



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
04.07.2001 Patentblatt 2001/27

(51) Int Cl.7: **F02B 75/32, F01B 9/06**

(21) Anmeldenummer: **00127017.2**

(22) Anmeldetag: **09.12.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: **Nagel, Edmund Ferdinand
6800 Feldkirch (AT)**

(74) Vertreter: **Hefel, Herbert, Dipl.-Ing. et al
Egelseestrasse 65a
Postfach 61
6800 Feldkirch (AT)**

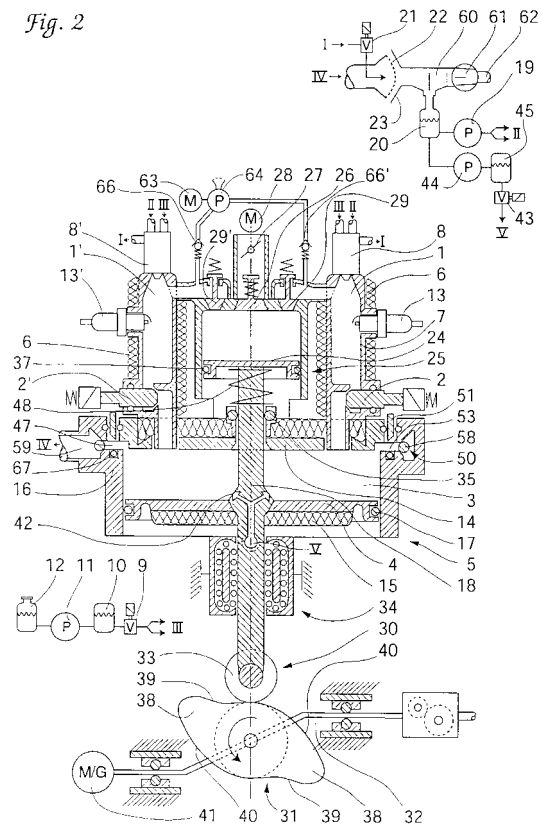
(30) Priorität: **27.12.1999 AT 218799**

(71) Anmelder: **Winkler, Ulrike
A-6850 Dornbirn (AT)**

(54) **Verbrennungsmotor**

(57) Der Verbrennungsmotor umfaßt mindestens eine Brennkammer (1, 1') zur Verbrennung eines Treibstoffes in getakteten Explosionen unter Bildung eines Verbrennungsgases, mindestens eine mit der Brennkammer verbundenen, von der Brennkammer gesonderten Expansionskammer (3), die einen Kolben (4) zur Umsetzung von Energie des Verbrennungsgases in mechanische Energie bzw. Arbeit aufweist und ein Kurvengetriebe, über das vom Kolben eine Antriebswelle (32) antreibbar ist und welches eine Kurvenscheibe (31) und ein zugeordnetes Schubglied (30) aufweist, wobei zur Durchführung einer von einer kontinuierlichen Rotation der Kurvenscheibe (31) unabhängigen, unregelmäßigen Taktung der Motorzyklen, welche ein Pausieren des Kolbens (4) der Expansionskammer (3) an dessen oberem Totpunkt umfaßt, das Schubglied (30) von der Kurvenscheibe (31) abhebbar ist (Fig. 2).

Fig. 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Verbrennungsmotor mit mindestens einer Brennkammer zur Verbrennung eines Treibstoffes in getakteten Explosionen unter Bildung eines Verbrennungsgases, wobei die Brennkammer mit mindestens einer von der Brennkammer gesonderten Expansionskammer verbunden ist, die einen Kolben zur Umsetzung von Energie des Verbrennungsgases in mechanische Energie bzw. Arbeit aufweist. Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Verbrennungsmotors.

[0002] Ein derartiger Motor ist aus der EP 957 250 A2 bekannt. Der Vorteil eines solchen Motors mit getrennter Brennkammer und Expansionskammer besteht darin, daß die Bedingungen für die Verbrennung des Treibstoffes und für die Expansion des bei der Verbrennung gebildeten Verbrennungsgases unabhängig voneinander vorgegeben werden können, wodurch ein höherer Wirkungsgrad erreichbar ist. Eine weitere Verbesserung des Wirkungsgrades gegenüber herkömmlichen Zweitakt-, Viertakt- oder Dieselmotoren wird bei diesem bekannten Motor dadurch erreicht, daß für jeden Explosionstakt die Brennkammer mit einer gleichbleibenden, optimalen Beladung an brennfähigem Gemisch gefüllt wird. Zur Steuerung der Leistungsabgabe des Motors wird nicht die Beladung der Brennkammer verändert, sondern es werden zwischen Arbeitstakten, in denen das brennfähige Gemisch in der Brennkammer gezündet wird, auch Leertakte eingelegt. In diesen erfolgt keine Zündung des Gemisches, sondern dieses verbleibt unverbrannt in der Brennkammer. Um eine Übertragung der Antriebsleistung eines derart gesteuerten Motors auf eine Antriebswelle, beispielsweise eines Rades eines Kraftfahrzeuges, zu ermöglichen, sind in der EP 957 250 A2 relativ aufwendige Maßnahmen notwendig. In einem Ausführungsbeispiel ist der Kolben der Expansionskammer mit einer Pleuelstange verbunden, welche die Antriebswelle über ein entsprechend der benötigten Leistung und des benötigten Drehmoments angesteuertes Automatikgetriebe antreibt. Hierbei entsteht ein erheblicher Steuerungsaufwand, außerdem werden durch die Kurbelwelle seitliche Kräfte auf den Kolben ausgeübt, so daß eine Ölschmierung des Kolbens erforderlich ist. In einem weiteren Ausführungsbeispiel der EP 957 250 A2 verbleibt der Kolben der Expansionskammer in einem Leertakt in vorteilhafter Weise an seinem oberen Totpunkt. Zur Übertragung der Antriebsleistung ist hier eine wiederum relativ aufwendige Hydraulikübertragungseinrichtung erforderlich.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, bei einem Verbrennungsmotor der eingangs genannten Art eine vereinfachte Übertragung der Leistung des Kolbens der Expansionskammer auf eine Antriebswelle zu ermöglichen, wobei zur wirkungsgradoptimierten Ansteuerung des Motors (bei vorzugsweise konstanter Beladung der Brennkammer) neben Arbeitstakten auch Leertakte bzw. Taktpausen einlegbar sind, in denen der Kolben

der Expansionskammer in seinem oberen Totpunkt verbleibt. Die Lösung dieser hoch-komplexen Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß in überraschend einfacher Weise dadurch, daß vom Kolben der Expansionskammer eine Antriebswelle über ein Kurvengetriebe antreibbar ist, welches eine Kurvenscheibe und ein zugeordnetes Schubglied aufweist, wobei zur Durchführung einer von einer kontinuierlichen Rotation der Kurvenscheibe unabhängigen, un-regelmäßigen Taktung der Motorzyklen, welche ein Pausieren des Kolbens der Expansionskammer an dessen oberem Totpunkt umfaßt, das Schubglied von der Kurvenscheibe abhebbar ist.

[0004] Kurvengetriebe weisen eine Kurvenscheibe mit einer entsprechend gestalteten Umfangskontur und (als Antriebs- oder Abtriebselement) ein an der Kurvenscheibe anliegendes Schubglied auf. Ein derartiges Kurvengetriebe ermöglicht nun eine einfache Trennung des Kolbens der Expansionskammer während eines Leertaktes bzw. einer Taktpause von der Antriebswelle, wenn für das Schubglied nur einseitig eine Lauffläche einer Kurvenscheibe vorgesehen ist und das Schubglied während des Leertaktes bzw. der Taktpause von der Kurvenscheibe abgehoben bleibt. Vorteilhafterweise wird das Schubglied vom freien Ende der Pleuelstange gebildet, welches dazu günstigerweise als Rollenstößel ausgebildet ist, der auf eine an der Antriebswelle angeordnete Kurvenscheibe einwirkt. Die Verwendung eines Kurvengetriebes ermöglicht es auch, den Verbrennungsmotor ohne eine Ölschmierung für den Kolben zu betreiben (wie noch genauer erläutert werden wird).

