

Stirlingmotor mit umlaufenden Drehkolben

Ziel dieser Erfindung ist eine einfache und doch effiziente Wärmekraftmaschine für vielerlei Anwendungen, die sich auch mit anderen Energieträgern als Öl betreiben lässt.

Nächstliegender Stand der Technik ist DE3709014. Dort ist eine Stirlingmaschine vorgeschlagen, die technisch etwa dem bekannten Alpha-Stirlingmotor entspricht, wobei aber jeder der beiden Zylinder durch eine besondere Anordnung von Drehkolben ersetzt ist. Letzteres ist auch als Drehkolbenarray bekannt. Ein Drehkolbenarray verändert, wie ein Zylinder mit Hubkolben, unter Krafteinwirkung das Volumen eines darin eingeschlossenen Arbeitsgases und leistet an diesem Volumenarbeit.

Die zitierte Stirlingmaschine will zwar im Aufbau einfach sein und auch weitere Vorteile haben, doch ihre dargestellte Umsetzung orientiert sich noch sehr am klassischen Getriebe- und Pumpenbau, ergibt ein Gerät, bei dem sich sehr kleine Drehkolben in einem sehr großen Gehäuse drehen, kurz, eine Maschine von geringer Leistungsdichte. Die traditionelle Lagerung von Drehkolben und Zahnrädern in einem Gehäuse führt, angesichts der großen Temperaturen und Temperaturunterschiede an einem Stirlingmotor, zu Komplikationen durch Wärmedehnung, zu Abdichtungsproblemen, möglicherweise zum Versagen der Lagerschmierung. Die größtmöglichen zulässigen Temperaturen, und damit auch der erzielbare Wirkungsgrad, sind nur gering. Der Wärmetransport zu und von dem Arbeitsgas erfolgt, so wie bei den gewöhnlichen Stirlingmotoren, mit Wärmetauschern, also durch Wärmeleitung über die Gehäusewände. Das erfordert gut wärmeleitende und gleichzeitig hitzebeständige, daher teure Wandmaterialien. Die besonderen und besseren Möglichkeiten des Wärmetransports über die bewegten Oberflächen der Drehkolbenarrays werden offenbar übersehen.

Ähnliches gilt auch für andere bisherige Vorschläge, einen Stirlingmotor mit Drehkolben aufzubauen.

Weitere Schriften in diesem Zusammenhang sind DE131392, US2410341, FR1199521, DE19738132, DE102006018183, DE102009010161, DE102009010163, DE102010017943, DE19635976.

Die vorliegende Erfindung vermeidet die genannten Nachteile des Standes der Technik und bildet letzteren in vorteilhafter Weise weiter.

Auch der neue Drehkolben-Stirlingmotor beruht auf dem Alpha-Stirlingmotor, wobei die Zylinder durch ein Drehkolbenarray (1) ersetzt sind.

Der neue Drehkolben-Stirlingmotor hat kein Gehäuse, nur Drehkolben (5). Die Drehkolben werden von selbsttragenden Planetengetrieben (2) gehalten und in ihrer Drehbewegung synchronisiert. Diese Planetengetriebe haben ebenfalls kein Gehäuse, keine Drehlager, und auch keinen Planetenträger. Ihre Zahnräder (17) sind an Wälzkörpern (18) befestigt, auf denen sie umeinander rollen. Die Drehkolben sind mit den Planetenrädern (14) verbunden, wodurch sie eine umlaufende Bewegung ausführen.

Es gibt nicht zwei, sondern nur ein Drehkolbenarray. Die Drehkolben sind in Achsrichtung lang genug, um darauf Bereiche unterschiedlicher Temperatur zu haben. Ein zwischen den Drehkolben eingeschlossenes Arbeitsgas wird im Verlauf der Drehkolbenbewegung zwischen heißen und kalten Bereichen hin und her gepumpt.

Der neue Stirlingmotor hat keine Wärmetauscher. Wärme wird an den Außenseiten der Drehkolben zu- und abgeführt, auf den Oberflächen zwischengespeichert, und gelangt dann mit diesen in das Innere und umgekehrt.

Möglich sind Maschinen mit jeweils drei oder vier Drehkolben an einem Planetengetriebe. Zweckmäßigerweise befinden sich die länglichen Drehkolben zwischen zwei Planetengetrieben, jeweils mit ihren Enden an diesen befestigt. Der heiße Bereich (7) liegt zweckmäßig in der Mitte der Drehkolben, der kalte Bereich (8) liegt zweigeteilt an den Drehkolbenenden. So bleibt die Hitze fern von den Planetengetrieben, die bei zu hoher Temperatur versagen könnten.

