

(19)



(11)

EP 3 636 878 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
14.04.2021 Patentblatt 2021/15

(51) Int Cl.:
F01B 11/00 (2006.01) F02B 71/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19198277.6**

(22) Anmeldetag: **19.09.2019**

(54) **FREIKOLBENMOTOR**

FREE-PISTON ENGINE

MOTEUR À PISTON LIBRE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **08.10.2018 AT 508652018**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.04.2020 Patentblatt 2020/16

(73) Patentinhaber: **Berthold, Heinz
2454 Sarasdorf (AT)**

(72) Erfinder: **Berthold, Heinz
2454 Sarasdorf (AT)**

(74) Vertreter: **Vinazzner, Edith
Hölzlgasse 64-68/1
3400 Klosterneuburg (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:
**FR-A- 628 550 GB-A- 2 413 825
US-A- 6 105 541 US-B1- 9 657 675**

EP 3 636 878 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Freikolbenmotor in zylindrisch-gestreckter, zweiseitig-symmetrischer Bauweise mit einem stationären Basisteil und zwei gleich gestalteten Motorhälften mit je einer Brennkammer sowie mit einem innerhalb des Basisteils gleitbeweglichen, eine Kolbenstange aufweisenden Schwingkörper und Verdichterkammern zwischen der Kolbenstange und dem Basisteil.

[0002] Ein derartiger Freikolbenmotor ist als Freiflugkolbenmotor unter der Bezeichnung Stelzer-Motor bekannt und beispielsweise in der FR 628 550 A, oder der DE 30 29 287 A und auf der Webseite <https://de.wikipedia.org/wiki/Stelzer-Motor> dargestellt und beschrieben. Dieser Motor weist einen in einem Motorgehäuse angeordneten Stufenkolben mit äußeren Kolbenstufen sowie einer inneren Kolbenstufe auf. Die innere Kolbenstufe ist innerhalb einer Vorverdichtungskammer bewegbar, von der aus das von einem Vergaser aufbereitete und vorverdichtete Luft-/Kraftstoff-Gemisch über Kanäle in die Brennkammern strömt. Die sich in den Kanälen erstreckenden Kolbenmittelstücke haben dabei gleichzeitig die Funktion eines Ventils. Die innere Kolbenstufe wechselt in der Vorverdichtungskammer ständig die Seiten. Dadurch ist die Einlassöffnung abwechselnd dem linken und rechten expandierenden Teil der Kammer zugeordnet. Nach dem Überfahren der Einlassöffnung für das Luft-/Kraftstoff-Gemisch wird das eingeschlossene Volumen verkleinert, das Gemisch dadurch vorverdichtet. Im Laufe der weiteren Kolbenbewegung wird der weiter außen liegende Bereich des Kolbens, der die Überströmöffnung verschließt, ausgerückt, das Gas gelangt in die Brennkammer und spült dort am äußeren Brennkammerende Reste von verbranntem Gas über den geöffneten Auslass aus. Im Rückschwingen verschließt der Kolben sowohl die Überströmöffnung als auch am anderen Ende der Brennkammer mit seinem Arbeitsteil die Auslassöffnung. Das Arbeitsteil rückt in der Brennkammer weiter zur Mitte und komprimiert hier das Gemisch bis zur Zündung und Bewegungsumkehr. Jetzt leistet während der erneuten Auswärts-Bewegung der Kolben Arbeit. Im innenliegenden Bereich findet bereits die nächste Vorkomprimierung statt. Kurz vor dem äußeren Totpunkt öffnet zuerst der Auslass, kurz darauf die Überströmöffnung. Dieser Arbeitsablauf findet ständig abwechselnd auf beiden Seiten statt. Dadurch, dass die Brennkammern die Kolbenstange umgeben, neigt diese zum Verrußen, wodurch die Lebensdauer des Motors beeinträchtigt wird. Als problematisch hat sich ferner die Abdichtung zwischen der Kolbenstange und dem Gehäuse erwiesen. Konzeptbedingt erfolgt weiters eine für die Lebensdauer des Motors nachteilige Vermischung des zündfähigen Gemisches mit Abgasen.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Freikolbenmotor derart zu gestalten, dass er vor allem Energie zur Verfügung stellt und einen möglichst geringen Innenwiderstand aufweist sowie dass eine Ver-

schung des zündfähigen Gemisches mit den verbrannten Gasen auf jeden Fall verhindert ist.

[0004] Gelöst wird die gestellte Aufgabe erfindungsgemäß dadurch, dass die Kolbenstange mit ihren Enden an je einen Becherkolben gekoppelt ist, welcher jeweils eine der Brennkammern mitumschließt und gemeinsam mit dem jeweiligen Kolbenstangenende ein Ventil bildet, wobei jeder Becherkolben in einer zum Basisteil gehörenden Laufhülse und auf einem die Brennkammer mitumschließenden zum Basisteil gehörenden Zylinder einer Zylinderplatte gelagert ist, welcher gemeinsam mit der Laufhülse jeweils eine Dämpferkammer umschließt, in welche beim Betrieb des Motors Luft angesaugt wird, wobei sich an jedem Kolbenstangenende der Kolbenstange zumindest eine Bohrung befindet, welche eine Einspritzdüse bildet, über welche jeweils im Bereich des unteren Totpunktes und bei geöffnetem Ventil Kraftstoff, der sich mit im Bereich des Ventils zugeführter Luft vermischt, in die jeweilige Brennkammer gelangt.

[0005] Das beim erfindungsgemäßen Motor vorgesehene Konzept des Koppelns der Kolbenstangenenden an Becherkolben unter Bilden von Ventilen und die Kraftstoffeinspritzung über die Kolbenstangenenden verhindern ein Vermischen des zündfähigen Gemisches mit den verbrannten Gasen. Da die Kolbenstange außerhalb des Brennraumes bewegt wird, wird ein Verrußen vermieden. Die Becherkolben gleiten im Betrieb des Motors ohne Schmiermittel zu benötigen auf Luft, und zwar einem zwischen ihren Außenseiten und den Laufhülsen und einem zwischen ihren Innenseiten und den Zylindern im Betrieb sich bildenden Luftmantel. Die Bewegungen der Becherkolben erfolgen somit mit geringem Widerstand, sodass der Motor eine hohe Effizienz aufweist.

[0006] Von besonderem Vorteil ist, dass das Ventil, welches zwischen jedem Becherkolben und dem jeweiligen Kolbenstangenende gebildet wird, durch den sich im Betrieb des Freikolbenmotors zwischen der Verdichterkammer und der Brennkammer einstellenden Differenzdruck betätigt wird.

[0007] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt die Kopplung jedes Becherkolbens an die Kolbenstange dadurch, dass die Kolbenstange an jedem Ende einen pilzkopfförmig gestalteten, einen Ventiltail des Ventils bildenden Endbereich aufweist, welcher mit einem Hinterschnitt versehen ist, welcher vom Boden des Becherkolbens hintergriffen ist.

[0008] Dabei ist vorzugsweise in der geöffneten Stellung des Ventils zwischen einer kegelstumpfförmigen Ausnehmung im Boden des Becherkolbens und dem pilzkopfförmig gestalteten Ventiltail ein Spalt gebildet, in welchem über die zumindest eine im Ventiltail vorgesehene Einspritzdüse Kraftstoff in den Spalt einspritzbar ist.

[0009] Das Einströmen von Luft aus der Verdichterkammer in die Brennkammer erfolgt bevorzugt über Überströmöffnungen im Boden des Becherkolbens, welche bei geöffnetem Ventil in Verbindung mit dem Spalt sind und Luft von der Verdichterkammer zur Brennkammer strömen lassen.

[0010] Ein Einströmen von Luft in die bereits erwähnten Dämpferkammern wird auf besonders zweckmäßige Weise dadurch sichergestellt, dass jede Zylinderplatte mit einer Anzahl von Einlassöffnungen für Luft versehen ist, die innenseitig mittels Zungenventilen verschließbar sind und Luft von außen in die zwischen der Laufhülse und dem Zylinder gebildete Dämpferkammer strömen lassen.

[0011] Eine weitere vorteilhafte Maßnahme besteht darin, dass an den Außenseiten der Zylinder und der Becherkolben jeweils eine Vielzahl von Labyrinthrillen ausgebildet ist, wodurch das bereits erwähnte Gleiten der Becherkolben auf Luft bzw. Luftpolstern unterstützt wird.

[0012] Der Freikolbenmotor weist ferner gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführung in jeder Motorhälfte je eine Ansaugkammer für Luft auf, in welche bei Betrieb des Motors abwechselnd Luft eingeströmt und ausgeblasen wird und die daher auch ihr Volumen entsprechend anpassen. Gemäß einer bevorzugten Ausführung weist dabei der Basisteil zwischen den beiden Laufhülsen einen zentralen Mittelteil auf, welcher in jeder Motorhälfte eine senkrecht zur Kolbenstange angeordnete blockartige Platte aufweist, die mit zwei konzentrisch angeordneten zylindrischen Hülsen unterschiedlichen Durchmessers verbunden ist, welche zwischen sich einen Teilbereich der Ansaugkammer für Luft bilden. Weitere, zweite Teilbereiche der Ansaugkammern für Luft werden bevorzugt durch die Maßnahme gebildet, dass der Schwingkörper einen mittig auf der Kolbenstange angeordneten Magnetteil eines Startergenerators aufweist, welcher Magnetteil zur Kolbenstange zwei Freiräume belässt, die jeweils den zweiten Teilbereich der Ansaugkammern für Luft bilden.

