

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 411 235 A1

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
21.04.2004 Patentblatt 2004/17

(51) Int Cl.7: F02G 1/044, F02G 1/043

(21) Anmeldenummer: 03023220.1

(22) Anmeldetag: 13.10.2003

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

(71) Anmelder: Enerlyt Potsdam GmbH  
14478 Potsdam (DE)

(72) Erfinder: Andreas Gimsa  
14557 Wilhelmshorst (DE)

(30) Priorität: 15.10.2002 DE 10248785  
26.06.2003 DE 10329977

(74) Vertreter: Bittner, Thomas L.  
Forrester & Boehmert  
Pettenkofenstrasse 20-22  
80336 München (DE)

(54) **2-Zyklen-Heissgasmotor mit zwei beweglichen Teilen**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf einen 2-Zyklen-Heißgasmotor mit ineinander laufenden Kolben, wobei

in einem Zylindergrundkörper ein Doppel-Außenkolben axial beweglich angeordnet ist und in diesem ein Doppel-Innenkolben axial beweglich angeordnet ist.

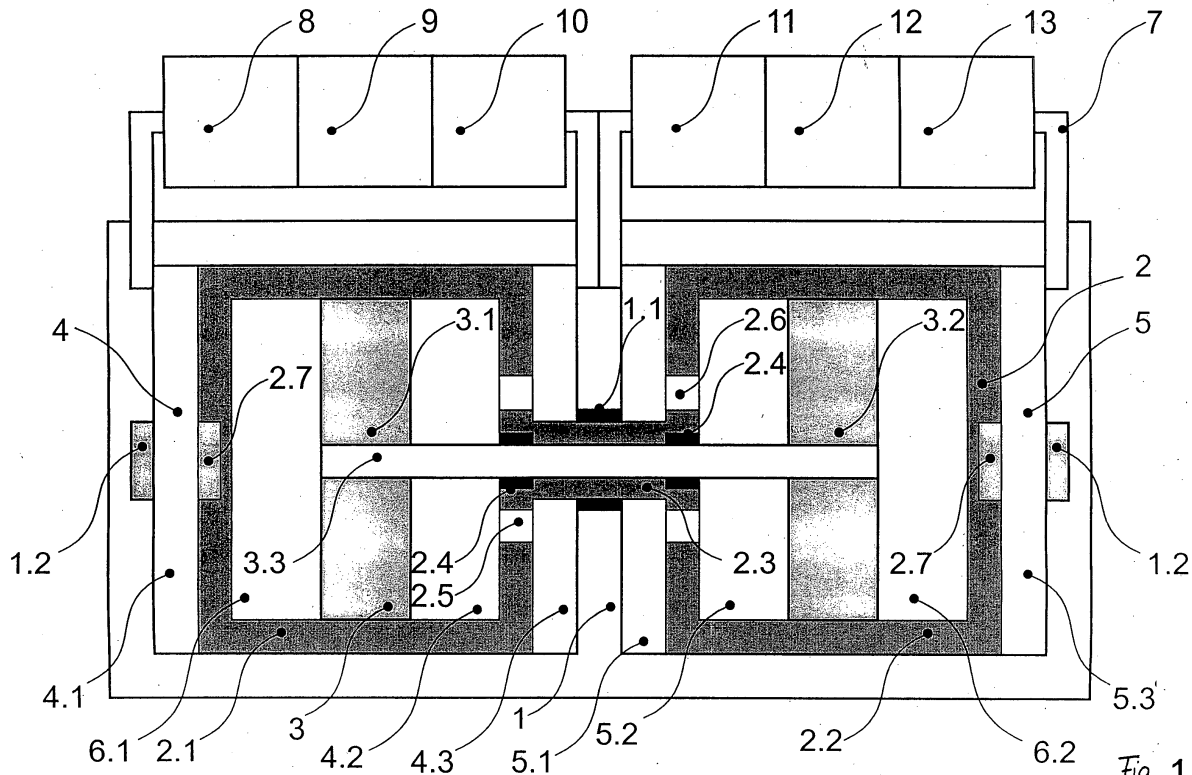


Fig. 1

EP 1 411 235 A1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung liegt auf dem Gebiet von Heißgasmotoren.

### Hintergrund

**[0002]** Das Patent DE 199 38 023 offenbart erstmalig einen Heißgasmotor mit ineinander laufenden Kolben, bei dem der Hubbereich des inneren Arbeitskolbens mittig im Hubbereich des Außenkolbens liegt. Das Patent DE 100 16 707 offenbart erstmalig einen derartigen Motor als Freikolbenversion.

**[0003]** Sofern der Aufbau eines Heißgasmotor es zulässt, dass für die Realisierung eines oder mehrerer Heißgas-Zyklen (Kreisprozesse) auf ein Getriebe verzichtet werden kann, lassen sich die Druckschwankungen des Motors zum Antrieb von Membranen oder Piezo-Keramiken nutzen. Das Patent DE 102 40 750 beschreibt beispielsweise einen derartigen getriebelosen Heißgasmotor.

### Erfindung

**[0004]** Aufgabe der Erfindung ist es, einen verbesserten Zwei-Zyklen-Heißgasmotor, der mit nur zwei bewegten Teilen arbeitet, zu offenbaren. Es wird darüber hinaus eine Möglichkeit vorgeschlagen, das Verdichtungsverhältnis dieses Motors zu vergrößern.

**[0005]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen 2-Zyklen-Heißgasmotor nach dem unabhängigen Anspruch 1 gelöst.

**[0006]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Unteransprüche.

### Ausführungsbeispiele

**[0007]** Die Erfindung wird im folgenden unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis 7 näher erläutert.

**[0008]** Die Bewegung des Doppel-Außenkolbens 2 beeinflusst auch bei still stehendem Innenkolben das Arbeitsgasgesamt volumen. Der Doppel-Innenkolben 3 erreicht während des Betriebes eine höhere Geschwindigkeit, als der Doppel-Außenkolben 2.

**[0009]** Der Doppel-Innenkolben 3 eilt, angetrieben durch den wechselnden Arbeitsgasdruck, dem Doppel-Außenkolben 2 voraus. Der Doppel-Innenkolben 3 erzeugt mit seiner Bewegung eine Druckänderung des Puffergases in den Räumen 6.1, 6.2 und zwingt damit den Außenkolben in die gleiche Richtung. Durch die Wechselwirkung seiner Magnete 2.7 mit außenliegenden Magneten 1.2 wird der Anschlag des Doppel-Außenkolbens 2 an die Zylinderwand verhindert.

