

(21) Anmeldenummer: A 1672/2007

(51) Int. Cl.⁸: **F01K 17/02** (2006.01)
F01B 3/00 (2006.01)

(22) Anmeldetag: 2007-10-17

(43) Veröffentlicht am: 2009-03-15

(56) Entgegenhaltungen:

EP 1405987A1 US 3611876A1
WO 8907699A1 JP 2005337066A
GB 785035A

(73) Patentinhaber:

VÖLKERER KLAUS ING.
A-2620 WARTMANNSTETTEN (AT)
EIDLER WILLIBALD
A-2630 TERNITZ (AT)
KOGELBAUER JOSEF
A-2632 GRAFENBACH (AT)
PAST ARNO
A-2632 GRAFENBACH (AT)

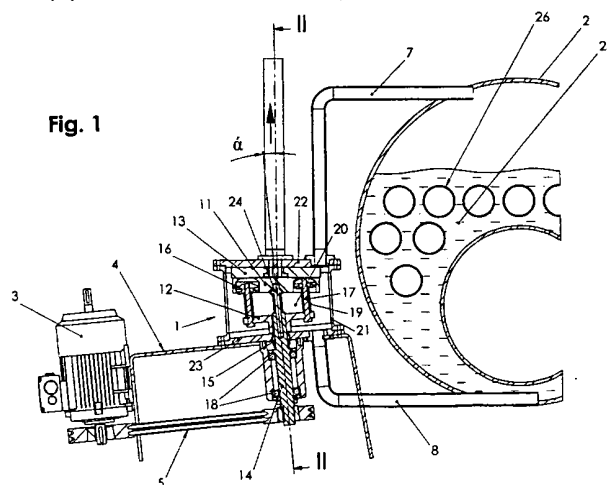
(72) Erfinder:

VÖLKERER KLAUS ING.
WARTMANNSTETTEN (AT)
EIDLER WILLIBALD
TERNITZ (AT)
PAST ARNO
GRAFENBACH (AT)
KOGLBAUER JOSEF
GRAFENBACH (AT)

(54) **WÄRMEKRAFTANLAGE ZUR KOMBINIERTEN ERZEUGUNG VON THERMISCHER UND MECHANISCHER ENERGIE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Wärmekraftanlage zur kombinierten Erzeugung von thermischer und mechanischer Energie, welche Anlage einen Dampferzeuger (2), einen Kondensator (10), eine Speisepumpe und im Druckgefälle zwischen dem Dampferzeuger (2) und dem Kondensator (10) eine Kraftmaschine (1) aufweist. Die Kraftmaschine ist ein Axialkolbenmotor (1), dessen zum Kolbenrotor (12) hin gewandter, hinter dem Zylinderrotor (11) befindlicher Innenraum (20) mit dem Dampferzeuger (2) in Verbindung steht und mit einer unter Arbeitsdruck stehenden flüssigen Phase eines Arbeitsmediums (25), vorzugsweise der unter Arbeitsdruck stehenden flüssigen Phase des Arbeitsmediums des Dampferzeugers (2), gefüllt ist, wobei an der dem Kolbenrotor (12) abgewandten Seite des Zylinderrotors (11) in der an diesem anliegenden Wandung des Motorgehäuses (21) in der Bewegungsbahn der Zylinderöffnungen (27) voneinander getrennt eine Einlassöffnung (29) und eine Auslassöffnung (30) vorgesehen sind, und wobei die Einlassöffnung (29) mit der unter Arbeitsdruck stehenden Dampfphase des Dampferzeugers (2) und die Auslassöffnung

(30) mit der unter Normal- bzw. Unterdruck stehenden Dampfphase des Kondensators (10) verbunden ist.



Die Erfindung betrifft eine Wärmekraftanlage zur kombinierten Erzeugung von thermischer und mechanischer Energie, welche Anlage einen Dampferzeuger, einen Kondensator, eine Speisewasserpumpe und im Druckgefälle zwischen dem Dampferzeuger und dem Kondensator eine eine mechanische Abtriebswelle treibende Kraftmaschine aufweist.

Obwohl die Entwicklung von Wärmekraftanlagen seit vielen Jahren intensiv vorangetrieben wird, besteht angesichts steigender Energiepreise und eines höheren Umweltbewusstseins immer noch ein ständig steigender Bedarf an energetisch günstigen Anlagen, etwa für den Einsatz in Blockheizkraftwerken oder bei Klein- und Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen.

Die Nutzung von Verbrennungsmotoren, wie etwa Ottomotoren und Dieselmotoren, ist für Blockheizkraftwerke nicht ideal. Diese Motoren sind nicht vielstofftauglich, wartungsaufwändig, teuer, und aufwändig in der Herstellung. Außerdem ist der Wirkungsgrad derartiger Motoren eher niedrig und selbst bei optimaler Einstellung der Verbrennung produzieren diese Motoren erhebliche Abgasmengen. Allein der letzte Punkt ist ein entscheidendes negatives Kriterium im Hinblick auf die Sensibilisierung und das wachsende Bewusstsein zum Thema Umwelt.

Dampfturbinen sind für kleine und mittelgroße Anlagen aufgrund der komplexen Technik zu aufwendig und daher wirtschaftlich nicht vertretbar. Auch stellen solche Aggregate hohe Ansprüche an die Dampfqualität.

Leistungsstarke Stirlingmotore sind trotz intensiver Forschungsarbeiten vor allem wegen der hohen Anschaffungskosten und einigen nach wie vor ungelösten technischen Problemen in absehbarer Zeit noch nicht konkurrenzfähig.

Eine mögliche Alternative könnten „Dampfmotoren“ (Kolbendampfmaschinen) bieten. Diese sind für den Einsatz in mittelgroßen Anlagen zwar geeignet, derzeit aber aufgrund der Technik noch zu aufwendig und wirtschaftlich unrentabel. Ein hoher Wirkungsgrad der Dampfmotoren wird durch deren „tote Volumen“ verhindert. Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus käme aufgrund des niedrigen Wirkungsgrades des Dampfmotors dieser erst in Betracht, wenn die Abwärme genutzt werden könnte. Auch stellen, wie bei Dampfturbinen, Kolbendampfmaschinen sehr hohe Ansprüche an die Dampfqualität, Nassdampf ist für beide Aggregate ungeeignet.

Die EP 1 405 987 A1 offenbart eine Wärmekraftanlage zur Erzeugung mechanischer Energie, welche Anlage einen Dampferzeuger, einen Kondensator, eine Speisewasserpumpe und im Druckgefälle zwischen dem Dampferzeuger und dem Kondensator eine eine mechanische Abtriebswelle treibende Kraftmaschine aufweist. Die Kraftmaschine ist ein Axialkolbenmotor, wobei an der dem Kolbenrotor abgewandten Seite des Zylinderrotors in der an diesem anliegenden Wandung des Motorgehäuses in der Bewegungsbahn der Zylinderöffnungen voneinander getrennt eine Einlassöffnung und eine Auslassöffnung vorgesehen sind, und wobei die Einlassöffnung mit der unter Arbeitsdruck stehenden Dampfphase des Dampferzeugers und die Auslassöffnung mit der unter Normal- bzw. Unterdruck stehenden Dampfphase des Kondensators verbunden ist. Die Kolben des Axialkolbenmotors sind im Arbeitstakt auf Druck belastet.

