

(19)



(11)

EP 2 573 358 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
27.03.2013 Patentblatt 2013/13

(51) Int Cl.:
F02B 71/04^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12006682.4**

(22) Anmeldetag: **25.09.2012**

(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: **Weitner, Heinz**
85072 Eichstätt (DE)

(72) Erfinder: **Weitner, Heinz**
85072 Eichstätt (DE)

(30) Priorität: **26.09.2011 DE 202011106073 U**

(74) Vertreter: **Witzany, Manfred**
Patentanwalt
Falkenstrasse 4
85049 Ingolstadt (DE)

(54) **Freikolbenmotor**

(57) Ein Freikolbenmotor (1) weist mindestens einen Zylinder (2) auf, in dem mindestens ein Kolben (3) verschiebbar geführt ist. Der Zylinder weist mindestens einen Verdichtungsraum (29) zum Verdichten eines Arbeitsgases und mindestens einen Brennraum (30) zum Verbrennen des Arbeitsgases auf. Zur Erzielung eines hohen chemischen und thermischen Wirkungsgrades

weisen der Brennraum (30) und der Verdichtungsraum (29) die gleiche Außenkontur auf. Sie sind voneinander durch den Kolben (3) trennbar. Ein Überströmkanal (28) kann den Verdichtungsraum (29) mit dem Brennraum (30) verbinden. Auf diese Weise ergibt sich ein nicht zerklüfteter Brennraum (30), der eine vollständige Verbrennung des Arbeitsgases und geringe thermische Verluste zur Folge hat.

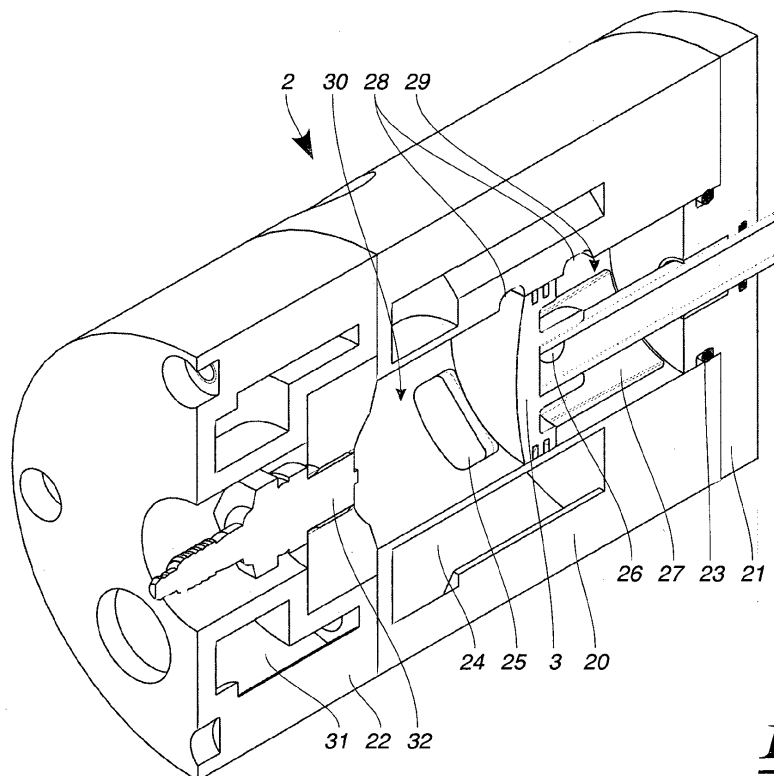


Fig. 2

EP 2 573 358 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Freikolbenmotor mit mindestens einem Zylinder, in dem mindestens ein Kolben verschiebbar geführt ist, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Aus der DE-A-1 451 662 ist ein gattungsgemäßer Freikolbenmotor bekannt. Dieser weist einen Zylinder auf, in dem ein Kolben verschiebbar gehalten ist. Innerhalb des Zylinders ist ein Verdichtungsraum zum Vorverdichten eines Arbeitsgases vorgesehen. Außerdem bildet der Zylinder einen Brennraum, in dem das Arbeitsgas bzw. dessen brennbare Bestandteile verbrannt werden. Der Kolben ist dabei als Stufenkolben ausgebildet, so dass der Brennraum eine von der idealen zylindrischen Gestalt abweichende Form aufweist. Diese zerklüftete Brennraumform wirkt sich nachteilig auf die Verbrennungsdynamik aus, was insbesondere im Bereich der Nennleistung zu einer unvollständigen Verbrennung der brennbaren Anteile im Arbeitsgas führt. Dieser Nachteil hat den kommerziellen Einsatz dieses bekannten Freikolbenmotors verhindert.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Freikolbenmotor der eingangs genannten Art zu schaffen, der sich durch einen einfachen Aufbau mit wenigen beweglichen Teilen und einen hohen Gesamtwirkungsgrad auszeichnet.

