



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 196 35 976 A 1**

51 Int. Cl. 8:
F02 G 1/043

21 Aktenzeichen: 196 35 976.7
22 Anmeldetag: 5. 9. 96
43 Offenlegungstag: 12. 3. 98

DE 196 35 976 A 1

71 Anmelder:
Lübbe, Manfred, 71229 Leonberg, DE

72 Erfinder:
gleich Anmelder

Rechercheantrag gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt
Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

54 **Wärmekraftmaschine mit Rotationskolben**

57 Die Wärmekraftmaschine mit äußerer Verbrennung besitzt zwei Kreiskolbenmaschinen (9 u. 11) - mit rotierenden Verdränger (Kreiskolben, 8 u. 10) - die mit einem gasförmigen Medium füllbar sind und je einem Wärmetauscher in jedem Teilkreislauf zwischen den beiden Kreiskolbenmaschinen (KM). Jede KM besitzt zwei Einlaßbereiche (1 u. 1' bzw. 6 u. 6') und zwei Auslaßbereiche (2 u. 2' bzw. 7 u. 7') für das gasförmige Medium, die so miteinander verbunden sind, daß das Medium in gleicher Strömungsrichtung durch die beiden KM (9 u. 11) hindurchströmen kann, wobei zuerst das obere und danach das untere Teiltriebwerk durchströmt wird. Danach kann die eine KM (9) nur als Verdichter und die andere KM (11) nur als AKM wirksam werden. Diese WK zeichnet sich weiterhin dadurch aus, daß am Auslaßbereich des Verdichters (2 u. 2') je ein RV (12 u. 12') pro Auslaß eingesetzt ist und somit die Kreiskolben (8 u. 10) der beiden KM so versetzt zueinander angeordnet werden können, daß eine optimale Verdichtung im Erhitzerbereich erreicht werden kann. Weiterhin ist die Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß eine spontane Leistungsregelung durch die Veränderung der am Arbeitsprozeß beteiligten Arbeitsmittelmenge ermöglicht wird.

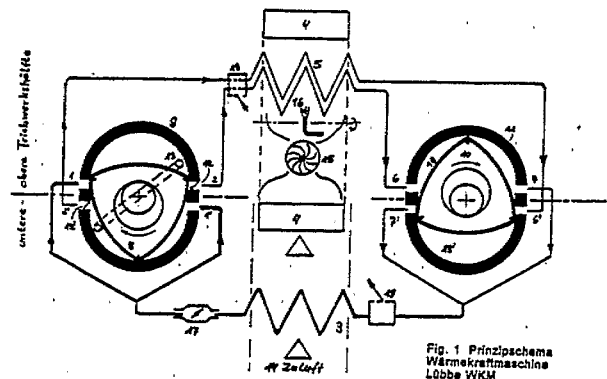


Fig. 1 Prinzipschema
Wärmekraftmaschine
LÖbbe WKM

DE 196 35 976 A 1

Beschreibung

Wärmekraftmaschine WKM mit äußerer Verbrennung nach dem Grundarbeitsprinzip des Stirling-Motors, bei dem der heiße bzw. kalte Raum durch je eine Kreiskolbenmaschine dargestellt wird, jedoch die Strömungs-

Verwendete Abkürzungen:

WKM Wärmekraftmaschine

KM Kreiskolbenmaschine

AKM Arbeitskreiskolbenmaschine

AM Arbeitsmedium

RV Rückschlagventil

HV Hilfsvolumen

EWT Erhitzungswärmetauscher

KWT Kühlungswärmetauscher

RWT Regenerationswärmetauscher

Beschreibung allgemein

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine Wärmekraftmaschine mit äußerer Verbrennung. Derartige, periodisch arbeitende Wärmekraftmaschinen dienen zur Umwandlung von Wärme in mechanische Arbeit. Diese Umwandlung erfolgt in einem Kreisprozeß. So werden beim Kreisprozeß nach Carnot abwechselnd zwei isothermische und zwei adiabatische Prozesse zyklisch wiederholt. Der Carnot-Prozeß ist ein reversiver Kreisprozeß, der damit auch im entgegengesetzten Umlaufsinn durchlaufen werden kann. So könnte eine entsprechende Maschine beispielsweise als Kältemaschine oder als Wärmepumpe verwendet werden.

Stand der Technik

Eine technische Realisation des Carnot-Kreisprozesses, der lediglich einen idealisierten Kreisprozeß darstellt, existiert durch den Stirling-Motor. Der entsprechende klassische Stirling-Prozeß arbeitet zwischen zwei Isothermen und zwei Isochoren. Mit Hilfe der zwei Isochoren werden die adiabatischen Teilprozesse des Carnot-Prozesses ersetzt. Ein ständiger zyklischer Wechsel des Arbeitsmediums (AM) zwischen einem kalten und einem warmen Teil kennzeichnet diese klassische Arbeitsweise. Der Stirling-Motor ist eine Hubkolbenmaschine. Über einen speziellen Kurbeltrieb werden den vorhanden beiden Kolben gesetzmäßige Hin- und Her-Bewegungen aufgezwungen. Der eine Kolben dient als Steuer bzw. Verdrängerkolben, der zweite Kolben als Arbeitskolben. In dem Verdrängerkolben wird die bei der isochoren Abkühlung freiwerdende Wärme zwischengespeichert. Bei der isochoren Erwärmung wird diese zwischengespeicherte Wärme wieder vom Verdrängerkolben abgegeben. Der Verdrängerkolben stellt damit einen Regenerator dar. Die notwendige Existenz dieses Regenerators verhindert sehr schnelle Arbeitsphasen des Stirling-Motors.