[0013] Das Überströmen von Luft aus den Ansaugkammern in die Verdichterkammern erfolgt vorteilhafterweise durch eine Anzahl von in jeder blockartigen Platte ausgebildeten Überströmöffnungen, welche Auslassöffnungen aufweisen, die mittels eines Ventiltellers eines druckbetätigten Ventils verschließbar sind.

[0014] Bevorzugt und zweckmäßiger Weise weist dieses Ventil eine Ventilhülse auf, welche sich zwischen der Kolbenstange und der inneren Hülse des Mittelteils des Basisteils befindet, wobei die Kolbenstange und die Ventilhülse relativ zueinander gleitbeweglich sind, derart, dass ein Öffnen und Schließen des Ventils ermöglicht ist.

[0015] Auf einfache und zweckmäßige Weise erfolgt ein Einströmen von Luft in die Ansaugkammern durch eine Anzahl von Einlassöffnungen, die jeweils in der äußeren Hülse des Mittelteils des Basisteils ausgebildet sind und welche insbesondere mittels Zungenventilen verschließbar sind.

[0016] Von besonderem Vorteil ist eine spezielle Ausführung der Überströmöffnungen in den blockartigen Platten und/oder im Boden der Becherkolben sowie der Einlassöffnungen in der Zylinderplatte. Gemäß dieser speziellen Ausgestaltung verengen sich diese Öffnungen in Strömungsrichtung trichterförmig und weisen Aus-

trittsöffnungen auf, die gegenüber den Eintrittsöffnungen jeweils gleichermaßen versetzt sind, sodass die Öffnungen schräg geneigt sind. Dadurch wird die durchströmende Luft in Drehung versetzt und gleichzeitig beschleunigt.

[0017] Die Art der Kraftstoffzufuhr innerhalb des Motors bis zu den Brennkammern ist an das Motorkonzept optimal angepasst und erfolgt von außen über eine Bohrung in der blockartigen Platte, über eine Nut in der Hülse in einen im Basisteil ausgebildeten Ringspalt, eine Bohrung in der Ventilhülse und über in der Kolbenstange befindliche Bohrungen zur Bohrung, die als Einspritzdüse wirkt, wobei die Bohrungen nur im Bereich der unteren Totpunktlage eine durchgehende Kraftstoffleitung bilden.

[0018] Die Ableitung der gasförmigen Verbrennungsrückstände erfolgt auf zweckmäßige Weise, indem jeder Becherkolben und die jeweilige Laufhülse jeweils eine Vielzahl von Auspuffbohrungen aufweisen, welche lediglich im Bereich der unteren Totpunktlage miteinander fluchten, wobei sich die Anzahl der Bohrungen im Becherkolben von jener der Laufhülse unterscheidet, um eine ungehinderte und optimale Ableitung sicherzustellen. Dabei sind die Laufhülsen konzentrisch von Auspuffhülsen umgeben, welche ebenfalls mit Auspuffbohrungen versehen sind.

[0019] Von besonderem Vorteil ist ferner, dass die Ansaugkammern ein maximales Volumen aufweisen, welches größer ist als das maximale Volumen der Verdichterkammern, welches seinerseits größer ist als das maximale Volumen der Brennkammern. Durch diese "stufenförmige" Zunahme der Größen der Kammern wird eine stark ansteigende Kompressionserhöhung erreicht, die für die Energieeffizienz des Motors besonders vorteilhaft ist.

[0020] Besonders bevorzugt ist dabei eine Ausführung, bei der das maximale Volumen der Ansaugkammern das 1,5 - 3Fache des maximalen Volumens der Verdichterkammern und das maximale Volumen der Verdichterkammern das 1,5 - 3Fache des maximalen Volumens der Brennkammern beträgt.

[0021] Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden nun anhand der Zeichnung, die ein Ausführungsbeispiel darstellt, näher beschrieben. Dabei zeigen

Fig. 1 eine Gesamtansicht eines Freikolbenmotors im Längsschnitt,

Fig. 1a einen Längsschnitt des Freikolbenmotors in einer Stellung während seines Betriebes,

Fig. 1b das Detail D₁ der Fig. 1 in einer vergrößerten Ansicht, wobei der Kraftstofffluss am unteren Totpunkt gezeigt ist,

Fig. 1c das Detail D₂ aus Fig. 1 ebenfalls in einer vergrößerten Ansicht, insbesondere hinsichtlich von Hülsen 4b₁, 4b₂ und 4b₃

Fig. 2 eine Schnittansicht entlang der Linie II-II der Fig. 1,

Fig. 3 ein Detail der Fig. 2 in vergrößerter Ansicht,

Fig. 4 eine Ansicht gemäß dem Pfeil F_{Fig. 5} der Fig. 1,

Fig. 5 einen Schnitt entlang der Linie V-V der Fig. 4.

[0022] Der Freikolbenmotor weist eine zentrale Längsachse a, zu welcher der Großteil seiner Bauteile rotationssymmetrisch gestaltet und zueinander konzentrisch angeordnet ist, und stationäre Bauteile sowie relativ zu diesen, in Richtung der zentralen Längsachse a, bewegbare Bauteile auf. Zu den stationären Bauteilen gehört ein entlang der zentralen Längsachse a langgestreckter Basisteil 1, welcher gemeinsam mit zwei Auspuffhülsen 2 die Funktion eines Gehäuses übernimmt und bezüglich einer mittigen, senkrecht zur zentralen Längsachse a verlaufenden Ebene E₁ symmetrisch gestaltet ist. Der Basisteil 1 weist einen zentralen Mittelteil 4 und stirnseitig je eine Zylinderplatte 5 auf. Zwischen dem zentralen Mittelteil 4 und jeder Zylinderplatte 5 verläuft je eine der Auspuffhülsen 2, wobei innerhalb jeder Auspuffhülse 2, ebenfalls zwischen dem zentralen Mittelteil 4 und jeder Zylinderplatte 5, je eine Laufhülse 3 angeordnet ist. Die Laufhülsen 3 weisen einen geringeren Durchmesser auf als die Auspuffhülsen 2 und sind konzentrisch zu den jeweiligen Auspuffhülsen 2 angeordnet.

[0023] Im Inneren des Basisteils 1 befindet sich ein sich in Richtung der zentralen Längsachse a erstreckender, in Richtung der zentralen Längsachse a bewegbarer, um sich selbst drehbarer, sich im Betrieb des Motors weitgehend auf Luftpolstern bewegender und bezüglich einer parallel zur Ebene E₁ verlaufenden zentralen Mittelebene E₂ symmetrisch gestalteter Schwingkörper 6, welcher aus einem mittig angeordneten Magneteil 7, einer den Magneteil 7 beidseitig gleichermaßen überragenden Kolbenstange 8 mit an ihren Enden befindlichen Ventiltellen 9a und zwei Becherkolben 19 besteht. Der Magneteil 7 ist im Längsschnitt H-förmig gestaltet und weist daher zwei Ringteile 7a auf, die zur Kolbenstange 8 ringartig umlaufende Freiräume belassen, auf deren Funktion noch eingegangen wird.

[0024] In einer Aufnahme 4a des zentralen Mittelteils 4 des Basisteils 1 ist ein Spulenkörper 10 eines Startergenerators aufgenommen. Der Magneteil 7 des Startergenerators sitzt, wie bereits erwähnt, auf der Kolbenstange 8 und ist mit dieser fest verbunden. An die Aufnahme 4a schließen beidseitig zwei konzentrisch zueinander angeordnete, sich entlang der Längsachse a erstreckende Hülsen an, eine äußere Hülse 4b₁, die mit der Aufnahme 4a verbunden ist, und die konzentrisch zu dieser angeordnete und einen kleineren Durchmesser als die äußere Hülse 4b₁ aufweisende innere Hülse 4b₂. Jede äußere Hülse 4b₁ verbindet die Aufnahme 4a mit je einer blockartigen Platte 4c. Die inneren Hülsen 4b₂ sind ebenfalls mit den blockartigen Platten 4c verbunden, weisen

jedoch keine Verbindung zur Aufnahme 4a auf und enden im Bereich der Aufnahme 4a. Der Außendurchmesser der inneren Hülsen 4b₂ ist derart an den Innendurchmesser der Ringteile 7a des Magneteils 7 angepasst, dass die Ringteile 7a über die inneren Hülsen 4b₂ gleiten können.

[0025] Fig. 1 zeigt in der linken Hälfte des Freikolbenmotors die untere Totpunktlage, in der rechten Hälfte die obere Totpunktlage. In der unteren Totpunktlage ist zwischen den in der linken Hälfte befindlichen äußeren und inneren Hülsen 4b₁, 4b₂ sowie zwischen den Ringteilen 7a des Magneteils 7 und der Kolbenstange 8 gemeinsam eine Ansaugkammer A gebildet. In der oberen Totpunktlage (rechte Hälfte der Fig. 1) ist der Schwingkörper 6 so weit nach rechts bewegt, dass der in dieser Hälfte befindliche Ringteil 7a über die Hülse 4b₂ verfahren ist.