**[0010]** Von Punkt A zu B Fig.2 ist für den ersten Gaszyklus die isochore Wärmezufuhr vom Regenerator und für den zweiten Gaszyklus die isochore Wärmeabfuhr zum Regenerator dargestellt. Die anschließende für den ersten Zyklus isotherme Erhitzung und für den zwei-

ten Zyklus isotherme Kühlung verläuft von Punkt B zu C. Das Arbeitsgasvolumen steigt für den ersten und fällt für den zweiten Zyklus. Von Punkt C zu D findet für den ersten Zyklus die isochore Wärmeabfuhr an den Regenerator und für den zweiten Zyklus die isochore Wärmezufuhr vom Regenerator statt. Bei fallendem Arbeitsgasvolumen für den ersten Zyklus verläuft die isotherme Kühlung und steigendem Arbeitsgasvolumen für den zweiten Zyklus die isotherme Erhitzung von Punkt D zu A Fig.2.

**[0011]** Fig.1 zeigt den Grundaufbau des Motors mit seinen wesentlichen Bauteilen. Die beiden Gaszyklen arbeiten mit 180° Phasenversatz. Die Kolbenstange 3.3 kann hohl ausgeführt sein, um die Puffergasräume 6.1 und 6.2 zu verbinden. In diesem Fall ist das Puffergasvolumen konstant und unabhängig von den Kolbenstellungen. Über eine Querschnitts- reduzierende Öffnung in der Kolbenstange 3.3 lässt sich in ihr ein definierter Druckverlust einstellen, um bei Bewegung des Doppel-Innenkolbens 3 eine Druckänderung in den Puffergasräumen 6.1 und 6.2 zu erzielen.

**[0012]** Die Innenkolben 3.1 und 3.2 lassen sich unter Beibehaltung der notwendigen Kolbendichtflächen auch becherförmig ausführen, so, dass die Becheröffnungen den Magneten 2.7 zugewandt sind. Damit wird der Puffergasdruck auf ein geringeres Niveau gebracht.

**[0013]** Der Aufbau des Motors lässt sich wie folgt beschreiben:

**[0014]** In einem Zylindergrundkörper 1 ist ein Doppel-Außenkolben 2 axial beweglich angeordnet und in diesem ist ein Doppel-Innenkolben 3 axial beweglich angeordnet.

**[0015]** Der Zylindergrundkörper 1 enthält zwei äußere Stirnbegrenzungswände und eine dazu parallele mittlere Trennwand, so dass in seinem Innenraum zwei gleiche Räume gebildet werden.

**[0016]** Die mittlere Trennwand des Zylindergrundkörpers 1 enthält eine zentrale Bohrung um mindestens eine Gleitdichtung 1.1 aufnehmen zu können. Der Doppel-Außenkolben 2 verbindet über eine hohle Kolbenstange 2.3 zwei Außenkolben 2.1 und 2.2 miteinander und die hohle Kolbenstange 2.3 ist druckdicht durch die Gleitdichtung 1.1 geführt.

**[0017]** Der Doppel-Innenkolben 3 verbindet über eine Kolbenstange 3.3 zwei Innenkolben 3.1 und 3.2 miteinander und die Kolbenstange 3.3 ist druckdicht durch die Gleitdichtungen 2.4 geführt, die sich in der hohlen Kolbenstange 2.3 befinden.

**[0018]** Die Stirnbegrenzungsflächen des Zylindergrundkörpers 1 enthalten Magnete 1.2, die mit Magneten 2.7 in den Stirnbegrenzungsflächen des Doppel-Außenkolbens 2 auf Abstoßung wechselwirken (möglich sind auch Federn).

**[0019]** Der Außenkolben 2.1 enthält in seiner den Magneten abgewandten Stirnbegrenzungsfläche Öffnungen 2.5, die den Gasraum 4.2 mit dem Gasraum 4.3 verbinden. Der Außenkolben 2.2 enthält in seiner den Magneten abgewandten Stirnbegrenzungsfläche Öffnun-

gen 2.6, die den Gasraum 5.1 mit dem Gasraum 5.2 verbinden.

**[0020]** Der Außenkolben 2.1 kann alternativ zu den vorgenannten Öffnungen 2.5 diese in seiner den Magneten zugewandten Stirnbegrenzungsfläche enthalten, die dann den Gasraum 4.1 mit dem Gasraum 6.1 verbinden. Der Gasraum 4.2 wird dadurch zum Pufferraum.

**[0021]** Der Außenkolben 2.2 kann alternativ zu den vorgenannten Öffnungen 2.6 diese in seiner den Magneten zugewandten Stirnbegrenzungsfläche enthalten, die dann den Gasraum 6.2 mit dem Gasraum 5.3 verbinden. Der Gasraum 5.2 wird dadurch zum Pufferraum.

**[0022]** Der Gasraum 4.1 ist über einen Erhitzer 8, einen Regenerator 9 und einen Kühler 10 mit dem Gasraum 4.3 verbunden, der Gasraum 5.1 ist über einen Kühler 11, einen Regenerator 12 und einen Erhitzer 13 mit dem Gasraum 5.3 verbunden.

**[0023]** In einer ebenfalls sinnvollen Anordnung lassen sich Erhitzer und Kühler gegeneinander vertauschen: An Stelle des Erhitzers 8 oder 13 ist ein Kühler angeordnet oder an Stelle des Kühlers 10 oder 11 ist ein Erhitzer angeordnet.

**[0024]** Zur Vergrößerung des Verdichtungsverhältnisses und zur Begrenzung der Druckamplitude in den Räumen, die als Puffergasräume dienen, lässt sich der Motor abwandeln. Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die beiden Puffergasräume in Arbeitsgasräume umgewandelt werden.

**[0025]** Fig. 3 zeigt den Grundaufbau des Motors. Es befinden sich zwei Doppel-Kolben, der äußere Kolben 200 und der innere Kolben 300 in einem Zylindergrundkörper 100. Der Zylindergrundkörper umschließt den äußeren Kolben 200, der seinerseits den inneren Kolben 300 beinhaltet.

**[0026]** In den Stirnflächen des Zylinders und der Kolben befinden sich zylindrische Magnete, die auf Abstößung angeordnet sind.

**[0027]** Der erste Arbeitsgaszyklus läuft in folgenden Räumen ab: 401, 402, 403, 404 sowie Innenräume von 800, 900, 1000 und Innenräume verbindender Rohrleitungen. Der zweite Arbeitsgaszyklus läuft in folgenden Räumen ab: 501, 502, 503, 504 sowie Innenräume von 1100, 1200, 1300 und Innenräume verbindender Rohrleitungen.

**[0028]** Die erfindungsgemäße Anordnung eines Heißgasmotors ist dadurch gekennzeichnet, dass der Gasraum 403 mit dem Gasraum 404 verbunden ist und dass der Gasraum 501 mit dem Gasraum 504 verbunden ist. Hierbei ist die erste Gasverbindung an einen der beiden Arbeitsgaszyklen und die zweite Gasverbindung an den zweiten Arbeitsgaszyklus angeschlossen. Beide Arbeitsgaszyklen sind gegeneinander abgedichtet.

