



(10) **AT 518769 A4 2018-01-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

|                         |              |                |                   |           |
|-------------------------|--------------|----------------|-------------------|-----------|
| (21) Anmeldenummer:     | A 50743/2016 | (51) Int. Cl.: | <b>F02B 75/24</b> | (2006.01) |
| (22) Anmeldetag:        | 18.08.2016   |                | <b>F02B 75/28</b> | (2006.01) |
| (43) Veröffentlicht am: | 15.01.2018   |                | <b>F01B 9/02</b>  | (2006.01) |
|                         |              |                | <b>F01B 7/08</b>  | (2006.01) |

(56) Entgegenhaltungen:  
 GB 525191 A  
 WO 2012160378 A2  
 GB 531009 A  
 DE 2744686 A1  
 WO 2008010490 A1  
 DE 19504890 A1  
 AT 366781 B  
 US 3285503 A  
 US 3195420 A  
 US 2015114358 A1

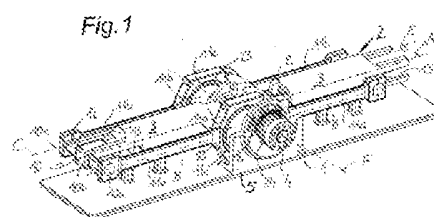
(71) Patentanmelder:  
 ecool advanced urban engineering gmbh  
 1210 WIEN (AT)

(72) Erfinder:  
 Tusinean Adrian Dipl.Ing.  
 N8P 1R4 Windsor ON (CA)  
 Hofbauer Ursula Dipl.Ing.  
 1210 Wien (AT)

(74) Vertreter:  
 Beer & Partner Patentanwälte KG  
 1070 Wien (AT)

(54) **BRENNKRAFTMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine (1) mit zumindest einem Doppelzylinder (2), in dem zwei Innenkolben (6) und zwei Außenkolben (7) durch zumindest je eine Innenpleuelstange (8) beziehungsweise je eine erste Außenpleuelstange (11a) und je eine zweite Außenpleuelstange (11b) im Doppelzylinder (2) durch eine Kurbelwelle (4) hin- und herbewegbar angeordnet sind. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es eine Brennkraftmaschine (1) anzugeben, deren Außenpleuelstangen keine Schwenkbewegungen ausführen. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch erfüllt, dass die zwei ersten Außenpleuelstangen (11a) der zwei Außenkolben (7) koaxial und einstückig ausgeführt sind, und dass die zwei zweiten Außenpleuelstangen (11b) koaxial und einstückig ausgeführt sind.



## Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine (1) mit zumindest einem Doppelzylinder (2), in dem zwei Innenkolben (6) und zwei Außenkolben (7) durch zumindest je eine Innenpleuelstange (8) beziehungsweise je eine erste Außenpleuelstange (11a) und je eine zweite Außenpleuelstange (11b) im Doppelzylinder (2) durch eine Kurbelwelle (4) hin- und herbewegbar angeordnet sind. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es eine Brennkraftmaschine (1) anzugeben, deren Außenpleuelstangen keine Schwenkbewegungen ausführen. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch erfüllt, dass die zwei ersten Außenpleuelstangen (11a) der zwei Außenkolben (7) coaxial und einstückig ausgeführt sind, und dass die zwei zweiten Außenpleuelstangen (11b) coaxial und einstückig ausgeführt sind.

Fig. 1

Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit zumindest einem Doppelzylinder, in dem zwei Innenkolben und zwei Außenkolben durch zumindest je eine Innenpleuelstange beziehungsweise je eine erste Außenpleuelstange und je eine zweite Außenpleuelstange im Doppelzylinder durch eine Kurbelwelle hin- und herbewegbar angeordnet sind.

Unter Doppelzylinder sind zwei gegenüberliegende Zylinder mit gemeinsamer Achse zu verstehen. Diese Zylinder sind je als Gegenkolbenzylinder ausgeführt.

Aus der US 2015 / 0 114 358 A1 ist eine Brennkraftmaschine mit koaxialen Zylindern mit Innenkolben und Außenkolben bekannt. Dabei ist ein erster Außenkolben über eine schwenkbare Hauptpleuelstange mit einem Kurbelwellenzapfen verbunden und ein zweiter Außenkolben ist koaxial zum ersten Außenkolben angeordnet. Der zweite Außenkolben ist über eine schwenkbare Nebenpleuelstange über die Hauptpleuelstange mit der Kurbelwelle verbunden. Nachteilig an dieser Ausführung ist, dass durch die Schwenkbewegung Seitenkräfte von der Hauptpleuelstange und der Nebenpleuelstange in die Außenkolben und die Kurbelwelle eingeleitet werden. Des Weiteren muss ebenfalls aufgrund der Schwenkbewegung eine Lagerung zwischen Außenkolben und den Pleuelstangen vorgesehen werden.

Anordnungen mit fest verbundenen Innenpleuel für zwei an einer Kurbelwelle angeordnete Pleuel mit je einem Kolben sind vom Parsons-Motor für einfache Doppelzylinder-Kolbenmotoren bekannt. Dabei bewegen sich die Kolben und die Pleuel nur translatorisch entlang einer Geraden. Für einen Vierzylinder-Motor ist vor der ersten Kurbelwellenkröpfung eine Transferscheibe vorgesehen. Zwischen den zwei Zylindern ist eine zweite angeordnet und nach der zweiten Kurbelwellenkröpfung ist eine dritte Transferscheibe angeordnet. Die Kurbelwelle weist an den beiden Enden jeweils ein außen verzahntes Rad auf. Das Rad greift jeweils in ein Hohlrad ein. Aufgrund der vielen benötigten Teile und dem komplizierten Aufbau ist diese Anordnung nicht ideal.

Bei anderen rein kinematischen Lösungen, die kaum eingesetzt werden, wie beispielsweise Kurbelschleifen, ergeben sich hohe Belastungen und Lagerreibungen.

Der Bauaufwand steigt, da die Bauteile aufgrund der hohen Belastungen sehr robust ausgeführt sein müssen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es eine Brennkraftmaschine anzugeben, die diese Nachteile beseitigt und einen hohen Wirkungsgrad aufweist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass die zwei ersten Außenpleuelstangen der zwei Außenkolben coaxial und vorzugsweise einstückig ausgeführt sind, und dass die zwei zweiten Außenpleuelstangen coaxial und vorzugsweise einstückig ausgeführt sind. Dadurch entsteht der Vorteil, dass weder eine Schwenkbewegung notwendig ist, noch Seitenkräfte in Kolbenbolzen und Kolben eingeleitet werden. Folglich werden ungünstige Belastungen und Abnutzungen verhindert. Jeder Außenkolben kann direkt mit den jeweiligen Außenpleuelstangen verbunden werden und es ist keine gelenkige Verbindung notwendig. Des Weiteren kann auf ein Kolbenhemd zur besseren Führung des Kolbens im Zylinder verzichtet werden. Da die Reibung am Kolben zu einem großen Teil auf die Seitenkräfte zurückzuführen ist, ist die Reibung signifikant reduziert.

Da keine Biegekräfte durch Seitenbeschleunigung der Massen der Außenpleuelstangen wie bei Pleuelstangen mit Schwenkbewegung von diesen aufgenommen werden müssen, können die Außenpleuelstangen radial zum Zylinder und flach ausgeführt werden und es kann somit Raum und Gewicht eingespart werden. Der eingesparte Raum kann für den Gaswechsel genutzt werden.

Wesentlich ist, dass die Außenpleuelstangen starr verbunden sind. Dadurch ist es insbesondere möglich, diese einstückig auszuführen. Die zwei ersten Außenpleuelstangen und die zwei zweiten Außenpleuelstangen sind über je ein kreisförmiges Lager mit der Kurbelwelle verbunden.

Außerdem ist diese Anordnung vorteilhaft, da auch Massenkräfte, vor allem solche höherer Ordnung vermieden werden. Für die Innenpleuelstangen ist das weniger störend, da diese kürzer und nur einfach vorhanden sind.

Durch die Eliminierung der Seitenkräfte werden auch die tribologischen Probleme des konventionellen Kolbens bezüglich Reibung und Schmierung weitgehend vermieden, der Außenkolben kann als einfacher Zylinder ohne ovale Form und Bombierung ausgeführt sein.

Weil keine Schwenkbewegung der Außenpleuelstangen notwendig ist, kann der sonst benötigte Schwenkraum eingespart werden. Dieser Schwenkraum kann für Einlass und Auslass, also für den Gaswechsel, genutzt werden.

Es ist günstig, wenn die ersten Außenpleuelstangen über eine relativ dazu drehbare erste Transferscheibe an der Kurbelwelle angeordnet sind, und wenn die zweiten Außenpleuelstangen über eine relativ dazu drehbare zweite Transferscheibe an der Kurbelwelle angeordnet sind, wobei die erste Transferscheibe und die zweite Transferscheibe drehbar und exzentrisch zu einem äußeren Kurbelwellenzapfen der Kurbelwelle angeordnet sind. Die beiden Transferscheiben sind in den kreisförmigen Lagern der Außenpleuelstangen angeordnet.

Ein Vorteil dabei ist, dass eine Exzentrizität des Kurbelwellenzapfens aufgrund der Geometrie nur ein Viertel eines Hubes der Außenkolben beträgt und damit nur halb so groß ist wie beim konventionellen Kurbeltrieb, bei dem sie einen halben Hub beträgt.

Die gegenüber dem konventionellen Kurbeltrieb auf die Hälfte reduzierte Exzentrizität hat eine wesentlich bessere Überdeckung zwischen einem Hauptlager der Kurbelwelle und des Kurbelwellenzapfens zur Folge. Die Kurbelwelle selbst ist daher wesentlich steifer und stabiler und kann mit geringeren Dimensionen und geringerer Bauhöhe ausgeführt werden.

Ein besonderer Vorteil ist auch, dass die Kolbenbewegung rein harmonisch ist. Das heißt sie ist sinusförmig. Der vollständige Massenausgleich kann durch Gegengewichte an der Kurbelwelle und an der Transferscheibe hergestellt werden.

Die Transferscheiben sind in den Außenpleuelstangen beispielsweise in einem Gleitlager oder in einem Wälzlager angeordnet. Das ist aufgrund der im beherrschbaren Bereich bleibenden Lagerbelastungen, sowie Gleit- und Rollgeschwindigkeiten möglich. Es sind keine Schieber oder Linearlager nötig.

Eine weitere vorteilhafte Ausführung entsteht dadurch, dass die Transferscheibe eine Außenverzahnung aufweist, die in eine Innenverzahnung eines - vorzugsweise an einem Gehäuse fest angeordneten - Hohlrades eingreifend angeordnet ist, und wenn die Außenverzahnung und die Innenverzahnung eine Übersetzung von 1:2 aufweisen. Dabei kann die Drehung über die kritischen Punkte der Kurbelwelle

hinwegbewegt werden und ein Wechseln der Drehrichtung der Kurbelwelle vermieden werden kann.

Eine besonders einfache Anordnung entsteht, wenn eine erste Längsachse der ersten Außenpleuelstangen, eine zweite Längsachse der zweiten Außenpleuelstangen und eine Hubachse der Außenkolben und der Innenkolben in einer Ebene liegen.

