


 12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG


 Anmeldenummer: 85115980.6


 Int. Cl.⁴: **F 02 G 1/043, F 02 G 1/045**


 Anmeldetag: 14.12.85


 Priorität: 25.01.85 DE 3502363
 12.03.85 DE 3508689


 Anmelder: **Bomin Solar GmbH & Co KG,**
Industriestrasse 8-10, D-8750 Lörrach (DE)


 Veröffentlichungstag der Anmeldung: 30.07.86
 Patentblatt 86/31


 Erfinder: **Kleinwächter, Jürgen, Dipl.-Phys., Egisholz**
Lindenstrasse 15, D-7842 Kandern (DE)
 Erfinder: **Kleinwächter, Hans, Prof. Dr.-Ing.,**
Industriestrasse 8-10, D-7850 Lörrach (DE)
 Erfinder: **Klaas, Otto, Dipl.-Ing., Sehringer Strasse 1a,**
D-7800 Mühlheim 15 (DE)


 Benannte Vertragsstaaten: **AT BE CH DE FR GB IT LI LU**
NL SE

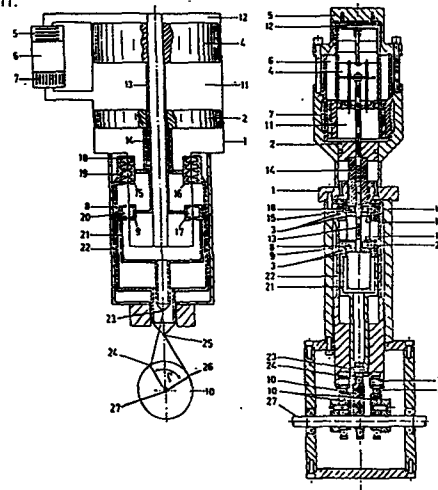

 Vertreter: **Rau, Manfred, Dr. Dipl.-Ing. et al, Rau &**
Schneck, Patentanwälte Königstrasse 2,
D-8500 Nürnberg 1 (DE)

54 Wärmekraftmaschine.


 Bei einer Wärmekraftmaschine, insbesondere einem Stirling-Motor, umfassend einen Verdrängerkolben und einen Arbeitskolben, welche miteinander gekoppelt in einem nach außen dicht abgeschlossenen Gehäuse linear geführt schwingungsfähig angeordnet sind, wobei der Gasraum zwischen Verdränger- und Arbeitskolben mit dem Gasraum zwischen Verdrängerkolben und Gehäuse über eine Erhitzer-, Kühler-, Regenerator-Anordnung verbunden ist, und wobei eine externe Wärmequelle anschließbar ist, ist zur Ermöglichung einer problemlosen Auskopplung mechanischer Energie durch das geschlossene Gehäuse nach außen vorgesehen, daß wenigstens mit dem Arbeitskolben (2) eine magnetische oder magnetisierbare, innerhalb des Gehäuses (1) angeordnete Kopplungs-Einrichtung (9, 15) verbunden ist, und daß eine korrespondierende magnetische oder magnetisierbare Kopplungs-Einrichtung (8, 18) außerhalb des Gehäuses (1) parallel zum Kolbenweg beweglich gelagert ist.

Um insbesondere das Schwingungsverhalten von Arbeitskolben und Verdrängerkolben in jeder Betriebsphase kontrollieren zu können, ist weiterhin vorgesehen, daß eine Vorrichtung zur Vorgabe der Phasenlage zwischen Arbeitskolben (2) und Verdrängerkolben (4) durch ein magnetisch angekoppeltes mechanisches Getriebe, insbesondere ein Kurbelwellengetriebe gebildet wird. Insbesondere ist vorgesehen, daß von der translatorischen Bewegung der Kol-

ben eine auf diese übertragene Drehbewegung abgegriffen wird, wobei die hierzu dienenden Übertragungs-Einrichtungen gleichzeitig auch die Phasenlage der Kolben festlegen können. Die Drehbewegung der Kolben kann mittels der erfindungsgemäßen Kopplungs-Einrichtungen magnetisch ausgekoppelt und direkt auf eine Abtriebswelle übertragen werden.



Bomin Solar GmbH & Co. KG, Industriestraße 8-10,
7850 Lörrach-Haagen

Wärmekraftmaschine

5

Die Erfindung richtet sich auf eine Wärmekraftmaschine nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

- 10 Derartige extern beheizte, regenerative Wärmekraftmaschinen besitzen aufgrund des geringen Abgasanfalls, ihres sehr hohen erreichbaren Wirkungsgrades und ihrer Anpassungsfähigkeit an die unterschiedlichsten Wärmequellen gute Aussichten für eine erheblich weitere
15 Verbreitung in der Zukunft. Ein Beispiel für diesen Typ einer Wärmekraftmaschine bildet der Stirlingmotor.

- Obwohl Wärmekraftmaschinen dieser Art nach einem an sich idealen, reversiblen Zyklus, der zwischen
20 zwei Isothermen und zwei Isochoren abläuft, arbeiten und somit grundsätzlich höhere Carnot-Realisierungsgrade erzielt werden können, als bei den viel weiter verbreiteten Innenverbrennungsmotoren, konnten sich solche
25 Maschinen bisher aus verschiedenen Gründen noch nicht in großem Umfang durchsetzen.

