Stellung des Auslöseelements 111 und dessen ersten Betätigungselements 116 und des zweiten Betätigungselements 117 in Bezug auf den zweiten Betätigungshebel 211 verdeutlicht.

Wie bereits in Bezug auf die Fig. 5 und Fig. 6 erläutert, wird das Auslöseelement 111 an einer Führungsstange 83 verschiebbar gelagert. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist die gehäusefest gelagerte Führungsstange 83 parallel zu der Drehachse 213 ausgerichtet, um welche der erste Betätigungshebel 210 und der zweite Betätigungshebel 211 drehbar gelagert sind. Das Auslöseelement 111 kann sich hierbei zwischen zwei Führungen (kein Bezugszeichen) der Führungsstange 83 bewegen.

Die Fig. 8 bis 11 verdeutlichen die Funktionsweise der in den in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispiele der Ventilbetätigungsvorrichtung 100.

In den mit „a“ gekennzeichneten Teilfiguren (Fig. 8a, Fig. 9a, Fig. 10a, Fig. 11a) ist jeweils eine Draufsicht auf den ersten Ventilhebel 211 von jener Seite gezeigt, auf welcher der bei einer vollständigen Ventilbetätigungsvorrichtung 100 der erste Betätigungshebel 210 angeordnet wäre. In den mit „b“ gekennzeichneten Teilfiguren (Fig. 8b, Fig. 9b, Fig. 10b, Fig. 11b) ist jeweils die dem Schaltzustand entsprechende Position des Auslöseelements 111 gezeigt und in den mit „c“ gekennzeichneten Teilfiguren (Fig. 8c, Fig. 9c, Fig. 10c, Fig. 11c) ein Detail des Auslöseelements 111.

Wie aus den Fig. 4 bis 7 bereits bekannt, weist der zweite Betätigungshebel 211 eine Schaltvorrichtung 110 auf, welche u. a. die Bauteile der Führungsstange 83 und des Auslöseelements 111 umfasst. Das Auslöseelement 111 weist wiederum das erste Betätigungselement 116 und das zweite Betätigungselement 117 auf, welches mit der Schaltwippe 112, welche als Blockierelement dient, zusammenwirkt (die Schaltwippe 112 ist in den Fig. 7 bis 11 nur schwer zu erkennen und daher nicht mit einem Bezugszeichen versehen).

Darüber hinaus weist der zweite Betätigungshebel 211 das Sperrelement 13b mit dem ersten Kopplungselement 11 auf, welche beide Teile der Kopplungsvorrichtung 10 sind. Diese macht den zweiten Betätigungshebel 211 mit dem ersten Betätigungshebel 210 koppelbar.

Der zweite Abnehmer 219, im dargestellten Fall ein Rad, nimmt eine Ventilbetätigungsbewegung an dem zweiten Nocken 215 ab.

In Fig. 8a ist die Stellung des zweiten Nockens so, dass die Nockenerhebung aufgrund der Drehrichtung der Nockenwelle den zweiten Abnehmer 219 in Kürze erreichen wird. Aufgrund der Stellung des Sperrelements 13b bzw. dessen ersten Kopplungselements 11 würde eine Ventilbetätigungsbewegung auf den ersten Betätigungshebel 210 übertragen.

In Fig. 8b ist des Weiteren eine Draufsicht auf die Schaltvorrichtung 110 gezeigt, in der Stellung, in welcher diese die erste Position oder Blockier-Position des Sperrelements 13b bewirkt. Das Auslöseelement 111 ist hierbei in der Weise auf der Führungsstange 83 angeordnet, dass dessen erstes Betätigungselement 116 mit der einen Extremität der Schaltwippe 112 zusammenwirkt, in der Weise, dass das Sperrelement 13b in der ersten Position oder Blockier-Position blockiert wird.

Figur 8c zeigt eine vergrößerte Darstellung der Gesamtheit aus Führungsstange 83 und Auslöseelement 111. Der Bereich, in welchem das Auslöseelement 111 die Führungsstange 83 umfasst bzw. in welchem das Auslöseelement 111 von dieser geführt wird, ist hierbei in einer Schnittdarstellung gezeigt.

Hierdurch wird sichtbar, dass sich in dem Auslöseelement 111 ein Federelement 93 befindet, welches durch einen ersten Federanschlag 98 und einen zweiten Federanschlag 99 an der Führungsstange 83 gehalten ist. Die Federanschlüsse 98, 99 sind hierbei so ausgebildet, dass diese sich bei einer Bewegung der Führungsstange zur Feder hin verschieben können, aber eine Bewegung von der Feder weg verhindert wird.

In Fig. 9a ist die Erhebung des zweiten Nockens 215 immer noch vor dem zweiten Abnehmer, hat sich aber diesem durch die Drehung der Nockenwelle schon etwas angenähert.

Es soll nunmehr eine Umschaltung des Sperrelements 13b von der ersten Position oder Blockier-Position in die zweite Position oder Freigabe-Position bewirkt werden.

Hierfür wird, wie in Fig. 9b und in Fig. 9c durch einen schraffierten Pfeil angedeutet, die Führungsstange 83 nach links bewegt. Dadurch wird die Schaltwippe 112 von dem zweiten Betätigungselement 117 des Auslöseelements 111 runtergeschoben. Da die Schaltwippe 112 aber ihre Position nicht verändert, kommt die eine Extremität der Schaltwippe 112 mit dem ersten Betätigungselement 116 in Kontakt. Hier wird ein weiteres Verschieben des Auslöseelements 111 auf der Führungsstange 83 verhindert, angedeutet durch den schraffierten Pfeil mit Balken in Fig. 9c. Da die Führungsstange 83 dennoch weiterverschoben wird, wird das Federelement 93 in dem Auslöseelement 111 komprimiert, indem der zweite Federanschlag 99 zum ersten Federanschlag 98 hin verschoben wird.

In Fig. 10a hat die Erhebung des Nockens 215 den zweiten Abnehmer 219 erreicht, sodass der zweite Betätigungshebel 211 nach oben geschwenkt wird. Aufgrund der Blockier-Position des Sperrelements 13b würde hier auch der erste Betätigungshebel 210 (nicht dargestellt) nach oben verschwenkt.

Aufgrund des Verschwenkens gibt die andere Extremität der Schaltwippe 112 das erste Betätigungselement 116 frei, wie in dem gestrichelten Kreis in Fig. 10a ersichtlich ist. Hierdurch kann sich in der Abbildung der Fig. 10b das Auslöseelement 111 auf der Führungsstange 83 noch weiter nach links verschieben, was durch die Vorspannung des Federelements 93 bewirkt wird, welches selbst entspannt wird. Entsprechend ist das Federelement 93 in Fig. 10c entspannt dargestellt.

In Fig. 11a hat sich die Erhebung des zweiten Nockens 215 bereits in eine solche Stellung verschwenkt, dass der zweite Betätigungshebel 211 wieder zur Nockenwelle bzw. zum Grundkreis des Nockens 215 schwenkt. Durch diese Schwenkbewegung kommt die andere Extremität der Schaltwippe 112 in Kontakt mit dem ersten Betätigungselement 116 des Auslöseelements 111, sodass die Schaltwippe 112, wie durch den Pfeil in Fig. 11a angedeutet, nach rechts verschwenkt wird. Hierdurch wird das Sperrelement 13b über das Schaltgestänge 84 (nicht sichtbar) nach links verschwenkt, wie ebenfalls durch einen Pfeil in Fig. 11a angedeutet ist. Hierdurch erreicht das Sperrelement 13b seine zweite Position oder Freigabe-Position.