Da keine gelenkige Verbindung zwischen den Außenpleuelstangen und den Außenkolben nötig ist, sind in einer besonders einfachen und robusten Ausführung die zwei Außenkolben mit den ersten Außenpleuelstange und mit den zweiten Außenpleuelstangen fest verbunden.

Besonders einfach lässt sich das ausführen, wenn die erste Außenpleuelstange und die zweite Außenpleuelstange über ein T-förmiges Verbindungselement miteinander und mit dem Außenkolben verbunden sind. Die zwei ersten Außenpleuelstangen, die zwei zweiten Außenpleuelstangen und die zwei T-förmigen Verbindungselemente bilden mit den zwei Außenkolben eine Einheit. Diese einzelnen Teile werden gemeinsam verschoben und führen zueinander keine beabsichtigten Bewegungen aus.

Eine gute und genaue Führung der Außenkolben ergibt sich, wenn das T-förmige Verbindungselement mit zwei Enden in Führungsausnehmungen eines Zylinders des Doppelzylinders angeordnet ist, wobei an den zwei Enden parallel zu der Ebene Gleitflächen angeordnet sind.

Um die Schwenkbewegung der Innenpleuelstangen zu vermeiden, ist es vorteilhaft, wenn die zwei Innenpleuelstangen einstückig ausgeführt sind und über eine dritte Transferscheibe mit der Kurbelwelle verbunden sind, wobei die dritte Transferscheibe zur Kurbelwelle und zu den Innenpleuelstangen drehbar angeordnet ist und die dritte Transferscheibe exzentrisch zu einem inneren Kurbelwellenzapfen der Kurbelwelle angeordnet ist.

Ein einfacherer Zusammenbau ergibt sich, wenn die Kurbelwelle im Bereich einer Kurbelwange aus zumindest zwei Einzelteilen verbunden ist, vorzugsweise über je zwei konische Flächen mit vorzugsweise Schrauben, besonders vorzugsweise über Stiftschrauben.

Es vereinfacht sich der Zusammenbau weiter, wenn die Stiftschrauben je ein erstes Gewinde mit einer ersten Steigung aufweisen und je ein zweites Gewinde mit einer zweiten Steigung aufweisen, und dass die zweite Steigung größer ist als die erste Steigung. Das erste Gewinde ist in der Kurbelwange eingeschraubt angeordnet und das zweite Gewinde ist in dem jeweiligen Kurbelwellenzapfen eingeschraubt angeordnet.

Die Erfindung wird anhand der folgenden nicht einschränkenden Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine in einer ersten Schrägansicht;

Fig. 2 die Brennkraftmaschine in einer zweiten Schrägansicht;

Fig. 3 die Brennkraftmaschine in einem Längsschnitt;

Fig. 4 die Brennkraftmaschine in einer Draufsicht;

Fig. 5 die Brennkraftmaschine in einer Vorderansicht;

Fig. 6 die Brennkraftmaschine in einer Seitenansicht;

Fig. 7 eine erste Außenpleuelstange mit einer ersten Transferscheibe und einem Hohlrad in der Seitenansicht;

Fig. 8 eine Kurbelwelle mit Außenpleuelstangen und Hohlrädern der Brennkraftmaschine in einer dritten Schrägansicht;

Fig. 9 die Brennkraftmaschine ohne Zylinder und ohne einem Gehäuse in der Draufsicht;

Fig. 10 eine zweite Ausführung einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine in einem Schnitt analog zu Fig. 3;

Fig. 11 eine schematische Skizze der Kurbelwelle der zweiten Ausführung in der Seitenansicht;

Fig. 12a eine schematische Skizze der Kurbelwelle in der Seitenansicht;

Fig. 12b ein kardanisches Kreispaar der Fig. 12a;

Fig. 12c die Kurbelwelle und einen äußeren Kurbelwellenzapfen der Fig. 12a;

Fig. 12d die erste Transferscheibe der Fig. 12a;

Fig. 13a eine schematische Skizze der Kurbelwelle in der Seitenansicht in einer ersten Position;

Fig. 13b eine zweite Position der Kurbelwelle analog zu Fig. 13a;

Fig. 13c eine dritte Position der Kurbelwelle analog zu Fig. 13a;

Fig. 13d eine vierte Position der Kurbelwelle analog zu Fig. 13a;

Fig. 13e eine fünfte Position der Kurbelwelle analog zu Fig. 13a;

Fig. 14 eine schematische Skizze der ersten Transferscheibe in der Seitenansicht;

Fig. 15 eine schematische Darstellung der Kräfte auf die Brennkraftmaschine;

Fig. 16 eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine in einer dritten Ausführung;  
und

Fig. 17 eine Kurbelwelle einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine in einer vierten Ausführung.

In Fig. 1 ist eine erste Ausführung einer Brennkraftmaschine 1 gezeigt. Die Brennkraftmaschine 1 weist einen Doppelzylinder 2 auf. Je ein Zylinder 3 ist entlang einer Hubachse A auf einer Seite einer Kurbelwelle 4 angeordnet. Die Kurbelwelle 4 ist in einem Gehäuse 5 drehbar gelagert. Die Zylinder 3 sind fest im Gehäuse 5 angeordnet.

In je einem Zylinder 3 des Doppelzylinders 2 sind ein Innenkolben 6 und ein Außenkolben 7 angeordnet, wie in Fig. 2 gezeigt ist. Die zwei Innenkolben 6 und die

zwei Außenkolben 7 bewegen sich entlang der gemeinsamen Hubachse A je entgegengesetzt im Zylinder 3 hin und her.

Die Innenkolben 6 sind über zwei Innenpleuelstangen 8 mit der drehbaren Kurbelwelle 4 verbunden. Die Innenpleuelstangen 8 sind über je einen Kolbenbolzen 9 schwenkbar mit je einem Innenkolben 6 verbunden.

Die Außenkolben 7 sind über je ein T-förmiges Verbindungselement 10 mit je einer ersten Außenpleuelstange 11a und je einer zweiten Außenpleuelstange 11b verbunden. Um einem Kippen der Außenkolben 7 weiter entgegen zu wirken weist das T-förmige Verbindungselement 10 zwischen zwei Enden 10a zu den Außenpleuelstangen 11a, 11b und einem Mittelkörper 10b Gleitflächen 12 auf. Mit den Gleitflächen 12 ist das T-förmige Verbindungselement 10 in Führungsausnehmungen 13 (Fig. 1) des Zylinders 3 parallel zur Hubachse A geführt.

Die zwei ersten Außenpleuelstangen 11a sind koaxial angeordnet. Eine erste Längsachse B ist parallel zur Hubachse A der Innenkolben 6 und Außenkolben 7. Die zwei zweiten Außenpleuelstangen 11b weisen eine gemeinsame zweite Längsachse C auf, die ebenso parallel zur Hubachse A angeordnet ist.

In den ersten Außenpleuelstangen 11a ist zur Kurbelwelle 4 eine erste Transferscheibe 14a drehbar angeordnet. In den zweiten Außenpleuelstangen 11b ist analog dazu eine zweite Transferscheibe 14b angeordnet. Die Transferscheiben 14a, 14b können gleitend oder wälzend gelagert sein. Die Transferscheiben 14a, 14b weisen zu ihren jeweiligen Kurbelwellen 4a, 4b hin eine Außenverzahnung 15 auf. Die Außenverzahnung 15 ist so angeordnet, dass sie in eine Innenverzahnung 16 eines Hohlrades 17 eingreift.

Die Transferscheiben 14a, 14b sind um je einen äußeren Kurbelwellenzapfen 18 (Fig. 3) der Kurbelwelle 4 drehbar. Sie sind exzentrisch. Drehachsen D der Transferscheiben 14a, 14b weisen einen Abstand zu einer Drehachse E des äußeren Kurbelwellenzapfens 18 auf. Der Begriff Drehachse D, E bezieht sich auf die Drehachse D der Rotationssymmetrie und nicht auf eine Drehung des jeweiligen Körpers (Kurbelwellenzapfen 18, Transferscheiben 14a, 14b).

Jeder äußere Kurbelwellenzapfen 18 weist zur jeweiligen Transferscheibe 14a, 14b eine als äußeres Kurbelwellenlager 19 ausgebildete Oberfläche auf. Die Kurbelwelle 4 ist im Bereich von Kurbelwangen 20 zusammengeschraubt. Die Verbindung zwischen den einzelnen Teilen kann auch über äquivalente Verbindungsmittel realisiert sein, oder sogar gefügt sein. Dadurch können die äußeren Kurbelwellenzapfen 18 durch die Transferscheiben 14a, 14b geschoben werden und die Außenpleuelstangen 11a, 11b einstückig sein.

Zwischen den zwei Kurbelwangen 20 ist ein innerer Kurbelwellenzapfen 21 angeordnet. Dieser ist in der gezeigten Ausführung mit den Kurbelwangen 20 durch Schrauben 22 verbunden.

Die Außenpleuelstangen 11a, 11b weisen in der in Fig. 3 gezeigten Ausführung jeweils ein Wälzlager 23 zu den Transferscheiben 14a, 14b auf.

Die Hubachsen A der Innenkolben 6 und der Außenkolben 7, die erste Längsachse B und die zweite Längsachse C liegen in einer Ebene  $\varepsilon$ , die die Schnittebene für Fig. 3 darstellt.

Die Kurbelwelle 4 ist im Gehäuse 5 um eine Achse F drehbar gelagert. Das Hohlrad 17 ist im Gehäuse 5 fest angeordnet, wobei die Achse F auch eine Rotationssymmetrieachse des Hohlrades 17 ist.

In Fig. 10 und Fig. 11 ist eine zweite Ausführung der Brennkraftmaschine 1 gezeigt. Dabei weisen die erste Transferscheibe 14a und die zweite Transferscheibe 14b keine Außenverzahnung 15 auf. Der äußere Kurbelwellenzapfen 18 ist jeweils gleitend in einer exzentrischen Ausnehmung 14c der Transferscheiben 14a, 14b angeordnet.

Kinematisch basiert die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine auf dem kardanischen Kreispaar: Lässt man einen inneren, kleineren Kreis entlang eines äußeren, größeren Kreises mit doppeltem Radius des inneren abrollen, so bewegt sich jeder Punkt des kleinen Kreises geradlinig auf einem Durchmesser des großen Kreises.

Philippe de La Hire bewies 1706 als erster, dass die Hypotrochoiden der Kardanischen Kreise sämtlich Ellipsen sind. Wenn das Verhältnis eines größeren

kardanischen Kreis a zu einem kleineren kardanischen Kreis b 2:1 beträgt und der kleinere kardanische Kreis b im Inneren des größeren kardanischen Kreises a abrollt, beschreibt jeder Punkt, der mit dem kleineren Kreises b mitgedreht wird eine Ellipse. Wenn der mitgedrehte Punkt innerhalb des Kreises b liegt, liegt auch die Ellipse vollständig im Inneren des großen Kreises a. Wenn der mitgedrehte Punkt außerhalb des kleineren Kreises b liegt, liegt auch die Ellipse zum Teil außerhalb des großen Kreises a. In jenem Spezialfall, in dem der mitgedrehte Punkt genau auf dem kleineren Kreis b liegt, bewegt er sich auf einer Geraden, nämlich auf einem Durchmesser des großen Kreises a. Diese Gerade kann als degenerierte Ellipse verstanden werden - und genau dieser geometrische Spezialfall ist für die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine von Bedeutung. Dieser Spezialfall ermöglicht die Übersetzung der oszillierenden geradförmigen in eine rotierende Bewegung.

