

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 722 073 A1

(12)

### EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
17.07.1996 Patentblatt 1996/29

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: F25B 9/14, F02G 1/043

(21) Anmeldenummer: 96100029.6

(22) Anmeldetag: 03.01.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT NL SE

(30) Priorität: 16.01.1995 DE 19501035

(71) Anmelder: BAYER AG  
51368 Leverkusen (DE)

(72) Erfinder:

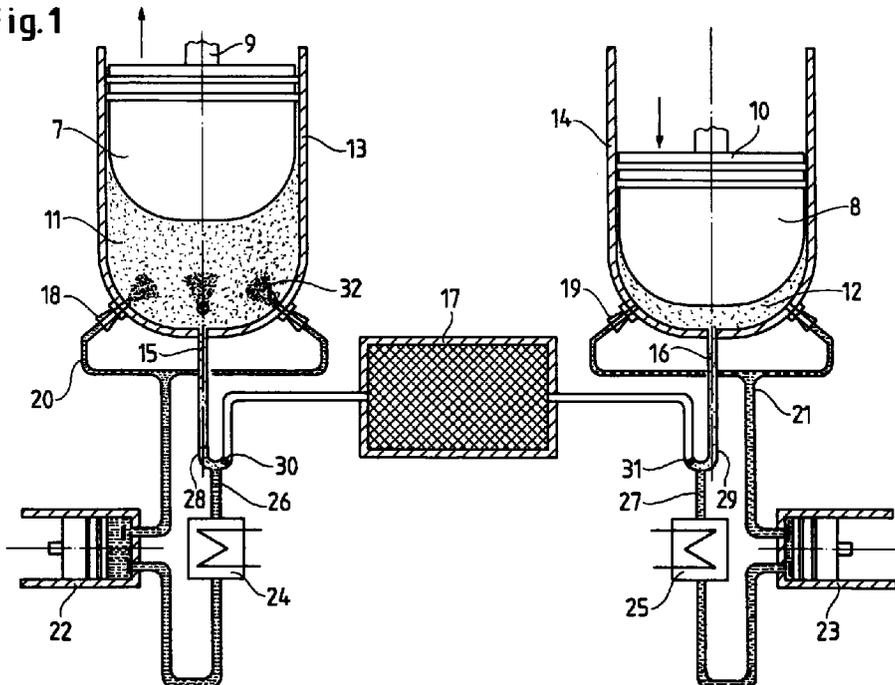
- Siegel, André  
D-46284 Dorsten (DE)
- Schiefelbein, Kai  
D-46045 Oberhausen (DE)

#### (54) Stirling-Maschine mit Wärmeträgereinspritzung

(57) Die Erfindung betrifft eine Stirling-Maschine als Kältemaschine oder Wärmepumpe mit verbesserter Wärmeübertragung auf das Arbeitsgas bzw. verbesserter Wärmeübertragung vom Arbeitsgas der Stirling-Maschine auf ein Kühlmedium bei gleichzeitiger Verringerung des Totraums in der Maschine. Die Stirling-

Maschine arbeitet mit der Einspritzung bzw. Zerstäubung eines Wärmeträgerfluids in die Arbeitsräume der Maschine, wodurch der Wärmeübergang zwischen Wärmeträger und Arbeitsgas verbessert wird.

Fig.1



EP 0 722 073 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Stirling-Maschine als Kältemaschine oder Wärmepumpe mit verbesserter Wärmeübertragung auf das Arbeitsgas bzw. verbesserter Wärmeübertragung vom Arbeitsgas der Stirling-Maschine auf ein Kühlmedium bei gleichzeitiger Verringerung des Totraums in der Maschine. Dieses wird erreicht durch die Einspritzung eines Wärmeträgers in die Arbeitsräume der Stirling-Maschine. Der Wärmeträger wird bei der Einspritzung zerstäubt. Die Erhöhung des Wärmeübergangs zwischen Wärmeträger und Gas beruht im wesentlichen auf der Vergrößerung der Wärmeträgeroberfläche.

Stirling-Kältemaschinen zur Erzeugung kryotechnischer Temperaturen (unterhalb von etwa  $-50^{\circ}\text{C}$ ) sind bekannt und werden beispielsweise in G. Walker, Stirling Engines, Clarendon Press, Oxford, 1980, C.M. Hargreaves, The Philips Stirling Engine, Elsevier, Amsterdam, 1991; in A. Binneberg, O. Hempel, A. Tzscheutschler, 15W/80K-Integral-Stirling-Kältemaschine aus Ki Luft- und Kältetechnik 5/1994 sowie in J.W.L. Köhler, C.O. Jonkers, Grundlagen der Gaskältemaschine, Philips Technische Rundschau, 15. Jahrgang, Nr. 11, Mai 1954 beschrieben.

Theoretische Überlegungen zum Einsatz von Stirling-Kältemaschinen in der Kühl- und Klimatechnik wurden ferner bei der AEG Aktiengesellschaft in Heilbronn angestellt (siehe auch H. Laschütza, M. Bareiss, "Ist die Gas-Stirling-Kältemaschine für den Einsatz in der Kühl- und Klimatechnik geeignet?", Vortrag auf der DKV-Jahrestagung vom 17.-19.11.93). Für die Wärmeübertragung auf das Arbeitsgas sind danach berippte Rohre, die von dem Arbeitsgas durchströmt werden, in einer Stirling-Maschine vorgesehen. In der Patentschrift US 5.094.083 wird eine Stirling-Kältemaschine mit einem Wärmeträgerkreislauf zur Kühlung des Fahrgastraums von Automobilen beschrieben. Der Wärmeträger wird in einem mit Bohrungen versehenen Kupferblock am kalten Kopf der Stirling-Kältemaschine abgekühlt und liefert die Kälte über einen konventionellen Wärmeaustauscher an das Fahrzeuginnere.

