

(19)



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 2 570 628 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

20.03.2013 Patentblatt 2013/12

(51) Int Cl.:

F02B 33/40 (2006.01)**F02B 33/44** (2006.01)(21) Anmeldenummer: **12182176.3**(22) Anmeldetag: **29.08.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

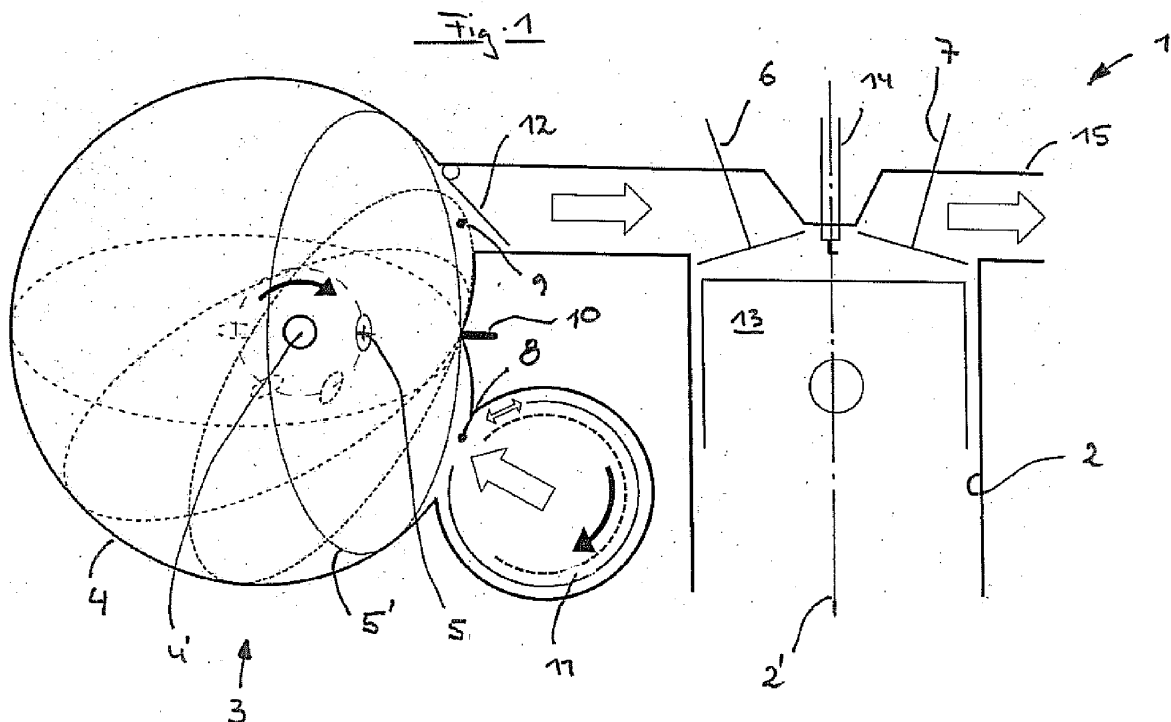
Benannte Erstreckungsstaaten:

BA ME(71) Anmelder: **Bayerische Motoren Werke****Aktiengesellschaft****80809 München (DE)**(72) Erfinder: **Dr. Gutzer, Ulrich****80937 Muenchen (DE)**(30) Priorität: **13.09.2011 DE 102011082563**(54) **Mengengeregelte Brennkraftmaschine**

(57) Mengengeregelte Brennkraftmaschine (1), insbesondere eine Viertakt-Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit zumindest einem Zylinder (2), dessen Längsachse (2') mit einer Brennkraftmaschinenlängsachse eine Ebene aufspannt, mit einer Brennstoffeinbringung in ein Ansaugsystem (3) und/oder in die Zylinder (2), wobei in dem Ansaugsystem (3) als Lastregelorgan eine Trochoidenmaschine (4) mit einem Rotationskolben (5) angeordnet ist, die drehfest mit einer Welle der Brennkraftmaschine gekoppelt ist und mit der eine Ansaugluft komprimier- oder expandierbar ist und zumindest einem Gas-

wechseleinlass- (6) und einem Gaswechselauslassventil (7) je Zylinder (2) für einen Ladungswechsel, wobei der Rotationskolben (5) im Querschnitt eine zweibogige Hypotrochoide ist, wobei eine Rotationskolbenachse (5') parallel zur Ebene und weitgehend senkrecht zu der Längsachse (2') ausgerichtet ist und eine Zufuhr und eine Abfuhr der Ansaugluft in die Trochoidenmaschine (4) weitgehend radial erfolgt.

Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der mengengeregelten Brennkraftmaschine wird ein äußerst kompakter Gesamtaufbau erzielt.

**EP 2 570 628 A2**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine mengengeregelte Brennkraftmaschine mit den Merkmalen aus dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 30 00 145 A1, von der diese Erfindung ausgeht, ist eine Vorrichtung zur Aufladung einer Brennkraftmaschine bekannt, insbesondere eines Viertakt-Ottomotors, dessen Einlassseite von einem vorgeschalteten, mit der Auslassseite der Brennkraftmaschine in Wirkverbindung stehenden Druckerhöher (Ladersystem) ein über dem Atmosphärendruck liegender Ladedruck zugeführt ist. Diese Vorrichtung zur Aufladung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Lader eine modifizierte Rotationskolbenmaschine (Trochoidenmaschine) ist, die eingangsseitig als Kompressionsmaschine und gleichzeitig ausgangseitig, jeweils auf die Brennkraftmaschine bezogen, als Expansionsmaschine arbeitet, wobei die Rotationskolbenmaschine für ihren Kompressionsbereich und für ihren Expansionsbereich über jeweils getrennte Einlass- und Auslassöffnungen verfügt und wobei die Rotationskolbenmaschine mit der Brennkraftmaschine drehfest verbunden ist.

[0003] Die Rotationskolbenmaschine ist stirnseitig an die Brennkraftmaschine angeordnet, wodurch sich in nachteiliger Weise relativ lange Wege für die Ansaugluft bzw. für das Abgas ergeben.

[0004] Weiter ist aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 101 16 264 A1 ein Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine bekannt, mit einem im Ansaugtrakt angeordneten mechanischen Kompressor, der über eine Koppereinrichtung über die Kurbelwelle antreibbar ist. Bei diesem Verfahren wird Verbrennungsluft in einen Motoreinlass gefördert. Weiterhin ist eine Einrichtung zur variablen Einstellung des Verdichtungsverhältnisses im Brennraum vorgesehen, über die im Teillastbereich der Brennkraftmaschine ein höheres Verdichtungsverhältnis und im Volllastbereich ein niedrigeres Verdichtungsverhältnis einstellbar ist. Darüber hinaus ist der vom Kompressor zu fördernde Luftmassenstrom variabel einstellbar, wobei im Teillastbereich unterhalb eines Referenzlastwertes der Kompressor zur Einstellung eines Unterdrucks im Lufteinlass im Drossel- bzw. Expanderbetrieb betrieben wird.

[0005] In der DE 101 16 264 A1 wird jedoch nicht offenbart oder diskutiert, wie ein derartiger Kompressor, der im Drossel- bzw. Expanderbetrieb betreibbar ist, an die Brennkraftmaschine angeordnet werden könnte.

[0006] Weiter sind aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 10 2009 028 086 A1 eine Rotationskolbenmaschine sowie eine Aufladeeinrichtung bekannt. Es handelt sich um eine Rotationskolbenmaschine mit einem Gehäuse, das eine Kammer aufweist, in welcher mindestens ein Rotationskolben exzentrisch drehbar gelagert ist, der die Kammer in eine erste Teilkammer und eine zweite Teilkammer aufteilt. Dabei ist vorgesehen, dass die Außenkontur des Rotationskolbens - im Querschnitt

gesehen - eine zweibogige Hypotrochoide ist. Weiterhin ist eine derartige Aufladeeinrichtung, insbesondere für den Betrieb einer Brennkraftmaschine oder einer Brennstoffzellenanordnung beschrieben.

[0007] Diese Aufladeeinrichtung ist mit zwei Rotationskolbenmaschinen realisiert. Die erste Rotationskolbenmaschine wird in dem dargestellten Beispiel als Verdichter und die zweite Rotationskolbenmaschine als Expander verwendet. Die DE 10 2009 028 086 A1 offenbart somit eine Rotationskolbenmaschine mit der ein Fluid komprimier- oder expandierbar ist.