Die Kurbelstellung des Stirling-Motors wird so gewählt, daß der Arbeitskolben, d. h. der Kolben des Expansionsraumes, gegenüber dem Verdrängerkolben, d. h. dem Kolben des Kompressionsraumes, nachläuft. Auf diese Weise entstehen angenäherte Isochoren, die sich im Diagramm als tangierende Bögen an die theoretischen Isochoren anlegen. In gleicher Weise vollzieht sich der Verlauf der Isothermen, da in Wirklichkeit keine scharfe, sondern eine mehr fließende Trennung zwischen dem kalten und dem heißen Teil des Stirling-Motors vorhanden ist. Aufgrund seiner vielen und teuren Bauteile und seiner relativ niedrigen Arbeitsphasen-Geschwindigkeit ist der Stirling-Motor gegenüber dem Otto- und Diesel-Motor im Nachteil. In seiner Verwendung als Fahrzeugantrieb erweist sich der Stirling-Motor darüber hinaus wegen seiner trägen Regelbarkeit ebenfalls als wenig geeignet. Theoretisch verspricht der Stirling-Kreisprozeß allerdings erhebliche thermo-dynamische Wirkungsgradverbesserungen gegenüber dem Otto- und Diesel-Motor.

Aus der DE-OS 33 33 586 ist eine außenbeheizte regenerative Wärme- und Arbeitsmaschine bekannt, die im Sinne des klassischen Stirling-Kreisprozesses arbeitet. Auf einer gemeinsamen Welle sind zwei hohlzylindrische Druckbehälter vorhanden, deren Inhalt durch je einen rotierenden Exzenter in zwei Teilvolumina unterteilt werden. Die innerhalb eines jeden Druckbehälters vorhandenen beiden Teilvolumina werden durch zwei Dichtleisten voneinander gasdicht getrennt. Durch eine gleichsinnige Drehbewegung der beiden Exzenter entstehen Raumänderungen, die einen geschlossenen Gasstrom hin- und her bewegen. Es findet somit ein Wechsel vom heißen in den kalten Teil und umgekehrt statt. Diese große Hin- und Herbewegung des Gasstromes erfolgt über einen Regenerator, in dem der Wärmewechsel jeweils stattfindet. Die beiden unteren Teilvolumina sind über eine Gasleitung miteinander verbunden und dienen zum jeweiligen Gasausgleich.

Aus der DE-OS 33 32 726 ist ein Heißluft-Verbundmotor bekannt mit dem die Energiebilanz des Verbrennungsmotors verbessert und der Schadstoffausstoß minimiert werden sollen. Dieser Verbundmotor deutet lediglich in schematischer Weise die grundsätzlich bei einer Wärmekraftmaschine mit äußerer Verbrennung erforderlichen Bauteile an. So weist dieser Verbundmotor zusätzlich zu der vorstehend aus der DE-OS 33 33 586 bekannten Wärme- und Arbeitsmaschine noch zumindest einen Einlaßbereich und einen Auslaßbereich in jedem hohlzylindrischen Abschnitt auf, wobei diese Einlaß- bzw. Auslaßbereiche so miteinander verbunden sind, daß das Medium in gleicher Strömungsrichtung durch die hohlzylindrischen Abschnitte nacheinander hindurchströmen und dadurch der eine Verdränger als Verdichter und der andere Verdränger als Arbeitsrotor wirksam werden kann.

Die DE 42 13 369 beschreibt ebenfalls eine Wärmekraftmaschine mit äußerer Verbrennung. Sie besitzt ebenso wie die beiden vorgenannten Erfindungen zwei hohlzylindrische Druckbehälter mit je einem Verdränger und ist ebenso wie die DE-OS 33 32 726 dadurch gekennzeichnet, daß sie für das AM eine einheitliche Strömungsrichtung besitzt und daß der Verdränger in jedem hohlzylindrischen Druckbehälter mit mehreren Trennteilen, im Bereich zwischen Innenwand der hohlzylindrischen Druckbehälter und dem Verdränger, ausgestattet ist. 5
Außerdem basiert die DE 42 13 369 auf der Voraussetzung, daß die mit dem Einlaß des einen Hohlzylinders (Verdichter) und dem Auslaß des anderen Hohlzylinders (Arbeitsrotor) kommunizierenden Zellen so ausgebildet sind, daß während der Drehbewegung der Verdränger in den Hohlzylindern, der Volumenunterschied zwischen den beiden Zellen praktisch den Wert Null besitzt.