In der US 3 611 876 A1 ist eine Wärmekraftanlage zur Erzeugung mechanischer Energie offenbart, welche Anlage einen Dampferzeuger, einen Kondensator, eine Speisewasserpumpe und im Druckgefälle zwischen dem Dampferzeuger und dem Kondensator eine eine mechanische Abtriebswelle treibende Kraftmaschine aufweist. Die Kraftmaschine ist ein Axialkolbenmotor, wobei an der dem Kolbenrotor abgewandten Seite des Zylinderrotors in der an diesem anliegenden Wandung des Motorgehäuses in der Bewegungsbahn der Zylinderöffnungen voneinander getrennt eine Einlassöffnung und eine Auslassöffnung vorgesehen sind, und wobei die Einlassöffnung mit der unter Arbeitsdruck stehenden Dampfphase des Dampferzeugers und die Auslassöffnung mit der unter Normal- bzw. Unterdruck stehenden Dampfphase des Kondensators verbunden ist. Auch in der US 3 611 876 A1 sind die Kolben des Axialkolbenmotors im Arbeitstakt auf Druck belastet.

Die Druckschrift WO 1989/07699 A1 beinhaltet eine Wärmekraftanlage zur kombinierten Erzeugung von thermischer und mechanischer Energie, welche Anlage einen Dampferzeuger, einen Kondensator und im Druckgefälle zwischen dem Dampferzeuger und dem Kondensator eine mechanische Abtriebswelle treibende Kraftmaschine aufweist. Die Kraftmaschine ist ein Kolbenmotor, die WO 1989/07699 A1 beschreibt jedoch keinen Achsialkolbenmotor.

Die JP 2005337066 A betrifft eine Wärmekraftanlage zur Erzeugung mechanischer Energie, welche Anlage einen Dampferzeuger, einen Kondensator, eine Speisewasserpumpe und im Druckgefälle zwischen dem Dampferzeuger und dem Kondensator eine mechanische Abtriebswelle treibende Kraftmaschine aufweist. Die Kraftmaschine ist ein Axialkolbenmotor. Die Kolben des Achsialkolbenmotors sind regelbar auf Druck belastet.

Die GB 785 035 A offenbart eine Wärmekraftanlage zur Erzeugung mechanischer Energie, welche Anlage einen Dampferzeuger, einen Kondensator, eine Speisewasserpumpe und im Druckgefälle zwischen dem Dampferzeuger und dem Kondensator eine mechanische Abtriebswelle treibende Kraftmaschine aufweist. Als Kraftmaschine ist eine Dampfturbine vorgesehen.

Die vorliegende Erfindung soll eine neuartige Wärmekraftmaschine ermöglichen, die auch im Rahmen kleinerer Anlagen, wie etwa bei Blockheizkraftwerken oder bei Klein- und Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, die obigen Nachteile verringert und eine bessere energetische Bilanz ermöglicht, als entsprechende Anlagen des Standes der Technik.

Diese Ziele werden durch eine Wärmekraftanlage dadurch erreicht, dass die Kraftmaschine ein Axialkolbenmotor ist, dessen zum Kolbenrotor hin gewandter, hinter dem Zylinderrotor befindlicher Innenraum mit dem Dampferzeuger in Verbindung steht und mit einer unter Arbeitsdruck stehenden flüssigen Phase eines Arbeitsmediums; vorzugsweise der unter Arbeitsdruck stehenden flüssigen Phase des Arbeitsmediums des Dampferzeugers, gefüllt ist, wobei an der dem Kolbenrotor abgewandten Seite des Zylinderrotors in der an diesem anliegenden Wandung des Motorgehäuses in der Bewegungsbahn der Zylinderöffnungen voneinander getrennt eine Einlassöffnung und eine Auslassöffnung vorgesehen sind, und wobei die Einlassöffnung mit der unter Arbeitsdruck stehenden Dampfphase des Dampferzeugers und die Auslassöffnung mit der unter Normal- bzw. Unterdruck stehenden Dampfphase des Kondensators verbunden ist. Nassdampf im Zylinder ist damit bei der vorliegenden Erfindung unproblematisch, wodurch es möglich ist, den Motor auch mit Dampf unterschiedlicher und geringer Qualität zu betreiben, ohne den Motor zu schädigen. Dabei wirkt die unter Arbeitsdruck stehende flüssige Phase des Arbeitsmediums an der dem Kolbenrotor zugewandten Kolbenseite (im Folgenden „Kolbenunterseite“) gleichzeitig auch als Schmierstoff, der einen ölfreien Betrieb des Motors erlaubt, ohne dass dazu spezielle Hochleistungswerkstoffe, etwa aus Kohlenstoff und Keramik erforderlich wären. Die an die Zylinderdichtungen gestellten Ansprüche sind gering, da kleine Mengen an Arbeitsmedium von der flüssigen Phase an der Kolbenunterseite am Kolben vorbei zur Dampfphase strömen können, ohne dass dies die Wirkungsweise des Motors wesentlich einschränken oder diesen gar schädigen würde.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann die an dem Zylinderrotor anliegende Wandung des Motorgehäuses durch eine in das Motorgehäuse eingesetzte in Bezug auf den Zylinderrotor feststehende und diesen abdeckende Steuerscheibe ausgebildet sein, die zumindest eine Einlassöffnung, und einen Auslassöffnung aufweist, wobei die Zylinderbohrungen in Abhängigkeit der Rotationslage des Zylinderrotors jeweils entweder in der Einlassöffnung der Steuerscheibe münden, in der Auslassöffnung der Steuerscheibe münden, oder durch die Steuerscheibe abdichtend bedeckt sind. Die Steuerscheibe ist dadurch einerseits als Verschleißteil leicht austauschbar und andererseits ist es möglich, unterschiedliche Steuerscheiben zu verwenden, die durch geänderte Dimensionierungen der Öffnungen eine Anpassung des Motors an verschiedene Arbeitsbedingungen ermöglichen.

Vorzugsweise kann die Steuerscheibe vier aufeinander folgende Winkelbereiche, einen die Einlassöffnung aufweisenden Dampfeinlassbereich, einen abdichtenden Entspannungsbereich, einen die Auslassöffnung aufweisenden Dampfauslass- oder Arbeitstakt-Bereich und einen Leerbereich zwischen Auslassöffnung und Einlassöffnung aufweisen. Dadurch können „tote Volumen“, in welchen die Kolben keinerlei Beitrag zu einem der Arbeitstakte leisten, nahezu vollständig beseitigt werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann die Steuerscheibe im Leerbereich zwischen Auslassöffnung und Einlassöffnung einen Kondensatrückführungskanal aufweisen. Dadurch entfällt die Notwendigkeit, eine eigene Kondensatpumpe vorzusehen.

In vorteilhafter Weise kann die Dampfauslassöffnung der Steuerscheibe mit mehr nebeneinander liegenden Zylinderöffnungen gleichzeitig kommunizieren als die Dampfeinlassöffnung, wobei die Dampfeinlassöffnung bevorzugt nur mit einer Zylinderöffnung gleichzeitig kommuniziert. Diese Ausbildung maximiert die Länge des Arbeitstakts und ermöglicht gleichzeitig einen ausreichend großen Entspannungsbereich, um den Dampf entsprechend der Einsatzbedingungen zu entspannen.