[0008] Aus der deutschen, noch nicht veröffentlichten Patentanmeldung mit dem amtlichen Aktenzeichen DE 10 2011 006 388.9 ist ein Verfahren zum Betrieb einer mengengeregelten Brennkraftmaschine bekannt, mit einem Ansaugtrakt und einem Abgasstrang, wobei in dem Ansaugtrakt in Strömungsrichtung der Verbrennungsluft vor einem Einlassventil der Brennkraftmaschine eine Expansionsmaschine angeordnet ist, deren Abtriebswelle mit einer Abtriebswelle der Brennkraftmaschine oder mit einer Abtriebswelle einer elektrischen Maschine koppelbar ist, wobei ein an den Abgasstrang anordenbarer Wärmetauscher vorgesehen ist, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die Verbrennungsluft, bevor sie durch die Expansionsmaschine strömt, in dem Wärmetauscher von dem Abgas der Brennkraftmaschine aufgeheizt wird.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, für eine gattungsgemäße Brennkraftmaschine eine Gesamtgeometrie aufzuzeigen, die effizient arbeitet und kompakt baut.

[0010] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0011] Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung bzw. Gesamtanordnung wird das beste Verhältnis von Ansaugluftförderung zu Bauraum erzielt.

[0012] Mit der Anordnung einer Dichtung an der Kuppe gemäß Patentanspruch 2 wird in vorteilhafter Weise eine ruhende, sehr einfach zu kühlende Dichtung möglich. Aufgrund der relativ geringen auftretenden Druckdifferenzen (≤ 3 bar) in der Trochoidenmaschine kann die Dichtung problemlos und dauerhaft dicht ausgelegt werden.

[0013] Mit der Ausgestaltung gemäß Patentanspruch 3 kann in vorteilhafter Weise die Ansaugluftmenge reguliert werden, so dass die Brennkraftmaschine über ein sehr breites Drehzahl- und/oder Lastband betreibbar ist. Die Ansaugluft kann somit in vorteilhafter Weise expandiert (verdünnt für niedrige Last) oder komprimiert (verdichtet für hohe Last, Aufladefall) werden.

[0014] Mit der Ausgestaltung gemäß Patentanspruch 4 wird gewährleistet, dass beispielsweise aufgrund von Pulsationen im Ansaugsystem keine Ladeluft in die Trochoidenmaschine zurückgefördert wird. Weiter dient diese Ausgestaltung als Rückschlagklappe im Aufladefall.

[0015] Mit der Ausgestaltung gemäß Patentanspruch 5 sind Wirkungsgradverbesserungen erzielbar, wie sie in der deutschen, noch nicht offengelegten Patentanmeldung mit dem amtlichen Aktenzeichen DE 10 2011 006

388.9 beschrieben sind.

[0016] Mit der Ausgestaltung gemäß Patentanspruch 6 lässt sich der Außenradius der Trochoidenmaschine deutlich verringern, wodurch der Bauraum nochmals verringert wird.

[0017] Im Folgenden ist die Erfindung anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels in zwei Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße mengengeregelte Brennkraftmaschine.

Fig. 2 zeigt schematisch einen Einströmquerschnitt A für eine Ansaugluft an einer Trochoidenmaschine über die Zeit für eine kleine und eine große Last der mengengeregelten Brennkraftmaschine.

[0018] Fig. 1 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße mengengeregelte Brennkraftmaschine 1, im vorliegenden Fall eine Viertakt-Hubkolben-Brennkraftmaschine.

[0019] Die Brennkraftmaschine 1 weist in diesem Ausführungsbeispiel zumindest zwei in einer Reihe angeordnete Zylinder 2 auf, deren Längsachsen 2' eine Ebene senkrecht zur Zeichnungsebene, einer Brennkraftmaschinenlängsachse aufspannen. Die Brennkraftmaschinenlängsachse entspricht auch der Erstreckungsrichtung einer nicht dargestellten Kurbelwelle. Selbstverständlich kann die Brennkraftmaschine 1 auch nur einen einzigen oder mehrere in Reihe angeordnete Zylinder 2 aufweisen. Eine nicht dargestellte Brennstoffeinbringung kann in einem Ansaugsystem 3 und/oder direkt in die Zylinder 2 erfolgen, wobei in dem Ansaugsystem 3 als Lastregelorgan eine Trochoidenmaschine 4 mit einem Rotationskolben 5 angeordnet ist. Unter der Last versteht man die Belastung einer Brennkraftmaschine zwischen Nulllast (z.B. Leerlauf) über die Teillast bis zur Volllast und auch den Schiebetrieb.