Figur 1 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Stirlingmaschine. Es gibt vier Drehkolben (5) mit linsenförmigem Querschnitt zwischen zwei Planetengetrieben (2). Das zentrale Sonnenrad (13) jedes Planetengetriebes ist an einem Maschinenrahmen (3) befestigt, ist also unbeweglich. Die anderen Zahnräder und die Drehkolben bewegen sich um dieses herum. Die erzeugte Nutzleistung wird an den Außenrädern (15) abgeleitet.

Die mittleren Abschnitte der Drehkolben befinden sich in einem Ofen (4), hier im Schnitt gezeichnet, wo sie auf einer hohen Temperatur gehalten werden. Die Drehkolbenenden und die Planetengetriebe bleiben außerhalb des Ofens, wo sie von der Umgebungsluft gekühlt werden. Der Ofen könnte beispielsweise mit gebündelter Sonnenstrahlung aus einem Hohlspiegel beheizt sein. Um die bewegten Drehkolben herum herrscht starke Luftströmung, was einen guten Wärmeaustausch gewährleistet, sowohl innerhalb als auch außerhalb des Ofens.

Figur 2 zeigt einen Schnitt durch das Drehkolbenarray (1) derselben Ausführungsform. Die Drehkolben (5) umschließen ein Arbeitsgas, wobei sie sich berührungsfrei aneinander vorbei drehen, immer mit einem vernachlässigbar kleinen Luftspalt dazwischen. So gibt es keine Reibung und keinen Verschleiß, auch nicht bei allerhöchsten Temperaturen.

Figur 3 zeigt dieselben Drehkolben von der Seite. Unten ganz, oben geschnitten. Man sieht, dass der linsenförmige Drehkolbenquerschnitt im mittleren, also heißen Bereich (7) gegenüber dem des kalten Bereichs (8) verdreht ist, und zwar um einen Winkel von 45 Grad. Die Gasvolumina im heißen und im kalten Drehkolbenbereich ändern sich dann phasenverschoben um 90 Grad, so, wie es für den Stirlingprozess benötigt wird. An den Enden des Drehkolbenarrays wird der Gasaustritt durch runde Endplatten (6) verhindert.

Figur 4 zeigt einen möglichen Aufbau eines Drehkolbens in Explosionsdarstellung. Heißer Bereich (7) und kalter Bereich (8) können jeweils ein dünnwandiges, gerade extrudiertes Hohlprofil (10) sein, mit nicht notwendigerweise gleichem Querschnitt, eingefasst zwischen steckbaren Übergangsstücken (11) und Verbindungsstücken (12). Die Teile können verschweißt sein, oder durch Spannstäbe im Inneren zusammengehalten. An den Verbindungsstücken können Trennwände ausgebildet sein, um die Luftkonvektion in den Hohlprofilen einschränken, und damit einen hier unerwünschten Wärmeaustausch. Die Drehkolbenteile können aus unterschiedlichen Materialien bestehen.

Figur 5 zeigt ein selbsttragendes Planetengetriebe (2), an dessen Planetenrädern (14) die Drehkolben befestigt werden. Hier ist es in drei Schichten aufgebaut: oben und unten jeweils eine Schicht Zahnräder (17), dazwischen eine Schicht Wälzkörper (18). Figur 6 zeigt davon zwei Räder in groß. Die Wälzkörper haben denselben Durchmesser wie der Wälzkreis der zugehörigen Zahnräder. Sie rollen nach Art eines Wälzlagers umeinander und stabilisieren das Lager in radialer Richtung. Die Zähne der Zahnräder stehen über die Ränder der Wälzkörper hinaus, wodurch das Lager in axialer Richtung zusammen hält. Ein Verschieben der Räder in Umfangsrichtung wird durch die Verzahnung verhindert. Ein Herauskippen der Zahnräder aus der Getriebeebene ist ebenfalls nicht möglich, teils wegen der

Dicke der Räder, vor allem aber wegen der daran befestigten, relativ langen Drehkolben. Das Getriebe ist somit in alle Richtungen stabil. Die Zähne der beiden Zahnradschichten liegen vorzugsweise gegeneinander versetzt. So lässt sich trotz relativ großer Zähne ein guter Überdeckungsgrad erzielen. Die Getriebebeschichten werden beispielsweise durch hochgenaue Passschrauben (16) zusammen gehalten.