Unter Anwendung dieses geometrischen Prinzips ist bei der Erfindung, wie in Fig. 12 a - d und Fig. 13 a - e gezeigt ist, je ein äußerer Kurbelwellenzapfen 18 derart in der kreisförmigen, exzentrischen Ausnehmung 14c der Transferscheibe 14a, 14b angeordnet, dass bei einer Drehung der Transferscheibe 14a, 14b im Uhrzeigersinn und bei gleichzeitiger Drehung der Kurbelwelle 4 und damit des äußeren Kurbelwellenzapfens 18 gegen den Uhrzeigersinn, der Mittelpunkt G der Transferscheibe 14a, 14b auf einer Geraden verschoben ist. Das heißt, dass sich das ganze System der Transferscheibe 14a, 14b mit dem in diese eingeschobenen äußeren Kurbelwellenzapfen 18 entlang einer Linie, der Längsachse der Außenpleuelstange B, C, parallel zur Hubachse A bewegt, wenn sich die Transferscheibe 14a, 14b und die Kurbelwelle 4 gegenläufig drehen. Umgekehrt bedeutet es aber auch, dass eine Bewegung der Transferscheibe 14a, 14b entlang der Längsachse B, C, die Transferscheibe 14a, 14b und den äußeren Kurbelwellenzapfen 18 zwingen, sich gegeneinander zu verdrehen und so die Kurbelwelle 4 über den äußeren Kurbelwellenzapfen 18 in eine rotierende Bewegung versetzen. Die Bewegung wird von der Außenpleuelstange 11a, 11b ausgeführt, in einem Pleuelauge 11c ist die Transferscheibe 14a, 14b angeordnet, die den äußeren Kurbelwellenzapfen 18 mit der Außenpleuelstange 11a, 11b beweglich verbindet.

Analog zum kinematischen Prinzip der kardanischen Kreise a, b kann die Geradföhrung der Erfindung auch mit Hebelsarmen dargestellt werden (Fig. 14):

Eine erste Exzentrizität  $e$  zwischen der Achse F der Kurbelwelle 4, bzw. dem Zentrum eines Hauptlagers 24 und der Drehachse E des äußeren Kurbelwellenzapfens 18 stellt einen ersten Hebelsarm 25a dar, dessen Länge ein Viertel eines Hubs H beträgt. Eine zweite Exzentrizität  $f$  zwischen dem Mittelpunkt G der Transferscheibe 14a, 14b und der Drehachse E des äußeren Kurbelwellenzapfens 18 stellt einen zweiten Hebelsarm 25b dar, der die gleiche Länge haben muss, ebenfalls ein Viertel des Hubes H. Die Kurbelwelle 4 hat die gleiche Drehzahl wie die Transferscheibe 14a, 14b, ist aber gegenläufig rotierbar. Unter diesen Bedingungen ist der Mittelpunkt G der Transferscheibe 14a, 14b auf einer geraden Linie bewegbar.

Überlagert man die Darstellung der Hebelsarme 25a, 25b mit einer Darstellung der kardanischen Kreise a, b, so befindet sich die Achse F der Kurbelwelle 4 bzw. das Zentrum des Hauptlagers 24 in einem Mittelpunkt I des größeren kardanischen Kreises a, die Drehachse E des äußeren Kurbelwellenzapfens 18 im Mittelpunkt des abrollenden kleineren kardanischen Kreises b und der Mittelpunkt G der Transferscheibe 14a, 14b ist ein Berührungspunkt J der beiden kardanischen Kreise a, b in den Totpunkten - der sich im Verlauf des ganzen Hubes H geradlinig horizontal entlang des Durchmessers des großen kardanischen Kreises a bewegt ist.

Die Außenpleuelstangen 11a, 11b und Außenkolben 7 sind oszillierend harmonisch bewegt. Das heißt die Auslenkung von Außenpleuelstangen 11a, 11b und Außenkolben 7 ist sinusförmig über der Zeit.

Eine Kraft K, die vom Außenkolben 7 her eingeleitet ist, ist von einem Drehmoment L an der Kurbelwelle 4, sowie vom Hauptlager 24 und vom äußeren Kurbelwellenlager 19 aufgefangen.

Eine Analyse zeigte, dass die Kräfte am linearen Gleitlager für einen nach dem Prinzip bewegten Kolben kleiner sind, als bei einem Kurbeltrieb mit dem Verhältnis Pleuellänge/Exzentrizität von 10. (Bei PKW-Motoren ist ein Verhältnis von 3 bis 3.5 üblich.)

In einer dritten Ausführung, die in Fig. 16 gezeigt ist, weist die Brennkraftmaschine 1 zu den Innenkolben 6 eine dritte Transferscheibe 26 auf, die in den zwei Innenpleuelstangen 8 angeordnet ist. Die zwei Innenpleuelstangen 8 sind dann entlang der Hubachse A angeordnet und sind einstückig. Die dritte Transferscheibe

26 ist um den inneren Kurbelwellenzapfen 18 drehbar. Die Funktion ist analog zu der ersten Transferscheibe 14a, und zu der zweiten Transferscheibe 14b.

Dadurch lassen sich die gleichen Vorteile erzielen wie für die Außenkolben 7 und die Außenpleuelstangen 11a, 11b. Die dritte Transferscheibe 26 weist zum Gehäuse 5 keine Verzahnung auf.

In einer vierten Ausführung, wie in Fig. 17 gezeigt, weist die Kurbelwelle 4 mehrere Einzelteile auf.

Dabei bilden die äußeren Kurbelwellenzapfen 18 mit äußeren Teilen 4a der Kurbelwelle 4 eine Einheit. Die äußeren Kurbelwellenzapfen 18 sind mit einer Außenfläche 18a zu einer äußeren Verbindungsfläche 27 hin konisch. Die äußere Verbindungsfläche 27 ist mit der Außenfläche 18a über eine ebenfalls konische Innenfläche 18b verbunden. Der innere Kurbelwellenzapfen 21 weist zwei innere Verbindungsflächen 28 auf, mit denen er an den Kurbelwangen 20 anliegt. Die äußeren Verbindungsflächen 27 liegen auch an Ausnehmungen der Kurbelwangen 20 an, die im Wesentlichen der Form der äußeren Kurbelwellenzapfen 18 entsprechen.

Der innere Kurbelwellenzapfen 21 hat zu jeder Kurbelwange 20 eine äußere Kegelstumpffläche 21a und eine innere Kegelstumpffläche 21b.

Die Kurbelwangen 20 sind mit dem inneren Kurbelwellenzapfen 21 über Stiftschrauben 22a verbunden. Die Stiftschrauben 22a weisen je ein erstes Gewinde 22b und je ein zweites Gewinde 22c auf. Das erste Gewinde 22b weist dabei eine erste Steigung  $p_1$  auf, und das zweite Gewinde 22c weist eine zweite Steigung  $p_2$  auf, die in der gezeigten Ausführung doppelt so groß ist wie die erste Steigung  $p_1$ .

Zur Verbindung der Kurbelwange 20 mit dem inneren Kurbelwellenzapfen 21 und der Kurbelwange 20 mit den äußeren Kurbelwellenzapfen 18 wird die Stiftschraube 22a mit dem ersten Gewinde 22c bis zu einer bestimmten Länge (in der gezeigten Ausführung etwa je die Hälfte der Einschraublänge des zweiten Gewindes 22c bei doppelter erster Steigung  $p_1$ ) in die Kurbelwange 20 eingeschraubt. Dann wird der jeweilige Kurbelwellenzapfen 18, 21 in Kontakt mit der Stiftschraube 22a gebracht und das zweite Gewinde 22c in die Kurbelwellenzapfen 18, 21 eingeschraubt. Die Kurbelwange 20 und der Kurbelwellenzapfen 18, 21 nähern sich einander an.

Zwischen der Kegelstumpffläche 21a und der Kurbelwange 20 und zwischen der konischen Außenfläche 18a und der Kurbelwange 20 besteht ein Presssitz. Die konische Außenfläche 18a und die äußere Kegelstumpffläche 21a weisen in der gezeigten Ausführung eine Steigung von weniger als  $1^\circ$  auf.

Zur genauen Positionierung der Kurbelwellenzapfen 18, 21 zu den Kurbelwangen 20 ist für jede Verbindung zwischen Kurbelwellenzapfen 18, 21 und Kurbelwange 20 eine Passfeder 29 vorgesehen. Diese sorgt dafür, dass die Kurbelwelle 4 Toleranzen der Winkel genau einhalten kann. Die Passfeder 29 ist dabei jeweils zwischen der äußeren Kegelstumpffläche 21a und der Kurbelwange 20 angeordnet und je zwischen der konischen Außenfläche 18a und der Kurbelwange 20 angeordnet.

Durch die unterschiedlichen Steigungen  $p_1$ ,  $p_2$  kann eine Zerlegung der Kurbelwelle 4 leicht durchgeführt werden. Dabei werden die Stiftschrauben 22a von der Kurbelwange 20 her ausgeschraubt. Die Kurbelwellenzapfen 18, 21 bewegen sich durch die größere zweite Steigung  $p_2$  von der Kurbelwange 20 weg.

Zwischen der konischen Innenfläche 18b und der Kurbelwange 20 besteht kein Kontakt. Ebenso besteht kein Kontakt zwischen der inneren Kegelstumpffläche 21b und der Kurbelwange 20. In der gezeigten Ausführung abgerundete Flächen zwischen konischer Innenfläche 18b und konischer Außenfläche 18a berühren die Kurbelwangen 20 nicht. Analog dazu berühren abgerundete Flächen zwischen äußerer Kegelstumpffläche 21a und innerer Kegelstumpffläche 21b die Kurbelwangen 20 nicht.

Kurz zusammengefasst betrifft die Erfindung eine Brennkraftmaschine 1 mit zumindest einem Doppelzylinder 2, in dem zwei Innenkolben 6 und zwei Außenkolben 7 durch zumindest je eine Innenpleuelstange 8 beziehungsweise je eine erste Außenpleuelstange 11a und je eine zweite Außenpleuelstange 11b im Doppelzylinder 2 durch eine Kurbelwelle 4 hin- und herbewegbar angeordnet sind. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es eine Brennkraftmaschine 1 anzugeben, deren Außenpleuelstangen 11a, 11b keine Schwenkbewegungen ausführen. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch erfüllt, dass die zwei ersten Außenpleuelstangen 11a der zwei Außenkolben 7 coaxial und einstückig ausgeführt sind, und dass die zwei zweiten Außenpleuelstangen 11b coaxial und einstückig ausgeführt sind.

