



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**11.09.2002 Patentblatt 2002/37**

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

(21) Anmeldenummer: **02400014.3**

(22) Anmeldetag: **05.03.2002**

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

(72) Erfinder:  
• **Baumüller, Andreas**  
**72070 Tübingen (DE)**  
• **Laug, Andreas**  
**72770 Bronnweiler (DE)**

(30) Priorität: **05.03.2001 DE 10110446**

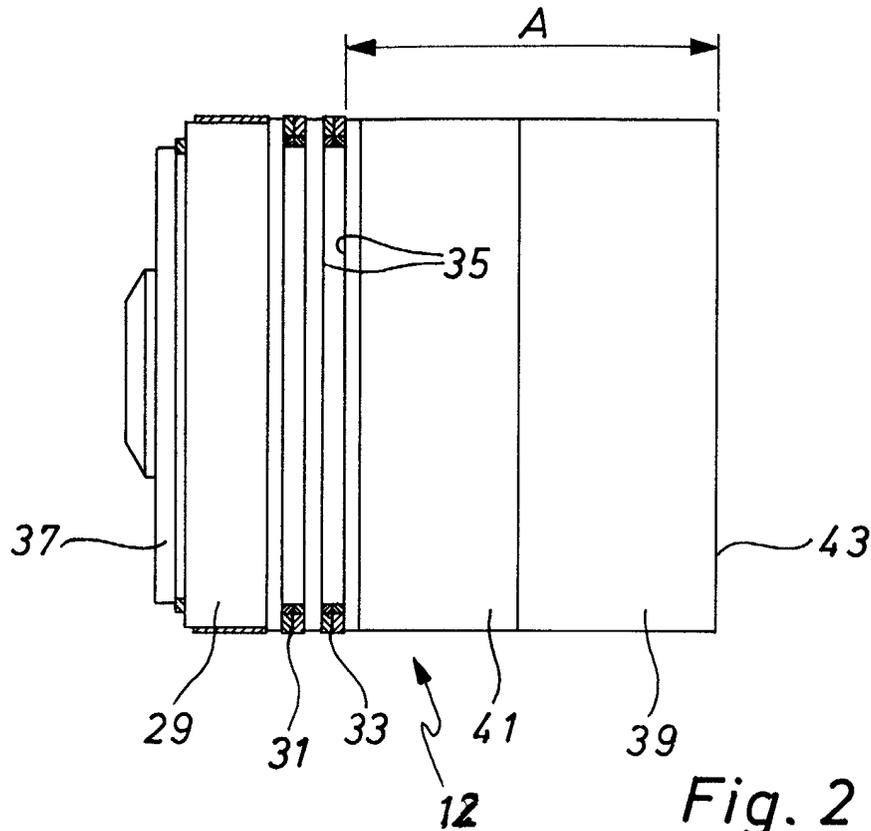
(74) Vertreter: **Hellwig, Tillmann, Dr.**  
**Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker**  
**Patentanwälte,**  
**Postfach 103762**  
**70032 Stuttgart (DE)**

(71) Anmelder: **Solo Kleinmotoren GmbH**  
**71069 Sindelfingen (DE)**

(54) **Kolben und Zylinder für einen Stirling-Motor**

(57) Es werden ein Kolben und ein Zylinder für Stirling-Motoren vorgeschlagen, welche die Lebensdauer

und die Serviceintervalle des mit dem erfindungsgemäßen Kolben und dem erfindungsgemäßen Zylinder ausgerüsteten Stirling-Motors deutlich erhöhen.



## Beschreibung

**[0001]** Der Einsatz von Stirling-Motoren ist insbesondere dann von Vorteil, wenn es gelingt, die Lebensdauer und die Serviceintervalle sehr viel größer als bei konventionellen Otto- oder Dieselmotoren zu gestalten.

**[0002]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Stirling-Motor mit erhöhter Lebensdauer und größeren Serviceintervallen bereitzustellen.

**[0003]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst, durch einen Kolben eines Stirling-Motors, mit einem Kolbenboden, mit einem Kolbenschaft, wobei bei Kolbenschaft eine Unterkante aufweist, wobei in dem Kolbenschaft mindestens eine Ringnut zur Aufnahme eines Kolbenrings vorhanden ist, und wobei der Kolben über eine Kolbenstange, einen Kreuzkopf und ein Pleuel oder unmittelbar über ein Pleuel mit einer Kurbelwelle gekoppelt ist, dadurch gelöst, dass der Abstand der Ringnut, die am nächsten zur Kurbelwelle angeordnet ist und der Unterkante des Kolbenschafts zwischen 0,66 x Kolbenhub und 1,5 x Kolbenhub, besonders bevorzugt zwischen 0,9 x Kolbenhub und 1,1 x Kolbenhub, beträgt.