Die Drehachse des Zylinderrotors kann in einer bevorzugten Ausbildung der Erfindung mit der Drehachse des Kolbenrotors einen Winkel zwischen 2° und 7° , vorzugsweise 5° , einschließen. Ein geringer Winkel erlaubt es, die Kolbenstangen am Kolbenrotor nur mit geringem Spiel auszubilden, oder diese fix am Kolbenrotor zu befestigen. Im Falle einer fixen Befestigung könnten die Biegekräfte in den Kolbenstangen, die sich durch den Unterschied zwischen der kreisförmigen Bewegung der Kolben beim Kolbenrotor und der ellipsenförmigen Bewegung der Kolben im Zylinderrotor ergeben, durch die Elastizität der Kolbendichtungen aufgenommen werden. Möglich wird dies, da das Spiel bei einem kleinen Winkel sehr gering ist, und da die Kolbendichtungen im Zylinder erfindungsgemäß nicht absolut dicht sein müssen.

Da in der erfindungsgemäßen Maschine die Kolben in jedem Arbeitstakt ausschließlich auf Zug belastet sind, können alle Kolbenstangen der Axialkolbenmaschine als Zugorgane ausgebildet sein. Die Zugkräfte sind im Bereich des Dampfeinlasses minimal, da der Arbeitsdruck der flüssigen Phase des Arbeitsmediums an der Kolbenunterseite dem Arbeitsdruck der Dampfphase des Dampferzeugers gegenübersteht. Der Druckunterschied nimmt im Entspannungsbereich stetig zu, hat sein Maximum im Arbeitstakt, wo der Arbeitsdruck der flüssigen Phase des Arbeitsmediums an der Kolbenunterseite dem geringen Druck im Kondensator gegenübersteht, und nähert sich im Leerbereich wieder seinem anfänglichen Minimum. Da die Kolbenstangen während des ganzen Umlaufs niemals auf Druck belastet sind, wäre es sogar möglich, die Kolbenstangen als Zugseile auszubilden.

Im Sinne einer einfacheren und stabileren Konstruktion können die Kolbenstangen der Axialkolbenmaschine durch Bohrungen oder Ausnehmungen im Kolbenrotor durch diesen hindurch verlaufen, wobei die Kolbenstangen an der dem Zylinderrotor abgewandten Seite des Kolbenrotors, durch eine Verbreiterung in Form eines Bolzenkopfes, eine Mutter, oder dgl. gegen ein Herausziehen gesichert sind. Um die Kolbenstangen der Wärmekraftanlage auch im Stillstand in ihrer gewünschten Lage zu sichern, können an den Kolbenstangen zwischen dem Kolbenrotor und dem Kolben Druckfedern angeordnet sein.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann der Zylinderrotor im Motorgehäuse schwimmend gelagert sein. Dies ist möglich, da der Zylinderrotor vom Arbeitsdruck der flüssigen Phase des Arbeitsmediums im Innenraum gegen die Steuerscheibe gedrückt und durch Zugwirkung der Kolbenstangen mit dem Kolbenrotor mitbewegt wird und automatisch synchron läuft.

Der mechanische Abtrieb kann in bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung einen Generator, eine Wärmepumpe, einen Kompressor, eine Förderanlage, eine (Speisewasser-) Pumpe

oder eine Kombination dieser Einrichtungen treiben, um die erfindungsgemäße Wärmekraftanlage an eine Vielzahl unterschiedlicher Arbeits- und Umgebungsbedingungen anpassen zu können.

5 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann der Kolbenrotor zwei oder mehrere konzentrische Kolenkränze und der Zylinderrotor zwei oder mehrere konzentrische Zylinderbohrungs-Kreise aufweisen, wobei jedem Zylinderbohrungskreis auf einer Steuerscheibe je ein Einlass und ein Auslass zugeordnet ist und wobei der Einlass der ersten Zylinderreihe mit der Einlassöffnung des Axialkolbenmotors in Verbindung steht, der Auslass der letzten
10 Zylinderreihe mit der Auslassöffnung des Axialkolbenmotors in Verbindung steht, und die Auslässe der anderen Zylinderreihen jeweils mit dem Einlass der nächstgelegenen Zylinderreihe in Verbindung stehen. Durch diese Ausgestaltung ist es möglich, mehrere Entspannungsstufen in einem einzigen Motor zu kombinieren. Die Verbindung zwischen nacheinandergeschalteten Zylinderreihen kann dabei in der Steuerscheibe integriert sein, oder aus dem Gehäuse herausgeführt werden, etwa um Dampf einer mittleren Entspannungsstufe abzuzweigen. Dadurch
15 lassen sich auch bei kleineren Wärmekraftmaschinen Anlagen realisieren, die bisher nur im großen Maßstab, etwa bei Anlagen mit Dampfturbinen, wirtschaftlich realisiert werden konnten.

20 Eine weitere Optimierung der erfindungsgemäßen Anlage kann erzielt werden, indem ein zusätzlicher Kolbenkranz als Kondensatpumpe vorgesehen ist. Dabei sind bei dem Kolbenkranz, der als Kondensatpumpe wirkt, die Positionen der Einlass- und Auslassöffnungen vertauscht, sodass dieser Kranz nicht als Motor, sondern als Pumpe wirkt.

25 Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann schließlich der Kondensatrückführungskanal zu einer Speisewasservorwärmung des Dampfkessels geführt sein, wodurch sich der Gesamtwirkungsgrad der Wärmekraftanlage weiter verbessern lässt. Für die Speisewasservorwärmung kann ein Regenerator vorgesehen sein, welcher als Wärmetauscher zwischen der vom Axialkolbenmotor austretenden unter Normal- bzw. Unterdruck stehenden Dampfphase des Arbeitsmediums und der zum Dampferzeuger führenden Speisewasserleitung ausgebildet ist.

30 Beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung werden im Folgenden anhand von Zeichnungen ausführlich beschrieben, wobei Fig. 1 eine Querschnittsansicht eines zwischen Dampferzeuger, Kondensator und Generator angebrachten Axialkolbenmotors der erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine zeigt, Fig. 2 eine Schnittansicht des Axialkolbenmotors entlang der Linie II-II der
35 Fig. 1 ist, Fig. 3 eine schaubildliche Darstellung der in Fig. 1 dargestellten Anlage ist, Fig. 4 eine Draufsicht der in Fig. 1 dargestellten Anlage ist, Fig. 5 eine schematische Darstellung der Steuerscheibe des Axialkolbenmotors ist, die der Erläuterung der einzelnen Bereiche dient, Fig. 6 eine schaubildliche Darstellung der Steuerscheibe der Fig. 5 ist, Fig. 7 eine schaubildliche Darstellung des Kolbenrotors mit den daran angebrachten Kolben ist, Fig. 8 eine schaubildliche
40 Darstellung des Zylinderrotors ist, Fig. 9 eine schaubildliche Darstellung einer Steuerscheibe ohne Dampfentspannung mit Kondensatrückführung ist, Fig. 10 und Fig. 11 zur Verdeutlichung der Wirkungsweise des erfindungsgemäßen Axialkolbenmotors eine schematische Darstellung zweier drehbarer Scheiben in einer Draufsicht bzw. Seitenansicht zeigen, deren Drehachsen einen Winkel einschließen und zwischen welchen eine Zugfeder in einer Position A und einer Position B dargestellt ist, Fig. 12 eine schematische Darstellung der Elemente der
45 Wärmekraftanlage zur Erläuterung der Abfolge der Kolbenstellungen bei einer Umdrehung des Motors ist, wobei die Kreisbahn der Kolben als Abwicklung in einer Ebene dargestellt ist, Fig. 13 eine schematische Darstellung einer Steuerscheibe für einen Axialkolbenmotor mit zwei konzentrischen Kolbenkränzen und zwei Entspannungsstufen ist, Fig. 14 eine Draufsicht auf einen
50 Zylinderrotor mit zwei konzentrischen Zylinderkränzen ist, der mit der Steuerscheibe der Fig. 13 verwendet werden kann, und Fig. 15 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Anlage ist, welche einen Regenerator zur Speisewasservorwärmung verwendet.