Die Toshiba Corporation hat in Zusammenarbeit mit der National Academy Hashirimizu zwei Stirling-Kältemaschinen zur Erzeugung von Kälte bei Temperaturen von 173 K bzw. 258 K entwickelt (siehe auch H. Kagawa, K. Araoka, T. Otaka, "Design and Development of a Miniature Stirling Machine", Proceedings of the Intersociety Energy Conversion Conference, 1991). Als Wärmeaustauscher werden in diesen Maschinen berippte Rohre und berippte Koaxialrohre eingesetzt, die vom Arbeitsgas der Stirling-Kältemaschinen durchströmt werden.

Die Wärmeübertragung bei anderen bekanntgewordenen Stirling-Maschinen erfolgt durch Wärmeleitung durch die Wand des Expansionsraums der Stirling-Kältemaschine.

Üblicherweise wird Kälte in der Kühl- und Klimatechnik mittels Kaltdampfkältemaschinen erzeugt, die bei-

spielsweise in der Schrift Jungnickel, Agsten, Kraus, "Grundlagen der Kältetechnik," Verlag C.F. Müller, Karlsruhe, 1981, ausführlich beschrieben werden. Die grundsätzlich gleiche Technik wird auch für Wärmepumpenanwendungen genutzt. Als Arbeitsmittel werden in Kaltdampfmaschinen vorwiegend Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW oder HFCKW) eingesetzt. Die Anwendung der FCKW's als Kältemittel ist nach der FCKW-Verbotsverordnung vom 06.05.91 in der Bundesrepublik Deutschland wegen der ozonschichtzerstörenden Wirkung dieser Verbindungen bereits verboten oder ihr Verbot steht zumindestens unmittelbar bevor (Stand 1994). Die als Ersatzstoffe in Frage kommenden Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FKW und HFKW) müssen wegen ihres Beitrages zum Treibhauseffekt in der Atmosphäre ebenfalls als umweltbedenklich betrachtet werden.

Die bisher ausgeführten oder vorgeschlagenen Stirling-Kältemaschinen für die Anwendung in umgebungsnahen Temperaturbereichen sowie die Stirling-Wärmepumpen haben im Vergleich zu Kältemaschinen oder Wärmepumpen die auf der Basis des obengenannten Kaltdampfprozesses arbeiten, eine geringere volumenbezogene Leistung und eine niedrigere Leistungszahl. Zudem erschwert die räumliche Nähe von kaltem und warmem Ende der Maschinen den praktischen Einsatz in unterschiedlichen Anwendungen erheblich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Kältemaschine bzw. Wärmepumpe mit einem ökologisch bzw. toxikologisch unbedenklichen Arbeitsgas zu entwickeln, die in Bezug auf die volumenbezogene Leistung und die Leistungszahl mit den bekannten Kaltdampfkältemaschinen bzw. Kaltdampfwärmepumpen konkurrieren kann.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß in einer modifizierten Stirling-Kältemaschine oder Stirling-Wärmepumpe in mindestens einen Arbeitsraum der Stirling-Kältemaschine oder Wärmepumpe ein Wärmeträgerfluid eingespritzt wird, auf das die während der näherungsweise isothermen Kompression anfallende Wärme vom Arbeitsgas übertragen wird bzw. dem die während der näherungsweise isothermen Expansion vom Arbeitsgas aufgenommene Wärme entzogen wird. Die Einspritzung des Wärmeträgerfluids findet jeweils während der Expansion bzw. Kompression statt. Das Wärmeträgerfluid wird nach der Wärmeaufnahme bzw. -abgabe hinter einer Flüssigkeitsabscheidevorrichtung über einen Sammler aus der Stirling-Kältemaschine abgepumpt und über einen Wärmeaustauscher, wo es die aufgenommene Wärme abgibt bzw. Wärme aus der Umgebung aufnimmt, wieder zur Einspritzpumpe zurückgeführt. Vor der Einspritzung kann eine Vorkühlung bzw. Vorerwärmung des Wärmeträgerfluids erfolgen, indem über die Zylinderwände der Stirling-Maschine Wärme mit dem Arbeitsgas ausgetauscht wird.

Gegenstand der Erfindung ist eine Stirling-Maschine bevorzugt als Stirling-Kältemaschine bzw. Wärmepumpe, bestehend aus mindestens einem

Arbeitsraum, einem Kaltraum einer Membran oder einem Kolben mit verbundenem Getriebe gegebenenfalls einem Regenerator zwischen Arbeitsraum und Kaltraum und gegebenenfalls Überströmleitungen die Arbeitsraum, Kaltraum und gegebenenfalls Regenerator miteinander verbinden, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens in einem der Räume eine Wärmeträgereinspritzung angebracht ist, zum Wärmeaustausch zwischen dem jeweiligen Arbeitsgas der Räume und einem Wärmeträgerfluid, das bei der Einspritzung gegebenenfalls zerstäubt wird, daß mindestens ein Abscheider für das Wärmeträgerfluid an wenigstens einem der Räume angebracht oder in die gegebenenfalls vorhandene Überströmleitung eingeschaltet ist und daß von dem Abscheider das vom Arbeitsgas abgeschiedene Wärmeträgerfluid im Kreislauf über einen Wärmetauscher und eine Pumpe der Wärmeträgereinspritzung wieder zugeführt wird.

Vorzugsweise werden Wärmeträgerfluide mit folgenden Eigenschaften verwendet:

Das Wärmeträgerfluid soll insbesondere einen möglichst kleinen Dampfdruck auch bei der oberen Prozeßtemperatur aufweisen, um Verunreinigungen des Arbeitsgases durch den Wärmeträger so gering wie möglich zu halten.

