



(10) **DE 10 2016 200 057 B4** 2019.10.31

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 200 057.8**

(22) Anmeldetag: **06.01.2016**

(43) Offenlegungstag: **06.07.2017**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **31.10.2019**

(51) Int Cl.: **F02B 75/36 (2006.01)**

F01L 1/46 (2006.01)

F01C 5/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Menge, Heinrich, 21075 Hamburg, DE

(74) Vertreter:
**Müller Verweyen Patentanwälte Partnerschaft
mbB, 22763 Hamburg, DE**

(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

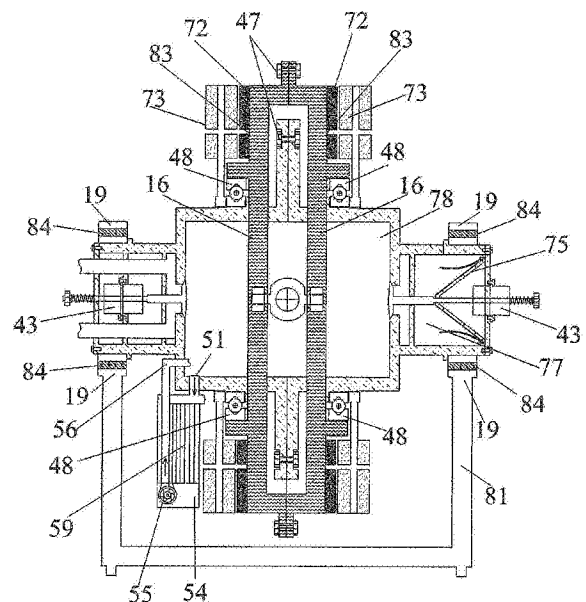
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	38 14 311	A1
DE	41 11 571	A1
DE	195 31 906	A1
GB	1 563 472	A
US	6 460 327	B1
US	2010 / 0 282 201	A1

(54) Bezeichnung: **Verbrennungsmotor mit Faltbrennraum**

(57) Hauptanspruch: Verbrennungsmotor (1) mit

- einem Gehäuse (8)
- einem Arbeitsraum (2), wobei
- der Arbeitsraum (2) stirnseitig jeweils durch eine Endplatte (7a, 7b) begrenzt ist, wobei
- der Arbeitsraum (2) in axialer Richtung jeweils durch zwischen den Endplatten (7a, 7b) beweglich angeordnete Wandelemente (3) begrenzt ist, wobei
- die Wandelemente (3) gelenkig miteinander verbunden sind, wobei
- ein Arbeitsmedium in dem Arbeitsraum (2) des Verbrennungsmotors (1) durch eine Faltbewegung der Wandelemente (3) verdichtbar ist, und wobei
- dem Arbeitsraum (2) jeweils mindestens ein Einlassventil (20) zur Versorgung des Arbeitsraums (2) mit Frischluft und mindestens ein Auslassventil (21) zur Abfuhr der Verbrennungsgase aus dem Arbeitsraum (2) zugeordnet sind, wobei
- das Einlassventil (20) oder die Einlassventile (20a, 20b) in der ersten Endplatte (7a) angeordnet ist/sind und das Auslassventil (21) oder die Auslassventile in der gegenüberliegenden Endplatte (7b) angeordnet ist/sind, dadurch gekennzeichnet, dass
- in dem Arbeitsraum (2) ein Gemischbildungsrohr (53) angeordnet ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Verbrennungsmotor mit einem Gehäuse und einem Arbeitsraum gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Verbrennungsmotors.

[0002] Verbrennungsmotoren wurden maßgeblich durch die Anwendung im Automobil geprägt und haben als Antriebsmotoren einen hohen technischen Reifegrad erreicht. Dabei kommen heute im Wesentlichen Viertakt-Hubkolbenmotoren zum Einsatz, welche als selbstzündende Hubkolbenmotoren nach dem Diesel-Prinzip oder als fremdgezündete Hubkolbenmotoren nach dem Otto-Prinzip ausgeführt sind. Alternativ sind Zweitakt-Motoren bekannt, welche sich durch eine kompakte Bauweise auszeichnen. Zweitakt-Motoren sind in der Regel durch Öl geschmiert, welches dem Kraftstoff beigemischt wird, wodurch sie die Umwelt stärker als Viertakt-Motoren belasten. Zweitakt-Motoren finden beispielsweise häufig in Rasenmähern oder Kettensägen ihren Einsatz. Derzeitige Verbrennungsmotoren werden in der Regel mit einer Drehzahl zwischen 500 und 800 Umdrehungen pro Minute betrieben. Bauartbedingt ist es jedoch nicht möglich, dass diese Motoren über das gesamte Drehzahlband ein entsprechend hohes und im Wesentlichen gleichmäßiges Drehmoment zur Verfügung stellen. Zudem sind Verbrennungsmotoren im Verbrauch meist auf entsprechende Lastpunkte optimiert, so dass der Verbrauch in anderen Lastbereichen suboptimal und erhöht ist.

[0003] Ferner sind aus dem Stand der Technik Elektromotoren bekannt. Elektromotoren stellen im Gegensatz zu Verbrennungsmotoren ihre Nennleistung über einen weiten Drehzahlbereich stufenlos zur Verfügung und verfügen bereits bei sehr geringen Drehzahlen über ein hohes Drehmoment, so dass sie selbst unter Last mit hohen Drehmomenten anlaufen können. Ferner verfügen Elektromotoren über die Möglichkeit der Rekuperation zur Batterieaufladung. Insgesamt liegt der Wirkungsgrad von Elektromotoren deutlich über dem Wirkungsgrad bekannter Verbrennungsmotoren. Ein Schwachpunkt bisheriger Antriebskonzepte von Kraftfahrzeugen mit Elektromotor sind die Batterien. Zum einen ist die Reichweite von Elektrofahrzeugen meist deutlich geringer als die von vergleichbaren Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotor, zum anderen dauert das Aufladen der Batterien länger als das Tanken von Kraftstoff und die Leistung der Batterie lässt bei niedrigen Umgebungstemperaturen stark nach. Deshalb sind bei Kraftfahrzeugen mit Elektromotor weiterhin Verbrennungsmotoren als sogenannte Range-Extender im Einsatz, die bei leerer Batterie eine Weiterfahrt zumindest bis zur nächsten Ladestation ermöglichen.

[0004] Hierzu sind sowohl Kolbenmotoren als auch Rotationskolben wie der Wankel-Motor im Einsatz, wobei sich der Wankel-Motor dadurch auszeichnet, dass die Kolben bereits eine Rotationsbewegung ausführen und diese nicht aufwendig mechanisch in eine Drehbewegung umgesetzt werden muss.

[0005] Otto-Motoren weisen in der Regel eine schlechtere Effizienz als vergleichbare Dieselmotoren auf, welche durch die Drosselverluste im Ansaugtrakt und ein im Wesentlichen stöchiometrisches Verbrennungsgemisch resultieren. Zwar wurden auch im Bereich der Viertakt-Kolbenmotoren nach dem Otto-Prinzip in den letzten Jahren durch eine Benzin-Direkteinspritzung, den Einsatz von Abgasturboladern und einer damit verbundenen Reduzierung der Reibung durch kleinere Hubräume und insbesondere weniger Zylinder bei gleicher Leistung Fortschritte erzielt, jedoch besteht das Bestreben, die Effizienz von Verbrennungsmotoren weiter zu verbessern. Daher sind in den letzten Jahren sogenannte Magermotoren entwickelt worden, welche im Wesentlichen mit einem überstöchiometrischen Verbrennungsluftverhältnis betrieben werden. Jedoch ist bei solchen Magermotoren zu beachten, dass bei diesen Motoren keine unverbrannten Kohlenwasserstoffe im Abgas vorliegen, welche zur Reduktion von Stickoxiden genutzt werden können. Daher ist die Abgasnachbehandlung solcher Magermotoren besonders aufwendig.

[0006] Eine weitere Kraftstoffeinsparung wäre durch eine ungedrosselte Schichtladung beim Otto-Motor möglich. Dies scheitert aber bislang vor allem daran, dass es nicht gelingt, an einem lokal begrenzten und definierten Bereich des Brennraums ein zündfähiges Gemisch bei relativ scharfer Abgrenzung dieser Gemischwolke von Frischluft im Brennraum zu haben und diese Gemischwolke zünden zu können. In diesem Bereich erreichen Motorenentwickler durch den Einsatz von neuen Zündmethoden, wie der Laserzündung, neue Freiheitsgrade, jedoch wurden solche Motoren bislang nicht zur Serienreife entwickelt.

[0007] Die DE 41 11 571 A1 offenbart einen Verbrennungsmotor mit einem Faltbrennraum. Der Verbrennungsmotor umfasst vier gleichmäßige und formgleiche Gelenklaschen, welche an Gelenkaugen mittels Gelenkbolzen miteinander verbunden sind, wobei die Gelenklaschen zwischen zwei Führungswänden angeordnet sind. Dabei gibt der Faltbrennraum durch Umwandlung von Wärmeenergie mechanische oder elektrische Energie an einen nachgeschalteten Prozess ab.

[0008] Aus der US 6 460 327 B1 ist ein Verbrennungsmotor mit einem Brennraum und einer separaten Pumpkammer, welche mit dem Brennraum verbunden ist, bekannt. Die Pumpkammer hat einen Einlass für einen flüssigen Brennstoff und einen Aus-

gang, welcher aus der Pumpkammer in den Brennraum führt.

[0009] Die US 2010 / 0 282 201 A1 offenbart einen Verbrennungsmotor mit einer Brennkammer, wobei die Brennkammer mehrere bewegliche Wände aufweist. Die Bewegung der beweglichen Wände wird mittels einer Verzahnung auf einen Kurbeltrieb übertragen, welcher zum Antrieb einer Maschine oder eines Kraftfahrzeuges genutzt werden kann.

[0010] Aus der DE 38 14 311 A1 ist ein weiterer Verbrennungsmotor mit Faltbrennräumen bekannt. Dabei sind zwischen zwei feststehenden Platten eine Vielzahl von Wandelementen vorgesehen, welche gleitend und abdichtend an diesen Platten anliegen und zusammen mit den Platten Arbeitskammern bilden.

[0011] Darüber hinaus offenbart die GB 1 563 472 A einen Verbrennungsmotor mit mehreren Kolben, welche sternförmig um eine gemeinsame Abtriebswelle angeordnet sind.

[0012] Darüber hinaus sind Verbrennungsmotoren mit einem sogenannten Faltbrennraum bekannt. Aus der DE 195 31 906 A1 ist ein Verbrennungsmotor mit Faltbrennkammer bekannt, bei dem eine Faltbrennkammer aus vier Wandelementen besteht, welche scharnierartig zu einem faltbaren Rahmen verbunden sind. Dabei erfolgt ein Gaswechsel im Faltbrennraum durch Spalte zwischen den Wandplatten, welche sich aufgrund geometrisch definierter Verhältnisse zu festgelegten Zeiträumen öffnen und schließen. Darüber hinaus ist in einer Endplatte, welche eine Stirnseite der Faltbrennkammer begrenzt, eine Zündkerze angeordnet, um das Gemisch in der Faltbrennkammer zu entzünden.

[0013] Nachteilig an einer solchen Lösung ist jedoch, dass es bei einer solchen Lösung schwierig ist, einen effektiven Gaswechsel im Brennraum zu ermöglichen. Insbesondere ist ein Magerbetrieb schwierig, da ein Verbrennungsgemisch im Wesentlichen gleichverteilt im Brennraum vorliegt und an der Zündkerze, also im Bereich einer Brennraumwand, zündfähiges Gemisch vorliegen muss.

[0014] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Verbrennungsmotor derart weiterzubilden, dass er gegenüber aus dem Stand der Technik bekannten Verbrennungsmotoren eine höhere Kraftstoffeffizienz, ein geringeres Gewicht (was ebenfalls zu einer erhöhten Kraftstoffeffizienz eines Kraftfahrzeuges beitragen kann) und die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile zu überwinden.

[0015] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verbrennungsmotor mit einem Gehäuse und einem Arbeitsraum gelöst, wobei der Arbeitsraum stirn-

seitig jeweils durch eine Endplatte begrenzt ist, wobei der Arbeitsraum in axialer Richtung jeweils durch zwischen den Endplatten beweglich angeordnete Wandelemente begrenzt ist, wobei die Wandelemente gelenkig miteinander verbunden sind, wobei ein Arbeitsmedium in dem Arbeitsraum durch eine Faltbewegung der Wandelemente verdichtbar ist, wobei dem Arbeitsraum jeweils mindestens ein Einlassventil zur Versorgung des Arbeitsraums mit Frischluft und mindestens ein Auslassventil zur Abfuhr der Verbrennungsgase aus dem Arbeitsraum zugeordnet sind, und wobei das Einlassventil oder die Einlassventile in der ersten Endplatte angeordnet ist/sind und das Auslassventil oder die Auslassventile in der gegenüberliegenden zweiten Endplatte angeordnet ist/sind.

[0016] Dadurch kann auf vorteilhafte Weise der Ladungswechsel des Verbrennungsmotors gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Motoren verbessert werden und somit eine bessere Füllung des Arbeitsraums mit Frischluft erreicht werden.

[0017] Der Gaswechsellvorgang des erfindungsgemäßen Motors ist so gelöst, dass dieser ohne jegliche Vorverdichtung auskommt und sich allein über die wechselseitig abgestimmten Ventilsteuerzeiten von Einlassventil(en) und Auslassventil(en) und dem sich daraus ergebenden Unterdruck bzw. Überdruck im Arbeitsraum und in einem Ansaugtrakt des Verbrennungsmotors steuern lässt. Dadurch ergeben sich wesentlich geringere Ladungswechselverluste als bei bekannten Hubkolbenmotoren.

[0018] Vorzugsweise werden das Einlassventil oder die Einlassventile und das Auslassventil oder die Auslassventile über elektromagnetische Steller geöffnet und geschlossen. Durch elektromagnetische Steller ist eine sehr genaue und zeitliche exakte Ansteuerung der Ventile ohne einen zusätzlichen mechanischen Ventiltrieb möglich. Dadurch kann zum einen Gewicht eingespart werden, zum anderen kann ein sehr exakt steuerbarer Ladungswechsel des Gases im Arbeitsraum realisiert werden.

[0019] Bevorzugt ist dabei vorgesehen, dass das Einlassventil oder die Einlassventile und das Auslassventil oder die Auslassventile fluchtend zueinander angeordnet sind. Durch eine fluchtende Anordnung ist eine besonders günstige Durchströmung des Arbeitsraums bei einem Ladungswechsel möglich, wobei Umlenkverluste reduziert werden können und es zu einer besonders guten Füllung des Arbeitsraums mit Frischluft bzw. einer besonders guten Ausspülung der Verbrennungsgase aus dem Arbeitsraum kommt.

[0020] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass in einem Ansaugtrakt des Verbrennungsmotors zusätzlich zu dem mindestens einen Einlassventil mindestens ein weiteres, ungeregelt

Ventil, vorzugsweise ein Flatterventil, angeordnet ist. Dadurch kann eine zusätzliche Abdichtung des Arbeitsraums gegenüber dem Einlassstrakt erreicht werden. Besonders vorteilhaft ist dabei, wenn das Flatterventil konstruktiv so ausgelegt ist, dass sich das Flatterventil zeitlich nach dem Einlassventil oder den Einlassventilen schließt. Dadurch wird beim Nachführen der Frischluft in den Arbeitsraum eine Nachladung im Ansaugtrakt zwischen dem Einlassventil und dem Flatterventil erzielt, wodurch die Füllung des Brennraums mit Frischgas weiter verbessert werden kann.

[0021] Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterentwicklungen und Verbesserungen des im unabhängigen Anspruch angegebenen Verbrennungsmotors möglich.