**[0029]** Die wechselseitigen Verbindungsöffnungen lassen sich als umlaufende, zur Mittelachse parallel verlaufende Bohrungen (Kanäle 208 und 209) der hohlen Kolbenstange 203 ausführen. Die wechselseitige Gas-

verbindung kann in den inneren Begrenzungsdeckeln des Doppel-Außenkolbens 200 realisiert werden.

**[0030]** Eine andere Möglichkeit besteht darin, mindestens einen der Kanäle in der Kolbenstange 303 des Doppel-Innenkolbens 300 auszubilden.

**[0031]** Zur thermischen Entkopplung von Erhitzer und Zylinder lässt sich für beide Zyklen je ein Pulsrohr sinnvoll so anordnen, dass die Mittelachse des Pulsrohres senkrecht auf der Mittelachse des Zylindergrundkörpers 100 des Motors steht.

**[0032]** Falls eine mechanische Kraftableitung vom Doppel-Außenkolben 200 durch die Zylinderwand nach außen benötigt wird (Fig. 6), erfolgt die Befestigung einer Kolbenstange 210 an dem Doppel-Außenkolben 200. Die Kolbenstange wird zur Ausführung einer linearen Hubbewegung durch die Zylinderwand druckdicht nach außen geführt. Hierzu wird eine Dichtung 103 benötigt, die in der beschriebenen Anordnung auf der kalten Motorseite liegt.

**[0033]** Im Zusammenhang mit einer außerhalb des Zylindergrundkörpers realisierten Hubbegrenzung des Doppel- Außenkolbens 200 kann auf die Magnete 102 verzichtet werden. Dazu ist die Kolbenstange zur Kraftfortleitung nach außen und zur Hubbegrenzung des Doppel-Außenkolbens 200 mit dem Mittelpunkt einer Membran, mit einem Pleuel, der an eine Kurbelwelle anlenkt oder mit dem Spulenkörper eines Lineargenerators mechanisch verbunden.

**[0034]** Fig. 7 zeigt einen Motor, der völlig ohne Magnete auskommt. Die Arbeitsgasräume 404 und 504 werden dazu in Puffergasräume 404P und 504P umgewandelt. Damit dient das mit der Bewegung des Doppel-Innenkolbens 300 komprimierte Puffergas der Impulsübertragung auf den Doppel-Außenkolben 200.

**[0035]** Ebenso lässt sich unter Beibehaltung der Arbeitsgasräume 404 und 504 und der Verbindungskanäle 208 und 209 über den Querschnitt dieser Kanäle, die in ihnen wirkende Gasfeder so einstellen, dass auf Magnete verzichtet werden kann. Eine definierte Dämpfung lässt sich bspw. über die externen wärmeübertragenden Bauteile einstellen.

**[0036]** Fig. 4 zeigt schematisch die Anordnung der wärmeübertragenden Bauteile: Erhitzer, Regenerator und Kühler für jeden Arbeitsgaszyklus. Es lässt sich der Erhitzer 800 mit dem Erhitzer 1300 für den Betrieb mit einem Brenner zusammenfassen, indem beide Erhitzer als hintereinander liegende Spiralen eines Erhitzergrundkörpers ausgebildet werden. Eine weitere sinnvolle Anordnung ist die Verbindung der beiden Kühler 1000 und 1100. Diese lassen sich bspw. bei der Ausführung als Rohrbündelwärmeübertrager für beide Zyklen gasseitig trennen und wasserseitig zusammenfassen.

**[0037]** Fig. 5 veranschaulicht den Ablauf der Zustandsänderungen und die Systemfunktion.

**[0038]** In Stellung A befinden sich beide Kolben auf der linken Seite. Das Arbeitsgas des ersten Zyklus steht vor der Expansion unter hohem Druck (bspw. 15 bar). Das Volumen ist auf den Raum 403 komprimiert. Das

Arbeitsgas des zweiten Zyklus steht vor der Kompression unter niedrigem Druck (bspw. 5 bar). Das Volumen ist hoch und befindet sich in den Räumen 502, 503 und 504.

**[0039]** Bei der Bewegung des Doppel-Innenkolbens 300 von A nach B verharrt der Doppel-Außenkolben 200 in seiner linken Stellung. Die Bewegung des Doppel-Innenkolbens 300 von links nach rechts kommt durch die Druckdifferenz über die Kolbenseiten zustande. Gleichzeitig erfolgt eine Wärmezufuhr vom Erhitzer des ersten Zyklus und eine Wärmeabfuhr an den Kühler des zweiten Zyklus. Am Ende der Bewegung hat sich der Druck beider Zyklen angenähert. Er beträgt jetzt bspw. 10 bar in beiden Zyklen.

**[0040]** Der linke Magnet 207 kann sich nach reduziertem Druck im ersten Zyklus vom linken Magneten 102 abstoßen. Die kinetische Energie des Doppel-Innenkolbens 300 wird als Impuls auf den Doppel-Außenkolben 200 übertragen. Dabei schiebt der rechte Magnet 304 bei der Bewegung von B nach C über den rechten Magneten 207 den Doppel-Außenkolben 200 auf die rechte Seite. Das Volumen des ersten Zyklus bleibt dabei konstant hoch und das vom zweiten Zyklus konstant niedrig. Da durch die Verschiebewegung beide Regeneratoren durchströmt werden, fällt der Druck im ersten (bspw. auf 5 bar) und steigt der Druck im zweiten Zyklus (bspw. auf 15 bar).

**[0041]** Bei der Bewegung des Doppel-Innenkolbens 300 von C nach D verharrt der Doppel-Außenkolben 200 in seiner rechten Stellung. Die Bewegung des Doppel-Innenkolbens 300 von rechts nach links kommt durch die Druckdifferenz über die Kolbenseiten zustande. Gleichzeitig erfolgt eine Wärmeabfuhr an den Kühler des ersten Zyklus und eine Wärmezufuhr vom Erhitzer des zweiten Zyklus. Am Ende der Bewegung hat sich der Druck beider Zyklen wieder angenähert. Er beträgt jetzt bspw. 10 bar in beiden Zyklen.

**[0042]** Der rechte Magnet 207 kann sich nach reduziertem Druck im zweiten Zyklus vom rechten Magneten 102 abstoßen. Die kinetische Energie des Doppel-Innenkolbens 300 wird als Impuls auf den Doppel-Außenkolben 200 übertragen. Dabei schiebt der linke Magnet 304 bei der Bewegung von D nach A über den linken Magneten 207 den Doppel-Außenkolben 200 auf die linke Seite. Das Volumen des ersten Zyklus bleibt dabei konstant niedrig und das vom zweiten Zyklus konstant hoch. Da durch die Verschiebewegung beide Regeneratoren durchströmt werden, steigt der Druck im ersten (bspw. auf 15 bar) und fällt der Druck im zweiten Zyklus (bspw. auf 5 bar).