Das Wärmeträgerfluid soll insbesondere einen möglichst tiefen Schmelzpunkt aufweisen, da dieser die tiefstmögliche Temperatur der Kälteerzeugung bestimmt.

Das Wärmeträgerfluid soll insbesondere eine niedrige Viskosität auch bei tiefen Temperaturen aufweisen, da die Viskosität mit einem Exponenten von etwa 0,5 in den zur Zerstäubung des Wärmeträgerfluids erforderlichen Düsenvordruck eingeht.

Es soll insbesondere eine niedrige Oberflächenspannung auch bei tiefen Temperaturen aufweisen, da die Oberflächenspannung des Fluids mit einem Exponenten von ungefähr 0,5 in den für die Zerstäubung erforderlichen Düsenvordruck eingeht.

Das Wärmeträgerfluid soll des weiteren insbesondere eine gute Wärmeleitfähigkeit aufweisen, da diese die zum Aufheizen bzw. Abkühlen der Flüssigkeitstropfen erforderliche Zeitspanne verkürzt.

Das Wärmeträgerfluid soll insbesondere eine hohe spezifische Wärmekapazität aufweisen, da das einzuspritzende Flüssigkeitsvolumen mit sinkender Wärmekapazität des Wärmeträgers linear ansteigt.

Das Wärmeträgerfluid sollte bevorzugt zudem möglichst chemisch inert und gegebenenfalls temperaturstabil gegenüber Zersetzung bis etwa 150°C sein.

Diese genannten besonderen Anforderungen an ein geeignetes Wärmeträgerfluid werden beispielsweise von Silikonölen erfüllt.

Von den in Frage kommenden Arbeitsgasen für den Stirlingprozeß eignen sich die Gase Helium, Wasserstoff, Stickstoff, Argon, Neon und Luft sowie Mischungen der genannten Gase besonders.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Stirling-Maschine als Maschine mit zwei Arbeitskolben und

hängender Anordnung der Zylinder ausgebildet. Zur Einspritzung des Wärmeträgerfluids dient bevorzugt je eine Kolben- oder Membranpumpe für die beiden Arbeitsräume der Stirling-Maschine, die unter Umständen mechanisch mit der Welle der Stirlingmaschine gekoppelt sind und auch die erforderliche Pumpleistung für den Wärmeträgerkreislauf bereitstellen können.

Als Einspritzdüsen werden bevorzugt Einstoffdüsen, insbesondere Hohlkegeldüsen verwendet, die eine feine Zerstäubung und ein enges Tropfenspektrum (bezüglich des mittleren Tropfendurchmessers) bei verhältnismäßig geringem Düsenvordruck ermöglichen.

Alternativ kann zur Tropfenerzeugung der Vorgang des laminaren Strahlerfalls genutzt werden, bei dem das Wärmeträgerfluid durch Kapillarlochdüsen gepumpt wird. Unter Kapillarlochdüsen werden Folien oder Platten mit Bohrungen verstanden mit einem Durchmesser von üblicherweise <500 µm. Der Durchmesser der Bohrungen sollte hierbei bevorzugt in der Größenordnung von 50 µm liegen.

Die Tropfen werden in einer bevorzugten Ausführungsform mittels Schwerkraftunterstützter Fliehkraftabscheidung aus dem Arbeitsgas abgeschieden. Besonders geeignet sind dazu Zyklone. Eine weitere Möglichkeit der Tropfenabscheidung besteht darin, daß Sprüh, bestehend aus Arbeitsgas und zerstäubtem Wärmeträgerfluid, durch ein mit Wärmeträgerfluid gefülltes Gefäß zu leiten, so daß die Tropfen in der Flüssigkeit zurückbleiben. Kleinste Wärmeträgertröpfchen können zusätzlich mit Hilfe von Abscheidesieben aus dem Arbeitsgas entfernt werden.

Die erfindungsgemäße Kältemaschine bzw. Wärmemaschine ermöglicht die Kälte- bzw. Wärmeerzeugung mittels umweltunschädlicher Arbeitsstoffe. Weder die in Frage kommenden obengenannten Arbeitsgase noch die vorzugsweise einzusetzenden Wärmeträger z.B. Silikonöl haben eine die Ozonschicht der Atmosphäre schädigende oder den "Treibhauseffekt" unterstützende Wirkung.

Gegenüber den meisten bisher ausgeführten Stirling-Kältemaschinen bzw. Stirling-Wärmepumpen erhöht sich die volumenbezogene Kälte- bzw. Wärmeleistung durch den Wegfall des Totraums in den überflüssig gewordenen Wärmetauschern erheblich. Bei vergleichbarer Leistung können die Maschinen somit kompakter, leichter und preiswerter aufgebaut werden. Die in der Herstellung teuren Wärmeaustauscher der bekannten Stirling-Maschinen entfallen. Für die in den Wärmeträgerkreisläufen eingesetzten Wärmeaustauscher können im übrigen Standardgeräte verwendet werden.

Die klare räumliche Trennung von Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe der Maschine erleichtert die Planung der Anlage, in der die Maschine zum Einsatz kommen soll. Eine Leistungsregelung durch An- und Abschalten der Maschine wird möglich, da keine nennenswerte Wärmeleitung vom Ort der Wärmeaufnahme zum Ort der Wärmeabgabe stattfindet.

Die Ausbildung eines Wärmeträgerkreislaufs in der erfindungsgemäßen Stirling-Maschine ermöglicht eine räumliche Trennung der Kälte- bzw. Wärmeerzeugung und ihrer Nutzung.