[0022] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass in dem Arbeitsraum ein Gemischbildungsrohr angeordnet ist. Durch ein Gemischbildungsrohr kann gezielt eine Schichtladung im Arbeitsraum erzielt werden, wobei eine Wolke von zündfähigem Gemisch im Gemischbildungsrohr von Luft im übrigen Arbeitsraum des Verbrennungsmotors getrennt ist und somit insbesondere im Teillastbetrieb des Verbrennungsmotors eine sehr effiziente Verbrennung des Kraftstoffs möglich ist.

[0023] Dabei ist mit Vorteil vorgesehen, dass das Gemischbildungsrohr eine runde oder ovale Form aufweist. Durch eine runde oder ovale Form lässt sich eine besonders gute Durchströmung des Gemischbildungsrohrs erreichen, wodurch Strömungsverluste beim Durchströmen des Gemischbildungsrohrs reduziert werden und ein einfacher Ladungswechsel im Gemischbildungsrohr möglich ist.

[0024] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass das Gemischbildungsrohr geschlitzt ausgeführt ist. Dadurch ist eine einfache und schnelle Expansion der Verbrennungsgase aus dem Gemischbildungsrohr in den Arbeitsraum möglich.

[0025] Ferner kann es für verschiedene Ausführungsformen vorteilhaft sein, wenn das Gemischbildungsrohr aus einem keramischen Werkstoff besteht oder an seiner Innenseite eine keramische Beschichtung aufweist. Dadurch ist zum einen eine thermische Isolation des Gemischbildungsrohres möglich, zum anderen weist ein keramischer Werkstoff gerade bei hohen Temperaturen eine hohe Festigkeit auf, so dass hohe Verbrennungstemperaturen ohne Schädigung des Gemischbildungsrohres möglich sind. Ferner kann ein vorzugsweise keramisches Gemischbildungsrohr als Heizelement für einen Brennraum im Inneren des Gemischbildungsrohres dienen sowie die Verdampfung von Kraftstoff begünstigen, wodurch im Betrieb ein noch magereres Verbrennungs-

gemisch möglich ist und in der Kaltstartphase eine vorteilhafte Gemischaufbereitung erreicht werden kann. Das Heizen des Gemischbildungsrohrs kann beispielsweise über eine elektrische Widerstandsheizung im Gemischbildungsrohr erfolgen. Ferner kann auch ein durch den Verbrennungsprozess erhitztes Gemischbildungsrohr dazu dienen, in nachfolgenden Verbrennungszyklen die Verdampfung des Kraftstoffs zu begünstigen und somit die Effizienz des Verbrennungsprozesses zu verbessern.

[0026] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des Gemischbildungsrohrs ist vorgesehen, dass sich das Gemischbildungsrohr zumindest auf einer Seite, vorzugsweise auf beiden Seiten von einem Randbereich zur Mitte hin verjüngt. Dadurch kann das Gemischbildungsrohr beim Einleiten von Frischluft als Düse wirken, wodurch die Strömungsgeschwindigkeit durch das Gemischbildungsrohr erhöht werden kann. Somit kann der Gaswechsel im Gemischbildungsrohr nochmals verbessert werden. Ferner kann das Gemisch nach der Einleitung der Verbrennung durch den sich von der Mitte zum Randbereich hin erweiternden Querschnitt des Gemischbildungsrohrs leichter in den außerhalb des Gemischbildungsrohrs liegenden Bereich des Arbeitsraums einströmen, wodurch die Strömungs- und Drosselungsverluste reduziert werden können.

[0027] In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Einlassventil oder die Einlassventile und das Auslassventil oder die Auslassventile koaxial zum Gemischbildungsrohr angeordnet sind. Dabei ist es vorteilhaft, wenn bei jeweils einem Einlass- und Auslassventil das Gemischbildungsrohr rund und bei jeweils zwei Einlass- und Auslassventilen das Gemischbildungsrohr oval ist. Somit kann jeweils ein möglichst großer Teil des Querschnitts des Gemischbildungsrohrs durch die jeweiligen Ventile freigegeben werden, wodurch der Gaswechsel im Gemischbildungsrohr verbessert wird.

[0028] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform des Verbrennungsmotors ist vorgesehen, dass an dem Arbeitsraum eine Einspritzdüse zum Einbringen des Kraftstoffs in den Arbeitsraum angeordnet ist. Für den erfindungsgemäßen Motor ist es besonders vorteilhaft, wenn die Gemischbildung erst im Brennraum erfolgt, da durch den konstruktiven Aufbau eine Schichtladung bei der Verbrennung bevorzugt wird. Unter einer Schichtladung ist in diesem Zusammenhang eine Gemischbildung zu verstehen, wenn sich ein zündfähiges Gemisch zum Zeitpunkt der Zündung in unmittelbarer Nähe der Zündkerze befindet und sich die restliche Frischluft im Wesentlichen davon getrennt im restlichen Arbeitsraum des Verbrennungsmotors befindet. Ein Benzin-Luftgemisch erfordert lokal eine sehr exakte Zusammensetzung innerhalb definierter Zündgrenzen, um überhaupt zündfähig zu sein. Durch die Positionierung der Einspritzdü-

se und die Luftführung in den Arbeitsraum kann hier eine definierte Schichtladung erzielt werden.

[0029] Dabei kann die Einspritzdüse mit dem oder den Einlassventil(en) auf einer gemeinsamen Endplatte angeordnet sein. Dadurch kann der Montageaufwand des Verbrennungsmotors reduziert werden, indem beispielsweise die Endplatte als vorgefertigtes Modul hergestellt wird.

[0030] Alternativ ist vorgesehen, dass die Einspritzdüse seitlich am Arbeitsraum angeordnet ist. Durch eine Anordnung seitlich am Arbeitsraum kann der Kraftstoff quer zur Durchströmungsrichtung der Luft zwischen dem Einlassventil und dem Auslassventil angeordnet werden, wodurch eine gezielte Vermischung des Kraftstoffes mit der Luft erreicht werden kann. Besonders vorteilhaft ist dabei, wenn die Einspritzdüse eine Mantelfläche des Gemischbildungsrohrs durchdringt und den Kraftstoff in den vom Gemischbildungsrohr ummantelten Raum einspritzt. Dadurch kann gezielt in dem vom Gemischbildungsrohr ummantelten Teil des Arbeitsraums, der im Folgenden auch als Gemischbildungsraum bezeichnet wird, eine Schichtladung erzielt werden.

[0031] Der vorgeschlagene Verbrennungsmotor ist vorzugsweise als fremdgezündeter Verbrennungsmotor ausgebildet. Dazu ist an dem Arbeitsraum des Verbrennungsmotors ein Zündelement zur Fremdzündung des Kraftstoffes im Arbeitsraum vorgesehen. Besonders bevorzugt dringt das Zündelement in den Gemischbildungsraum ein, so dass der Kraftstoff im Gemischbildungsraum gezündet werden kann. Dadurch ist eine effektive Schichtladung in dem Arbeitsraum möglich, wobei sich das zündfähige Verbrennungsgemisch aus Kraftstoff und Luft im Wesentlichen im Gemischbildungsrohr befindet und der Arbeitsraum außerhalb des Gemischbildungsraums im Wesentlichen mit Luft gefüllt ist.

[0032] Vorzugsweise dringt das Zündelement durch eine Mantelfläche des Gemischbildungsrohrs in den Gemischbildungsraum ein und ist zumindest abschnittsweise innerhalb eines Führungsrohrs des Verbrennungsmotors angeordnet. Dadurch kann das Zündelement, insbesondere eine Zündkerze oder eine Zündelektrode, vor den Temperaturen und Drücken im Arbeitsraum geschützt werden. Zudem ist auf diese Weise ein einfacher elektrischer Anschluss des Zündelements durch das Führungsrohr möglich.

[0033] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass ein Gleitbolzen des Verbrennungsmotors einen Minuspol des Zündelements ausbildet. Somit kann das Zündelement besonders schlank bzw. kompakt ausgeführt werden, da an dem Zündelement selbst kein zusätzlicher Minuspol vorzusehen ist.

[0034] Alternativ zu einer Anordnung der Zündelektrode seitlich am Arbeitsraum kann das Zündelement auch an einer der Endplatten des Verbrennungsmotors angeordnet sein. Dadurch kann unter Umständen der Montageaufwand reduziert werden, indem die Endplatte mit dem Zündelement als Baugruppe ausgestaltet sind.

[0035] Alternativ ist vorgesehen, dass das Zündelement einen Laser zur Erzeugung eines Zündimpulses umfasst. Dadurch lassen sich quasi an beliebigen Orten des Arbeitsraums Zündimpulse erzeugen, so dass kein Zündelement direkt im Arbeitsraum notwendig ist.

[0036] Alternativ kann der Verbrennungsmotor als selbstzündender Verbrennungsmotor ausgeführt werden, so dass kein Zündelement notwendig ist. Dabei wird die Luft bzw. das Verbrennungsgemisch im Arbeitsraum so weit verdichtet, bis sich das Verbrennungsgemisch, vorzugsweise im Gemischbildungsraum, selbstständig zündet.

[0037] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform des Verbrennungsmotors ist vorgesehen, dass Translationsmittel vorgesehen sind, welche eine Klappbewegung der Wanelemente zumindest mittelbar in eine Drehbewegung einer Antriebsscheibe oder einer Antriebswelle umsetzen. Vorzugsweise umfassen die Translationsmittel ein oder mehrere Stößelemente, welche mit den Wanelementen gelenkig verbunden sind. Durch Stößelemente ist eine einfache Übersetzung der Faltbewegung der Wanelemente in eine translatorische Bewegung der Stößelemente möglich. Besonders bevorzugt ist dabei, wenn die Stößelemente mit einer Arbeitsexzenterbahn der Antriebsscheibe in Eingriff stehen. Somit lässt sich die Translationsbewegung der Stößelemente in eine Drehbewegung der Antriebsscheibe oder der Antriebswelle umsetzen, wobei aufgrund der geometrischen Abmessungen gegenüber einem konventionellen Kolbenmotor bei gleicher Leistung ein deutlich höheres Drehmoment erzeugt werden kann. Alternativ kann die Bewegung der Stößelemente auch auf eine oder mehrere Antriebswellen, welche vorzugsweise als Exzenterwellen ausgebildet sind, übertragen werden.

[0038] Bevorzugt sind an den Stößelementen Rollen angeordnet, welche entlang der Arbeitsexzenterbahn der Antriebsscheibe abrollen. Dadurch können die Reibungsverluste zwischen den Stößelementen und der Antriebsscheibe reduziert werden und eine im Wesentlichen verschleißfreie Kraftübertragung auf die Antriebsscheibe realisiert werden.

[0039] Vorzugsweise sind die Stößelemente auf Gleitbolzen geführt. Dadurch ist eine exakte Führung der Stößelemente möglich, so dass die Gefahr eines Verkantens oder Kippens der Stößelemente vermieden

wird. Dadurch kann die Reibung bei der Bewegung der Stößel reduziert werden und somit die Effizienz des Verbrennungsmotors gesteigert werden.

[0040] Gemäß einer vorteilhaften Weiterentwicklung ist vorgesehen, dass die Gleitbolzen Gleitbolzenfedern aufweisen, mit welchen die Gleitbolzen in Befestigungselementen gelagert sind. Dadurch lässt sich ein thermischer Längenausgleich an den Gleitbolzen realisieren, so dass es bei einer ungleichmäßigen Erwärmung zwischen dem Gehäuse und den Gleitbolzen nicht zu einem Verkleben der Gleitbolzen kommt.

[0041] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass zwischen den Endplatten eine Antriebsscheibe angeordnet ist. Durch eine Antriebsscheibe zwischen den beiden Endplatten ist eine besonders kompakte Ausführung des Verbrennungsmotors möglich. Dadurch kann Gewicht eingespart werden, da im Gegensatz zu einem Kolbenmotor keine Kurbelwelle notwendig ist. Dazu kann, im Gegensatz zu einem Kolbenmotor, auf einen entsprechend aufwendigen Motorblock oder ein Kurbelgehäuse verzichtet werden, wodurch der Verbrennungsmotor deutlich leichter als vergleichbare Kolbenmotoren ist.

[0042] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass die Antriebsscheibe als Hohl­scheibe ausgeführt ist. Durch eine Hohl­scheibe können eine Führung und/oder Elemente zur Kraftübertragung, insbesondere die Stöße­elemente, zwischen den beiden Hälften der Hohl­scheibe angeordnet werden. Dadurch kann die Antriebsmechanik vor Verschmutzungen oder Beschädigungen von außen geschützt werden.

[0043] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Antriebsscheibe eine Arbeitsexzenterbahn und eine Starterexzenterbahn aufweist. Durch eine zusätzliche Starterexzenterbahn ist eine exakte Führung der Stöße­elemente, insbesondere der Rollen der Stöße­elemente, möglich, so dass die Stöße­elemente nicht aus ihrer Ausgangslage kippen können. Über die Arbeitsexzenterbahn kann die translatorische Bewegung der Stößel auf die Antriebsscheibe übertragen und in eine Drehbewegung umgesetzt werden.

[0044] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Antriebsscheibe mittels Wälzlagern auf dem Gehäuse des Verbrennungsmotors gelagert ist. Dadurch ist eine einfache und kostengünstige Lagerung der Antriebsscheibe möglich.

[0045] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist vorgesehen, dass zur Schmierung und/oder Kühlung der Wandlelemente ein Ölkreislauf vorgesehen ist. Durch einen Ölkreislauf ist eine einfache Schmierung

zwischen den Wandlelementen und den Endplatten möglich. Ferner kann durch den Ölkreislauf eine Kühlung der Wandlelemente erfolgen, so dass kein weiterer Kühlkreislauf für den Verbrennungsmotor notwendig ist. Somit kann gegenüber einem konventionellen Kolbenmotor Gewicht eingespart werden und es ist eine sehr kompakte Ausführung des Verbrennungsmotors möglich.

[0046] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass der Ölkreislauf Sprühdüsen umfasst. Durch Sprühdüsen ist eine gezielte Einbringung von Schmiermittel an den besonders belasteten Stellen möglich. Ferner kann durch die Sprühdüsen eine Kühlung an den thermisch besonders belasteten Stellen des Verbrennungsmotors erfolgen, so dass die Menge des zirkulierenden Öls des Ölkreislaufs gering gehalten werden kann.

[0047] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Ölkreislauf einen Wärmetauscher umfasst. Dadurch kann die von dem Öl aufgenommene Wärme besser an die Umgebung abgeführt werden und somit die Kühlung durch das Öl verbessert werden. Ferner kann durch einen Wärmetauscher verhindert werden, dass das Öl vorzeitig altert oder verkockt, und somit seine Schmiereigenschaften vermindert sind oder verlorengehen.

[0048] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass an den Wandlelementen Dichtelemente vorgesehen sind, über welche die Wandlelemente den Arbeitsraum gegenüber den Endplatten abdichten. Dadurch können die Verluste durch aus dem Arbeitsraum ausströmendes Gas verringert werden. Vorzugsweise sind die Dichtelemente als Dichtleisten ausgebildet, wobei die Dichtleisten in Ausnahmen an den Längsseiten der Wandplatten aufgenommen sind. Dadurch ist eine einfache und günstige Abdichtung der Wandlelemente gegenüber den Endplatten möglich. Besonders bevorzugt ist dabei, wenn an jeder Wandplatte mindestens zwei Reihen von Dichtleisten vorgesehen sind, wobei die Dichtleisten vorzugsweise überlappend angeordnet sind. Durch mehrere Reihen von Dichtleisten, welche sich überlappen, kann die Dichtwirkung zwischen den Wandlelementen und den Endplatten weiter verbessert werden. Insbesondere können an den Dichtleisten Dehnungsfugen zum thermischen Ausgleich vorgesehen sein, wobei das durch die Dehnungsfuge strömende Gas an der nächsten Reihe aufgehalten wird. Zusätzlich kann über die Dichtleisten eine Wärmeabfuhr von dem Wandlelement auf das Endelement erfolgen, wobei diese Wärmeabfuhr durch mehrere Reihen von Dichtleisten ebenfalls verbessert wird.