[0026] Zwischen jeder inneren Hülse 4b₂ und der Kolbenstange 8 befindet sich ein Ventil 11 bestehend aus einer Ventilhülse 11a und einem Ventilteller 11b (Fig. 1c). Die Ventilhülse 11a durchsetzt die Platte 4c, sodass sich der Ventilteller 11b an der der Aufnahme 4a abgewandten Seite der Platte 4c befindet. Jede innere Hülse 4b₂ ist gegenüber der Kolbenstange 8 mit einer Wellendichtung 12 (Fig. 1c) abgedichtet, sodass die Kolbenstange 8 gegenüber der Hülse 4b₂ gleitbeweglich bleibt. Die Kolbenstange 8 ist darüber hinaus auch gegenüber dem Ventil 11 in Längsrichtung der Achse a gleitbeweglich. Das Ventil 11 ist ebenfalls in Richtung der Längsachse a relativ zur Kolbenstange 8 beweglich, jedoch nur um jenes Ausmaß, das, wie noch beschrieben wird, erforderlich ist, damit der Ventilteller 11b zum Öffnen und Schließen von in der blockartigen Platte 4c ausgebildeten Überströmbohrungen 13 bewegbar ist. Die Längsbeweglichkeit des Ventils 11 wird durch Anschläge 11c (Fig. 1c) an dem den Ventilteller 11b abgewandten Endbereich der Ventilhülse 11a begrenzt.

[0027] Die innere Hülse 4b₂ ist innenseitig mit einem Ringspalt 14 zur Kraftstoffzufuhr versehen. Die Zuführung 27 des Kraftstoffes in den Ringspalt 14 erfolgt von außerhalb des Basisteils 1 über eine Bohrung 15 in der Platte 4c, ferner über eine Nut 15b₁, welche sich zwischen der Hülse 4b₂ und der Hülse 4b₃ befindet. Der Kraftstoff wird sodann über eine Bohrung 15b₂ in der Ventilhülse 11a, eine Bohrung 15b₃ in der Kolbenstange 8, weiters durch eine zentrale, in Längsrichtung der Kolbenstange 8 zu der in der jeweiligen Kolbenspitze verlaufende Bohrung 8a in die Einspritzdüse 8b eingebracht. Wie insbesondere Fig. 1b zeigt, ist die Kraftstoffzufuhr nur in der unteren Totpunktlage und bei geschlossenem Ventil 11 des Freikolbenmotors möglich, in dieser Lage bilden die Zuführung 27, die Bohrung 15, die Nut 15b₁ und die erwähnten Bohrungen 15b₂, 15b₃, 8a und 8b eine durchgehende Kraftstoffleitung. Überschüssiger Kraftstoff wird über eine Nut 15c und eine Bohrung 15c₁ in eine Abführung 27a zurückgeleitet. Die Ventilhülse 11a wird daher beidseitig (außen und innen) von Kraftstoff geschmiert.

[0028] Die äußere Hülse 4b₁ ist über ihren Umfang mit

einer Vielzahl, beispielsweise mit acht, Lufteinlassöffnungen 16 (Fig. 1b) versehen, die über den Umfang der Hülse 4b₁ gleichmäßig verteilt angeordnet sind und mittels Einlassventilen 17 an der Innenseite der äußeren Hülse 4b₁ verschließbar sind. Die Einlassventile 17 sind vorzugsweise als Zungenventile ausgeführt. Fig. 2 zeigt ebenfalls die über den Umfang der äußeren Hülse 4b₁ ausgebildeten Lufteinlassöffnungen 16 und die diese Öffnungen verschließbaren Einlassventile 17.

[0029] Die Überströmöffnungen 13 erstrecken sich durch jede blockartige Platte 4c ausgehend von der der Aufnahme 4a zugewandten Seite als sich trichterförmig verengende Bohrungen mit Eintrittsöffnungen, deren Durchmesser daher größer ist als jener der Austrittsöffnungen. Bezogen auf die zentrale Längsachse a befinden sich, bei Frontsicht auf die Plattenseiten (Fig. 2) die zentralen Achsen 13a der Überströmbohrungen 13 bei den Eintrittsöffnungen auf einem Kreis mit einem Radius, der größer ist als der Radius jenes Kreises, auf welchem sich die Enden der zentralen Achsen 13a an den Ausgangsöffnungen befinden. Zusätzlich ist jede Austrittsöffnung gegenüber ihrer zugehörigen Eintrittsöffnung, in Frontsicht auf die Platte 4c, für sämtliche Überströmbohrungen 13 im gleichen Ausmaß in Umfangsrichtung versetzt. Durch die Überströmöffnungen 13 strömende Luft wird daher nach dem Austritt aus den Austrittsöffnungen, beim gezeigten Ausführungsbeispiel in Umfangsrichtung, verdreht bzw. verwirbelt.

[0030] Jeder Becherkolben 19 weist einen Boden 19a auf, welcher, wie nun anhand der Fig. 1 und 1a beschrieben wird, gemeinsam mit dem Ventiltail 9a am Ende der Kolbenstange 8 ein Ventil 9 gebildet. Wie insbesondere Fig. 1b zeigt ist der Ventiltail 9a pilzkopfförmig gestaltet, sodass am Ventiltail 9a ein ringförmig umlaufender Hinterschnitt gebildet ist, welcher vom Boden 19a des Becherkolbens 19 hintergriffen ist. Der Boden 19a des Becherkolbens 19 ist ferner derart dick gestaltet, dass er den pilzkopfförmigen Ventiltail 9a der Kolbenstange 8 komplett aufnimmt, wobei der Boden 19a, der Spitze des Ventiltails 9a zugewandt, eine zentrale, mittige Öffnung aufweist, die in eine kegelförmige Ausnehmung übergeht, die mit dem ebenfalls kegelförmigen Ende des Ventiltails 9a korrespondierend ausgestaltet ist, sodass in der in Fig. 1b gezeigten Stellung zwischen dem Ventiltail 9a und dem Becherkolben 19 ein Spalt 20 vorliegt. Diese Stellung entspricht der offenen Stellung des zwischen dem Becherkolben 19 und dem Ende der Kolbenstange 8 gebildeten Ventils 9. Fig. 1 zeigt in der rechten Hälfte des Motors die geschlossen Stellung dieses Ventils 9. In den Spalt 20 münden im Becherboden 19a ausgebildete Überströmöffnungen 20a, welche trichterförmig gestaltet sind und analog zu den Überströmöffnungen 13a in der Platte 4c ausgebildet sind.

[0031] Vom Boden 19a jedes Becherkolbens 19 erstreckt sich ein hülsenförmiger Teil 19b des Becherkolbens 19 in Richtung der zentralen Längsachse a und in Richtung zu den bereits erwähnten Zylinderplatten 5. Der Außendurchmesser des hülsenförmigen Teils 19b des

Becherkolbens 19 ist an den Innendurchmesser der Laufhülse 3 derart angepasst, dass der Becherkolben 13 gegenüber der Laufhülse 3 gleitbeweglich ist. An der Außenseite des hülsenförmigen Teils 19b des Becherkolbens 19 ist eine Vielzahl von Labyrinthnuten 18 ausgebildet. An dem dem Bodenteil 19a abgewandten Endabschnitt des hülsenförmigen Teils 19b ist ferner eine Vielzahl von Auspuffbohrungen 21 (Fig. 1) ausgebildet. Weitere Auspuffbohrungen 21 befinden sich in den Laufhülsen 3 und in den Auspuffhülsen 2. Am unteren Totpunkt können die Bohrungen 21 in der Laufhülse 3 mit jenen im Becherkolben 19 fluchten, wobei die Anzahl der Bohrungen im Becherkolben 19 und der Laufhülse 3 voneinander unterschiedlich ist, um bei drehendem Becherkolben 19 eine gleichmäßige Ableitung der Abgase zu gewährleisten.

[0032] Jeder Becherkolben 19 ist ferner gegenüber einem Zylinder 22 der ihm zugehörigen Zylinderplatte 5 gleitbeweglich, wobei auch die Zylinder 22 an ihren Außenseiten mit einer Vielzahl von Labyrinthnuten 18 versehen sind. Jede Zylinderplatte 5 und ihr Zylinder 22 sind entlang der zentralen Längsachse a von einer Aufnahmebohrung durchsetzt, in welcher eine Zündkerze 23 auf austauschbare Weise positioniert ist. Zwischen der Laufhülse 3 und dem Zylinder 22 ist in der in Fig. 1 in der linken Hälfte gezeigten Lage des Freikolbenmotors ein Hohlraum vorhanden, welcher eine Dämpferkammer D bildet. Die Dämpferkammer D steht in Verbindung mit Auslassöffnungen von Einlassbohrungen 24, die in der Zylinderplatte 5 auf analoge Weise wie die Überströmbohrungen 13 in der Platte 4c ausgebildet und ausgeführt sind. Fig. 5 zeigt eine Ansicht von außen auf eine der Zylinderplatten 5, wobei die Einlassbohrungen 24 mit ihren Einlassöffnungen und Auslassöffnungen zu sehen sind, wobei letztere mittels Zungenventilen 25 (Fig. 1) verschließbar sind.