**[0043]** Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen und den Figuren offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen von Bedeutung sein.

## Bezugszeichenliste

### **[0044]**

5	1	Zylindergrundkörper
	1.1	Dichtung zur Trennung beider Gaszyklen
	1.2	Magnet zur Abstoßung von 2.7
	2	Doppel-Außenkolben
	2.1	Außenkolben erster Gaszyklus
10	2.2	Außenkolben zweiter Gaszyklus
	2.3	Kolbenstange von 2
	2.4	Dichtung in 2.3
	2.5	Gasverbindungsöffnung in 2.1
	2.6	Gasverbindungsöffnung in 2.2
15	2.7	Magnet zur Abstoßung von 1.2
	3	Doppel-Innenkolben
	3.1	Innenkolben erster Gaszyklus
	3.2	Innenkolben zweiter Gaszyklus
	3.3	Kolbenstange von 3
20	4	Arbeitsgas erster Gaszyklus
	4.1	Gasraum 4.1
	4.2	Gasraum 4.2
	4.3	Gasraum 4.3
	5	Arbeitsgas zweiter Gaszyklus
25	5.1	Gasraum 5.1
	5.2	Gasraum 5.2
	5.3	Gasraum 5.3
	6.1	Puffergasraum 1
	6.2	Puffergasraum 2
30	7	Gasverbindungsleitung
	8	Erhitzer von 4
	9	Regenerator von 4
	10	Kühler von 4
	11	Kühler von 5
35	12	Regenerator von 5
	13	Erhitzer von 5
	100	Zylindergrundkörper
	101	Dichtung zur Trennung beider Gaszyklen
40	102	Magneten zur Abstoßung von den Magneten 207
	103	Kolbenstangendichtung im Zylindergrundkörper (für Kolbenstange 210)
	200	Doppel-Außenkolben
45	201	Außenkolben erster Gaszyklus
	202	Außenkolben zweiter Gaszyklus
	203	Kolbenstange des Doppel-Außenkolbens
	204	Dichtungen in der Kolbenstange 203
	205	Gasverbindungsöffnungen im Doppel-Außenkolben 200, erster Gaszyklus
50	206	Gasverbindungsöffnungen im Doppel-Außenkolben 200, zweiter Gaszyklus
	207	Magnet zur Abstoßung vom Magneten 102 im Zylindergrundkörper und von 304
55	208	Arbeitsgasverbindungs kanal zwischen Gasraum 501 und Gasraum 504
	209	Arbeitsgasverbindungs kanal zwischen Gasraum 403 und Gasraum 404

- 210 Kolbenstange des Außenkolbens zur Kraftableitung aus der Maschine
- 300 Doppel-Innenkolben
- 301 Innenkolben erster Gaszyklus
- 302 Innenkolben zweiter Gaszyklus
- 303 Kolbenstange des Doppel-Innenkolbens
- 304 Magnet des Doppel-Innenkolbens zur Abstoßung vom Magneten 207
- 400 Arbeitsgas erster Gaszyklus
- 401 Gasraum 401
- 402 Gasraum 402 (über 205 verbunden mit 401)
- 403 Gasraum 403 (über 800, 900, 1000 verbunden mit 401)
- 404 Gasraum 404 (über 209 verbunden mit 403)
- 404P Puffergasraum an Stelle von 404
- 500 Arbeitsgas zweiter Gaszyklus
- 501 Gasraum 501
- 502 Gasraum 502 (über 206 verbunden mit 503)
- 503 Gasraum 503 (über 1100, 1200, 1300 verbunden mit 501)
- 504 Gasraum 504 (über 208 verbunden mit 501)
- 504P Puffergasraum an Stelle von 504
- 701 Kühleranschluss erster Gaszyklus an den Zylindergrundkörper
- 702 Erhitzeranschluss erster Gaszyklus an den Zylindergrundkörper
- 703 Erhitzeranschluss zweiter Gaszyklus an den Zylindergrundkörper
- 704 Kühleranschluss zweiter Gaszyklus an den Zylindergrundkörper
- 800 Erhitzer erster Gaszyklus
- 801 Pulsrohr zur thermischen Entkopplung von Erhitzer 800 und Zylindergrundkörper
- 900 Regenerator erster Gaszyklus
- 1000 Kühler erster Gaszyklus
- 1001 Wasseranschluss von Kühler 1000
- 1100 Kühler zweiter Gaszyklus
- 1101 Wasseranschluss von Kühler 1100
- 1200 Regenerator zweiter Gaszyklus
- 1300 Erhitzer zweiter Gaszyklus
- 1301 Pulsrohr zur thermischen Entkopplung von Erhitzer 1300 und Zylindergrundkörper
- lele mittlere Trennwand enthält, so dass in seinem Innenraum zwei gleiche Räume gebildet werden.
3. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mittlere Trennwand des Zylindergrundkörpers 1 eine zentrale Bohrung enthält um mindestens eine Gleitdichtung 1.1 aufnehmen zu können.
4. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Doppel-Außenkolben 2 über eine hohle Kolbenstange 2.3 zwei Außenkolben 2.1 und 2.2 miteinander verbindet und die hohle Kolbenstange 2.3 druckdicht durch die Gleitdichtung 1.1 geführt ist.
5. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Doppel-Innenkolben 3 über eine Kolbenstange 3.3 zwei Innenkolben 3.1 und 3.2 miteinander verbindet und die Kolbenstange 3.3 druckdicht durch die Gleitdichtungen 2.4 geführt ist, die sich in der hohlen Kolbenstange 2.3 befinden.
6. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stirnbegrenzungsflächen des Zylindergrundkörpers 1 Magnete 1.2 enthalten, die mit Magneten 2.7 in den Stirnbegrenzungsflächen des Doppel-Außenkolbens 2 auf Abstoßung wechselwirken (möglich sind auch Federn).
7. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außenkolben 2.1 in seiner den Magneten abgewandten Stirnbegrenzungsfläche Öffnungen 2.5 enthält, die den Gasraum 4.2 mit dem Gasraum 4.3 verbinden.
8. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außenkolben 2.2 in seiner den Magneten abgewandten Stirnbegrenzungsfläche Öffnungen 2.6 enthält, die den Gasraum 5.1 mit dem Gasraum 5.2 verbinden.
9. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche außer 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außenkolben 2.1 in seiner den Magneten zugewandten Stirnbegrenzungsfläche Öffnungen 2.5 enthält, die den Gasraum 4.1 mit dem Gasraum 6.1 verbinden. Der Gasraum 4.2 wird zum Pufferraum.
10. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche außer 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außenkolben 2.2 in seiner den Magneten zugewandten Stirnbegrenzungsfläche Öffnungen

### Patentansprüche

1. 2-Zyklus-Heißgasmotor mit ineinander laufenden Kolben, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem Zylindergrundkörper 1 ein Doppel-Außenkolben 2 axial beweglich angeordnet ist und in diesem ein Doppel-Innenkolben 3 axial beweglich angeordnet ist.
2. Heißgasmotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zylindergrundkörper 1 zwei äußere Stirnbegrenzungswände und eine dazu paral-

2.6 enthält, die den Gasraum 6.2 mit dem Gasraum 5.3 verbinden. Der Gasraum 5.2 wird zum Pufferraum.

11. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gasraum 4.1 über einen Erhitzer 8, einen Regenerator 9 und einen Kühler 10 mit dem Gasraum 4.3 verbunden ist und dass der Gasraum 5.1 über einen Kühler 11, einen Regenerator 12 und einen Erhitzer 13 mit dem Gasraum 5.3 verbunden ist. 5
12. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an Stelle des Erhitzers 8 oder 13 ein Kühler angeordnet ist und dass an Stelle des Kühlers 10 oder 11 ein Erhitzer angeordnet ist. 10
13. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kolbenstange 3.3 des Doppel-Innenkolbens 3 hohl ist und damit den Puffergasraum 6.1 mit dem Puffergasraum 6.2 verbindet. 15
14. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gasraum 403 mit dem Gasraum 404 verbunden ist und dass der Gasraum 501 mit dem Gasraum 504 verbunden ist. 20
15. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Gasverbindung an einen der beiden Arbeitsgaszyklen angeschlossen ist, während die zweite Gasverbindung an den zweiten Arbeitsgaszyklus angeschlossen ist. 25
16. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Gasverbindungen über Kanäle 208 und 209 in der hohlen Kolbenstange 203 des Doppel-Außenkolbens 200 ausgebildet sind. 30
17. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einer der Kanäle in der Kolbenstange 303 des Doppel-Innenkolbens 300 ausgebildet ist. 35
18. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur thermischen Entkopplung von Erhitzer und Zylinder für beide Zyklen je ein Pulsrohr so angeordnet ist, dass die Mittelachse des Pulsrohres senkrecht auf der Mittelachse des Zylindergrundkörpers 100 des Motors steht. 40
19. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Doppel-Außenkolben 200 zur Kraftableitung mit einer Kolbenstange 210 verbunden ist und diese druckdicht durch die Zylinderwand nach außen geführt ist. 45
20. Heißgasmotor nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kolbenstange 210 zur Kraftfortleitung nach außen und zur Hubbegrenzung des Doppel-Außenkolbens 200 mit dem Mittelpunkt einer Membran, mit einem Pleuel, der an eine Kurbelwelle anlenkt oder mit dem Spulenkörper eines Lineargenerators mechanisch verbunden ist. 50
- 55

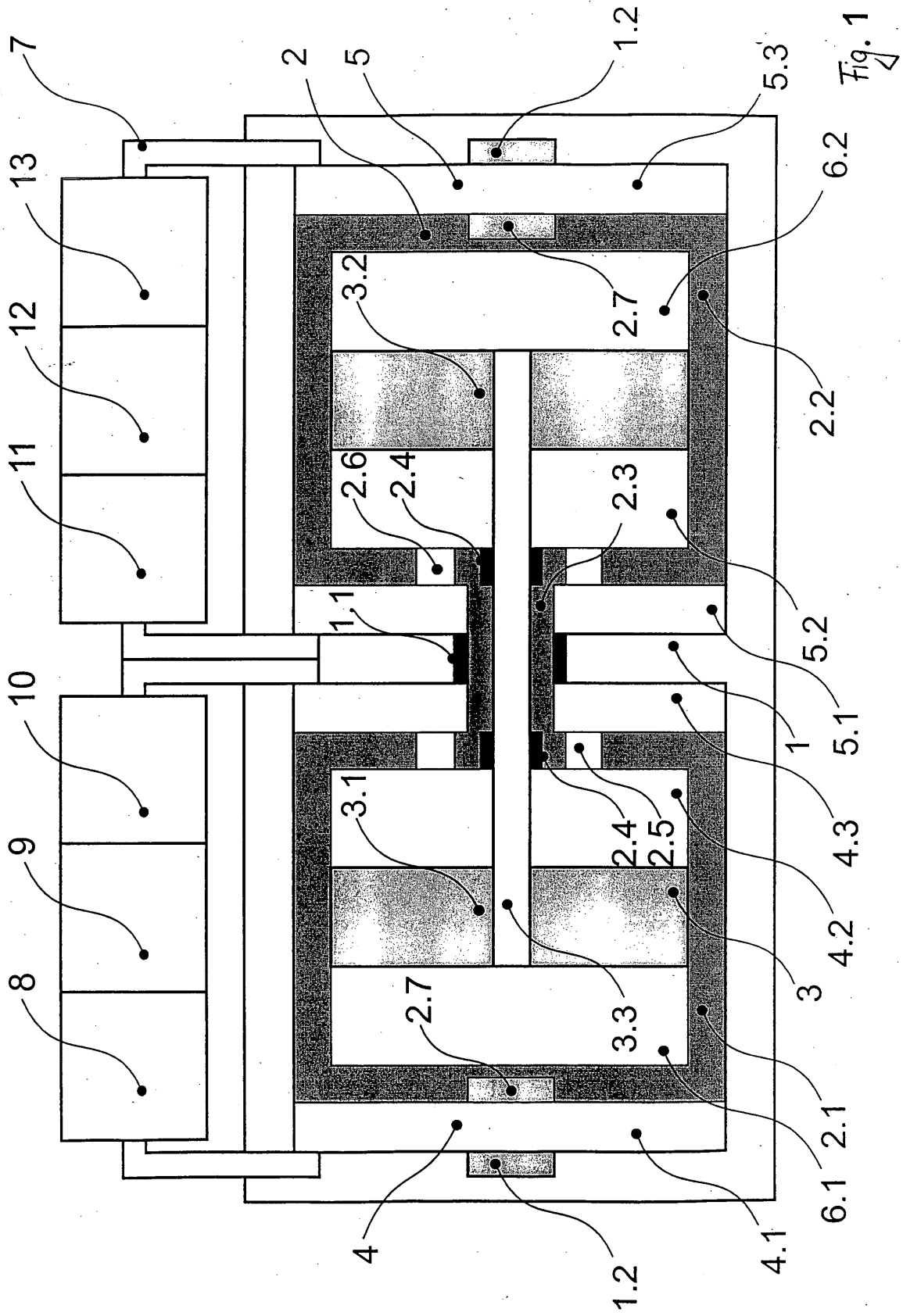
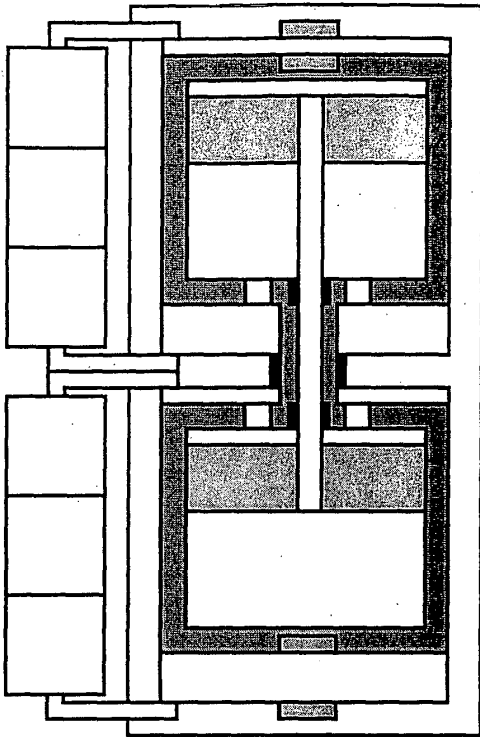
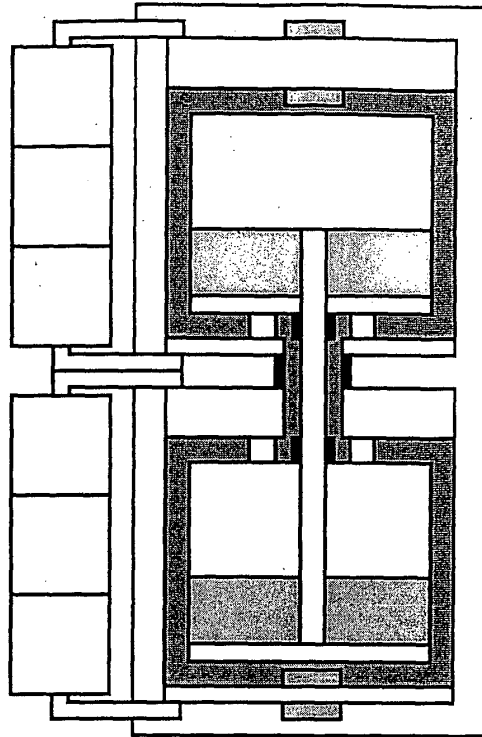