[0004] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0005] Der Freikolbenmotor gemäß Anspruch 1 weist mindestens einen Zylinder auf, in dem mindestens ein Kolben verschiebbar geführt ist. Die Ausbildung des Motors als Freikolbenmotor hat den Vorteil, dass am Kolben kein Pleuel angreift, um die Kolbenbewegung in eine Drehbewegung der Pleuelwelle umzuformen. Ein derartiges Pleuel verursacht insbesondere Reibungsverluste im Pleuellager. Zusätzlich übt das Pleuel aufgrund seiner Schrägstellung auf den Kolben eine radial wirkende Kraft aus, die den Kolben gegen die Zylinderwand drückt. Diese Kraft führt nach dem Coulombschen Reibungsgesetz zu einer Reibungskraft, die der Kolbenbewegung entgegenwirkt und damit dem Kolben Bewegungsenergie entnimmt. Beim Freikolbenmotor tritt dieser Verlust praktisch nicht auf, da der Kolben höchstens mit seinem eigenen Gewicht an der Zylinderwand anliegt, so dass die Reibungskräfte äußerst gering sind. Insbesondere bei vertikaler Bewegungsrichtung des Kolbens ist selbst die Gewichtskraft des Kolbens unschädlich, so dass der Kolben praktisch reibungsfrei im Zylinder bewegbar ist. Dies führt zu einem hohen mechanischen Wirkungsgrad des Motors. Damit der Freikolbenmotor ohne Pleuel und Pleuelwelle funktionstüchtig ist, muss er neben dem bei üblichen Verbrennungsmotoren bekannten Brennraum noch einen Verdichtungsraum aufweisen. In diesem Verdichtungsraum wird das Arbeitsgas verdichtet, ehe es in den Brennraum überführt wird. Im Brennraum selbst wird das Arbeitsgas verbrannt, damit es durch die damit verbundene Expansion mechani-

sche Arbeit am Kolben verrichten kann.

[0006] Bei der Betrachtung des gesamten Wirkungsgrades eines Motors ist nicht nur der mechanische Wirkungsgrad zu betrachten, es ist vielmehr auch der chemische und thermische Wirkungsgrad zu berücksichtigen. Der chemische Wirkungsgrad drückt aus, wie viel der eingebrachten chemischen Energie tatsächlich in Wärme umgesetzt wird. Insbesondere bei unvollständiger Verbrennung des Arbeitsgases ergibt sich ein nicht zufrieden stellender Wirkungsgrad. Der thermische Wirkungsgrad berücksichtigt Wärmeverluste innerhalb des Motors durch Konvektion und Wärmestrahlung nach außen. Durch diese Prozesse wird dem Arbeitsgas thermische Energie entzogen, die anschließend nicht mehr durch Expansion Arbeit am Kolben verrichten kann. Um sowohl den chemischen Wirkungsgrad als auch den thermischen Wirkungsgrad möglichst hoch zu halten, ist ein kompakter Brennraum wünschenswert. Dieser wird erfindungsgemäß dadurch realisiert, dass der Brennraum und der Verdichtungsraum die gleiche Außenkontur aufweisen. Dabei bildet der Kolben die Grenze zwischen dem Verdichtungsraum und dem Brennraum und teilt diese beiden Räume voneinander ab. Im Bewegungsbereich des Kolbens ist der Zylinder demnach translations-symmetrisch geformt, was zu einem geometrisch kompakten und insbesondere nicht zerklüfteten Brennraum führt. Diese günstige Brennraumform führt zu einer nahezu vollständigen Verbrennung des Arbeitsgases. Außerdem ergibt sich auf diese Weise ein sehr günstiges Verhältnis zwischen der Brennraumbofläche und dem Brennraumvolumen, so dass thermische Verluste durch Wärmeleitung und Strahlung durch die Zylinderwand gering bleiben. Dies führt damit zu einem sehr günstigen thermischen Wirkungsgrad des Freikolbenmotors. Zur Durchführung des erforderlichen Ladungswechsels zwischen dem Verdichtungsraum und dem Brennraum sind beide durch mindestens einen Überströmkanal miteinander verbindbar. Damit kann das verdichtete Arbeitsgas vom Verdichtungsraum in den Brennraum strömen. Der Kolben verhindert dabei einen unkontrollierten Gasaustausch zwischen dem Verdichtungsraum und dem Brennraum. Insbesondere ist der Überströmkanal derart ausgebildet, dass er den Verdichtungsraum mit dem Brennraum nur zu bestimmten Zeitabschnitten eines Bewegungszykluses des Kolbens verbindet.