[0020] Die gewünschte Last (Lastregelung, Laststeuerung) wird beim konventionellen Ottomotor durch die Gemischmasse eingestellt (Quantitätsregelung oder Mengenregelung der Kraftstoff/Luftmasse). Die Gemischmasse wiederum wird durch ein Steuerorgan vorgegeben. Das Steuerorgan ist in der Regel eine Drosselklappe, im vorliegenden Fall erfindungsgemäß die Trochoidenmaschine 4 in Verbindung mit einem Drehschieber 11.

[0021] Der Rotationskolben 5 beschreibt eine Planetenbewegung und dreht mit halber Welfendrehzahl um seine Rotationskolbenachse 5', die wiederum mit Wellendrehzahl dreht und drehfest, beispielsweise mit einer nicht dargestellten Kurbelwelle der Brennkraftmaschine oder einer separaten elektrischen Maschine gekoppelt ist. Durch diese Drehung wird eine Ansaugluft komprimiert oder expandiert, wobei die Luftmenge über den Drehschieber 11 einstellbar ist. Eine Luftströmungsrichtung ist durch dicke Pfeile angedeutet, in Fig. 1 also nach

einer axialen Zuströmung (senkrecht zur Zeichnungsebene) radial in die Trochoidenmaschine 4. Weiter weist die Brennkraftmaschine 1 für einen Ladungswechsel ein Gaswechseleinlassventil 6 und ein Gaswechselauslassventil 7 sowie je Zylinder 2 einen Kolben 13 auf. In anderen Ausführungsbeispielen können auch mehrere Gaswechseleinlass- bzw. Gaswechselwechselelassventile 6, 7 pro Zylinder 2 vorgesehen sein. Eine Zündeinrichtung für die Brennkraftmaschine 1 ist mit 14 beziffert.

[0022] Der Rotationskolben 5 der Trochoidenmaschine 4 ist im Querschnitt eine zweibogige Hypotrochoide (= Ellipse), wobei eine Rotationskolbenachse 5' weitgehend parallel zu der von den Zylinderlängsachsen 2' aufgespannten Ebene ausgerichtet ist und eine Zufuhr und eine Abfuhr der Ansaugluft in die und aus der Trochoidenmaschine 4 weitgehend radial erfolgt.

[0023] Für eine einfache, kostengünstige, kühlbare und dauerhaft dichte Abdichtung der Trochoidenmaschine 4 ist in der Trochoidenmaschine 4 zwischen einer Ansaugluftzuführöffnung 8 und einer Ansaugluftabfuhröffnung 9 eine zur Rotationskolbenachse 5' parallel angeordnete Dichtung 10 an einer Kuppe der Hüllkurve, einem Teilabschnitt einer verlängerten Epitrochoide, vorgesehen.

[0024] Wie bereits erwähnt ist in Strömungsrichtung der Ansaugluft vor der Ansaugluftzuführöffnung 8 der Drehschieber 11 zur Ansaugluftmengensteuerung angeordnet.

[0025] Damit beispielsweise durch Druckpulsationen im Ansaugsystem 3 ein Rückströmen der Ansaugluft in die Trochoidenmaschine 4 verhindert ist, ist in Strömungsrichtung der Ansaugluft nach der Ansaugluftabfuhröffnung 9 in dem Ansaugsystem 3 ein Rückströmsperrelement 12 angeordnet, bei dem es sich im einfachsten Fall um eine Klappe handeln kann oder auch um gesteuerte oder geregelte Klappenmechanismen. Im Aufladefall, d. h. wenn die Ansaugluft komprimiert wird, dient dieses Rückströmsperrelement 12 auch als Rückschlagklappe.

[0026] In einem weiteren Ausführungsbeispiel, welches in Fig. 1 nicht dargestellt ist, kann die Ansaugluft in Strömungsrichtung vor der Ansaugluftzuführöffnung 8 auch von einem Abgas der Brennkraftmaschine 1 in einem Wärmetauscher aufgeheizt werden. Durch diese Maßnahme können extrem hohe Wirkungsgrade für die Brennkraftmaschine erzielt werden.