[0005] Für Verbrennungsmotoren, die nicht gattungsgemäß sind, da sie keine von einer Brennkammer gesonderte Expansionskammer aufweisen, sondern deren Arbeitskolben direkt in der Brennkammer angeordnet ist, wurde die Verwendung von speziellen Kurvengetrieben bereits vereinzelt vorgeschlagen, beispielsweise in der US-PS 5,813,372. Die Verwendung dieser Kurvengetriebe erfolgte jedoch zu anderen Zwecken und nicht zur Ermöglichung der Einschaltung von Leertakten zwischen zwei Explosionstakten, wobei solche Leertakte bei dieser Art von Motoren gar nicht durchführbar sind. Außerdem sind bei diesen Verbrennungsmotoren die Schubglieder der Kurvengetriebe aufgrund von beidseitig auf die Schubglieder wirkenden Kurvenscheiben zwangsgeführt und eine Abhebung des Schubgliedes von der Kurvenscheibe ist nicht möglich. Da bei diesen Motoren ein separater Verdichtungstakt durchgeführt werden muß, ist diese Zwangsführung der Pleuelstange erforderlich.

[0006] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist eine von der Brennkammer getrennte Vorverdichtereinrichtung zur Vorverdichtung von in die Brennkammer einzubringender Luft vorgesehen. Eine solche Verwendung von separaten Vorverdichtereinrichtungen ist bei getakteten Verbrennungsmotoren beispielsweise aus der DE 32 14 516 A1 bereits bekannt. In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel

ist die Kolbenstange des Kolbens der Vorverdichtereinrichtung mit dem Kolben der Expansionskammer über eine gemeinsame Kolbenstange verbunden.

[0007] Vorzugsweise ist weiters zumindest eine in die Expansionskammer mündende Einspritzdüse zum Einspritzen einer Kühlflüssigkeit zur Einleitung eines an den Explosionstakt anschließenden Implosionstaktes vorgesehen. Durch einen solchen Implosionstakt kann die dem Verbrennungsgas innewohnende Energie besser ausgenützt werden, wodurch eine weitere Erhöhung des Wirkungsgrades erzielt wird. Günstigerweise wird die im Implosionstakt abgeführte Energie durch Übertragung an die Vorverdichtereinrichtung zur Vorverdichtung ausgenützt.

[0008] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden im folgenden anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels der Erfindung erläutert. In dieser zeigen:

Fig. 1 eine schematische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Verbrennungsmotor;

Fig. 2 einen Schnitt entlang der Linie A-A von Fig. 1;

Fig. 3 einen Teilschnitt entlang der Linie B-B von Fig. 1;

Fig. 4 einen Teilschnitt entlang der Linie C-C von Fig. 1;

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Kurvenscheibe des Kurvengetriebes; und

Fig. 6 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform, bei der mehrere Einheiten mit jeweils einer Expansionskammer und einer Schubstange auf eine gemeinsame Kurvenscheibe wirken.

[0009] Das schematisch dargestellte Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors weist Brennkammern 1, 1' auf, die über steuerbare Brennkammer-Auslaßventile 2, 2' mit einer Expansionskammer 3 verbunden sind, welche vom Zylinderraum einer einen Kolben 4 aufweisenden Kolben-Zylinder-Einheit 5 gebildet wird. Ein erfindungsgemäßer Verbrennungsmotor kann auch mehrere Expansionskammern aufweisen, die mit einer oder mehreren Brennkammern verbunden sind.

[0010] Die Brennkammern 1, 1' sind mit einer Wärmeisolierung 6 umgeben, um eine Wärmeabstrahlung der Wände 7 der Brennkammern 1, 1' möglichst zu vermeiden. Die Wände 7 der Brennkammern 1, 1' heizen sich daher im Dauerbetrieb des Verbrennungsmotors auf sehr hohe Temperaturen auf, die oberhalb von 700 °C liegen. Die Wärmeisolierung der Brennkammern könnte weiters auch dadurch erfolgen, daß die Brennkammern selbst aus einem wärmeisolierenden Material entsprechender Stärke, beispielsweise einer Keramik, gefertigt sind. Der Treibstoff wird direkt in die Brennkammern 1, 1' eingespritzt. Dazu sind Doppeldüsen 8, 8' vorgesehen, die außer zur Einspritzung von Treibstoff auch zur Einspritzung von Wasser dienen. Die Sprühcharakteristik der Doppeldüsen 8, 8' ist für den Treibstoff fächernd

ausgebildet, so daß die Wände 7 der Brennkammern 1, 1' beim Einspritzen von Treibstoff möglichst gut bzw. großflächig mit Treibstoff benetzt werden. Zur Steuerung der Treibstoffeinspritzung ist ein elektromagnetisches Schaltventil 9 vorgesehen, an das ein Druckspeicher 10 in Form eines Windkessels angeschlossen ist, der von einer Treibstoffpumpe 11 beaufschlagt wird, welche ihrerseits Treibstoff aus einem Tank 12 fördert. Die Soll-Schaltzeit des elektromagnetischen Schaltventils 9 liegt im Bereich einer Millisekunde. Derartige elektromagnetische Schaltventile sind im Kraftfahrzeug bekannt (beispielsweise K-Jetronic oder Common-Rail).

[0011] Für den Kaltstart des Verbrennungsmotors sind Zündkerzen 13, 13' vorgesehen. Sobald die Wände 7 der Brennkammern 1, 1' genügend erhitzt sind und Selbstzündung des eingespritzten Treibstoffs stattfindet (bei Temperaturen über ca. 600 °C), werden die Zündkerzen 13, 13' nicht mehr gezündet. Aufgrund der Selbstzündung des Treibstoffes wird dieser über die Einspritzdüsen erst in jenem Augenblick mit hohem Druck feinst zerstäubt und in die Brennkammer eingebracht, in welchem die Zündung stattfinden soll. Beim Auftreffen der einzelnen Treibstofftröpfchen entzünden sich diese an den Brennerwänden mit Flammenherden um jedes einzelne Tröpfchen.

[0012] Aufgrund der durch die Vielfach-Oberflächenzündungen auftretenden Flammenherde um jedes einzelne Tröpfchen kommt es zu einem ausgeprägten "Klopfen" der Maschine, d. h. die Verbrennung läuft mit extremen Turbulenzen und mit hoher Geschwindigkeit. Im Gegensatz zu herkömmlichen Verbrennungsmotoren, wo dieser Effekt äußerst unerwünscht ist (Vermeidung durch Antiklopfmittel und beschränkte Verdichtungszahlen), ist diese Art der Verbrennung beim erfindungsgemäßen Motor sehr vorteilhaft, da insbesondere die Turbulenzen der Verbrennung mit Überschall-Gasverwirbelungen zu einer intensiven Vermischung des Gemisches während des Abbrandes führen. Dadurch sind bereits Luftzahlen um λ 1,05 zum annähernd CO- und HC-freien Abbrand möglich, wobei Werte weit unter dem Abgaswert eines Otto-Motors mit Katalysator erreicht werden können. Da beim Abbrand die druckbedingte Gasverfrachtung schneller ist als die Flammenlaufgeschwindigkeit, bleibt das Brennkammer-Auslaßventil 2 bis zur vollständigen Verbrennung des Gemisches verschlossen, da sonst unverbranntes Gemisch in die Arbeitskammer 3 gelangt und dort keine Zündung mehr erfährt.