[0007] Grundsätzlich könnte der Überstromkanal beispielsweise mittels Ventilen gesteuert werden. Allerdings erfordert die synchron zur Kolbenbewegung arbeitende Ventilsteuerung doch einen erheblichen Aufwand. Einfacher ist es, wenn der Überströmkanal gemäß Anspruch 2 ausschließlich vom Kolben verschließbar ist. Damit erfordert das Verschließen und Öffnen des Überströmkanals keine zusätzlichen beweglichen Bauteile, was den baulichen Aufwand des Freikolbenmotors insgesamt reduziert. Außerdem wird auf diese Weise keine zusätzliche Energie zum Ansteuern des Überströmkanals benötigt.

[0008] Da der Freikolbenmotor weder Pleuel noch Kur-

belwelle aufweist, fehlt ihm auch eine entsprechende Schwungmasse, die mechanische Energie speichert, um das Arbeitsgas zu verdichten. Zur Behebung dieses Umstandes ist es gemäß Anspruch 3 vorteilhaft, wenn mindestens zwei der Kolben fest miteinander gekoppelt sind. Damit kann der eine Kolben das Arbeitsgas im Verdichtungsraum verdichten, während der andere Kolben vom in der Brennkammer expandierenden Arbeitsgas betätigt wird. Auf diese Weise muss keine Bewegungsenergie gespeichert werden. Die an einem der Kolben geleistete Arbeit wird vielmehr unmittelbar und ohne Zwischenspeicherung teilweise für die Verdichtungsarbeit am anderen Kolben genutzt. Die feste Kopplung führt auch zu keinem zusätzlichen Reibungsverlust, was sich wiederum positiv auf den Wirkungsgrad des Freikolbenmotors auswirkt.

[0009] Nachdem ein Verbrennungsmotor - gleichgültig welcher Bauart - grundsätzlich zur Umsetzung chemischer Energie in eine andere, gut verwertbare Energieform eingesetzt wird, muss auch der erfindungsgemäße Freikolbenmotor eine gezielte Energieabgabemöglichkeit aufweisen. Ohne diese wäre der Freikolbenmotor reiner Selbstzweck und für die Praxis nutzlos. Da der Freikolbenmotor grundsätzlich über keinerlei Pleuel und Kurbelwelle verfügt, besitzt er keinerlei zur Drehung angetriebene Welle, wie sie von herkömmlichen Verbrennungsmotoren bekannt ist. Andererseits wäre es nicht gerade zweckmäßig, für diesen Zweck auf den einfachen Aufbau des Freikolbenmotors zu verzichten. Grundsätzlich könnte die Kolbenschwungung direkt genutzt werden, wenn mit dem Freikolbenmotor beispielsweise eine Pumpe betrieben werden soll. Diese wäre dann zweckmäßigerweise als Kolbenpumpe ausgebildet. Die damit realisierbaren Anwendungsgebiete wären jedoch gering, da der bei weitem größte Anwendungsbereich von Verbrennungsmotoren eine sich drehende Welle als Energieübertragungsmittel voraussetzt. Vor diesem Hintergrund ist es gemäß Anspruch 4 vorteilhaft, wenn der mindestens eine Kolben mit mindestens einem Lineargenerator gekoppelt ist. Der Lineargenerator weist Spulen und gegebenenfalls Permanentmagnete auf, die gegeneinander verschoben werden. Dabei wird in den Spulen aufgrund der sich bewegenden Magnetfelder eine elektrische Spannung induziert, die an den Spulenenden abgegriffen werden kann. Damit setzt der Lineargenerator die oszillatorische Kolbenbewegung unmittelbar in einen elektrischen Wechselstrom um, der für unterschiedlichste Zwecke eingesetzt werden kann. Der Wechselstrom kann beispielsweise für Anwendungen in Fahrzeugen dazu genutzt werden, Elektromotoren anzutreiben. Bei Hausinstallationen kann der Wechselstrom umgerichtet werden, um sowohl bezüglich der Frequenz und Phasenlage als auch bezüglich der Spitzenspannung in die Netzspannung gespeist werden zu können. Damit sind beispielsweise Anwendungen des Freikolbenmotors als Blockheizkraftwerk denkbar. Die Kupplung des Lineargenerators mit dem Kolben erfolgt vorzugsweise durch eine starre Stange, so dass diese Kupplung keine zusätzlichen Reibungskräfte verursacht.