[0049] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Verbrennungsmotors ist vorgesehen, dass an zumindest einer Außenfläche der Antriebsscheibe Magneten angeordnet sind, welche mit drehfest mit dem

Gehäuse verbundenen Statoren in Wirkverbindung treten können. Dadurch kann die Antriebsscheibe genutzt werden, um elektrischen Strom zu generieren. Somit kann der vorgeschlagene Verbrennungsmotor insbesondere als Range-Extender für ein Kraftfahrzeug mit einem Elektromotor oder als Stromaggregat genutzt werden. Besonders bevorzugt ist dabei, wenn die Magneten an beiden Außenflächen der Antriebsscheibe gleichmäßig über den Umfang der Antriebsscheibe verteilt angeordnet sind. Somit kann die Leistung des Generators bei gleicher Baugröße gesteigert werden.

[0050] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Verbrennungsmotors ist vorgesehen, dass das Gehäuse oder mit dem Gehäuse fest verbundene Anbauteile, insbesondere ein Ansaugtrakt oder ein Abgastrakt des Verbrennungsmotors in einer Motorhalterung gelagert sind. Dabei weist die Motorhalterung einen Rahmen auf, wobei an einer Kontaktstelle zwischen dem Rahmen und dem Gehäuse oder den mit dem Gehäuse verbundenen Anbauteilen Dämpfungselemente angeordnet sind. Obwohl der vorgeschlagene Verbrennungsmotor im Wesentlichen ausgeglichene bewegte Massen aufweist und insgesamt vibrationsarm läuft, ist durch eine Entkopplung von Motor und Rahmen der Motorhalterung eine zusätzliche Schwingungsdämpfung möglich, wodurch die Laufruhe des Verbrennungsmotors weiter verbessert wird. Zusätzlich kann durch die Dämpfungselemente eine Entkopplung des Verbrennungsmotors von einer Fahrzeugstruktur bei einem Kraftfahrzeug erfolgen, so dass Erschütterungen des Kraftfahrzeuges nicht ungedämpft auf den Verbrennungsmotor übertragen werden und somit zu einer Beschädigung des Verbrennungsmotors führen.

[0051] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass das Gehäuse des Verbrennungsmotors teilbar ausgeführt ist. Dadurch kann sowohl die Herstellung des Gehäuses als auch die Montage des Verbrennungsmotors erleichtert werden. Besonders vorteilhaft ist dabei, wenn das Gehäuse aus zwei Gehäusehälften zusammengesetzt ist, wobei eine Teilung des Gehäuses entlang einer Symmetrieachse des Gehäuses vorgesehen ist.

[0052] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass der Arbeitsraum des Verbrennungsmotors mit einem Abgastrakt verbunden ist, wobei im Abgastrakt Mittel vorgesehen sind, um ein aus dem Arbeitsraum in den Abgastrakt abströmendes Abgas zu beschleunigen. Dadurch kann der Gaswechsel im Arbeitsraum, insbesondere im Gemischbildungsraum, weiter verbessert werden. Durch die Mittel kann die Strömungsgeschwindigkeit erhöht werden, wodurch ein Sog entsteht, welcher Abgas aus dem Arbeitsraum in den Abgastrakt zieht. Bevorzugt ist dabei, wenn der Abgastrakt stromabwärts des

Auslassventils einen sich erweiternden Querschnitt aufweist und somit der Abgasgegendruck im Abgaskanal weiter reduziert werden kann.

[0053] Alternativ ist mit Vorteil vorgesehen, dass in dem Abgastrakt ein Sauglüfter angeordnet ist, welcher Abgas aus dem Arbeitsraum des Verbrennungsmotors ansaugt und durch den Abgaskanal in die Umgebung fördert. Dadurch kann ebenfalls das Abströmen von Abgas aus dem Arbeitsraum erleichtert und somit der Gaswechsel im Arbeitsraum verbessert werden.

[0054] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des Verbrennungsmotors ist vorgesehen, dass die Magneten und die Statoren einem elektrischen Generator zugeordnet sind. Dabei ist mit Vorteil vorgesehen, dass der elektrische Generator eine Batterie speist. Dadurch kann auf einfache Weise ein Notstromaggregat ausgebildet werden, wobei sich der erfindungsgemäße Verbrennungsmotor im Vergleich zu einem Kolbenmotor gleicher Leistung durch ein wesentlich geringeres Gewicht auszeichnet.

[0055] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass der elektrische Generator mit einem elektrischen Antriebsmotor, insbesondere mit einem elektrischen Antriebsmotor eines Kraftfahrzeuges, verbunden ist. Dadurch kann der Generator elektrischen Strom liefern, wenn die Batterie des Kraftfahrzeuges leer ist und somit als Range-Extender für ein Kraftfahrzeug mit elektrischem Antrieb dienen. Dabei ist vorzugsweise eine Stromregelung am Generator vorgesehen, so dass die elektrischen Antriebsmotoren des Kraftfahrzeuges direkt aus dem Verbrennungsmotor mit dem Generator gespeist werden können und kein zusätzlicher mechanischer Antriebsstrang zwischen dem Verbrennungsmotor und einem angetriebenen Rad des Kraftfahrzeuges notwendig ist.

[0056] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass der elektrische Generator als Starter und/oder Lichtmaschine für den Verbrennungsmotor nutzbar ist. Dadurch kann auf einen zusätzlichen Anlasser bzw. eine zusätzliche Lichtmaschine am Verbrennungsmotor verzichtet werden, wodurch Kosten und Gewicht eingespart werden können. Zudem kann durch eine entsprechende Bestromung der Statoren die Drehrichtung des Verbrennungsmotors vorgegeben werden, so dass eine Drehung entgegen der gewünschten Drehrichtung aufgrund einer ungünstigen Winkellage der Stößel auf der Arbeitsexzenterbahn sicher vermieden wird.

[0057] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass ein Verdichter im Ansaugtrakt des Verbrennungsmotors angeordnet ist. Dabei ist der Verdichter bevorzugt als elektrisch an-

getriebener Verdichter ausgebildet, um die Füllung des Arbeitsraums mit Frischluft zu verbessern und somit eine höhere Leistung des Verbrennungsmotors zu erzielen. Alternativ ist mit Vorteil vorgesehen, dass der Verdichter mechanisch von dem Verbrennungsmotor, insbesondere über eine mechanische Verbindung mit dem Antriebsrad, gekoppelt ist.

[0058] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors mit einem Gehäuse und einem Arbeitsraum, wobei der Arbeitsraum stirnseitig jeweils durch eine Endplatte begrenzt ist, wobei der Arbeitsraum in axialer Richtung jeweils durch zwischen den Endplatten beweglich angeordnete Wandelemente begrenzt ist, wobei die Wandelemente gelenkig miteinander verbunden sind, wobei ein Arbeitsmedium in dem Arbeitsraum des Verbrennungsmotors durch eine Faltbewegung der Wandelemente verdichtbar ist, wobei dem Arbeitsraum jeweils mindestens ein Einlassventil zur Versorgung des Arbeitsraums mit Frischluft und mindestens ein Auslassventil zur Abfuhr der Verbrennungsgase aus dem Arbeitsraum zugeordnet sind, und wobei das Einlassventil oder die Einlassventile in der ersten Endplatte angeordnet ist/sind und das Auslassventil oder die Auslassventile in der gegenüberliegenden Endplatte angeordnet ist/sind, bei dem das Einlassventil oder die Einlassventile bei geöffnetem Auslassventil oder geöffneten Auslassventilen geöffnet wird bzw. geöffnet werden. Dadurch wird der Gasaustausch im Arbeitsraum begünstigt, insbesondere führt das mit hohem Tempo durch das Auslassventil bzw. die Auslassventile in den Abgastrakt abströmende Abgas bei gleichzeitiger Expansion des Arbeitsraums zu einem Unterdruck im Arbeitsraum, wodurch das Einströmen von Frischluft in den Arbeitsraum begünstigt wird. Ferner kann der Unterdruck im Arbeitsraum auch durch die Abgasführung im Abgaskanal begünstigt werden.

[0059] Der erfindungsgemäße Verbrennungsmotor ist bevorzugt als Range-Extender für ein Kraftfahrzeug mit Elektromotor, Stromaggregat, als Blockheizkraftwerk oder als Antriebsmotor für ein Boot vorgesehen.

[0060] Bei einer Verwendung als Blockheizkraftwerk und/oder zur Erzeugung von elektrischer Energie im häuslichen Gebrauch kann die bei der Stromerzeugung entstehende Abwärme zum Heizen der Räumlichkeiten oder zur Aufheizung von Wasser in der Warmwasserversorgung genutzt werden.

[0061] Bei einer Verwendung als Stromaggregat kann durch die Ausbildung des Generators direkt auf der Antriebsscheibe des Verbrennungsmotors ein im Vergleich zu einem Stromaggregat mit Kolbenmotor kurzer und leichter Antriebsstrang ausgebildet werden, wodurch die Effizienz bzw. der Wirkungsgrad steigen und gleichzeitig das Gewicht des Verbren-

nungsmotors bzw. des Stromaggregats gering gehalten werden.

[0062] Ferner ist der erfindungsgemäße Verbrennungsmotor als Antrieb für ein Schiff vorgesehen. Zum einen kann durch das verglichen mit anderen Verbrennungsmotoren bei gleicher Leistung hohe Drehmoment ein direkter und effizienter mechanischer Antrieb einer Schiffsschraube durch den Verbrennungsmotor erfolgen. Zum anderen gibt es bei Großschiffen ein Bestreben, einen großen, viel Bau- raum benötigenden Kolbenmotor durch einen Elektroantrieb zu ersetzen. Ein wesentlicher Nachteil bestehender Schiffsantriebe mit Kolbenmotor liegt darin, dass der Kolbenmotor einen hohen, zusammenhängenden Platzbedarf im Inneren des Schiffes hat, der als Frachtraum nicht zur Verfügung steht. Es ist möglich, eine Vielzahl kleiner, effizienter Stromerzeuger wie den vorgeschlagenen Verbrennungsmotor zu nutzen, welche sich an anderweitig schlecht nutzbaren Nischen im Bootsrumpf anordnen lassen und beispielsweise über eine elektrische Verschaltung oder ein Summengetriebe für den Fahrstrom des Schiffes sorgen können. Der Strom dieser Verbrennungsmotoren kann an mehrere kleine Elektrotriebemotoren geleitet werden, welche jeweils mit einem kurzen Wellenstumpf der Schiffsschraube in Eingriff stehen und somit das Boot antreiben. Vorteilhaft ist dabei, dass sich der erfindungsgemäße Verbrennungsmotor sowohl horizontal als auch vertikal einbauen lässt.

[0063] Die verschiedenen in dieser Anmeldung genannten Ausführungsformen der Erfindung sind, sofern im Einzelfall nicht anders ausgeführt, mit Vorteil miteinander kombinierbar.

[0064] Die Erfindung wird im Folgenden anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 eine erste Schnittdarstellung eines erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors mit Faltbrennkammer;

Fig. 2 eine weitere Schnittdarstellung eines erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors mit Faltbrennkammer;

Fig. 3 die Exzenterbahnen einer Antriebsscheibe des erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors;

Fig. 4 ein Gehäuse eines erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors mit Einlass- und Auslassventilen des Arbeitsraums;

Fig. 5 ein zusammengesetztes Gehäuse des erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors sowie eine Explosionsdarstellung einer Antriebsscheibe des Verbrennungsmotors;

Fig. 6 eine Darstellung des Verbrennungsmotors mit zusammengesetztem Gehäuse und am Gehäuse angeordneter Antriebsscheibe;

Fig. 7 den Verbrennungsmotor aus **Fig. 6**, wobei der Verbrennungsmotor in einer Motorhalterung gelagert ist;

Fig. 8 eine weitere Schnittdarstellung durch einen erfindungsgemäßen Verbrennungsmotor mit Faltbrennkammer, wobei die Faltbrennkammer im Zustand der maximalen Kompression dargestellt ist;

Fig. 9 der Verbrennungsmotor aus **Fig. 8**, wobei die Faltbrennkammer im Zustand der maximalen Expansion dargestellt ist;

Fig. 10 ein Konzept zur Kompensation der thermischen Ausdehnung der Wandelemente eines erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors;

Fig. 11 ein Dichtkonzept für einen erfindungsgemäßen Verbrennungsmotor;

Fig. 12 ein Konzept zur Abdichtung der Stößel-elemente eines erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors;

Fig. 13 ein Dichtkonzept für die Führungsrohre eines erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors;

Fig. 14 ein Konzept zur Kompensation eines thermischen Längenausgleichs von Dichtleisten des Verbrennungsmotors;

Fig. 15 eine Detaildarstellung der Dichtung an den Gelenkachsen;

Fig. 16 eine weitere Detaildarstellung der Dichtung an den Gelenkachsen;

Fig. 17 eine Detaildarstellung einer Gelenkachse in der Seitenansicht;

Fig. 18 eine Detaildarstellung einer Gelenkachse in einer Draufsicht auf eine Stirnseite;

Fig. 19 ein erstes Ausführungsbeispiel für die Anordnung von Magneten an der Antriebsscheibe des Verbrennungsmotors;

Fig. 20 ein weiteres Ausführungsbeispiel für die Anordnung der Magneten an der Antriebsscheibe;

Fig. 21 eine zu der in **Fig. 19** dargestellten Anordnung der Magneten korrespondierende Anordnung der Statoren an dem Gehäuse des Verbrennungsmotors;

Fig. 22 eine zu der in **Fig. 20** dargestellten Anordnung der Magneten korrespondierende Anordnung der Statoren an dem Gehäuse des Verbrennungsmotors; und

Fig. 23 eine alternative Ausführungsform des Verbrennungsmotors mit einer geänderten Exzenterbahn, wodurch ein 4-Takt-Prinzip realisierbar ist.

[0065] In **Fig. 1** und **Fig. 2** ist ein erfindungsgemäßer Verbrennungsmotor **1** dargestellt. Der Verbrennungsmotor **1** umfasst einen Arbeitsraum **2**, der durch vier Wandelemente **3**, zwei Brückenelemente **4** und zwei Stößelelemente **5** begrenzt ist, welche an ihren Längsseiten über Gelenke **6** miteinander verbunden sind. Die beiden Brückenelemente **4** und die beiden Stößelelemente **5** sind jeweils gegenüberliegend angeordnet. Der Arbeitsraum **2** ist als eine Faltbrennkammer ausgebildet, welche an ihren Stirnseiten durch zwei in **Fig. 1** nicht dargestellte Endplatten **7a**, **7b** eines Gehäuses **8** begrenzt ist. Die Wandelemente **3**, die Brückenelemente **4** und die Stößelelemente **5** sind beweglich zwischen den Endplatten **7a**, **7b** angeordnet, so dass sich ein geschlossener Arbeitsraum **2** in Form einer Faltbrennkammer ergibt. Ein Arbeitsmedium in dem Arbeitsraum **2** des Verbrennungsmotors **1** kann durch eine Faltbewegung der Wandelemente **3** verdichtet werden. In **Fig. 1** ist der Arbeitsraum **2** im Zustand der maximalen Kompression dargestellt, wobei sich der Arbeitsraum **2** auf einen im Wesentlichen ovalen, rohrförmigen Querschnitt in der Mitte des Arbeitsraums **2** verjüngt. In der Mitte des Arbeitsraums **2** ist ein Gemischbildungsrohr **53** angeordnet, welches jeweils von den Endplatten **7a**, **7b** beabstandet ist, um ein Ausströmen des Gases aus einem vom Gemischbildungsrohr **53** umgebenen Gemischbildungsraum in den übrigen Arbeitsraum **2** zu ermöglichen. Die Wandelemente **3** sind über Gelenke **6** mit Stößelelementen **5** verbunden. Die Stößelelemente **5** sind jeweils auf einem Gleitbolzen **9** geführt, welcher mittels einer Gleitbolzenfeder **10** an einem Befestigungselement **12** gelagert ist. Dabei sind zwei Stößelelemente **5** vorgesehen, welche um 180° versetzt zueinander angeordnet sind. An den Stößelelementen **5** sind Rollen **14** angeordnet, mit welchen die Stößelelemente **5** zwischen einer Starterexzenterbahn **15** und einer in **Fig. 3** dargestellten Arbeitsexzenterbahn **71** geführt werden und somit die translatorische Bewegung der Stößelelemente **5** in eine Drehbewegung umsetzen können.