[0033] Wie insbesondere Fig. 1 zeigt, wird in der unteren Totpunktlage (linke Hälfte der Fig. 1) zwischen der äußeren Hülse 4b₁ und der inneren Hülse 4b₂ der Aufnahme 4 und zwischen dem Ringteil 7a des Magnetteils 7 und der Kolbenstange 8 gemeinsam die Ansaugkammer A gebildet, der hülsenförmige Teil 19b des Becherkolbens 19 umschließt eine Brennkammer C, die in der unteren Totpunktlage ihr größtes Volumen aufweist, in der oberen Totpunktlage (rechte Hälfte der Fig. 1), ihr geringstes Volumen besitzt. Zwischen dem Zylinder 22, jeder Zylinderplatte 5 und der Laufhülse 3 befindet sich, an den Becherkolben 19 anschließend, die bereits erwähnte Dämpferkammer D, welche in der unteren Totpunktlage (linke Hälfte der Fig. 1) ihr größtes, in der oberen Totpunktlage (rechte Hälfte der Fig. 1) ihr kleinstes Volumen aufweist. Zwischen der Platte 4c und dem Boden des Becherkolbens 19 sowie durch die Kolbenstange 8 und die Laufhülse 3 begrenzt, wird, je nach der Stellung des Schwinkkörpers 6, eine Verdichterkammer B gebildet, die in der unteren Totpunktlage (linke Hälfte der Fig. 1) ihr kleinstes und in der oberen Totpunktlage (rechte Hälfte der Fig. 1) ihr größtes Volumen aufweist.

[0034] In der unteren Totpunktlage (linke Hälfte der Fig. 1) haben die Ansaugkammer A, die Brennkammer C und die Dämpferkammer D ihr größtes Volumen erreicht, die Einlassventile 17 an den Lufteinlassöffnungen 16 der äußeren Hülse 4b₁ sind geschlossen, die vorher in der Verdichter-
 5 kammer B verdichtete Luft ist bereits über die Überströmbohrungen 20a und das in der geöffneten Stellung befindliche Ventil 9 in den Brennraum C geblasen worden. In dieser Position gelangt auch der im Betrieb des Motors ständig unter Druck zugeführte Kraftstoff über die Bohrung 15, die Nut 15b₁ und die Bohrungen 15b₂, 15b₃ sowie 8a zu den Einspritzdüsen 8b am Ventilteil 9a, sodass der Kraftstoff in den Spalt 20 gelang.
 10 Hier vermischt sich der Kraftstoff mit der rotierenden Luft, die von der Ansaugkammer A über die Verdichter-
 15 kammer B und bei geöffnetem Ventil 9 durch die Überströmöffnungen 20a in den Brennraum C geblasen wird.

[0035] Am oberen Totpunkt (rechte Hälfte der Fig. 1) ist der Lufttransfer von der Ansaugkammer A in die Verdichter-
 20 kammer B abgeschlossen, wobei ein Teil der Luft über einen Ringspalt 26 zwischen dem Magnetteil 7 und dem Spulenkörper 10 in die zweite Ansaugkammer A in der linken Hälfte des Freikolbenmotors gelangt ist und dabei den Magnetteil 7 kühlt. Die in die Ansaugkammer A über die Einlassöffnungen 17 in der Hülse 4b₁ des Ba-
 25 sisteil 4 einströmende Luft ist vorher durch die Überströmbohrungen 13 unter Öffnen des Ventils 11 in die Verdichter-
 30 kammer B geblasen und dort verdichtet worden. Im Brennraum C und in der Dämpferkammer D hat die Luft ihre höchste Dichte erreicht und es wird in der Startphase des Motors durch Fremdzündung die Ver-
 35 brennung eingeleitet. Fremdzündung ist nur während des Startens und im unteren Schwingungsbereich vorgesehen, im oberen Schwingungsbereich ab etwa 1000 bis 2000 Schwingungen pro Minute ist der Motor ein Selbstzünder.

[0036] Fig. 1a zeigt einen Längsschnitt durch den Freikolbenmotor in einer Mittelstellung, wobei sich der Schwingkörper 6 aus Magnetteil 7, Kolbenstange 8 und Becherkolben 19 nach rechts (siehe Pfeil) in dieser Figur bewegt. In der in dieser Figur rechten Hälfte des Freikolbenmotors ist bereits in die Ansaugkammer A über die Einlassventile 17 Luft angesaugt worden. In der in Fig. 1a linken Hälfte des Freikolbenmotors strömt bei offenen Einlassventilen 17 Luft in die dort befindliche Ansaug-
 40 kammer A. In die Dämpferkammer D in der linken Hälfte des Motors werden durch die sich nach rechts (zurück) bewegende Kolbenstange 8 die Ventile 25 in der Zylinderplatte 5 geöffnet und in die Dämpferkammer D Luft angesaugt. In der Verdichter-
 45 kammer B in der linken Hälfte des Motors überwiegt der Druck gegenüber jenem in der Brennkammer C nach der Verbrennung, sodass sich der Becherkolben 19 vom Ventilteil 9a abhebt, die Überströmbohrungen 13 in der Platte 4c sind geschlossen. In der in Fig. 1a rechten Hälfte des Freikolbenmotors hat die in der Ansaugkammer A befindliche Luft das Ventil 11 (Überströmventil) geöffnet und Luft gelangt in die hier befindliche Verdichter-
 50 kammer B. Der Schwingkörper 6

drückt über den Ventilteil 9a den Becherkolben 19 nach rechts, die Überströmöffnungen 20a im Becherkolben 19 sind geschlossen und in der Brennkammer C baut sich Druck auf. Die Ventile 25 in der Zylinderplatte 5 sind durch den steigenden Druck ebenfalls geschlossen, die Bewegung des Schwingkörpers 6 wird gedämpft und die Abdichtung des Becherkolbens 19 unterstützt. Der Schwingkörper 6 bewegt sich weiter nach rechts, wobei das Luft/Brennstoffgemisch weiter verdichtet wird bis schließlich im Bereich des oberen Totpunktes die Ver-
 55 brennung erfolgt. Nun bewegt sich der Schwingkörper nach links und das Ventil 11 schließt.

[0037] Die schräggestellten, trichterförmigen Überströmöffnungen 13 und 20a sorgen einerseits für eine Drehung und Verdichtung der durchströmenden Luft und andererseits für dafür, dass sich die Drehung der sich verdichtenden Luft beschleunigt.

[0038] Die Bewegungen des Schwingkörpers 6 werden im Startvorgang durch den Startergenerator und im Betrieb des Motors durch die abwechselnde Selbstzündung und Verbrennung in den Brennkammern C der beiden Motorhälften bewerkstelligt. Ist der Startvorgang beendet, wird auf Generatorbetrieb umgeschaltet, wobei, wie erwähnt, Fremdzündung nur beim Start und ggf. bei Langsamlauf (Leerlauf) vorgesehen ist, da bei höherer Schwingungsanzahl durch die hohen Massenkräfte der Freikolbenmotor als Selbstzünder läuft.

[0039] Die Kammern A, B und C weisen unterschiedliche maximale Volumina auf und sind bedingt durch die Ausgestaltung des Schwingkörpers 6 sämtlich ringförmig ausgebildet. Durch die unterschiedlichen Volumina in den Kammern A, B und C wird eine ansteigende, immer größer werdende Verdichtung von Luft erzielt. Dabei weist die Ansaugkammer A ein größeres maximales Volumen auf als die Verdichter-
 35 kammer B und diese weist ein größeres maximales Volumen auf als die Brennkammer C. Das maximale Volumen der Ansaugkammer A beträgt insbesondere das 1,5- bis 3-Fache des maximalen Volumens der Verdichter-
 40 kammer B, das maximale Volumen der Verdichter-
 45 kammer B das 1,5- bis 3-Fache des maximalen Volumens der Brennkammer C. Bei einer bevorzugten Ausführung beträgt das Verhältnis der maximalen Volumina A : B : C etwa 200 : 100 : 35.

[0040] Durch die trichterförmigen Überströmbohrungen 13 in den Platten 4c mit der beschriebenen speziellen Ausgestaltung entsteht eine hohe Rotationsgeschwindigkeit der Luft, wodurch die Becherkolben 19 zentriert werden und gegenüber der Laufhülse 3 ohne Kontakt zu dieser gleiten und rotieren. Die Becherkolben 19 gleiten stirnseitig jeweils in eine der Dämpferkammern D, die die Abdichtung des Brennvorganges unterstützen, aber auch die hohe Geschwindigkeit der Becherkolbens 19 von etwa 30 m/s bremsen.