In entsprechender Weise kann durch eine Betätigung der Führungsstange 83 nach rechts eine Umschaltung von der zweiten Position des Sperrelements 13b oder

Freigabe-Position in die erste Position oder Blockier-Position erfolgen. Das Auslöseelement 111 verbleibt in seiner Position, wie in Fig. 11b dargestellt, und das Federelement 93 bleibt weiterhin entspannt, wie in Fig. 11c dargestellt.

In Fig. 12 und Fig. 13 sind jeweils Querschnitte durch das Auslöseelement 111 gezeigt. Hierbei wird deutlich, dass auch das erste Betätigungselement 116 und das zweite Betätigungselement 117 des Auslöseelements 111 durch Federelemente 94 bzw. 95 flexibel vorgespannt werden. Dies ermöglicht, dass, wenn die Schaltwippe 112 bzw. das Blockierelement sich nicht verschwenken kann (beispielsweise, weil es blockiert ist), das jeweils mit der Schaltwippe 112 in Kontakt stehende Betätigungselement 116, 117 ausweichen kann.

Dies kann z. B. dann von Nutzen sein, wenn das Sperrelement 13b eigentlich in die zweite Position oder Freigabe-Position gebracht werden soll, sich aber an dem ersten Betätigungshebel 210, insbesondere an dem zweiten Kopplungselement des ersten Betätigungshebels 210, blockiert. Durch die Bewegung des ersten Betätigungshebels 210 könnte dann eine Kraft übertragen werden, welche zur Beschädigung des ersten Betätigungselements 116 führen würde.

In Fig. 13 sind die Betätigungselemente 116, 117 jeweils in ihrer eingedrückten Position darstellt, welche diese im Falle einer beschriebenen Überlastung einnehmen würden.

Fig. 14 zeigt ein Ausführungsbeispiel von zwei verschiedenen Ventilerhebungskurven, welche mit der Ventilbetätigungsvorrichtung realisiert werden können. Eine Ventilöffnung wird dabei in Abhängigkeit vom Kurbelwellenwinkel angegeben.

Die Ventilhebungskurve IVC – 480 gehört zu einem Miller-Zyklus und wird in dem in den vorhergehenden Figuren gezeigten Ausführungsbeispielen der Ventilbetätigungsvorrichtung 100 durch den ersten Nocken 214, mithin eine sogenannte Miller-Nocke hervorgerufen.

Ein Miller-Betrieb einer Brennkraftmaschine ist insbesondere verbrauchsoptimiert, allerdings lässt sich diese im Miller-Betrieb nicht starten, da die Füllung der Zylinder zu gering ist.

Die Ventilhebungskurve IVC – 580 gehört zu einem anderen Verbrennungs-Zyklus, bei welchem die Ventile sowohl länger öffnen als auch einen größeren Ventilhub, 8,7 mm mehr als bei gezeigten Miller-Zyklus, aufweisen. Diese Ventilhebungskurve IVC – 580 wird durch den zweiten Nocken 215 hervorgerufen. Die Ventilhebungskurve IVC – 580 überdeckt mithin die Ventilhebungskurve IVC – 480.

Wie in Fig. 14 angedeutet ist, ist der Anstieg der Ventilhebungskurve IVC – 580 dem Anstieg der Ventilhebungskurve IVC – 480 zeitlich nachgeordnet. Hierdurch wird bei der Ventilbetätigungsverrichtung 100 gewährleistet, dass ein Großteil der auftretenden Kräfte beim Öffnen der Ventile über den festeren, starren ersten Betätigungshebel 210 (Kraftfluss F_1) übertragen wird. Auf den variablen bzw. verstellbaren Betätigungshebel 211 wirken dann nur etwa ein Drittel der Kräfte. Daher kann dieser weniger fest und mit geringeren Abmessungen, insbesondere schmaler, ausgelegt werden.

Entsprechend ist bei der Ventilbetätigungsverrichtung 100 steigt eine Flanke des zweiten Nocken 215 in Bezug auf eine betriebsmäßige Drehrichtung der Welle 216 später an als die Flanke des ersten Nocken 214. Hierdurch wird eine Betätigungsbewegung des ersten Betätigungshebels 210 zu einem anderen, vorzugsweise einem zeitlich früher liegenden, Zeitpunkt bewirkt wird als eine Betätigungsbewegung des zweiten Betätigungshebels 211. Die Brennkraftmaschine, insbesondere ein sogenannter Großmotor, wird vorzugsweise über 90% der Betriebsdauer im Miller-Zyklus betrieben. Die Ventilhebungskurve IVC – 580 kommt vorzugsweise lediglich beim Anfahren und bei einem zwischenzeitlichen Segel-Betrieb (auch Coasting-Betrieb genannt) zum Einsatz.

Es sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den beschriebenen 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. Insbesondere kann die Ventilbetätigungsverrichtung

auch ein Stößel oder ein Kipphebel oder eine ähnliche Vorrichtung sein. Die Schaltvorrichtung kann darüber hinaus auch anders ausgebildet sein, insbesondere gemäß der Varianten, welche in dem Dokument WO 2019/025511 A1 gezeigt sind. Umgekehrt kann die in Bezug auf die Figuren oben beschriebene Schaltvorrichtung auch in Verbindung mit alternativen Kopplungsvorrichtungen zum Einsatz kommen, beispielsweise einer Kopplungsvorrichtung, wie in dem Dokument WO 2019/025511 A1 gezeigt ist. In diesem Fall würde die Schaltvorrichtung ein Kulissenführungselement betätigen, insbesondere über das Schaltgestänge.

Bezugszeichenliste

10	Kopplungsvorrichtung
11	erstes Kopplungselement
12	zweites Kopplungselement
13A	Zapfen
13B	Sperrelement
83	Führungsstange
84	Schaltelement, Schaltgestänge
85	Kulisse, Klaue, U-Profil
89	Anschlag
93, 94, 95	Federelement
96	Rückstellvorrichtung
97	Aufnahme
98	erster Federanschlag
99	zweiter Federanschlag
100	Ventilbetätigungsvorrichtung
110	Schaltvorrichtung
111	Auslöseelement
112	Blockierelement
113	Schaltfenster
114	Schutzfeder
115	Auslösezapfen
116	erstes Betätigungselement
117	zweites Betätigungselement
118	erstes Kupplungselement
119	Zweites Kupplungselement
210	erster Betätigungshebel
211	zweiter Betätigungshebel
213	Drehachse
214	erster Nocken
215	zweiter Nocken
216	Welle
217	Kopplungsabschnitt
218	erster Abnehmer
219	zweiter Abnehmer
220	Stoßstange
221	Sicherungsmutter
F ₁	erster Pfad der Kraftübertragung
F ₂	zweiter Pfad der Kraftübertragung

Patentansprüche

1. Ventilbetätigungsvorrichtung (100) zur Betätigung wenigstens eines Ventils einer Hubkolbenmaschine, insbesondere einer Brennkraftmaschine, aufweisend:

einen ersten Betätigungshebel (210) und einen zweiten Betätigungshebel (211), wobei die beiden Betätigungshebel (210, 211) um eine gemeinsame Drehachse (213) drehbar gelagert sind, wobei der erste Betätigungshebel (210) in der Weise mit dem wenigstens einen Ventil verbindbar ist, um eine Betätigungsbewegung an das wenigstens eine Ventil zu übertragen;

einen ersten Nocken (214) und einen zweiten Nocken (215), wobei die beiden Nocken (214, 215) an einer, insbesondere gemeinsamen, Welle (216) angeordnet sind und der erste Betätigungshebel (210) eine Kontur des ersten Nockens (214) abgreift und der zweite Betätigungshebel (211) eine Kontur des zweiten Nockens (215) abgreift;