**[0004]** Durch diese konstruktive Ausgestaltung des Kolbenschafts ist gewährleistet, dass die Zylinderlauf-  
fläche in dem Bereich, welcher von dem oder den Kolbenringen überstrichen wird, vollständig oder nahezu vollständig vom Kolbenschaft abgedeckt wird. Dadurch wird die Wärmeabfuhr verbessert.

**[0005]** Außerdem wird verhindert, dass sich Öl auf dem von den Kolbenringen überstrichenen Bereich der Zylinderlauf-  
fläche niederschlagen kann. In Folge dessen kann das Öl auch nicht in Kontakt mit dem oberhalb des Kolbenbodens befindlichen Arbeitsgas gelangen und dieses verunreinigen. Sobald nämlich in dem Arbeitsgas Ölschichten vorhanden sind, ist die Funktion des Stirlings-Motors zumindest beeinträchtigt, da sich Ölnebel erfahrungsgemäß sehr leicht am Regenerator niederschlagen, dort verkohlen und somit den Strömungswiderstand für das Arbeitsgas beim Durchströmen des Regenerators deutlich erhöhen. Außerdem wird der Wärmeübergang zwischen dem Speichermaterial des Regenerators und dem Arbeitsgas drastisch verschlechtert. Beide Effekte führen zu einer unerwünschten Einbuße bei Wirkungsgrad und Leistung des Stirling-Motors.

**[0006]** Nach einer Variante der Erfindung ist vorgesehen, dass der Kolbenschaft an seinem dem Kolbenboden entgegengesetzten Ende eine Hülse aufweist, so dass die erfindungsgemäße Länge des Kolbenschafts durch eine einfach herzustellende Hülse erreicht werden kann. Außerdem kann durch diese erfindungsgemäße Ausgestaltung ein an sich bekannter Kolben für einen Stirling-Motor in erfindungsgemäßer Weise er-  
tüchtigt werden. Da die Hülse, abgesehen von den Massenkräften, keinen nennenswerten hohen Beanspruchungen ausgesetzt ist, kann sie sehr dünnwandig ausgeführt werden.

**[0007]** Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, die Hülse

und den Kolben durch Elektronenstrahlschweißen miteinander zu verbinden. Alternativ können auch andere Fügeverfahren eingesetzt werden.

**[0008]** Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sehen vor, dass auf dem Kolbenboden ein Kolbendom auf-  
gesetzt ist, dass der Kolben ein Verdichtungskolben ist, und/oder dass der Kolben ein Arbeitskolben ist, so dass die Vorteile der Erfindung für die genannten Kolbentypen nutzbar gemacht werden können.

**[0009]** Die eingangs gennante Aufgabe wird auch gelöst durch einen Zylinder für einen Stirling-Motor, mit einer Zylinderlauf-  
fläche, wobei der Zylinderauszug aus globularem Grauguss besteht und die Zylinderlauf-  
fläche induktionsgehärtet ist.

**[0010]** Die Verwendung von globularem Grauguss als Material für die Zylinderlauf-  
fläche hat sich in den Versuchen der Anmelderin als besonders vorteilhaft erwiesen. Globaler Grauguss weist eine Bruchdehnung von 15% bis 20% auf, was insbesondere bei Stirling-  
Motoren, deren Zylinder einen Überdruck aufweist, von großem Vorteil ist. Anders als bei anderen Zylindern für Stirling-Motoren versagt ein erfindungsgemäßer Zylinder auf relativ unkritische Weise, da beim Auftreten eines Risses der Zylinder nicht zerspringt und somit keine Gefährdung eventuell in der Nähe des Stirling-Motors befindlicher Personen auftritt.

**[0011]** Außerdem verbessert sich der Wärmeübergang von der Zylinderlauf-  
fläche auf ein eventuell vorhandenes Kühlmedium, wie z.B. Kühlwasser, da erstens mit geringeren Wandstärken gearbeitet werden kann und zweitens nur ein Material eingesetzt wird. Zylinder nach dem Stand der Technik weisen häufig eingeschrumpfte und gehärtete Laufbuchsen aus Grauguss auf, bei denen die Wärmeleitung im Bereich der Kontaktfläche zwischen Laufbuchse und Zylinder sehr schlecht ist.