Die Stirling-Kältemaschine und die Stirling-Wärmepumpe mit Wärmeträgereinspritzung gemäß der Erfindung können elektrisch oder durch mechanische Ankopplung an einen Motor angetrieben werden. Als Material für Gehäuse und Kolben der Stirling-Maschine sind rostfreie Chrom-Nickel-Stähle besonders geeignet, da sie eine für Metalle niedrige Wärmeleitfähigkeit mit hoher Festigkeit verbinden. Chrom-Nickel-Stähle sind auch ein geeignetes Material für die Einspritzdüsen des Wärmeträgerfluids. Die besonders bevorzugt einzusetzenden Hohlkegeldüsen werden in unterschiedlichen Größen und Ausführungen beispielsweise für das Kühlen von Gasen oder für die Schaumniederschlagung beschrieben. Zur Herstellung von Kapillarlochdüsen verwendet man bevorzugt Nickelfolien.

Der Regenerator der Stirling-Maschine kann insbesondere aus Draht-Gaze, Draht-Gewebe oder Sintermaterial bestehen.

Zum Pumpen des Wärmeträgerfluids geeignete Pumpen können sowohl handelsübliche Dosier- oder Preßpumpen bzw. deren Pumpenköpfe als auch speziell auf die von der Kältemaschine gestellten Anforderungen zugeschnittene Sonderanfertigungen eingesetzt werden.

Die Wärmeträgerfluideinspritzung, wie erfindungsgemäß beschrieben, ist in Stirling-Kältemaschinen vor allem wegen der großen Bedeutung des Totraums lohnend. Eine gute Wärmeübertragung zwischen einem zu kühlenden oder zu erwärmenden Medium und dem Arbeitsgas ist für die Leistungszahl einer Stirling-Maschine bedeutend. Gute Wärmeaustauscher bekannter Stirling-Maschinen haben allerdings selbst bei geschickter Gestaltung ein großes Eigenvolumen und vergrößern damit den Totraum der Maschine. Der größere Totraum wiederum verringert nicht nur die Leistung sondern auch die Leistungszahl der Stirling-Maschine. Außerdem können Wärmeaustauscher nicht im Expansionsraum oder im Kompressionsraum der Maschine angeordnet werden, sondern liegen zu beiden Seiten des Regenerators zwischen den Arbeitsräumen. Der Wärmeübergang erfolgt also erst nach der mit Aufheizung des Gases verbundenen Kompression bzw. nach der mit der Abkühlung des Arbeitsgases einhergehenden Expansion. Daraus folgt, daß die Zustandsänderungen in den Arbeitsräumen der Stirling-Maschinen des Standes der Technik eher adiabatisch als isotherm sind. Dadurch vergrößert sich z.B. bei der Stirling-Wärmepumpe bzw. Stirling-Kältemaschine der Abstand zwischen der oberen und der unteren Prozeßtemperatur und die Leistungszahl der Maschinen sinkt. Durch den Wegfall der Wärmeaustauscher und die Einspritzung des Wärmeträgerfluids in die Arbeitsräume der erfindungsgemäßen Stirling-Maschine werden die oben beschriebenen Probleme bekannter Stirling-Maschinen überwunden.

Die Wärme kann im Falle der erfindungsgemäßen Stirling-Maschine noch während der Expansion bzw. Kompression des Arbeitsgases direkt in den Arbeitsräumen zugeführt bzw. entzogen werden, so daß näherungsweise isotherme Zustandsänderungen realisiert werden können. Wegen der geringen Kompressibilität der Wärmeträgerflüssigkeit bedeutet der für das Flüssigkeitsvolumen bereitzustellende Raum in der Maschine keine Vergrößerung des Totraums. Es wird somit deutlich, daß die Wärmeübertragung vom Arbeitsgas auf das zerstäubte Wärmeträgerfluid bzw. von dem zerstäubten Wärmeträgerfluid auf das Arbeitsgas für die speziellen Anforderungen in einer Stirling-Maschine ganz besonders vorteilhaft ist.

Bevorzugt wird ein Wärmeträgerfluid eingesetzt, das über einen weiten Temperaturbereich flüssig bleibt, kaum veränderliche Stoffwerte und einen sehr niedrigen Dampfdruck aufweist. Dadurch wird es möglich, dieselbe Flüssigkeit im warmen und im kalten Arbeitsraum einer Stirling-Maschine einzusetzen, ohne das Arbeitsgas der Maschine durch den Dampf des Wärmeträgerfluids zu verunreinigen und die Leistung durch Verdampfungs- oder Kondensationsprozesse zu verringern.

Die Einspritzung von Flüssigkeiten in Motoren mit innerer Verbrennung ist eine verbreitete und etablierte Technik. Allerdings sind hierbei die einzuspritzenden Volumenströme vergleichsweise gering, die Einspritzzeiten sind sehr kurz und die Düsenvordrucke hoch. In Dieselmotoren werden zur Einspritzung z.B. sogenannte Borda-Düsen verwendet, die für eine feine Zerstäubung der Kraftstoff-Flüssigkeit einen hohen Düsenvordruck benötigen.

Bei einer Stirling-Maschine mit Wärmeträgereinspritzung gemäß der Erfindung, sind die einzuspritzenden Flüssigkeitsvolumina wesentlich größer und der unter energetischen Gesichtspunkten akzeptable Düsenvordruck ist vergleichsweise klein. Es sollten daher andere, für kleine Düsenvordrucke geeignete Düsen, beispielsweise Hohlkegeldruckdüsen oder Kapillarlochdüsen, bevorzugt verwendet werden.

