



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.05.2010 Patentblatt 2010/21

(51) Int Cl.:
F02G 1/043^(2006.01) F02G 1/06^(2006.01)
F02G 1/05^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09450210.1**

(22) Anmeldetag: **05.11.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
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 SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(71) Anmelder: **Frauscher, Josef, Ing.**
4774 St. Marienkirchen (AT)

(72) Erfinder: **Frauscher, Josef, Ing.**
4774 St. Marienkirchen (AT)

(74) Vertreter: **Hübscher, Helmut et al**
Spittelwiese 7
4020 Linz (AT)

(30) Priorität: **19.11.2008 AT 17952008**

(54) **Stirlingmaschine**

(57) Es wird eine Stirlingmaschine mit wenigstens einem in einem Zylinder (1) geführten Arbeitskolben (7), der an der ersten Seite aus dem Prozessraum (16a) mit dem Arbeitsgas beaufschlagt ist und dessen zweite Seite einen Zuführungsraum (17) für das Arbeitsgas abschließt, wobei der Zuführungsraum (17) wenigstens einen sperrbaren Einlass (13) für das Arbeitsgas und einen ebenfalls sperrbaren, zum Prozessraum (16a) führenden Auslass (9) aufweist und das Arbeitsgas mittels einer vom Arbeitskolben (7) betätigten Kolbenpumpe (1, 7, 12, 17) über den Einlass (13) empfängt und gesteuert zur Weitergabe über den Auslass (9) abgibt, beschrieben, bei der der Arbeitskolben (7) mit seiner zweiten Seite selbst den Pumpenkolben bildet, der Zylinder (1) über die der tiefsten Eintauchstellung entsprechende Totpunktlage des Arbeitskolbens (7) hinaus verlängert und diese Verlängerung durch einen Zylinderboden (12) zu dem als Pumpenraum ausgebildeten Zuführungsraum abgeschlossen ist, wobei die Ein- und Auslässe (9, 13, 25) mit ihren vorzugsweise nach Art von Rückschlagventilen arbeitenden Sperren (9, 19, 25) am Zylinderboden (12) und am Arbeitskolben (7) vorgesehen sind.

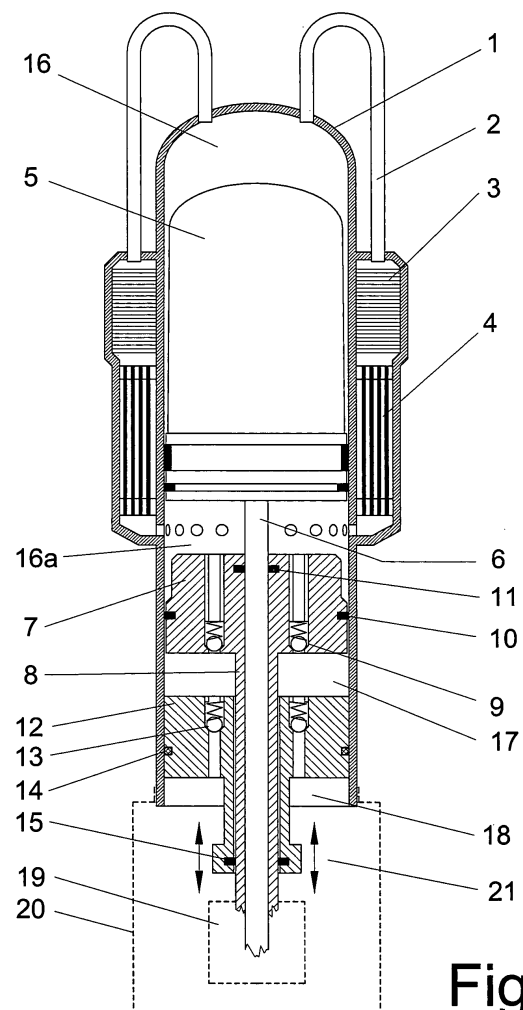


Fig 1

Beschreibung

[0001] Die Steuerung der Leistung einer Stirlingmaschine kann durch Veränderung der Drehzahl, durch Veränderung des Hubvolumens oder des Totvolumens oder durch Veränderung des Prozessdruckes erfolgen. Insbesondere auf dem Gebiet der Druckeinstellung im Prozessraum der Stirlingmaschine sind unterschiedliche Verfahren bekannt. Leistungsfähige Maschinen sind im Bereich des bisher die beiden Seiten des Arbeitskolbens meist unmittelbar beaufschlagenden Puffer- bzw. Prozessraumes mit komprimiertem Arbeitsgas gefüllt sind, dessen mittlerer Druck bis über 100 bar beträgt. Der Prozessdruck pendelt im Verlauf des Kreisprozesses um diesen Mitteldruck, zwischen Kompressionsphase und Expansionsphase, sodass die Kraft am Arbeitskolben im Verlauf einer Umdrehung einmal in Richtung Prozessraum und einmal in Richtung Pufferraum wirkt und hohe Wechselbelastungen des Kurbetriebes auftreten.