Selbstverständlich könnte man solche Getriebe auch mit anderen Schichtfolgen aufbauen. Oder man könnte schrägverzahnte oder pfeilverzahnte Zahnräder nehmen. Zwischen manchen Schichten könnte man Abstandhalter haben. Wälzkörper könnten entlang ihres Umfangs profiliert sein, oder ihrerseits aus mehreren Schichten leicht unterschiedlichen Durchmessers aufgebaut, um Axialkräfte besser aufnehmen zu können.

Der neue Stirlingmotor hat vorzugsweise keinen Regenerator. Diese Funktion wird von den Drehkolben übernommen, die ohnehin schon für kurzzeitige Wärmespeicherung verwendet werden, und mit denen das Arbeitsgas eine vergleichsweise große Oberfläche teilt. Es wäre durchaus möglich, auch einen herkömmlichen Regenerator einzubauen, etwa als zylinderförmigen Behälter mit Drahtgeflecht, rollend zwischen den Drehkolben.

Auch auf ein Schwungrad wird vorzugsweise verzichtet. Dank ihrer umlaufenden Bewegung haben die Drehkolben selbst genug Trägheit, und das Getriebe kann die Trägheitswirkung verstärken. Eine angetriebene Last kann zur Schwungmasse beitragen.

Um einen gleichmäßigeren Lauf zu erzielen, können zwei oder mehr der erfindungsgemäßen Stirlingmotoren gekoppelt werden, so dass diese, phasenverschoben arbeitend, einander unterstützen. Naheliegender wäre eine Kopplung über Zahnräder. Eine andere Möglichkeit wäre, eine Mehrzahl von Arbeitsräumen auf ein und demselben Drehkolbenarray zu verwirklichen, mit

getrennten Arbeitsgasen, die phasenverschoben den Stirlingprozess durchlaufen. Zu diesem Zweck müsste man den Drehkolbenzwischenraum in Längsrichtung aufteilen, vielleicht mit zylindrischen Trennkörpern, die rollend zwischen die Drehkolben eingelegt werden.

Da der Drehkolbenquerschnitt überall denselben Umfang aufweist, auch an den Übergängen, könnte man Drehkolben sehr schnell durch Quetschen runder Metallrohre herstellen. Ein anderes schnelles, wenn auch weniger materialsparendes Verfahren, wäre der Rotationsguss. Auch das Lasersintern böte sich an.

Geeignete Materialien für Drehkolben wären, insbesondere wegen ihrer geringen Wärmedehnung und ihrer Hitzebeständigkeit: Quarzglas, Keramik, Graphit, Kohlefasern, hitzebeständiger Stahl, Invar, Ni-Resist. In Zukunft vielleicht sogar künstlicher Diamant. Für kostengünstige und etwas weniger effiziente Maschinen könnte man Gusseisen nehmen. Brennbare Drehkolben sollte man unter Schutzgas betreiben, und dieses vorzugsweise unter erhöhtem Druck, um gleichzeitig die Maschinenleistung zu erhöhen.

Die umlaufende Drehkolbenbewegung bewirkt, dass das Drehkolbenarray sich von allen Seiten sehr gleichmäßig erwärmt und ausdehnt und ein Wärmeverzug daher nicht auftritt. Da kein Gehäuse vorhanden ist, können weder die Drehkolben noch die Zahnräder infolge unterschiedlicher Wärmedehnung in so einem klemmen. Eine Wärmeverspannung der Maschine gegenüber dem Maschinenrahmen wird durch eine lockere Aufhängung verhindert. Wenn man durch die Auswahl der Materialien dafür sorgt, dass im Betrieb die Drehkolben und die Planetengetriebe sich im gleichen Maße ausdehnen, dann können die Drehkolben auch untereinander nicht verklemmen, und man kann die Zwischenspalte sehr klein halten.

Die hier als „gehäuselos“ beschriebene Maschine kann durchaus in ein Gehäuse eingebaut werden. Allerdings ist dieses Gehäuse dann nicht am Komprimieren oder Verschieben des Arbeitsgases beteiligt, sondern dient vielleicht als Geräuschkämmung, oder für den Betrieb der Maschine unter erhöhtem Druck. Ebenso kann das an sich „träger- und lagerlose“ Planetengetriebe durchaus ein dem Planetenträger ähnelndes Bauteil aufsitzen haben, welches dann aber keine Kräfte zwischen den Drehkolben überträgt, sondern vielleicht zur Befestigung einer mitrotierenden Ofendichtung vorgesehen ist.