Diese WKM ist aufwendig bezüglich der Steuerung und Führung der beweglichen Trennteile und dadurch nicht für größere Leistungsabgaben geeignet. Sie besitzt auch keine Möglichkeit zur spontanen Veränderung der Leistungsabgabe. Die nachfolgend beschriebene WKM vermeidet diese Problematik. 10

Zur spontanen Leistungsregelung wird das in der DT 24 03 252 aufgezeigte Prinzip eingesetzt.

Darstellung der Erfindung 15

Die Bezugszeichen sind auf Fig. 1 bezogen.

Kennzeichnende Merkmale 20

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde einen verbesserten, regelbaren Stirling-Motor mit wesentlich einfacherem Bauaufwand aufzuzeigen. Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß die WKM mit äußerer Verbrennung (Fig. 1) zwei KM (9 u. 11) – mit rotierenden Verdränger (Kreiskolben, 8 u. 10) – die mit einem gasförmigen Medium füllbar sind und je einem Wärmetauscher in jedem Teilkreislauf zwischen den beiden Kreiskolbenmaschine (KM) besitzt. Jede KM besitzt zwei Einlaßbereiche (1 u. 1' bzw. 6 u. 6') und zwei Auslaßbereiche (2 u. 2' bzw. 7 u. 7') für das gasförmige Medium die so miteinander verbunden sind, daß das Medium in gleicher Strömungsrichtung durch die beiden KM (9 u. 11) hindurchströmen kann, wobei zuerst das obere und danach das untere Teiltriebwerk durchströmt wird. Danach kann die eine KM (9) nur als Verdichter und die andere KM (11) nur als AKM wirksam werden. 25

Diese WKM zeichnet sich weiterhin dadurch aus, daß am Auslaßbereich des Verdichters (2 u. 2') je ein RV (12 u. 12') pro Auslaß eingesetzt ist und somit die Kreiskolben (8 u. 10) der beiden KM so versetzt zueinander angeordnet werden können, daß eine optimale Verdichtung für die Erhitzungsphase erreicht werden kann. 30

Durch den Einsatz von zwei Rückschlagventilen (RV) ist es nicht erforderlich, daß die mit dem Einlaß (6 u. 6') und dem Auslaß (2 u. 2') jeweils kommunizierenden Zellen der beiden Kreiskolbenmaschinen so ausgebildet sein müssen, daß während der Drehbewegung der Verdränger (Kreiskolben) der Volumenunterschied zwischen den beiden praktisch gleich Null sein muß. Ein Regenerationswärmetauscher zwischen den Ausgängen der AKM und den Ausgängen der Verdichter verringert die aufzubringende thermische Leistung. 35

Weiterhin ist die Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß eine spontane Leistungsregelung durch die Veränderung der am Arbeitsprozeß beteiligten Arbeitsmittelmenge ermöglicht wird. Durch die einseitige Strömungsrichtung des AM ist ein Regenerator wie bei konventionellen Stirling-Motoren nicht mehr erforderlich. Deshalb sind wesentlich höhere Drehzahlen erreichbar. 40

Theoretischer Prozeß (Fig. 2)

Für den Prozeß werden die Kompression 1 → 2 und die Expansion 3 → 4 isotherm, das Erhitzen 2 → 3 und das Kühlen 4 → 1 isochor angesehen. Damit folgt: 45
Arbeiten und Wärmen. Da bei isothermen Zustandsänderungen eines idealen Gases die Arbeit jeweils in Wärme verwandelt wird, so gilt, wenn m die Masse des Mediums und $p \cdot v = R \cdot T$, sowie $p_1 \cdot v_1 = p_2 \cdot v_2$ ist allgemein:

$$Q_{12} = m \cdot w_g = m \cdot w_t = m \cdot p_1 v_1 \ln \frac{p_1}{p_2} = m \cdot R \cdot T_1 = m \cdot R \cdot T_1 \ln \frac{v_2}{v_1} \quad 50$$

Daraus folgt speziell für die Expansion bzw. Kompression: 55

$$Q_{34} = m \cdot R \cdot T_3 \ln \frac{p_3}{p_4} \quad |Q_{12}| = m \cdot R \cdot T_1 \ln \frac{p_2}{p_1}$$

Im T,s-Diagramm Fig. 2 gilt wenn \bar{m}_w der Wärmemaßstab ist: Arbeitsaufnahme bzw. Wärmeabgabe bei der Kompression: 60

$$|w_{12}| = |q_{12}| = \bar{m}_w \cdot \text{Fläche a12b}$$

Wärmeaufnahme beim Erhitzen $q_{23} = \bar{m}_w \cdot \text{Fläche b23c}$, Arbeitsabgabe bzw. Wärmeaufnahme bei der Expansion: 65

$$w_{34} = q_{34} = \bar{m}_w \cdot \text{Fläche c34d}$$

Wärmeabgabe beim Kühlen:

$$w_{41} = \dot{m}w \cdot \text{Fläche a14d.}$$

5

Wirkungsgrad

Mit dem Arbeitsgewinn $W = Q_{34} - |Q_{12}| = m \cdot R \cdot (T_3 - T_1) \cdot \ln v_2/v_1$, da $v_4 = v_1$ und $v_3 = v_2$ sind.