## P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Brennkraftmaschine (1) mit zumindest einem Doppelzylinder (2), in dem zwei Innenkolben (6) und zwei Außenkolben (7) durch zumindest je eine Innenpleuelstange (8) beziehungsweise je eine erste Außenpleuelstange (11a) und je eine zweite Außenpleuelstange (11b) im Doppelzylinder (2) durch eine Kurbelwelle (4) hin- und herbewegbar angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei ersten Außenpleuelstangen (11a) der zwei Außenkolben (7) coaxial und vorzugsweise einstückig ausgeführt sind, und dass die zwei zweiten Außenpleuelstangen (11b) coaxial und vorzugsweise einstückig ausgeführt sind.
2. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten Außenpleuelstangen (11b) - über eine relativ dazu drehbare erste Transferscheibe (14a) - an der Kurbelwelle (4) angeordnet sind, und dass die zweiten Außenpleuelstangen (11b), über eine relativ dazu drehbare zweite Transferscheibe (14b), an der Kurbelwelle (4) angeordnet sind, wobei die erste Transferscheibe (14a) und die zweite Transferscheibe (14b) drehbar und exzentrisch zu einem äußeren Kurbelwellenzapfen (18) der Kurbelwelle (4) angeordnet sind.
3. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass an der Transferscheibe (14a, 14b) ein Zahnrad mit Außenverzahnung (15) exzentrisch angeordnet ist, das in eine Innenverzahnung (16) eines an einem Gehäuse (5) fest angeordneten Hohlrades (17) eingreifend angeordnet ist.
4. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenverzahnung (15) und die Innenverzahnung (16) eine Übersetzung von 1:2 aufweisen.
5. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Längsachse (B) der ersten Außenpleuelstangen (11a), eine zweite Längsachse (C) der zweiten Außenpleuelstangen (11b) und eine Hubachse (A) der Außenkolben (7) und der Innenkolben (6) in einer Ebene ( $\epsilon$ ) liegen.

6. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Außenkolben (7) jeweils mit den ersten Außenpleuelstangen (11a) und mit den zweiten Außenpleuelstangen (11b) fest verbunden sind.
7. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenkolben (7) jeweils über ein T-förmiges Verbindungselement (10) mit je einer ersten Außenpleuelstange (11a) und je einer zweiten Außenpleuelstange (11b) verbunden sind, wobei das T-förmige Verbindungselement (10) vorzugsweise mit zwei Enden (10a) in Führungsausnehmungen (13) eines Zylinders (3) des Doppelzylinders (2) angeordnet ist, wobei an den zwei Enden (10a) besonders vorzugsweise parallel zu der Ebene ( $\epsilon$ ) Gleitflächen (12) angeordnet sind.
8. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Innenpleuelstangen (8) einstückig ausgeführt sind und über eine dritte Transferscheibe (26) mit der Kurbelwelle (4) verbunden sind, wobei die dritte Transferscheibe (26) zur Kurbelwelle (4) und zu den Innenpleuelstangen (8) drehbar angeordnet ist und die dritte Transferscheibe (26) exzentrisch zu einem inneren Kurbelwellenzapfen (21) der Kurbelwelle (4) angeordnet ist.
9. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kurbelwelle (4) im Bereich einer Kurbelwange (20) aus zumindest zwei Einzelteilen zusammengesetzt ist, vorzugsweise über je zwei konische Flächen (18a, 18b, 21a, 21b) mit vorzugsweise Schrauben (22), besonders vorzugsweise über Stiftschrauben (22a).
10. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Stiftschraube (22a) ein erstes Gewinde (22b) mit einer ersten Steigung ( $p_1$ ) aufweist und ein zweites Gewinde (22c) mit einer zweiten Steigung ( $p_2$ ), und dass die zweite Steigung ( $p_2$ ) größer ist als die erste Steigung ( $p_1$ ).