Es sei erwähnt, dass die hier beschriebene Wärmekraftmaschine auf vielerlei Weise abgewandelt werden könnte. So könnte man trotz der genannten Probleme die Drehkolben in einem Gehäuse oder ähnlichem drehbar lagern, und man könnte sie mit anderen als mit Planetengetrieben synchronisieren. Man könnte ein Drehkolbenarray auch mit mehr als drei oder vier Drehkolben und mit mehr als einem Drehkolbenzwischenraum aufbauen, sogar mit selbsttragendem Getriebe. Mit mehr Drehkolben würde aber die wärmetauschende Oberfläche der Maschine im Verhältnis kleiner, und damit auch ihre Leistungsdichte. Der ohnehin nur näherungsweise verwirklichte Stirlingprozess könnte mit einem anderen thermodynamischen Prozess überlagert, oder auch ganz durch diesen ersetzt werden. Der Wärmetransport könnte anders als über die Zwischenspeicherung auf den Drehkolbenoberflächen erfolgen, etwa durch Einleiten heißen Gases über besondere Ventile, durch Wärmeleitung über die Endplatten oder besondere Fortsätze an diesen, oder mittels Strahlung durch transparente oder teiltransparente Drehkolben.

Wie alle Stirlingmaschinen kann auch die hier vorgeschlagene sowohl als Motor, als auch umgekehrt als Kältemaschine oder Wärmepumpe betrieben werden.

Mit vorliegender Erfindung werden die folgenden Vorteile erreicht.

Der Aufbau mit Drehkolbenarray behebt einen wesentlichen Nachteil bisheriger Stirlingmotoren, nämlich den ineffizienten Wärmetransport von und zu dem Arbeitsgas durch wärmeleitende Materialien. Der bislang unumgängliche Kompromiss zwischen guter Wärmeleitfähigkeit und guter Hitzebeständigkeit entfällt. Das Drehkolbenarray transportiert Wärme über seine bewegten Oberflächen, wobei die Wärmeleitfähigkeit des Materials unwichtig ist. Man kann nun ein hochhitzebeständiges Material auswählen und bei hoher Arbeitstemperatur einen sehr guten Wirkungsgrad erzielen.

Die Drehkolben übernehmen zusätzliche Funktionen, für die ein herkömmlicher Stirlingmotor besondere Bauteile benötigt. So entfallen jetzt der Regenerator und das Schwungrad, und schließlich die Wärmetauscher. Die Drehkolben wirken auch wie Ventilatoren, die den Wärmeaustausch an den Oberflächen verbessern. Durch den Wegfall all dieser Teile ist der neue Stirlingmotor platzsparend und leicht.

Die Ziffern in den Zeichnungen bedeuten: Drehkolbenarray (1), Planetengetriebe (2), Maschinenrahmen (3), Ofen (4), Drehkolben (5), Endplatte (6), Heißer Bereich (7), Kalter Bereich (8), Übergangsbereich (9), Hohlprofil (10), Übergangsstück (11), Verbindungsstück (12), Sonnenrad (13), Planetenrad (14), Außenrad (15), Passschraube (16), Zahnrad (17), Wälzkörper (18).

Patentansprüche

1. Maschine oder Teil einer Maschine, umfassend

drei oder vier Drehkolben (5) mit parallelen Drehachsen,

wenigstens ein Planetengetriebe (2), jeweils mit
zentralem Sonnenrad (13), mit umlaufenden Planetenrädern
(14), mit einem Außenrad (15),