Damit wird: $\eta = W/Q_{34} = 1 - T_1/T_3$

Dieser Wert stimmt mit der Berechnungsformel des Carnot-Prozeß überein.

10 Für einen maximalen Wirkungsgrad ist es wichtig, daß im Wärmetauscher (4) Fig. 4 möglichst viel Wärmeenergie des AM nach der Expansion zum Erhitzer übertragen wird, bevor dort die noch fehlende Energie nachgeheizt wird.

Tatsächlicher Prozeß

15

Infolge von Strömungs- und Wärmeverlust weicht er vom theoretischen Verlauf ab.

Arbeitsmedium: Hierbei sind zunächst der Wasserstoff, dann das Helium am günstigsten. Ihre geringen Dichten verringern die Strömungsverluste, ihre günstige Wärmekapazität pro Masseinheit verbessern den Wärmeaustausch im Erhitzer. Der max. Betriebsdruck beträgt ≈ 220 bar, die Betriebstemperatur ca. 1100 K.

20

Verbrennung: Da sie kontinuierlich und unter Normaldruck abläuft, ermöglicht sie eine freie Kraftstoffwahl (vielfachstofffähig), eine bessere Brennraumgestaltung und ein höheres Luftverhältnis, als beim Otto- bzw. Dieselmotor. Insbesondere sind schädliche Abgase durch kurze Verweilzeit im Brenner und geringe Temperatur von ≈ 1100 K sehr gering, insbesondere für CO und HC.

25

Arbeitsweise

Fig. 1 zeigt das Funktionsschema einer doppelt wirkenden WKM. Hierbei stellt die obere Hälfte der Figur das eine und die untere Hälfte das andere Teiltriebwerk dar. Beide Teiltriebwerke arbeiten funktionsgleich mit einem Phasenversatz von 180° . Das AM durchströmt erst das eine, und dann das andere Teiltriebwerk. Der Verdichter (9) stellt hier den "kalten Raum" und die AKM (11) den "heißen Raum" für jedes Teiltriebwerk dar. Durch diese Funktionstrennung wird ein Übergreifen der beiden Temperaturbereiche weitgehend vermieden. Der Verdichter (9) und der AKM (11) sind starr miteinander gekoppelt, wobei eine phasenverschobene Anordnung von 180° vorhanden ist. Die Arbeitstemperatur des Verdichters liegt bei ca. 500 K, bis 700 K, die der AKM bei ca. 1100 K.

30

Der Verdichter komprimiert das vom KWT (3) kommende AM $P_{1 \rightarrow 2}$ (theoretisch isotherm und drückt es zuerst durch den RWT (19) wo es vorgeheizt wird und dann durch den EWT (5). Dadurch steigt der Druck weiter $P_{1 \rightarrow 2}$ und die Temperatur steigt $T_{1 \rightarrow 2}$. Danach gelangt das AM in die AKM (11) und dehnt sich dort im Hohlraum (18 u. 18') (theor. isotherm) aus, wobei es in der AKM Arbeit verrichtet, indem es den Kreiskolben (10) bewegt.

35

Um während der Kompressionsphase genügend Druck zwischen Verdichter und AKM aufbauen zu können, sind die Kreiskolben von Verdichter (8) und AKM (10) um 180° versetzt. Der dadurch vorzeitig beendete Kompressionsbereich des Verdichters (9) wird durch ein Rückschlagventil (12 u. 12') am Ausgang des Verdichters (2 u. 2') abgestützt, wodurch die Expansionsphase (= Leistungsabgabe) ohne Rückwirkung abläuft.

40

Durch die gezielte versetzte Anordnung der beiden Kreiskolben beginnt der Verdichter die Kompressionsphase noch bevor der Kreiskolben (10) der AKM (11) seinen Einlaßkanal geschlossen hat. Dieser wickelt momentan noch die restliche Expansionsphase ab. Da das RV (12 u. 12') erst öffnen kann, wenn der Druck im Verdichter größer ist als der Druck im Erhitzer, kann die Kompressionsphase trotzdem beginnen. Nach Abschluß der Expansionsphase in der AKM schließt deren Kreiskolben (10) die Einlaßöffnung (6 u. 6'). Durch die weitergehende Rotation des Verdichters steigt nun die Kompression weiter an, überwindet das Druckgefälle und somit auch das RV, durchströmt den Erhitzer und treibt den Arbeits-Kreiskolben (10) von neuem an.