Die erfindungsgemäße Stirling-Kältemaschine bzw. Stirling-Wärmepumpe kann grundsätzlich in allen Bereichen der Kälte-, Klima- bzw. Wärmepumpentechnik eingesetzt werden. Dazu gehören beispielsweise die folgenden Einsatzgebiete:

- Wärmepumpen in der Prozeßtechnik, der Medizintechnik und der Trocknungstechnik (Temperatur der Wärmebereitstellung: 80°C bis 120°C)
- Wärmepumpen zur Raumheizung, zur Wärmerückgewinnung aus Abluft und zur Warmwasserbereitung (Temperatur der Wärmebereitstellung: 20°C bis 70°C)
- Klimatechnik (Temperatur von 0°C bis 20°C)

- Lebensmittelfrischhaltung, Speiseeisherstellung, Wassereisherstellung, Kunsteisbahnen, Gefriergründungen, Schachtbau (Temperatur der Kälteerzeugung:  $-50^{\circ}\text{C}$  bis  $0^{\circ}\text{C}$ ).
- Maschinenbau, Metallurgie, Trockeneisherstellung, Fügetechnik, Gefriertrocknung, Lagerung von Blutkonserven, Gasbehandlung ( $< -50^{\circ}\text{C}$ ).

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Figuren beispielhaft näher erläutert.

In den Figuren zeigen:

Fig. 1 Das Schema einer erfindungsgemäßen Stirling-Maschine mit Wärmeträgereinspritzung.

Fig. 2 Ein berechnetes Diagramm der Wärmeströme, die im Expansions- bzw. Kompressionsraum zu- bzw. abgeführt werden, in einer isotherm arbeitenden Stirling-Maschine, dargestellt in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel.

Fig. 3 Ein berechnetes Diagramm des Ölvolumenstroms (Wärmeträgerfluid) in einer erfindungsgemäßen Stirling-Maschine dargestellt in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel.

Fig. 4 Ein berechnetes Diagramm der Wärmeströme zwischen Arbeitsgas und Wärmeträgerfluid dargestellt in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel.

Der gegenüber bisher ausgeführten Stirling-Maschinen wesentlich verbesserte Wärmeübergang von einem Wärmeträger auf das Arbeitsgas bzw. vom Arbeitsgas auf ein Kühlmedium ermöglicht eine bessere Annäherung der idealerweise isothermen Zustandsänderungen in den Arbeitsräumen der Stirling-Maschine. Figur 2 zeigt die während der isothermen Zustandsänderungen im Expansionsraum 11 und im Kompressionsraum 12 zu- bzw. abzuführenden 2 Wärmeströme in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel in einer nach dem Schmidt-Zyklus berechneten Stirling-Kältemaschine. In der Figur 3 werden die in der Zeiteinheit in den Expansionsraum 11 eingespritzten Flüssigkeitsvolumina (Ölvolumenstrom 3) und die in den Kompressionsraum 12 eingespritzten Flüssigkeitsvolumina (Ölvolumenstrom 4) über dem Kurbelwinkel der Stirling-Maschine dargestellt. Figur 4 zeigt den im Expansionsraum 11 bei konstanter Gastemperatur vom Wärmeträger auf das Arbeitsgas übertragenen Wärmestrom 5 und den im Kompressionsraum 12 bei konstanter Gastemperatur vom Arbeitsgas auf den Wärmeträger übertragenen Wärmestrom 6. Durch die Wärmezufuhr während der Expansion und die Wärmeabfuhr während der Kompression erhöht sich die Leistungszahl der Maschine und ihr Energiebedarf sinkt. Auch die Verkleinerung des Totraums führt zu einer Erhöhung der Leistungszahl.

### Beispiel

Ein Ausführungsbeispiel einer Stirling-Kältemaschine mit Wärmeträgereinspritzung gemäß der Erfindung wird anhand der schematischen Darstellung in Fig. 1 erläutert.

Die Maschine besteht aus den zwei Zylindern 13 und 14, in denen sich die beiden Arbeitskolben 7 und 8 befinden, die über die Kolbenstangen 9 und 10 und einen nicht dargestellten Kurbeltrieb angetrieben werden. In dem Arbeitsraum 11 wird das Arbeitsgas expandiert und in dem Arbeitsraum 12 komprimiert. Vom Expansionsraum 11 strömt das Gas über die Überströmleitung 15, den Regenerator 17, in dem es auf die Temperatur des Kompressionsraums 12 erwärmt wird, und die Überströmleitung 16 in den Kompressionsraum 12. Strömt das Gas vom Kompressionsraum 12 in den Expansionsraum 11, so wird es im Regenerator 17 isochor auf die Expansionstemperatur abgekühlt. Die Zustandsänderungen in den Arbeitsräumen finden in guter Näherung isotherm statt. Dabei werden die erforderlichen Wärmemengen über das eingespritzte Wärmeträgerfluid zu- oder abgeführt. Die Einspritzung in den Expansionsraum erfolgt über die Einspritzdüsen 18 während des Expansionshubs. Als Einspritzdüsen kommen eine oder mehrere Hohlkegeldüsen zum Einsatz, die eine feine Zerstäubung des Wärmeträgerfluids bei geringem Düsenvordruck ermöglichen. Im Kompressionsraum wird das Wärmeträgerfluid während der Kompression über die Einspritzdüsen 19 zerstäubt. Das Flüssigkeits-sprüh tauscht wegen seines großen Oberflächen- zu Volumenverhältnisses innerhalb kurzer Zeit große Wärmemengen mit dem Arbeitsgas der Stirling-Kältemaschine aus. Das Wärmeträgerfluid wird über einen schwerkraftunterstützten Fliehkraftabscheider 28 und ein Feinabscheidesieb 30 aus der Überströmleitung 15 zwischen Expansionsraum und Regenerator abgeschieden und tritt danach in den Sammler 26 ein. Die Abscheidung aus der Überströmleitung 16 zwischen Kompressionsraum und Regenerator erfolgt analog durch den Fliehkraftabscheider 29 und das Feinabscheidesieb 31, das den Regenerator vor einer Beaufschlagung mit dem Wärmeträgerfluid bewahrt.