[0002] Nach der US 5,485,726 (A) ist der Arbeitskolben einer Stirlingmaschine mit einem oder mehreren Rückschlagventilen versehen, die in Richtung des Prozessraumes öffnen können. Im Verlauf des Kreisprozesses herrscht zunächst ein höherer Druck im Prozessraum, als an der vom Pufferraum beaufschlagten Kolbenunterseite. Die Ventile öffnen, wenn der Druck im Prozessraum im Verlauf des Kreisprozesses nach der Entspannung des Arbeitsgases etwas bei im unteren Totpunkt befindlichen Arbeitskolben etwas niedriger ist als der Druck im Pufferraum. Das Verdichtungsverhältnis bleibt bei dieser Stirlingmaschine wegen des hohen Totvolumens, insbesondere des Pufferraumes, relativ niedrig. Es wird hier nur eine Erhöhung des mittleren Prozessdruckes um den Faktor 1,3 bis 2,0 im Vergleich zum Umgebungsdruck erreicht. Was nicht ausreicht, um eine Stirlingmaschine mit atmosphärischem Umgebungsdruck oder mit sehr geringen Pufferraumdrücken wirtschaftlich mit mäßiger bzw. hoher Leistungsdichte zu betreiben. Die Anordnung eines Pufferraumes mit erheblicher Druckvorspannung ist demnach nicht zu umgehen.

[0003] Eine ähnliches Verfahren wurde bei frühen Stirlingmaschinen von Lehmann (AIR ENGINES, Finkenstein/Organ, ISBN 1 86058 338 5, Seite 42) schon im Jahre 1860 angewandt. Dabei sorgt in Richtung Prozessraum gefaltete Ledermanschette am Kolben sorgt dafür, dass Luft in den Arbeitsraum strömen kann, nicht aber in die umgekehrte Richtung.

[0004] Aus der WO 91/15672 A ist eine Druckregelvorrichtung beschrieben, die in der Lage ist, den Arbeitsgasdruck im Prozessraum und im Pufferraum zu verändern. Dabei dient ein Arbeitsgasspeicher mit hoher Druckvorspannung als Reservoir, von dem über Ventile Arbeitsgas in den Prozessraum und in den Pufferraum eingelassen werden kann. Ein beispielsweise direkt durch die Kolbenstange des Verdrängerkolbens angetriebener Kompressor pumpt bei momentaner Anforderung an einen geringen Arbeitsgasdruck das Medium zurück in eine Speicherflasche und spannt es für den näch-

sten Einlassvorgang wieder vor. Nachteilig ist ein hoher Aufwand für Ventile, Kompressor und Speicherflasche sowie der Umstand, dass wegen der relativ großen Volumina im Pufferraum lange Druckeinstellzeiten, ein hoher Arbeitsaufwand für den Kompressor und überdies eine aufwendige Antriebseinrichtung für letzteren anfällt.

[0005] Im Fachbuch "The Philips Stirling Engine", Hargreaves, C, M, ISBN 0-444-88463-7 Seite 265/266 wird eine ähnliche Leistungssteuerung am Beispiel einer doppeltwirkenden Alphamaschine mit 4 Zylindern erläutert.

[0006] In der US 3,782,119 (A) wird eine Vorrichtung beschrieben, die zwar keinen Kompressor benötigt, jedoch eine Reihe von Speicherflaschen mit unterschiedlichen Drücken vorhält, die infolge von Variationen des Arbeitsgasdruckes im Pufferraum der Stirlingmaschine über ein Ventilsystem gesteuert werden können. Bemerkenswert ist, dass im Pufferraum der Druck höher ist als der mittlere Prozessdruck.