55 Bezugsziffernliste

[0041]

1	Basisteil
2	Auspuffhülse
3	Laufhülse
4	Mittelteil
4a	Aufnahme
4b ₁	äußere Hülse
4b ₂	innere Hülse
4c	Platte
5	Zylinderplatte
6	Schwingkörper
7	Magnetteil
7a	Ringteil
8	Kolbenstange
8a	zentrale Bohrung
8b	Einspritzdüse
9	Ventil
9a	Ventilteil
10	Spulenkörper
11	Ventil
11a	Ventilhülse
11b	Ventilteller
11c	Anschlag
12	Wellendichtung
13	Überströmbohrung
14	Ringspalt
15	Bohrung
15b ₁	Nut
15b ₂	Bohrung und Ringspalt
15b ₃	Bohrung Kolbenstange
15c	Bohrung Kraftstoffableitung
15c ₁	Nut Kraftstoffableitung
16	Lufteinlassöffnung
17	Einlassventil
18	Labyrinthille
19	Becherkolben
19a	Boden
19b	hülsenförmiger Teil
20	Spalt
20a	Überströmöffnung
21	Auspuffbohrung
22	Zylinder
23	Zündkerze
24	Einlassöffnungen
25	Zungenventil
26	Ringspalt
27	Zuführung Kraftstoff
27a	Abführung Kraftstoff
A	Ansaugkammer
B	Verdichterkammer
C	Brennkammer
D	Dämpferkammer
E	Abgasdämpfer
a	Längsachse
E ₁	Ebene Basisteil
E ₂	Mittelebene Schwingkörper

Patentansprüche

- Freikolbenmotor in zylindrisch-gestreckter, zweiseitig-symmetrischer Bauweise mit einem stationären Basisteil (1) und zwei gleich gestalteten Motorhälften mit je einer Brennkammer (C) sowie mit einem innerhalb des Basisteils (1) gleitbeweglichen, eine Kolbenstange (8) aufweisenden Schwingkörper (6) und Verdichterkammern (B) zwischen der Kolbenstange (8) und dem Basisteil (1),
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kolbenstange (8) mit ihren Enden an je einen Becherkolben (19) gekoppelt ist, welcher jeweils eine der Brennkammern (C) mitumschließt und gemeinsam mit dem jeweiligen Kolbenstangenende ein Ventil (9) bildet, wobei jeder Becherkolben (19) in einer zum Basisteil (1) gehörenden Laufhülse (3) und auf einem die Brennkammer (C) mitumschließenden zum Basisteil (1) gehörenden Zylinder (22) einer Zylinderplatte (5) gelagert ist, welcher gemeinsam mit der Laufhülse (3) jeweils eine Dämpferkammer (D) umschließt, in welche beim Betrieb des Motors Luft angesaugt wird, wobei sich an jedem Kolbenstangenende der Kolbenstange (8) zumindest eine Bohrung (8a) befindet, welche eine Einspritzdüse (8b) bildet, über welche jeweils im Bereich des unteren Totpunktes und bei geöffnetem Ventil (9) Kraftstoff, der sich mit im Bereich des Ventils (9) zugeführter Luft vermischt, in die jeweilige Brennkammer (C) gelangt.
- Freikolbenmotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das Ventil (9) durch den in der Verdichterkammer (B) ansteigenden Verdichtungsdruck gegenüber dem in der Brennkammer (C) abnehmenden Verbrennungsdruck öffnet.
- Freikolbenmotor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kolbenstange (8) an jedem Ende einen pilzkopfartig gestalteten, einen Ventilteil (9a) des Ventils (9) bildenden Endbereich aufweist, welcher einen Hinterschnitt aufweist, welcher vom Boden (19a) des Becherkolbens (19) hintergriffen ist.
- Freikolbenmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der geöffneten Stellung des Ventils (9) zwischen einer kegelstumpfförmigen Ausnehmung im Boden (19a) des Becherkolbens (19) und dem pilzkopfartig gestalteten Ventilteil (9a) ein Spalt (20) gebildet ist, in welchem über die zumindest eine am Ventilteil (9) vorgesehene Einspritzdüse (8b) Kraftstoff in den Spalt (20) einspritzbar ist, wobei vorzugsweise der Boden (19a) des Becherkolbens (19) mit einer Anzahl von Überströmöffnungen (20a) für Luft versehen ist, welche bei geöffnetem Ventil (9) in Verbindung mit dem Spalt (20) sind und Luft von der Verdichterkammer

- (B) zur Brennkammer (C) strömen lassen.
5. Freikolbenmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Zylinderplatte (5) mit einer Anzahl von Einlassöffnungen (24) für Luft versehen ist, die innenseitig mittels Zungenventilen (25) verschließbar sind und Luft von außen in die zwischen der Laufhülse (3) und dem Zylinder (22) gebildete Dämpferkammer (D) strömen lassen.
 6. Freikolbenmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** an den Außenseiten der Zylinder (22) und der Becherkolben (19) eine Vielzahl von Labyrinthrillen ausgebildet ist.
 7. Freikolbenmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Basisteil (1) zwischen den beiden Laufhülsen (3) einen zentralen Mittelteil (4) aufweist, welcher in jeder Motorhälfte eine senkrecht zur Kolbenstange (8) angeordnete blockartige Platte (4c) aufweist, die mit zwei konzentrisch angeordneten zylindrischen Hülsen (4b₁, 4b₂) unterschiedlichen Durchmessers verbunden ist, welche zwischen sich einen Teilbereich einer Ansaugkammer (A) für Luft bilden.
 8. Freikolbenmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwingkörper (6) einen mittig auf der Kolbenstange (8) angeordneten Magneteil (7) eines Startergenerators aufweist, welcher Magneteil (7) im Längsschnitt durch den Motor insbesondere H-förmig gestaltet ist und zur Kolbenstange (8) zwei Freiräume belässt, die einen weiteren Teilbereich einer Ansaugkammer (A) für Luft bilden.
 9. Freikolbenmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede blockartige Platte (4c) eine Anzahl von Überströmöffnungen (13) zum Überströmen von Luft aus der Ansaugkammer (A) in die Verdichterkammer (B) aufweist, wobei die Auslassöffnungen der Überströmöffnungen (13) mittels eines Ventiltellers (11b) eines druckbetätigten Ventils (11) verschließbar sind, welches vorzugsweise eine Ventilhülse (11a) aufweist, welche sich zwischen der Kolbenstange (8) und der inneren Hülse (4b₂) des Mittelteils (4) des Basisteils (1) befindet, wobei die Kolbenstange (8) und die Ventilhülse (11a) relativ zueinander gleitbeweglich sind, derart, dass ein Öffnen und Schließen des Ventils (11) ermöglicht ist.
 10. Freikolbenmotor nach Anspruch 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die äußere Hülse (4b₁) des Mittelteils (4) das Basisteil (1) mit einer Anzahl von Einlassöffnungen (17) für Luft versehen ist, welche insbesondere mittels Zungenventilen verschließbar sind.
 11. Freikolbenmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Überströmöffnungen (13) in der blockartigen Platte (4c) und/oder die Überströmöffnungen (20a) im Boden (19a) des Becherkolbens (19) und/oder die Einlassöffnungen (24) in der Zylinderplatte (5) als sich in Strömungsrichtung trichterförmig verengende Öffnungen ausgebildet sind.
 12. Freikolbenmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Überströmöffnungen (13) in der blockartigen Platte (4c) und/oder die Überströmöffnungen (20a) im Boden (19a) des Becherkolbens (19) und/oder die Einlassöffnungen (24) in der Zylinderplatte (5) Austrittsöffnungen aufweisen, die gegenüber ihren Eintrittsöffnungen jeweils gleichermaßen versetzt sind.
 13. Freikolbenmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kraftstoffzufuhr (27) von außen über eine Bohrung (15) in der blockartigen Platte (4c), über eine Nut (15b₁) in der Hülse (4b₃) in einen im Basisteil (1) ausgebildeten Ringspalt (14), eine Bohrung (15b₂) in der Ventilhülse (11a) und über in der Kolbenstange (8) befindliche Bohrungen (15b₃ und 8a) zur Bohrung (8b), die als Einspritzdüse wirkt, wobei die Bohrungen nur im Bereich der unteren Totpunktlage eine durchgehende Kraftstoffleitung bilden.
 14. Freikolbenmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Becherkolben (19) und die Laufhülsen (3) jeweils eine Vielzahl von Auspuffbohrungen (21) aufweisen, welche im Bereich der unteren Totpunktlage miteinander fluchten, wobei sich die Anzahl der Bohrungen im Becherkolben (19) von jener in der Laufhülse (3) unterscheidet, wobei vorzugsweise die Laufhülsen (3) konzentrisch von Auspuffhülsen (2) umgeben sind, welche ebenfalls mit Auspuffbohrungen (21) versehen sind.
 15. Freikolbenmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Ansaugkammer (A) ein maximales Volumen aufweist, welches größer ist als das maximale Volumen der Verdichterkammern (B), welches seinerseits größer ist als das maximale Volumen der Brennkammern (C), wobei vorzugsweise das maximale Volumen der Ansaugkammer (A) das 1,5- bis 3-Fache des maximalen Volumens der Verdichterkammer (B) und vorzugsweise das maximale Volumen der Verdichterkammer (B) das 1,5- bis 3-Fache des maximalen Volumens der Brennkammer (C) beträgt.