Vom Sammler 26 strömt das aus dem Expansionsraum kommende kalte Wärmeträgerfluid durch einen Wärmetauscher 24, in dem es Wärme aus der zu kühlenden Umgebung oder von dem zu kühlenden Medium aufnimmt. Über eine Rohrleitung gelangt es dann zu Pumpe 22, die den zur Zerstäubung durch die Hohlkegeldüsen 18 erforderlichen Düsenvordruck erzeugt. Als Pumpe wird eine Einzylinder-Hubkolbenpumpe verwendet, die mit der gleichen Drehzahl wie die Stirling-Maschine betrieben wird.

Das aus dem Kompressionsraum kommende erwärmte Wärmeträgerfluid strömt über den Sammler 27 durch den Kühler 25, wo es Wärme an die Umgebung oder an ein Kühlmedium abgibt. Die Pumpe 23 sorgt für den benötigten Düsenvordruck für die erneute Einspritzung über die Düsen 19 in den Kompressionsraum 12.

**Patentansprüche**

1. Stirling-Maschine bevorzugt als Stirling-Kältemaschine bzw. Wärmepumpe, bestehend aus mindestens einem Arbeitsraum (12), einem Kaltraum (11) einer Membran oder einem Kolben (8) mit verbundenem Getriebe (10) gegebenenfalls einem Regenerator (17) zwischen Arbeitsraum (12) und Kaltraum (11) und gegebenenfalls Überströmleitungen (15 bzw. 16) die Arbeitsraum (12), Kaltraum (11) und gegebenenfalls Regenerator (17) miteinander verbinden, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens in einem der Räume (11 bzw. 12) eine Wärmeträgereinspritzung (18 bzw. 19) angebracht ist, zum Wärmeaustausch zwischen dem jeweiligen Arbeitsgas der Räume (11 bzw. 12) und einem Wärmeträgerfluid (32), das bei der Einspritzung gegebenenfalls zerstäubt wird, daß mindestens ein Abscheider (28 bzw. 29) für das Wärmeträgerfluid (32) an wenigstens einem der Räume (11) bzw. (12) angebracht oder in die gegebenenfalls vorhandene Überströmleitung (15 bzw. 16) eingeschaltet ist und daß von dem Abscheider (28 bzw. 29) das vom Arbeitsgas abgeschiedene Wärmeträgerfluid (32) im Kreislauf über einen Wärmetauscher (24 bzw. 25) und eine Pumpe (22 bzw. 23) der Wärmeträgereinspritzung (18 bzw. 19) wieder zugeführt wird. 5
2. Stirling-Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Wärmeträgereinspritzung (18 bzw. 19) Einstoff-Druckdüsen verwendet werden. 10
3. Stirling-Maschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstoff-Druckdüsen Kapillarlochdüsen oder Hohlkegeldüsen sind. 15
4. Stirling-Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der zur Einspritzung des Wärmeträgerfluids erforderliche Düsen-  
vordruck von diskontinuierlich fördernden Pumpen (22 bzw. 23) erzeugt wird. 20
5. Stirling-Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpen (22 bzw. 23) über die gleiche Welle angetrieben werden wie die Kolben bzw. Membranen (7 bzw. 8) und gegebenenfalls mit derselben Drehzahl laufen wie diese. 25
6. Stirling-Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Wärmeträgerfluid Silikonöl verwendet wird. 30
7. Stirling-Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Abscheider (28 bzw. 29) durch eine Strömungsumlenkung und/oder ein Abscheidersieb (30 bzw. 31) ergänzt wird. 35
8. Stirling-Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vorkühlung oder Vorerwärmung des Wärmeträgerfluids (32) durch Wärmeaustausch mit dem Arbeitsgas der Stirling-Maschine über die Zylinderwand (13 bzw. 14) der Maschine stattfindet. 40
9. Stirling-Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Verwendung als Wärmepumpe, Kühl- oder Gefrieraggregat für die Medizintechnik, Wärme-, Kühl-, Trocknungs- oder Klimatechnik. 45