Ein Problem liegt darin, daß zur Erzielung hoher Wirkungsgrade die Temperatur des Erhitzerkopfes sehr hoch liegen muß, wobei hierfür geeignete Materialien erst in neuester Zeit entwickelt wurden. Ein weiteres
5 grundlegendes Problem liegt darin, daß zur Erzielung einer guten Leistungsdichte und entsprechend kleiner, kompakter Maschinen die Maschine mit Helium oder Wasserstoff hohen Druckes gefüllt werden muß. Dies führt z.B. bei den bekannten Kurbelwellen-Stirlingma-
10 schinen zu erheblichen Schwierigkeiten, da die Kurbelwellendichtung einerseits das Herausdiffundieren des Arbeitsgases vermeiden soll und andererseits aber auch das Eindringen von Öl und Schmiermitteln aus dem Getriebekasten in das Innere der Maschine. Ein
15 Ansatz zur Lösung dieses Problems stellte die Erfindung des Freikolben-Stirlingmotors dar (US-PS Re.30.176). Eine derartige Anordnung benötigt keine Kurbelwelle, da sowohl der Arbeits- als auch der Verdrängerkolben frei gas- oder mechanisch gefedert linear oszillierend
20 im Inneren eines hermetisch abgeschlossenen Druckgehäuses schwingen. Es wird so also ein Masse-Feder-Resonanzsystem ausgebildet, welches über die Dimensionierung der Federkonstanten, Massen- und Strömungsquerschnitte so abgestimmt wird bzw. abgestimmt werden sollte,
25 daß die Bewegungskinetik dem idealen Stirling-Zyklus möglichst nahe kommt.

Bei einer derartigen Freikolben-Maschine erreicht man also gegenüber der Kurbelwellenbauweise den Vorteil,
30 daß sie völlig gasdicht ist, daß also keine Gasdiffusion von innen nach außen bzw. kein Eindringen von Öl von außen nach innen erfolgt. Weiterhin ist der Aufbau, jedenfalls was die elementaren Bauteile betrifft, unkompliziert und ermöglicht dementsprechend eine
35 lange Lebensdauer. Letztlich kann potentiell ein

erhöhter Wirkungsgrad erreicht werden, da Kurbelwellenverluste entfallen.

Diesen Vorteilen stehen Probleme in der praktischen
5 Anwendung einer derartigen Maschine entgegen. Da
sich die Bewegungsvorgänge nur im Inneren der Maschine
abspielen und keine mechanische Verbindung zum Außenraum
vorhanden ist, müssen Zusatzeinrichtungen, die die
oszillierende Bewegung des Arbeitskolbens in elektrische
10 oder thermische Nutzenergie umsetzen sollen, auch
im Inneren der Maschine untergebracht sein. Dies
führt z.B. dazu, daß zur Stromerzeugung im Vergleich
zu handelsüblichen, rotierenden Generatoren relativ
aufwendige Lineargeneratoren verwendet werden müssen.
15 Noch größere Probleme ergeben sich, wenn mechanische
Energie als solche ausgekoppelt werden soll. Insoweit
sind Versuche unternommen worden, die periodischen
Druckschwankungen im Inneren der Maschine durch eine
Membran auf ein hydraulisches System zu übertragen.
20 Ein anderer Lösungsansatz besteht darin, daß man
den Arbeitskolben so schwer ausbildete, daß dieser
relativ zum beweglich gelagerten Gehäusestand und
die resultierende Gehäusebewegung dazu ausgenutzt
wurde, die Energie der linearen Schwingung abzugreifen.
25 Beide genannte Lösungsansätze führen in der Praxis
zu erheblichen technischen Komplikationen, z.B. in
Form von Materialproblemen bei Verwendung einer Membran
oder durch Schwierigkeiten bei der Umsetzung der
linearen Schwingungsbewegung des Gehäuses in eine
30 Drehbewegung.

Ein weiteres grundlegendes Problem bei Freikolbenmaschi-
nen liegt darin, daß ein derartiges Masse-Feder-System
analytisch außerordentlich schwierig zu erfassen ist.
35 Hierzu gehört insbesondere die Frage der Kolbenzentrie-
rung um die Mittellage sowie des Phasenwinkels zwischen

Verdränger- und Arbeitskolben. Zur Umsetzung der theoretischen Vorgaben wurden Maßnahmen wie das Vorsehen von Gasüberströmkanälen, Gaszwischen speichern, mechanischen Zentrierfedern usw. ergriffen. Sämtliche dieser Maßnahmen reduzieren den idealen Wirkungsgrad, arbeiten
5 nur in eng begrenzten Regelbereichen und führen zu Abweichungen vom idealen Stirling-Zyklus.

Hiervon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine extern beheizte, regenerative Wärmekraft-
10 maschine zu realisieren, welche die Vorteile einer Freikolben- und einer Kurbelwellenmaschine vereint und deren jeweilige Nachteile weitestgehend vermeidet. Darüber hinaus soll erfindungsgemäß eine einfache Möglichkeit der mechanischen Energieauskopplung bei
15 einer Maschine der in Betracht stehenden Art angegeben werden.

Diese Aufgabe wird gelöst durch den kennzeichnenden Teil von Anspruch 1. Durch die danach vorgesehene
20 magnetische Auskopplung der mechanischen Energie des linear schwingenden Arbeitskolbens ist es möglich, einen Freikolben-Motor optimal auszugestalten, ohne bei der Konstruktion spezifische Rücksichten, z.B. hinsichtlich Lagerung und Materialwahl, zu nehmen.
25 Die magnetisch ausgekoppelte Bewegung kann extern durch alle bekannten mechanischen Kraftübertragungs- und Umsetzungssysteme beliebigen Sekundäraggregaten zugeführt werden. Soweit derartige Sekundär- oder Subaggregate keine rotierende, sondern lineare Bewegungen
30 benötigen, kann die ausgekoppelte lineare Schwingungsenergie direkt abgenommen werden. Die magnetische Auskopplung bietet weiterhin den Vorteil, daß sie als Rutschkupplung beim Auftreten von Überlasten wirkt.

Eine besonders einfache Ausführungsform der erfindungsge-
mäßigen Lösung gibt Anspruch 2 an. Die danach außerhalb
des Gehäuses angeordneten Magneten können sowohl
als Permanentmagneten als auch als Elektromagneten
5 ausgebildet sein. Dabei müssen für die Stromversorgung
von Elektromagneten keine elektrischen Leitungen
in das Innere des Gehäuses geführt werden, da sich
dort lediglich Weicheisenteile befinden.