**[0012]** Durch die Härtung der Zylinderlauf-  
fläche mittels Induktionshärten ist es außerdem möglich, die Tiefe bis zu der die Zylinderlauf-  
fläche gehärtet ist, in weiten Grenzen entsprechend den Erfordernissen bezüglich Verschleißfestigkeit und Drucksicherheit einzustellen.

**[0013]** In weiterer Ergänzung der Erfindung hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Zylinderlauf-  
fläche gleit-  
zuhonen, so dass sich eine sehr glatte Oberfläche einstellt. Die Technologie des Gleithonens wird in einer Ver-  
öffentlichung mit dem Titel "Neues Honverfahren für umweltfreundliche Verbrennungsmotoren" von G. Haasis und G. Weigmann in Werkstatt und Betrieb 132 (1999) 3 beschrieben. Auf diese Veröffentlichung wird im Zusammenhang mit der Erfindung ausdrücklich Bezug genommen.

**[0014]** Damit überwindet die erfindungsgemäße Zylinderlauf-  
fläche ein Vorurteil, welches besagt, dass die Laufflächen von Zylindern, in denen Kolben mit Teflonkolbenringen laufen, eine gewisse Rauigkeit aufweisen sollen, damit sich in den Vertiefungen der Zylinderlauf-  
fläche Teflonabrieb ablagern kann. Diese Erklärung findet sich beispielsweise in dem Buch Stirling-Maschi-

nentechnik von Prof. Fritz Steimle, ISBN-3-7880-7583-X, 1. Auflage, C.F. Müller-Verlag 1996 auf Seite 100, zweitletzter Absatz. Es hat sich bei Versuchen der Anmelderin zur Verbesserung der Lebensdauer des Stirling-Motors herausgestellt, dass die erfindungsgemäße Zylinderlaufläche durch eine Feinbearbeitung mittels Gleithonen besonders langlebig ist und auch mit Zusammenwirken mit Teflonkolbenringen eine sehr hohe Lebensdauer erreicht.

**[0015]** Weitere Ergänzungen der Erfindung sehen vor, dass der Zylinder ein Arbeitszylinder oder ein Verdichtungszyylinder ist, so dass die Vorteile der Erfindung bei beiden Zylindern des Stirling-Motors zum Tragen kommen und sich somit die Gesamtlebensdauer und die Serviceintervalle in erfindungsgemäßer Weise erhöhen. Der erfindungsgemäße Kolben kann aber auch als Verdrängerkolben in sog.  $\beta$ -Maschinen eingesetzt werden.

**[0016]** Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen entnehmbar.

**[0017]** Es zeigen:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel eines Stirling-Motors nach dem Stand der Technik mit V-Anordnung der Zylinder im Querschnitt,

Figur 2 eine Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verdichtungskolbens, und

Figur 3 einen Querschnitt durch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Arbeitskolbens.

**[0018]** Der Stirlingmotor gemäß Fig. 1 weist ein Kurbelgehäuse 1 auf, in dem eine Kurbelwelle 3 drehbar gelagert ist. An einem Hubzapfen 5 der Kurbelwelle 3 sind ein erstes Pleuel 7 und ein zweites Pleuel 9 drehbar gelagert. Das erste Pleuel 7 ist über einen ersten Kreuzkopf 10 und eine erste Kolbenstange 11 mit einem Verdichtungskolben 12 verbunden. Das zweite Pleuel 9 ist über einen zweiten Kreuzkopf 13 und eine zweite Kolbenstange 14 mit einem Arbeitskolben 15 verbunden. Die konstruktive Ausgestaltung von Verdichtungskolben 12 und Arbeitskolben 15 ist im Zusammenhang mit Fig. 1 nicht von Bedeutung und wird deshalb an dieser Stelle nicht näher erläutert. Der Verdichtungskolben 12 läuft in einem Verdichtungszyylinder 16, während der Arbeitskolben 15 in einem Arbeitszylinder 17 läuft. Die Kurbelwelle 3 und der Hubzapfen 5 sind ölgeschmiert, während der Verdichtungskolben 12 und der Arbeitskolben 15 trocken im Verdichtungszyylinder 16 bzw. im Arbeitszylinder 17 laufen.