[0007] Auch bei einer Stirlingmaschine nach der DE 2 257 811 A1 wird der Arbeitskolben vom Prozessraum und einem großvolumigen Pufferraum unmittelbar beaufschlagt. Ein eigener Kompressor kann in den Pufferraum eingebaut werden, wobei sein Kolben von der verlängerten Kolbenstange des Arbeitskolbens über ein Gestänge angetrieben wird oder sogar direkt auf der Verlängerung der Kolbenstange sitzt. Ein externer Speicherbehälter für das Arbeitsgas ist über Leitungen und steuerbare Absperrorgane mit dem Kompressor und dem Prozessraum verbunden und kann bei dem Saughub des Kompressor-orkolbens, dessen Einlassraum mit dem Arbeitsgas versorgen, dass dann beim Arbeitshub über Rückschlagventile an den Pufferraum zur Druckerhöhung für den Arbeitshub des Arbeitskolbens abgegeben wird, wobei in weiterer Folge ein gesteuertes Ventil in der zum Prozessraum führenden Leitung schließlich dort im Bedarfsfall eine Druckabsenkung zulässt. Die Konstruktion ist aufwendig und hat wieder, wie schon bei den anderen Ausführungen erwähnt, hohe Toträume, die die Steuerung beeinträchtigen und insbesondere verlangsamen.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Stirlingmaschine mit einer vereinfachten und wirksamen Einrichtung zur Druckbeaufschlagung des Arbeitsgases zu schaffen, die u. a. die Möglichkeit bieten soll, Stirlingmotoren mit mäßiger Leistungsdichte ohne Pufferraum oder Motoren mit hoher Leistungsdichte mit einem deutlich kleineren Pufferraumdruck als bisher erforderlich zu betreiben, eine Herstellung dieses Pufferraumes mit geringen Wandstärken zu ermöglichen, das Abdichten von Kolbenstangen oder Wellen gegen die Atmosphäre zu erleichtern und die vorhandenen dynamischen Dichtungen zur Erzielung langer Standzeiten nur geringen Differenzdrücken auszusetzen. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine rasche Steuerung von Druckveränderungen im Prozessraum und damit eine hohe Dynamik bei der Leistungsregelung einer Stirlingmaschine zu erzielen. Ferner soll der Erfindungsgedanke gleichermaßen bei Stirling- Kältemaschinen, bei Stirling- Wärmepumpen und bei Stirlingmotoren anwendbar

sein.

[0009] Ausgehend von einer Stirlingmaschine mit wenigstens einem in einem Zylinder geführten Arbeitskolben, der an der ersten Seite aus dem Prozessraum mit dem Arbeitsgas beaufschlagt ist und dessen zweite Seite einen Zuführungsraum für das Arbeitsgas abschließt, wobei der Zuführungsraum wenigstens einen sperrbaren Einlass für das Arbeitsgas und einen ebenfalls sperrbaren, zum Prozessraum führenden Auslass aufweist und das Arbeitsgas mittels einer vom Arbeitskolben betriebenen Kolbenpumpe über den Einlass empfängt und gesteuert zur Weitergabe über den Auslass abgibt, zeichnet sich die Erfindung im Wesentlichen dadurch aus, dass der Arbeitskolben mit seiner zweiten Seite selbst den Pumpenkolben bildet, der Zylinder über die der tiefsten Eintauchstellung entsprechende Totpunktlage des Arbeitskolbens hinaus verlängert und diese Verlängerung durch einen Zylinderboden zu dem als Pumpenraum ausgebildeten Zuführungsraum abgeschlossen ist, wobei die Ein- und Auslässe mit ihren vorzugsweise nach Art von Rückschlagventilen arbeitenden Sperren am Zylinderboden und am Arbeitskolben vorgesehen sind.

[0010] Im Gegensatz zu allen bekannten Konstruktionen ist hier nur ein Kompressionsraum ohne eigenen Kolben notwendig und das komprimierte Arbeitsgas wird direkt und ohne weitere Zwischenleitungen und aufzuladende Toträume dem Arbeitsraum übergeben. Der Druck im Prozessraum kann durch Veränderung des Kompressionsverhältnisses im Pumpenteil eingestellt werden. Unter Verwendung der elektrischen Steuerungseinrichtung ist eine einfache Leistungsregelung möglich.

[0011] Es ist zu erwähnen, dass die Erfindung im weiteren Zusammenhang nur mit einer Maschine mit einem Arbeitskolben beschrieben wird, dass es aber selbstverständlich möglich ist, auch Mehrkolbenmaschinen zu verwenden, wobei dann vorzugsweise eine elektrische Steuerung zur genauen Abstimmung der Druckverhältnisse in den einzelnen Zylindern vorgesehen wird.

[0012] Der Zylinderboden kann eine abgedichtete Durchführung für die Kolbenstange des Arbeitskolbens aufweisen, die gegebenenfalls hohl ausgebildet ist und die Kolbenstange eines Verdrängerkolbens umhüllen.

[0013] Eine bevorzugte Ausführung besteht darin, dass der Zylinderboden im Zylinder zur Einstellung des erreichbaren Verdichtungsdruckes des Arbeitsgases und damit des Druckes im Arbeitsraum verstell- und feststellbar untergebracht und mit einem oder mehreren Kolbenringen gegen die Zylinderwand abgedichtet ist. Die Verstellung kann hier bei der Einstellung der Maschine als Justierung vorgenommen werden. Es ist aber auch möglich, Stelltriebe, z. B. Hebelgestänge, Schraubentriebe usw. zur wahlweisen Einstellung und Fixierung des Zylinderbodens zu verwenden, wobei die Einstellung auch über einen Regler vorgenommen werden könnte.