10 Durch die Ausbildung der äußeren Magneten als Elektromag-
neten und durch das Vorsehen einer Wechselspannungsquelle
entsprechend Anspruch 3 kann auf die Kolben eine
dynamische Vibrationseinwirkung zur Erzielung einer
zusätzlichen dynamischen Dichtung ausgeübt werden.

15 Gemäß Anspruch 5 ist vorteilhafterweise eine Vorrichtung
zur Koordination der Phasenlage von Arbeits- und
Verdrängerkolben vorgesehen. Diese Vorrichtung ist
entsprechend Anspruch 6 vorzugsweise als mechanisches
20 Getriebe, insbesondere als Kurbelwellengetriebe ausgebil-
det.

Diese Ausgestaltung ermöglicht es, daß der innere
Bewegungsablauf von Arbeits- und Verdrängerkolben
25 sich nicht frei schwingend einstellen muß, sondern
definiert entsprechend einer gewünschten Kinematik,
d.h. entsprechend dem gewählten, regenerativen, extern
beheizten, thermodynamischen Zyklus abläuft. Damit
wird aber erreicht, daß die mit einem freien Einschwingen
30 verbundenen Probleme, z.B. hinsichtlich der Zentrierung,
des Überschwingverhaltens in wechselnden Lastbereichen
und sonstige mit der Kinematik der Freikolbenmaschine
verbundenen Schwierigkeiten vermieden werden. Dies
führt zu einer wesentlichen Vereinfachung des Freikolben-
35 teils unter Vermeidung der herkömmlicherweise erforder-

lichen aktiven und passiven Regelsysteme. Zur Realisierung der Erfindung kann auf an sich ausgereiften mechanischen Phasenkopplungstechniken zurückgegriffen werden, so daß es problemlos möglich ist, derartige
 5 Motoren ausgehend von einem Grundtyp in ganz unterschiedlichen Leistungsklassen zu realisieren.

Erfindungsgemäß werden also die magnetischen Kupplungseinrichtungen und das nachgeschaltete mechanische
 10 Getriebe einerseits dazu verwendet, eine optimale Auskopplung der mechanischen Energie zur weiteren Verwertung zu erreichen, und andererseits um den schwingenden Kolben eine durch ein mechanisches Getriebe exakt definiert vorgegebene Phasenlage und ein entsprechend koordiniertes Schwingungsverhalten aufzuprägen.
 15 Damit werden auch die Schwierigkeiten herkömmlicher Freikolbenmaschinen vermieden, welche im Anlaufbereich und bei Laständerungen auftraten. Es werden somit sämtliche Vorteile von Freikolbenmaschinen erreicht,
 20 indem die grundsätzlichen Dichtungsprobleme vermieden werden, und andererseits werden die für Freikolbenmaschinen typischen Probleme problemlos beherrscht, welche aus dem komplizierten Verhalten eines frei schwingenden Systems resultieren.

25 Die gemäß Anspruch 7 vorgesehene Übertragungs-Einrichtung gestattet es, abgeleitet von der Linearbewegung des Verdrängerkolbens und/oder des Arbeitskolbens diesen eine Drehbewegung um ihre Längsachse aufzu-
 30 prägen. Eine derartige Drehbewegung gestattet es in Verbindung mit den vorstehend beschriebenen magnetischen Kopplungseinrichtungen an der Außenseite des Gehäuses eine kombinierte translatorische und drehende Bewegung oder eine reine Drehbewegung zum Antrieb

von Sekundäraggregaten abzugreifen. Gleichzeitig wird durch die Drehbewegung eine dynamische Dichtwirkung zwischen den Kolben und der Gehäuseinnenwand erzielt.

5

Die Maßnahme gemäß Anspruch 8 stellt sicher, daß Verdrängerkolben und Arbeitskolben sich zwar miteinander drehen, jedoch eine voneinander unabhängige Linearbewegung ausführen.

10

Die gemäß Anspruch 9 vorgesehenen Kopplungs-Mittel, welche einen sinus- bzw. cosinusförmigen Verlauf haben, gestatten es in besonders einfacher Weise, die translatorische Bewegung der Kolben in eine Drehbewegung umzusetzen.

15

Durch die Anordnung der Kopplungs-Mittel gemäß Anspruch 10 wird erreicht, daß diese Kopplungs-Mittel gleichzeitig auch als die gemäß Anspruch 5 vorgesehenen Kopplungs-Einrichtungen zur Erzielung einer definierten Phasenlage zwischen Arbeits- und Verdrängerkolben herangezogen werden können, wobei bei Einstellung eines exakten Sinus-Cosinus-Verhältnisses zwischen den Kopplungs-Mitteln, welche einerseits dem Verdrängerkolben und andererseits dem Arbeitskolben zugeordnet sind, eine Phasendifferenz von 90° entsprechend der üblichen Phasendifferenz eingestellt wird.

20

25

30

Anstelle der Vorgabe einer festen Phasenlage ermöglichen es die erfindungsgemäßen Kopplungs-Mittel, diese gemäß Anspruch 11 einstellbar zu machen, d.h. durch eine Veränderung der Winkellage der Kopplungs-Mittel z.B. mittels magnetischer Manipulatoren, kann die Phasenlage zwischen Arbeits- und Verdrängerkolben zur Anpassung

an bestimmte Betriebsweisen oder Betriebszustände
geändert werden.

5 Eine besonders einfache Ausgestaltung der Kopplungs-Mittel gibt Anspruch 12 an. Dabei kann der danach vorgesehene Nocken sowohl als Gleitnocken ausgebildet sein wie auch zur Reduktion der Reibung vorgesehen sein kann, daß ein Rad oder eine Rolle die Führungskurve abtastet. Eine andere Ausgestaltung der Kopplungs-Mittel
10 ergibt sich aus Anspruch 13, wobei korrespondierend zu dem danach vorgesehenen sinus- bzw. cosinusförmig verlaufenden magnetisierbaren oder magnetischen Material ein damit wechselwirkendes, einem Nocken entsprechendes magnetisches oder magnetisierbares Kopplungs-Mittel
15 vorgesehen ist.

Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform anhand der Zeichnung.
20 Dabei zeigen

Fig.1a einen schematischen Schnitt durch eine erfindungsgemäße, nach dem Stirling-Prinzip arbeitende Freikolbenmaschine mit magnetischen Auskopplungseinrichtungen und nachgeschaltetem mechanischem
25 Getriebe zur Veranschaulichung des Prinzips,

Fig.1b einen Schnitt durch eine praktisch realisierte Ausführungsform gemäß Fig.1a,

30 Fig. 2 einen schematischen Schnitt, welcher die Entstehung der axialen Kraftübertragungskomponente veranschaulicht.

Fig. 3 einen schematischen Längsschnitt durch eine
35 Ausführungsform mit Kopplungs-Mitteln zur Erzeugung einer Drehbewegung der Kolben,

Fig. 4 einen Querschnitt längs der Linie IV-IV in
Fig. 3 und

5 Fig. 5 eine Fig. 4 entsprechende Darstellung einer
Ausführungsform mit mechanischen Kopplungs-Mit-
teln.

Fig. 1 zeigt ein Gehäuse 1, welches als Druckzylinder
ausgebildet ist. In diesem Gehäuse 1 ist ein Arbeitskol-
10 ben 2 angeordnet, welcher über Führungsringe 3 linear
auf- und abbeweglich gelagert ist. Weiterhin ist
in dem Gehäuse 1 ein Verdrängerkolben 4 angeordnet,
welcher gleichermaßen über das Gestänge 3 geführt
ist. Ein Erhitzer 5, ein Regenerator 6 und ein Kühler 7
15 sind so angeordnet, daß sie einen Innenraum 11, welcher
durch den Verdrängerkolben 4, den Arbeitskolben 2
und das Gehäuse 1 eingeschlossen wird, mit einem
Innenraum 12, welcher zwischen dem Gehäuse 1 und
dem Verdrängerkolben 4 eingeschlossen ist, verbinden.
20 Der Erhitzer 5 ist, wie im einzelnen nicht dargestellt,
mit einer externen Wärmequelle verbunden.

Der Verdrängerkolben 4 ist über ein Gestänge 13 mit
einer ersten inneren Kopplungseinrichtung 9 verbunden,
25 während der Arbeitskolben 2 über ein Gestänge 14
mit einer zweiten inneren Kopplungseinrichtung 15
verbunden ist. Beide Kopplungseinrichtungen 9, 15
sind als Weicheisenringe ausgebildet, welche radial
nach außen offene Nuten 16 bzw. 17 aufweisen.

30 Das Gehäuse 1 oder zumindest der Gehäusebereich um
die Kopplungseinrichtungen 9, 15 ist aus einem unmagne-
tischen Material hergestellt. Hierfür kann z.B. ein
Kunststoff oder aber ein unmagnetisches Metall, wie

z.B. Aluminium oder unmagnetischer Spezialstahl, Verwendung finden. Im letztgenannten Fall müssen lediglich gewisse Wirbelstromverluste bei der Auskopplung in Kauf genommen werden.

5

Außerhalb des Gehäuses 1 sind in Höhe der Kopplungseinrichtungen 9, 15 korrespondierende Kopplungseinrichtungen 8, 18 angeordnet. Diese Kopplungseinrichtungen werden gebildet durch je einen ringförmigen Permanentmagneten, welcher nach innen offene Ringnuten 19 bzw. 20 aufweist. Anstelle der der Einfachheit halber dargestellten Permanentmagneten können auch entsprechend ausgebildeten Elektromagneten verwendet werden, wobei es gleichermaßen möglich ist, die Elektromagneten mit Gleichstrom oder mit Wechselstrom zu betreiben.

15

Die äußeren Kopplungseinrichtungen 8, 18 sind mit je einem Gestänge 21 bzw. 22 verbunden, wobei beide Gestänge 21 bzw. 22 in axialer Richtung unabhängig voneinander beweglich gelagert sind. Das Gestänge 21 ist über Gelenkpunkte 23, 24 und das Gestänge 22 über Gelenkpunkte 25, 26 mit einem als Kurbeltrieb ausgebildeten mechanischen Getriebe 10 verbunden. Das mechanische Getriebe 10, welches als solches von herkömmlichen Stirling-Motoren bekannt ist, ist in der Zeichnung nur schematisch dargestellt. Durch die Wahl der Winkellage der Anlenkpunkte 24, 26 wird der Phasenwinkel φ zwischen Arbeitskolben 2 und Verdrängerkolben 4 vorgegeben. Aufgrund der Kopplung zwischen Getriebe 10 und Arbeitskolben 2 bzw. Verdrängerkolben 4 ist eine feste Phasenlage sowohl beim Anlaufen als auch beim Auftreten von Lastwechseln zwischen Arbeitskolben 2 und Verdrängerkolben 4 gesichert. Zur Erreichung eines optimalen Wirkungsgrades sind die Kolben 2, 4 und die Gaswege bzw. Gasräume so dimensioniert,

20

25

30

35

5
10

15
20
25
30

Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform, bei welcher abgeleitet von der oszillierenden translatorischen Bewegung des Arbeitskolbens 2' bzw. des Verdrängerkolbens 4', welche in der Zeichnung nur schematisch dargestellt

sind, diesen Kolben eine Drehbewegung (Pfeil 28)
um die gemeinsame Längsachse 29 aufgeprägt wird.
Die zeichnerische Darstellung in Fig. 3 beschränkt
sich auf die Erläuterung der Ableitung dieser Drehbe-
5 wegung von der Oszillationsbewegung längs der Achse 29.