[0010] Die Frequenz der vom Lineargenerator erzeugten Wechselspannung stimmt stets exakt mit der Kolbenfrequenz überein. Damit kann die vom Lineargenerator erzeugte Wechselspannung unmittelbar dazu herangezogen werden, die Kolbenfrequenz zu messen. Gemäß Anspruch 5 ist es vorteilhaft, wenn der Lineargenerator in steuernder Wirkverbindung mit einem Regler steht, der die Frequenz der Kolbenbewegung beeinflusst. Ein derartiger Regler kann beispielsweise die Kraftstoffzufuhr beeinflussen, um auf diese Weise die Frequenz der Kolbenbewegung innerhalb eines vorgegebenen Frequenzbereichs zu halten. Insbesondere bei großen Lastwechseln verhindert ein derartiger Regler selbsttätig das Stocken oder Überdrehen des Freikolbenmotors. Wird statt oder zusätzlich zur Frequenz die Phase der Kolbenbewegung geregelt, so kann ein besonders präziser Wechselstrom erzeugt werden, der insbesondere ohne nachherige Gleichrichtung und phasengenaue Wechselrichtung in das Netz koppelbar ist. Hierzu muss lediglich die Phasenregelung der Kolbenbewegung netzsynchron erfolgen. Zur Anpassung an die Netzspannung kann gegebenenfalls noch ein Transformator vorgesehen sein, der allerdings bei geeigneter Dimensionierung des Lineargenerators entbehrlich ist.

[0011] Um den Freikolbenmotor und insbesondere den Bereich des Zylinders einfach zu gestalten, ist es gemäß Anspruch 6 vorteilhaft, wenn das Arbeitsgas vor Einlass in den Verdichtungsraum mindestens einen Brennstoff enthält. Die Gemischzubereitung des Arbeitsgases erfolgt demnach außerhalb des Zylinders, vorzugsweise als Saugrohreinjection. Dies ergibt einen einfachen Aufbau, und eröffnet die Möglichkeit, das Kraftstoff-Luft-Gemisch in seiner Zusammensetzung zu regeln (λ -Regelung). Insbesondere bei kleinbauenden Freikolbenmotoren ist dieser Aufbau vorzuziehen.

[0012] Alternativ ist es gemäß Anspruch 7 günstig, wenn im Brennraum mindestens eine Einspritzdüse zum Einspritzen mindestens eines Kraftstoffs vorgesehen ist. Damit kann die Verdichtung des Arbeitsgases sowohl im Verdichtungsraum als auch im Brennraum ohne Rücksicht auf Selbstentzündungstemperaturen des Kraftstoffs optimiert werden. Insbesondere bei großbauenden Freikolbenmotoren kann auf diese Weise der thermische Wirkungsgrad verbessert werden. Allerdings sind auf diese Weise Mittel zum Steuern der Einspritzdüse erforderlich, wodurch der Aufbau entsprechend komplexer wird.

[0013] Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Arbeitsgas gemäß Anspruch 8 beim Einspritzen in den Brennraum aufgrund seiner Temperatur sich entzündet. Auf diese Weise ergibt sich ein Selbstzündungsmotor, der jegliche zusätzliche Zündkerzen entbehrlich macht. Konsequenterweise müssen in diesem Fall auch keinerlei Mittel zum zeitrichtigen Ansteuern der Zündkerzen vorgesehen sein. Auf diese Weise vereinfacht sich der Aufbau des Freikolbenmotors entsprechend.