[0027] Bevorzugt erstreckt sich die Trochoidenmaschine 4 in axialer Richtung über die Breite von zumindest einem Zylinder 2. Hierdurch kann der Außendurchmesser der Trochoidenmaschine deutlich verringert werden, was der Bauform, bzw. dem Package nochmals zugutekommt.

[0028] Fig. 2 zeigt schematisch einen Einströmquerschnitt A für die Ansaugluft über die Zeit (bzw. dem Drehwinkel des Drehschiebers 11) in die Trochoidenmaschine 4. Für kleine Luftmengen ist die Linie durchgezogen dargestellt und eine große Last und/oder Drehzahl ist die

Linie gestrichelt dargestellt.

[0029] Mit anderen Worten:

Es wird somit eine erfindungsgemäße Laststeuerung für die mengengeregelte Brennkraftmaschine 1 vorgeschlagen, bei der als Expander oder Kompressor der Ansaugluft die Trochoidenmaschine 4, eine Rotationskolbenmaschine, verwendet wird, deren Einlass drosselfrei (im Wesentlichen über die Länge der Öffnungsdauer, siehe Bild 2) geregelt wird. Die Trochoidenmaschine 4 ist mechanisch mit der Brennkraftmaschine 1 oder einem Antriebsstrang gekoppelt, um die von den in der Teillast z. B. von 1 bar auf 0,3 bar expandierten Frischgasen geleistete Arbeit abzunehmen.

[0030] An der Ansaugluftabfuhröffnung 9 genügt eine passive Steuerung (wie beispielsweise dargestellt, das Rückströmsperrelement 12, im einfachsten Fall eine Klappe) um ein Rückströmen der ausgeschobenen Frischgase in die Trochoidenmaschine 4 zu verhindern. Dies ist vor allem im Aufladebetrieb (Kompressorbetrieb) wichtig. In diesem Fall verhindert das Rückströmsperrelement 12 ein Rückströmen der komprimierten Ansaugluft in die Trochoidenmaschine 4. Gegebenenfalls kann hier ebenfalls eine aktive Querschnittsteuerung der Ansaugluftabfuhröffnung 9, ähnlich der Ansaugluftzufuhröffnung 8 mit dem Drehschieber 11, erfolgen. Verfügt die Trochoidenmaschine 4 über einen geeigneten Durchsatz (der Volumendurchsatz der Trochoidenmaschine 4 ist größer als das Volumen der Brennkraftmaschine 1 je Zeiteinheit), kann bei entsprechend weit geöffnetem Einlassquerschnitt, der Ansaugluftzufuhröffnung 8 auch eine Aufladung der Brennkraftmaschine 1 (unter Energieaufnahme aus dem Antriebsstrang) erreicht werden.

[0031] In Fig. 1 ist eine beispielhafte, mögliche Anordnung dargestellt:

Der Rotationskolben 5 der Trochoidenmaschine 4 ist in diesem Ausführungsbeispiel eine zweibogige, verkürzte Hypotrochoide (= Ellipse), der mit halber Wellendrehzahl, die Welle ist gestrichelt dargestellt, um ihre Rotationskolbenachse 5' rotiert, welche mit Wellendrehzahl um den Wellendrehpunkt 4' rotiert. Die passende Hüllkurve ist in diesem einfachen Fall ebenfalls eine Trochoide, nämlich ein Teilabschnitt einer geeignet verlängerten Epitrochoide. Der Schlankheitsgrad ist dabei ein frei wählbarer Parameter, entsprechend der Verkürzung bzw. Verlängerung der Trochoiden. Es sind vier Stellungen eingezeichnet, um die Bewegung zu verdeutlichen. Die aktuelle Lage ist mittels eines durchgezogenen Striches dargestellt, die drei weiter gedrehten möglichen Lagen sind gestrichelt dargestellt. Ein schwarzer Pfeil deutet hierbei die Drehrichtung des Rotationskolbens 5 an.

[0032] Die Einlasssteuerung erfolgt von radial über einen rotierenden Drehschieber, mit verstellbarem Abdeckschieber (Doppelpfeil), wobei in axialer Richtung in den zylindrisch oder konisch zu denkenden rotierenden Drehschieber eingeströmt wird.