[0066] Ebenfalls um 180° versetzt zueinander und um 90° versetzt zu den Stößelelementen **5** sind zwei Führungsrohre **11** vorgesehen, welche durch den Arbeitsraum **2** und durch eine Mantelfläche des Gemischbildungsrohrs **53** in den Gemischbildungsraum eindringen. Die Führungsrohre **11** sind an Befestigungselementen **12** fixiert. In einem der Führungsrohre **11** ist eine Einspritzdüse **22** angeordnet, welche das Gemischbildungsrohr **53** durchdringt und an ihrem dem Gemischbildungsrohr **53** abgewandten Ende mit einer Kraftstoffleitung **23** verbunden ist. In dem anderen Führungsrohr **11** ist ein Zündelement **24** angeordnet, welches an einer der Einspritzdüse

22 gegenüberliegenden Stelle des Gemischbildungsrohrs **53** dessen Mantelfläche durchdringt und somit ein Verbrennungsgemisch im Gemischbildungsraum zünden kann. Das Zündelement **24** ist über ein Zündkabel **25** mit einer nicht dargestellten Spannungsquelle verbunden, über die ein Zündimpuls an dem Zündelement **24** ausgelöst werden kann.

[0067] In **Fig. 1** und **Fig. 2** ist jeweils eine Frontansicht des erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors **1** dargestellt, wobei in der Frontansicht ein Blick auf die Einlassventile **20** dargestellt ist. Die Einlassventile **20a**, **20b** sind derart in der Endplatte **7a** integriert, dass sie fluchtend mit dem Gemischbildungsrohr **53** angeordnet sind. Zwischen den Führungsrohren **11** und den Befestigungselementen **12** sind Führungsrohrstützen **65** angeordnet, welche mit dem Gehäuse **8** des Verbrennungsmotors **1** über Verbindungselemente **47**, vorzugsweise über Schrauben, fixierbar sind.

[0068] In **Fig. 3** ist ein Schnitt entlang einer Antriebscheibe **16** des Verbrennungsmotors **1** dargestellt. An der Antriebsscheibe **16** ist eine Exzenterbahn **62** ausgebildet, über welche die Stößelemente **5** abrollen können und die translatorische Bewegung der Stößelemente **5** in eine Rotationsbewegung der Antriebsscheibe **16** umsetzen können. Die Exzenterbahn **62** umfasst eine Starterexzenterbahn **15** und eine Arbeitsexzenterbahn **71**, zwischen welchen die Rollen **14** der Stößelemente **5** geführt sind. Ferner sind in **Fig. 3** zur Orientierung das Gemischbildungsrohr **53**, die Einlassventile **20** sowie die Einspritzdüse **22** und das Zündelement **24** dargestellt.

[0069] In **Fig. 4** ist das Gehäuse **8** des Verbrennungsmotors **1** dargestellt. Der Arbeitsraum **2** ist an den jeweiligen Stirnseiten durch die Endplatten **7a**, **7b** verschlossen, wobei die Endplatten **7a**, **7b** in das Gehäuse **8** integriert sind. Alternativ können die Endplatten **7a**, **7b** auch als separate Bauteile, insbesondere als Baugruppen eines Einlasstraktes **17** oder eines Abgastraktes **18**, ausgebildet sein. Wie in **Fig. 6** zu sehen, sind die Stößelemente **5** mit den Hohlstößeln **13** auf dem Gleitbolzen **9** geführt und weisen Rollen **14** auf, welche entlang der Exzenterbahn **62** abrollen können.

[0070] Der Einlasstrakt **17** umfasst einen Gehäuseabschnitt, in welchem mindestens ein Einlassventil **20** angeordnet ist. Zusätzlich zu dem Einlassventil **20** kann ein ungeregeltes Ventil **75**, vorzugsweise ein Flatterventil, vorgesehen werden, welches bei geschlossenem Einlassventil **20** an einem Schaft des Einlassventils **20** abdichtet und somit ein Rückströmen der Frischluft in den stromaufwärts des unregulierten Ventils **75** liegenden Abschnitt des Einlasstrakts **17** unterbindet. Der Abgastrakt **18** liegt an einer dem Einlasstrakt **17** gegenüberliegenden Stirnseite des Gehäuses **8**. Der Abgastrakt **18** umfasst min-

destens ein Auslassventil **21**, welches eine Verbindung von dem Arbeitsraum **2** zu einem Abgaskanal **42** öffnet oder verschließt. Das Einlassventil **20** und das Auslassventil **21** können jeweils über ein elektromagnetisches Stellelement **43**, vorzugsweise einen Hubmagneten, betätigt werden.

[0071] Das Gehäuse **8** umfasst zwei Gehäusehälften **8a**, **8b**, welche vorzugsweise an einer Symmetrieebene des Arbeitsraums **2** geteilt sind. An einer Gehäusehälfte **8a**, **8b**, vorzugsweise an der dem Einlasstrakt **17** zugewandten Gehäusehälfte **8a**, ist ein ungeregeltes Ventil **79**, beispielsweise ein federbelastetes Ventil oder ein Flatterventil, vorgesehen, um ein Einströmen von Umgebungsluft in das Gehäuse **8** zu ermöglichen, wenn sich der Arbeitsraum **2** kontrahiert und ansonsten ein Unterdruck im Gehäuse **8** entstehen würde. Die beiden Gehäusehälften **8a**, **8b** können mittels Verbindungselementen **47**, vorzugsweise mittels Schrauben, miteinander fixiert werden, wodurch eine kraftschlüssige Verbindung zwischen den Gehäusehälften **8a**, **8b** entsteht. Alternativ oder zusätzlich ist auch ein Formschluss zwischen den beiden Gehäusehälften **8a**, **8b** denkbar, wodurch eine Lageorientierung der Gehäusehälften **8a**, **8b** zueinander verbessert werden kann. An der Verbindungsstelle der Gehäusehälften **8a**, **8b** umfasst das Gehäuse **8** ein Führungsgehäuse **46** zur Führung der Antriebsscheibe **16**.

[0072] In **Fig. 5** ist das Gehäuse aus **Fig. 4** mit der Antriebsscheibe **16** dargestellt. Die Antriebsscheibe **16** ist als Hohlscheibe ausgeführt und umfasst zwei Scheibenhälften **45**. Die Antriebsscheibe **16** ist mittels Wälzlagern **48**, vorzugsweise mittels Kugellagern oder Rollenlagern, drehbar auf dem Gehäuse **8** gelagert. An den Außenflächen **83** der Antriebsscheibe **16** sind Magneten **72** angeordnet, welche mit auf dem Gehäuse **8** angeordneten Statoren **73** in Wirkverbindung treten können.

[0073] In **Fig. 6** ist eine Schnittdarstellung eines zusammengebauten Verbrennungsmotors **1** dargestellt. Anhand der Darstellung soll im Folgenden die Funktionsweise des Verbrennungsmotors **1** anhand eines vollständigen Arbeitszyklus dargestellt werden. Zum Start des Verbrennungsmotors **1** befindet sich eine Arbeitsraumbegrenzung, umfassend die Wandelemente **3**, die Brückenelemente **4** und die Stößelemente **5**, in einer beliebigen Position. Aus dieser Position wird die Antriebsscheibe **16** des Verbrennungsmotors **1** durch einen in der Antriebsscheibe **16** integrierten Anlasser **70**, welcher die Magneten **72** und die Statoren **73** umfasst, in eine Drehung versetzt, wobei die von den Hohlstößeln **13** angeordneten Stößelemente **5** über die mit der Starterexzenterbahn **15** und der Arbeitsexzenterbahn **71** verbundenen Rollen **14** in Bewegung gesetzt werden. Dabei können in dieser Anlaufphase die Einlassventile **20** und Auslassventile **21** noch weitestgehend un-

abgestimmt zueinander geöffnet werden, oder insbesondere komplett geöffnet werden, bis die Antriebs-scheibe **16** eine vorbestimmte Mindestdrehzahl erreicht hat. Bei Erreichen der Mindestdrehzahl werden die Einlassventile **20** und die Auslassventile **21** verschlossen und Kraftstoff über die Einspritzdüsen **22** in den Arbeitsraum **2**, vorzugsweise in den Gemischbildungsraum, eingespritzt. Die Beschreibung des Kreisprozesses beginnt im Folgenden mit dem Öffnen der Auslassventile **21**. Das Abgas aus dem Arbeitsraum **2** strömt über die Auslassventile **21** in den Abgastrakt **18** und von dort aus weiter in ein Abgasrohr **42**. Nach Öffnen der Auslassventile **21** werden bei noch geöffneten Auslassventilen **21** die Einlassventile **20** geöffnet, wobei durch das Abströmen des Abgases ein Sog entsteht, welcher das Einströmen von Frischluft durch die Einlassventile **20** in den Arbeitsraum **2** begünstigt. Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Arbeitsraums **2** mit gegenüberliegenden Einlass- und Auslassventilen **20**, **21** lässt sich die Abgasenergie über die Sogwirkung einfach und effizient nutzen. Nachdem die Auslassventile **21** über die elektromagnetischen Stellelemente **43** geschlossen wurden, findet über die noch geöffneten Einlassventile **20** eine Nachladung der in den Arbeitsraum **2** einströmenden Frischluft statt. Der Gaswechsel findet bevorzugt im Bereich der maximalen Expansion des Arbeitsraums **2** statt. Durch das ungedrosselte Einströmen der Frischluft erfolgt im Gegensatz zu aufgeladenen Kolbenmotoren keine Erwärmung der Frischluft, wodurch eine bessere Füllung des Arbeitsraums **2** und somit ein höherer Wirkungsgrad erreicht wird. Nachdem die Einlassventile **20** geschlossen sind, beginnt die Kompression der Frischluft im Arbeitsraum **2**. Nach einer Vorverdichtung der Frischluft wird mittels der Einspritzdüse **22** Kraftstoff in den Gemischbildungsraum eindosiert. Das so in dem Gemischbildungsraum entstehende Verbrennungsgemisch wird durch die weitere Kompression der sich auf die Mitte zubewegenden Wandlelemente **3** zu einem zündfähigen Verbrennungsgemisch aufbereitet. Dabei wird das zündfähige Verbrennungsgemisch bis zur Zündung durch das Zündelement **24** im Wesentlichen im Gemischbildungsraum gehalten und ist von Frischluft im übrigen Arbeitsraum **2** umgeben. Durch die mittels des Zündelements **24** eingeleitete Zündung des Verbrennungsgemischs findet eine explosionsartige, starke Expansion des Gases im Gemischbildungsraum statt, einhergehend mit einem starken Druck- und Temperaturanstieg im gesamten Arbeitsraum **2**. Dabei kommt es zu einer Vermischung des Verbrennungsgemischs im Gemischbildungsraum mit der Frischluft im übrigen Arbeitsraum **2**, wodurch der Druck im Arbeitsraum **2** erhöht wird, der Arbeitsraum **2** expandiert und die Wandlelemente **3**, die Brückenelemente **4** sowie die Stößelemente **5** nach außen drückt.

[0074] Eine Effizienzsteigerung gegenüber konventionellen Verbrennungsmotoren wird dadurch er-

reicht, dass die Arbeitsraumbegrenzung nicht direkt mit dem heißen Explosionsgas beaufschlagt wird, sondern die Verbrennung im Wesentlichen in der Mitte des Arbeitsraums **2**, insbesondere im Gemischbildungsraum, abläuft und dadurch weniger Energie über die Wandlelemente **3** in einen Kühlkreislauf oder die Umgebung abgeführt wird.

[0075] Bevorzugt ist der Verbrennungsmotor **1** als Zweitakt-Schichtladungsmotor ausgebildet, wobei die Einlassventile **20** durch zusätzliche Flatterventile **75** ergänzt werden, welche sich im Einlassstrakt **17** stromaufwärts der Einlassventile **20** befinden und so nach dem Schließen der Einlassventile **20** über die noch nachströmende Frischluft einen Nachladeeffekt im Einlassstrakt **17** zwischen den Flatterventilen **75** und den Einlassventilen **20** erfolgt. Alternativ zu mehreren Einlass- und Auslassventilen **20**, **21** kann auch jeweils nur ein Einlassventil **20** und ein Auslassventil **21** vorhanden sein. Zusätzlich lässt sich eine Kammer **77** im Einlassstrakt **17** über einen Durchlass in der Endplatte **7a** mit einem Innenraum **78** des Gehäuses **8** verbinden, welcher außerhalb des Arbeitsraums **2** des Verbrennungsmotors **1** und somit außerhalb der Arbeitsraumbegrenzung liegt. Dabei ist in dem Durchlass ein ungeregeltes Ventil **52**, vorzugsweise ein federbelastetes Ventil oder ein Flatterventil, vorgesehen, welches in geöffnetem Zustand ein Strömen von Frischluft aus dem Gehäuse **8** in die Kammer **77** erlaubt. Somit kann bei einer Expansion des Arbeitsraums **2** die Luft in der Kammer **77** vorverdichtet werden und somit bei Öffnen des Einlassventils **20** in den Arbeitsraum **2** einströmen. Die vier Wandlelemente **3** sind an ihren dem Gemischbildungsrohr **53** zugewandten Innenseiten so geformt, dass sie eine optimale Brennraumform ergeben. Das hitzebeständige und vorzugsweise aus einem keramischen Werkstoff bestehende Gemischbildungsrohr **53** sorgt für eine stabile Konzentration des Verbrennungsgemischs im Bereich des Zündelements **24**. Die Kraftstoffeinspritzung in den Gemischbildungsraum sowie die Verdichtung bewirken, dass sich das zündfähige Verbrennungsgemisch im Wesentlichen im Bereich des Zündelements **24** befindet, so dass sich dadurch auch sehr geringe Mengen von Kraftstoff in eine zündfähige Gemischwolke verwandeln und zünden lassen. Der Gemischbildungsprozess wird durch die Wärmeübertragung und Verdampfung des Kraftstoffes an den Wänden des vorzugsweise keramischen oder mit einer keramischen Beschichtung versehenen Gemischbildungsrohrs **53** begünstigt.

[0076] Die Einspritzung des Kraftstoffs in den Gemischbildungsraum erfolgt über eine Einspritzdüse **22**, welche vorzugsweise als Mehrlochdüse ausgebildet ist. Dabei sind die Geometrie des Spraykegels sowie die Anzahl und Größe der Spritzlöcher der Einspritzdüse **22** so gewählt, dass es zu einer möglichst feinen Zerstäubung des Kraftstoffs im Ge-

mischbildungsraum und einer entsprechenden Vermischung mit der Frischluft im Gemischbildungsraum kommt. Das Gemischbildungsrohr **53** bewirkt, dass die heißen Expansionsgase zwar die umgebende Frischluft erhitzen, nicht jedoch in ähnlichem Maße die Wandelemente **3**. Dazu bewirkt das Gemischbildungsrohr **53**, dass die heißen Verbrennungsgase aus dem Gemischbildungsraum nicht direkt mit den Wandelementen **3** in Kontakt treten, so dass nur eine vergleichsweise geringe oder gar keine Kühlung des Verbrennungsmotors **1** notwendig ist.