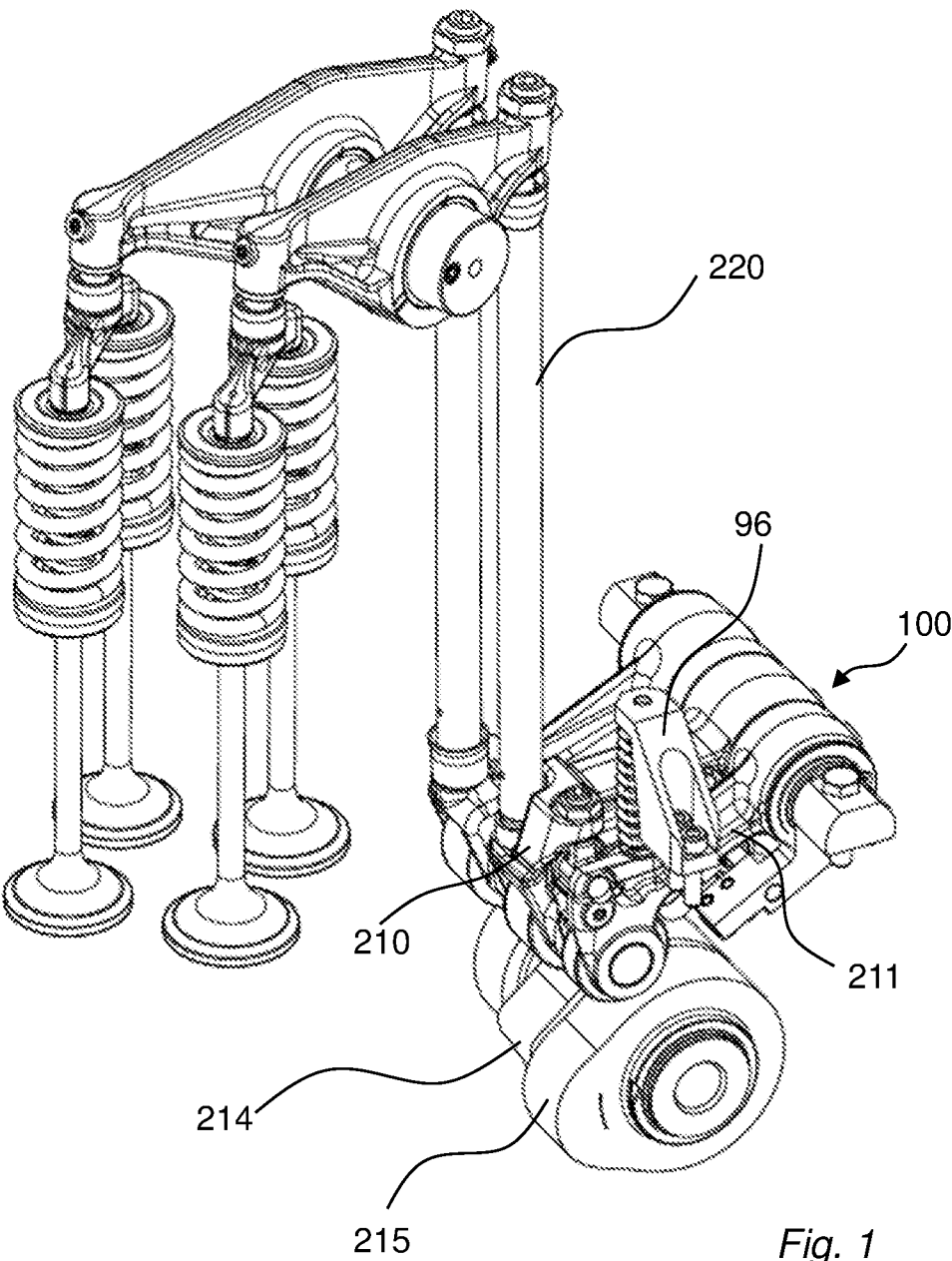
eine mechanische Kopplungsvorrichtung (10), über welche der erste Betätigungshebel (210) und der zweite Betätigungshebel (211) miteinander verbindbar sind, wobei die Kopplungsvorrichtung (10) ein in zumindest eine erste Position und eine zweite Position bringbares Sperrelement (13B) aufweist und eingerichtet ist, zumindest in der ersten Position des Sperrelements (13B) eine Betätigungsbewegung des zweiten Betätigungshebels (211) auf den ersten Betätigungshebel (210) zu übertragen; und

eine Schaltvorrichtung (110), um das Sperrelement (13B) der Kopplungsvorrichtung (10) zumindest von der ersten Position in die zweite Position und umgekehrt zu bringen, wobei die Schaltvorrichtung (110) in der Weise ausgebildet ist, dass eine Bewegung des zweiten Betätigungshebels (211), insbesondere eine Bewegung, welche zum Schließen des wenigstens einen Ventils führt und/oder in Richtung der Welle (216), einen Positionswechsel des Sperrelements (13B) mechanisch auslöst.

2. Ventilbetätigungsverrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei die Schaltvorrichtung (110) ein Auslöseelement (111) und ein Blockierelement (112) aufweist, welche dazu ausgebildet sind, in der Weise zusammenzuwirken, um eine axiale Verschiebung des Auslöseelements (111) entlang einer Führungsstange (83), an welcher das Auslöseelement (111) axial verschiebbar gelagert ist, zu blockieren oder freizugeben.
3. Ventilbetätigungsverrichtung (100) nach Anspruch 2, wobei die Führungsstange (83) gehäusefest und axial verschiebbar gelagert ist, um das Auslöseelement zu betätigen.
4. Ventilbetätigungsverrichtung (100) nach Anspruch 2 oder 3, wobei das Auslöseelement (111) und das Blockierelement (112) bei einer Bewegung des zweiten Betätigungshebels (211) in Richtung der Welle (216) in der Weise mechanisch zusammenwirken, dass der Positionswechsel des Sperrelements (13B) ausgelöst wird.
5. Ventilbetätigungsverrichtung (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei das Blockierelement (112) bei einer Bewegung des zweiten Betätigungshebels (211) weg von der Welle (216) die axiale Verschiebung des Auslöseelements (111) entlang der Führungsstange (83) freigibt.
6. Ventilbetätigungsverrichtung (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei das Blockierelement (112) an dem zweiten Betätigungshebel (211) und in Bezug auf diesen schwenkbar gelagert ist und über ein Schaltelement (84), insbesondere ein Schaltgestänge oder ein Kulissenführungselement, das Sperrelement (13B) betätigt.
7. Ventilbetätigungsverrichtung (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei das Auslöseelement (111) zwei Betätigungselemente (116, 117) aufweist, welche eingerichtet sind, eine Stellung des Blockierelements (112) während der Bewegung des zweiten Betätigungshebels (211) in Richtung der Welle (216) in der Weise zu verändern, dass das Blockierelement (112) einen Positionswechsel des Sperrelements (13B) bewirkt.
8. Ventilbetätigungsverrichtung (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei das Sperrelement (13B) in seiner ersten Position mit einem zweiten