**[0019]** Zwischen dem Verdichtungszyylinder 16 und dem Arbeitszylinder 17 kann das Arbeitsgas hin- und hergeschoben werden. Dabei nimmt das in Fig. 1 nicht

dargestellte Arbeitsgas beim Verschieben aus dem Verdichtungszyylinder 16 in den Arbeitszylinder 17 Wärme aus einem Regenerator 21 auf und erwärmt sich dabei auf etwa 650° Celsius. Der Regenerator 21 besteht im Allgemeinen aus einem Paket von Drahtsieben, die in Fig. 1 nicht im Einzelnen dargestellt sind. Anschließend wird das Arbeitsgas in einem Erhitzer 23, der bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 aus verrippten Rohren gebildet wird, auf etwa 650° Celsius erwärmt. Diese Erwärmung erfolgt durch Wärmeübertragung von einem in Fig. 1 nicht dargestellten Brenner über den Erhitzer 23 auf das Arbeitsgas. Gleichzeitig erfolgt eine annähernd isotherme Expansion des Arbeitsgases im Arbeitszylinder 17, wodurch mechanische Arbeit vom Arbeitsgas auf den Arbeitskolben 15 übertragen wird. Anschließend wird das Arbeitsgas vom Arbeitszylinder 17 in den Verdichtungszyylinder 16 zurückgeschoben, wobei das Arbeitsgas Wärme an den Regenerator 21 überträgt und anschließend von einem Arbeitsgaskühler 25 abgekühlt wird.

**[0020]** Als Wärmequelle kann bei einem Stirlingmotor prinzipiell jede Wärmequelle mit ausreichendem Temperaturniveau herangezogen werden, bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 wird ein Brenner eingesetzt (nicht dargestellt), der einen gasförmigen oder flüssigen Brennstoff verbrennen kann. Der sogenannte Hochtemperaturbereich des Stirlingmotors ist durch eine Wärmedämmung 27 gegen Wärmeverluste geschützt.

**[0021]** Figur 2 zeigt eine Ansicht eines erfindungsgemäßen Verdichtungskolbens 12 mit einem ersten Führungsband 29, einem ersten Kolbenring 31 und einem zweiten Kolbenring 33. Das Führungsband 29 dient der Führung des Verdichtungskolbens 12 in dem nicht dargestellten Zylinder. Der erste Kolbenring 31 und der zweite Kolbenring 33 dienen zur Abdichtung des in Figur 2 links des Kolbens 12 befindlichen Arbeitsraums, der in Figur 2 nicht dargestellt ist, zu dem rechts des Kolbens 12 befindlichen, ebenfalls nicht dargestellten Kurbelgehäuse 1 des Stirling-Motors. Das Führungsband 29 und die Kolbenringe 31 und 33 sind jeweils in Ringnuten in ansich bekannter Weise aufgenommen.

**[0022]** Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird in Figur 2 nur die Ringnut 35 des zweiten Kolbenrings 33 mit Bezugslinien und einem Bezugszeichen gekennzeichnet. An dem einem Kolbenboden 37 des Verdichtungskolbens 12 entgegengesetzten Ende desselben ist eine Hülse 39 an einem Kolbenschaft 41 des Kolbens 12 angesetzt. Die Hülse 39 kann durch Schweißen, insbesondere Elektronenstrahlschweißen, Verpressen, Löten und Anderes mehr mit dem Kolbenschaft 41 verbunden sein. Die Hülse 39 weist eine Unterkante 43 auf, die zu der Ringnut 35 einen mit in "A" bezeichneten Abstand aufweist. Dieser Abstand "A" wird erfindungsgemäß so bemessen, dass er zwischen 0,66 x Kolbenhub bis 1,5 X Kolbenhub beträgt. Als ein besonders vorteilhafter Kompromiss zwischen Größe des Abstands "A" und erforderlichem Bauaufwand hat sich eine Größe des Abstands "A" von 0,9 x Kolbenhub bis 1,1 x Kolbenhub her-

ausgestellt. Durch den Abstand "A" in der erfindungsgemäßen Größe ist gewährleistet, dass der von den Kolbenringen 29, 31 und 33 überstrichene Bereich der dargestellten Zylinderlauffläche im Betrieb mit von den Kolbenschaft 41, bzw. der Hülse 39 überdeckt ist, so dass sich kein Öl auf diesen Bereich der Zylinderlauffläche niederschlagen kann. Das Niederschlagen von Öl auf diesen Bereich der Zylinderlauffläche ist unerwünscht, weil sich Teile dieses Ölniederschlags im Arbeitsgas lösen können und sich anschließend im Regenerator niederschlagen und dort verkohlen können. Dies führt zu Funktionsbeeinträchtigungen des Stirling-Motors sowie Verringerungen des Wirkungsgrads und der Leistung des Stirling-Motors.