[0077] Das Gehäuse **8** des Verbrennungsmotors **1** ist an seiner dem Arbeitsraum **2** zugewandten Seite so geformt, dass sich ein geeigneter Abstand zu den Wandelementen **3** im expandierten Zustand des Arbeitsraums **2** ergibt, wodurch sich Druckunterschiede, welche sich durch die Bewegung der Wandelemente **3** ergeben, optimal zur Druckerhöhung der Frischluft über den Durchlass in der Kammer **77** nutzen lassen. Dazu schließt das Ventil **79**, sobald im Gehäuse ein gegenüber der Umgebung erhöhter Druck herrscht und es öffnet sich das Ventil **52**, um ein Einströmen der Luft aus dem Gehäuse **8** in die Kammer **77** zu ermöglichen.

[0078] Die Kühlung und die Ölversorgung des Verbrennungsmotors **1** erfolgt über einen in **Fig. 7** dargestellten Ölkreislauf. An einer Außenfläche des Gehäuses **8** sind Wälzlager **48** zur Lagerung der Antriebsscheibe **16** angeordnet. Die Antriebsscheibe **16** in Form eines Exzentergehäuses ist an ihren Außenflächen **83** mit Magneten **72** versehen, welche sich vorzugsweise gleichmäßig über den Umfang verteilt an den jeweiligen Außenflächen **83** der Antriebsscheibe **16** befinden. An dem Gehäuse **8** sind den Magneten **72** gegenüberliegende Statoren **73** vorgesehen. Durch eine Drehung der Antriebsscheibe **16** wird durch die Magneten **72** an den Statoren **73** ein Strom induziert, welcher direkt an einen Verbraucher, insbesondere einen Antriebsmotor eines Kraftfahrzeuges, oder an einen Speicher, insbesondere an einen Batteriespeicher, weitergeleitet werden kann.

[0079] Über die Statoren **73** kann durch eine entsprechende Ansteuerung eine Drehung der Antriebsscheibe **16** induziert werden, so dass diese Statoren **73** als Starter für den Verbrennungsmotor **1** genutzt werden können. Ferner ist über die Statoren **73** und die Magneten **72** eine Stabilisierung der Drehzahl des Verbrennungsmotors **1**, insbesondere einer Leerlaufdrehzahl, möglich, so dass der Verbrennungsmotor **1** zum einen mit einer vergleichsweise geringen Drehzahl betrieben werden kann und zum anderen ein zusätzliches Schwungrad zur Drehzahlstabilisierung entfallen kann. Die Anordnung der Magneten **72** ist in **Fig. 19** und **Fig. 20** dargestellt. Die Magneten **72** können sowohl, wie in **Fig. 19** dargestellt, auf einem Durchmesser am Umfang der Antriebsscheibe **16** als auch, wie in **Fig. 20** dargestellt, auf mehre-

ren Durchmessern am Umfang der Antriebsscheibe **16** angeordnet sein. Durch die Anordnung auf mehreren Durchmessern kann in vereinfachter Form, d.h. ohne eine komplexe Stromregelung der Statoren **73**, die Antriebsscheibe **16** zur elektronischen Schwungscheibe **69** oder zum Anlasser **70** modifiziert werden. Dabei ist bevorzugt der äußere, größere Durchmesser für die Stromgewinnung im Betrieb des Verbrennungsmotors **1** vorgesehen, während die Starterfunktion auf dem inneren Durchmesser realisiert ist.

[0080] In **Fig. 21** und **Fig. 22** sind die jeweils zu den Magnetanordnungen in **Fig. 19** bzw. **Fig. 20** passenden Statoren **73** dargestellt.

[0081] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors **1** liegt darin, dass sich die Wandelemente **3** während der Expansion selbst abbremsen, wenn die vier Wandelemente **3** die Form einer Raute eingenommen haben, wodurch die Rollen **14** in der Arbeitsexzenterbahn **71** entlastet werden. Auch die Lagerung der Antriebsscheibe **16** über die Wälzlager **48** kann durch gegenüberliegende Kraftwirkung der Rollen **14** auf die Arbeitsexzenterbahn **71** entlastet werden.

[0082] Über die Formgebung der Exzenterbahn **61**, **62** lässt sich der Verbrennungsmotor **1** entweder, wie in **Fig. 1** und **Fig. 2** dargestellt, als Zweitakt-Motor oder, wie in **Fig. 23** dargestellt, als Viertakt-Motor betreiben. Im Viertaktverfahren finden bei einer vollständigen Drehung der Antriebsscheibe **16** um 360° vier Takte mit einem verbrennungsinduzierten Expansionsstakt statt. Im bevorzugten Zweitakt-Verfahren finden bei einer Drehung der Antriebsscheibe **16** um 360° ebenfalls vier Takte, also zwei verbrennungsinduzierte Expansionsstakte statt.

[0083] In **Fig. 7** ist der Verbrennungsmotor **1** aus **Fig. 6** um einen Ölkreislauf sowie um eine Motorlagerung **19** ergänzt dargestellt. Der Ölkreislauf umfasst ein Ablaufrohr **51**, einen Vorratsbehälter **54**, eine Ölpumpe **55**, eine Ölzuleitung **56** sowie einen Wärmetauscher **59**. Das Ablaufrohr **51** verbindet das Gehäuse **8** des Verbrennungsmotors **1** mit dem Wärmetauscher **59** sowie mit einem dem Wärmetauscher **59** nachgeschalteten Vorratsbehälter **54**. Aus dem Vorratsbehälter **54** wird das Öl mittels der Ölpumpe **55** über die Ölzuleitung **56** wieder zurück in das Gehäuse **8** des Verbrennungsmotors **1** gefördert. Um die Schmierung des Verbrennungsmotors **1** im Bereich der Wandelemente **3** zu verbessern und um gegebenenfalls eine zusätzliche Kühlung der Wandelemente **3** zu ermöglichen, sind in dem Ölkreislauf Ölsprühdüsen **57** vorgesehen, welche über die Ölzuleitung **56** mittels der Ölpumpe **55** gespeist werden.

[0084] Die Motorlagerung **19** umfasst einen Rahmen **81** und Dämpfungselemente **84**, wobei an einer Kontaktstelle zwischen dem Rahmen **81** und dem Ge-

häuse 8 des Verbrennungsmotors 1 oder den mit dem Gehäuse 8 verbundenen Anbauteilen 17, 18, insbesondere mit dem Gehäuse 8 verbundenen Teilen des Einlasstrakts 17 und/oder des Abgastrakts 18, die Dämpfungselemente 84 angeordnet sind, um eine mechanische Entkopplung des Verbrennungsmotors 1 und einem Kraftfahrzeug, in dem der Verbrennungsmotor 1 eingebaut ist, zu ermöglichen.

[0085] In Fig. 8 ist ein weiterer Schnitt durch einen erfindungsgemäßen Verbrennungsmotor 1 dargestellt. Bei weitestgehend gleichem Aufbau zu dem Verbrennungsmotor 1 in Fig. 1 wird im Nachfolgenden nur auf die Unterschiede eingegangen. Die Wandelemente 3, die Brückenelemente 4 sowie die Stößelemente 5 weisen Führungsnuten 36 mit Ausbuchtungen 41 auf. Der Arbeitsraum 2 wird über Dichtelemente gegenüber den Endplatten 7a, 7b abgedichtet, wobei die Dichtelemente vorzugsweise als Dichtleisten 35 in den Stirnseiten der Wandelemente 3 ausgebildet sind. Die Dichtleisten 35 sind in den Führungsnuten 36 angeordnet, wobei zwischen den Dichtleisten 35, wie in Fig. 10 und Fig. 11 dargestellt, Dehnungsfugen 39 vorgesehen sind, welche einen thermischen Längenausgleich der Dichtleisten 35 ermöglichen. An den jeweiligen Dehnungsfugen 39 ist im Bereich der Ausbuchtung 41 eine Fugendichtleiste 40 vorgesehen, welche mit den Dichtleisten 35 überlappend angeordnet ist und somit ein Gasdurchtritt durch die Dehnungsfuge 39 reduzieren. Die Dichtleisten 35 sind, wie in Fig. 14 dargestellt, durch Federelemente 38 miteinander verbunden, wobei die Federelemente 38 die Dichtleisten 35 in die Führungsnuten 36 der Wandelemente 3 drücken. Die Federelemente 38 sind über Walzen 50 in Aussparungen der Dichtleisten 35 aufgenommen. Ferner sind Federn 37 vorgesehen, welche einen Verbund aus den Dichtleisten 35 und den Fugendichtleisten 40 dichtend an die Endplatten 7a, 7b drücken und darüber hinaus vom Gasdruck im Arbeitsraum 2 so an die Dichtleisten 35 bzw. Fugendichtleisten 40 gedrückt werden, dass die Dehnungsfugen 39 der Dichtleisten 35 im Wesentlichen abgedichtet sind. Ferner sind in Fig. 8 Ölsprühdüsen 57 des Ölkreislaufs dargestellt, mit welchen die dem Arbeitsraum 2 abgewandten Seiten der Wandelemente 3 gekühlt werden können. Die Ölsprühdüsen 57 sind so eingerichtet, dass sie zusätzlich auch die Endplatten 7a, 7b mit Öl besprühen können, um die Endplatten 7a, 7b zu kühlen. Zudem ist vorgesehen, dass die Schmierung der Stößelemente 5 einschließlich der Hohlstößel 13 über die Ölsprühdüsen 57 erfolgt. Die Wandelemente 3 und die Brückenelemente 4 bzw. die Stößelemente 5 sind über Gelenkachsen 27 der Gelenke 6 miteinander verbunden, wobei zwischen den Gelenkachsen 27 und den jeweiligen, Wand-, Brücken- oder Stößelementen 3, 4, 5 in Fig. 12 dargestellte Ringdichtungen 28 vorgesehen sind.

[0086] In Fig. 9 ist ein weiterer Schnitt durch den Arbeitsraum 2 des Verbrennungsmotors 1 bei maximaler Expansion des Arbeitsraums 2 dargestellt.

[0087] Ergänzend zu der Darstellung in Fig. 2 sind die Führungsrohre 11 sowie die Kraftstoffleitung 23 und das Zündkabel 25 dargestellt. Ferner sind in Fig. 9 das Gehäuse 8 des Verbrennungsmotors 1 sowie die Gleitbolzen 9 zur Führung der Hohlstößel 13 dargestellt.

[0088] In Fig. 12 ist die Abdichtung im Bereich der Gleitbolzen 9 bzw. der Stößelemente 5 dargestellt. Der Arbeitsraum 2 wird über Dichtelemente, welche sich an den Stirnseiten der Wandelemente 3, der Stößelemente 5, der Brückenelemente 4 sowie von Gelenkachsen 27 der Gelenke 6 befinden, abgedichtet. Die Gelenkachsen 27 sind an ihren Stirnseiten mit verschiebbaren Ringdichtungen 28 versehen, die mit Hilfe von in Fig. 17 dargestellten Federn 29 für eine Abdichtung zu den Endplatten 7a, 7b sorgen und in Richtung zu den Gelenkachsen 27 mit ineinandergreifenden Dichtungssegmenten 30 versehen sind, die für die Abdichtung innerhalb der Gleitlager 31 sorgen. Zwischen den Gelenkachsen 27 sind Führungsnuten 36 mit Ausbuchtungen 41 ausgebildet, in welchen die Dichtleisten 35 bzw. die Fugendichtleisten 40 angeordnet sind.

[0089] In Fig. 13 ist die entsprechende Abdichtung an den Brückenelementen 4 im Bereich der Führungsrohre 11 dargestellt. Die Gelenkachsen 27 der Gelenke 6 sind ebenfalls mit verschiebbaren Ringdichtungen 28 in den Gleitlagern 31 abgedichtet, und zwischen den beiden Gelenkachsen 27 ist eine Führungsnut 36 mit einer Ausbuchtung 41 zur Aufnahme der Dichtleisten 35 sowie der Fugendichtleisten 40 und der dazugehörigen Federn 37, 38 vorgesehen.

[0090] In Fig. 15 und Fig. 16 sind Detaildarstellungen einer Gelenkachse 27 mit einer Ringdichtung 28 dargestellt. Die Gelenkachsen 27 sind an ihren Stirnseiten mit verschiebbaren Ringdichtungen 28 versehen, die mit Hilfe von Federn 29 für die Abdichtung zu den Endplatten 7a, 7b sorgen. An der Ringdichtung 28 ist eine Dichtleiste 35 angeschlossen, welche alternativ auch einstückig mit der Ringdichtung 28 ausgebildet sein kann. An einem der Gelenkachse 27 zugewandten Ende der Ringdichtung 28 sowie an der Gelenkachse 27 selbst sind Dichtungssegmente 30 ausgebildet, welche eine Ausrichtung der Ringdichtung 28 zur Gelenkachse 27 erleichtern und für eine zusätzliche Abdichtung innerhalb der Gleitlager 31 sorgen. An der Ringdichtung 28 ist eine Ringdichtungsnut 34 ausgebildet. An der Gelenkachse 27 ist eine Gelenkachsennut 32 zur Aufnahme einer Achsdichtleiste 33 ausgebildet, um die Dichtwirkung im Bereich der Gelenkachse 27 zu verbessern. Die Achsdichtleiste 33 ist mit ihren Enden in den Ringdichtungsnuten 34 der Ringdichtung 28 aufgenommen. An

der Gelenkachse 27 sind ferner, wie in Fig. 18 dargestellt, Stege 44 ausgebildet, welche zur Abstützung der Federn 29 an den Ringdichtungen 28 dienen. Somit werden zwischen den Stegen 44 und den Dichtungssegmenten 30 Spalte nach Art einer Labyrinthdichtung ausgebildet, wodurch die Dichtwirkung in diesem Bereich erhöht wird.

[0091] In Fig. 23a bis Fig. 23d ist ein alternatives Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors 1 dargestellt, wobei die Exzenterbahn 61 derart ausgestaltet ist, dass der Verbrennungsmotor 1 nach einem 4-Takt-Prinzip arbeitet. In Fig. 23a ist der Verbrennungsmotor 1 in einer Ausgangslage der Antriebsscheibe 16 dargestellt. In der Ausgangslage sind die Stößelemente 5 jeweils an ihrem dem Mittelpunkt des Arbeitsraums 2 zugeordneten Totpunkt. In Fig. 23b ist eine Drehung der Antriebsscheibe 16 um 45° im Uhrzeigersinn in Bezug auf die Ausgangslage dargestellt. Dabei erreicht der Arbeitsraum 2 seine maximale Expansion. Durch eine in Fig. 23c dargestellte weitere Drehung um 45° im Uhrzeigersinn, also um 90° in Bezug auf die Ausgangslage, erreicht das Stößelement 5 seinen vom Mittelpunkt entfernten Totpunkt, wobei der Arbeitsraum 2 wieder auf ein minimales Volumen komprimiert wird. In Fig. 23d ist schließlich eine weitere Drehung der Antriebsscheibe 16 um 45° im Uhrzeigersinn dargestellt, wobei der Arbeitsraum 2 in dieser Lage wieder sein maximales Volumen erreicht.