- Kopplungselement (12) des ersten Betätigungshebels (210) zusammenwirkt, insbesondere in Anschlag bringbar ist.
9. Ventilbetätigungsverrichtung (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, wobei eine Drehachse des Sperrelements (13B) parallel zu der Welle (216), der Führungsstange (83) und/oder der Drehachse (213) verläuft.
 10. Ventilbetätigungsverrichtung (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 9, wobei die Führungsstange (83) wenigstens im Wesentlichen parallel zu der Drehachse (213) und/oder der Welle (216) ausgerichtet ist.
 11. Ventilbetätigungsverrichtung (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 10, wobei das Auslöseelement (111) mittels wenigstens einem Federelement (93, 94) gegen das Blockierelement (112) entlang der Führungsstange (83) vorspannbar ist, wenn ein Positionswechsel des Sperrelements (13B) bewirkt werden soll, wobei das Auslöseelement (111) dann entlang der Führungsstange (83) verschiebbar ist, wenn das Blockierelement (112) durch eine Bewegung des zweiten Betätigungshebels (211) den Weg freigibt.
 12. Ventilbetätigungsverrichtung (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 11, wobei das Blockierelement (112) als Schaltwippe mit einem ersten Kupplungselement (118), insbesondere einem Kupplungskopf, ausgebildet ist, dessen Stellung sich bei einem Schwenken des Blockierelements (112) verändert und das mit einem zweiten Kupplungselement (119), insbesondere einer Aufnahme, des Schaltelements (84) zusammenwirkt.
 13. Ventilbetätigungsverrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei der erste Betätigungshebel (210) und/oder der zweite Betätigungshebel (211) als Kipphebel oder Schlepphebel ausgebildet sind.
 14. Ventilbetätigungsverrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der erste Betätigungshebel (210) einen Kopplungsabschnitt (217) aufweist, welcher den zweiten Betätigungshebel (211) in der Weise umgreift, dass er für den zweiten Betätigungshebel (211) und/oder die Kopplungsverrichtung (10) einen Anschlag (89) bildet, der eine Drehung des zweiten Betätigungshebels (211) um die gemeinsame Drehachse (213) relativ zum ersten Betätigungshebel (210) begrenzt.

15. Ventilbetätigungsvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei eine Flanke des zweiten Nockens (215) in Bezug auf eine betriebsmäßige Drehrichtung der Welle (216) später ansteigt als eine Flanke des ersten Nockens (214) und wobei Konturen des ersten Nockens (214) und des zweiten Nockens (215) in der Weise ausgebildet sind, dass die Betätigungsbewegung des zweiten Betätigungshebels (211) eine größere und zeitlich längere Ventilerhebungskurve (IVC – 580) erzeugt als die Ventilerhebungskurve (IVC – 480), welche durch die Betätigungsbewegung des ersten Betätigungshebels (210) erzeugt wird.
16. Brennkraftmaschine (101) mit zumindest einer Ventilbetätigungsvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 15.