[0013] Um thermische Verluste auch in der Kolben-Zylinder-Einheit 5 möglichst zu minimieren, erstreckt sich die Isolierung 6 auch über den Zylinderkopf 14. Zusätzlich ist der Kolben 4 mit einer Isolierung 15 versehen. Lediglich die Zylinderwand 16 ist nicht thermisch isoliert, um eine zu hohe thermische Belastung der Kolbendichtung 17 zu vermeiden. Diese besteht aus Kunststoff, vorzugsweise aus Graphit-Teflon, welcher bis etwa 250 °C dauer temperaturbeständig ist. Diese Dichtung 17 ist wasserschmierbar, und eine oder mehrere

in der Kolbenstange 18 angeordnete Kühlwasser-Einspritzdüsen, deren Funktion weiter unten genauer erläutert wird, bewirken eine zusätzliche Kühlung bzw. eine Schmierung der Kolbendichtung 17.

[0014] Zur Verringerung des NOx-Ausstoßes des Verbrennungsmotors ist eine Wassereinspritzung in die Brennkammern 1, 1' während des Explosionstaktes zusammen mit dem Treibstoff vorgesehen. Diese Wassereinspritzung erfolgt ebenfalls über die Doppeldüsen 8, 8'. Die Doppeldüsen 8, 8' weisen dazu jeweils eine zentrale innere Düse zur Einspritzung des Treibstoffes und eine diese innere Düse ringförmig umgebende äußere Düse zur Einspritzung von Wasser auf. Der Düsenmund der inneren Treibstoffdüse und der Düsenmund der Wasserdüse sind dabei im drucklosen Zustand geschlossen und öffnen erst bei einer Beaufschlagung dieser Düsen mit einem hohen Druck in einer Weise, wie dies bei den herkömmlichen Dieseldüsen bekannt ist. Die äußere Wasserdüse weist an ihrer Umfangswandung einen Wassereinlaß und einen gegenüberliegenden Wasser-auslaß auf und wird auch im geschlossenen Zustand ihres Düsenmundes von Kühlwasser durchflossen und kühlt dadurch die innenliegende Treibstoffdüse, so daß kein Treibstoff verdampfen kann, wenn die Wände 7 der Brennkammern 1, 1' zwar heiß sind, aber gerade kein Explosionstakt durchgeführt wird, sondern die Maschine pausiert. Das Durchströmen von Wasser durch die äußere Wasserdüse der Doppeldüse 8, 8' wird durch die Pumpe 11 bewirkt, welche Wasser aus einem Sammelbehälter 20 fördert. Im Rücklauf der äußeren Wasserdüse der Doppeldüse 8, 8' ist ein elektromagnetisches Ventil 21 vorgesehen. Sobald dieses geschlossen wird, baut sich in der äußeren Wasserdüse der Doppeldüse 8, 8' ein Druck auf und Wasser wird in die Brennkammer 1, 1' eingespritzt. Ist das Ventil 21 geöffnet, gelangt das Wasser über den Sprühkopf 22 und den Luftansaugtrichter 23, deren Funktion weiter unten genauer erläutert wird, zum Sammelbehälter 20 zurück.

[0015] Der Kolben 4 der Expansionskammer 3 ist mit einer Vorverdichtereinrichtung verbunden, die von einer Kolben-Zylinder-Einheit 25 gebildet wird. Der Kolben 24 dieser Kolben-Zylinder-Einheit und der Kolben 4 der Expansionskammer 3 weisen dazu eine gemeinsame Kolbenstange 18 auf. Bei einer Abwärtsbewegung des Kolbens 4, die über die Kolbenstange 18 auf eine Abwärtsbewegung des Kolbens 24 übertragen wird, wird über das Rückschlagventil 26 Luft in den Zylinderraum der Kolben-Zylinder-Einheit 25 eingesaugt. Die Menge der bis zum Zeitpunkt des Erreichens des unteren Totpunkts des Kolbens 4 eingesaugten Luft kann dabei durch die über den Stellmotor 28 einstellbare Drossel 27 verändert werden. Bei einer anschließenden Aufwärtsbewegung des Kolbens 4 bzw. des damit verbundenen Kolbens 24 der Vorverdichtereinheit wird die eingesaugte Luft über die Rückschlagventile in die Brennkammern 1, 1' eingepreßt und in diesen vorverdichtet.

[0016] Die Umsetzung der Energie des in den Brenn-

kammern 1, 1' gebildeten heißen Verbrennungsgases, welches in der Expansionskammer 3 den Kolben 4 antreibt, in mechanische Energie der Antriebswelle 32 erfolgt über ein vom Kolben 4 antreibbares Kurvengetriebe 31. Das Schubglied 30 des Kurvengetriebes wird vom freien Ende der Kolbenstange 18 des Kolbens 4 gebildet, die im gezeigten Ausführungsbeispiel die gemeinsame Kolbenstange des Kolbens 4 der Expansionskammer und des Kolbens 24 der Vorverdichtereinheit bildet. Das Schubglied 30 ist als Rollenstößel ausgebildet, wobei am freien Ende der Kolbenstange 18 ein Rad bzw. eine Rolle 33 über ein Kugellager drehbar gelagert ist. Das Schubglied 30 wirkt auf eine an der Antriebswelle 32 angeordnete Kurvenscheibe 31 ein und die Kolbenstange 18 ist außerhalb der Kolben-Zylinder-Einheit 5 in einem Wälzlager 34 gelagert, welches auch die auf das Schubglied 30 ausgeübten Seitenkräfte aufnimmt. Auf den oberen Teil der Kolbenstange 18 sowie auf die daran angeordneten Kolben 4 und 24 werden dadurch keine nennenswerten seitlichen Kräfte ausgeübt, und zur weiteren Lagerung bzw. Abdichtung dieser Teile sind einfache, O-ringförmige Kunststoffdichtungen 35, 17, 37 ausreichend. Eine Ölschmierung dieser Teile ist nicht erforderlich.

[0017] Beim gezeigten Ausführungsbeispiel weist die Kurvenscheibe 31 entlang ihres Umfangs zwei symmetrisch ausgebildete Nocken 38 auf. Der bei der Abwärtsbewegung des Kolbens 4 mit der Rolle 33 in Berührung stehende Teil der Kurvenscheibe 31 bildet eine erste Lauffläche 39 der Kurvenscheibe 31. Weiters ist bevorzugterweise an der Kurvenscheibe 31 eine zweite Lauffläche 40 vorgesehen, von der der Kolben 4 zu seinem oberen Totpunkt zurückgestellt werden kann. Die über die zweite Lauffläche 40 und das Schubglied 30 auf den Kolben 4 bzw. den Kolben 24 ausgeübte Kraft wird jedoch, wie weiter unten beschrieben, im dargestellten Ausführungsbeispiel der Erfindung von der im Implosionstakt auf den Kolben 4 einwirkenden Kraft unterstützt bzw. kann durch diese sogar ersetzt werden.