Patentansprüche

1. Verbrennungsmotor (1) mit
 - einem Gehäuse (8)
 - einem Arbeitsraum (2), wobei
 - der Arbeitsraum (2) stirnseitig jeweils durch eine Endplatte (7a, 7b) begrenzt ist, wobei
 - der Arbeitsraum (2) in axialer Richtung jeweils durch zwischen den Endplatten (7a, 7b) beweglich angeordnete Wandelemente (3) begrenzt ist, wobei
 - die Wandelemente (3) gelenkig miteinander verbunden sind, wobei
 - ein Arbeitsmedium in dem Arbeitsraum (2) des Verbrennungsmotors (1) durch eine Faltbewegung der Wandelemente (3) verdichtbar ist, und wobei
 - dem Arbeitsraum (2) jeweils mindestens ein Einlassventil (20) zur Versorgung des Arbeitsraums (2) mit Frischluft und mindestens ein Auslassventil (21) zur Abfuhr der Verbrennungsgase aus dem Arbeitsraum (2) zugeordnet sind, wobei
 - das Einlassventil (20) oder die Einlassventile (20a, 20b) in der ersten Endplatte (7a) angeordnet ist/sind und das Auslassventil (21) oder die Auslassventile in der gegenüberliegenden Endplatte (7b) angeordnet ist/sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - in dem Arbeitsraum (2) ein Gemischbildungsrohr (53) angeordnet ist.
2. Verbrennungsmotor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass an dem Arbeitsraum (2) eine Einspritzdüse (22) zum Einbringen von Kraftstoff in den Arbeitsraum (2) angeordnet ist.
3. Verbrennungsmotor (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Zündelement (24) zur Fremdzündung des Kraftstoffes an dem Arbeitsraum (2) angeordnet ist.
4. Verbrennungsmotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass Translationsmittel vorgesehen sind, welche eine Klappbewegung der Wandelemente (3) zumindest mittelbar in eine Drehbewegung einer Antriebsscheibe (16) oder einer oder mehrerer Antriebswelle(n) umsetzen.
5. Verbrennungsmotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen den Endplatten (7a, 7b) eine Antriebsscheibe (16) angeordnet ist.
6. Verbrennungsmotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Schmierung und/oder zur Kühlung der Wandelemente (3) ein Ölkreislauf vorgesehen ist.
7. Verbrennungsmotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass an den Wandelementen (3) Dichtelemente vorgesehen sind, über welche die Wandelemente (3) den Arbeitsraum (2) gegenüber den Endplatten (7a, 7b) abdichten.
8. Verbrennungsmotor (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest an einer Außenfläche (83) der Antriebsscheibe (16) Magneten (72) angeordnet sind, welche mit drehfest mit dem Gehäuse (8) des Verbrennungsmotors (1) verbundenen Statoren (73) in Wirkverbindung treten können.
9. Verbrennungsmotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse (8) oder mit dem Gehäuse (8) fest verbundene Anbauteile (17, 18) in einer Motorlagerung (19) gelagert sind.
10. Verbrennungsmotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse (8) des Verbrennungsmotors (1) teilbar ausgeführt ist.
11. Verbrennungsmotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Arbeitsraum (2) des Verbrennungsmotors (1) mit einem Abgastrakt (18) verbunden ist, wobei im Abgastrakt (18) Mittel vorgesehen sind, um ein aus dem Arbeitsraum (2) in den Abgastrakt (18) abströmendes Abgas zu beschleunigen.

12. Verbrennungsmotor (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Magneten (72) und die Statoren (73) einem elektrischen Generator zugeordnet sind.

13. Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Einlassventil (20) oder die Einlassventile (20a, 20b) bei geöffnetem Auslassventil (21) oder geöffneten Auslassventilen geöffnet wird oder geöffnet werden.

14. Verwendung eines Verbrennungsmotors (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12 als Range-Extender für ein Kraftfahrzeug mit Elektroantrieb, als Generator, als Blockheizkraftwerk oder als Antriebsmotor für ein Boot.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.1

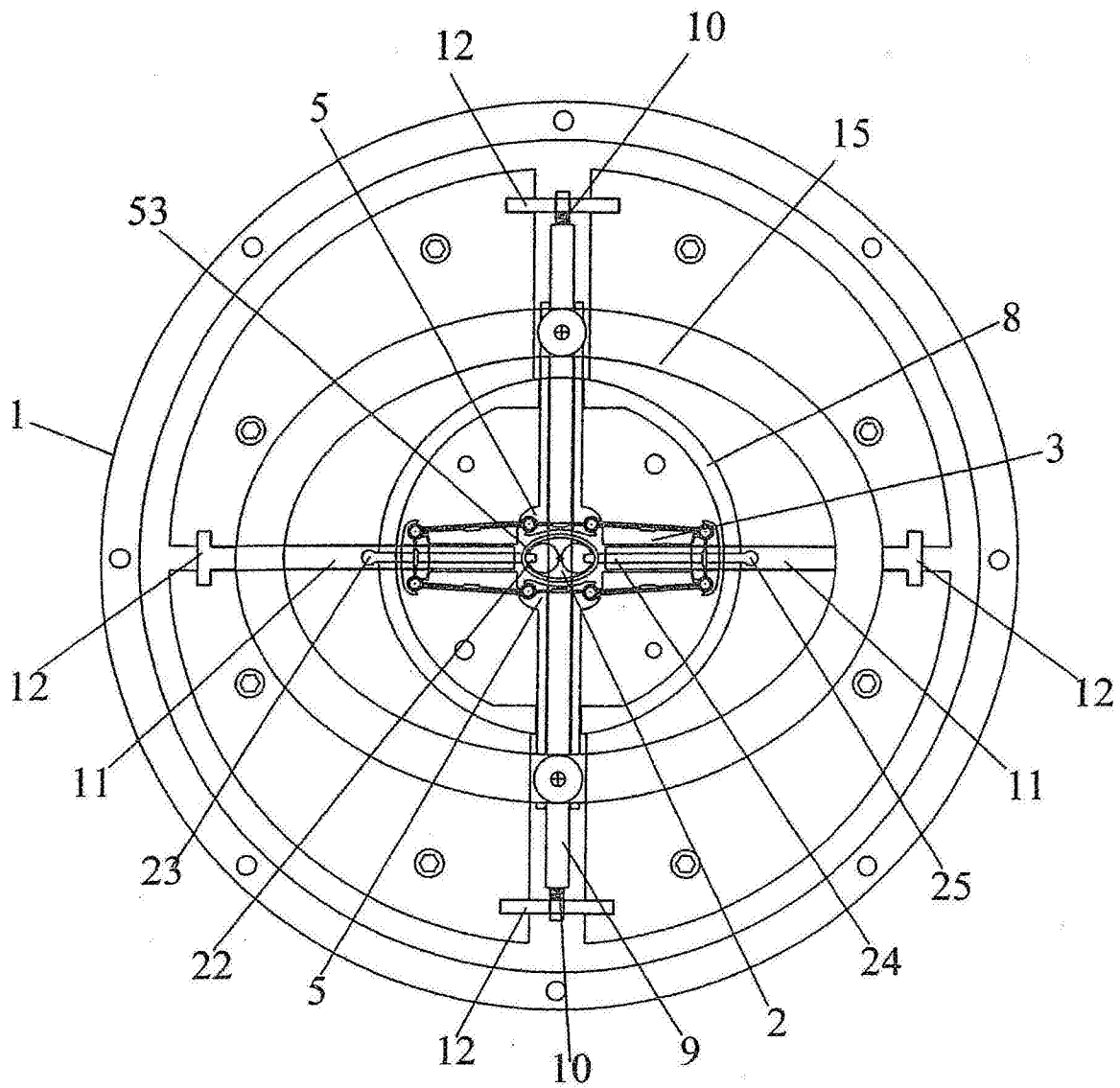


Fig.2

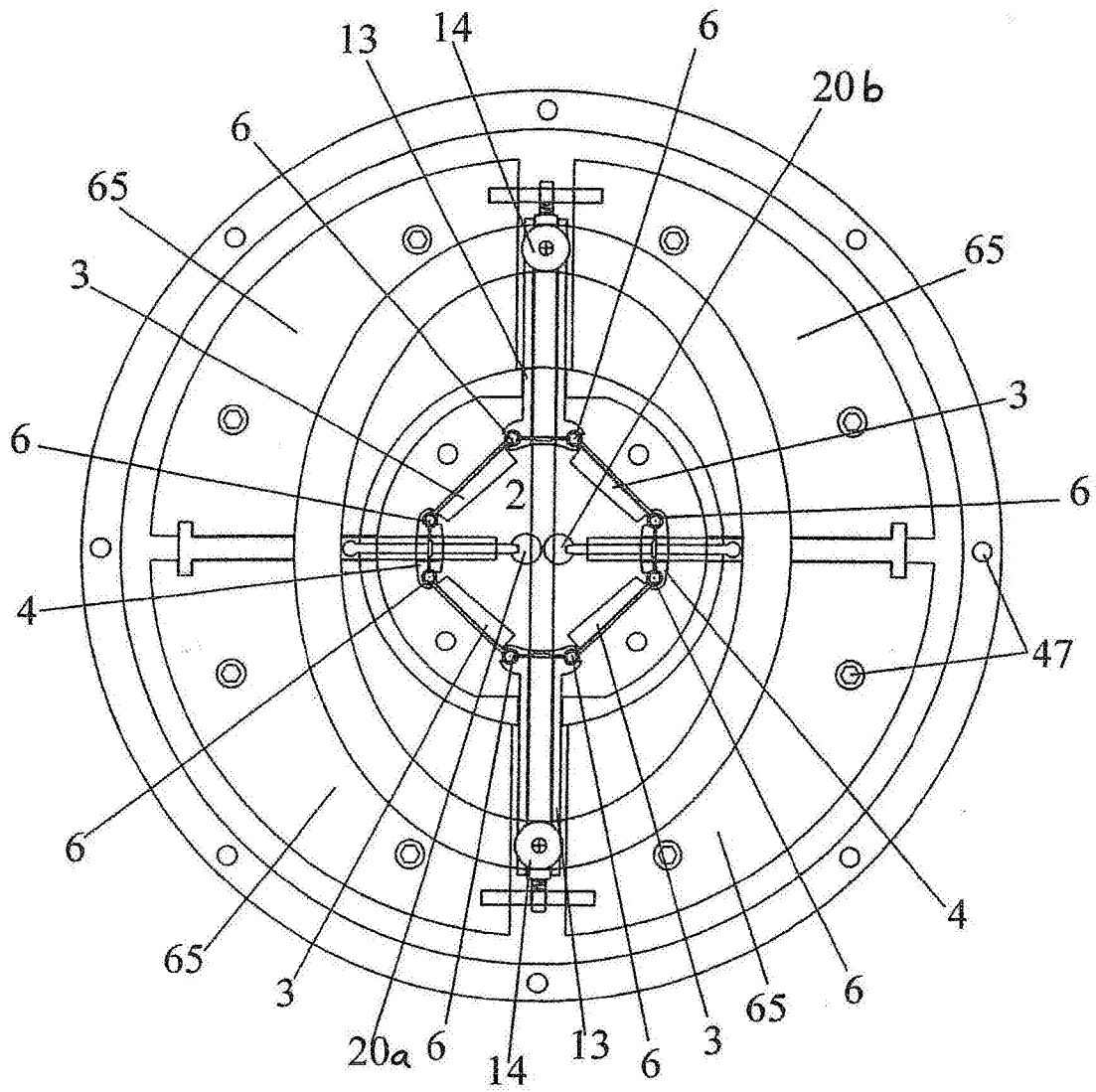


Fig.3

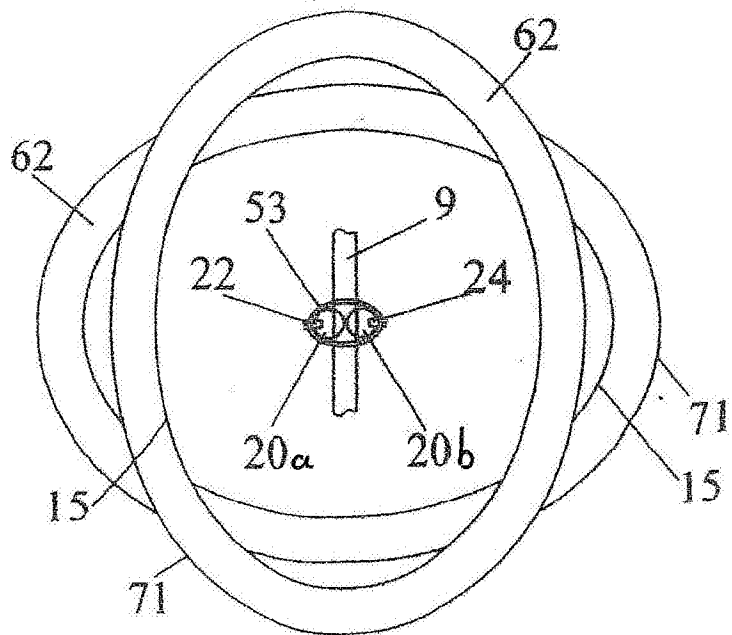
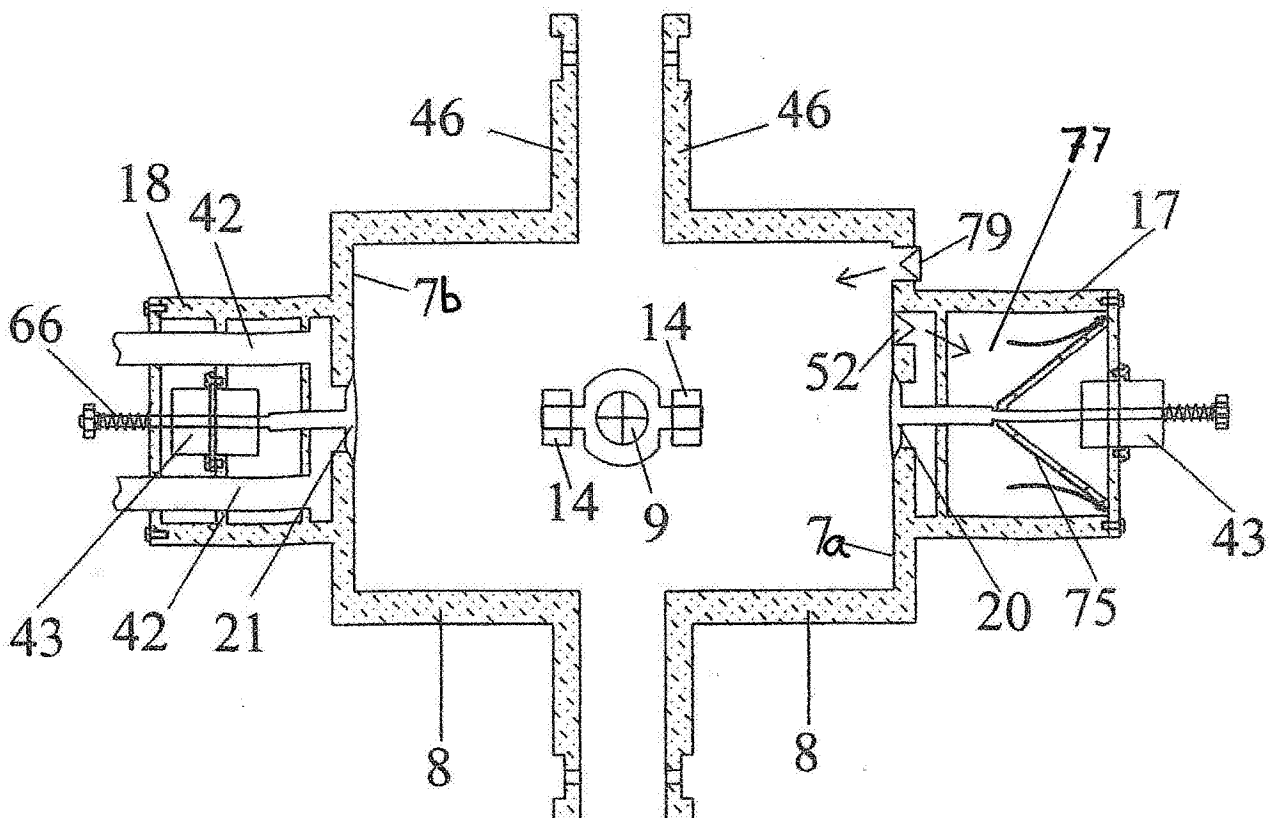