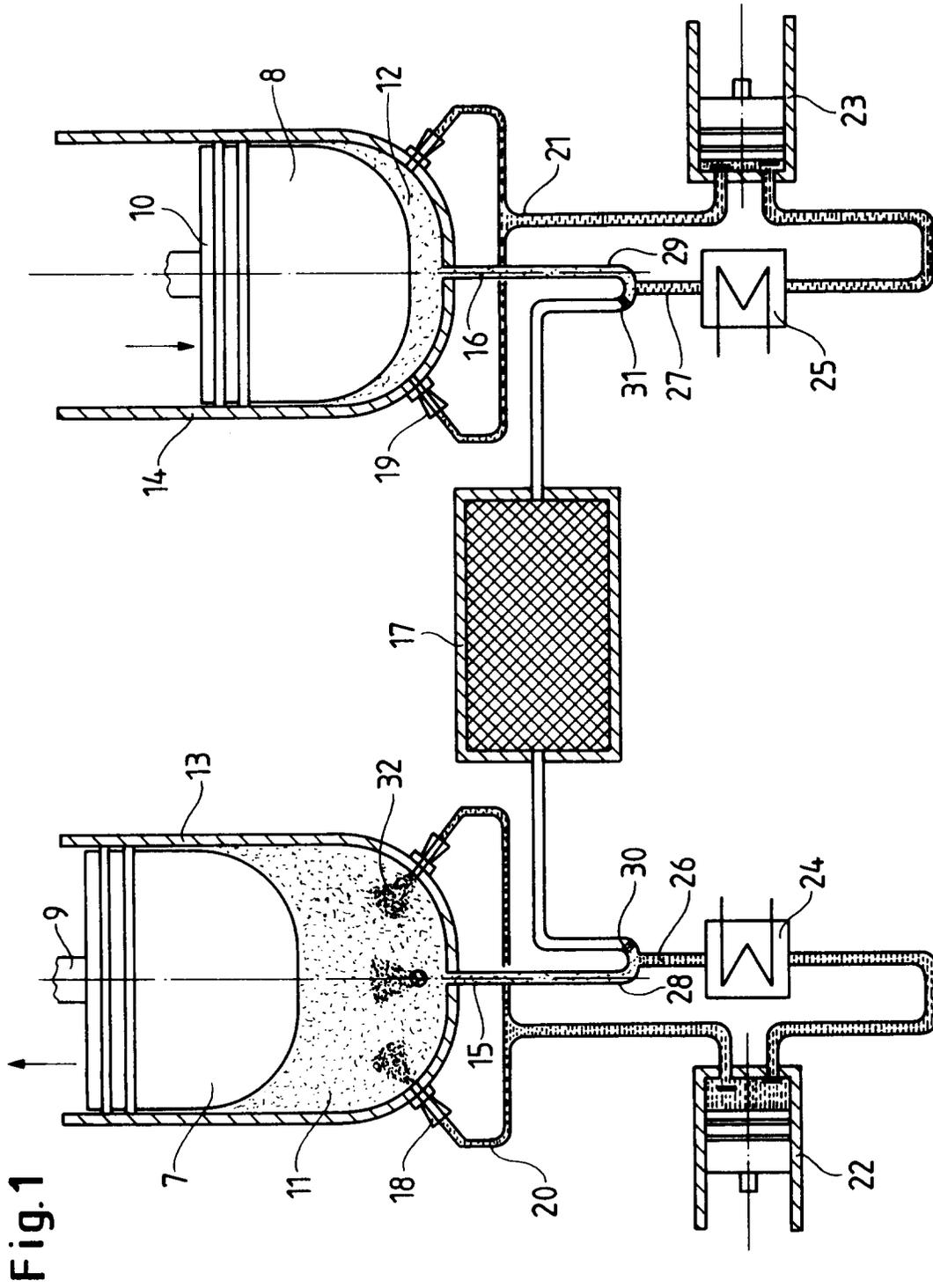


Fig. 2

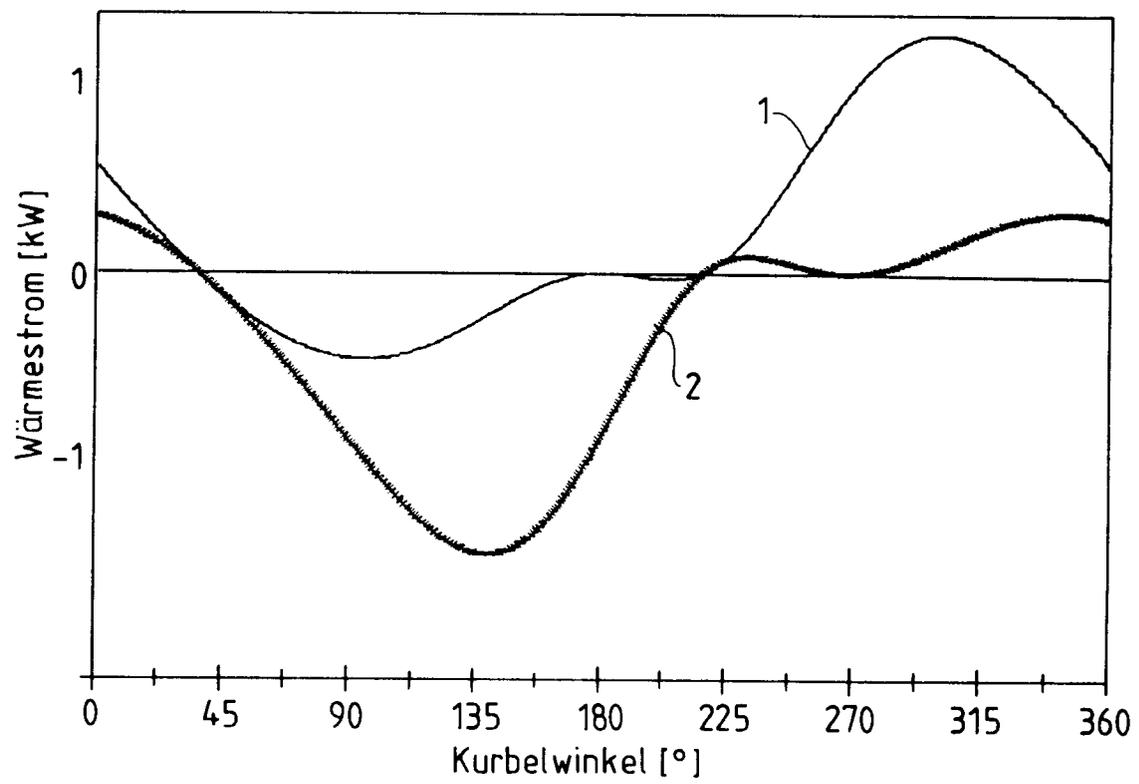


Fig. 3

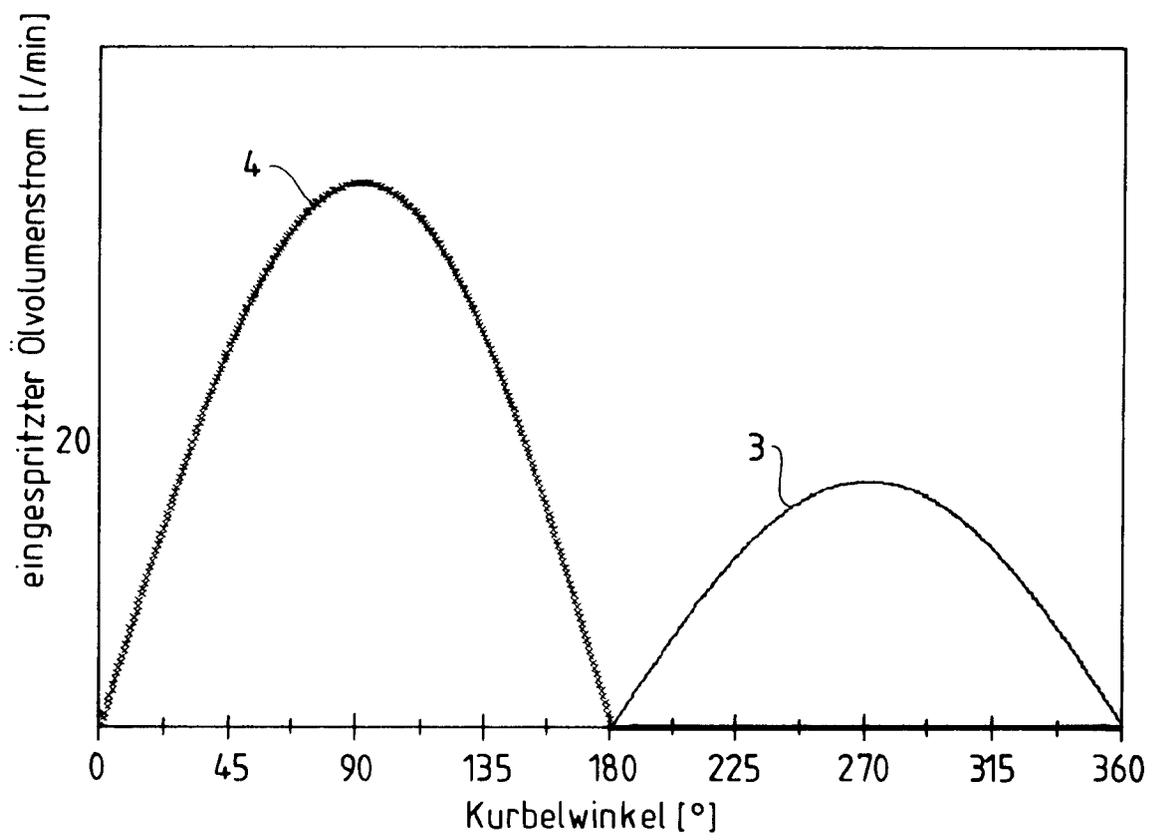
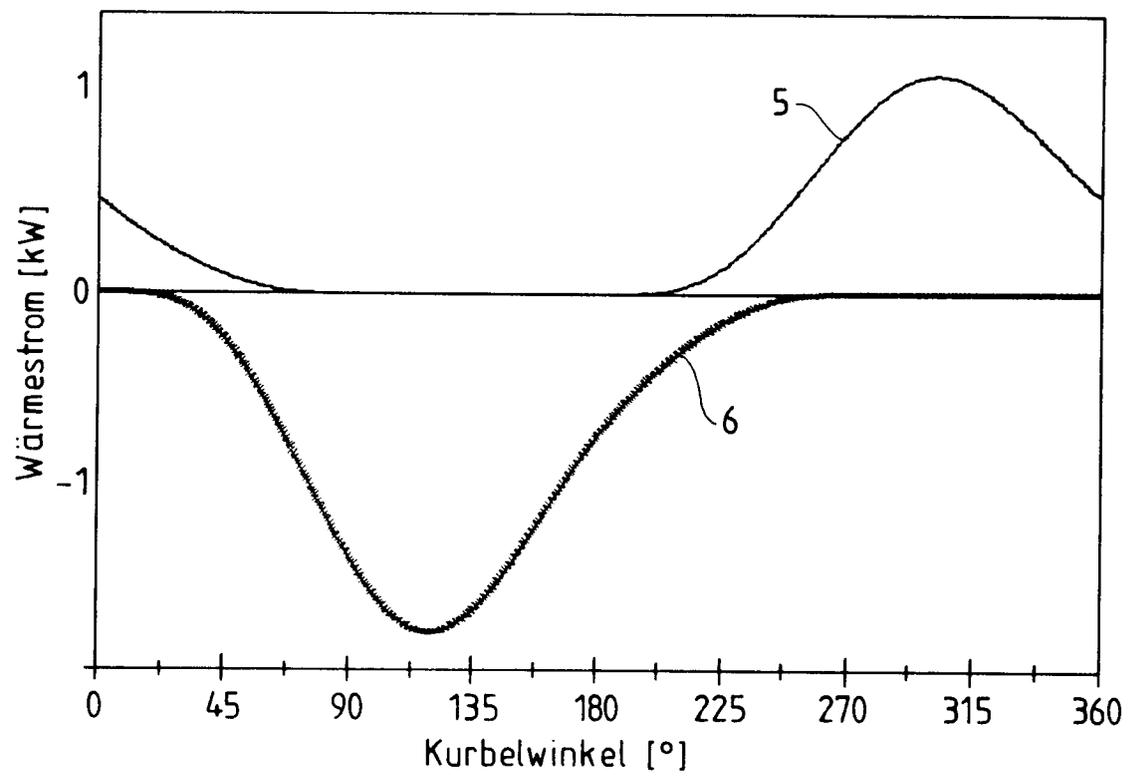


Fig. 4





Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			EP 96100029.6
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 6)
X	<u>WO - A - 94/12 785</u> (NATIONAL POWER) * Fig. 3; Seite 32 *	1, 4, 5	F 25 B 9/14 F 02 G 1/043
A	<u>US - A - 3 996 745</u> (DAVOUD) * Fig. 1; Ansprüche *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 6)
			F 25 B F 02 G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort WIEN		Abschlußdatum der Recherche 22-04-1996	Prüfer WITTMANN
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet                      Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie                      A : technologischer Hintergrund                      O : nichtschriftliche Offenbarung                      P : Zwischenliteratur                      T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</p> <p>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist                      D : in der Anmeldung angeführtes Dokument                      L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</p> <p>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			

EPA Form 1503 03 82