[0014] Konstruktiv ist es auch möglich, die z. B. als Rückschlagventile bzw. elektrisch sperrbare Ventile oder Membranen ausgeführten Durchlasssperrungen dadurch zu

ersetzen, dass Kolbenringe am Arbeitskolben bzw. an der Durchführung der Kolbenstange durch den Zylinderboden mit Spiel in ihren Ringnuten angebracht sind und die Nuten an einer Flanke Vertiefungen aufweisen, die der auch als Pumpring zu bezeichnender Kolbenring in der einen Verstellrichtung abdichtet und in der anderen Verstellrichtung freigibt, sodass sie die sperrbaren Einlässe bilden.

[0015] Es ist noch zu betonen, dass, wie schon andeutungsweise erwähnt wurde, zur Betätigung der Ein- bzw. Auslasssperrungen, gegebenenfalls der Stelltriebe des Pumpenbodens und bzw. oder eines erfindungsgemäß zusätzlich zur schnellen Entlastung vorgesehenen Auslassventils des Prozessraumes eine von einer Überwachungs- bzw. Steuereinrichtung des Betriebsverhaltens geregelte elektrische Steuereinrichtung vorgesehen ist.

[0016] Das Arbeitsgas der Pumpe kann wahlweise von einem Druckspeicher oder, insbesondere bei Maschinen mit geringerer Leistungsdichte, aus der Umgebungsluft zuführbar sein.

[0017] Wie schon eingangs angedeutet wurde, ist wegen der Druckerhöhung durch die Kolbenpumpe nur ein relativ kleiner Vordruck im Druckspeicher erforderlich. Dadurch kann dieser wesentlich leichter gebaut werden und es kann beispielsweise auch das Getriebe und wahlweise sogar ein Generator/Starter innerhalb des Druckspeichers Platz finden. Maschinen mit geringerer Leistungsdichte können auch mit der Umgebungsluft betrieben werden, wobei der Aufbau des Arbeitsdruckes durch Außenantrieb des Arbeitskolbens vor sich geht.

[0018] Weitere Einzelheiten und Vorteile des Erfindungsgegenstandes entnimmt man der nachfolgenden Zeichnungsbeschreibung.

[0019] In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand beispielsweise dargestellt. Es zeigen

- Fig. 1 in weitgehend schematischer Darstellungsweise eine Stirlingmaschine mit Arbeits- und Verdrängerkolben innerhalb eines Zylinders,
- Fig. 2 als Detail ein Ausführungsbeispiel der Ventilgestaltung bei elektromagnetischer Betätigung zur Drucksteuerung und
- Fig. 3 eine mögliche Ausführung des Ersatzes der Ventile durch selbsttätig, bewegungsabhängig öffnende bzw. sperrende Pumpenringe.

[0020] Bei dem in Fig. 1 im Schnitt gezeigten Zylinder 1 einer Einzylinder-Stirlingmaschine befindet sich am oberen Ende das heiße Volumen (16) des Prozessraumes, der über den Erhitzer, den Regenerator und den Kühler mit dem kalten Volumen (16a) des Prozessraumes 16, 16a verbunden ist. Entlang der Mittelachse des Zylinders gleitet der Verdrängerkolben 5 sowie der Arbeitskolben 7. Der Arbeitskolben 7 dichtet mit dem Kolbenring 10 den Prozessraum 16/16a gegen den Pumpenraum 17 unter dem Arbeitskolben 7 ab. Verdrängerkolben 5 und Arbeitskolben 7 sind mit den Kolbenstangen 6 und 8 mit einem hier lediglich schematisch angedeu-

tetem Getriebe 19 verbunden, das eine phasenversetzte Bewegung der Kolben 5,7 erzwingt und den bekannten Kreisprozess der Stirlingmaschine in Gang setzt.

[0021] Erfindungsgemäß ist das untere Ende des Zylinders 1 mit einem entlang der Zylindermittelachse verschiebbaren und feststellbaren Zylinderboden 12 versehen, durch welchem die hohle Kolbenstange 8 des Arbeitskolbens 7 geführt ist. Die Verstellung und Arretierung 21 des Zylinderbodens 12 kann mit verschiedenen Vorrichtungen, beispielsweise mit Hebeln, Nocken oder Spindeln, die hier nicht näher ausgeführt sind, erfolgen. Zwischen Arbeitskolben 7 und Zylinderboden 12 entsteht ein Pumpraum 17, der mit den Dichtungen 14 und 15 gegen außen abgedichtet ist.

[0022] Bei Abwärtsbewegung des Arbeitskolbens 7 wird das Arbeitsgas im Pumpraum 17 verdichtet. Sobald der Druck im Pumpraum 17 höher ist als im Prozessraum 16/16a, öffnen Auslassventile 9, die im Arbeitskolben 7 integriert sind.