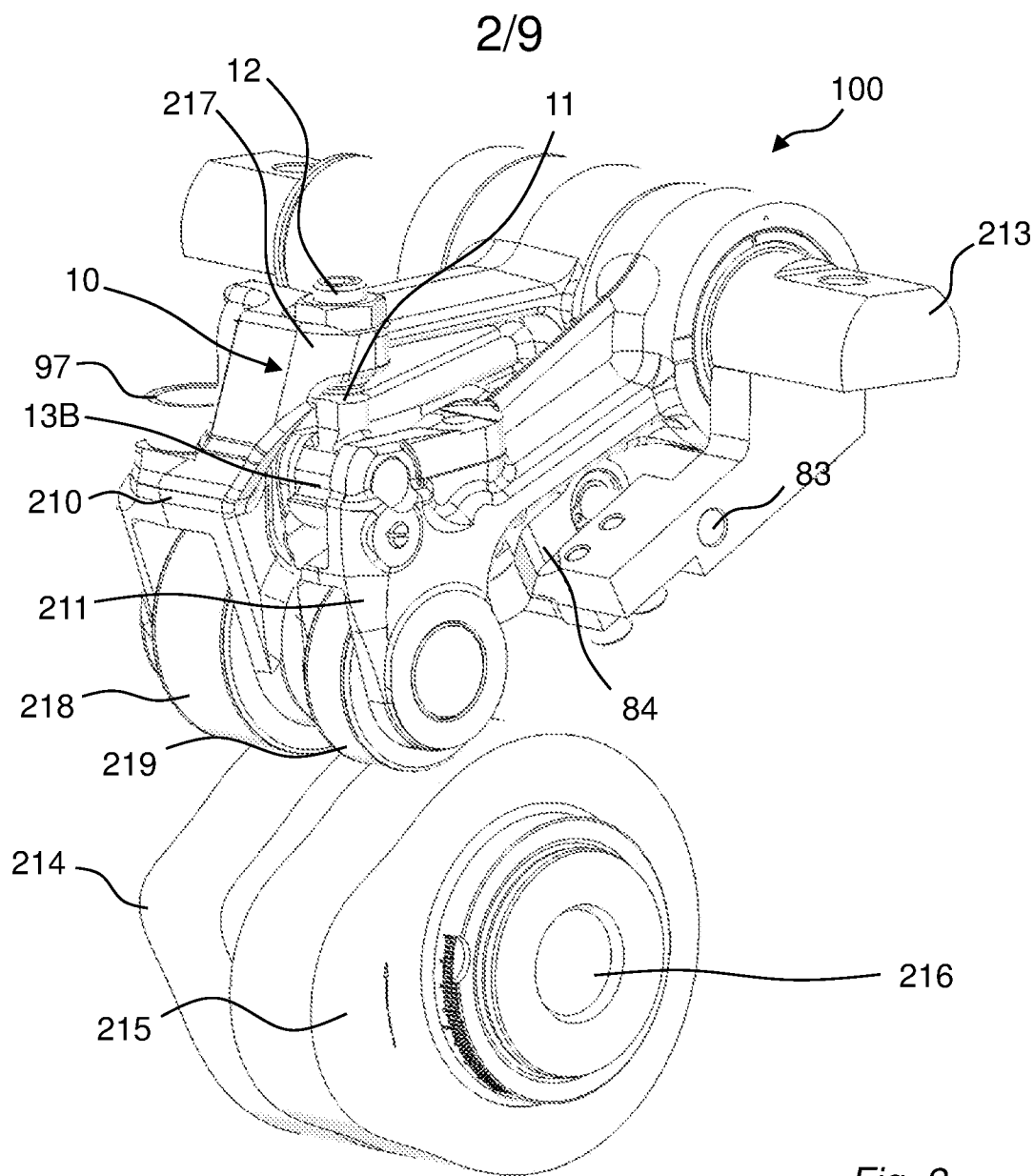


Fig. 2

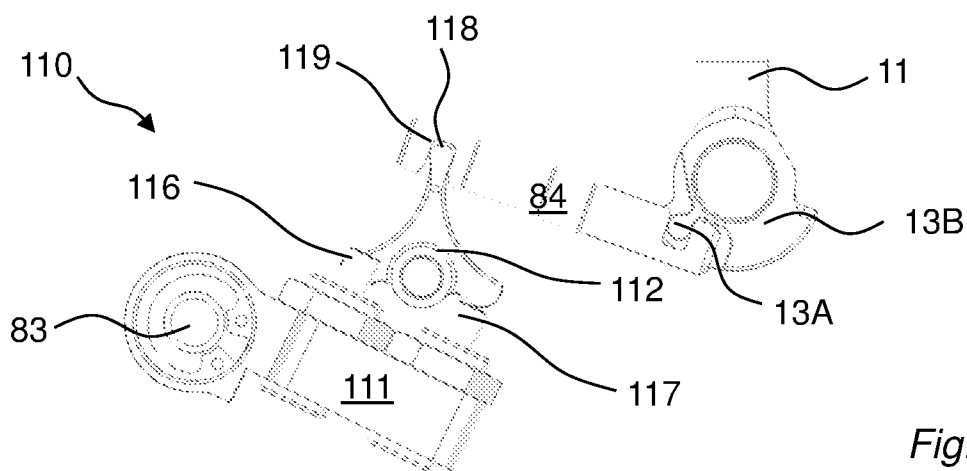


Fig. 5

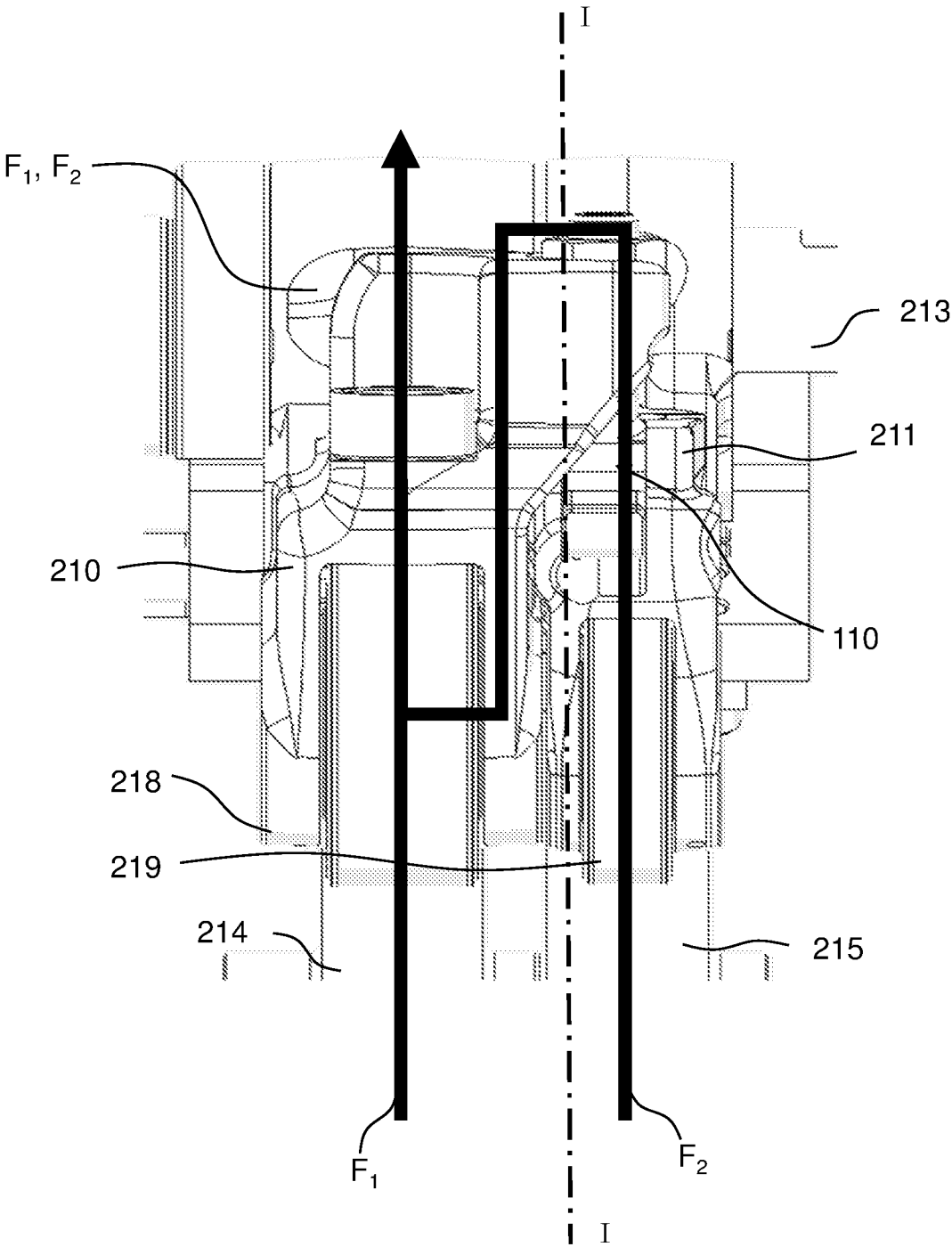


Fig. 3

4/9

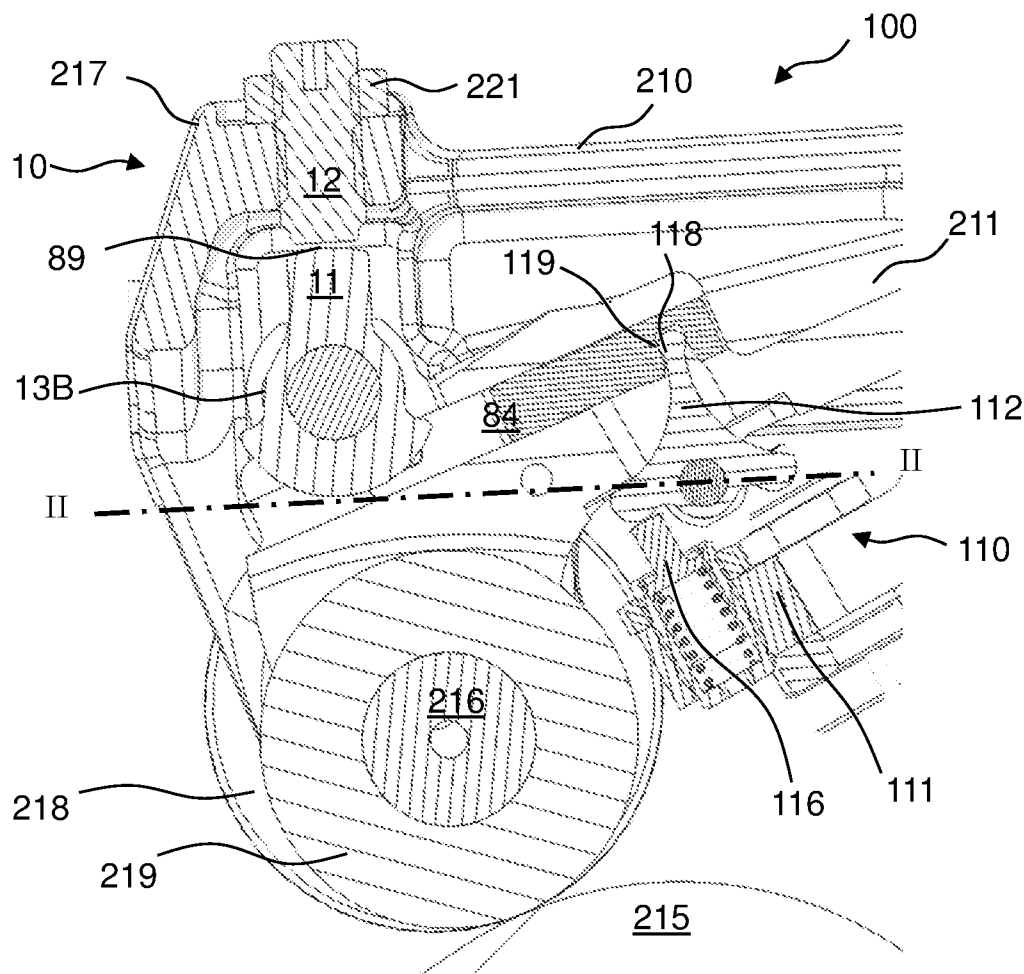


Fig. 4

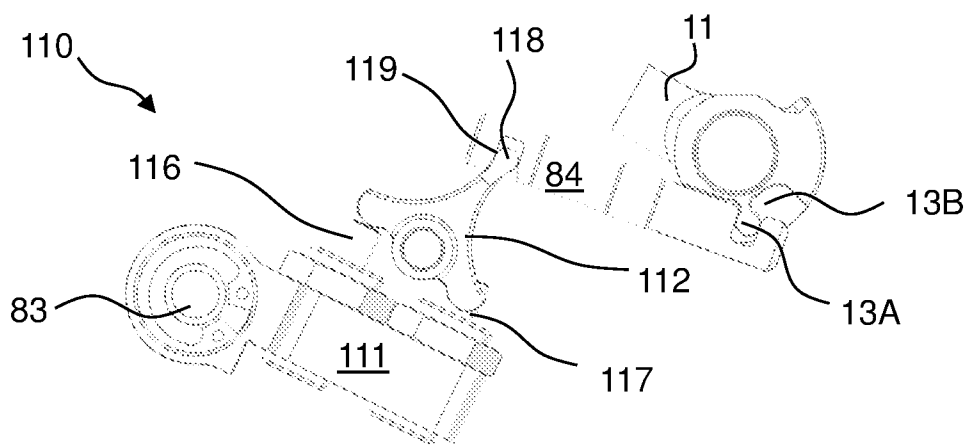


Fig. 6

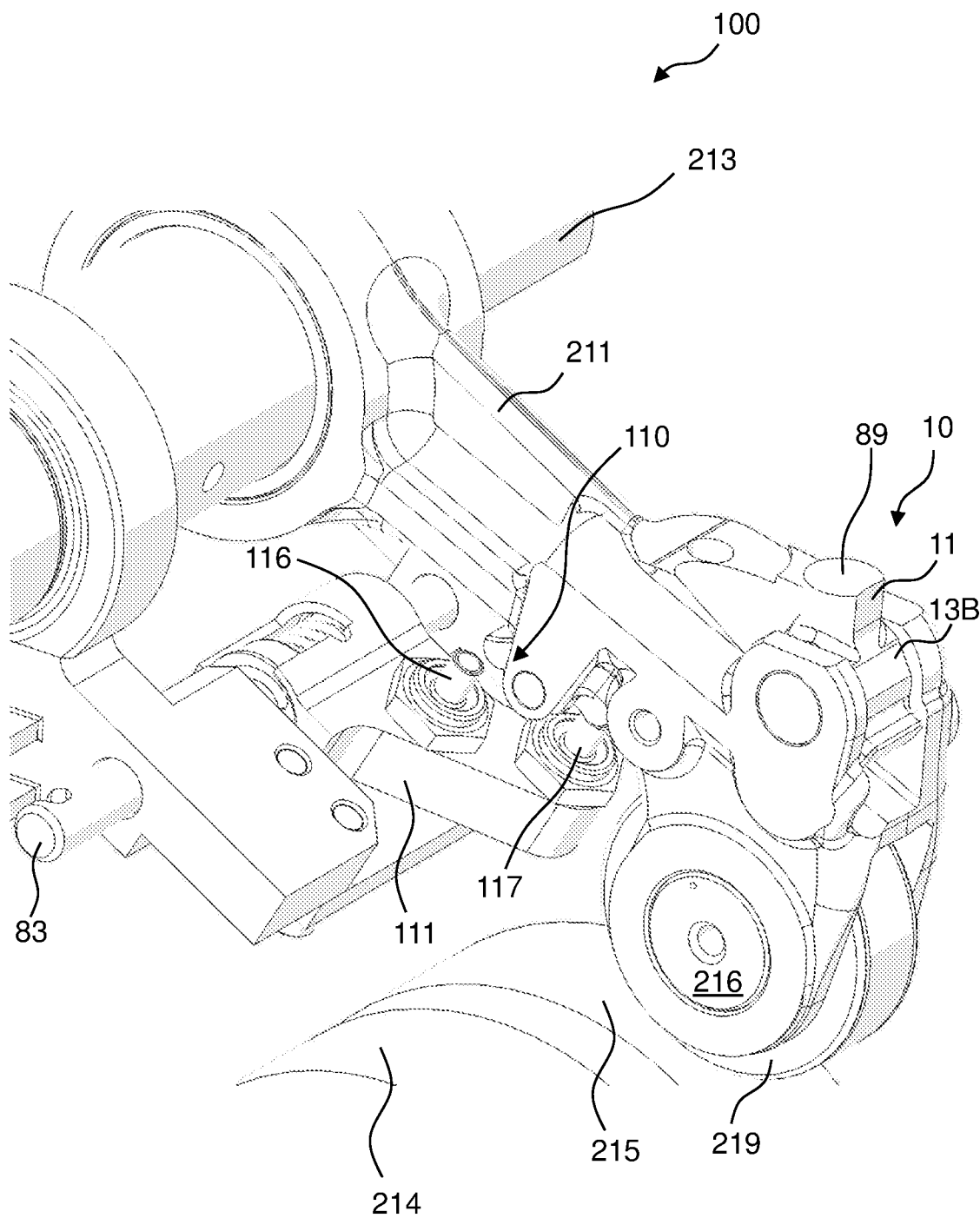


Fig. 7

6/9

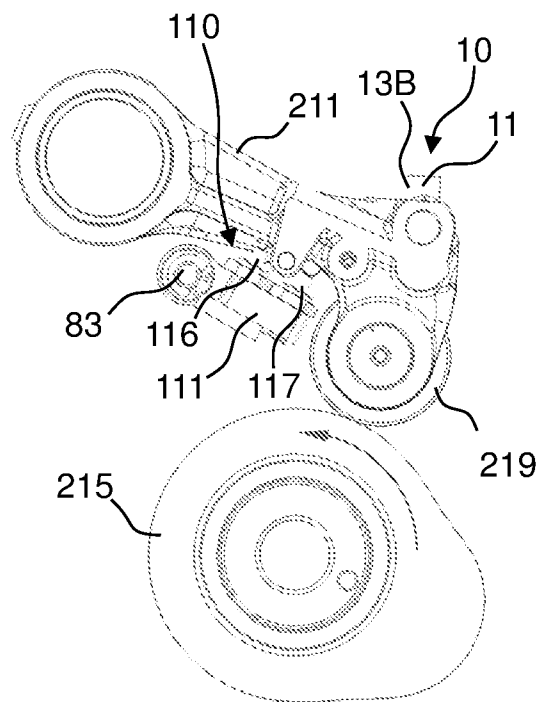


Fig. 8a

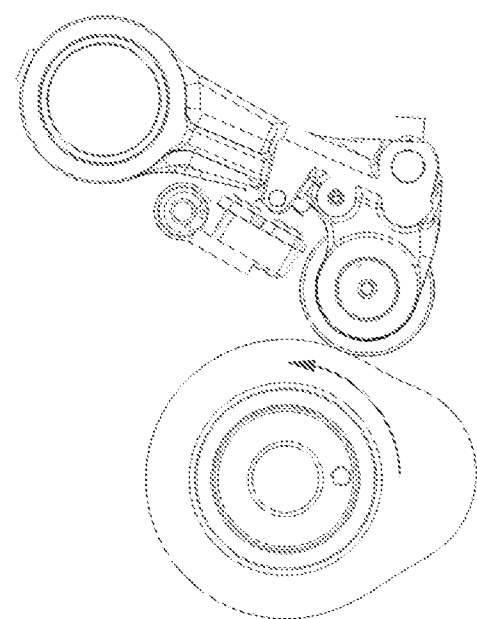


Fig. 9a

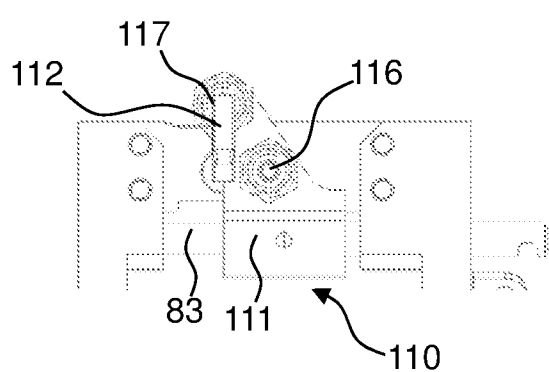


Fig. 8b

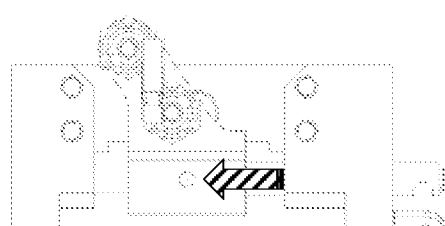


Fig. 9b