55 Eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Wärmekraftanlage ist in den Fig. 1 bis 4 in verschiedenen Ansichten und Schnitten dargestellt. Die beschriebene Anlage verwendet

Wasserdampf als Arbeitsmedium, es kann jedoch auch ein anderes Medium, welches einen geeigneten Wechsel zwischen Dampfphase und Flüssigphase aufweist, mit einer erfindungsgemäßen Anlage verwendet werden. Ein erfindungsgemäßer Axialkolbenmotor 1 ist auf einer Halterung 4 befestigt und treibt über einen Keilriemen 5 einen Generator 3. Anstatt des Generators könnte der Motor andere Einheiten antreiben, beispielsweise eine Wärmepumpe, einen Kompressor, eine (Speisewasser-) Pumpe, eine Förderanlage oder eine Kombination dieser Einrichtungen. Der für den Betrieb des Motors erforderliche Dampf wird in einem Dampferzeuger 2 erzeugt und über eine Dampfleitung 6 (Fig. 2 bis 4) dem Axialkolbenmotor 1 zugeführt. Zusätzlich führt eine Druckausgleichsleitung 7 und eine Speisewasserleitung 8 vom Dampferzeuger 2 zum Axialkolbenmotor 1. Die Kondensatorleitung 9 führt vom Axialkolbenmotor 1 zu einem Kondensator 10. Die bei der Kondensation im Kondensator abgegebene Wärme wird über einen Heizungsvorlauf und -rücklauf einem Heizsystem zugeführt. Der Kondensator kann bekannter Bauart sein, wobei eine Besonderheit der erfindungsgemäßen Anlage darin liegt, dass Kondensat, welches aus der Kondensatorleitung 9 zurück in den Motor läuft, automatisch in den Motorinnenraum abgegeben werden kann, und über die Speisewasserleitung 8 zurück in den Dampferzeuger 2 gelangt, wie dies weiter unten erläutert wird. Das Kondensat kann jedoch auch in herkömmlicher Weise über eine Speisewasserpumpe wieder in den Dampferzeuger eingespeist werden.

Kernstück der wärmetechnischen Anlage ist der Axialkolbenmotor 1, der in Fig. 1 und 2 in je einer Schnittansicht dargestellt ist. Der Motor ist von einem Motorgehäuse 21 umgeben, welches im Wesentlichen zylindrisch, und oben und unten durch Gehäuseabdeckungen 22, 23 abgeschlossen ist. Der Axialkolbenmotor 1 ist bei der unteren Gehäuseabdeckung 23 an einer Halterung 4 befestigt und weist unten eine zentrale Öffnung auf, durch welche eine Abtriebswelle 14 hindurchgeht. Die Öffnung ist mittels einer Gleitringdichtung 15 gegenüber der Abtriebswelle 14 abgedichtet. Die Abtriebswelle ist an zwei Wellenlagern 18 drehbar gelagert und an ihrem oberen Ende ist im Motorinnenraum 20 ein Kolbenrotor 12 angebracht. An ihrem unteren Ende ist die Abtriebswelle 14 über den Keilriemen 5 mit dem Generator 3 verbunden.

An der Oberseite des Kolbenrotors 12 sind in einem Umkreis um die Drehachse sieben Kolbenstangen 17 angeordnet, wie dies in Fig. 7 schaubildlich dargestellt ist. Am oberen Ende jeder Kolbenstangen 17 ist je ein Kolben 16 angebracht. Wie in den Querschnitten der Fig. 1 und 2 zu erkennen ist, sind die Kolbenstangen in Bohrungen im Kolbenrotor 12 eingesetzt und weisen an ihrem unteren Ende einen Kopf mit einem vergrößerten Querschnitt auf. Bei der Montage werden die Kolbenstangen 17 von unten durch die Bohrungen im Kolbenrotor 12 gesteckt, bis ihr Kopf an diesem anliegt, und danach wird der Kolben 16 an der Kolbenstange befestigt. Zuvor wird noch eine Kolbenfeder 19 auf die Kolbenstange 17 aufgeschoben, die den Kolben 16 vom Kolbenrotor 12 wegdrückt, und somit die Kolbenstange daran hindert, durch die Bohrung im Kolbenrotor nach unten zu rutschen. Da die Kolbenstangen, wie dies später noch detaillierter erklärt wird, während des Motorbetriebs nur auf Zug belastet sind, müssen die Kolbenfedern 19 keine großen Kräfte aufnehmen und dienen hauptsächlich der Stabilität im Stillstand. Die Bohrungen können gegenüber den Kolbenstangen 17 auch ein Spiel aufweisen, sodass die Kolbenstangen 17 in einem entsprechenden Winkel geringfügig geschwenkt werden können. Die Kolben 16 sind in der dargestellten Ausführungsform auf die Kolbenstangen 17 aufgeschraubt, die Befestigung kann jedoch auch auf eine andere bekannte Weise, etwa mittels einer Presspassung, einer Sicherungsmutter, einem Sicherungsring, etc. ausgeführt sein. Die Kolben 16 haben eine in etwa diskus- oder linsenartige Form, wobei sie an ihrem Umfang eine Nut aufweisen, in welcher eine Kolbendichtung 28 angeordnet ist.

Jeder Kolben bewegt sich in einer eigenen Zylinderbohrung 27 eines Zylinderrotors 11, der in Fig. 8 schaubildlich dargestellt ist. Der Zylinderrotor 11 wird durch den Überdruck im Motorinnenraum 20 nach oben an eine Steuerscheibe 13 angedrückt, wie dies noch eingehender erläutert werden wird. Ein Haltedorn 24, der vom Kolbenrotor 12 zentral nach oben absteht, und mit einem kugelartigen Kopfende in einer zentralen Ausnehmung des Zylinderrotors 11 endet, dient dazu, den Zylinderrotor 11 auch bei Stillstand des Motors gegen ein Herunterfallen zu sichern,

und um den Zylinderrotor 11 in seiner Rotationsachse zu zentrieren. Mit Ausnahme dieses Haltedorns 24 ist der Zylinderrotor 11 schwimmend gelagert und es ist auch nicht erforderlich, die Rotation des Kolbenrotors 12 und des Zylinderrotors 11 aufeinander abzustimmen (etwa mittels einer Verzahnung, einem Getriebe oder einer Kardanverbindung), da der Zylinderrotor 11 sich aufgrund der kinematischen Bedingungen immer mit den rotierenden Kolben 16, und somit mit dem Kolbenrotor 12 mitbewegt, wie dies noch eingehender erklärt werden wird. Die Steuerscheibe 13 oberhalb des Zylinderrotors 11 ist fix mit dem Motorgehäuse 21 verbunden, steht also still, während der Zylinderrotor 11 darunter rotiert.