[0023] Bei der Aufwärtsbewegung des Arbeitskolbens 7 wird Arbeitsgas über Einlassventile 13 angesaugt, sofern der Druck im Pumpraum 17 unter den Druck eines das Arbeitsgas enthaltenden Pufferraumes 20 sinkt. In der einfachsten Ausführung der Erfindung existiert der Pufferraum 20 nicht, sondern es wird direkt aus der Atmosphäre angesaugt.

[0024] Das Verdichtungsverhältnis im Pumpraum 17 kann durch vertikale Verstellung des Zylinderbodens 12 eingestellt werden. Es erreicht den höchsten Wert, wenn der Zylinderboden 12 an den unteren Totpunkt des Arbeitskolbens 7 herangeführt wird, und das Volumen des Pumpraumes 17 in diesem Augenblick annähernd 0 ist. Diese Einstellung kommt der Funktion eines hochwertigen, einstufigen Kolbenkompressors gleich. Solche Maschinen sind ohne weiteres in der Lage, ein Gas mit dem Verhältnis Ansaugdruck/Auslassdruck = 1:10 zu verdichten. Das bedeutet, dass die erfindungsgemäße Kompressionsvorrichtung einen Anfangsdruck im entspannten Prozessraum 16/16a erreicht, der dem 10 fachen Druck außerhalb des Zylinders 1 entspricht.

[0025] An zwei Beispielen sei die Wirksamkeit der Erfindung erläutert. Die Gasformel $p \cdot v/t = \text{const}$ sei dabei aus Gründen der Einfachheit angewandt.

[0026] Erstes Beispiel mit folgenden Bedingungen:

- Atmosphärischer Umgebungsdruck (20) = 1 bar
- Verdichtungsverhältnis der Pumpvorrichtung 1:8
- Verdichtungsverhältnis des Arbeitsgases im Prozessraum (16/16a): 1:2
- Temperaturerhöhung des Arbeitsgases im Prozessraum (16/16a) T_k/T_h 1:2

[0027] Ergibt bei Vernachlässigung adiabatischer Einflüsse folgende Druckstufen:

- Anfangsdruck im entspannten Prozessraum (16/16a): 8 bar

- Enddruck nach Verdichtung im Prozessraum (16/16a): 16 bar
- Enddruck nach Temperaturerhöhung des Arbeitsgases im Prozessraum (16/16a), Beginn der Entspannungsphase: 32 bar

[0028] Zweites Beispiel mit folgenden Bedingungen:

- Pufferraum (20) mit Arbeitsgasvorspannung = 5 bar
- Verdichtungsverhältnis der Pumpvorrichtung 1:5
- Verdichtungsverhältnis des Arbeitsgases im Prozessraum (16/16a): 1:1,5
- Mittlere Temperaturerhöhung des Arbeitsgases im Prozessraum (16/16a) T_k/T_h = 1:2

[0029] Ergibt bei Vernachlässigung adiabatischer Einflüsse folgende Druckstufen:

- Anfangsdruck im entspannten Prozessraum (16/16a): 25 bar
- Enddruck nach Verdichtung im Prozessraum (16/16a): 50 bar
- Enddruck nach Temperaturerhöhung des Arbeitsgases im Prozessraum (16/16a), Beginn der Entspannungsphase: 75 bar

[0030] Die Beispiele zeigen, dass die erreichbaren Arbeitsgasdrücke trotz fehlendem bzw. geringem Pufferdruck erheblich sind, und daher die Grundlage für Stirlingmaschinen mit mittleren bis hohen Leistungsdichten bilden.

[0031] Nach Fig. 2 ist der Zylinderboden 12 auf einer entlang der Zylindermittelachse bestimmten Position fixiert. Die Einlassventile 13 sind als magnetisch steuerbare Metallmembranventile ausgebildet.

[0032] Eine oder mehrere Metallmembranen 22, festgehalten mit einem Klemmteil 23, erfüllen die Funktion des Einlassventils in den Pumpraum 17. Im Falle, dass kein Druckaufbau im Prozessraum gewünscht ist, werden die Membranen 22 magnetisch auf ihrem Sitz festgehalten. Dies erfolgt dadurch, dass um den Ventilsitz herum eine Spule 24 angeordnet ist, die bei Stromdurchfluss ein geschlossenes Magnetfeld mit der Membrane 22 bildet und diese auf ihrem Sitz festhält. Solange dies der Fall ist, kann kein Arbeitsgas angesaugt werden, wodurch der Druck im Prozessraum nicht weiter erhöht wird. Es ist vorgesehen, dass die Spulenden 24a mit einer elektrischen Steuereinrichtung verbunden sind, die je nach Vorgabe eines Druckregelkreises, der den Istwert aus dem Prozessraum 16,16a entnimmt, die Ventile sperren oder freigeben.