Claims

1. Free-piston engine with a cylindrically extended, two-sided symmetrical construction, having a stationary basic part (1) and two equally designed engine halves, each having a combustion chamber (C) and having an oscillator (6) with a piston rod (8) able to move by sliding inside the basic part (1), and compression chambers (B) between the piston rod (8) and the basic part (1), **characterised in that**, each piston rod (8) is coupled by its ends to a cup-shaped piston (19), each of which surrounds one of the combustion chambers (C) and, together with the respective piston rod end, forms a valve (9) wherein each cup-shaped piston (19) is mounted in a barrel sleeve (3) belonging to the basic part (1) and on a cylinder (22) of a cylinder plate (5), said cylinder surrounding the combustion chamber (C) and belonging to the basic part (1), which, together with the barrel sleeve (3), each includes a silencer chamber (D) into which, during the operation of the engine, air is sucked in, wherein at least one hole (8a) is located on each piston rod end of the piston rod (8) forming an injection nozzle (8b), by means of each in the region of the lower dead centre and with valve (9) open, fuel, which is mixed with air introduced in the region of the valve (9), enters into the respective combustion chamber (C).
2. Free-piston engine according to claim 1, **characterised in that** the valve (9) is opened by the compression pressure rising in the compression chamber (B) as opposed to the combustion pressure falling in the combustion chamber (C).
3. Free-piston engine according to claim 1 or 2, **characterised in that**, at each end, the piston rod (8) has a mushroom-shaped end area, forming a valve part (9a) of valve (9), said piston rod having an undercut which is gripped from behind by the base (19a) of the cup-shaped piston (19).
4. Free-piston engine according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that**, in the opened position of the valve (9), a gap (20) is formed between a truncated conical recess in the base (19a) of the cup-shaped piston (19) and the mushroom-shaped valve part (9a), in which fuel is injected into the gap (20) through the at least one injection nozzle (8b) provided on the valve part (9) wherein, preferably, the base (19a) of the cup-shaped piston (19) is provided with a number of overflow ports (20a) for air which are connected with the gap (20) when valve (9) is open and air can flow from the compression chamber (B) to the combustion chamber (C).
5. Free-piston engine according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** each cylinder plate (5) is provided with a number of inlet openings (24) for air, can be closed on the inside by means of tongue valves (25) and air can flow from the outside into the silencer chamber (D) formed between the barrel sleeve (3) and the cylinder (22).
6. Free-piston engine according to any one of claims 1 to 5, **characterised in that** a multiplicity of labyrinthine grooves is formed on the outer sides of the cylinder (22) and the cup-shaped piston (19).
7. Free-piston engine according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** the basic part (1) has a central middle part (4) between the two barrel sleeves (3) which has a block-shaped plate (4c) arranged perpendicular to the piston rod (8) in each engine half, said plate being connected to two concentrically arranged cylindrical sleeves (4b₁, 4b₂) of different diameters which form a section of a suction chamber (A) for air between said sleeves.
8. Free-piston engine according to any one of claims 1 to 7, **characterised in that** the oscillator (6) has a magnetic part (7) of a starter generator arranged centrally on the piston rod (8) wherein said magnetic part (7) is constructed sectioned longitudinally through the engine, in particular in the form of an H, and leaves two open spaces for the piston rod (8), wherein the said spaces form a further section of a suction chamber (A) for air.
9. Free-piston engine according to any one of claims 1 to 8, **characterised in that** each block-shaped plate (4c) has a number of overflow ports (13) for overflows of air out of the suction chamber (A) into the compression chamber (B), wherein the exhaust ports of the overflow ports (13) can be closed by means of a valve disc (11b) of a pressure-operated valve (11) which, preferably, has a valve sleeve (11a) which is located between the piston rod (8) and the inner sleeve (4b₂) of the central section (4) of the basic part (1), wherein the piston rod (8) and the valve sleeve (11a) move by sliding relative to one another such that the opening and closing of the valve (11) is made possible.
10. Free-piston engine according to claim 1 to 9, **characterised in that** the outer sleeve (4b₁) of the central section (4) of the basic part (1) is provided with a number of inlet openings (17) for air which can be closed, in particular, by means of tongue valves.
11. Free-piston engine according to any one of claims 1 to 10, **characterised in that** the overflow ports (13) in the block-shaped plate (4c) and/or the overflow ports (20a) in the base (19a) of the cup-shaped piston (19) and/or the inlet openings (24) in the cylinder plate (5) are designed as openings narrowing like a

funnel in the direction of flow.

12. Free-piston engine according to any one of claims 1 to 11, **characterised in that** the overflow ports (13) in the block-shaped plate (4c) and/or the overflow ports (20a) in the base (19a) of the cup-shaped piston (19) and/or the inlet openings (24) in the cylinder plate (5) have outlet ports, each of which is offset equally with respect to their inlet ports.
13. Free-piston engine according to any one of claims 1 to 12, **characterised in that** the fuel feed (27) from the outside through a hole (15) in the block-shaped plate (4c), via a groove (15bi) in the sleeve (4b₃) in an annular gap (14) formed in the basic part (1), a hole (15b₂) in the valve sleeve (11a) and via holes (15b₃ and 8a) located in the piston rod (8) to hole (8b), which acts as an injection nozzle, wherein the holes form a continuous fuel line only in the region the bottom dead point position.
14. Free-piston engine according to any one of claims 1 to 13, **characterised in that** each cup-shaped piston (19) and the barrel sleeves (3) each have a multiplicity of exhaust ports (21) which line up with one another in the region the bottom dead point position, wherein the number of holes in the cup-shaped piston (19) is different from that in the barrel sleeve (3) wherein, preferably, the barrel sleeves (3) are surrounded concentrically by exhaust sleeves (2) which are also provided with exhaust ports (21).
15. Free-piston engine according to any one of claims 1 to 14, **characterised in that** each suction chamber (A) has a maximum volume which is greater than the maximum volume of the compression chambers (B), which, for its part, is greater than the maximum volume of the combustion chambers (C), wherein, preferably, the maximum volume of the suction chamber (A) is 1.5 to 3 times the maximum volume of the compression chamber (B) and, preferably, the maximum volume of the compression chamber (B) is 1.5 to 3 times the maximum volume of the combustion chamber (C).

Revendications

1. Moteur à pistons libres de conception cylindrique étendue et symétrique de deux côtés avec un élément de base stationnaire (1) et deux moitiés du moteur identiques avec une chambre de combustion (C) chacune ainsi qu'avec un corps oscillant (6) présentant une tige de piston (8) et coulissant à l'intérieur de l'élément de base (1) et des chambres de compression (B) situées entre la tige de piston (8) et l'élément de base (1), **caractérisé en ce que** la tige de piston (8) est couplée par ses extré-

mités à un piston en gobelet (19) respectivement entourant chacun une des chambres de combustion (C) et formant une soupape (9) avec l'extrémité de la tige de piston respective, chaque piston en gobelet (19) étant logé dans une douille mobile (3) appartenant à l'élément de base (1) et sur un cylindre (22) d'une plaque cylindrique (5), le cylindre appartenant à l'élément de base (1) et entourant le chambre de combustion (C) et avec la douille mobile (3) entourant une chambre d'amortissement (D), dans laquelle de l'air est aspiré lors du fonctionnement du moteur, au moins un alésage (8a) se trouvant à chaque extrémité de la tige de piston (8), qui forme une buse d'injection (8b), à travers laquelle du carburant, qui se mélange avec de l'air amené dans la zone de la soupape (9), pénètre dans la chambre de combustion (C) respective dans la zone du point mort inférieur et lorsque la soupape (9) est ouverte.

2. Moteur à pistons libres selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la soupape (9) s'ouvre sous l'action de la pression de compression montant dans la chambre de compression (B) par rapport à la pression de combustion diminuant dans la chambre de combustion (C).
3. Moteur à pistons libres selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la tige de piston (8) présente sur chaque extrémité une zone terminale sous forme de tête de champignon formant un élément de soupape (9a) de la soupape (9), ladite zone terminale présentant un dégagement occupé par le fond (19a) du piston en gobelet (19).
4. Moteur à pistons libres selon l'une des revendications de 1 à 3, **caractérisé en ce qu'en** position ouverte de la soupape (9) entre une cavité en forme de cône tronqué dans le fond (19a) du piston en gobelet (19) et l'élément de soupape (9a) en forme de tête de champignon un espace (20) est formé, dans lequel espace (20) du carburant peut être injecté par l'au moins une buse d'injection (8b) prévue sur l'élément de soupape (9), le fond (19a) du piston en gobelet (19) étant muni de préférence d'un certain nombre d'ouvertures de débordement (20a) de l'air, qui sont reliées avec l'espace (20) lorsque la soupape (9) est ouverte et laissent circuler l'air de la chambre de compression (B) vers la chambre de combustion (C).
5. Moteur à pistons libres selon l'une des revendications de 1 à 4, **caractérisé en ce que** chaque plaque cylindrique (5) est munie d'un certain nombre d'ouvertures d'entrée (24) de l'air, qui peuvent être fermées à l'intérieur au moyen des soupapes à languette (25) et laissent circuler l'air de l'extérieur dans la chambre d'amortissement (D) formée entre la douille mobile (3) et le cylindre (22).