[0018] Im folgenden wird ein Arbeitszyklus des gezeigten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors genauer beschrieben:

[0019] Im Dauerbetrieb des Verbrennungsmotors, in welchem die Wände 7 der Brennkammern 1, 1', wie beschrieben, eine hohe Temperatur aufweisen, erfolgt die Zündung des in die mit Frischluft beladenen Brennkammern 1, 1' eingespritzten Treibstoffes durch Selbstzündung an den Wänden 7. Nur in der Anlaufphase werden zur Zündung die Zündkerzen 13, 13' herangezogen. Das Einspritzen bzw. die Zündung des Treibstoffes erfolgt jeweils zu einem Zeitpunkt kurz bevor die erste Lauffläche 39 die Rolle 33 erreicht. In den nächsten Millisekunden breitet sich die Verbrennung in den Brennkammern 1, 1' aus und ist im wesentlichen abgeschlossen, wenn die Spitze des Nockens 38 bzw. der Beginn der Lauffläche 39 die Rolle 33 erreicht. Die für die vollständige Verbrennung benötigte Zeitdauer hängt unter anderem vom verwendeten Treibstoff, von der Vorkom-

pression der Frischluft in den Brennkammern 1, 1' und von der Brennerform ab und beträgt beispielsweise etwa 3 Millisekunden. Um den richtigen Einspritz- bzw. Zündzeitpunkt zu ermitteln, müssen somit die Drehzahl und die Winkelposition der Welle 32 über geeignete Sensoren erfaßt werden. Vor dem Start des Verbrennungsmotors wird die Kurvenscheibe 31 vom Elektromotor 41 in eine Position gebracht, daß die Rolle 33 gerade am Beginn der ersten Lauffläche 39 anliegt, um die richtige Drehrichtung der Antriebswelle 32 beim Anfahren sicherzustellen. Nach dem Start des Verbrennungsmotors wirkt der Elektromotor 41 als Generator zur Energieversorgung der elektrischen Komponenten des Fahrzeugs und zum Aufladen der Fahrzeugbatterie.

[0020] Zusätzlich zu der bereits erwähnten Wassereinspritzung in die Brennkammern 1, 1' während des Explosionstaktes zusammen mit dem Treibstoff, um den NOx-Ausstoß zu verringern, ist bevorzugterweise nach dem vollständigen Abbrand des Wasser-Treibstoff-Gemisches bei ca. 1.500 °C eine weitere Einsprühung von Wasser in die Brennkammern 1, 1' vorgesehen, um die Temperatur des Verbrennungsgases weiter abzusenken. Es erfolgt dadurch eine Temperaturabsenkung des heißen Verbrennungsgases auf unter 1.000 °C, vorzugsweise unter 900 °C, wobei aber die geforderte Temperatur der Wände 7 der Brennkammern 1, 1' zur Selbstentzündung des Treibstoffes noch erhalten bleibt. Es tritt dadurch keine Exergie-Änderung des heißen Verbrennungsgases auf, aber nach der im folgenden beschriebenen Expansion des Gas-Dampf-Gemisches in die Expansionskammer 3 unter Verrichtung mechanischer Arbeit weist dieses nur noch Temperaturen von unterhalb 300 °C auf. Somit sind alle Dichtungen in wartungsfreiem Kunststoff ausführbar und es kann auf wartungsintensive Stopfdichtungen verzichtet werden.

[0021] Wenn die Rolle 33 am Beginn der Lauffläche 39 anliegt und die Verbrennung in den Brennkammern 1, 1' im wesentlichen vollständig abgeschlossen ist, werden die Brennkammer-Auslaßventile 2, 2' geöffnet und das heiße, unter Druck stehende Verbrennungsgas strömt in die Expansionskammer 3 und treibt dort den Kolben 4 nach unten. Der Kolben leistet dabei über das Kurvengetriebe 30, 31 Arbeit gegen die Antriebswelle 32. Durch entsprechende Wahl der Menge des eingespritzten Treibstoffes und der vorkomprimierten Frischluft sowie durch entsprechende Dimensionierungen der Brennkammern 1, 1' im Verhältnis zur Expansionskammer 3 hat sich das Verbrennungsgas auf etwa Atmosphärendruck entspannt, wenn der Kolben 4 den unteren Totpunkt UT erreicht. Das Volumen der Expansionskammer 3 ist dazu wesentlich größer, vorzugsweise mehr als zwanzigmal größer, als das Gesamtvolumen der mit der Expansionskammer 3 in Verbindung stehenden Brennkammern 1, 1'.

[0022] Bevorzugterweise erfolgt das Ausströmen des heißen Verbrennungsgases aus den Brennkammern 1, 1' in die Expansionskammer 3 gedrosselt. Dazu werden die Brennkammer-Auslaßventile 2, 2' nicht plötzlich mit

maximaler Geschwindigkeit sondern allmählich geöffnet. Auch die Leitungsquerschnitte zwischen den Brennkammern 1, 1' und der Expansionskammer 3 können relativ gering sein. Der Vorteil des gedrosselten Ausströmens der heißen Verbrennungsgase besteht in den verminderten Druckspitzen, die auf den Kolben 4 und alle damit verbundenen Teile wirken. Da die Drosselung eine Reibung des Gases darstellt, führt dies zu einer Erwärmung des Gases. Diese Erhöhung der Temperatur des Expansionsgases führt zu einer Vergrößerung von dessen Volumen bzw. Druck. Nun hat aber dieses Gas beim erfindungsgemäßen Verbrennungsmotor beim Ausströmen aus den Brennkammern 1, 1' noch nicht gearbeitet, so daß sich die Exergie des Gases durch diese Drosselwirkung nicht verändert, d.h., es tritt kein Verlust auf.

[0023] Der Explosionstakt ist damit abgeschlossen und in der Folge wird beim gezeigten Ausführungsbeispiel der Erfindung ein Implosionstakt eingeleitet, in welchem die Spülung der Brennkammern 1, 1' und deren Neufüllung und Vorverdichtung erfolgt. Dazu werden die Kühlwasser-Einspritzdüsen 42 (mehrere ringförmig entlang des Umfangs der Kolbenstange 18 angeordnete Einspritzdüsen oder eine einzelne ringförmige Einspritzdüse) durch Betätigung des elektromagnetischen Ventils 43 ausgelöst. Die Kühlwasser-Einspritzdüsen 42 werden dabei aus einem von einer Pumpe 44 beaufschlagten Druckspeicher 45 in Form eines Windkessels gespeist. Die Pumpe 44 bezieht ihr Wasser aus dem bereits erwähnten Sammelbehälter 20. Das Kühlwasser wird unter Hochdruck eingespritzt, wobei der Sprühwasserstrahl jeweils fächerförmig in Umfangsrichtung der Zylinderwandung 16 ausgebreitet ist und gegenüber dem Kolben 4 in einem spitzen Winkel nach oben ausgerichtet ist. Überschüssiges Kühlwasser, welches auf die Zylinderwand 16 auftrifft, kann somit in die umlaufende Wasserfangnut 47 austreten. Durch das Einsprühen der Kühlflüssigkeit vermindert sich die Temperatur des heißen Explosionsgases schlagartig und ein Unterdruck bildet sich aus, wobei der Druck in der Expansionskammer zu Beginn des Implosionstaktes ca. 0,2 bar beträgt. Durch diesen Unterdruck wird der Kolben 4 nach oben in Richtung des oberen Totpunktes OT gezogen. Die dabei auf ihn ausgeübte Kraft wird über die Kolbenstange 18 auf den Kolben 24 der Vorverdichtereinrichtung übertragen. Der sich aufwärts bewegende Kolben 24 preßt die im Zylinderraum der Kolben-Zylinder-Einheit 25 gespeicherte Frischluft über die Rückschlagventile 29, 29' in die Brennkammern 1, 1', wodurch in diesen zunächst das Verbrennungsgas ausgespült wird und durch Frischluft ersetzt wird. Wenn der Ladungstausch, der auch durch den Unterdruck in der Expansionskammer 3 unterstützt wird, abgeschlossen ist, werden die Brennkammer-Auslaßventile 2, 2' geschlossen und in der Folge wird ein erhöhter Druck in den Brennkammern 1, 1' aufgebaut. Dieser Druck liegt bevorzugterweise im Bereich zwischen 5 bar und 15 bar und besonders bevorzugt ist der Bereich zwischen 7 bar

und 11 bar.