[0033] Der maximale erreichbare Druck kann in einfacher Weise dadurch begrenzt werden, dass der Zylinderboden 12 in einer Position arretiert ist, die einem dem max. Prozessdruck entsprechenden Wert entspricht. Dadurch können im Falle von Störungen des Druckregelkreises unerwünschte Druckspitzen zum Schutz der Maschine verhindert werden.

[0034] Sobald kein Arbeitsgas mehr in den Prozessraum 16/16a gepumpt wird, ist zu erwarten, dass der Arbeitsgasdruck langsam sinkt, da Leckagen über die Kolbenringe 10 und über die Stangendichtungen 15,11 entweichen. Ein Druckregelkreis kann dafür sorgen, dass immer soviel Arbeitsgas nachgepumpt wird, wie über die Dichtungen entweicht.

[0035] Daraus ist abzuleiten, dass sich der Druck im Prozessraum langsam abbaut, sobald die Maschine zum Stillstand gekommen ist. Schließlich wird sich nach einer gewissen Zeit, abhängig von der Leckage der Kolben- und Stangendichtungen, der Druck im Prozessraum mit dem Druck außerhalb des Zylinders angleichen. Dies erleichtert den neuerlichen Maschinenstart, weil der Arbeitskolben 7 zunächst gegen einen niedrigen Druck im Prozessraum 16/16a verdichtet. Erst nach dem Hochfahren der Maschine stellt sich nach mehreren Hüten der gewünschte Prozessdruck und damit einhergehend die angestrebte Leistung der Maschine ein. Auf sogenannte Ausgleichs- oder Kurzschlussventile zwischen Prozessraum 16/16a und Atmosphäre/Pufferraum 20 kann daher verzichtet werden.

[0036] Im Falle, dass sehr schnelle Druckveränderungen gewünscht sind, kann es vorteilhaft sein, ein magnetisch ansteuerbares Entlastungsventil 26 zwischen Prozessraum 16/16a und den Bereich außerhalb des Zylinders 20 anzuordnen, welches in den elektrischen Steuerkreis eingebunden ist.

[0037] Fig. 3 zeigt eine Variante der Erfindung, die keine separaten Auslassventile 9 im Arbeitskolben 7 erfordert. Dies wird dadurch erzielt, dass die Kolbenringe 10 in speziell ausgebildeten Nuten Platz finden, die Arbeitsgas in Richtung Prozessraum 16/16a durchlassen, in der Gegenrichtung aber sperren. Solche Einrichtungen werden auch "Pumpringe" genannt. Die Kolbenringnut wird mit erhöhtem vertikalen und horizontalen Spiel für den Kolbenring 10 gefertigt. Zusätzlich werden an der oberen horizontalen Nutfläche radiale Ausfräsungen 25 eingebracht, die eine Dichtwirkung in Richtung des Prozessraumes 16/16a verhindern.

[0038] Auf die gleiche Weise kann auch die Stangendichtung 15 ausgebildet werden, wodurch die Einlassventile 13 eingespart werden können.

Patentansprüche

1. Stirlingmaschine mit wenigstens einem in einem Zylinder (1) geführten Arbeitskolben (7), der an der ersten Seite aus dem Prozessraum (16a) mit dem Arbeitsgas beaufschlagt ist und dessen zweite Seite einen Zuführungsraum (17) für das Arbeitsgas abschließt, wobei der Zuführungsraum (17) wenigstens einen sperrbaren Einlass (13) für das Arbeitsgas und einen ebenfalls sperrbaren, zum Prozessraum (16a) führenden Auslass (9) aufweist und das Arbeitsgas mittels einer vom Arbeitskolben (7) betätigten Kolbenpumpe (1, 7, 12, 17) über den Einlass

(13) empfängt und gesteuert zur Weitergabe über den Auslass (9) abgibt, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Arbeitskolben (7) mit seiner zweiten Seite selbst den Pumpenkolben bildet, der Zylinder (1) über die der tiefsten Eintauchstellung entsprechende Totpunktlage des Arbeitskolbens (7) hinaus verlängert und diese Verlängerung durch einen Zylinderboden (12) zu dem als Pumpenraum ausgebildeten Zuführungsraum abgeschlossen ist, wobei die Ein- und Auslässe (9, 13, 25) mit ihren vorzugsweise nach Art von Rückschlagventilen arbeitenden Sperren (9, 19, 25) am Zylinderboden (12) und am Arbeitskolben (7) vorgesehen sind.