[0014] Alternativ kann im Brennraum gemäß Anspruch 9 auch mindestens eine Zündkerze vorgesehen sein,

durch die das Arbeitsgas entzündet wird. Auf diese Weise ergibt sich ein Fremdzündungsmotor, der insbesondere in jenen Fällen vorteilhaft ist, in denen die Gemischzubereitung des Arbeitsgases außerhalb des Zylinders erfolgt.

[0015] Da der Freikolbenmotor keinerlei Pleuel am Kolben benötigt, treten auch nur vernachlässigbar kleine Kräfte quer zur Kolbenbewegungsrichtung auf. Diese werden praktisch ausschließlich von der Gewichtskraft des Kolbens hervorgerufen. Insbesondere bei vertikaler Ausrichtung der Kolbenbewegung wird selbst diese Gewichtskraft neutralisiert. Aus diesem Grund ergibt sich eine besonders geringe Reibung des Kolbens an der Zylinderinnenwand. Aus diesem Grund kann der Kolben gemäß Anspruch 10 ohne Verlustschmierung, also im Trockenlauf betrieben werden. Damit entfällt die Notwendigkeit, dem Kraftstoff ein entsprechendes Öl zur Schmierung des Kolbens beizumischen, welches im Verbrennungsprozess verloren ginge. Es ist auch nicht erforderlich, eine Druckumlaufschmierung zu installieren, die den Wirkungsgrad des Freikolbenmotors herabsetzen würde. Ohne Schmiersystem entfallen auch Wartungsintervalle zum Wechseln des Schmieröls. Damit reduziert sich der gesamte Herstellungs- und Wartungsaufwand des Freikolbenmotors.

[0016] Der Erfindungsgegenstand wird beispielhaft anhand der Zeichnung erläutert, ohne den Schutzzumfang zu beschränken.

[0017] Es zeigt:

Figur 1 eine räumliche Schnittdarstellung eines Freikolbenmotors und

Figur 2 einen vergrößerten Ausschnitt aus Figur 1.

[0018] Ein Freikolbenmotor 1 gemäß Figur 1 besteht aus zwei Zylindern 2, in denen Kolben 3 axial verschiebbar geführt sind. Die Kolben 3 sind über eine Kolbenstange 4 fest miteinander verbunden, so dass deren Bewegungen miteinander gekoppelt sind.

[0019] An der Kolbenstange 4 ist zwischen den beiden Kolben 3 ein Läufer 5 eines Lineargenerators 6 festgelegt. Dieser Läufer 5 ist als Permanentmagnet ausgebildet, wobei alternativ auch an eine stromdurchflossene Spule gedacht ist. Der Läufer 5 wird aufgrund seiner Kopplung an die Kolbenstange 4 mit den Kolben 3 axial bewegt. Dadurch erzeugt der Läufer 5 ein oszillierendes Magnetfeld, welches einen Stator 7 durchdringt.

[0020] Der Stator 7 weist eine Reihe von axial nebeneinander angeordneten Spulen 8 auf. In diese Spulen 8 induziert das vorgenannte Magnetfeld eine Spannung, die an den Spulenenden abgegriffen werden kann.

[0021] Der Lineargenerator 6 hat gegenüber einem herkömmlichen Rotationsgenerator den Vorteil, dass er direkt die oszillatorische Schiebewegung der Kolben 3 in einen elektrischen Wechselstrom umsetzen kann. Eine Umformung der oszillatorischen Schiebewegung der Kolben 3 in eine rotatorische Drehbewegung ist dem-

nach entbehrlich.

[0022] Der Lineargenerator 6 erzeugt in den Spulen 8 eine Wechselspannung, die für beliebige Zwecke einsetzbar ist. Diese Wechselspannung wird außerdem einer Frequenzmessvorrichtung 9 zugeführt, welche eine der Wechselspannungsfrequenz proportionale Spannung erzeugt. Alternativ könnte die Frequenzmessvorrichtung 9 auch einen der Wechselspannungsfrequenz entsprechenden Digitalwert ausgeben. Das Frequenzsignal der Frequenzmessvorrichtung 9 wird über einen Signalweg 10 an einen Regler 11 weitergegeben. Dieser vergleicht das Frequenzsignal mit einer internen Referenz und erzeugt daraus ein Regelsignal. Der Regler 11 hat vorzugsweise ein P-, PI- oder PID-Verhalten. Der Regler 11 steht mit der Gemischaufbereitung 12 in Wirkverbindung, der einem Luftstrom eine vom Regler 11 abhängige Kraftstoffmenge zuführt. Die kraftstoffbeladene Luft gelangt dann über eine Ansaugleitung 13 in die beiden Zylinder 2.