Um zu erreichen, daß Arbeitskolben 2' und Verdrängerkol-
ben 4' sich gleichzeitig und um den gleichen Betrag
drehen, ist eine Verbindung 30 in Form eines Dorns
10 vorgesehen, welcher mit Spiel in Ausnehmungen 31
bzw. 32 im Verdrängerkolben 4' bzw. Arbeitskolben 2'
eingreift, so daß eine ungehinderte Bewegung dieser
Kolben in axialer Richtung relativ zueinander möglich
ist. Da andererseits die Ausnehmungen 31, 32 bzw.
15 die Verbindung 30, d.h. der hierfür vorgesehene Dorn,
im Ausführungsbeispiel im Querschnitt quadratisch
ausgebildet sind, können sich die Kolben trotz ihrer
freien axialen Beweglichkeit nur gemeinsam drehen.

20 Als Kopplungs-Mittel zwischen der Linearbewegung
und der zu erzeugenden Drehbewegung weist der Verdränger-
kolben 4' einen cosinusförmig verlaufenden Einsatz 33
aus magnetisierbarem Material, z.B. Weicheisen, auf,
während der Arbeitskolben 2' einen entsprechenden
25 Einsatz 34 aufweist, welcher relativ zum Einsatz
33 sinusförmig, d.h. um 90° phasenversetzt, verläuft.
An der Gehäusewand sind Magneten 35, 36 befestigt,
welche in Wechselwirkung mit den Einsätzen 33 bzw. 34
treten, so daß bei einer Längsbewegung parallel zur
30 Achse 29 aufgrund der in Verbindung mit Fig. 2 beschrie-
benen magnetischen Kraftkomponenten den Kolben 2'
bzw. 4' eine kontinuierliche Drehbewegung in Richtung
des Pfeils 28 aufgeprägt wird. Diese Drehbewegung
kann über eine magnetische Kopplungseinrichtung ausge-

koppelt werden, welche im Ausführungsbeispiel durch die Magneten 37, 38 gebildet wird. Mit der Magnet-Anordnung 37 kann dann eine Abtriebswelle 39 zum Antrieb von Sekundäraggregate verbunden werden.

5

Anhand von Fig. 4 ist dargestellt, daß die äußeren Magneten 35 (bzw. 36) an einem Einstellring 41 angeordnet sind, der, wie durch den Pfeil 42 veranschaulicht, eine Einstellung der Winkellage der Magneten 35, 10 bzw. 36 relativ zum Gehäuse 40 und damit eine Einstellung des Phasenwinkels φ zwischen Verdrängerkolben 4' und Arbeitskolben 23' ermöglicht.

In Fig. 5 ist eine Ausführungsform dargestellt, wo 15 im Inneren der Gehäusewand 40 ein Einstellring 43 vorgesehen ist. Dieser Einstellring 43 trägt Nocken 44, an deren Vorderende Rollen 45 angeordnet sind. Diese Rollen 45 greifen in eine sinus- bzw. cosinusförmige Ringnut 46 am Verdrängerkolben bzw. Arbeitskolben 20 ein und dienen so als Kopplungs-Mittel zur Erzeugung einer Drehbewegung abgeleitet von der translatorischen Bewegung der Kolben. Die Magnetpaare 47 bzw. 48 ermöglichen eine Festlegung bzw. Veränderung der Winkellage des Einstellrings 40 und damit wiederum des Phasenwin- 25 kels φ zwischen Arbeits- und Verdrängerkolben.

- 14 -

Bomin Solar GmbH & Co. KG, Industriestraße 8-10,
7850 Lörrach-Haagen

5

A n s p r ü c h e

1. Wärmekraftmaschine, insbesondere Stirling-Motor,
umfassend einen Verdrängerkolben und einen Arbeitskolben,
10 welche miteinander gekoppelt in einem nach außen
dicht abgeschlossenen Gehäuse linear geführt schwingungs-
fähig angeordnet sind, wobei der Gasraum zwischen
Verdränger und Arbeitskolben mit dem Gasraum zwischen
Verdrängerkolben und Gehäuse über eine Erhitzer-,
15 Kühler-, Regenerator-Anordnung verbunden ist, und
wobei eine externe Wärmequelle anschließbar ist,
dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens mit dem Arbeits-
kolben (2) eine magnetische oder magnetisierbare,
innerhalb des Gehäuses (1) angeordnete Kopplungs-Einrich-
20 tung (9, 15) verbunden ist, und daß eine korrespondie-
rende magnetische oder magnetisierbare Kopplungs-Einrich-
tung (8, 18) außerhalb des Gehäuses (1) entsprechend
dem Kolbenweg beweglich gelagert ist.

2. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kopplungseinrichtung (9, 15) innerhalb des Gehäuses (1) durch einen Weicheisenring und die Kopplungseinrichtung (8, 18) außerhalb des Gehäuses (1) durch wenigstens einen Magneten gebildet ist.

3. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kopplungseinrichtung (9, 15) innerhalb des Gehäuses nach außen hin offene Ringnuten (16, 17) und die Kopplungseinrichtung (8, 18) außerhalb des Gehäuses (1) nach innen offene Ringnuten (19, 20) aufweist.

4. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die außerhalb des Gehäuses (1) angeordnete Kopplungseinrichtung (8, 18) einen Elektromagneten umfaßt, welcher mit einer Wechselspannungsquelle verbindbar ist.

5. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl der Arbeitskolben (2) als auch der Verdrängerkolben (4) mit einer Kopplungs-Einrichtung (9, 15) versehen ist, wobei die korrespondierenden äußeren Kopplungseinrichtungen (8, 18) über eine deren gegenseitige Phasenlage vorgebende Vorrichtung verbunden sind.

6. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zur Vorgabe der Phasenlage ein mechanisches Getriebe (10), insbesondere ein Kurbelwellengetriebe ist.

7. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch eine an wenigstens einem Kolben (2' bzw. 4') angreifende Übertragungs-Einrichtung zur Übertragung einer von der eigenen Linearbewegung der Kolben (2' bzw. 4') abgeleiteten Rotationsbewegung auf die Kolben (2' bzw. 4') um deren Längsachse (29).

8. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch eine drehfeste, axial bewegliche Verbindung (30) zwischen den Kolben (2' bzw. 4').

9. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Übertragungs-Einrichtung durch mechanische oder magnetische, an der Gehäusewand (40) angeordnete erste Kopplungs-Mittel und korrespondierende mit dem bzw. den Kolben (2' bzw. 4') verbundene zweite Kopplungs-Mittel gebildet wird, wobei die ersten und/oder zweiten Kopplungs-Mittel sinus- bzw. cosinusförmig verlaufen.

10. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdrängerkolben (4') sinusförmig verlaufende und der Arbeitskolben (2') relativ hierzu cosinusförmig verlaufende Kopplungs-Mittel aufweist.

11. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Winkellage der ersten und/oder zweiten Kopplungs-Mittel einstellbar ist.

12. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das sinus- bzw. cosinusförmige Kopplungs-Mittel durch eine Nut (46)

und das korrespondierende Kopplungs-Mittel durch einen in diese eingreifenden Nocken (44) gebildet ist.

- 5 13. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das sinus- bzw. cosinusförmig verlaufende Kopplungs-Mittel durch ein längs eines Kolbens (2' bzw. 4') oder längs der Gehäusewand (40) sinus- bzw. cosinusförmig verlaufendes
10 magnetisches oder magnetisierbares Material (33) gebildet ist.