6. Moteur à pistons libres selon l'une des revendications de 1 à 5, **caractérisé en ce qu'une** pluralité de sillons labyrinthiques est formée sur les faces extérieures des cylindres (22) et des pistons en gobelet (19).
7. Moteur à pistons libres selon l'une des revendications de 1 à 6, **caractérisé en ce que** l'élément de base (1) entre les deux douilles mobiles (3) présente un élément central (4), qui présente dans chaque moitié du moteur une plaque (4c) sous forme d'un bloc disposée verticalement par rapport à la tige de piston (8), reliée avec deux douilles cylindriques (4b₁, 4b₂) de différents diamètres disposées de façon concentrique formant entre elles une zone partielle d'une chambre d'aspiration (A) de l'air.
8. Moteur à pistons libres selon l'une des revendications de 1 à 7, **caractérisé en ce que** le corps oscillant (6) présente un élément magnétique (7) d'un générateur de démarrage, ledit élément magnétique (7) étant disposé au milieu de la tige de piston (8) et conçu en particulier en forme de H en coupe longitudinale par le moteur et laissant deux espaces libres en direction de la tige de piston (8) formant une autre zone partielle d'une chambre d'aspiration (A) de l'air.
9. Moteur à pistons libres selon l'une des revendications de 1 à 8, **caractérisé en ce que** chaque plaque (4c) en forme de bloc présente un certain nombre d'ouvertures de débordement (13) destinées à déborder l'air de la chambre d'aspiration (A) dans la chambre de compression (B), les ouvertures de sortie des ouvertures de débordement (13) pouvant être fermées au moyen d'une tête de soupape (11b) d'une soupape (11) actionnée par la pression, présentant de préférence une douille de soupape (11a) se trouvant entre la tige de piston (8) et la douille intérieure (4b₂) de l'élément central (4) de l'élément de base (1), la tige de piston (8) et la douille de soupape (11a) étant coulissants l'une par rapport à l'autre de manière à permettre une ouverture et la fermeture de la soupape (11).
10. Moteur à pistons libres selon l'une des revendications de 1 à 9, **caractérisé en ce que** la douille extérieure (4b₁) de l'élément central (4) de l'élément de base (1) est munie d'un certain nombre d'ouvertures d'entrée (17) de l'air pouvant être fermées en particulier au moyen des soupapes à languette.
11. Moteur à pistons libres selon l'une des revendications de 1 à 10, **caractérisé en ce que** les ouvertures de débordement (13) dans la plaque (4c) en forme de bloc et / ou les ouvertures de débordement (20a) dans le fond (19a) du cylindre en gobelet (19) et / ou les ouvertures d'entrée (24) dans la plaque cylindrique (5) sont formées comme ouvertures se rétrécissant en forme d'entonnoir en direction de l'écoulement.
12. Moteur à pistons libres selon l'une des revendications de 1 à 11, **caractérisé en ce que** les ouvertures de débordement (13) dans la plaque (4c) en forme de bloc et / ou les ouvertures de débordement (20a) dans le fond (19a) du cylindre en gobelet (19) et / ou les ouvertures d'entrée (24) dans la plaque cylindrique (5) présentent des ouvertures de sorties qui sont décalées régulièrement par rapport à leurs ouvertures d'entrée.
13. Moteur à pistons libres selon l'une des revendications de 1 à 12, **caractérisé en ce que** l'alimentation en carburant (27) a lieu de l'extérieur à travers un alésage (15) dans la plaque (4c) en forme de bloc, par une rainure (15b₁) dans la douille (4b₃) dans un espace annulaire (14) formé dans l'élément de base (1), un alésage (15b₂) dans la douille de soupape (11a) et à travers des alésages (15b₃ et 8a) se trouvant dans la tige de piston (8) vers l'alésage (8b), agissant comme buse d'injection, les alésages ne formant une conduite de carburant continue que dans la zone de la position de point mort inférieure.
14. Moteur à pistons libres selon l'une des revendications de 1 à 13, **caractérisé en ce que** chaque piston en gobelet (19) et les douilles mobiles (3) présentent chacun une pluralité d'alésages d'échappement (21) alignés entre eux dans la zone de la position de point mort inférieure, le nombre d'alésages dans le piston en gobelet (19) étant différent de celui dans la douille mobile (3), les douilles mobiles (3) étant de préférence entourées de façon concentrique par douilles d'échappement (2), munies également d'alésages d'échappement (21).
15. Moteur à pistons libres selon l'une des revendications de 1 à 14, **caractérisé en ce que** chaque chambre d'aspiration (A) présente un volume maximal supérieur au volume maximal des chambres de compression (B), supérieur de son côté au volume maximal des chambres de combustion (C), le volume maximal de la chambre d'aspiration (A) étant de préférence de 1,5 à 3 fois plus grand que le volume maximal de la chambre de compression (B) et le volume maximal de la chambre de combustion (C) étant de préférence de 1,5 à 3 fois plus grand que le volume maximal de la chambre de combustion (C).