45

Am Ende der Kompressionsphase, wenn der Kreiskolben des Verdichters den Auslaßkanal (2 u. 2') wieder freigegeben hat, verhindert das RV (2 u. 2') erneut ein Rückströmen des heißen AM vom Erhitzer in den Verdichter und bringt das Gegenmoment für die Drehkraft der AKM. Nach der Expansion des AM verläßt dieses die AKM mit ca. 700 K und durchströmt zuerst den Regenerationswärmetauscher RWT (19) und dann den Kühlwärmetauscher KWT (3), um diesen mit ca. 330 K wieder zu verlassen. Jetzt beginnt der Kreislauf mit Komprimieren des AM von neuem, doch nun in der unteren Hälfte der beiden Teiltriebwerke. Somit erfährt die AKM (11) während einer Kreiskolbenumdrehung 6 Druckbeaufschlagungen. Verdichter und AKM können sowohl mit 2 separaten parallelen Wellen ausgeführt werden, die jedoch gekoppelt sind, als auch auf einer gemeinsamen Welle längs angeordnet sein.

50

55

Leistungsregelung

Im T_s Diagramm entspricht die Fläche c34d der erzeugten Leistung. Um die Leistung und damit die Fläche c34d zu reduzieren wird die am Arbeitsprozeß beteiligte Arbeitsmittelmenge verändert. Diese wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß den Verdichtungsräumen ein gemeinsames Hilfsvolumen HV (13) zugeordnet ist, dessen Öffnungsquerschnitte variabel sind. Gleichzeitig wird die Energiezufuhr zum EWT (5) spontan angepaßt, und zwar so, daß dieser immer die selbe Temperatur beibehält. Eine Ausstattung des EWT mit einer gewissen Wärmekapazität wirkt sich hier vorteilhaft aus.

60

Die genaue Funktion ist in der DT 24 03 252 vom 7.8.1975 aufgezeigt.

Erhitzer

Dieser kann als Vielstoff-Brenner ausgelegt werden. Fig. 1 zeigt symbolhaft eine Anordnung mit Luftenlaß (14), Gebläse (15) und Brennerdüse (16). Als Brenn-Luft dient die Abwärme des Kühlers (3), gemeinsam mit der Brennerrestwärme, entkoppelt durch einen rotierenden Wärmetauscher (4). 5

Fig. 3 zeigt eine solche Brenneranordnung mit hoher Wärmerückführung, die dem thermodynamischen Wirkungsgrad der aufgezeigten WKM gerecht wird.

Anlaßvorgang

Nach einer kurzen Anwärmphase des Erhitzers (Bereich weniger Sekunden) wird der WKM durch einen Anlasser durchgedreht, so daß der Verdichter in die Lage versetzt wird Druck aufzubauen. Danach läuft der WKM ohne zusätzliche Geräusentwicklung selbständig weiter. 10

Motorbremse

Wird am Einlaß (1 u. 1') des Verdichters ein Drosselventil (17) so eingesetzt, daß das von der AKM über den Kühler zum Verdichter gelangende AM in der Durchströmung gehindert wird, läßt sich die AKM als Motorbremse benützen, wobei die anfallende Wärme über den Kühler abgeführt wird. 15

Vorteile

Vorteile des konventionellen Stirling-Motors gegenüber allgemeinem Otto- und Diesel-Motor

Außer der bereits erwähnten günstigeren Schadstoffemission sind das größere und gleichmäßigere Drehmoment zu erwähnen, das insbesondere bei niedrigeren Drehzahlen deutlich höhere Werte erreicht als vergleichbare Otto-Diesel-Motoren, was einfachere Getriebe mit weniger Abstufungen ermöglicht und einen besseren thermodynamischen Wirkungsgrad selbst gegenüber direkt einspritzenden Turbodieselmotoren ergibt, die mit ihrer Rußentwicklung immer stärker in die Umweltproblematik geraten. Für die künftig immer stärker zu beachtende Lärmentwicklung bedeutet die um bis zu 40 dB geringere Geräusentwicklung des beschriebenen Motor einen deutlichen Entwicklungsschub und eine Zukunftsperspektive. Es ist somit der Motor für unsere umweltgeschädigte Zeit. 20 25 30

Vorteile des WKM gegenüber einem konventionellen Stirling-Motor

1. Wesentlich geringeres Bauvolumen in Bezug auf Abgabeleistung durch vielfache Nutzung der KM. Bei Verdichter und Arbeits-KM alle 60° ein Arbeitstakt. 35
2. Weniger bewegliche Teile, einfachere Fertigung.
3. Noch besserer Wirkungsgrad durch Wegfallen des Regenerators, höhere Drehzahlen und dabei bessere Ausnutzung des Carnot-Prozesses. 40

Patentansprüche

1. Wärmekraftmaschine mit äußerer Verbrennung mit
 - zumindest 2 Hohlzylindern (9 u. 11) die mit einem gasförmigen Arbeitsmedium AM befüllbar sind. 45
 - einem Kreiskolben als Verdränger in jedem Hohlzylinder
 - zumindest je einen Wärmetauscher zwischen den Ein- und Auslässen der beiden Hohlzylinder
 - zumindest zwei Einlässen (1 u. 1') und zwei Auslässen (2 u. 2'/7 u. 7') an jedem Hohlzylinder (9 u. 11), die jeweils so mit einander verbunden sind, daß das Arbeitsmedium in stets gleicher Strömungsrichtung durch die Hohlzylinder (9 u. 11) nacheinander hindurchströmen kann, und somit der eine Kreiskolben nur als Verdichter (8) und der andere Kreiskolben als Arbeitsrotor (10) wirksam werden kann, 50