2016 08 08; Wr

Fig. 1

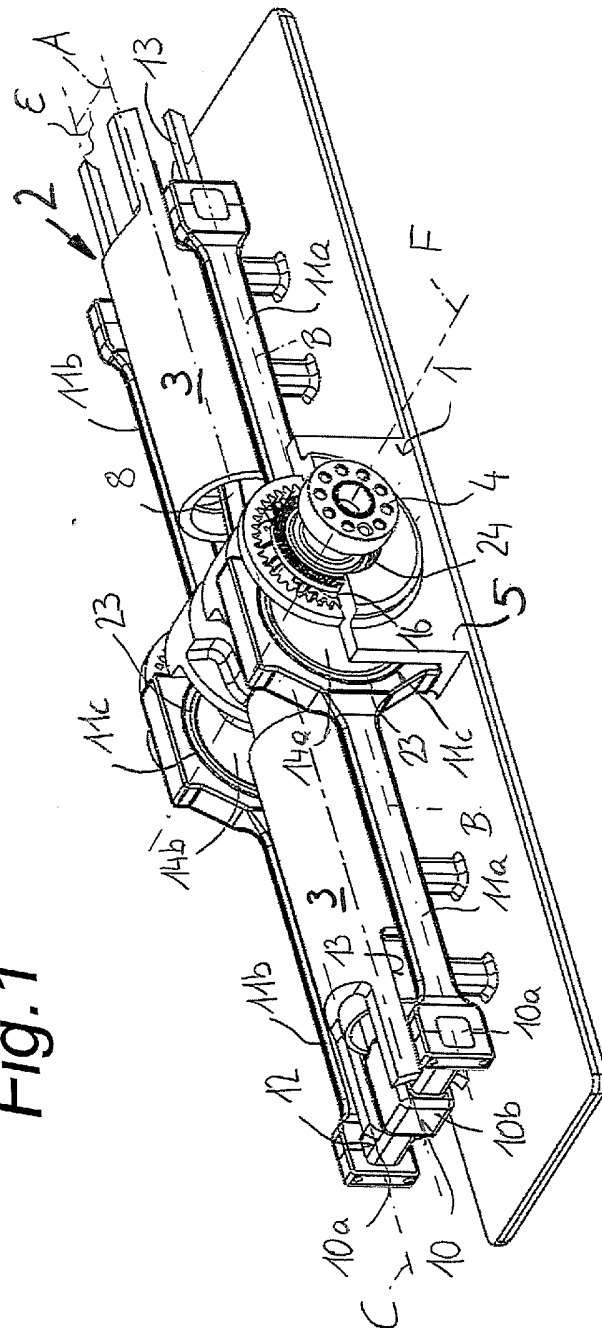


Fig.2

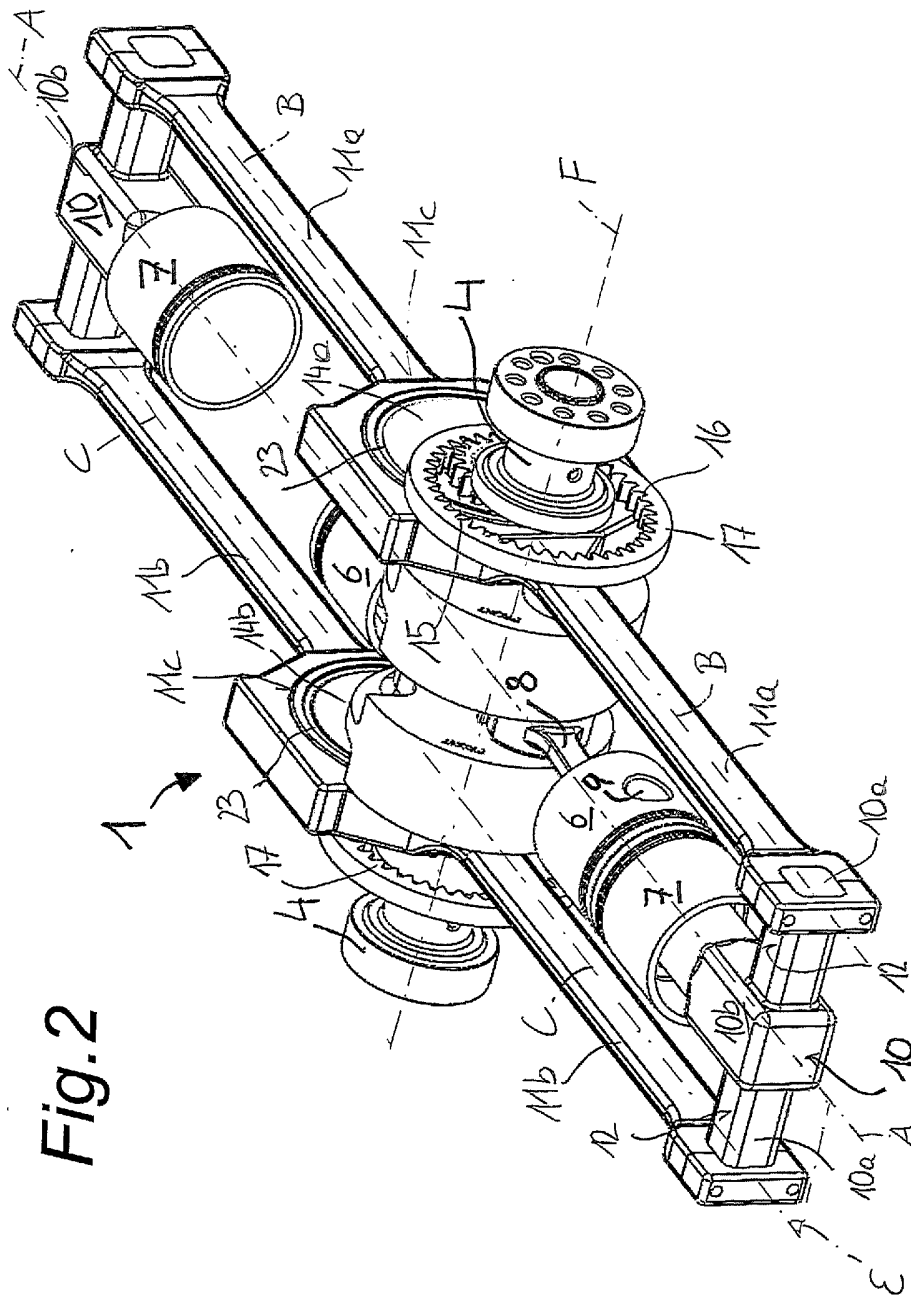


Fig.3

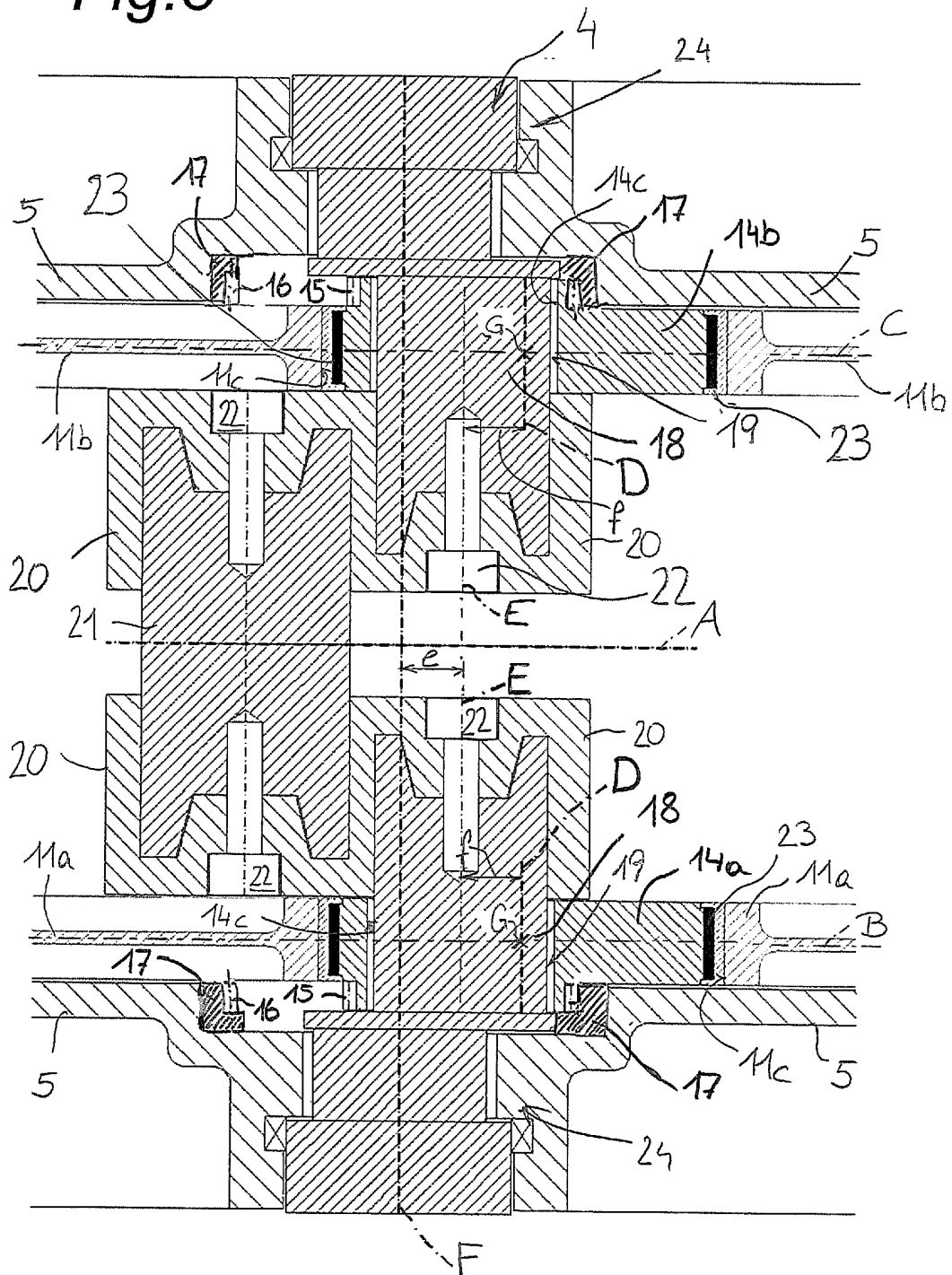


Fig.4

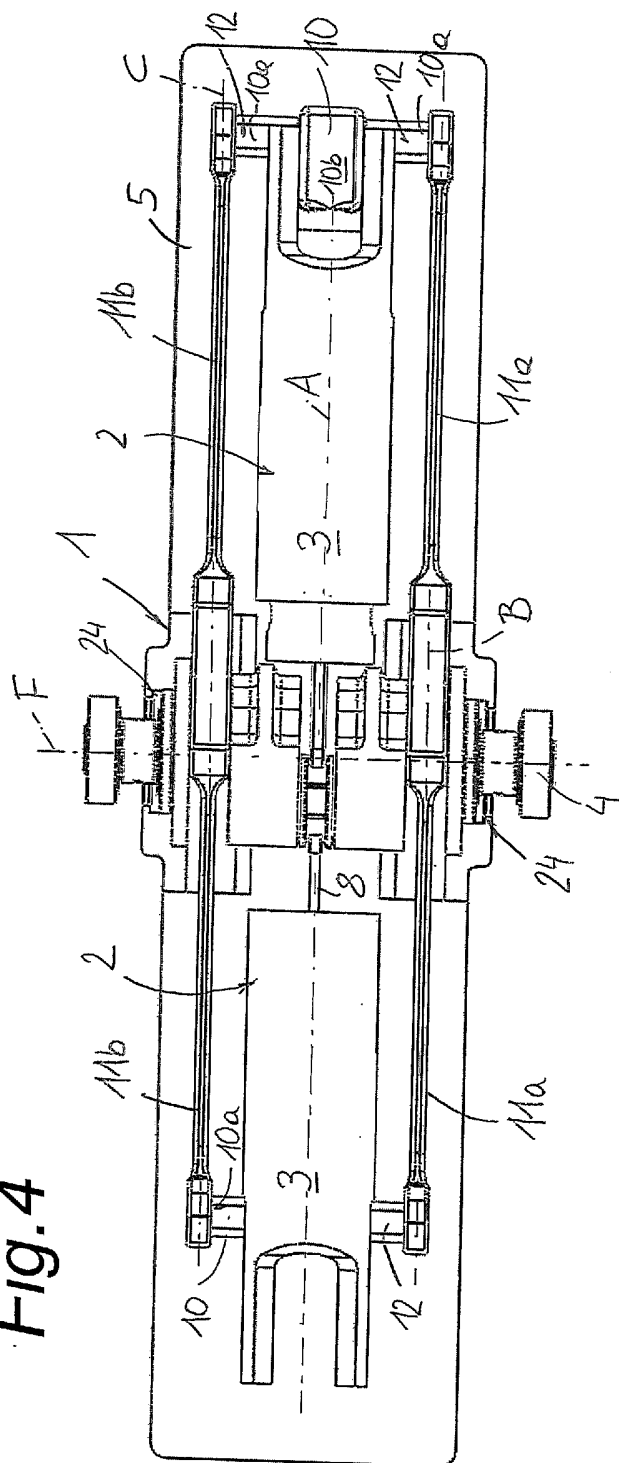


Fig.5

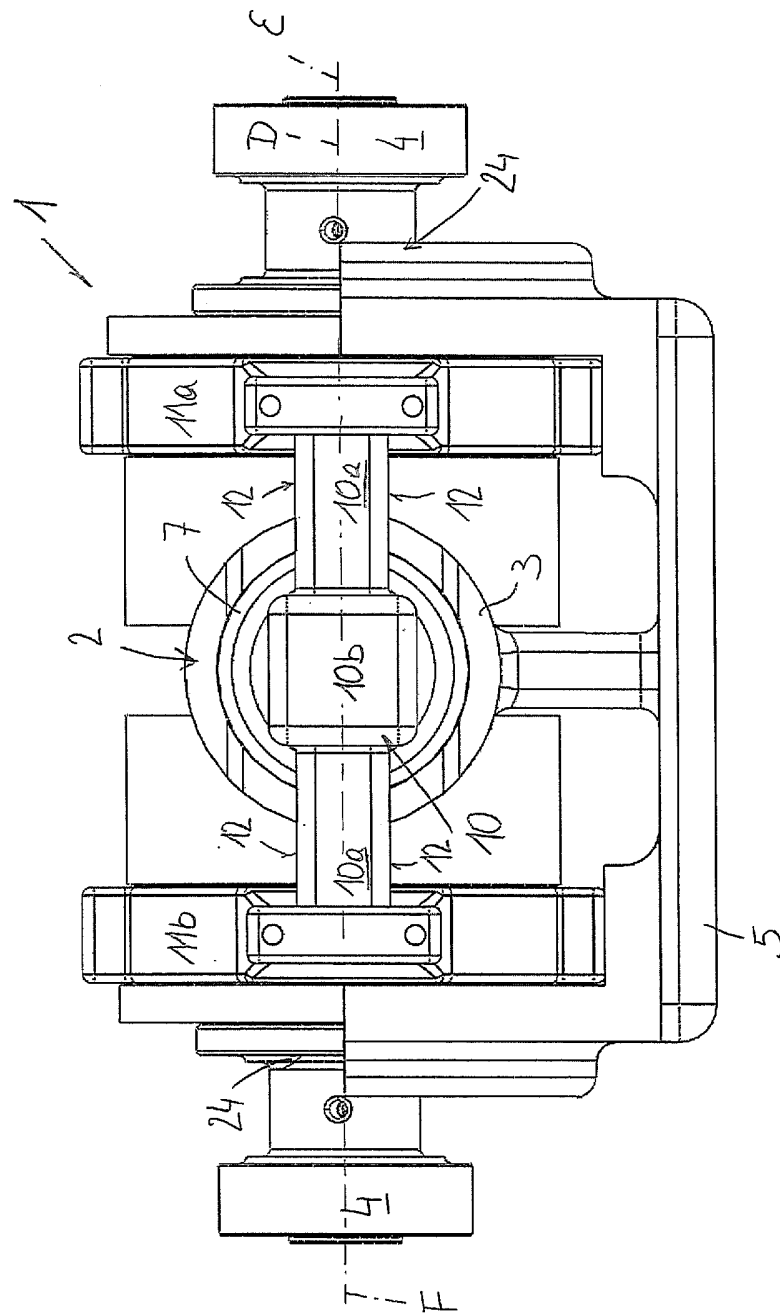


Fig. 6

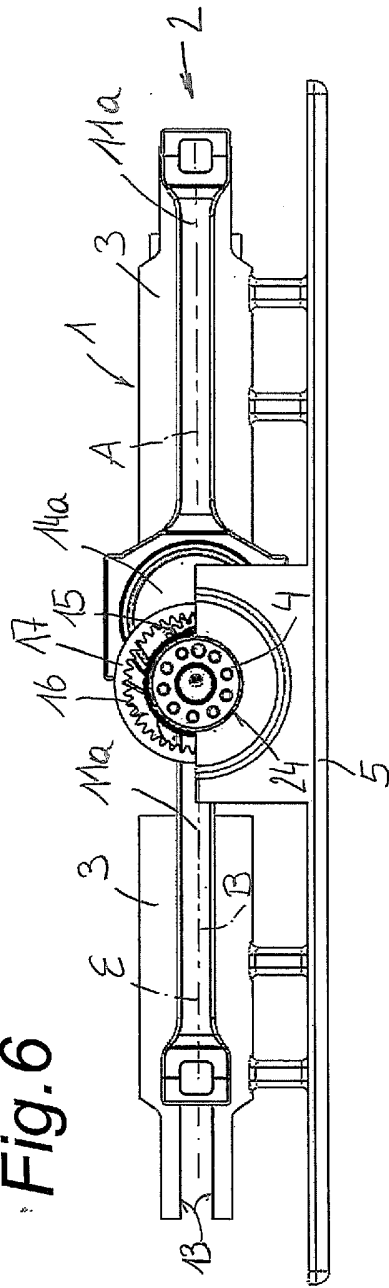
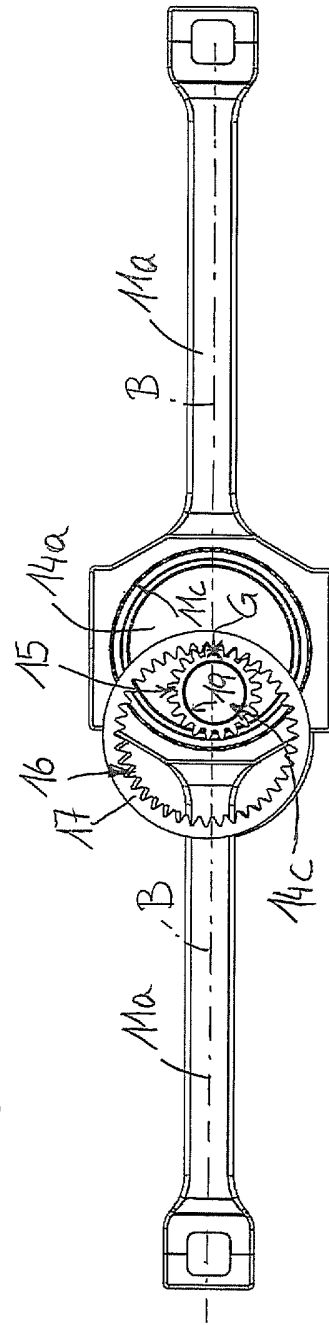