Fig. 4



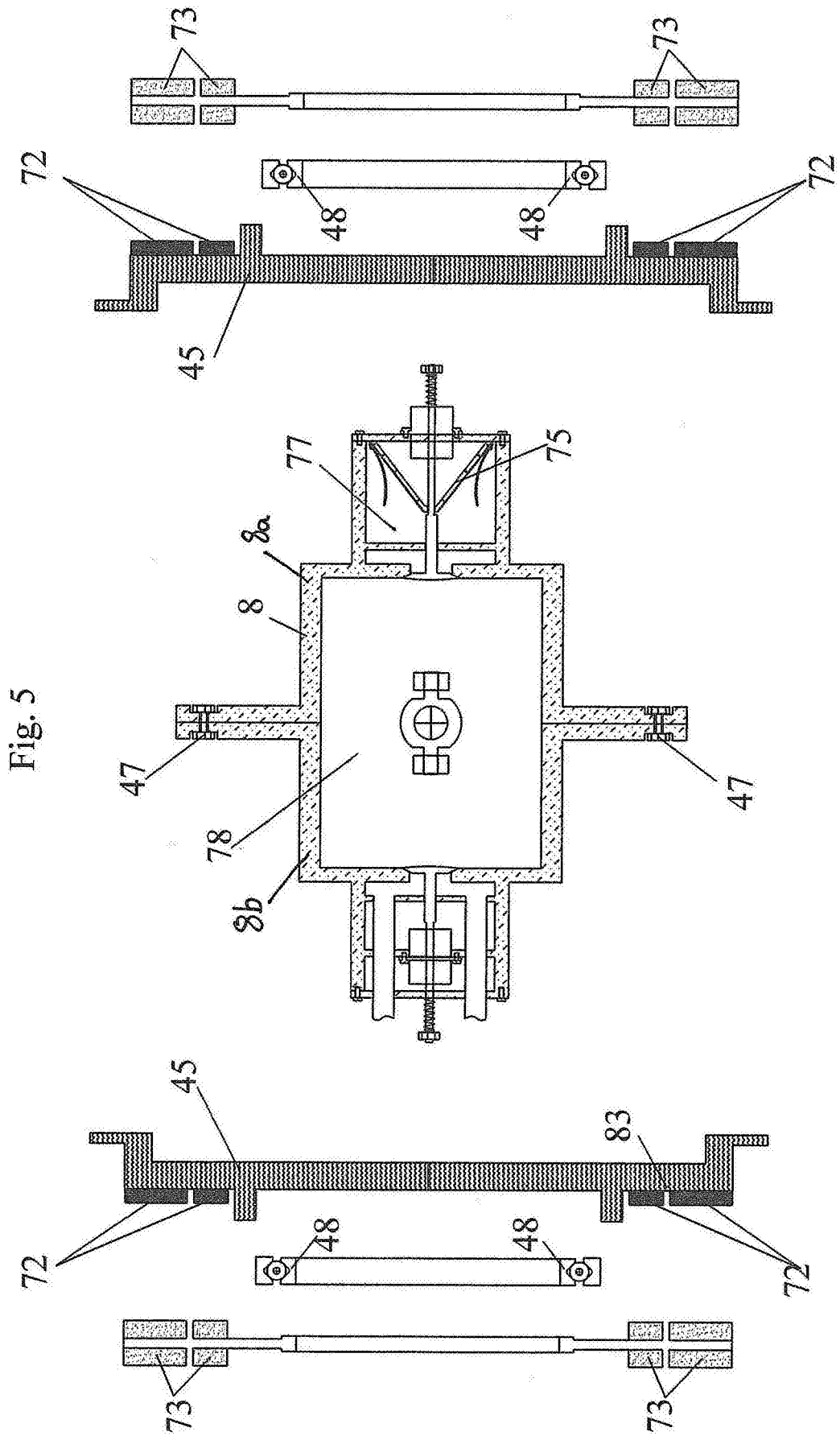


Fig.6

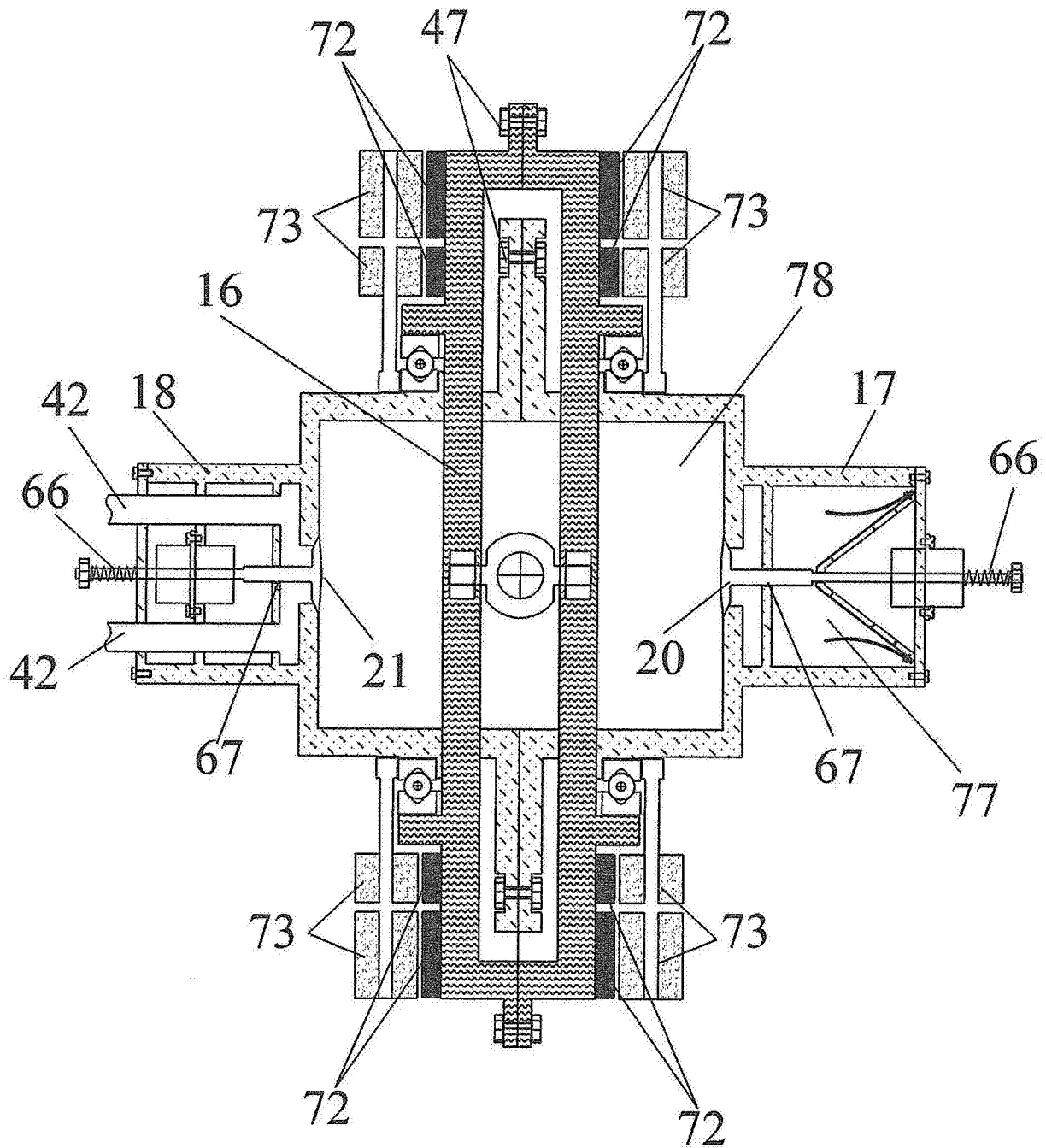


Fig. 7

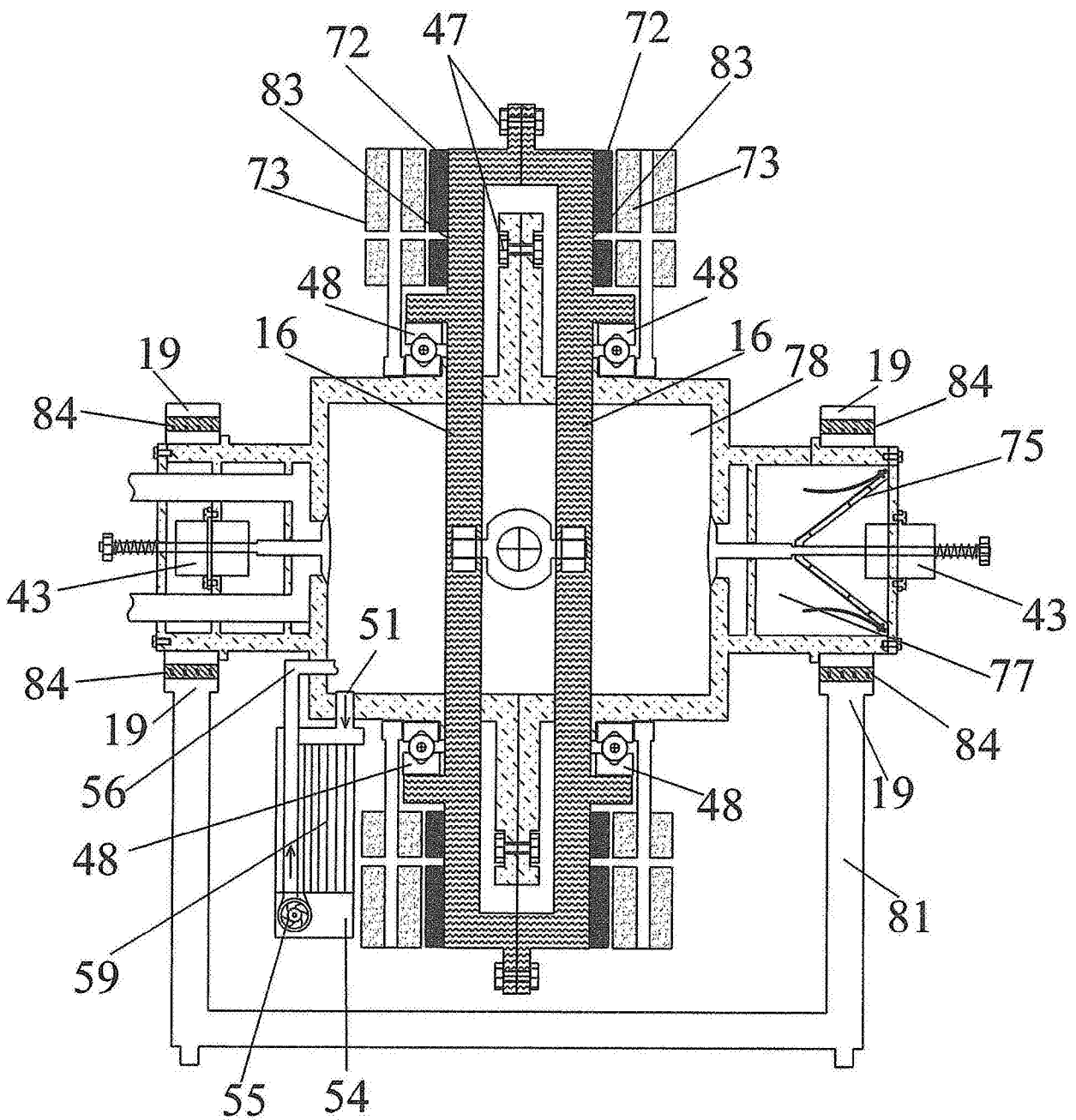


Fig. 8

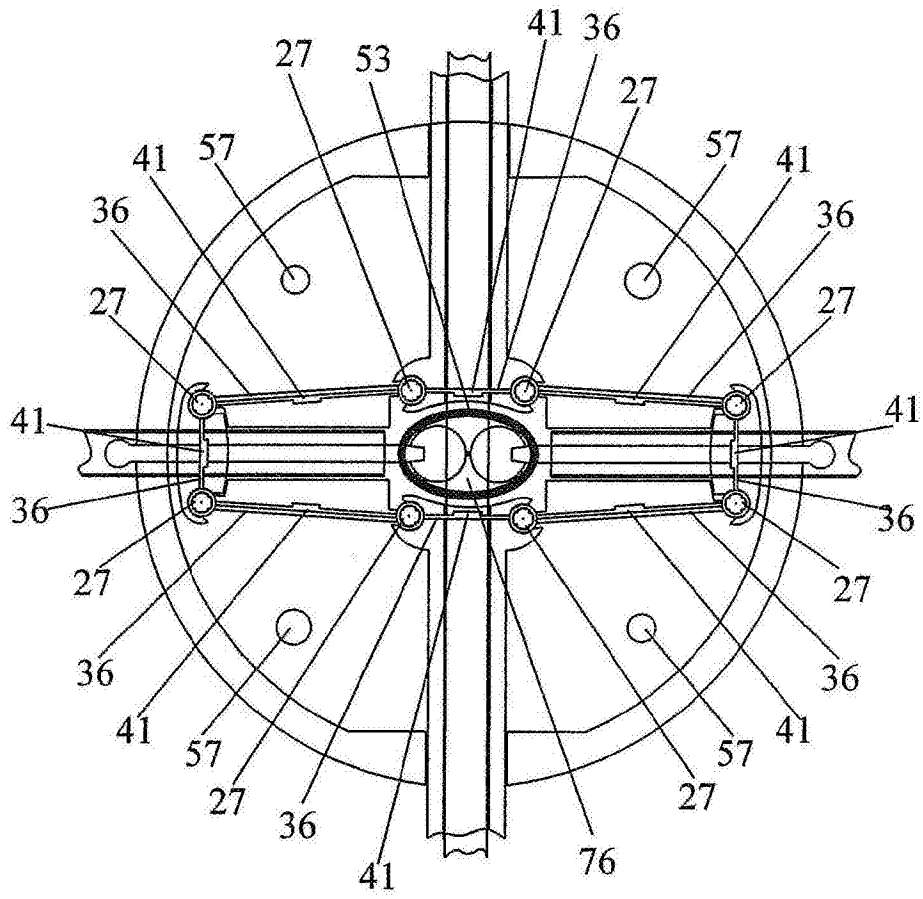


Fig. 9

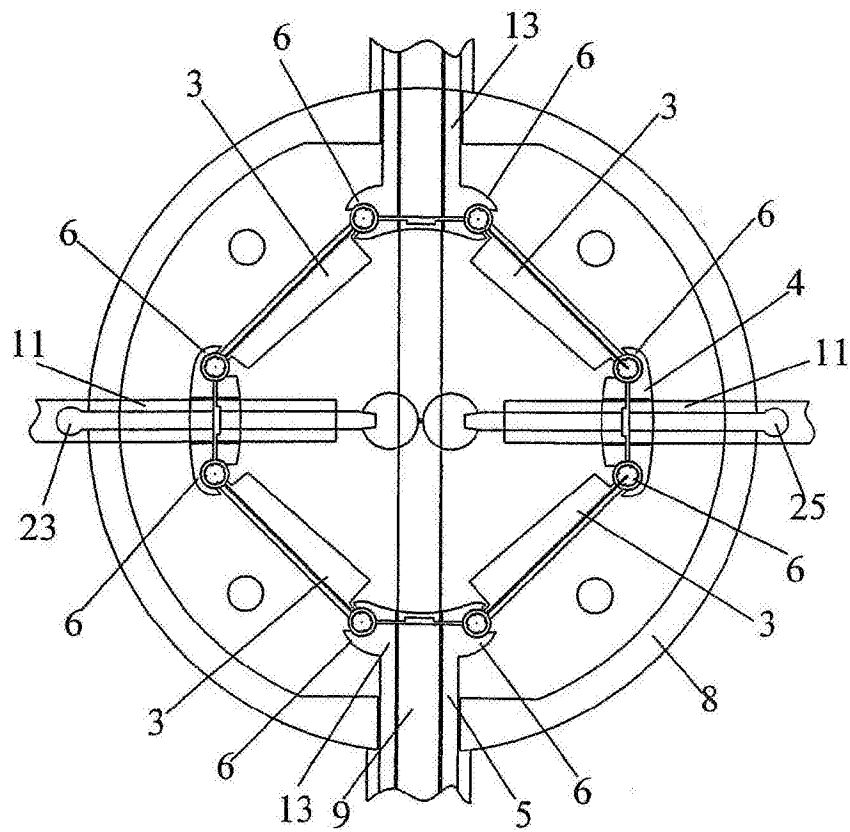


Fig. 10

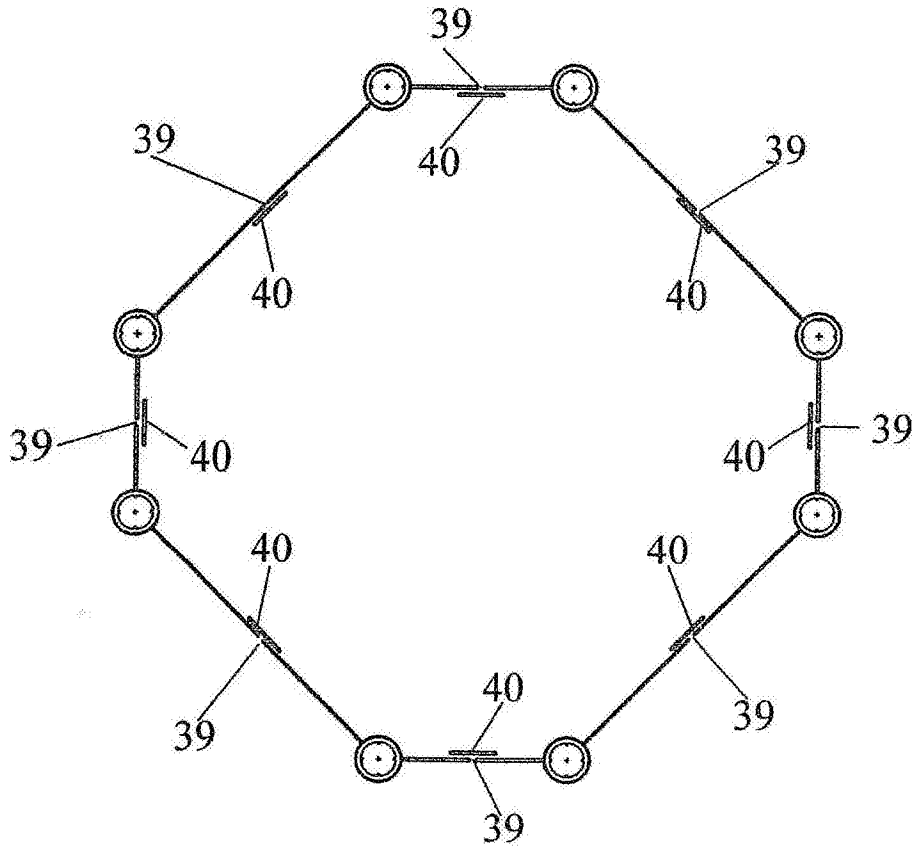


Fig. 11

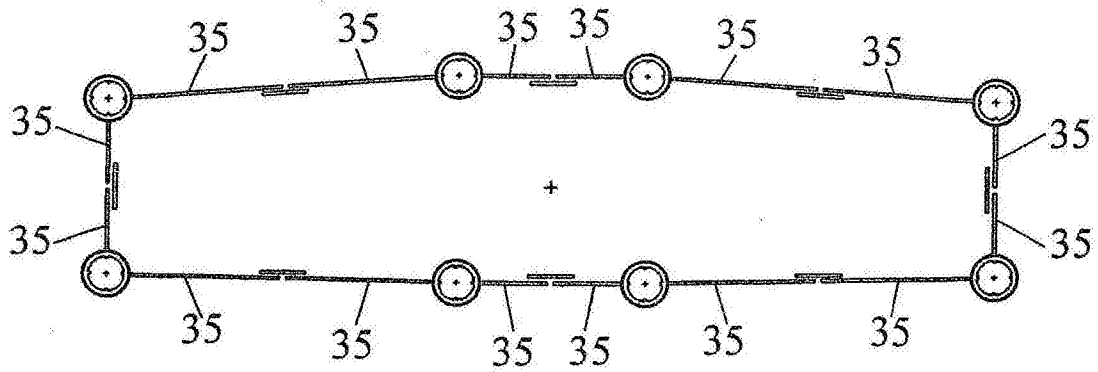


Fig. 12

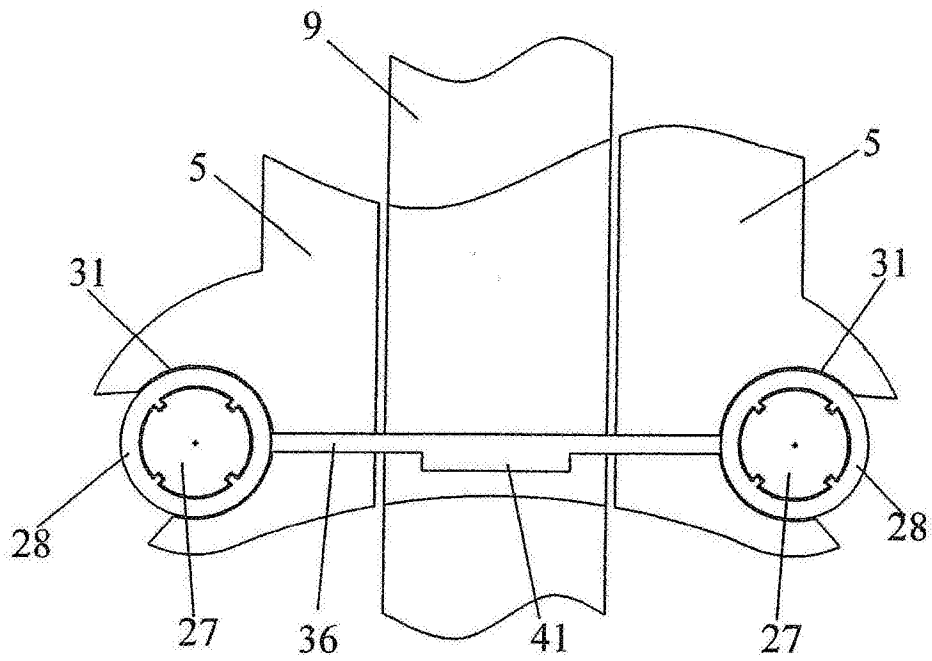