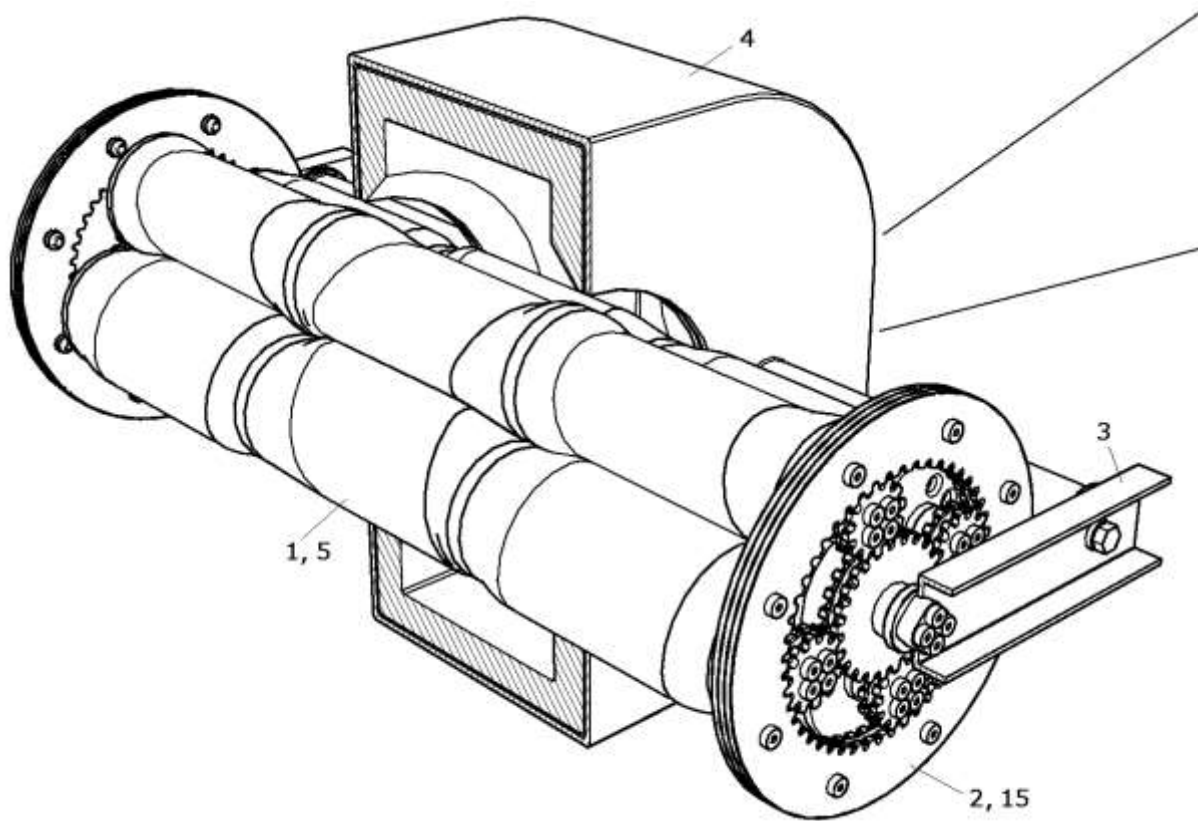
dadurch gekennzeichnet,

dass jeder Drehkolben jeweils einem Planetenrad jedes
Planetengetriebes zugeordnet ist und mit diesem drehfest
verbunden ist.
2. Maschine oder Teil einer Maschine nach dem
vorhergehenden Anspruch, wobei wenigstens ein
Planetengetriebe selbsttragend ist.
3. Maschine oder Teil einer Maschine nach einem der
vorhergehenden Ansprüche, wobei die Drehkolben entlang
ihrer Achse in Abschnitte unterschiedlicher Temperatur
oder Funktion (7, 8, 9) unterteilt sind.
4. Maschine oder Teil einer Maschine nach einem der
vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen den Drehkolben
ein Arbeitsfluid eingeschlossen ist und dieses im Zuge
der Drehkolbenbewegung einen thermodynamischen Prozess
vollführt, insbesondere einen Stirlingprozess.
5. Maschine oder Teil einer Maschine nach einem der
vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Wärmetransport zu
oder von einem Arbeitsgas über eine Zwischenspeicherung
auf den bewegten Drehkolbenoberflächen erfolgt.