Fig. 7



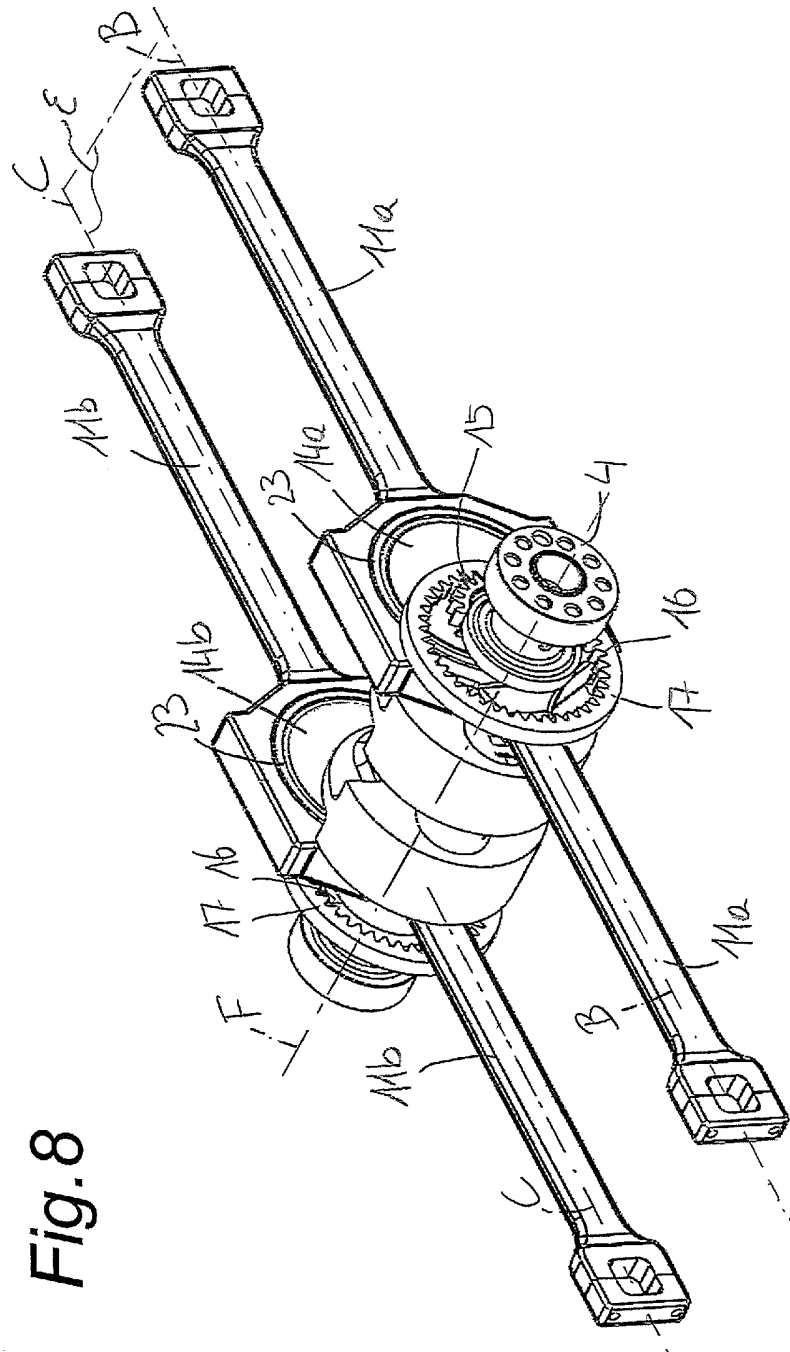


Fig. 9

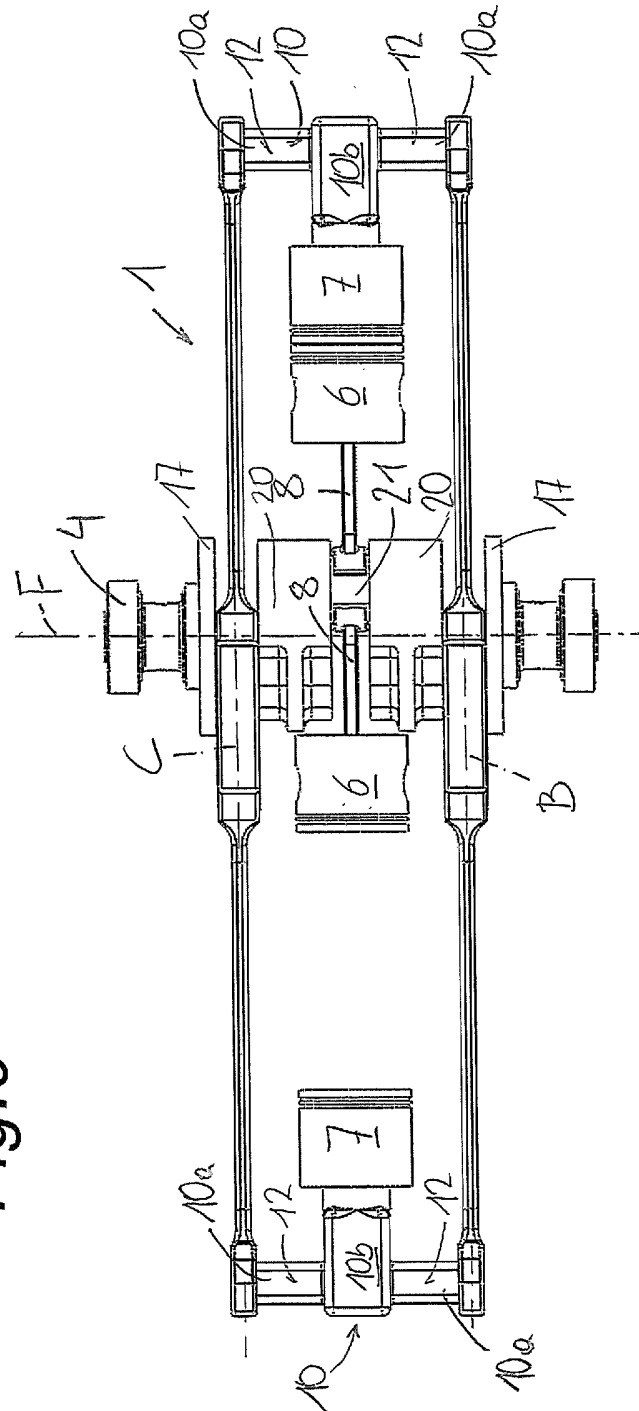


Fig.10

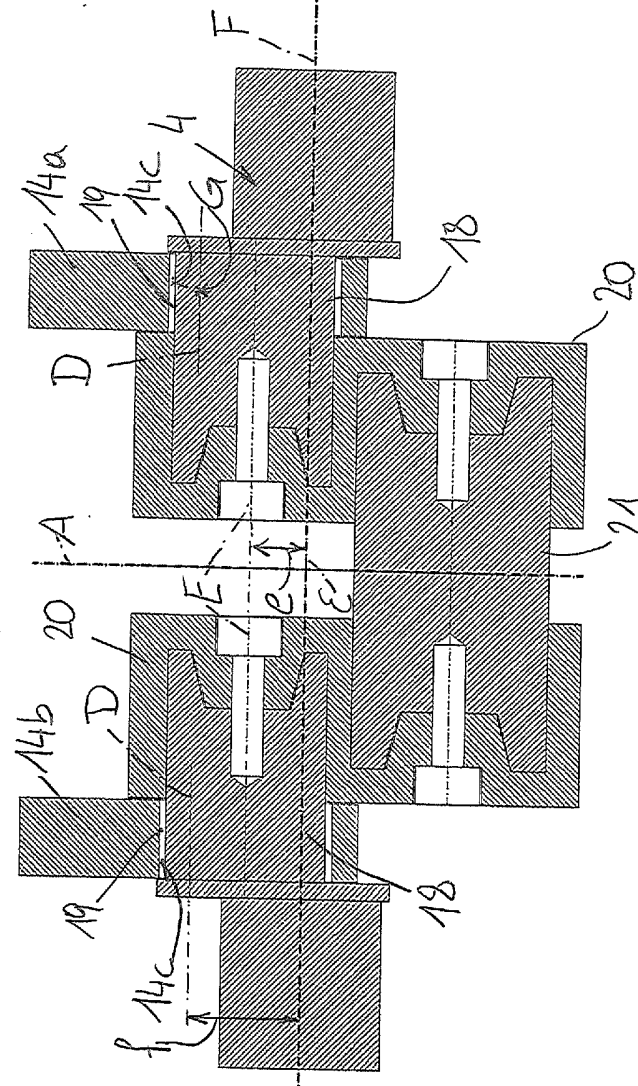


Fig.11

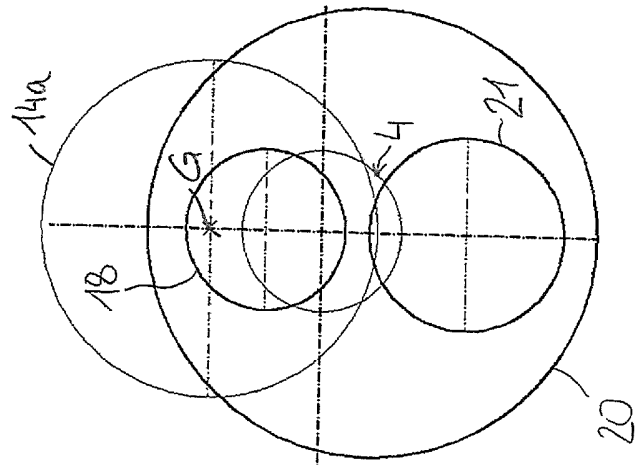


Fig.12a

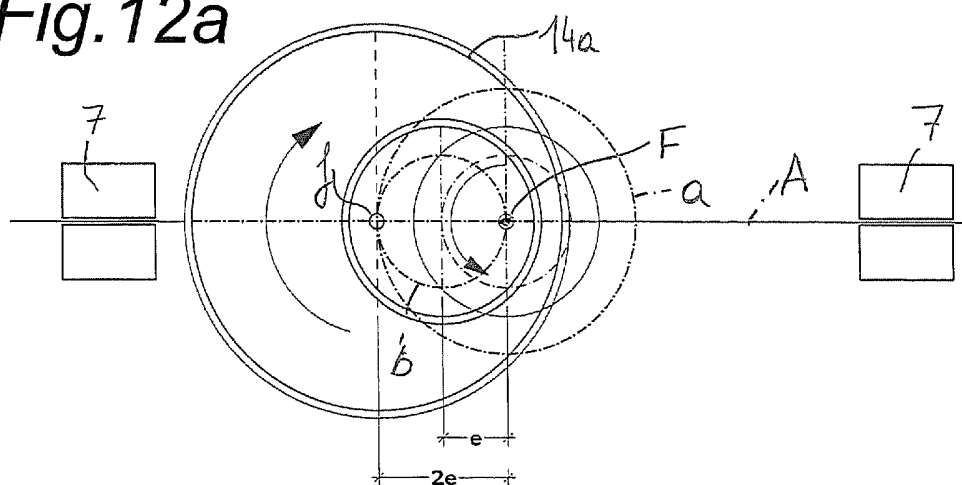


Fig.12b

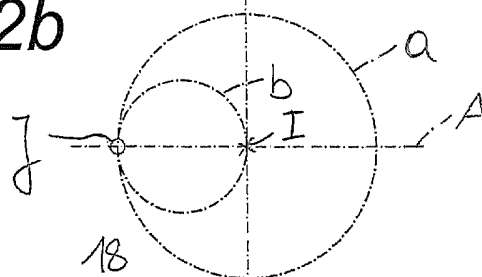


Fig.12c

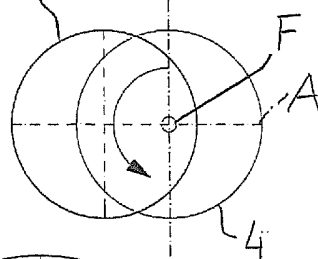