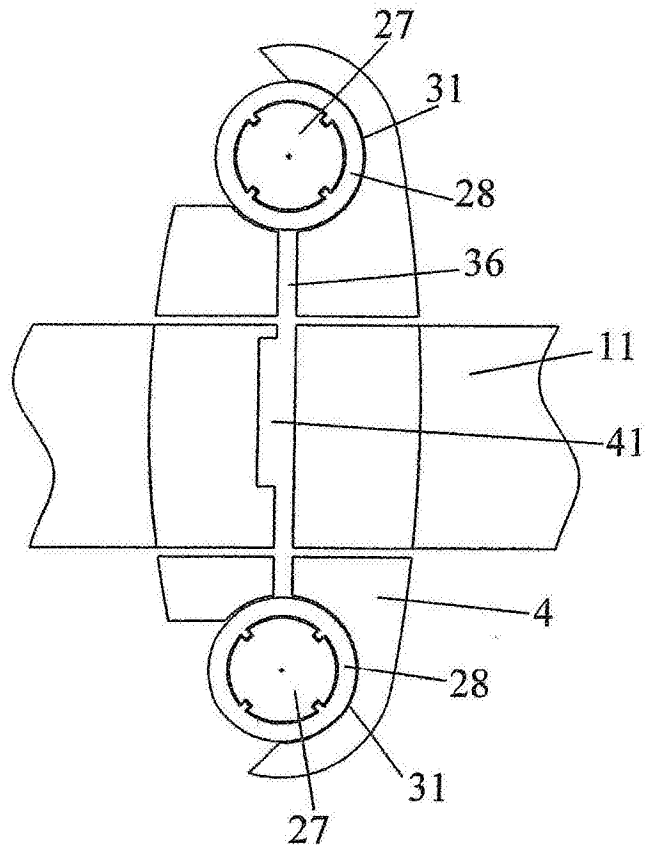


Fig. 13



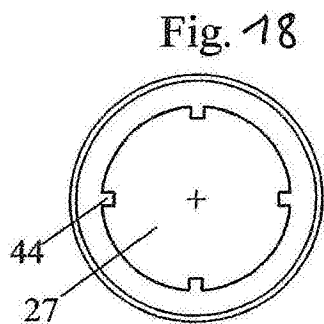
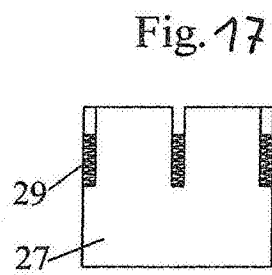
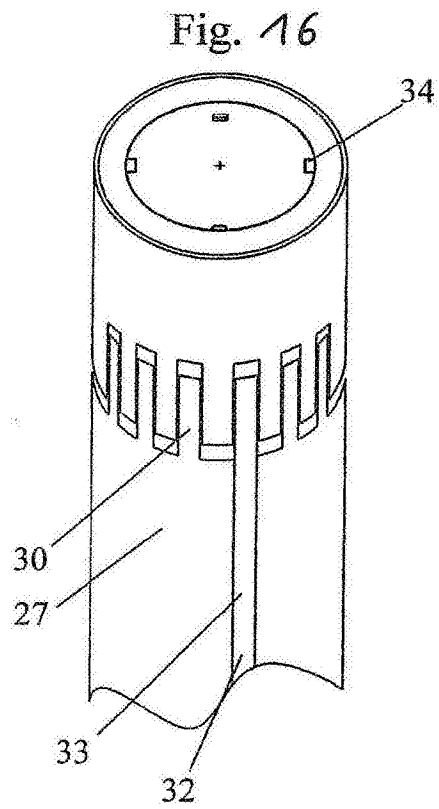
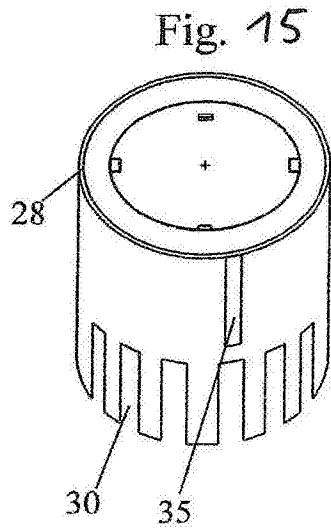
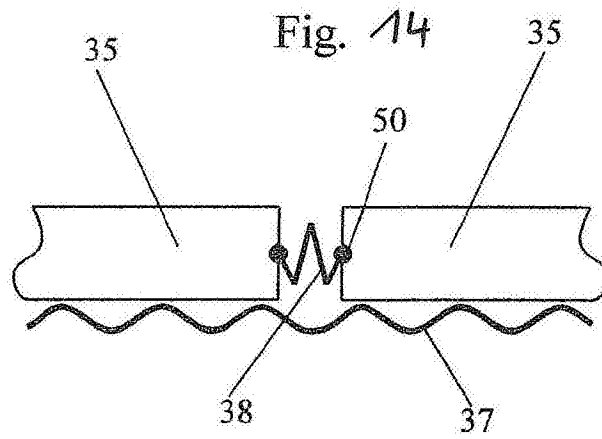


Fig. 19

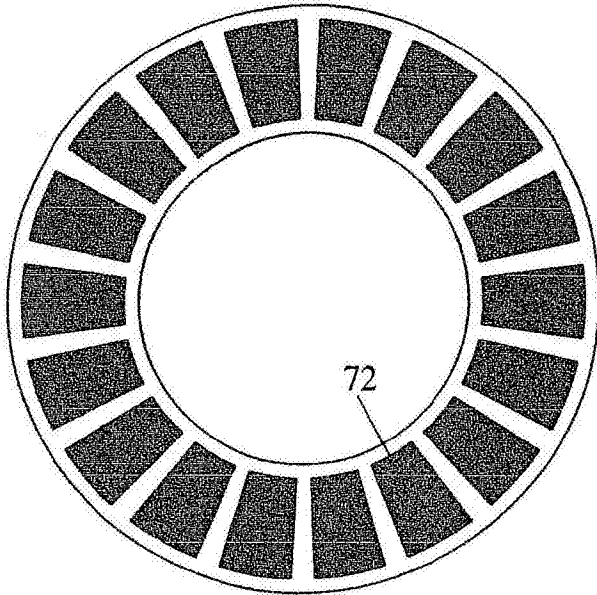


Fig. 20

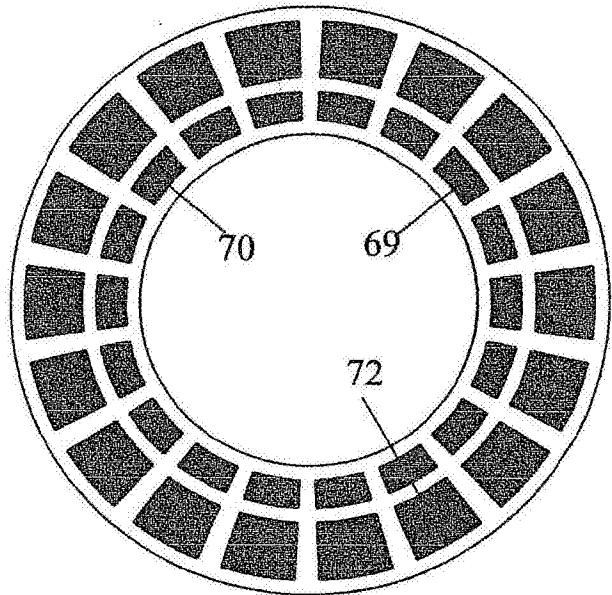


Fig. 21

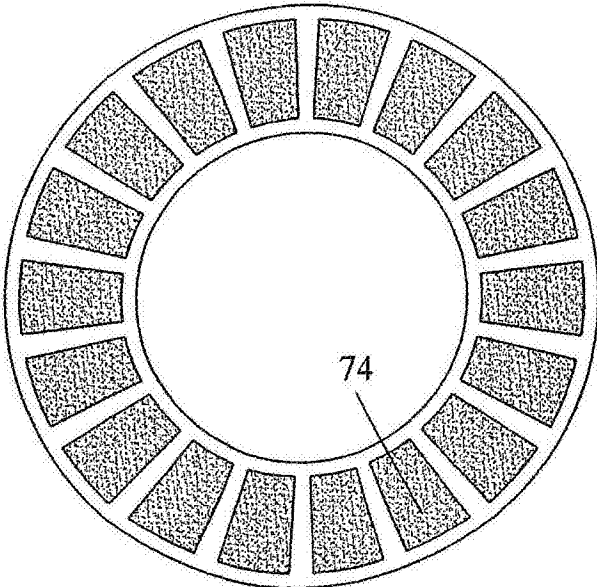


Fig. 22