[0024] Das Einsprühen der Kühlflüssigkeit über die Einspritzdüsen 42 wird nur in der ersten Phase der Aufwärtsbewegung des Kolbens 4 durchgeführt und abgeschaltet, bevor die eingespritzte Kühlflüssigkeit auf den heißen Zylinderkopf 14 auftreffen würde. Die eingespritzte Kühlflüssigkeit dient auch weiters zur Kühlung der Zylinderwand 16 und zur Schmierung der Kolben-dichtung 36.

[0025] Zur Unterstützung der über die Implosion des heißen Verbrennungsgases auf den Kolben 24 der Vorverdichtereinheit ausgeübten Kraft kann eine Feder 48 vorgesehen sein, welche den Kolben 24 in Richtung seines oberen Totpunktes vorspannt und die während des Explosionstaktes gespannt wird. Die Menge der Frischluft, mit der die Kolben-Zylinder-Einheit 25 während des Explosionstaktes beladen wird und die in der Folge in die Brennkammern 1, 1' eingepreßt wird, wird über die Drossel 27 gesteuert. Bei diesem Ausführungsbeispiel, bei dem der Kolben 24 über die Feder 48 vorgespannt ist, hebt sich das Schubglied 30 während des Implosionstaktes normalerweise von der betreffenden zweiten Lauffläche 40 an der Kurvenscheibe 31 ab. Entsprechend der schnelleren Bewegung des Kolbens 4 im Explosionstakt vom oberen Totpunkt zum unteren Totpunkt als im Implosionstakt aufgrund des Unterdruckes vom unteren Totpunkt zum oberen Totpunkt erstreckt sich die erste Lauffläche 39 der Kurvenscheibe 31 über etwa 40 ° bis 70 ° des Umfangs der Kurvenscheibe, während sich die zweite Lauffläche 40 über etwa 110 ° bis 140 ° erstreckt. Diese zweite Lauffläche 40 ist hier nur als Sicherungseinrichtung vorgesehen, falls aufgrund eines Gebrechens keine Kühlflüssigkeit zum Auslösen eines Implosionstaktes eingespritzt wird. Zur Regelung der Drossel 27 wird die Rücklaufgeschwindigkeit des Kolbens 24 elektronisch gemessen. Es muß gewährleistet sein, daß der Kolben 24 bzw. der Kolben 4 bis zum oberen Totpunkt gerade auf die Geschwindigkeit Null abgebremst wurde, daß andererseits der Kolben 24 bzw. der Kolben 4 den oberen Totpunkt gerade erreicht. Würde im Zylinderraum der Kolben-Zylinder-Einheit 25 ein Luftpolster verbleiben, so würde dieses sofort nach Abschluß der Aufwärtsbewegung des Kolbens 24 eine nach unten gerichtete Kraft auf diesen Kolben 24 ausüben, d. h. unter Umständen vor Öffnen der Brennkammer-Auslaßventile 2, 2' im nächsten Explosionstakt.

[0026] Um die Zeit für schädliche Wärmeverluste durch Konvektion zu minimieren, ist die erste Lauffläche 39, 39' steiler ausgebildet als die zweite Lauffläche 40, 40'.

[0027] Alternativ kann aber die Feder 48 auch entfallen. Die Aufwärtsbewegung des Kolbens 24 wird in diesem Fall standardmäßig durch die Kurvenscheibe 31 unterstützt. Dazu ist eine entsprechend der Figur 5 ausgebildete Kurvenscheibe 31' bevorzugt. Hier sind ebenfalls zwei Nocken mit jeweils ersten und zweiten Laufflächen 39', 40' vorgesehen. Die erste Lauffläche 39' weist jeweils wieder einen Winkelbereich von etwa 40 °

bis 70 ° des Umfangs der Kurvenscheibe auf, während der Winkelbereich der zweiten Lauffläche 40' nun etwa im Bereich zwischen 50 ° und 80 ° liegt. Der Kolben 4 bzw. der Kolben 24 wird dadurch vom unteren Totpunkt UT in den oberen Totpunkt OT zwangsrückgestellt, wobei die aufgrund der Implosion auf den Kolben 4 ausgeübte Kraft diesen Vorgang aber nach wie vor unterstützt. Um ein Abheben der Schubstange 30 von der Lauffläche 40' auch bei langsamen Drehzahlen (bei einem KFZ beispielsweise bei Geschwindigkeiten unterhalb von 30 km/h) zu verhindern, wird die Einspritzung des Kühlwassers bei diesen langsamen Drehzahlen gedrosselt durchgeführt, wodurch sich der im Implosionstakt ausbildende Unterdruck langsamer aufbaut. Der Vorverdichtungsdruck wird hier so hoch gewählt, daß er den Kolbenrücklauf des Kolbens 24 auch bei der höchsten Drehzahl des Motors bis zum oberen Totpunkt auf das Tempo Null abzubremsen vermag. Auf diese Weise entfällt eine elektronische Messung der Rücklaufgeschwindigkeit und das zugehörige Regelglied in Form der Drossel 27. Zwischen den aufeinanderfolgenden Laufflächen 40' und 39' liegt bei der Kurvenscheibe der Figur 5 jeweils ein größerer Bereich 49 mit konstantem Radius, in welchem sich die Kolben 4 und 24 an ihren oberen Totpunkten befinden, wodurch der Zündzeitpunkt für die Brennkammern 1, 1' einen gewissen Toleranzzeitraum erhält und insbesondere einen ausreichenden Zeitraum zum vollständigen adiabatischen Abbrand des Gemisches in den Brennkammern 1, 1' geschaffen ist. Über die Länge des Bereichs 49 kann - in Abhängigkeit von der Verbrennungsgeschwindigkeit des verwendeten Treibstoffs - die Pause am oberen Totpunkt OT eingestellt werden.

[0028] Prinzipiell denkbar und möglich wäre es, auf eine Einspritzung von Kühlwasser zur Auslösung eines Implosionstaktes völlig zu verzichten, wobei die Kolben 4 und 24 ausschließlich durch die über die Lauffläche 40, 40' der Kurvenscheibe 31, 31' auf das Schubglied 30 ausgeübte Kraft von ihrem unteren Totpunkt zum oberen Totpunkt verschoben werden. Eine gewisse Minderung des Wirkungsgrades des Verbrennungsmotors wird dadurch natürlich in Kauf genommen.

[0029] Auf seinem Weg vom unteren Totpunkt zum oberen Totpunkt verdichtet der Kolben 4 der Expansionskammer 3 weiters das in der Expansionskammer 3 befindliche Verbrennungsgas, welches im Falle der Einspritzung einer Kühlflüssigkeit zunächst unter Unterdruck steht. Während der Bewegung des Kolbens 4 von seinem unteren Totpunkt zum oberen Totpunkt wird der Ring 51 des Expansionskammer-Auslaßventils nach oben verschoben. Dazu sind an der Oberseite des Zylinderkopfes 14 entlang des Umfangs des Ringes 51 mehrere den Ring 51 nach oben beaufschlagende Rückstellfedern 52 vorgesehen (vgl. Figur 4). Diese ziehen den Ring 51 in seine obere, einen ringförmigen Ausströmkanal 53 freigebende Stellung, wenn die in den Hydraulikzylindern 54 angeordneten Stößel 55 nicht über die Hydraulikflüssigkeit druckbelastet werden. Die

Hydraulikzylinder 54 sind ebenfalls auf der Oberseite des Zylinderkopfes 14 entlang des Umfangs des Ringes 51 mehrfach angeordnet. Zur Abdichtung des Ringes 51 sind seitlich neben diesem verlaufende O-Ringe 56, 57 angeordnet. Zur Abdichtung des Auslaßkanals 53 in der unteren Stellung des Ringes 51 ist die Dichtung 67 vorgesehen. Zur Erhöhung des Abdichtungsdruckes weist der Ring 51 an seiner unteren Kante eine keilförmige Verjüngung auf.