[0023] Der Aufbau der beiden spiegelsymmetrisch angeordneten Zylinder 2 wird anhand der vergrößerten Detaildarstellung gemäß Figur 2 näher erläutert.

[0024] Der Zylinder 2 besteht aus einer Zylinderwand 20, einer Abschlussplatte 21 und einem Zylinderkopf-22. Diese Teile sind miteinander mittels nicht dargestellter Schrauben fest verbunden und mittels Dichtungen 23 abgedichtet.

[0025] Die Zylinderwand 20 weist einen umlaufenden Hohlraum 24 auf, durch den ein Kühlmittel, insbesondere Wasser, läuft. Dieses Kühlmittel sorgt dafür, dass die Zylinderwand 20 innerhalb eines zulässigen Temperaturbereichs bleibt, in dem auch eingesetzte Schmierstoffe ihre volle Wirkung entfalten. In der Zylinderwand 20 ist außerdem ein Auslass 25 für verbranntes Arbeitsgas sowie ein nicht dargestellter Einlass für unverbranntes, vom Vergaser 12 stammendes Arbeitsgas vorgesehen. Sowohl der Auslass 25 als auch der Einlass werden durch den sich bewegenden Kolben 3 zeitweise verdeckt. Zu dem Zweck weist der Kolben 3 Abdeckungen 27 unterschiedlicher Länge auf, die den Einlass 25 und den Auslass 25 nur in bestimmten Stellungen des Kolbens 3 öffnen.

[0026] In der Zylinderwand 20 ist außerdem ein Überströmkanal 28 vorgesehen, der ebenfalls vom Kolben 3 geschlossen und geöffnet wird. Dieser Überströmkanal 28 verbindet bei einer bestimmten Kolbenstellung einen hinter dem Kolben befindlichen Verdichtungsraum 29 mit einem vor dem Kolben 3 liegenden Brennraum 30. Dieser Überströmkanal 28 ist im Wesentlichen nur bei Kolbenstellungen offen, die nahe der in Figur 2 dargestellten Kolbenstellung liegen.

[0027] Der Zylinderkopf 22 schließt den Zylinder 2 außenseitig ab. Auch im Zylinderkopf 22 ist ein Hohlraum 31 vorgesehen, der vom Kühlmittel durchflossen wird. Im Zylinderkopf 22 ist außerdem eine Zündkerze 32 vorgesehen, die das Arbeitsgas im Brennraum 30 entzündet. Alternativ könnte statt der Zündkerze 32 auch eine Einspritzdüse vorgesehen sein, die Kraftstoff in den

Brennraum 30 spritzt.

Bezugszeichenliste

[0028]