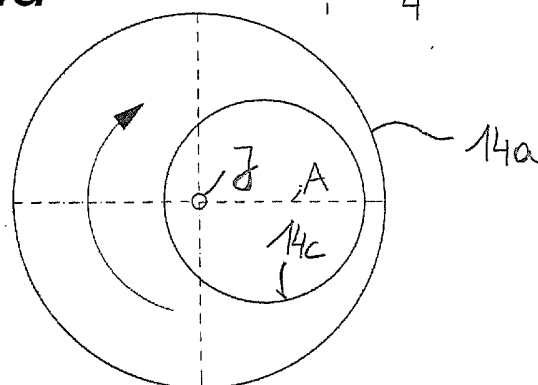
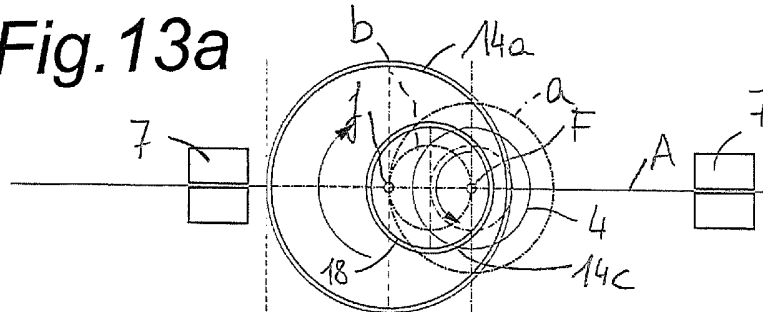


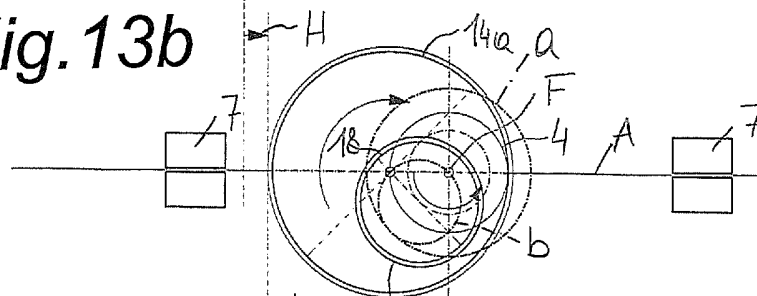
Fig.12d



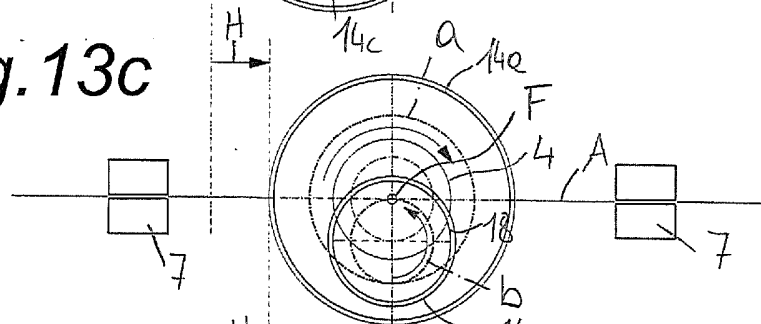
**Fig. 13a**



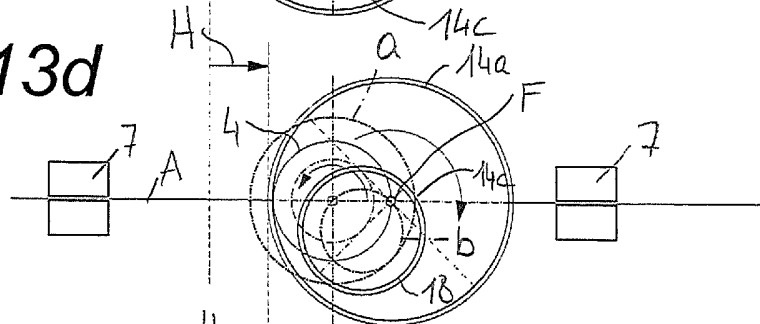
**Fig. 13b**



**Fig. 13c**



**Fig. 13d**



**Fig. 13e**

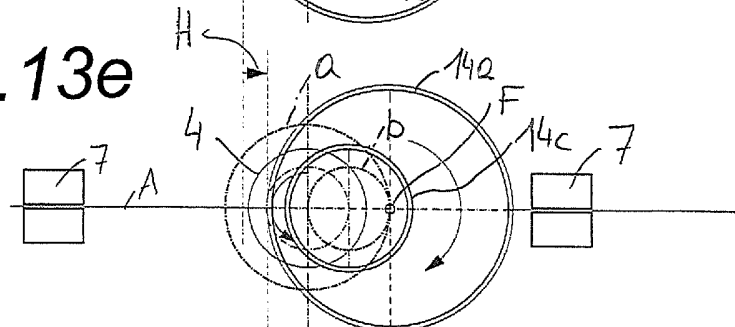
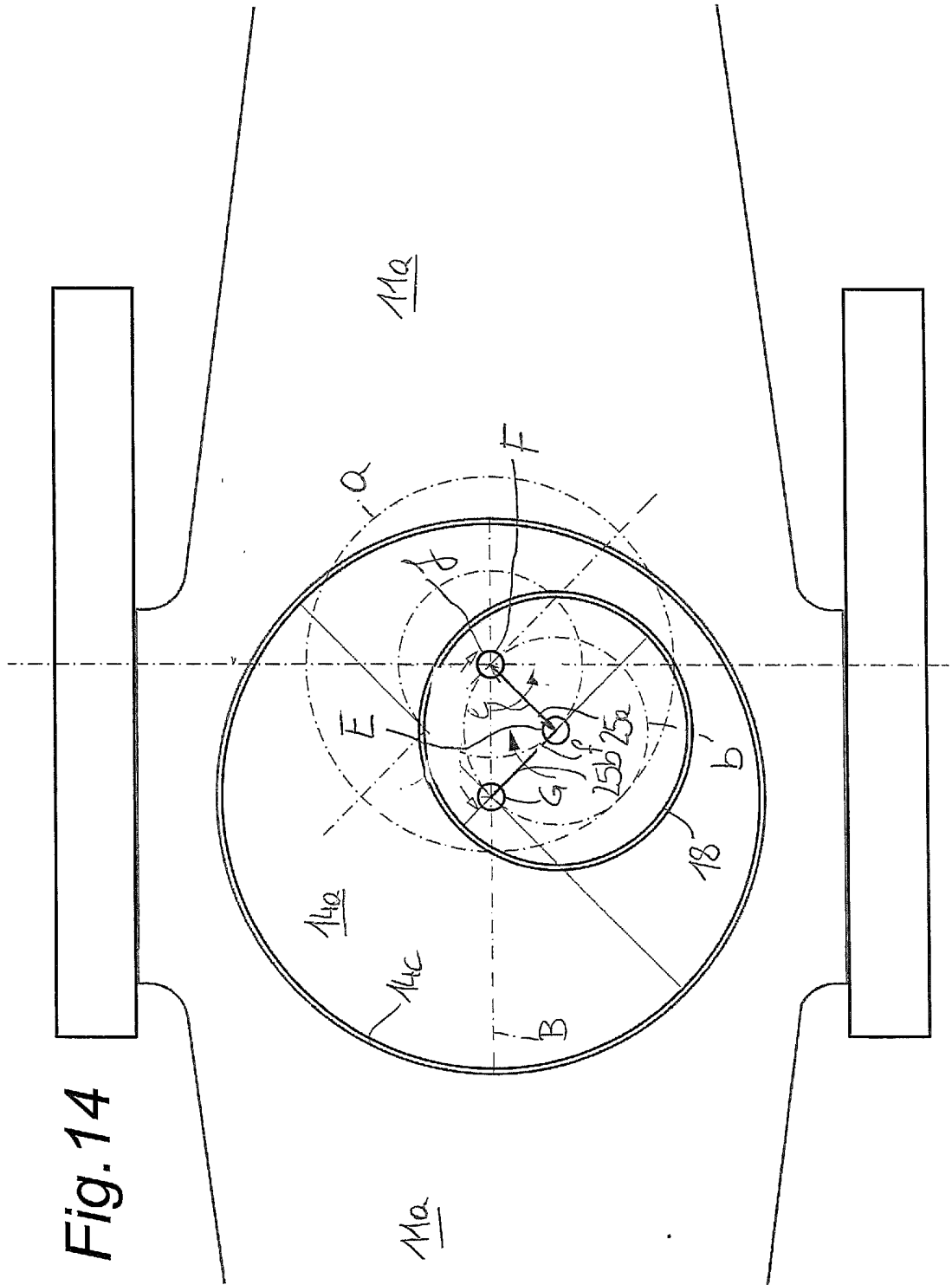