[0030] Wenn der Ring 51 in seine obere, den Ausströmkanal 53 freigebende Lage verschoben ist, so wird das Expansionskammer-Auslaßventil 50 noch von dem den Auslaßkanal 53 außen umgebenden und ein Rückschlagventil bildenden O-Ring 58 verschlossen. Nachdem der Druck in der Expansionskammer 3 bei der Aufwärtsbewegung des Kolbens 4 in Richtung des oberen Totpunktes über Atmosphärendruck angestiegen ist, gibt der O-Ring 58 den Ausströmkanal 53 frei und das abgekühlte Verbrennungsgas, zusammen mit der darin enthaltenen Kühlflüssigkeit, wird in die Auspuffleitung 59 ausgepreßt. Das Abgas-Wasserdampf-Gemisch wird in den Sprühkopf 22 gedrückt, durch den es in den Luftansaugtrichter 23 gesprüht wird. Das Abgas-Wasserdampf-Gemisch vermischt sich dabei mit Umgebungsluft im Faktor 1 : 10 bis 1 : 25 und wird dabei schlagartig auf ca. 30 °C abgekühlt. Im Abscheider 60 schlägt sich das abgekühlte Wasser nieder. Die Ansaugung der Frischluft erfolgt mittels nachgeschaltetem Saugventilator 61. Das Abgas-Kühlluft-Gemisch wird über einen Auspuff 62 ausgeschieden, während das abge-schiedene Kühlwasser in den Sammelbehälter 20 rückgeführt wird.

[0031] Wenn der Kolben 4 seinen oberen Totpunkt erreicht hat, ist ein Arbeitszyklus des Verbrennungsmotors abgeschlossen und die Brennkammern 1, 1' sind mit vor-komprimierter Frischluft befüllt. Der nächste Arbeitszyklus des Verbrennungsmotors kann, abhängig vom momentanen Leistungsbedarf, entweder so ausgelöst werden (durch Einspritzen von Treibstoff in die Brennkammern 1, 1'), daß die Verbrennung zu einem Zeitpunkt abgeschlossen ist, zu dem das Schubglied 30 die nächste erste Lauffläche 39, 39' gerade erreicht hat, oder es kann eine mehr oder weniger lange Taktpause eingelegt werden. Während dieser verbleibt der Kolben 4 der Expansionskammer an seinem oberen Totpunkt und das Schubglied 30 ist von der Kurvenscheibe 31 abgehoben, während sich die Nocken 38 der Kurvenscheibe frei unterhalb des Schubgliedes 30 an diesem vorbeibewegen. Der nächste Arbeitszyklus des Verbrennungsmotors wird durch Einspritzen von Treibstoff in die Brennkammern 1, 1' zu einem derartigen Zeitpunkt eingeleitet, daß nach Abschluß der Verbrennung, wenn die Brennkammer-Auslaßventile 2, 2' geöffnet werden, sich das Schubglied 30 gerade zu Beginn einer ersten Lauffläche 39, 39' der Kurvenscheibe 31 befindet.

[0032] Nach einem längeren Stillstand des Verbrennungsmotors hat sich der Überdruck der in den Brenn-

kammern 1, 1' sich befindenden Frischluft verflüchtigt (aufgrund immer vorhandener Leckströme in den Ventilen). Vor dem Zünden des Motors wird in diesem Fall eine Vorverdichtung von Frischluft in den Brennkammern 1, 1' durch die vom Motor 63 angetriebene Pumpe 64 über Leitungen mit Rückschlagventilen 66, 66' durchgeführt. Weiters wird die Kurvenscheibe 31 über den Motor 41 in die richtige Position gebracht, in der sich die Rolle 33 am Beginn einer ersten Lauffläche 39, 39' befindet. Anschließend wird Treibstoff in die Brennkammern eingespritzt und das Gemisch über die Zündkerzen 13, 13' gezündet.

[0033] Anstelle einer einzelnen Einheit 65 aus Brennkammern 1, 1', Expansionskammer 3 mit Kolben 4, Vorverdichtereinrichtung und Schubglied 30 können auch zwei oder mehrere derartige Einheiten vorgesehen sein, die in einer entsprechenden Relation zueinander angesteuert werden und auf die gleiche oder mehrere Kurvenscheiben 31 wirken. Vorteilhafterweise sind zum vibrationsfreien Lauf jeweils paarweise und gegenläufig zueinander arbeitende derartige Einheiten vorgesehen. Gas- und Massebewegungen heben sich dadurch gegenseitig auf. In Fig. 6 ist in schematischer Weise ein Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem vier derartige Einheiten 65 auf eine einzelne Kurvenscheibe einwirken.

[0034] Beim gezeigten Ausführungsbeispiel weist die Kurvenscheibe 31 zwei Nocken 38 auf. Grundsätzlich wäre es auch denkbar und möglich, einen Nocken 38 oder mehr als zwei solcher Nocken 38 vorzusehen.

[0035] Beim gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Kolbenstange 18 senkrecht zur Antriebswelle 32 ausgerichtet. Prinzipiell wäre es auch denkbar und möglich, eine parallele Ausrichtung zwischen Kolbenstange 18 und Antriebswelle 32 vorzusehen und an der Antriebswelle 32 eine Kurvenscheibe vorzusehen, die für ein in axialer Richtung der Antriebswelle 32 wirkendes Schubglied ausgebildet ist.

40 Legende

[0036] zu den Hinweisziffern:

1, 1'	Brennkammer
2, 2'	Brennkammer-Auslaßventil
3	Expansionskammer
4	Kolben
5	Kolben-Zylinder-Einheit
6	Wärmeisolierung
7	Wand
8, 8'	Doppeldüse
9	Schaltventil
10	Druckspeicher
11	Treibstoffpumpe
12	Tank
13, 13'	Zündkerze
14	Zylinderkopf
15	Isolierung

16	Zylinderwand
17	Kolbendichtung
18	Kolbenstange
19	Pumpe
20	Sammelbehälter
21	Ventil
22	Sprühkopf
23	Luftansaugtrichter
24	Kolben
25	Kolben-Zylinder-Einheit
26	Rückschlagventil
27	Drossel
28	Stellmotor
29, 29'	Rückschlagventil
30	Schubglied
31	Kurvenscheibe
32	Antriebswelle
33	Rolle
34	Wälzlager
35	Kunststoffdichtung
37	Kunststoffdichtung
38	Nocken
39, 39'	erste Lauffläche
40, 40'	zweite Lauffläche
41	Elektromotor
42	Kühlwasser-Einspritzdüse
43	Ventil
44	Pumpe
45	Druckspeicher
47	Wasserfangnut
48	Feder
49	Bereich
50	Expansionskammer-Auslaßventil
51	Ring
52	Rückstellfeder
53	Ausströmkanal
54	Hydraulikzylinder
55	Stößel
56	O-Ring
57	O-Ring
58	O-Ring
59	Auspuffleitung
60	Abscheider
61	Saugventilator
62	Auspuff
63	Motor
64	Pumpe
65	Einheit
66, 66'	Rückschlagventil
67	Dichtung

Patentansprüche

1. Verbrennungsmotor mit mindestens einer Brenn-

kammer zur Verbrennung eines Treibstoffes in getakteten Explosionen unter Bildung eines Verbrennungsgases, wobei die Brennkammer mit mindestens einer von der Brennkammer gesonderten Expansionskammer verbunden ist, die einen Kolben zur Umsetzung von Energie des Verbrennungsgases in mechanische Energie bzw. Arbeit aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß vom Kolben (4) der Expansionskammer (3) eine Antriebswelle (32) über ein Kurvengetriebe antreibbar ist, welches eine Kurvenscheibe (31) und ein zugeordnetes Schubglied (30) aufweist, wobei zur Durchführung einer von einer kontinuierlichen Rotation der Kurvenscheibe (31) unabhängigen, unregelmäßigen Taktung der Motorzyklen, welche ein Pausieren des Kolbens (4) der Expansionskammer (3) an dessen oberem Totpunkt umfaßt, das Schubglied (30) von der Kurvenscheibe (31) abhebbar ist.

2. Verbrennungsmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Schubglied (30) des Kurvengetriebes, welches auf eine an der Antriebswelle (32) angeordnete Kurvenscheibe (31) einwirkt, vom freien Ende der Kolbenstange (18) des Kolbens (4) der Expansionskammer (3) oder einem daran befestigten Teil gebildet wird und als Rollenstößel ausgebildet ist.

3. Verbrennungsmotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kurvenscheibe (31) des Kurvengetriebes entlang ihres Umfangs zumindest einen, vorzugsweise zwei Nocken (38) aufweist.

4. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine von der Brennkammer (1, 1') getrennte Vorverdichtereinrichtung zur Vorverdichtung von in die Brennkammer (1, 1') einzubringender Luft vorgesehen ist.

5. Verbrennungsmotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorverdichtereinrichtung von zumindest einer Kolben-Zylinder-Einheit (25) gebildet wird, deren Kolben (24) mit dem Kolben (4) der Expansionskammer (3) mechanisch in Verbindung steht, vorzugsweise über eine gemeinsame Kolbenstange (18), und von einer auf den Kolben (4) der Expansionskammer (3) einwirkenden Kraft antreibbar ist.

6. Verbrennungsmotor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Kolben (24) der Vorverdichtereinrichtung von einer Feder (48) in die Lage seines oberen Totpunktes vorgespannt ist.

7. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine in die Expansionskammer (3) mündende Einspritz-

- düse (42) zum Einsprühen einer Kühlflüssigkeit zur Einleitung eines an den Explosionstakt anschließenden Implosionstaktes vorgesehen ist, welche vorzugsweise in der gemeinsamen Kolbenstange (18) des Kolbens (4) der Expansionskammer (3) und des Kolbens (24) der Vorverdichtereinrichtung angeordnet ist.
8. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kolbenstange (18) des Kolbens (4) der Expansionskammer (3) über ein Wälzlager (34) gelagert ist.
9. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Kurvenscheibe (31) eine erste Lauffläche (39, 39') zum Antrieb der Kurvenscheibe (31) durch das Schubglied (30) aufweist, welche sich über 40 ° bis 70 ° des Umfangs der Kurvenscheibe erstreckt.
10. Verbrennungsmotor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Kurvenscheibe (31) eine zweite Lauffläche (40, 40') zur Rückstellung des Kolbens (4) der Expansionskammer (3) zum oberen Totpunkt (OT) aufweist, welche sich vorzugsweise über 50 ° bis 140 °, nochmals vorzugsweise über 50 ° bis 80 ° des Umfangs der Kurvenscheibe (31) erstreckt.
11. Verbrennungsmotor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Lauffläche (39, 39') steiler ausgebildet ist als die zweite Lauffläche (40, 40').
12. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Kurvenscheibe (31) einen Bereich (49) mit einem konstanten Radius aufweist, in dem sich der Kolben (4) an seinem oberen Totpunkt (OT) befindet, wobei die Länge dieses Bereichs (49) mindestens der benötigten Zeit für den vollständigen Abbrand des Gemischs in der Brennkammer entspricht bei der Maximaldrehzahl des Motors.
13. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere in Expansionskammern (3) gelagerte Kolben (4) vorgesehen sind, welche auf die gleiche Kurvenscheibe oder auf unterschiedliche, an der gleichen Antriebswelle (32) angeordnete Kurvenscheiben wirken.
14. Verbrennungsmotor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils gegenüberliegende, zueinander gegenläufige Paare von Kolben (4) vorgesehen sind.
15. Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß neben Arbeitstakten, in denen eine Zündung von Treibstoff in der Brennkammer (1, 1') erfolgt und die Antriebswelle (32) über das Kurvengetriebe (30, 31) angetrieben wird, auch Leertakte bzw. Taktpausen ohne Zündung von Treibstoff in der Brennkammer (1, 1') eingelegt werden, in denen der Kolben (4) der Expansionskammer (3) an seinem oberen Totpunkt verbleibt und das Schubglied (30) des Kurvengetriebes von der Kurvenscheibe (31) des Kurvengetriebes abgehoben bleibt, wobei sich die Kurvenscheibe (31) ungehindert am Schubglied (30) vorbeidreht.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß zur Durchführung der einzelnen Explosionstakte jeweils gleiche Mengen von Treibstoff in die Brennkammer (1, 1') eingebracht werden.
17. Verfahren nach Anspruch 14 oder Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Treibstoff in der Brennkammer (1, 1') jeweils zu einem solchen Zeitpunkt gezündet wird, daß nach der im wesentlichen vollständigen Verbrennung des Treibstoffes in der Brennkammer (1, 1') die Kurvenscheibe (31) gerade eine für den Antrieb der Kurvenscheibe (31) durch das Schubglied (30) geeignete Winkelposition aufweist, worauf das Brennkammer-Auslaßventil (2, 2') geöffnet wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Brennerventil (2, 2') zu Beginn des Expansionshubes des Kolbens (4) verzögert geöffnet wird, wobei das Überströmen des Verbrennungsgases aus der Brennkammer (1, 1') in die Expansionskammer (3) gedrosselt erfolgt.