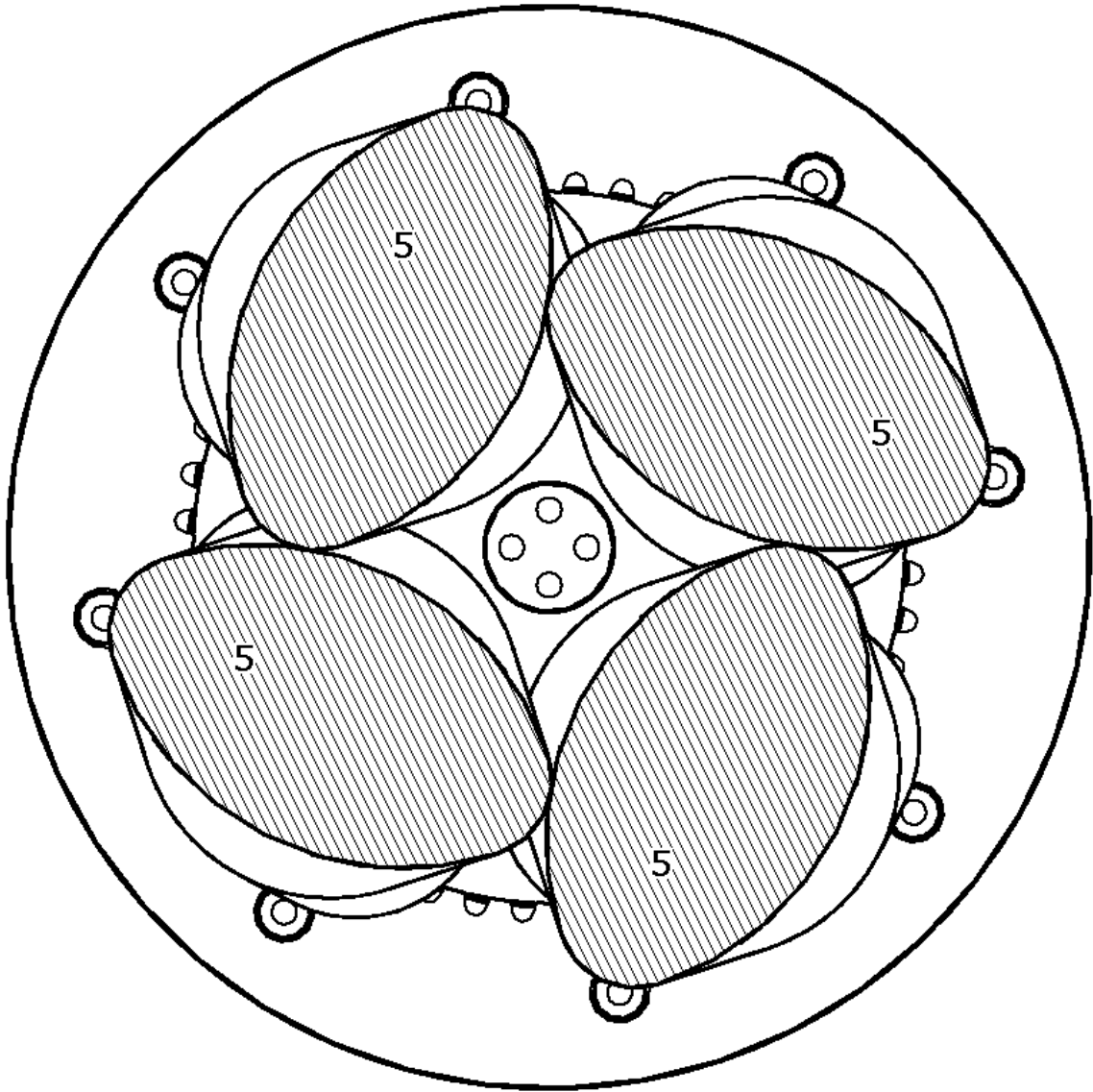
6. Maschine oder Teil einer Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein selbsttragendes Planetengetriebe aus Schichten von Zahnrädern (17) und aus Schichten von Wälzkörpern (18) aufgebaut ist.
7. Maschine oder Teil einer Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sich zwischen den Drehkolben wenigstens ein weiterer Körper befindet, beispielsweise zur Verkleinerung des Totraumes.