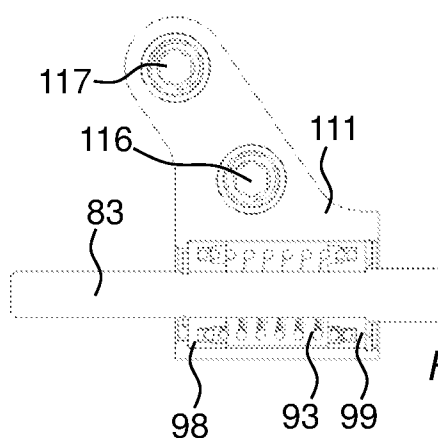


Fig. 8c

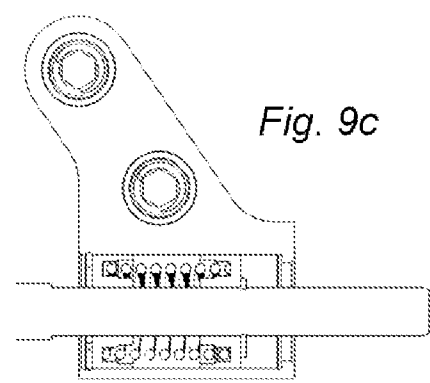


Fig. 9c

7/9

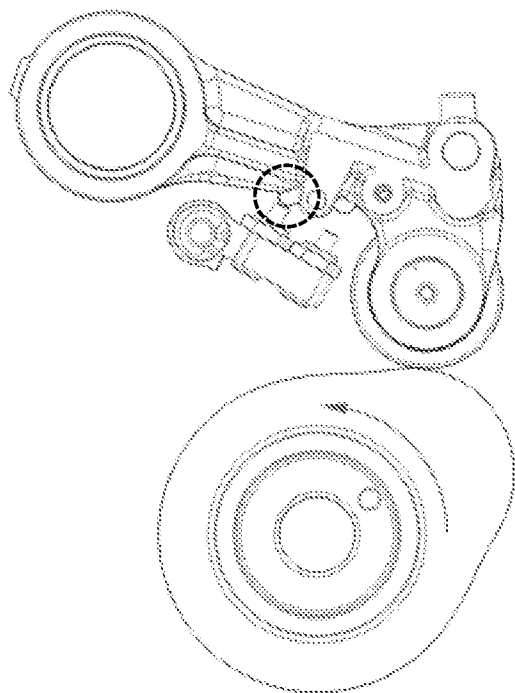


Fig. 10a

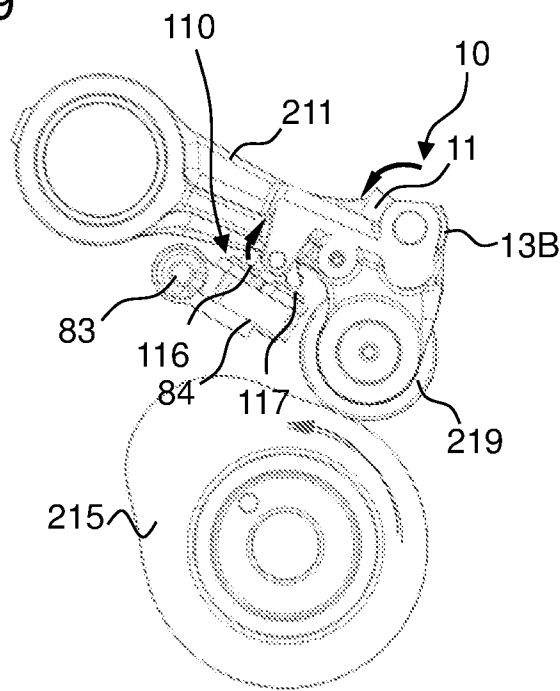


Fig. 11a

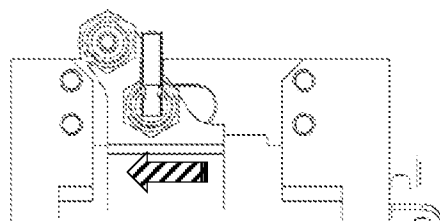


Fig. 10b

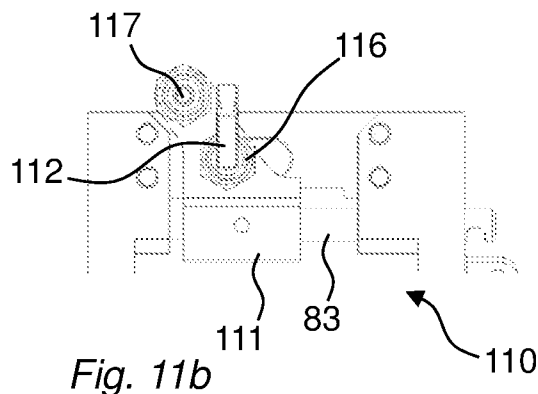


Fig. 11b

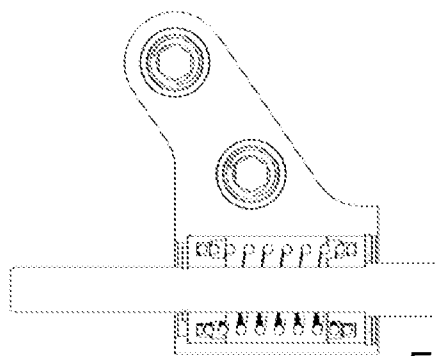


Fig. 10c

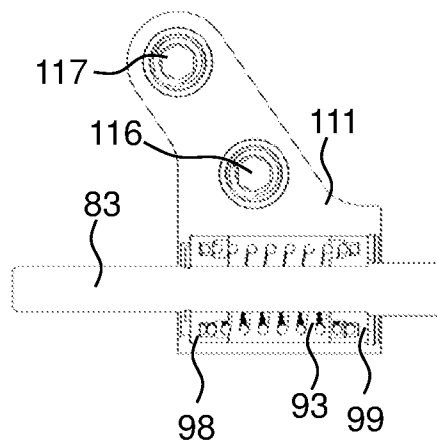


Fig. 11c

8/9

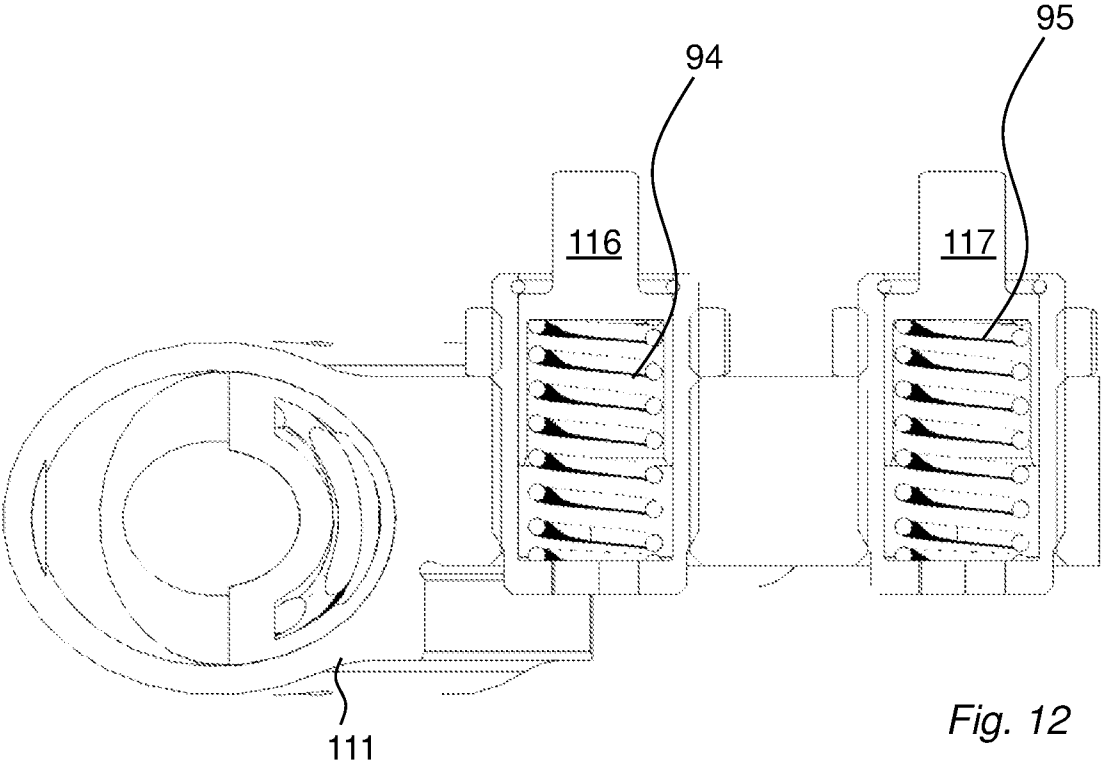


Fig. 12

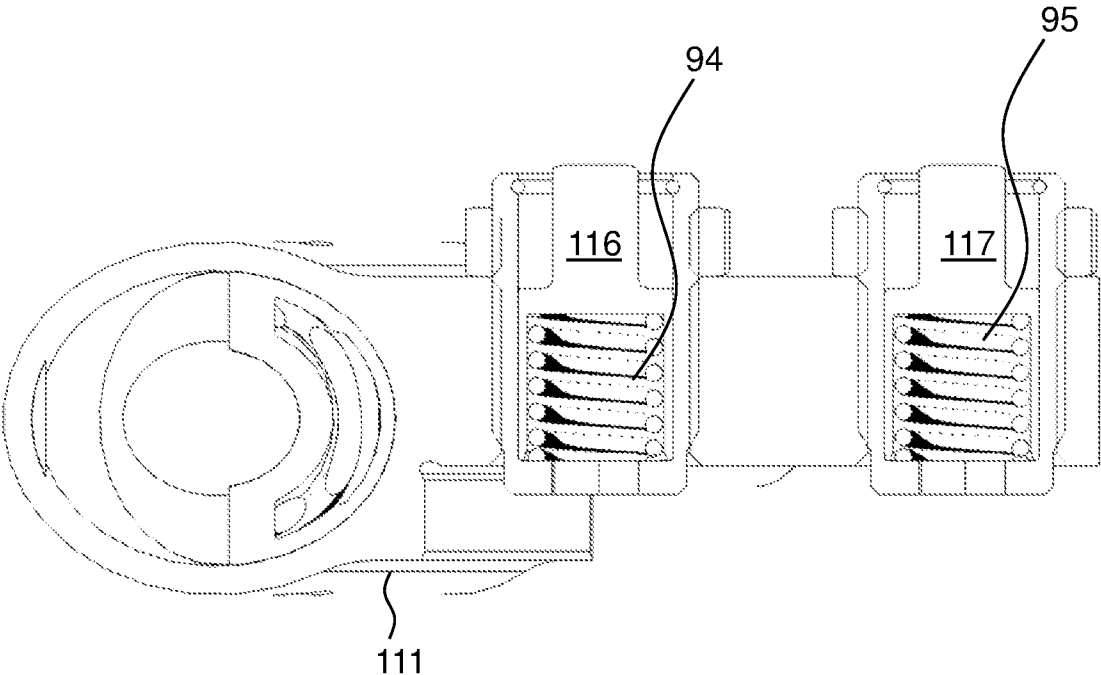