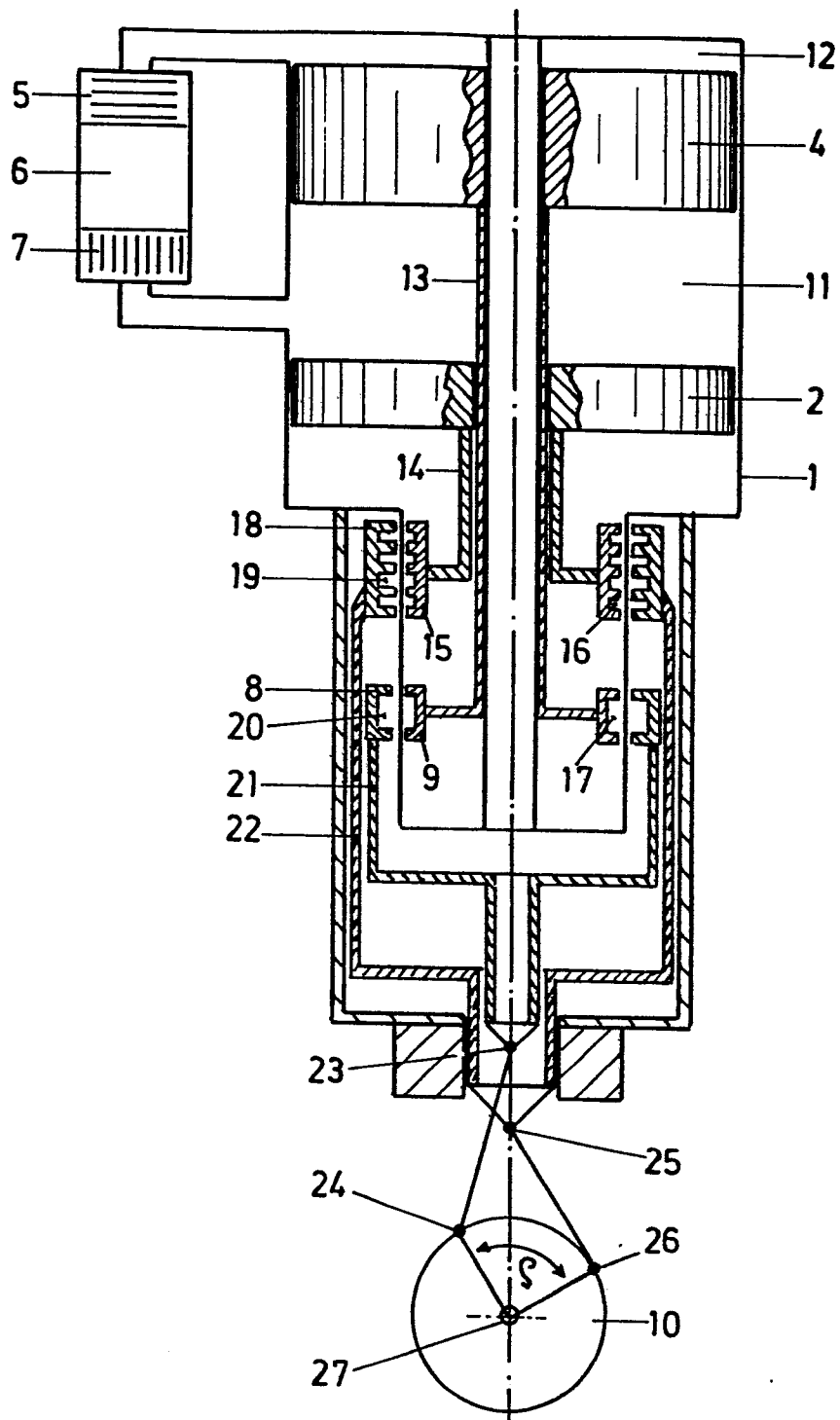


FIG. 1a

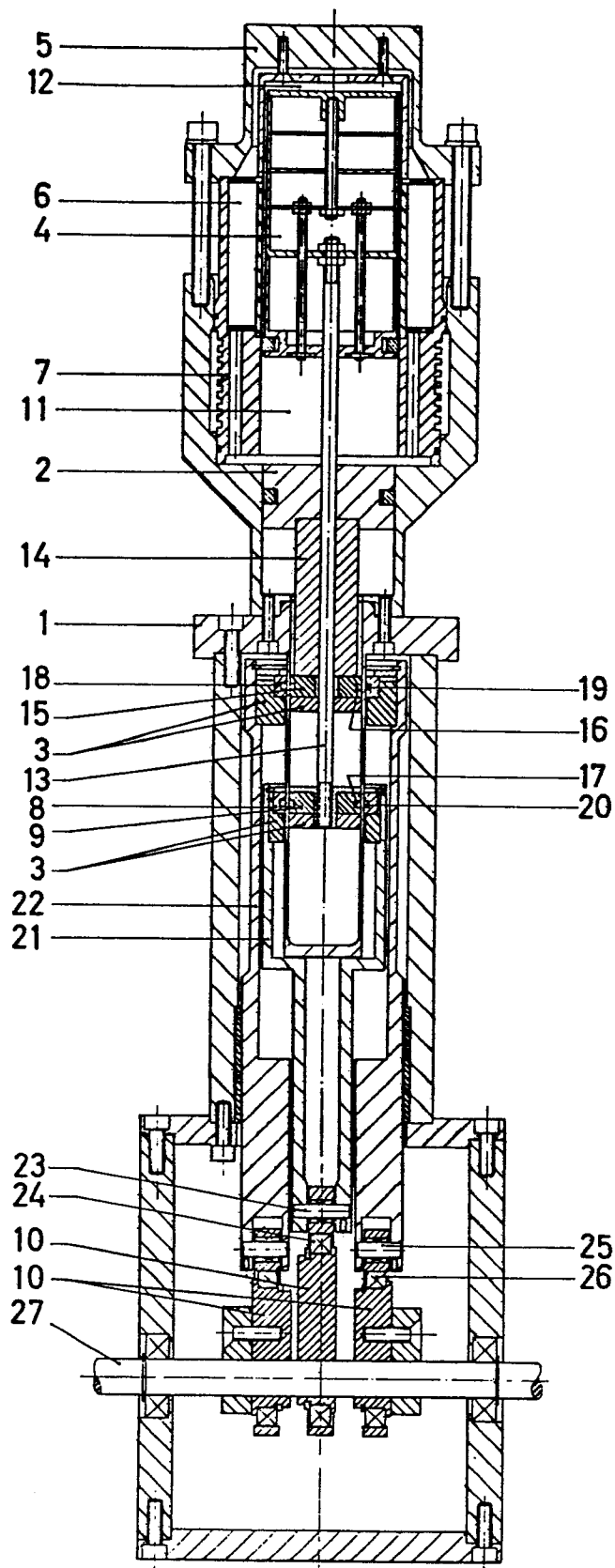


FIG. 1b

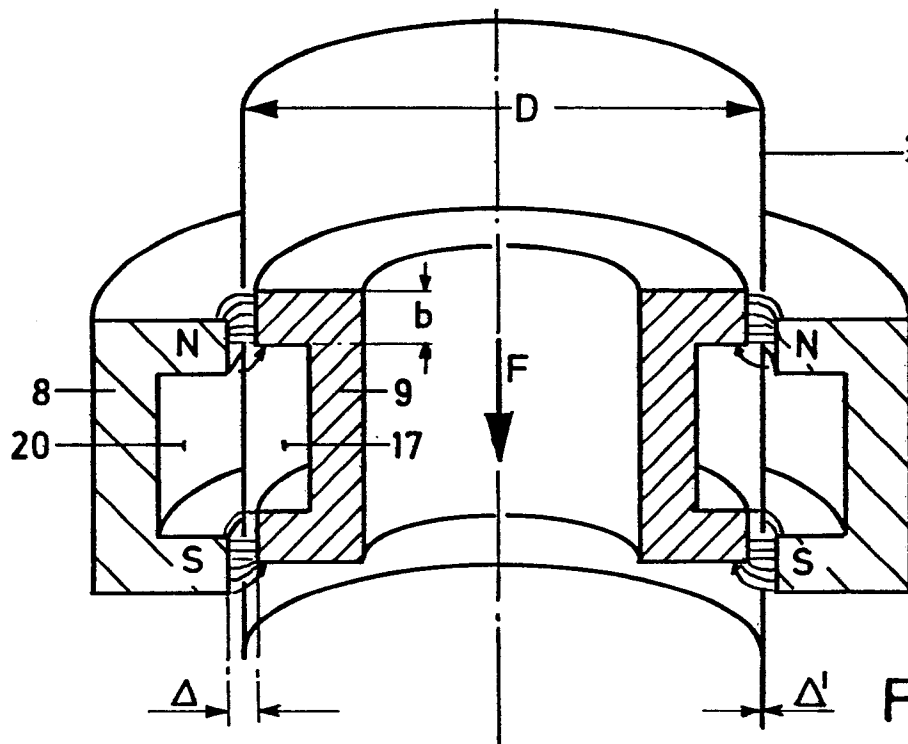


FIG. 2