[0033] An der Kuppe der Hüllkurve kann in einfacher Weise eine ruhende, kühlbare Dichtung 10 angebracht werden.

[0034] Die vorgeschlagene Geometrie zeichnet sich durch besonders hohen Luftdurchsatz bezüglich Bauraum aus (nur ein Läufer, kein Innen- und Außenläufer und Gehäuse) und geringe schädliche Kolbenflächen im Querschnitt im Vergleich zu höheren Trochoiden. Die radiale Zuströmung der Ansaugluft passt hervorragend zum Bauraum einer Reihen-Brennkraftmaschine, da in der Baulänge (quer zur Zeichnungsebene) skalierbar.

[0035] Neben Bauraumvorteilen werden auch Verbrauchsvorteile durch Vorschalten der beschriebenen Anordnung an übliche Hubkolben-Brennkraftmaschinen 1 erschlossen. Trochoidenmaschinen 4 können bei geeigneter Geometrie auch in Heißgasmaterial (Keramik o. ä.) mit Spaltabdichtungen an der umlaufenden Dichtstelle dargestellt werden und ermöglichen so die Nutzung der Abgaswärme.

Bezugszeichenliste:

[0036]

1. Brennkraftmaschine
2. Zylinder
- 2' Längsachse
3. Ansaugsystem
4. Trochoidenmaschine
- 4' Wellendrehpunkt
5. Rotationskolben
- 5' Rotationskolbenachse
6. Gaswechseleinlassventil
7. Gaswechselauslassventil
8. Ansaugluftzufuhröffnung
9. Ansaugluftabfuhröffnung
10. Dichtung
11. Drehschieber
12. Rückströmsperrelement
13. Kolben
14. Zündvorrichtung
15. Abgastrakt

Patentansprüche

1. Mengengeregelte Brennkraftmaschine (1), insbesondere eine Viertakt-Hubkolben-Brennkraftmaschine, mit zumindest einem Zylinder (2), dessen Längsachse (2') mit einer Brennkraftmaschinenlängsachse eine Ebene aufspannt, mit einer Brennstoffeinbringung in ein Ansaugsystem (3) und/oder in den Zylinder (2), wobei in dem Ansaugsystem (3) als Lastregelorgan eine Trochoidenmaschine (4) mit einem Rotationskolben (5) angeordnet ist, die drehfest mit einer Welle der Brennkraftmaschine gekoppelt ist und mit der eine Ansaugluft komprimier- oder expandierbar ist und mit zumindest einem Gaswechseleinlass- (6) und Gaswechselauslassventil (7) je Zylinder (2) für einen Ladungswechsel, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotationskolben (5) im

Querschnitt eine zweibogige Hypotrochoide ist, wobei eine Rotationskolbenachse (5') parallel zu der Ebene und weitgehend senkrecht zur Längsachse (2') ausgerichtet ist und eine Zufuhr und eine Abfuhr der Ansaugluft in die Trochoidenmaschine (4) weitgehend radial erfolgt.

2. Mengengeregelte Brennkraftmaschine nach Patentanspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass für den Rotationskolben (5) in der Trochoidenmaschine (4) zwischen einer Ansaugluftzufuhröffnung (8) und einer Ansaugluftabfuhröffnung (9) eine zur Rotationskolbenachse parallel angeordnete Dichtung (10) vorgesehen ist.

10
15

3. Mengengeregelte Brennkraftmaschine nach Patentanspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass in Strömungsrichtung der Ansaugluft vor der Ansaugluftzufuhröffnung (8) ein Drehschieber (11) zur Ansaugluftmengensteuerung angeordnet ist.

20

4. Mengengeregelte Brennkraftmaschine nach einem der Patentansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass in Strömungsrichtung der Ansaugluft nach der Ansaugluftabfuhröffnung (9) in dem Ansaugsystem (3) ein Rückström Sperrelement (12) angeordnet ist.