Der Motorinnenraum 20 des Axialkolbenmotors 1 ist an der oberen Gehäuseabdeckung 22 über die Druckausgleichsleitung 7 mit der Dampfphase im oberen Bereich des Dampferzeugers 2 verbunden, und an der unteren Gehäuseabdeckung 23 ist der Motorinnenraum 20 über die Speisewasserleitung 8 mit der flüssigen Phase im unteren Bereich des Dampferzeugers 2 verbunden. Der Dampferzeuger ist teilweise mit Kesselwasser 25 gefüllt, wobei die Wasseroberfläche durch die Strichlinie in Fig. 1 dargestellt ist. Durch das Kesselwasser 25 verlaufen Rauchrohre 26, über die das Wasser aufgeheizt wird, um Dampf zu erzeugen, der sich oberhalb der Wasseroberfläche sammelt. Der Axialkolbenmotor 1 ist unterhalb der Oberfläche des Kesselwassers angeordnet, sodass der Motorinnenraum 20 aufgrund des Prinzips der kommunizierenden Gefäße mit Kesselwasser gefüllt ist, welches damit den gleichen Arbeitsdruck aufweist, wie der Dampferzeuger 2. Durch die Druckausgleichsleitung 7 findet im Wesentlichen kaum ein Durchfluss von Arbeitsmedium statt. Der Massenstrom, mit dem der Axialkolbenmotor 1 angetrieben wird, wird über die Dampfleitung 6 (Fig. 2 bis 4) als Heißdampf unter Arbeitsdruck dem Axialkolbenmotor 1 zugeführt, und über die Kondensatorleitung 9 als entspannter, kühlerer Dampf mit geringem Druck zum Kondensator 10 abgeführt. Von dort gelangt das Kondensat über eine Speisewasserpumpe (diese ist in Fig. 1-4 nicht dargestellt, sie entspricht jedoch im Wesentlichen der Speisewasserpumpe 43, die im Blockschaltbild der Fig. 15 schematisch dargestellt ist) wieder in den Dampfkessel 2. Kondensat, welches über die Kondensatorleitung 9 in den Motor zurückläuft, wird über einen Kondensatrückführungskanal abgegeben, bzw. wieder in den Motorinnenraum 20 eingespeist, wie dies mit Bezug auf die weiteren Figuren in der Folge noch genauer beleuchtet werden wird. Flüssiges Arbeitsmedium, welches über undichte Stellen, etwa an der Kolbendichtung 28 oder am Rand des Zylinderrotors 11 vorbei, in den Antriebs-Massenstrom gelangt, vermischt sich entweder mit dem (Dampf-)Massenstrom oder es wird auf die selbe Weise behandelt, wie das Kondensat.

Für die Funktion des Axialkolbenmotors 1 ist es wesentlich, dass, wie in Fig. 1 klar zu erkennen ist, die Achse des Kolbenrotors 12 und die Achse des Zylinderrotors 11 unter einem geringen Winkel α (etwa zwischen 2° und 7° , vorliegend etwa 5°) zueinander angeordnet sind, sodass der Zylinderrotor 11 und der Kolbenrotor 12 an der bezogen auf Fig. 1 rechten Motorseite aufgrund der Neigung einen geringeren Abstand zueinander haben, als auf der gegenüberliegenden Seite. Daher ist der in der Fig. 1 rechte Kolben ganz tief in seine Zylinderbohrung 27 eingeschoben, sodass nur ein minimales oder gar kein Volumen oberhalb des Kolbens verbleibt, und der in der Fig. 1 linke Kolben befindet sich in der maximal herausgezogenen Lage, wobei auch das Volumen oberhalb des Kolbens maximal ist. Werden nun die Rotoren gedreht, so befinden sich nach einer Drehung um 90 Grad die Kolben und Zylinder der beiden Rotoren in der in Fig. 2 gezeigten Lage, in der beide Kolben auf der gleichen Höhe in der Zylinderbohrung 27 angeordnet sind, sodass sich oberhalb beider Kolben das selbe Volumen befindet, und nach einer Drehung um weitere 90 Grad haben die beiden Kolben ihre Position vertauscht, wobei der zuvor ganz rechts gelegene Kolben das Volumen seiner Zylinderkammer von annähernd Null auf ein Maximum vergrößert hat (Ansaug- bzw. Entspannungstakt), und der andere Kolben das Volumen seiner Zylinderkammer auf nahezu Null verringert hat. Ist nun kurz nach dem oberen Totpunkt, in dem Bereich, wo der Kolben sich von der Steuerscheibe 13 entfernt, ein (in Bezug auf das Motorgehäuse feststehender) Einlass vorgesehen, und an der gegenüberliegenden Seite der Steuerscheibe 13 ein Auslass, etwa indem die in Fig. 9 dargestellte Steuerscheibe 13 oberhalb des Zylinders angeordnet ist, so saugt jeder Kolben Arbeitsmedium an, wenn er am Einlass vorbeiläuft, und stößt es an der gegenüberliegenden Seite beim Auslass wieder aus.

Diese Arbeitsweise ist herkömmlichen Axialkolbenmaschinen sehr ähnlich, beim Betrieb der erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine als Motor sind jedoch einige Besonderheiten zu beachten, auf die im Folgenden eingegangen werden soll.

5 Dadurch, dass die Achsen der beiden Rotoren zueinander einen Winkel einschließen, bewegen sich die Anlenkpunkte der Kolbenstangen am Kolbenrotor in einer schräg zur Achse des Zylinderrotors stehenden Kreisbahn, sodass sich die bei den Kolben gelegenen Enden der Kolbenstangen in Bezug auf den Zylinderrotor bei einer Umdrehung um die Achse des Zylinderrotors entlang einer elliptischen Bahn bewegen (ähnlich der Ellipsenform, die sich bei einem schrägen
10 Schnitt durch ein kreiszylindrisches Rohr ergibt). Dies bedeutet, dass jede Kolbenstange 17 bei einer Umdrehung des Kolbenrotors 12 in Bezug auf den Kolbenrotor 12 nicht gerade bleibt, sondern „taumelt“. Aufgrund des geringen Neigungswinkels von nur 5° ist dieses Taumeln jedoch verhältnismäßig gering, und kann durch ein entsprechendes Spiel bei der Befestigung der Kolbenstangen 17 am Kolbenrotor 12 einerseits und durch eine elastische Verformung der
15 Kolbendichtungen 28 in dem Zylinderrotor andererseits ausgeglichen werden. Dabei ist es wesentlich, dass die Kolben im Betrieb nur auf Zug belastet sind, da die (bewegliche) Befestigung der Kolbenstangen 17 am Kolbenrotor 12 dadurch viel leichter zu realisieren ist, als eine Befestigung, welche auch Druckkräfte aufnehmen muss. Durch die nicht vorhandenen Druckkräfte wäre es auch möglich, anstatt der Kolbenstangen 17, Seile zu verwenden, bzw. in die
20 Kolbenstangen 17 nahe dem Kolbenrotor 12 ein Gelenk einzusetzen, welches die Taumelbewegungen ermöglicht.