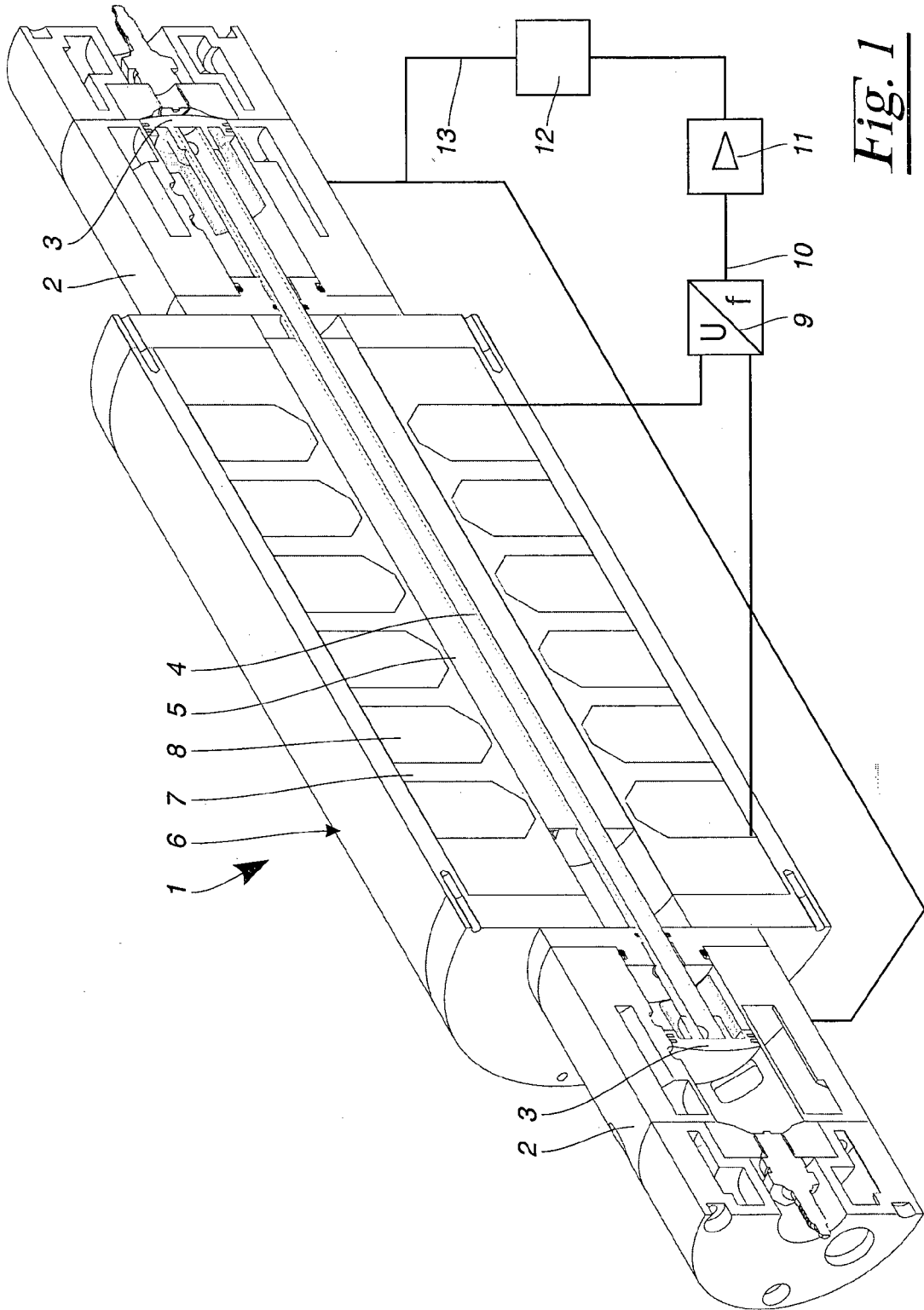
1	Freikolbenmotor
2	Zylinder
3	Kolben
4	Kolbenstange
5	Läufer
6	Lineargenerator
7	Stator
8	Spule
9	Frequenzmessvorrichtung
10	Signalweg
11	Regler
12	Vergaser
13	Ansaugleitung
20	Zylinderwand
21	Abschlussplatte
22	Zylinderkopf
23	Dichtung
24	Hohlraum
25	Auslass
27	Abdeckung
28	Überströmkanal
29	Verdichtungsraum
30	Brennraum
31	Hohlraum
32	Zündkerze

Patentansprüche

1. Freikolbenmotor mit mindestens einem Zylinder (2), in dem mindestens ein Kolben (3) verschiebbar geführt ist, wobei der Zylinder (2) mindestens einen Verdichtungsraum (29) zum Verdichten eines Arbeitsgases und mindestens einen Brennraum (30) zum Verbrennen des Arbeitsgases aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennraum (30) und der Verdichtungsraum (29) die gleiche Außenkontur aufweisen, voneinander durch den Kolben (3) trennbar und miteinander durch mindestens einen Überströmkanal (28) verbindbar sind. 35
2. Freikolbenmotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Überströmkanal (28) ausschließlich vom Kolben (3) verschließbar ist. 40
3. Freikolbenmotor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei der Kolben (3) fest miteinander gekoppelt sind. 45
4. Freikolbenmotor nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Kolben (3) mit mindestens ei-

nem Lineargenerator (6) gekoppelt ist.