Zusammenfassung

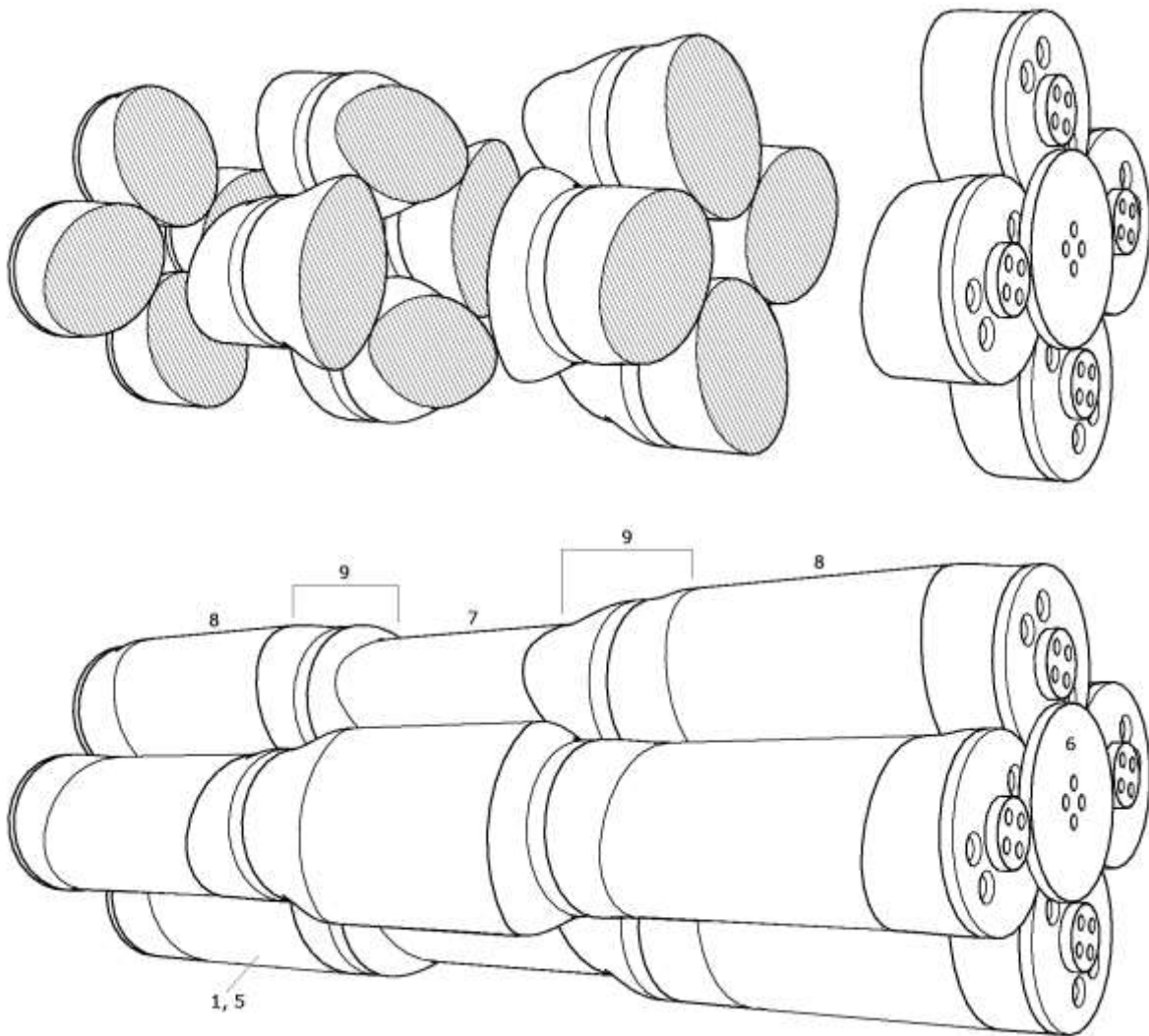
Der Stirlingmotor mit umlaufenden Drehkolben ist vergleichbar einem herkömmlichen Stirlingmotor in Alpha-Konfiguration, jedoch sind die Zylinder durch ein Drehkolbenarray ersetzt. Letzteres transportiert Wärme über bewegte Oberflächen, und zwar viel effizienter als die sonst üblichen Wärmetauscher.



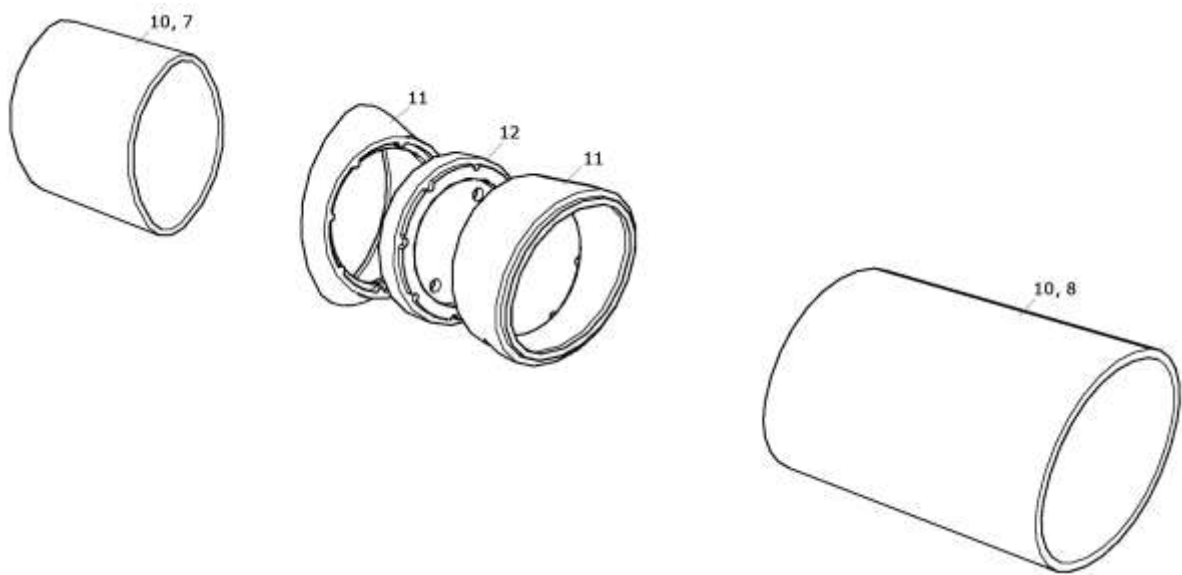
Figur 1. Stirlingmotor mit umlaufenden Drehkolben.