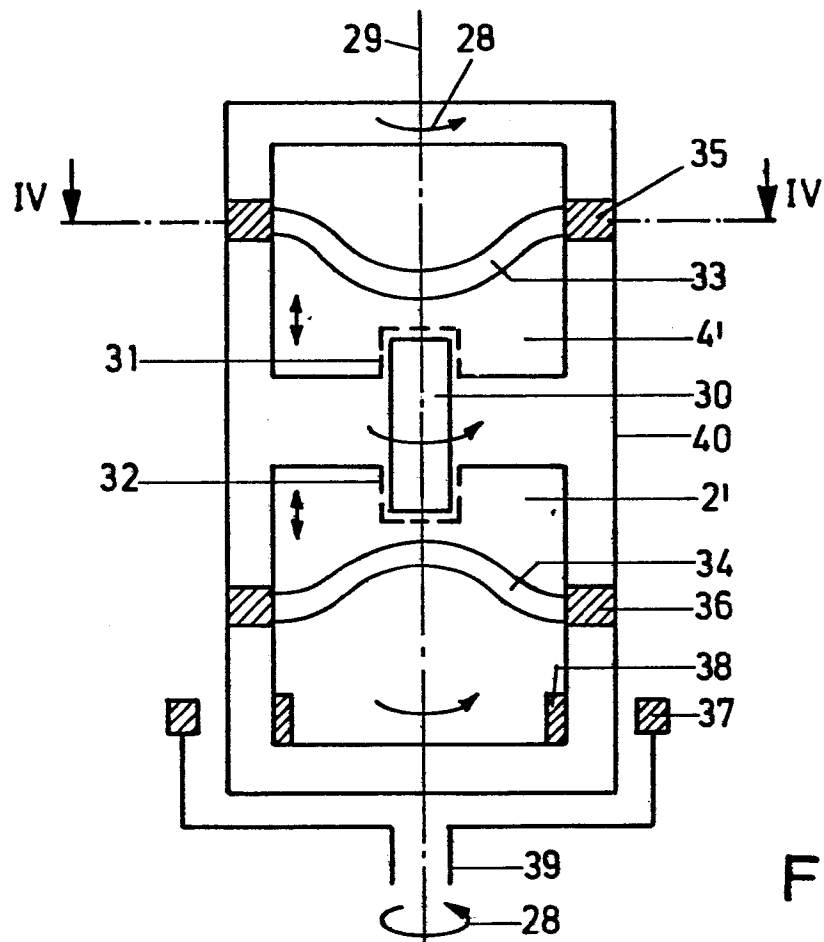


FIG. 3

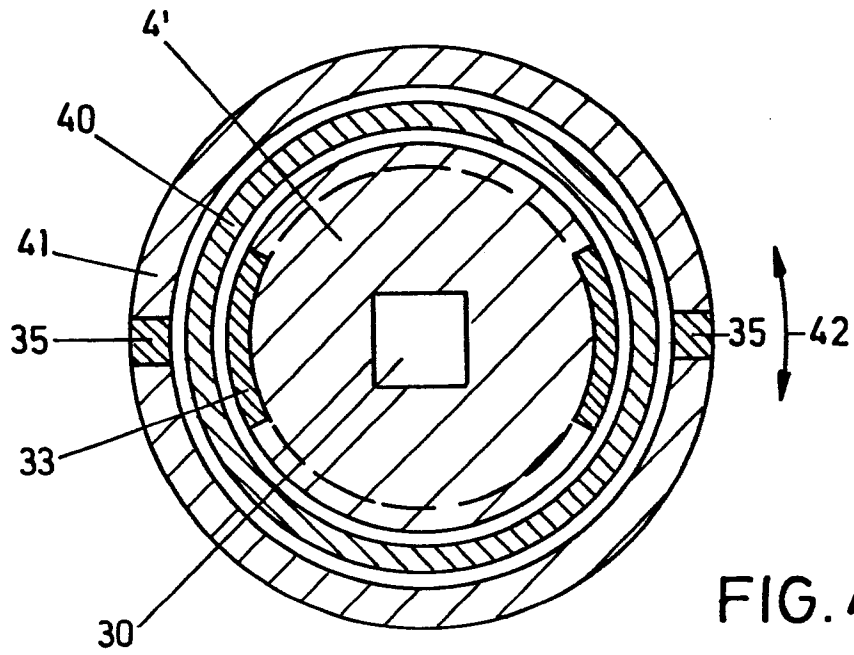


FIG. 4

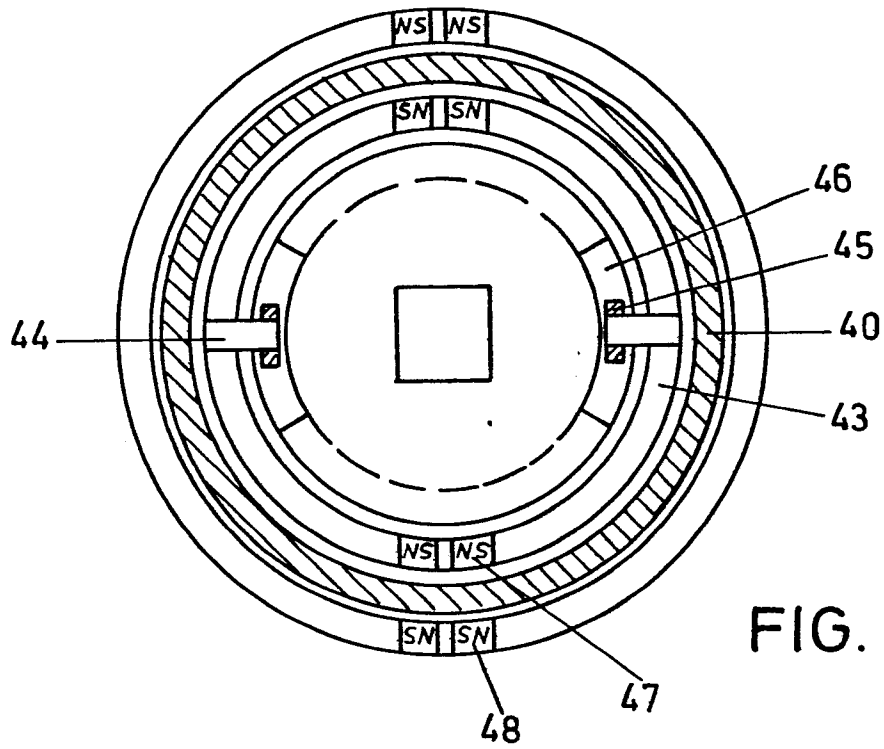


FIG. 5