5. Freikolbenmotor nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lineargenerator (6) in steuernder Wirkverbindung mit einem Regler (11) steht, der die Kolbenbewegung, vorzugsweise dessen Frequenz und/oder Phase beeinflusst. 5
6. Freikolbenmotor nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lineargenerator (6) in steuernder Wirkverbindung mit einem Regler (11) steht, der eine Frequenz und/oder Phase der Kolbenbewegung beeinflusst. 10
7. Freikolbenmotor nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Arbeitsgas vor Einlass in den Verdichtungsraum (29) mindestens einen Brennstoff enthält. 15
8. Freikolbenmotor nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Brennraum (30) mindestens eine Einspritzdüse zum Einspritzen mindestens eines Kraftstoffes vorgesehen ist. 20
9. Freikolbenmotor nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich Arbeitsgas beim Einspritzen in den Brennraum (30) aufgrund seiner Temperatur entzündet. 25
10. Freikolbenmotor nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (3) im Trockenlauf betrieben wird. 30



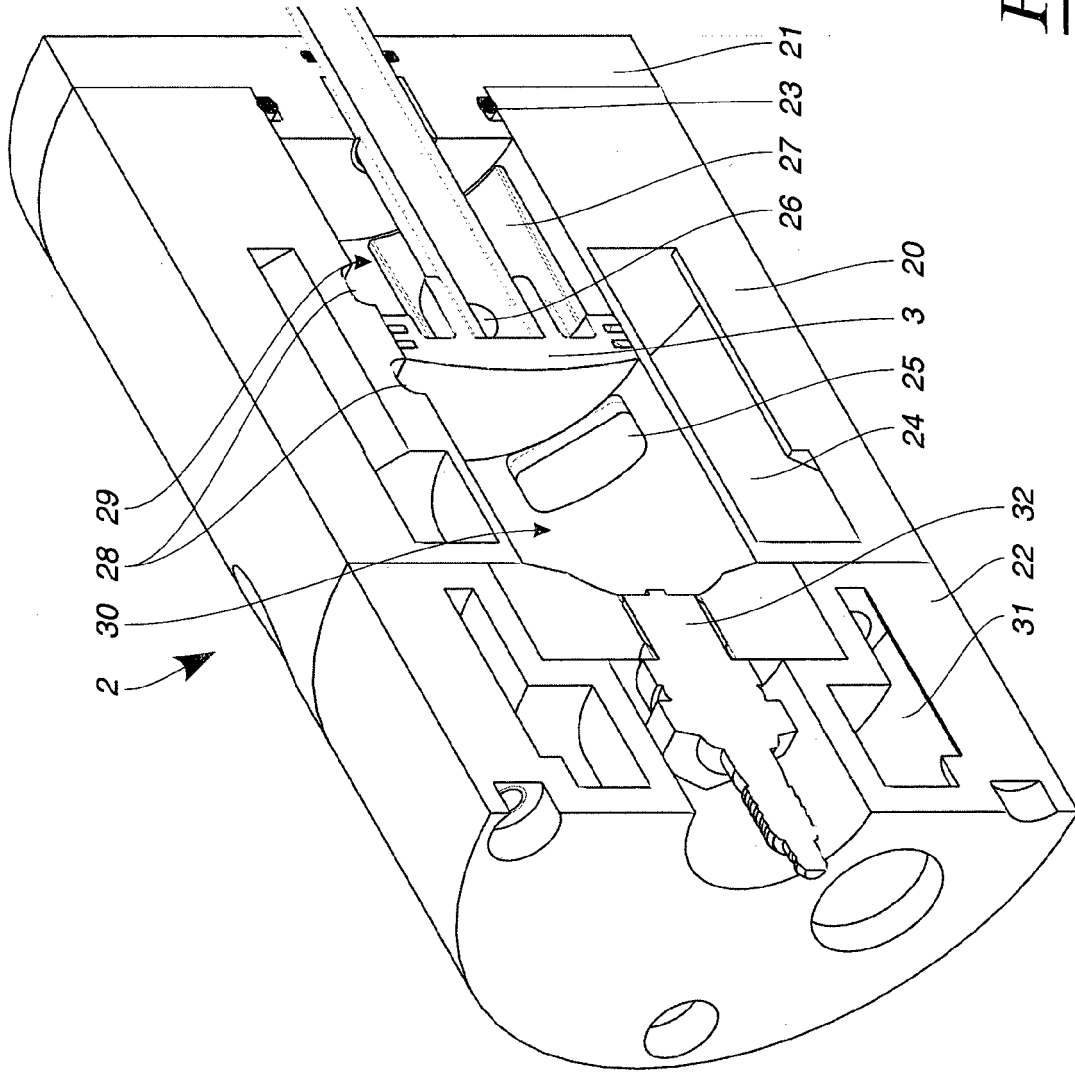


Fig. 2

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 1451662 A [0002]