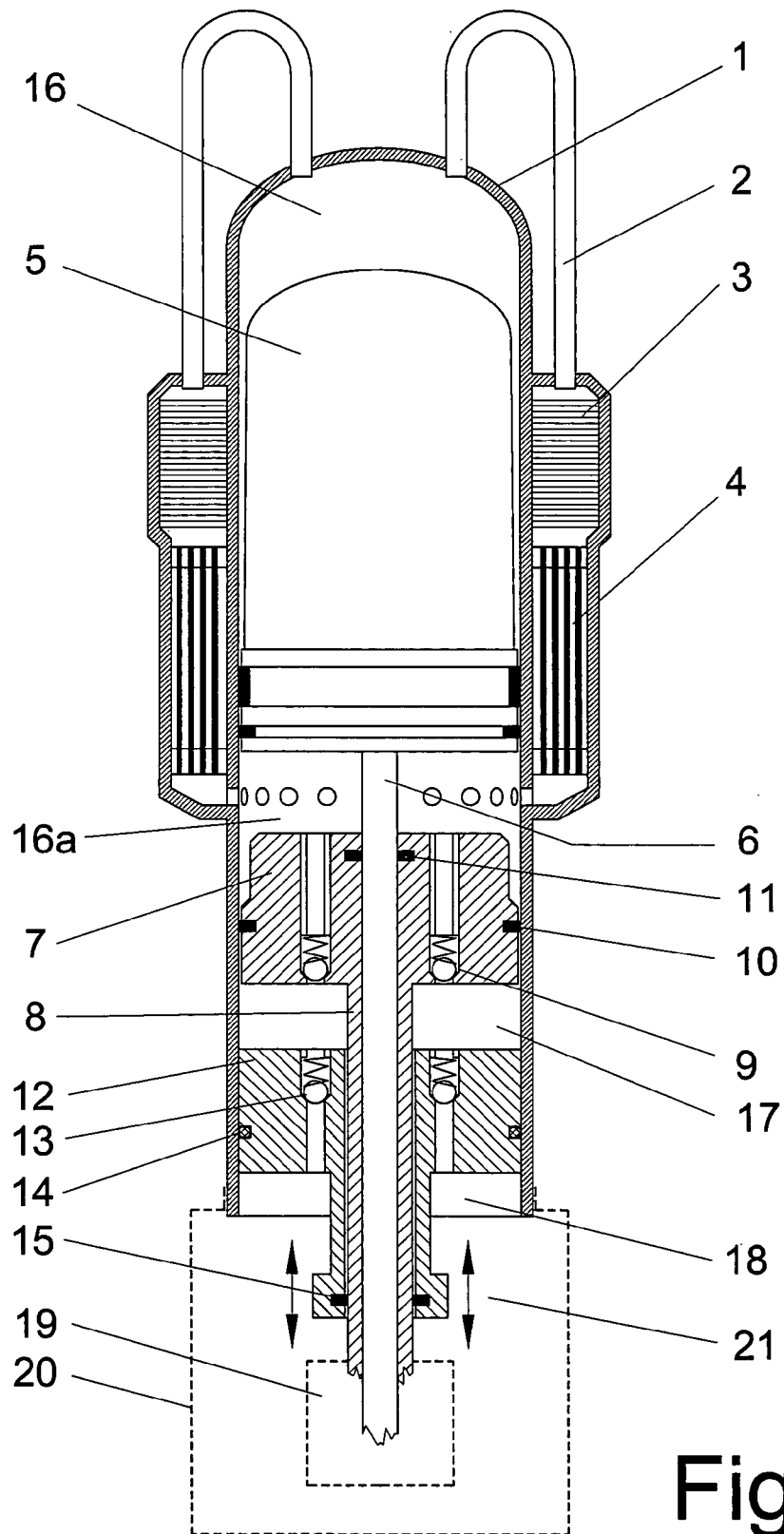
2. Stirlingmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zylinderboden (12) eine abgedichtete Durchführung (15) für die Kolbenstange (8) des Arbeitskolbens (7) aufweist, die gegebenenfalls hohl ausgebildet ist und die Kolbenstange (6) eines Verdrängerkolbens (5) umhüllen kann.

3. Stirlingmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zylinderboden (12) im Zylinder (1) zur Einstellung des erreichbaren Verdichtungsdruckes des Arbeitsgases und damit des Druckes im Arbeitsraum (16, 16a) verstell- und feststellbar untergebracht und mit einem oder mehreren Kolbenringen (14) gegen die Zylinderwand abgedichtet ist.

4. Stirlingmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** Kolbenringe (10) am Arbeitskolben (7) bzw. an der Durchführung (15) der Kolbenstange (8) durch den Zylinderboden (12) mit Spiel in ihren Ringnuten angebracht sind und die Nuten an einer Flanke Vertiefungen (25) aufweisen, die der auch als Pumpring zu bezeichnende Kolbenring (10) in der einen Verstellrichtung des Arbeitskolbens (7) abdichtet und in der anderen Verstellrichtung freigibt, sodass sie die sperrbaren Einlässe bilden.

5. Stirlingmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine elektrische Steuereinheit zur Betätigung der Ein- bzw. Auslasssperrn (9, 13), gegebenenfalls der Stelltriebe des Pumpenbodens (12) und bzw. oder eines Auslassventils (26) des Prozessraumes (16, 16a) vorgesehen ist.

6. Stirlingmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Arbeitsgas der Pumpe wahlweise wie an sich bekannt von einem Druckspeicher (20) oder, insbesondere bei kleineren Maschinen direkt aus der Umgebungsluft zuführbar ist.



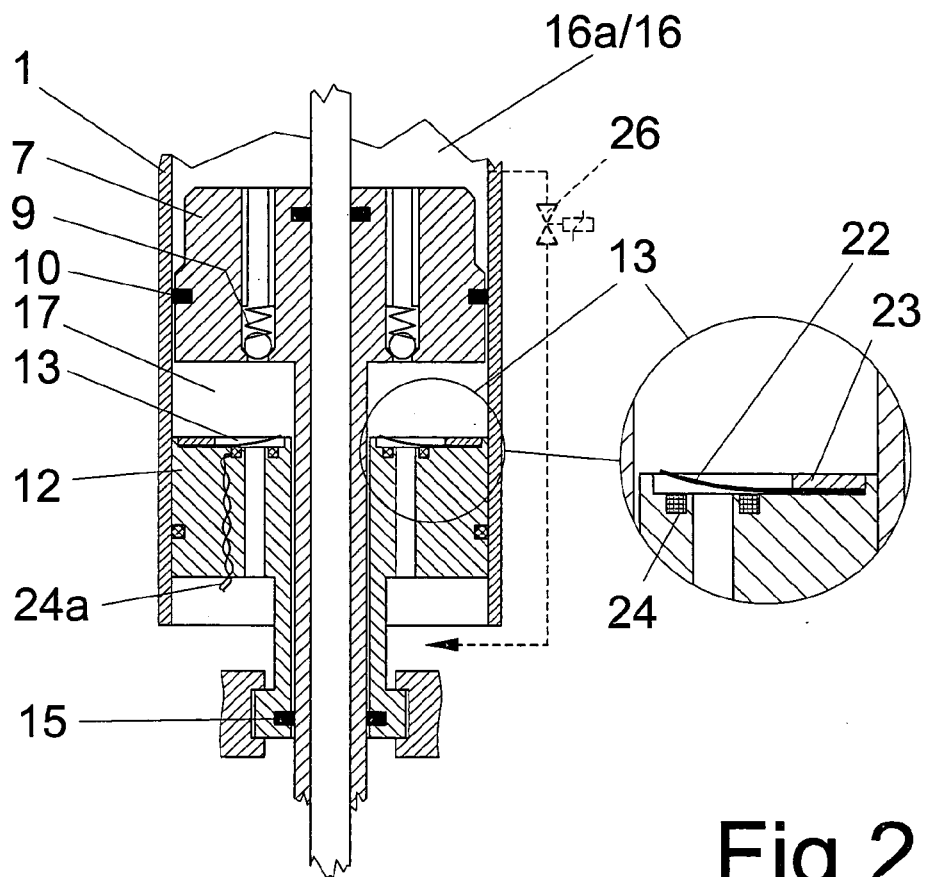


Fig 2

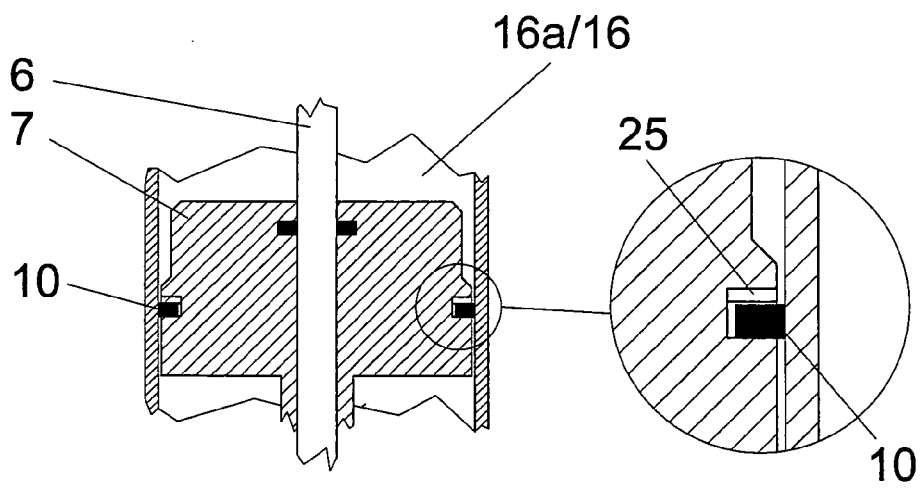


Fig 3

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

- US 5485726 A [0002]
- WO 9115672 A [0004]
- US 3782119 A [0006]
- DE 2257811 A1 [0007]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **Fachbuch.** The Philips Stirling Engine. Hargreaves, C, M, 265, 266 [0005]