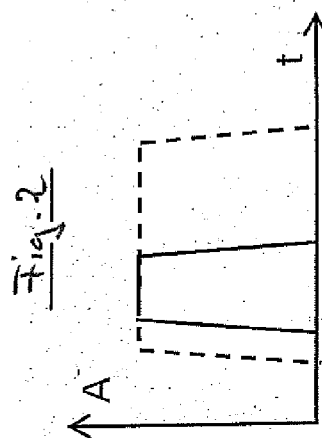
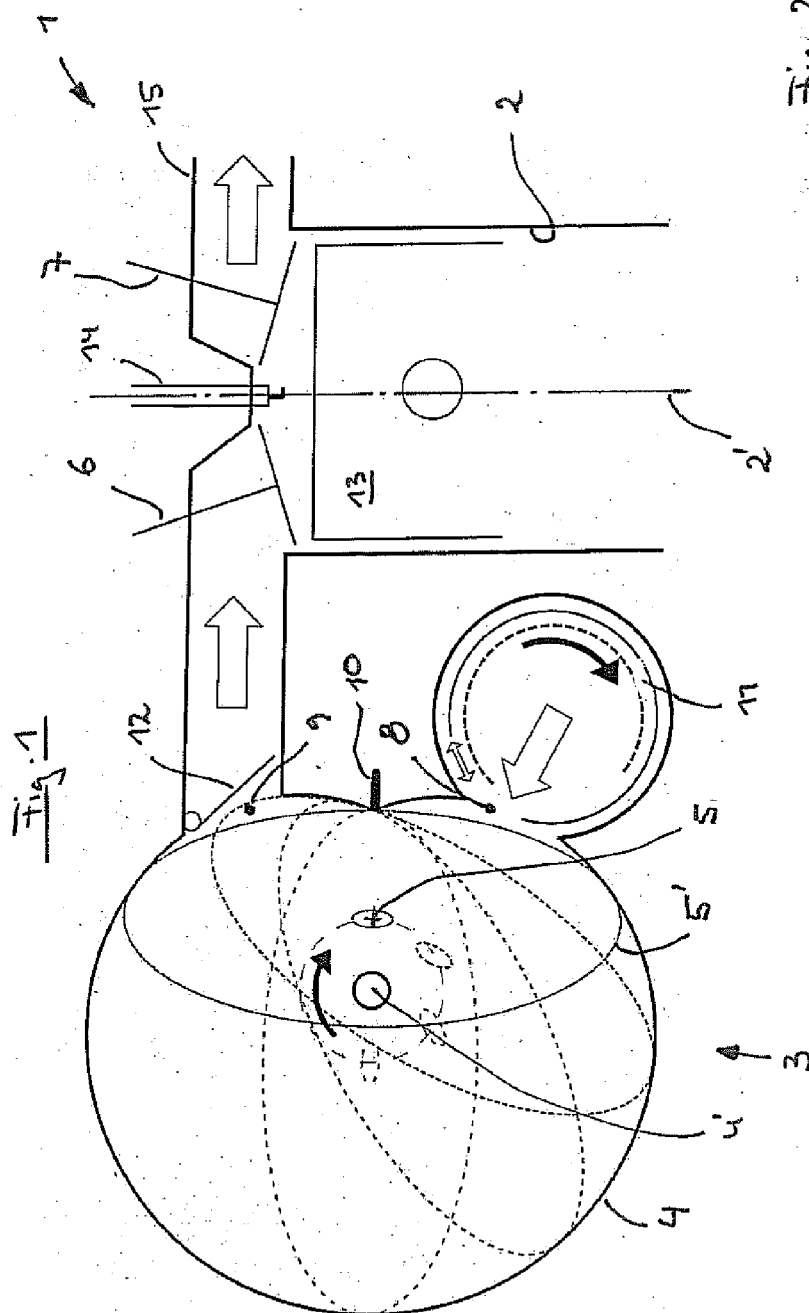
25
30

5. Mengengeregelte Brennkraftmaschine nach einem der Patentansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die Ansaugluft in Strömungsrichtung vor der Ansaugluftzufuhröffnung (8) von einem Abgas der Brennkraftmaschine (1) in einem Wärmetauscher aufheizbar ist.

35

6. Mengengeregelte Brennkraftmaschine nach einem der zuvor genannten Patentansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass sich die Trochoidenmaschine (4) in axialer Richtung über die Breite von zumindest zwei Zylindern (2) erstreckt.

40
45
50
55



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3000145 A1 [0002]
- DE 10116264 A1 [0004] [0005]
- DE 102009028086 A1 [0006] [0007]
- DE 102011006388 [0008] [0015]