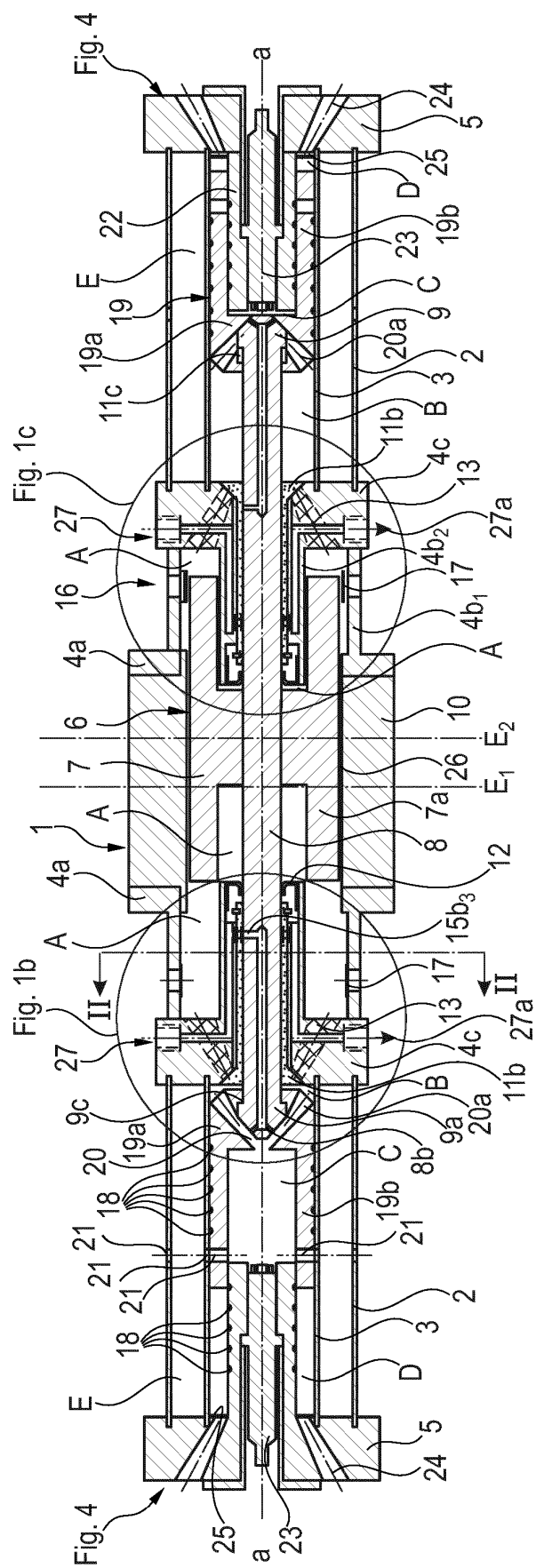


Fig. 1

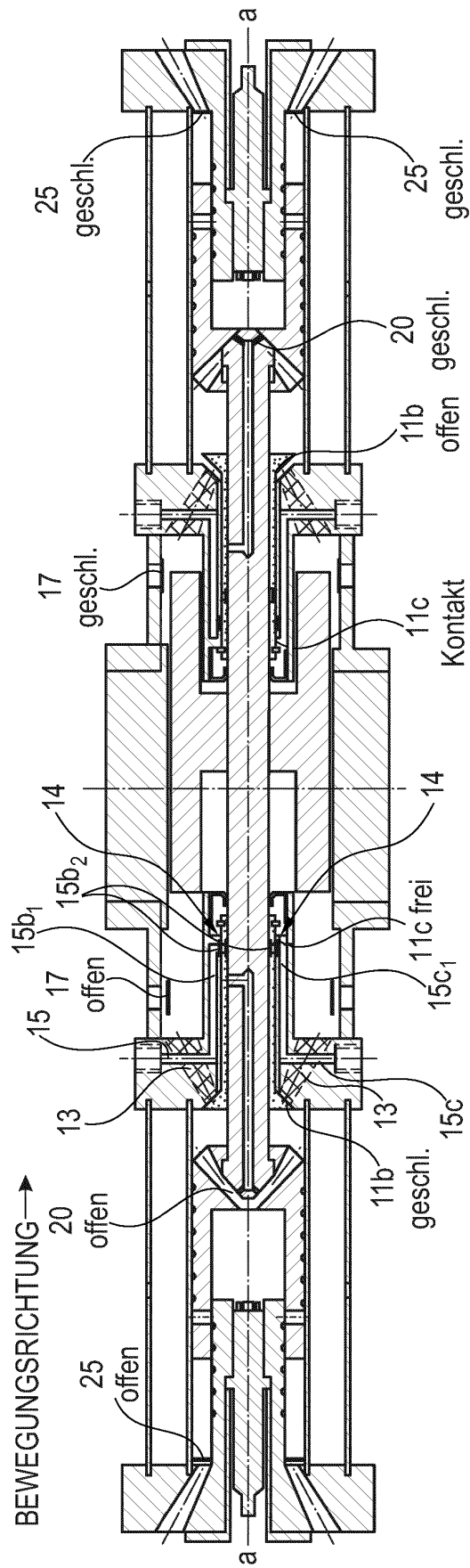


Fig. 1a

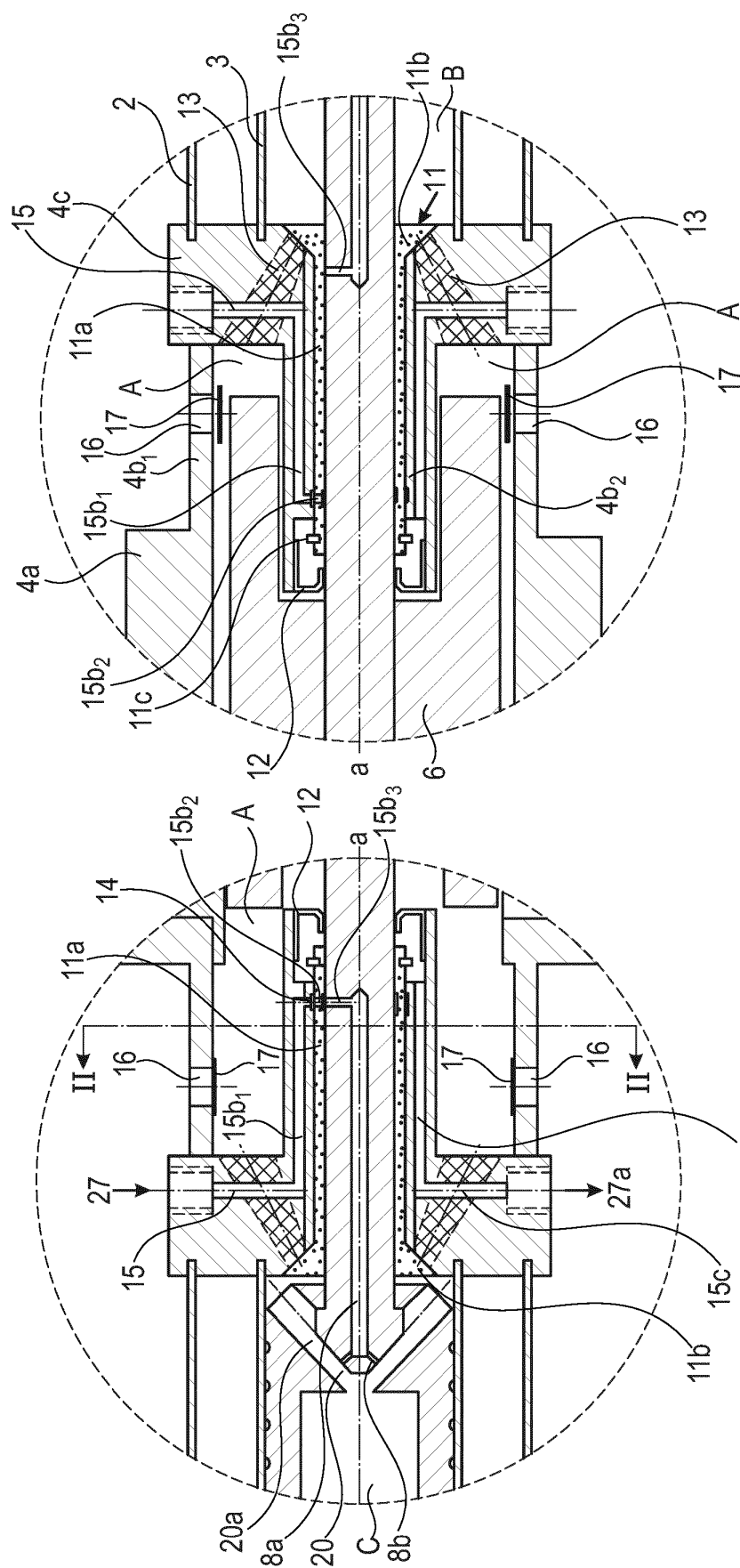


Fig. 1c

Fig. 1b

Schnitt II-II
Fig. 1

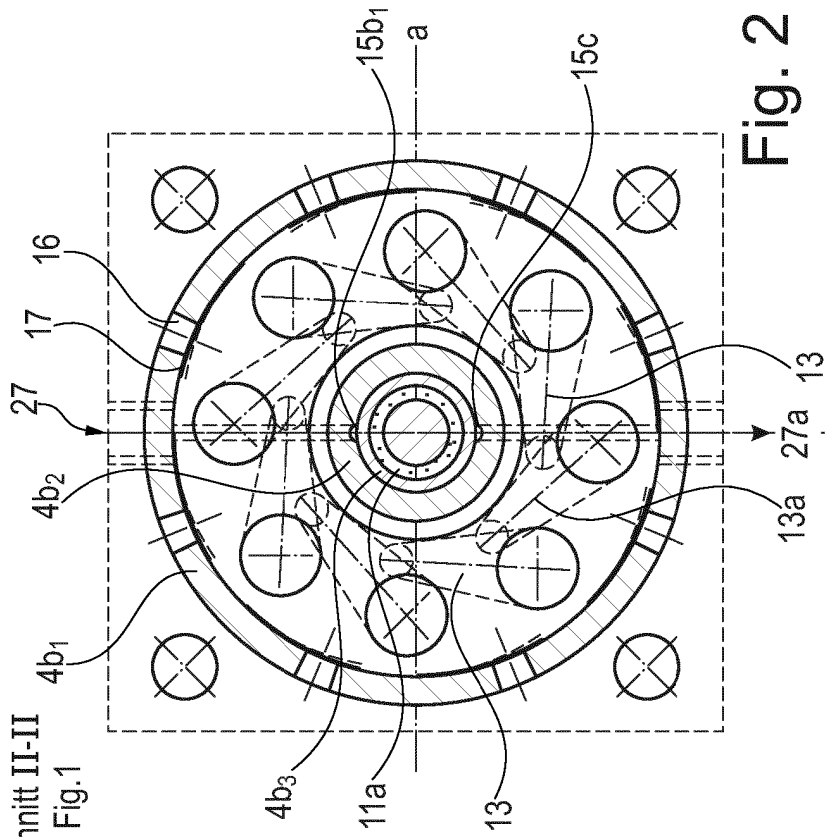


Fig. 2

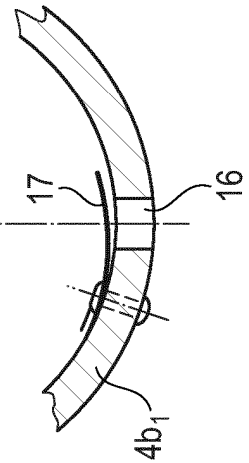


Fig. 3

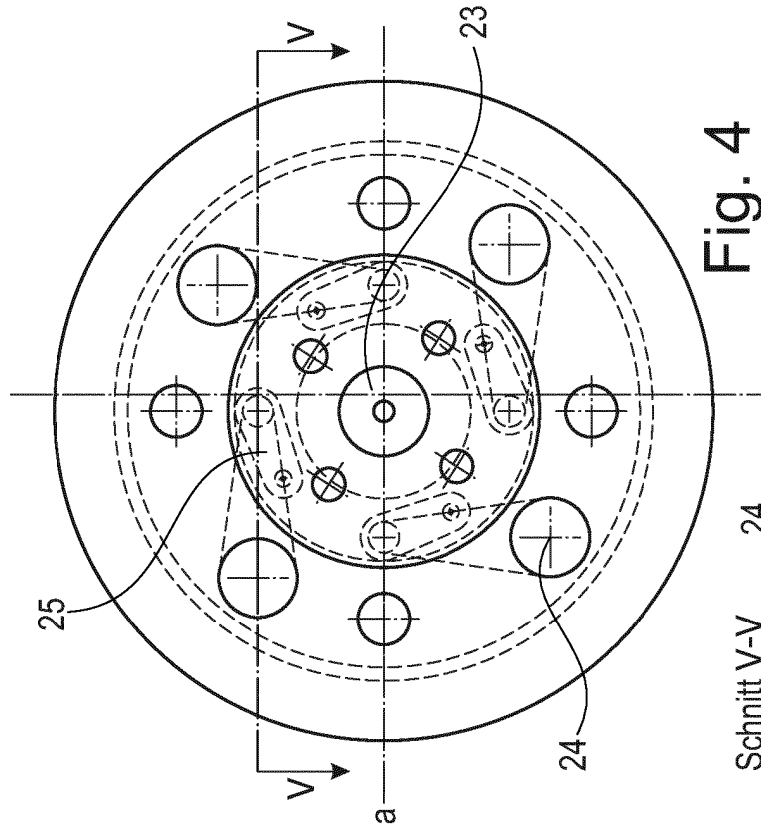


Fig. 4

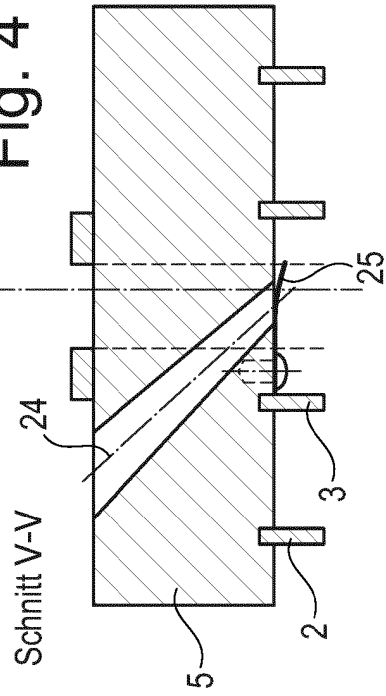


Fig. 5

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- FR 628550 A [0002]
- DE 3029287 A [0002]