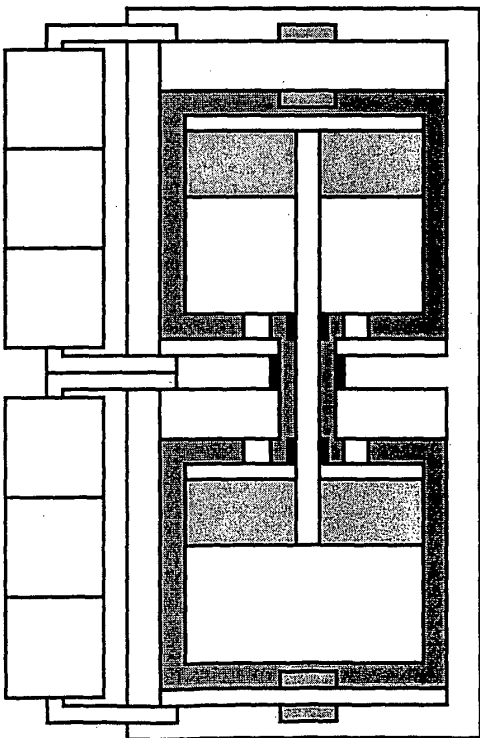
Fig 2



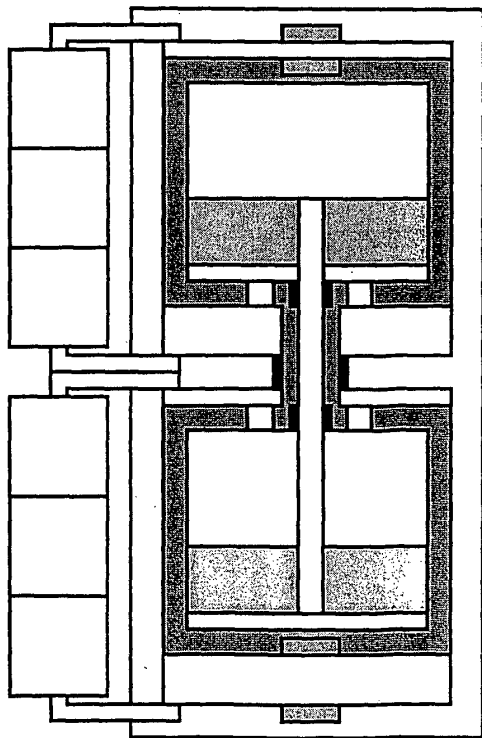
B



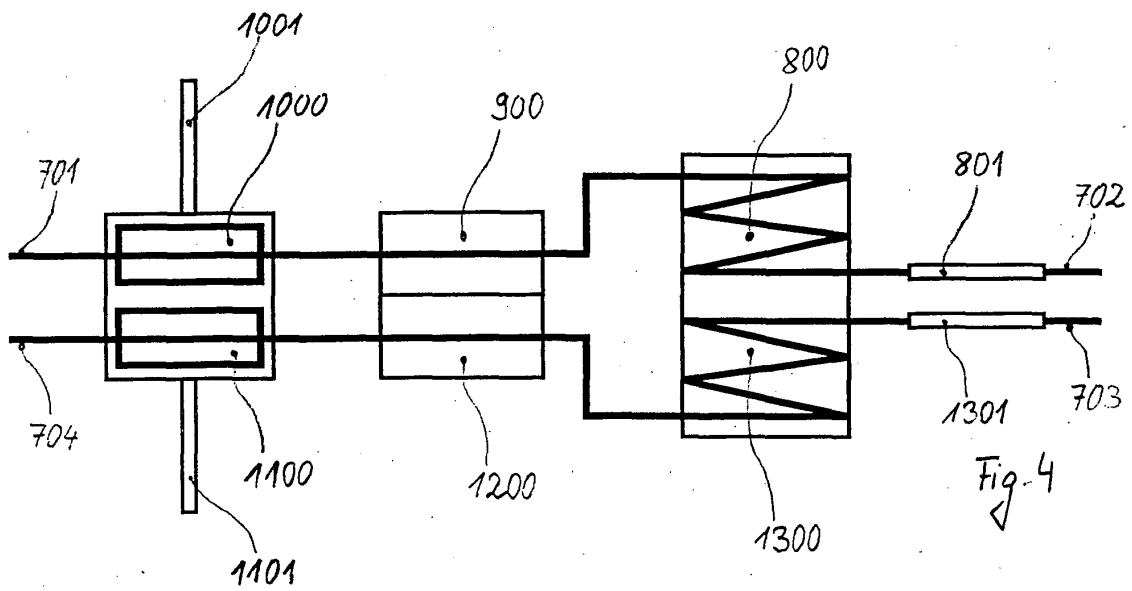
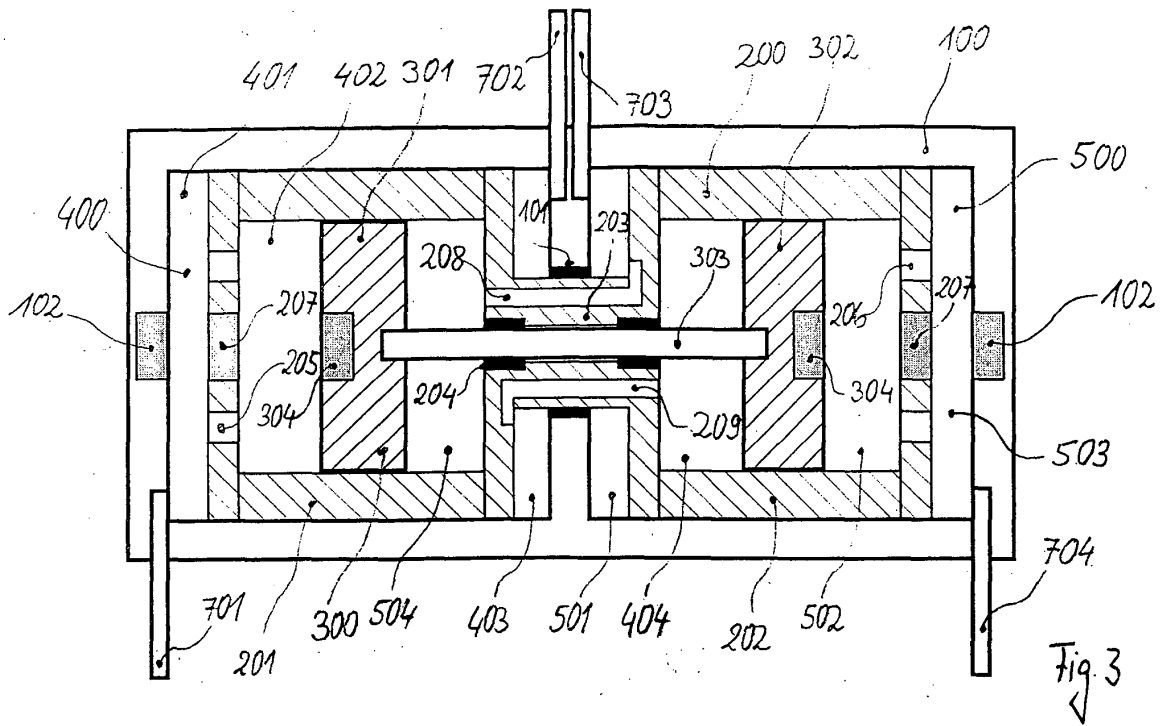
D