Der Dampf, der über die Dampfleitung 6 dem Axialkolbenmotor 1 zugeführt wird, gelangt zu der Steuerscheibe 13, die dazu dient, den Dampf an den richtigen Stellen zu den darunter rotierenden Zylinderbohrungen zu leiten. Es können verschiedene Steuerscheiben 13 verwendet werden, wobei eine bevorzugte Ausführungsform in Fig. 9 und eine weitere bevorzugte Ausbildung in Fig. 6 dargestellt ist. Fig. 5 zeigt eine schematische Draufsicht auf die Steuerscheibe der Fig. 6, wobei die darunterliegenden Zylinderbohrungen in Strichlinien dargestellt, und die einzelnen Arbeitstakte angegeben sind.

30 Die Steuerscheibe 13 der Fig. 9 weist an der dem Zylinderrotor zugewandten Zylinderdeckfläche 32 zwei bogenförmige Durchgänge bzw. Nuten auf, von denen eine als Einlassöffnung 29 und die andere als Auslassöffnung 30 dient. An der Rückseite der Steuerscheibe 13 sind hinter jeder Nut je eine Bohrung erkennbar, über welche die Verbindung zur Dampfleitung 6 bzw. der Kondensatorleitung 9 hergestellt wird. Die Einlassöffnung 29 ist somit mit der Dampfleitung 6 verbunden, und die Auslassöffnung 30 mündet in die Kondensatorleitung 9. Zwischen der Auslassöffnung 30 und der Einlassöffnung 29 ist weiters ein Kondensatrückführungskanal 31 eingebracht. Ist die Steuerscheibe der Fig. 9 in den Axialkolbenmotor 1 eingebaut (Fig. 1 und 2), dann sind alle Zylinder des Zylinderrotors, die an die Einlassöffnung 29 angrenzen, über die
40 Dampfleitung 6 mit dem unter Arbeitsdruck stehenden Heißdampf des Dampfzeugers beaufschlagt, wohingegen alle Zylinder, die an die Auslassöffnung 30 grenzen, über die Kondensatorleitung 9 mit dem unter niedrigem Druck stehenden Kondensator 10 verbunden sind. Einer der Zylinder (in dem sich der Kolben am oberen Totpunkt befindet) steht mit dem Kondensatrückführungskanal 31 in Verbindung. Durch diese Druckverteilung werden die einzelnen Kolben
45 16 des Axialkolbenmotors 1 mit einem unterschiedlichen Druck beaufschlagt. Es ist jedoch zu bedenken, dass an der Kolbenunterseite die unter Arbeitsdruck stehende flüssige Phase des Arbeitsmediums des Dampfzeugers, in dem Fall Kesselwasser, in der Gegenrichtung auf die Kolben wirkt. Da sich der Motor unterhalb der Wasseroberfläche des Kessels befindet, ist der Druck im Motorinnenraum 20 geringfügig höher als der bei der Einlassöffnung 29 an der Kolbenoberseite anliegende Druck des Heißdampfes des Dampfzeugers. Auf diesen Druckunterschied ist es zurückzuführen, dass die Kolbenstangen 17 in jeder Umlaufposition immer auf Zug belastet sind, wobei die Kolben, die mit der Einlassöffnung 29 in Verbindung stehen, nur einen
50 leichten Zug ausüben (aufgrund des geringen Druckunterschieds), und die Kolben, die mit der Auslassöffnung 30 in Verbindung stehen, aufgrund des hohen Druckunterschieds zwischen Kondensatorleitung 9 und Motorinnenraum 20 stark nach oben gezogen werden. Durch diese
55

Kraftverteilung ergibt sich im Prinzip eine Umkehrung der Funktionsweise herkömmlicher Axialkolbenmotoren, bei denen der in Bezug auf den Zylinderrotor schräg stehenden Kolbenrotor aufgrund des Drucks auf die mit dem Druckeinlass verbundenen Kolbenstangen in Rotation versetzt wird. Bei der vorliegenden Erfindung bewirkt der Zug auf die mit der Auslassöffnung 30 verbundenen Kolben 16 die Drehung des Kolbenrotors. Der Heißdampf wird gegen den Druck des Arbeitsmediums im Motorinnenraum 20 von den Kolben beim vorbeilaufen an der Einlassöffnung 29 angesaugt.

Das flüssige Arbeitsmedium im Motorinnenraum 20 dient gleichzeitig der Schmierung der beweglichen Teile, sodass ein ölfreier Betrieb gewährleistet ist, darüber hinaus drückt das im Motorinnenraum 20 unter Druck stehende Arbeitsmedium den Zylinderrotor 11 nach oben gegen die Steuerscheibe 13, sodass zum Halten des Zylinderrotors 11 keine aufwändigen Lager erforderlich sind. Es reicht aus, den Zylinderrotor 11 in seiner Rotationsachse zu zentrieren, was in der dargestellten Ausführungsform über den Haltedorn 24 erfolgt.

Ein weiterer Vorteil der unter Arbeitsdruck stehenden flüssigen Phase des Arbeitsmediums im Motorinnenraum 20 liegt darin, dass die Kolben 16 und der Zylinderrotor 11 nicht absolut dicht sein müssen, da sich an beiden Seiten der Kolben dasselbe Medium befindet, wenn auch in einem anderen Aggregatzustand. Gelangen nun an undichten Stellen kleine Mengen des flüssigen Arbeitsmediums in den Dampfbereich an der Kolbenoberseite (dies ist insbesondere im Bereich der unter niedrigem Druck stehenden Auslassöffnung 30 zu erwarten), so verdampfen sie entweder und vereinigen sich mit dem Dampf, oder sie bilden Kondensat, welches zusammen mit dem aus dem Kondensator zurücklaufenden Kondensat am oberen Totpunkt über den Kondensatrückführungs kanal 31 wieder ausgeschieden wird. Aufgrund dieser geringen Ansprüche an die Dichtheit kann der Motor auch mit Dampf geringer Qualität oder mit Feuchtdampf betrieben werden, der bei herkömmlichen Dampfmaschinen oder Turbinen schnell die technisch hochwertigen Kolbendichtungen bzw. die Turbinenschaufeln beschädigen würde.

Aufgrund der besonderen Wirkungsweise des Axialkolbenmotors 1 ist es auch nicht erforderlich, die Drehung des Zylinderrotors 11 mit der Drehung des Kolbenrotors 12 zu synchronisieren, da der Zylinderrotor immer von selbst der Drehung des Kolbenrotors folgt. Dabei ist es auch nicht notwendig, über die Kolbenstangen-Biegekräfte zu übertragen, alleine die Zugkräfte, die auf die Kolbenstangen wirken, reichen aus, um die Drehung von Zylinderrotor 11 und Kolbenrotor 12 aufeinander abzustimmen. Auch wenn man die Kolbenstangen durch Seile ersetzt, bleiben beide Rotoren synchron, wobei sich die beiden Rotoren nur unwesentlich gegeneinander verdrehen. Dies wird anhand eines Modells und der in Fig. 10 und 11 gezeigten schematischen Darstellungen erläutert.