Fig. 1

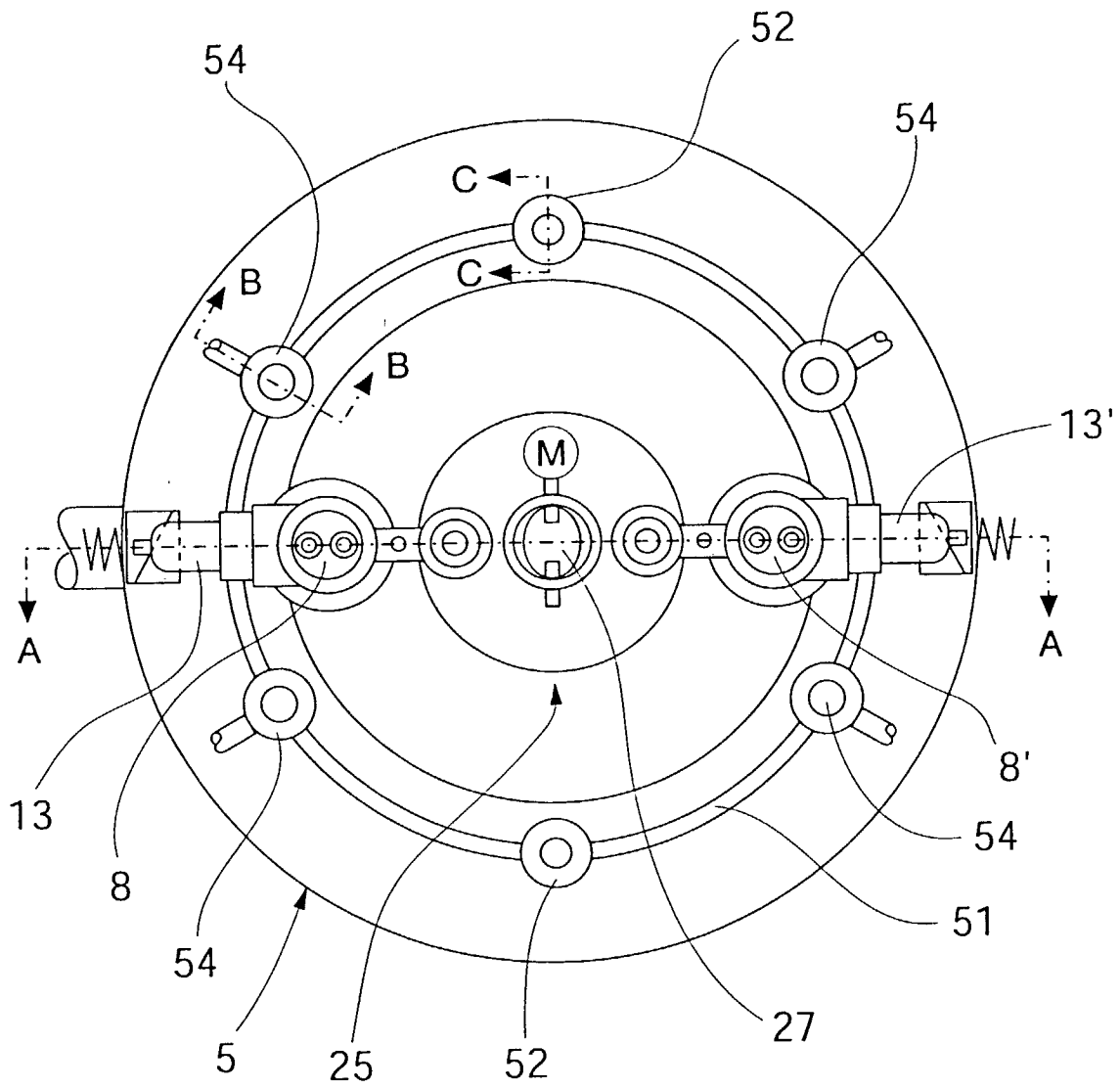


Fig. 2

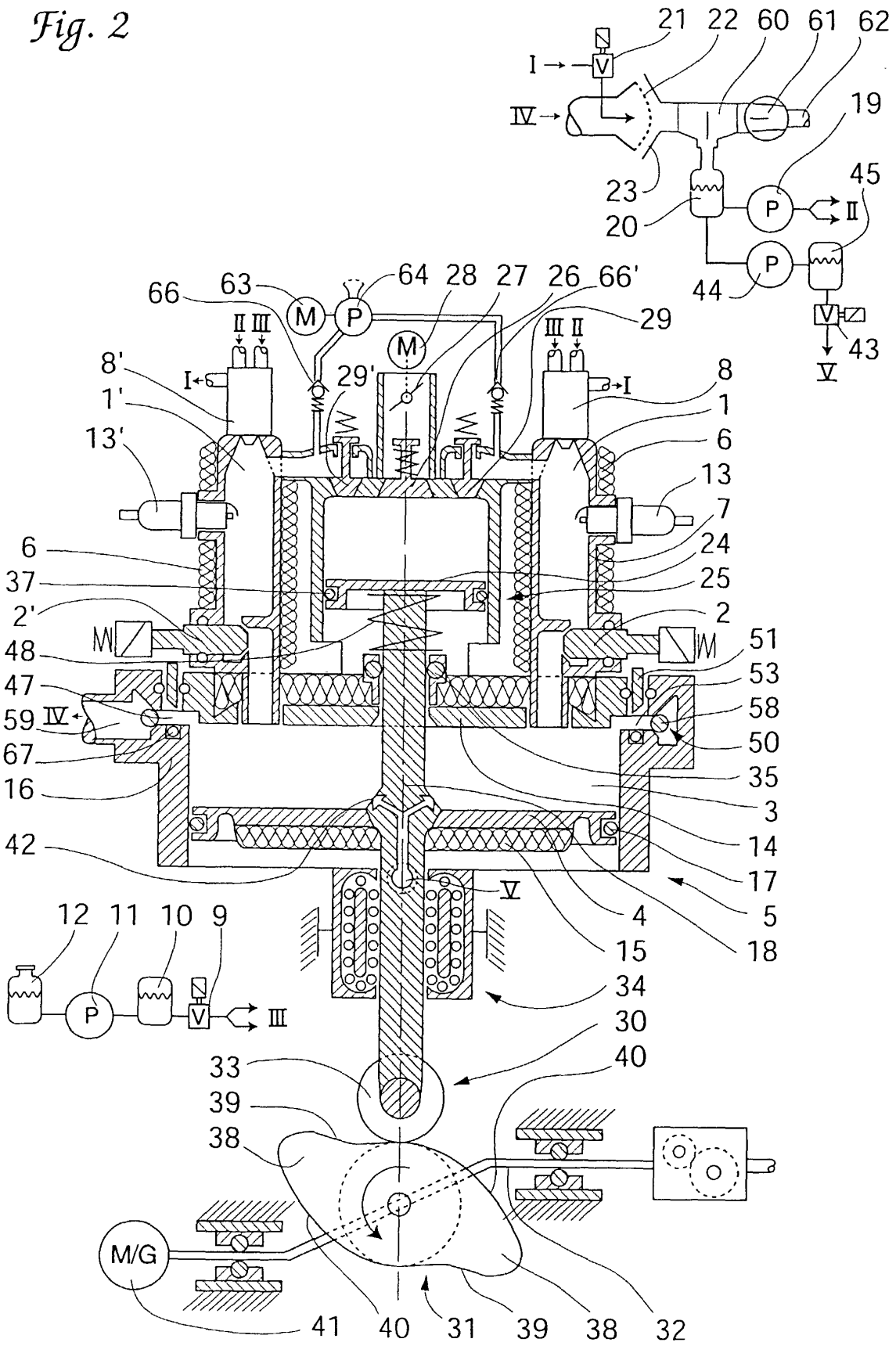


Fig. 3

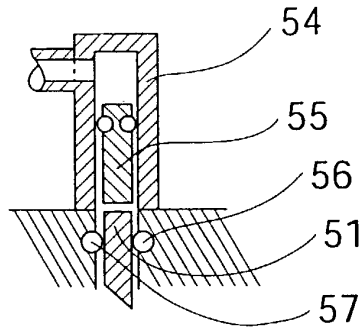


Fig. 4

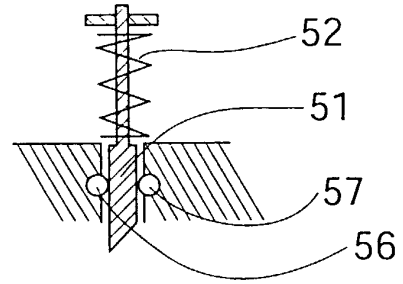


Fig. 5

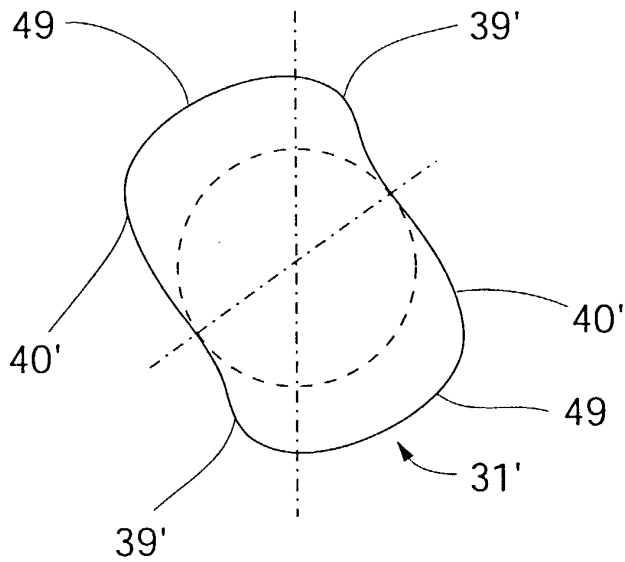


Fig. 6