dadurch gekennzeichnet, daß

 - die mit dem Einlaß (6 u. 6') und dem Auslaß (2 u. 2') kommunizierenden Zellen der Hohlzylinder nicht so ausgebildet sein müssen, daß während der Drehbewegung der Verdränger in den Hohlzylinder der Volumenunterschied zwischen den beiden Zellen praktisch gleich Null sein muß, sondern daß die 55
 - Abstützung des Drucks im Erhitzungswärmetauscher (5) durch ein Rückschlagventil RV (12 u. 12') in jeden Kreislauf der Teiltriebwerke erreicht wird,
 - und daß zur spontanen Steuerung der Leistungsabgabe dieser Wärmekraftmaschine die am Arbeitsprozeß beteiligte Arbeitsmittelmengende verändert wird, und daß
 - die durch die Ausgestaltung der Hohlzylinder und der Kreiskolben entstehende Aufteilung der 60
 - Hohlzylinder in zwei oder mehrere Teiltriebwerke so genutzt wird, daß alle Teiltriebwerke am Arbeitsprozeß teilnehmen.
 2. WKM nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle der Rückschlagventile RV (12 u. 12') vom Umlauf des Kreiskolbens gesteuerte Ventile eingesetzt werden.
 3. WKM nach Anspruch 1 + 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Kreiskolben und der Innenwand 65
 - der Hohlzylinder Leckage vorhanden ist.
 4. WKM nach Anspruch 3 dadurch gekennzeichnet, daß diese Leckage ein Spalt ist.
 5. WKM nach Anspruch 1—4 dadurch gekennzeichnet, daß die Kreiskolben eine gemeinsame Welle

besitzen.

6. WKM nach Anspruch 5 dadurch gekennzeichnet, daß die Bauform der Hohlzylinder und Kreiskolben als Trochoidenrotationskolbenmaschine ausgebildet wird.

5 7. WKM nach einer der vorgenannten Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Verdichter und AKM ein Regenerationswärmetauscher eingesetzt ist.

8. WKM nach einen der vorgenannten Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß am Durchflußende des Kühlwärmetauschers (3) ein Drosselventil eingesetzt ist das es ermöglicht die Wärmekraftmaschine bei abgeschalteter Energiezufuhr als Motorbremse zu benützen.

10 9. WKM nach einem der vorgenannter Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß zur Wärmeerzeugung eine Brennstoffzelle eingesetzt wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