Fig. 13

9/9

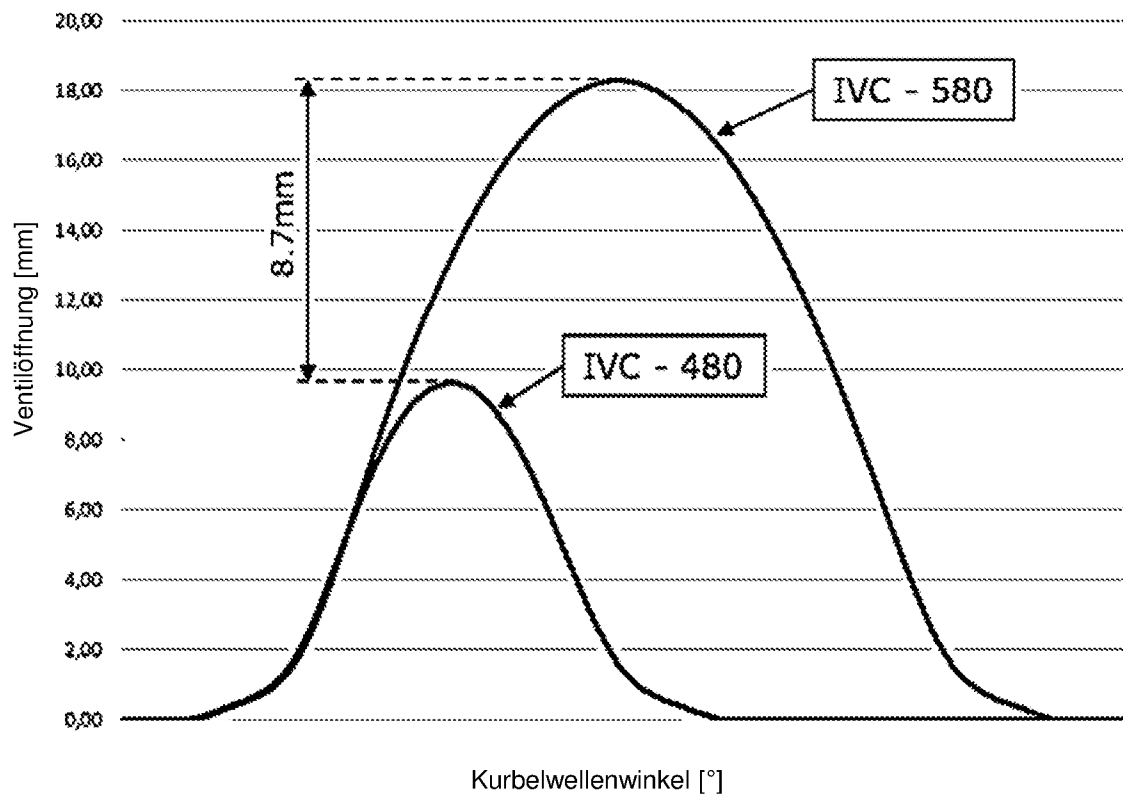


Fig. 14

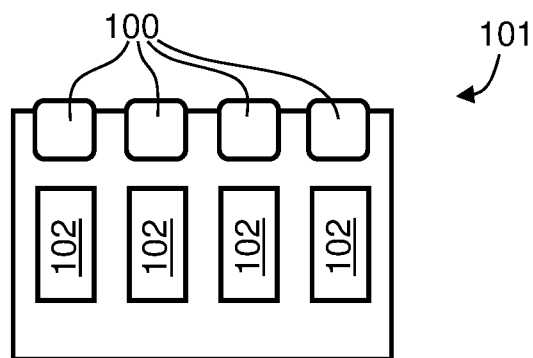


Fig. 15

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

F01L 13/00 (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

F01L 13/0015 (2013.01); **F01L 13/0036** (2013.01); **F01L 13/0047** (2013.01); **F01L 2001/186** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

F01L

Konsultierte Online-Datenbank:

EPDOC, WPI, TXTnn

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 18.02.2021 eingereichten Ansprüchen 1-16 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	EP 1857642 A1 (MECHADYNE PLC) 21. November 2007 (21.11.2007) gesamtes Dokument	1, 4, 16
A	AT 511050 A1 (AVL LIST GMBH) 15. August 2012 (15.08.2012) gesamtes Dokument	1, 16

Datum der Beendigung der Recherche:

07.12.2021

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

RODLAUER Gerhard

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: 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 **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.