Fig. 10 und 11 zeigen in einer Draufsicht und einer Seitenansicht zwei übereinander angeordnete, drehbar gelagerte Scheiben 33, 34 deren Drehachsen unter einem Winkel β zueinander angeordnet sind. Verglichen mit dem Winkel α der Fig. 1 ist der Neigungswinkel β der Scheiben 33, 34 in den Figuren übertrieben groß dargestellt, um die Wirkungsweise zu verdeutlichen. Wird nun von Punkt A der oberen Scheibe 33 aus eine Zugfeder (oder ein elastisch gedehntes Gummiband) zum darunter liegenden Punkt A' der unteren Scheibe 34 gespannt, so werden sich aufgrund der aufgebrachten Zugkraft beide Scheiben gleichzeitig drehen, bis die Feder sich vom Punkt A zum Punkt B bewegt hat, an dem der Abstand der beiden Aufhängepunkte B-B' minimal ist. Dasselbe Prinzip bewirkt auch die Drehung des erfindungsgemäßen Axialkolbenmotors 1, wobei der Punkt A der Stelle entspricht, an der die Zylinderbohrung im Zylinderrotor 11 mit der Auslassöffnung 30 in der Steuerscheibe in Verbindung gelangt, sodass aufgrund des Druckunterschiedes eine hohe Zugkraft auf die Kolbenstange aufgebracht wird. Noch vor dem unteren Totpunkt (in dem Modell der Fig. 10 und 11 würde dies dem Punkt B entsprechen) wird die Zylinderbohrung von der Auslassöffnung 30 getrennt, sodass nur noch geringe Zugkräfte auf die Kolbenstange wirken, sodass sich die Rotoren aufgrund der immer wieder neu in den Bereich der Auslassöffnung 30 gelangenden Zylinder immer weiter dreht.

Wenn nun die untere Scheibe 34 in dem Modell festgehalten bzw. gebremst wird, während die obere Scheibe 33 sich weiterhin ungehindert drehen kann (dies entspricht dem vom Generator 3 an den Kolbenrotor 12 angelegten Drehmoment unten und dem frei drehbaren Zylinderrotor 11 oben) würde sich die oberer, freie Scheibe 33 auch bei einer bis zum Stillstand abgebrems-

5 ten unteren Scheibe nur so weit verdrehen, bis der Abstand der beiden Punkte A und A' minimal ist. Bei einem geringen Neigungswinkel der beiden Scheiben würde dies dazu führen, dass sich die freie obere Scheibe 33 um nur einige wenige Grad gegenüber der unteren Scheibe verdreht, wie der Fachmann leicht durch kinematische Überlegungen nachvollziehen kann. Wenn der Kolbenrotor 12 durch den Generator stark gebremst wird, bedeutet dies umgelegt auf das

10 Prinzip des Axialkolbenmotors 1, dass sich der Zylinderrotor 11 auch bei großen Antriebslasten kaum in seiner Lage gegenüber dem Kolbenrotor 12 verdreht.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung verwendet eine Steuerscheibe 13, wie sie in Fig. 6 dargestellt ist. Der Unterschied gegenüber der Steuerscheibe 13 in Fig. 9 liegt

15 darin, dass die Einlassöffnung 29 sehr viel kleiner ausgeführt ist, sodass im Wesentlichen immer nur ein Zylinder gleichzeitig mit dem Dampfeinlass in Verbindung steht. Dadurch entsteht zwischen der Einlassöffnung 29 und der Auslassöffnung 30 ein Bereich, in dem die Zylinder durch die Zylinderdeckfläche 32 abgedeckt sind. Da diese Abdeckung in einem Bereich stattfindet, in dem das Volumen zunimmt, wird der bei der Einlassöffnung 29 aufgenommene Dampf

20 entspannt, bevor der Kolben die Auslassöffnung 30 erreicht, und der Arbeitstakt beginnt. Fig. 5 zeigt eine Draufsicht der Steuerscheibe 13, wobei die einzelnen Winkelbereiche eingezeichnet sind. Die Drehrichtung verläuft vom oberen Totpunkt (OT - minimales Volumen), über den Dampfeinlassbereich (I), den Entspannungsbereich (II), den unteren Totpunkt (UT - maximales Volumen), den Dampfauslass- oder Arbeitstaktbereich (III) und zurück zum OT, an dem sich ein

25 Kondensatrückführungskanal 31 befindet (IV).

Um den Dampf bei der Einlassöffnung 29 anzusaugen und diesen dann bis zum unteren Totpunkt zu entspannen, muss Kraft aufgewendet werden, da bereits im Entspannungsbereich (II) ein hoher Druckunterschied zwischen Kolbenober- und -unterseite aufgebaut wird, sodass die

30 Kolbenkräfte entgegen der Drehrichtung wirken. Die dafür erforderliche Kraft wird im Dampfauslassbereich (III) gewonnen, in dem über den gesamten Bereich der volle Arbeitsdruck des Arbeitsmediums im Motorinnenraum 20 dem minimalen Druck in der Kondensatorleitung 9 gegenübersteht. Dieser Bereich stellt somit den eigentlichen Arbeitstakt des Axialkolbenmotors 1 dar. Wenn der Kolben nach dem Arbeitstakt wieder zum oberen Totpunkt gelangt, wird Kondensat, das aus der Kondensatorleitung 9 zurückläuft bzw. durch undichte Stellen eindringt,

35 über den Kondensatrückführungskanal 31 an eine Kondensatorleitung (bzw. direkt in den Motorinnenraum 20) abgegeben.

Die Länge der Einlassöffnung 29 kann entsprechend den Anlagenparametern mittels ausgewählter Steuerungsscheiben so angepasst werden, dass das für die Anlage geeignete Druckge-

40 fälle zwischen dem Heißdampf und dem Kondensator erzielt wird.

Fig. 12 zeigt als Abwicklung in einer diagrammartigen Darstellung aneinandergereiht die einzelnen Stellungen, die ein Kolben 16 während einer Umdrehung des Zylinderrotors 11 durchläuft. Im Dampfeinlassbereich (I) saugt der Kolben über die Einlassöffnung 29 Heißdampf aus der

45 Dampfleitung 6 und der Dampf wird im Entspannungsbereich (II) entspannt. Da die Maschine auch problemlos im Nassdampfbereich arbeitet, kann der Dampf direkt aus dem Dampferzeuger zugeführt werden. In diesem Fall würde sich etwa bei einem Arbeitsdruck von 40 bar eine Dampftemperatur von 250 °C ergeben, bei 20 bar beliefe sich die Temperatur auf etwa 212 °C

50 und bei 16 bar auf etwa 200 °C. Um die dem Kondensator zugeführte Energie zu erhöhen, kann der Dampf auch überhitzt werden, bevor er dem Motor zugeführt wird, wobei je nach Anlage Dampftemperaturen zwischen 350 und 600 °C, gegebenenfalls auch mehr, erreicht werden könnten.