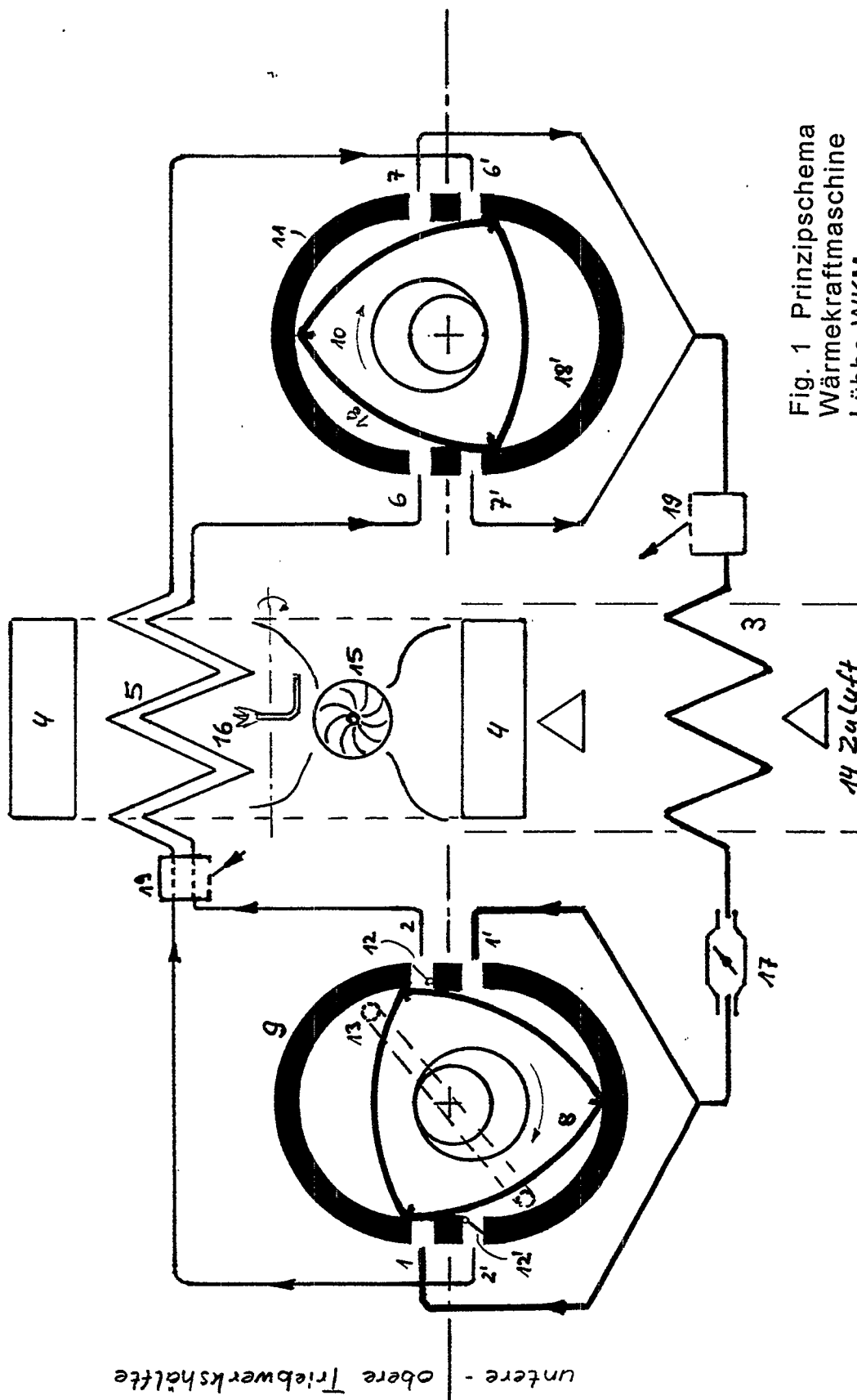
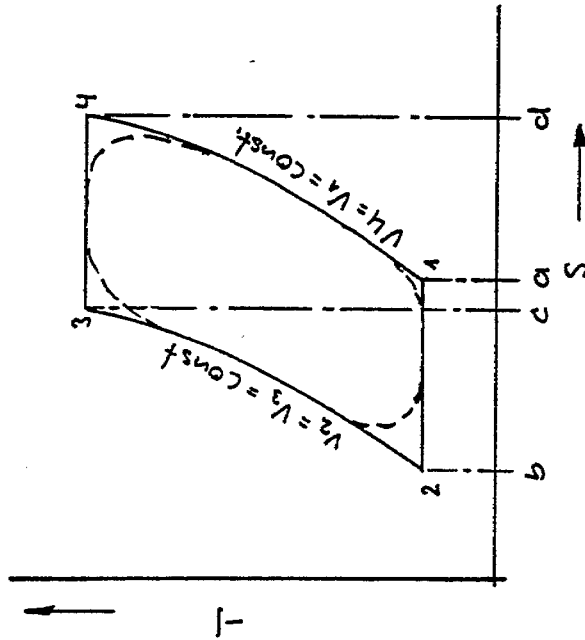