Fig. 14



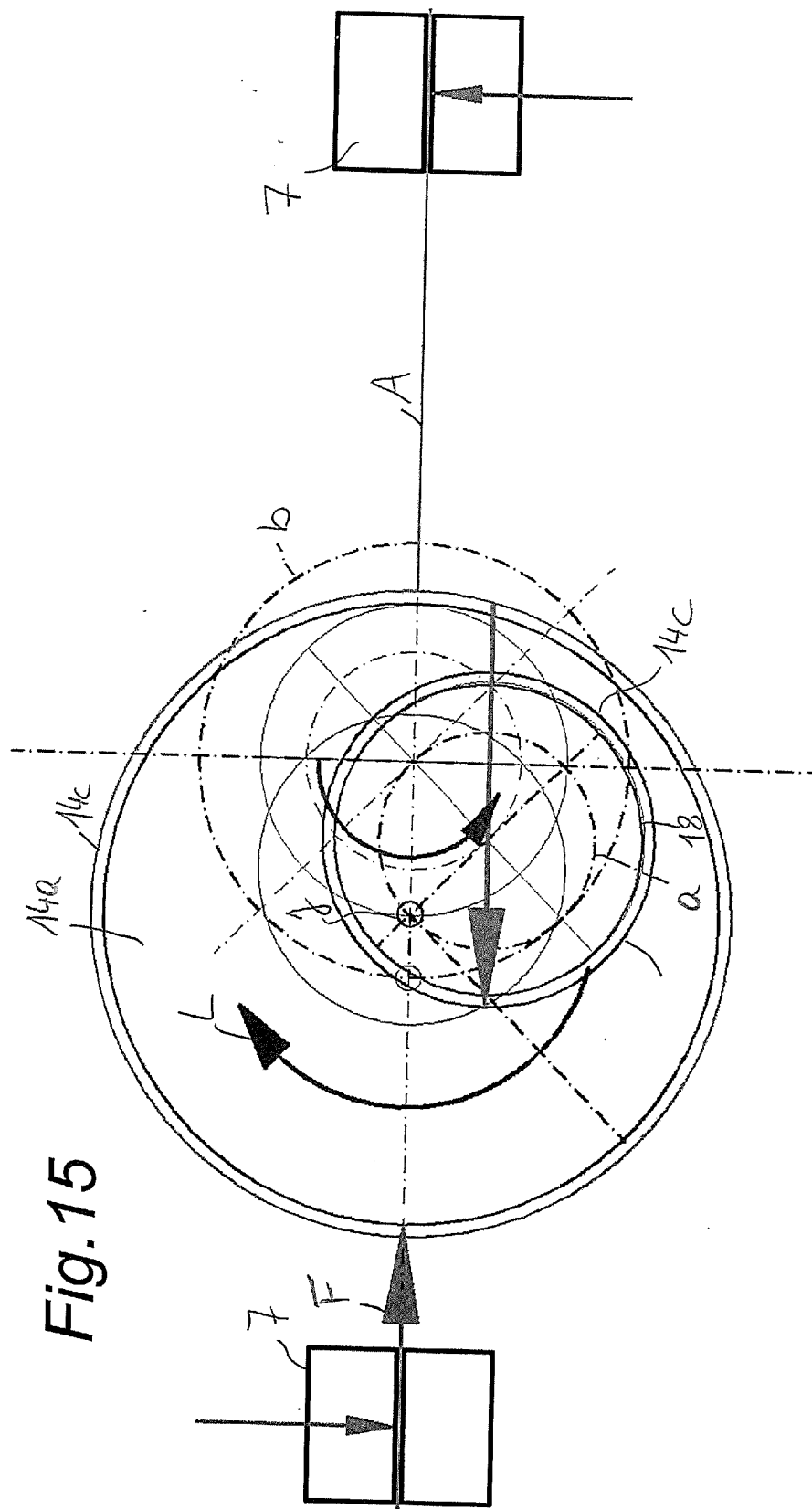


Fig. 16

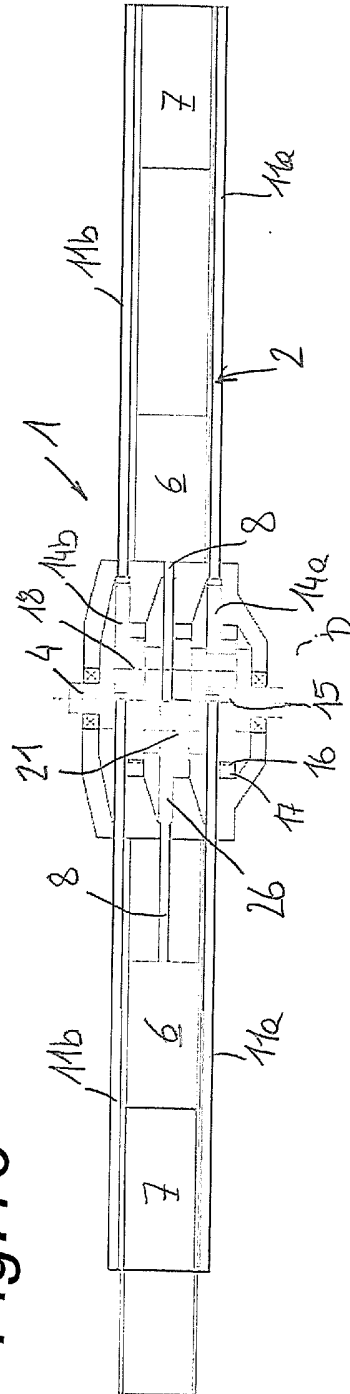
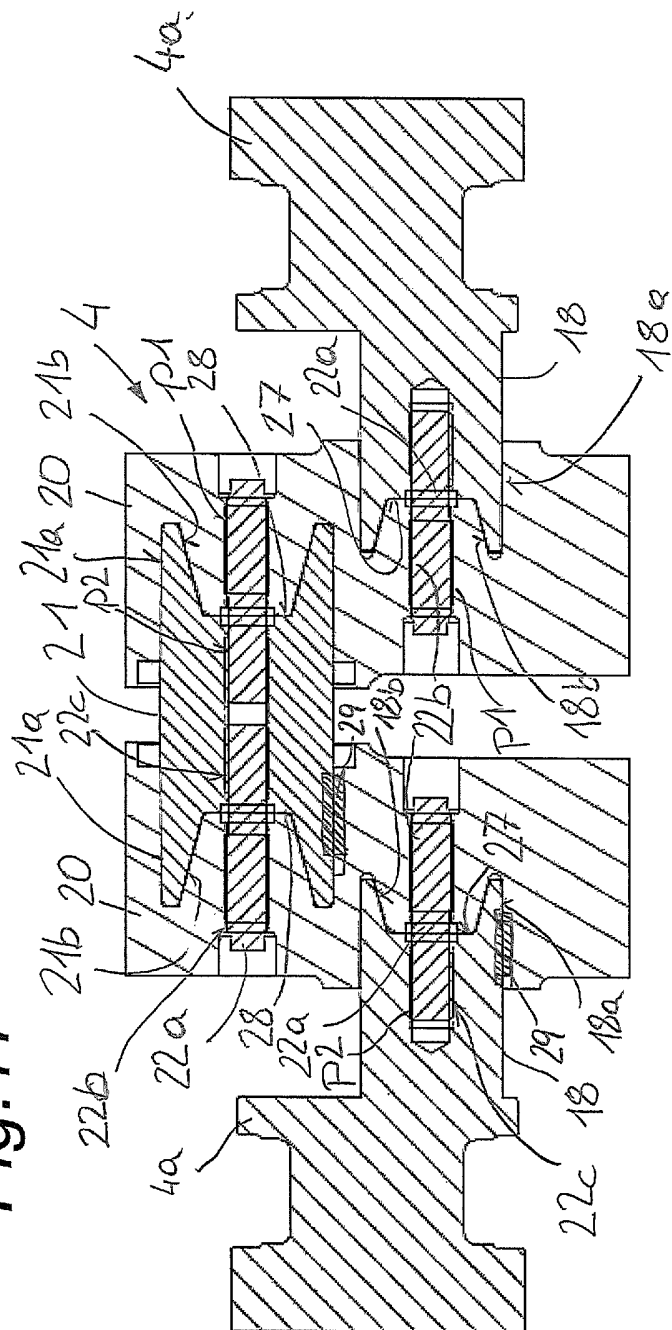


Fig.17



## ( n e u e ) P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Brennkraftmaschine (1) mit zumindest einem Doppelzylinder (2), in dem zwei Innenkolben (6) und zwei Außenkolben (7) durch zumindest je eine Innenpleuelstange (8) beziehungsweise je eine erste Außenpleuelstange (11a) und je eine zweite Außenpleuelstange (11b) im Doppelzylinder (2) durch eine Kurbelwelle (4) hin- und herbewegbar angeordnet sind, wobei die zwei ersten Außenpleuelstangen (11a) der zwei Außenkolben (7) coaxial und vorzugsweise einstückig ausgeführt sind, und dass die zwei zweiten Außenpleuelstangen (11b) coaxial und vorzugsweise einstückig ausgeführt sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Kurbelwelle (4) im Bereich einer Kurbelwange (20) über je zwei konische Flächen (18a, 18b, 21a, 21b) mit Stiftschrauben (22a) aus zumindest zwei Einzelteilen zusammengesetzt ist, und dass eine Stiftschraube (22a) ein erstes Gewinde (22b) mit einer ersten Steigung (p1) aufweist und ein zweites Gewinde (22c) mit einer zweiten Steigung (p2), und dass die zweite Steigung (p2) größer ist als die erste Steigung (p1).
2. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten Außenpleuelstangen (11b) - über eine relativ dazu drehbare erste Transferscheibe (14a) - an der Kurbelwelle (4) angeordnet sind, und dass die zweiten Außenpleuelstangen (11b), über eine relativ dazu drehbare zweite Transferscheibe (14b), an der Kurbelwelle (4) angeordnet sind, wobei die erste Transferscheibe (14a) und die zweite Transferscheibe (14b) drehbar und exzentrisch zu einem äußeren Kurbelwellenzapfen (18) der Kurbelwelle (4) angeordnet sind.
3. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass an der Transferscheibe (14a, 14b) ein Zahnrad mit Außenverzahnung (15) exzentrisch angeordnet ist, das in eine Innenverzahnung (16) eines an einem Gehäuse (5) fest angeordneten Hohlrades (17) eingreifend angeordnet ist.
4. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenverzahnung (15) und die Innenverzahnung (16) eine Übersetzung von 1:2 aufweisen.

5. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Längsachse (B) der ersten Außenpleuelstangen (11a), eine zweite Längsachse (C) der zweiten Außenpleuelstangen (11b) und eine Hubachse (A) der Außenkolben (7) und der Innenkolben (6) in einer Ebene ( $\epsilon$ ) liegen.
6. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Außenkolben (7) jeweils mit den ersten Außenpleuelstangen (11a) und mit den zweiten Außenpleuelstangen (11b) fest verbunden sind.
7. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenkolben (7) jeweils über ein T-förmiges Verbindungselement (10) mit je einer ersten Außenpleuelstange (11a) und je einer zweiten Außenpleuelstange (11b) verbunden sind, wobei das T-förmige Verbindungselement (10) vorzugsweise mit zwei Enden (10a) in Führungsausnehmungen (13) eines Zylinders (3) des Doppelzylinders (2) angeordnet ist, wobei an den zwei Enden (10a) besonders vorzugsweise parallel zu der Ebene ( $\epsilon$ ) Gleitflächen (12) angeordnet sind.
8. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Innenpleuelstangen (8) einstückig ausgeführt sind und über eine dritte Transferscheibe (26) mit der Kurbelwelle (4) verbunden sind, wobei die dritte Transferscheibe (26) zur Kurbelwelle (4) und zu den Innenpleuelstangen (8) drehbar angeordnet ist und die dritte Transferscheibe (26) exzentrisch zu einem inneren Kurbelwellenzapfen (21) der Kurbelwelle (4) angeordnet ist.

26.05.2017

WR