A



C



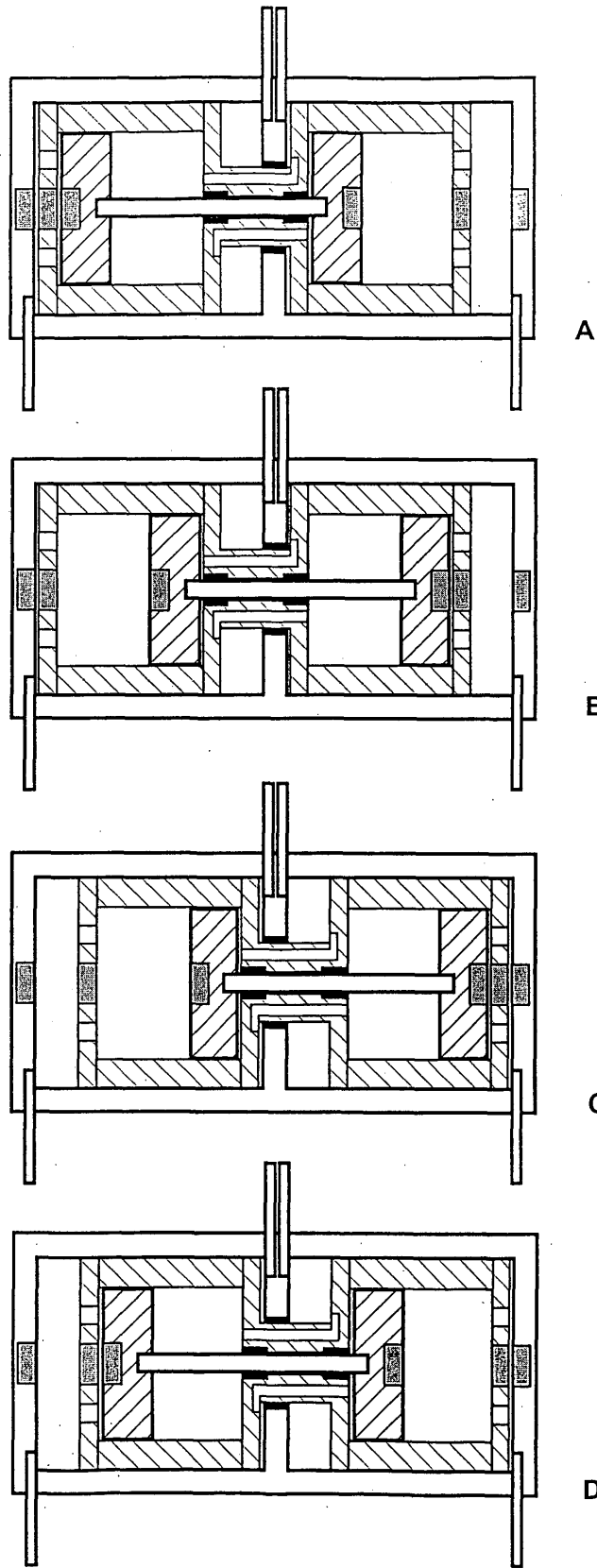
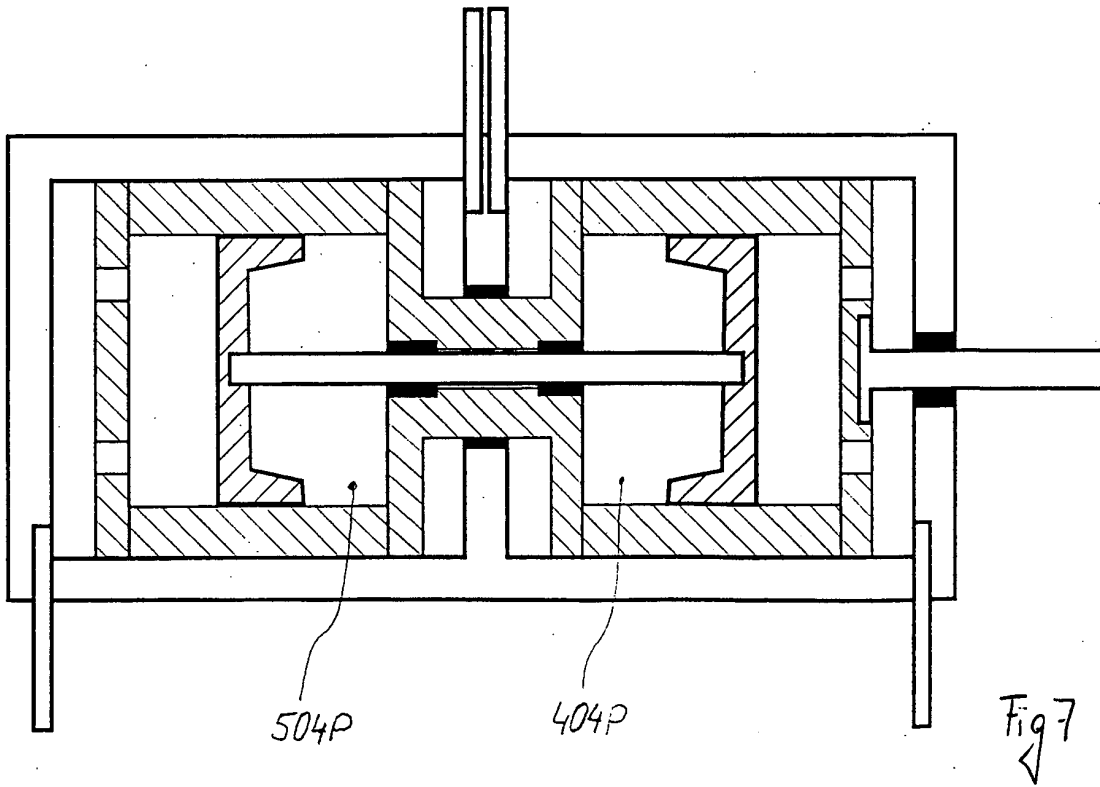
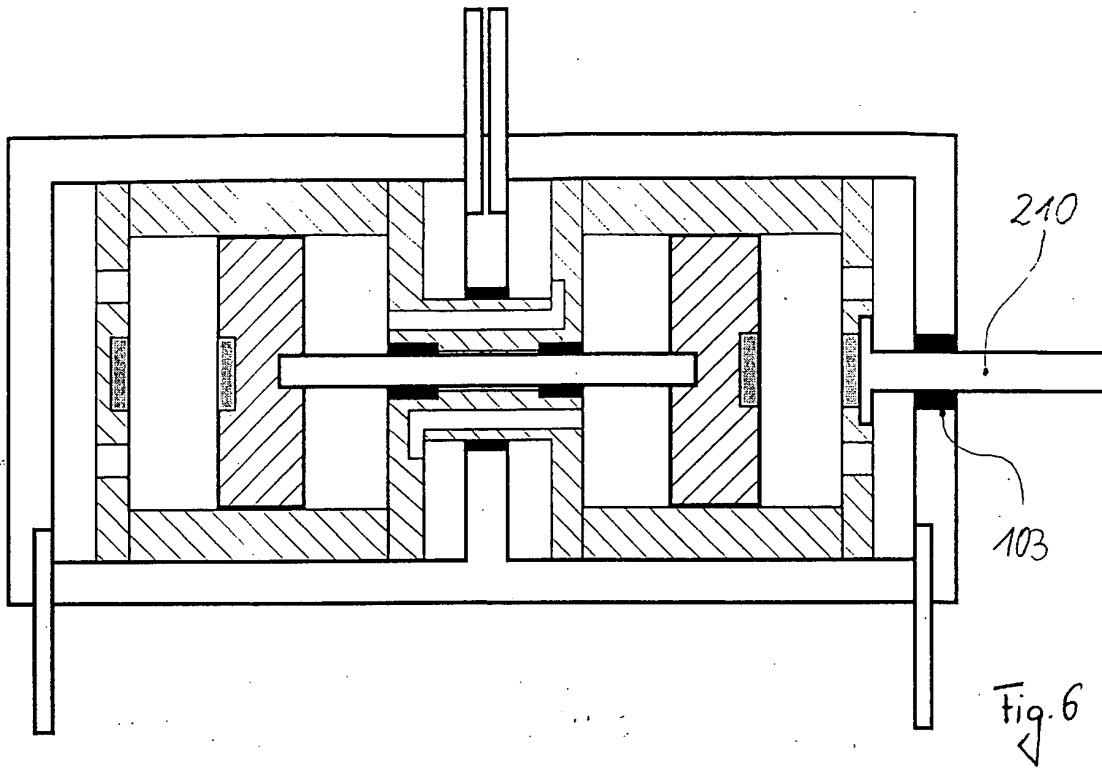


Fig 5





Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 03 02 3220

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	US 2 465 139 A (HENDRIK STIGTER WILLIEM ET AL) 22. März 1949 (1949-03-22) * Spalte 2, Zeile 28 - Zeile 39; Abbildung 1 *	1	F02G1/044 F02G1/043
A	FR 2 819 555 A (CONSERVATOIRE NAT DES ARTS ET) 19. Juli 2002 (2002-07-19) * Seite 9, Zeile 12 - Zeile 31; Abbildung 2 *	1	
A	GB 179 259 A (WILFRED SWANN) 28. April 1922 (1922-04-28) * Seite 2, Zeile 37 - Zeile 74; Abbildungen 1-3 *	1	
A	NL 12 811 C (JOHAN WESSEL BRAND) 15. September 1924 (1924-09-15) * Abbildung 1 *	1	
A	WO 01 94769 A (PELS SANDER) 13. Dezember 2001 (2001-12-13) * Seite 5, Zeile 6 - Seite 6, Zeile 2 *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) F02G F02B
Recherchenort <b>MÜNCHEN</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>19. Januar 2004</b>	Prüfer <b>Pileri, P</b>
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 03 02 3220

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

19-01-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2465139	A	22-03-1949	KEINE	
-----				
FR 2819555	A	19-07-2002	FR 2819555 A1	19-07-2002
			EP 1366280 A1	03-12-2003
			WO 02057612 A1	25-07-2002
-----				
GB 179259	A	28-04-1922	KEINE	
-----				
NL 12811	C		KEINE	
-----				
WO 0194769	A	13-12-2001	NL 1015383 C1	10-12-2001
			EP 1287251 A1	05-03-2003
			JP 2003536015 T	02-12-2003
			WO 0194769 A1	13-12-2001
-----				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82