Fig. 1 Prinzipschema
 Wärmekraftmaschine
 Lúbbe WKM



— idealer Prozess
 - - - tatsächlicher Prozess

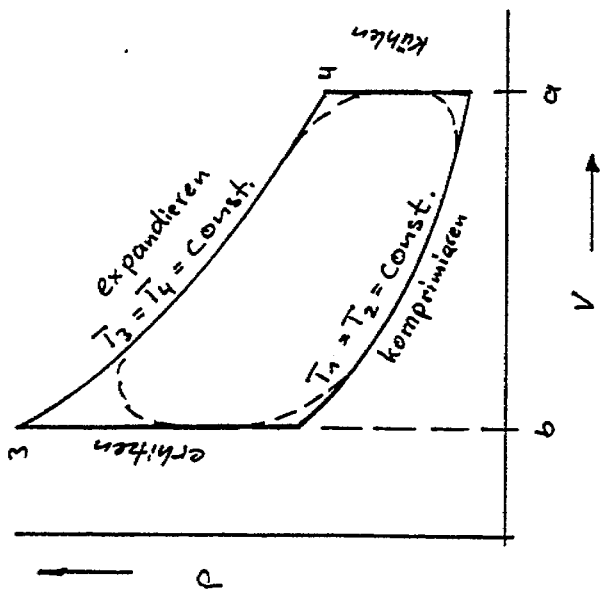


Fig. 2 Arbeitsprozess der Wärmekraftmaschine
 pV und TS-Diagramm
 Lübbe WKM

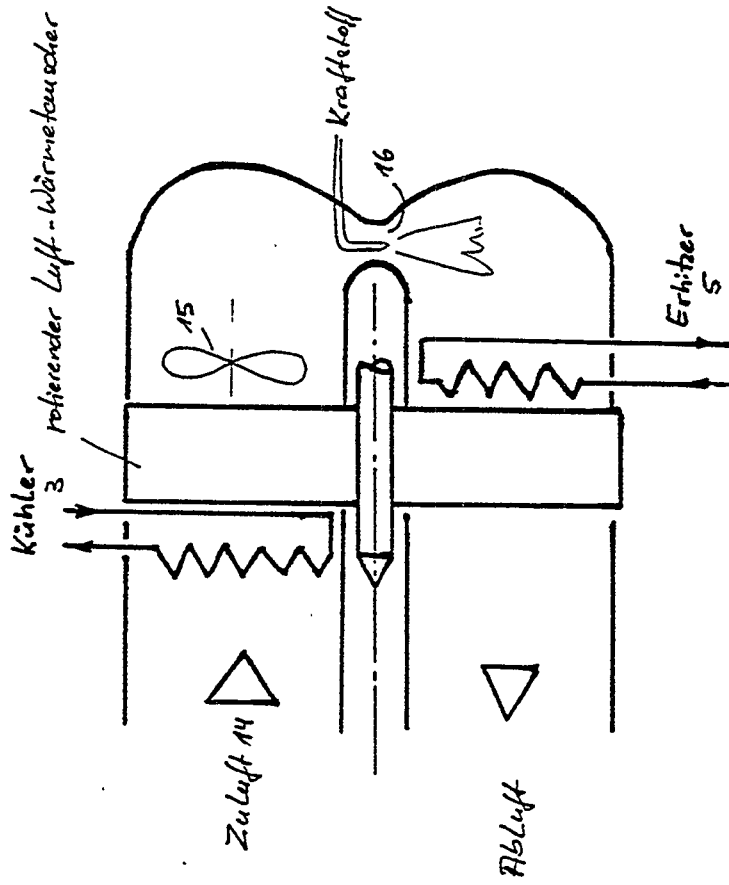


Fig. 3 Brenner Prinzip-
vorschlag
Lübbe WKM

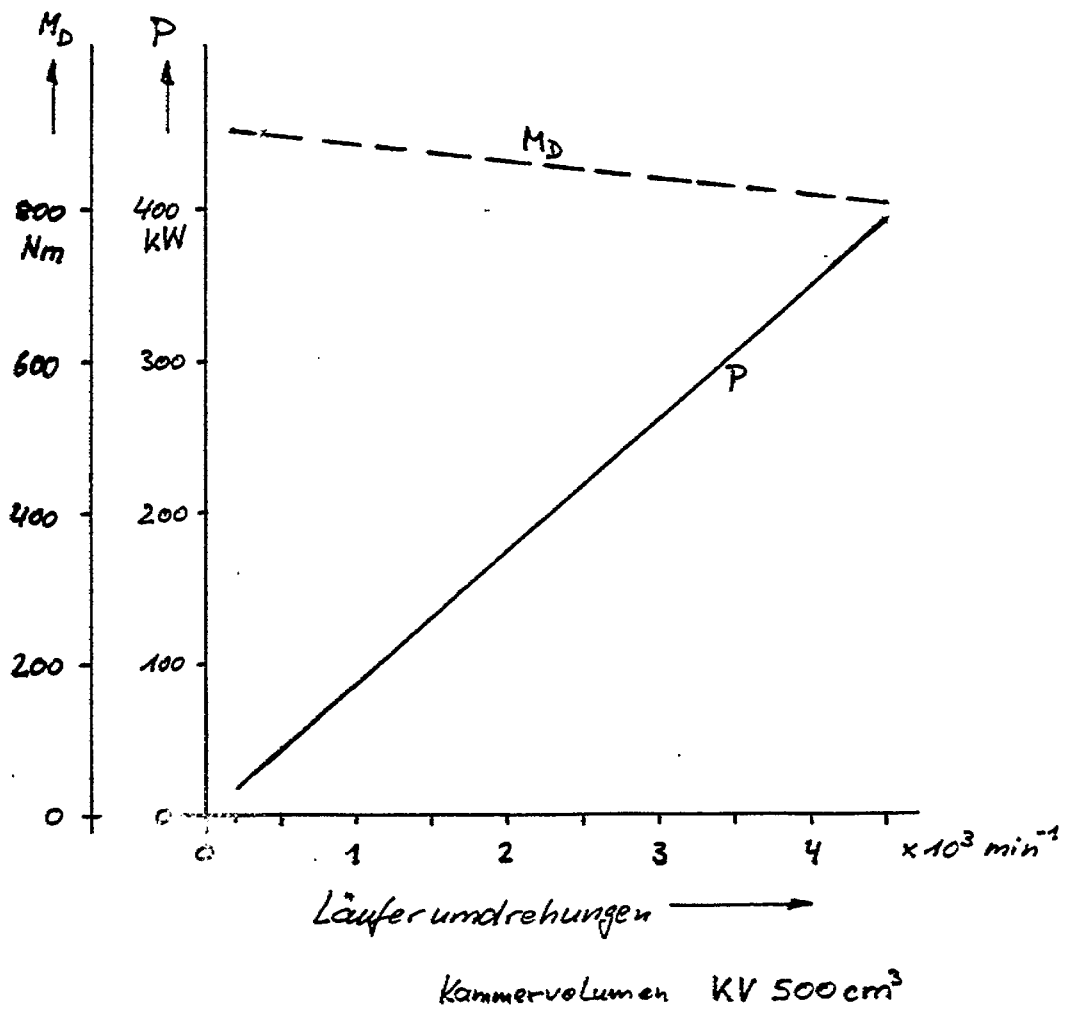


Fig. 4 Beispiel für die Leistungsauslegung einer 3 Liter Maschine LÜbbe WKM