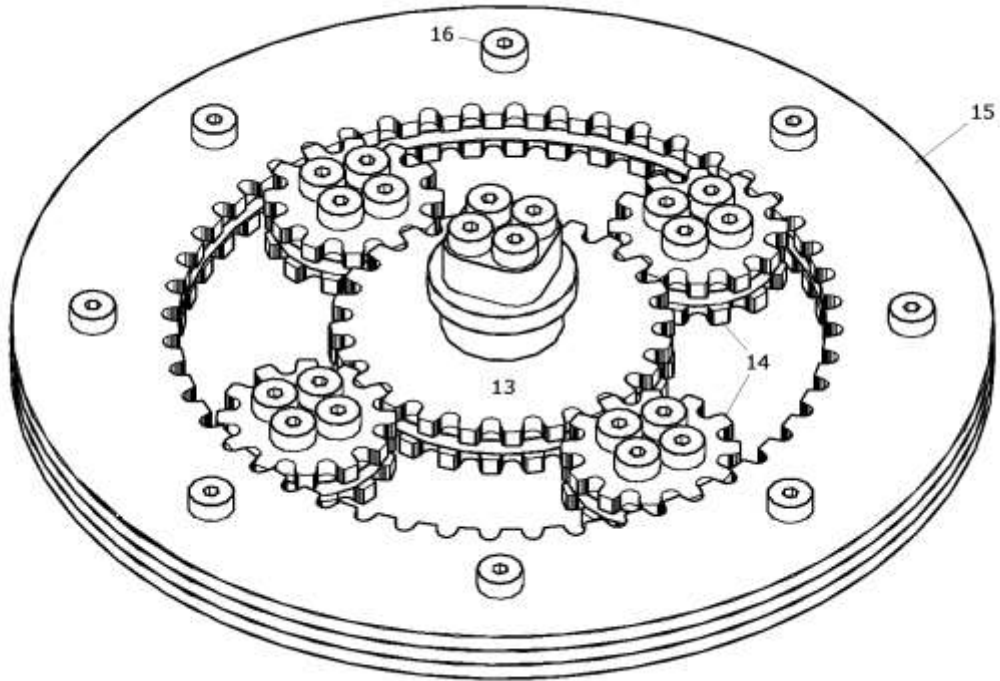
Figur 2. Schnitt durch das Drehkolbenarray.



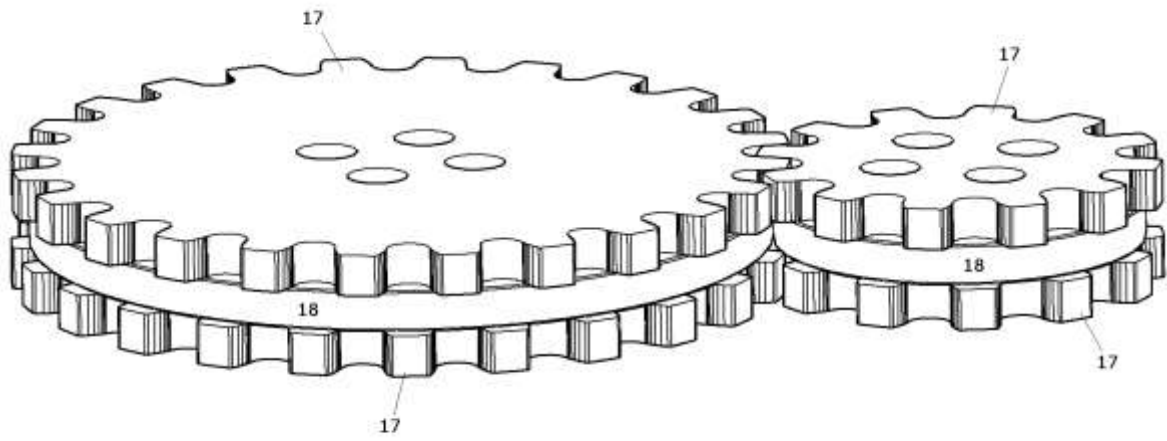
Figur 3. Drehkolbengestalt.



Figur 4. Drehkolbenaufbau.



Figur 5. Selbsttragendes Planetengetriebe.



Figur 6. Zahnräder und Wälzkörper.