**[0023]** Die Figur 3 ist ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Arbeitskolbens 17 im Längsschnitt dargestellt. Einige Bauteile werden mit gleichen Bezugszeichen versehen und im Folgenden werden nur die Unterschiede erläutert, um Wiederholungen zu vermeiden. An dem Arbeitskolben 17 ist oberhalb des Kolbenbodens 37 ein Kolbendom 45 aufgesetzt, welcher die Wärmeübertragung zwischen Arbeitsgas (nicht dargestellt) und dem Arbeitszylinder 17 verringert. Im Kolbenschaft 41 sind zwei Ringnuten 35 und 47 eingestochen. Die breite Ringnut 47 dient zur Aufnahme eines Führungsbands aus Teflon (in Fig. 3 nicht dargestellt), das die Führung des Arbeitskolbens 17 in dem nicht dargestellten Zylinder übernimmt. Die Ringnut 35 nimmt einen Kolbenring (nicht dargestellt) auf, der zur Abdichtung des Arbeitsraums gegenüber dem Kurbelgehäuse dient. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel ist eine Hülse 39 an dem Kolbenschaft 41 angebracht. Der Abstand "A" bemisst sich nach den gleichen Regeln wie anhand des Ausführungsbeispiels gemäß Figur 2 erläutert. In Figur 3 ist auch ein Innengewinde 49 dargestellt, in welches eine nicht dargestellte Kolbenstange eingeschraubt werden kann. Durch den langen Kolbenschaft 41 wird außerdem die Kühlung der Kolbenringe verbessert.

**[0024]** Die erfindungsgemäße Ausgestaltung eines Kolbenschafts kann auch bei Kolbenverdichtern zum Verdichten unterschiedlichster Gase eingesetzt werden. Auch bei Kolbenverdichtern ist es nämlich unerwünscht, dass die zu verdichtenden Gase Öl aufnehmen.

**durch gekennzeichnet, dass** der Abstand zwischen der Ringnut (35), die am nächsten zu der Kurbelwelle (3) angeordnet ist, und der Unterkante (43) des Kolbenschafts (41) zwischen 0,66 x Kolbenhub und 1,5 x Kolbenhub, besonders bevorzugt zwischen 0,9 x Kolbenhub und 1,1 x Kolbenhub, beträgt.

2. Kolben nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolbenschaft (41) an seinem dem Kolbenboden (37) entgegengesetzten Ende eine Hülse (39) aufweist.
3. Kolben nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf dem Kolbenboden (37) ein Kolbendom (45) aufgesetzt ist.
4. Kolben nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben ein Verdichtungskolben (12) ist.
5. Kolben nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben ein Arbeitskolben (13) ist.
6. Kolben nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben ein Verdrängerkolben ist.
7. Zylinder für einen Stirling-Motor, mit einer Zylinderlauffläche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zylinder aus globularen Grauguss (GGG) besteht, und dass die Zylinderlauffläche induktionsgehärtet ist.
8. Zylinder nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zylinderlauffläche gleitgehont ist.
9. Kolben nach Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zylinder ein Verdichtungs-zylinder (15) ist.
10. Kolben nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zylinder ein Arbeitszylinder (17) ist.

## Patentansprüche

1. Kolben für einen Stirlingmotor, mit einem Kolbenboden (37), mit einem Kolbenschaft (41), wobei der Kolbenschaft (41) eine Unterkante (43) aufweist, wobei in dem Kolbenschaft (41) mindestens eine Ringnut (35) zur Aufnahme eines Kolbenrings (33) vorhanden ist, und wobei der Kolben über eine Kolbenstange (11, 14), einen Kreuzkopf (10, 13) und einen Pleuel (7,9) oder unmittelbar über ein Pleuel (7,9) mit einer Kurbelwelle (3) gekoppelt ist, **da-**

Fig. 1