Sobald die Zylinderöffnung - nach Durchlaufen des unteren Totpunkts (UT) - mit der Auslassöff-

55

nung 30 in Verbindung gelangt, werden die Kolben im Dampfauslass- oder Arbeitstaktbereich (III) aufgrund des hohen Druckunterschieds zwischen der Kondensatorleitung 9 und dem unter Arbeitsdruck stehenden, im Motorinnenraum 20 befindlichen flüssigen Arbeitsmedium 25 nach oben gedrückt, wobei der entspannte Dampf an den Kondensator abgegeben wird. Der Druck im Kondensator könnte beispielsweise 0,2 bar betragen, wobei in diesem Fall der entspannte Dampf den Motor mit einer Temperatur von etwa 60 °C verlässt. Der Druck im Kondensator kann jedoch auch höher sein, wodurch sich für den Dampf, der dem Kondensator zugeführt wird, auch eine höhere Temperatur ergibt. Diese höhere Temperatur könnte beispielsweise auch für eine Speisewasservorwärmung genutzt werden, wie dies weiter unten im Zusammenhang mit Fig. 15 beschrieben ist. Je nach Bedarf kann die Anlage auch mit anderen Drücken und Temperaturen betrieben werden, wobei die entsprechenden Drücke/Temperaturen aus Dampftabellen oder Dampfdiagrammen entnommen werden können. Nach dem Arbeitstakt wird im Kondensatbereich (IV) das Kondensat, das sich im Arbeitstakt im Zylinder gesammelt hat, in den Kondensatrückführungskanal 31 gedrückt. Der Kondensatrückführungskanal 31 könnte auch direkt in den Motorinnenraum 20 münden.

Dadurch, dass beim oberen Totpunkt ein Rest an Kondensat im Zylindervolumen verbleibt, wird beim einsetzenden Kolbenhub vermieden, dass in diesem Bereich ein totes Volumen entsteht, welches die Leistung des Motors vermindern würde.

Im Kondensator 10 wird der entspannte Dampf kondensiert, wobei ein Heizkreislauf beheizt wird, der in dem Diagramm durch den Heizungsvorlauf 36 und den Heizungsrücklauf 37 angedeutet ist. Ein Teil des Kondensats läuft über die Kondensatorleitung 9 zurück in den Motor, wo es von den Kolben in den Kondensatrückführungskanal 31 abgegeben wird. Der Rest des Kondensats gelangt in eine dem Kondensator nachgelagerte Speisewasserpumpe, welche das Kondensat wieder dem Dampferzeuger zuführt. Alternativ kann auch das gesamte Kondensat aus dem Kondensator in die Auslassöffnung 30 des Axialkolbenmotors 1 zurücklaufen und im Kondensatbereich (IV) in den Kondensatrückführungskanal 31 abgegeben werden. Dabei kann, wie dies etwa auch bei dem in Fig. 1 dargestellten Motor möglich ist, der Kondensatrückführungskanal 31 das Kondensat in den Motorinnenraum 20 einleiten, von wo es über die Speisewasserleitung 8 in den Dampfkessel 2 zurück gelangt. In diesem Fall ist keine eigene Speisewasserpumpe erforderlich, da der gesamte Massenstrom, der als Dampf über die Dampfleitung 6 dem Motor zugeführt wird, als Kondensat über den Kondensatrückführungskanal 31 wieder in den Motorinnenraum 20 abgegeben wird. Das Kondensat, das als Speisewasser über die Speisewasserleitung 8 dem Dampferzeuger 2 zugeführt wird, kann alternativ auch von einer Speisewasservorwärmung aufgewärmt werden, bevor es dem Dampferzeuger 2 zugeführt wird.

Fig. 15 zeigt ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Wärmekraftanlage, wobei die Anlage mit einem Überhitzer 42 und einem Regenerator 41 zur Speisewasservorwärmung ausgestattet ist. Der vom Dampferzeuger erzeugte Dampf wird, nachdem er im Überhitzer 42 überhitzt wurde, dem Axialkolbenmotor 1 zugeführt. Danach gelangt der entspannte Dampf über einen Regenerator 41 zum Kondensator 10. Der Regenerator ist ein üblicher Wärmetauscher, der den Dampf weiter abkühlt, bevor er zum Kondensator geführt wird. Die abgeführte Wärme wird genutzt, um das von der Speisewasserpumpe 43 geförderte Speisewasser zu erwärmen, bevor dies dem Dampferzeuger zugeführt wird.

Bei größeren Axialkolbenmotoren können in einer weiteren Ausbildungsform der vorliegenden Erfindung auf dem Kolbenrotor 1 mehrere konzentrische Kolbenkränze angeordnet sein, wobei im Zylinderrotor 11 ebenfalls entsprechende konzentrische Zylinderkränze angeordnet sind. Jeder Kolbenkranz wirkt dabei wie ein eigener Axialkolbenmotor mit eigener Einlassöffnung 29, 29' und Auslassöffnung 30, 30' in einer Steuerscheibe 13, wobei eine gemeinsam genutzte Steuerscheibe vorgesehen sein kann. Eine solche Steuerscheibe 13 für zwei konzentrische Kolbenkränze ist in Fig. 13 schematisch dargestellt, wobei die Fig. 14 eine Draufsicht einer Zylinderrotors 11 mit zwei konzentrischen Kränzen von Zylinderbohrungen 27, 27' zeigt, welcher mit der Steuerscheibe 13 der Fig. 13 verwendet werden kann. Der Dampf wird dabei in

zwei Stufen entspannt, wobei der Heißdampf über eine zur Dampfleitung 6 führende Eingangsöffnung 38 der Einlassöffnung 29 des inneren Kolbenkranzes zugeführt wird, und die Einlassöffnung 29' des äußeren Kolbenkranzes mit dem vorentspannten Dampf beschickt wird, der in die Auslassöffnung 30 des inneren Kolbenkranzes abgegeben und über einen Verbindungsgang 40 der Einlassöffnung 29' zugeführt wird. Im zweiten Kolbenkranz wird der Dampf dann weiter entspannt, und über die Auslassöffnung 30' des zweiten Kolbenkranzes über eine zur Kondensatorleitung 9 führende Ausgangsöffnung 39 an einen Kondensator abgegeben.

Die Steuerscheibe 13 kann als einfache Scheibe ausgebildet sein, an derer dem Zylinderrotor zugewandter Seite (die in Fig. 13 sichtbare Vorderseite) die Einlassöffnungen 29, 29', die Auslassöffnungen 30, 30' und der Kondensatrückführungs kanal 31 als Nuten oder Vertiefungen eingebracht sind. In der gleichen Weise sind die zur Kondensatorleitung 9 führende Ausgangsöffnung 39 und die zur Dampfleitung 6 führende Eingangsöffnung 38 sowie der Verbindungsgang 40 in die gegenüberliegende Seite (die Rückseite in Fig. 13) der Steuerscheibe eingebracht, sodass an den Stellen, wo sich die Vertiefungen 29, 29', 30, 30' an der Vorderseite mit den Vertiefungen 38, 39, 40 an der Rückseite überschneiden, ein Durchlass von der Vorder- zur Rückseite geschaffen ist.

Der über die einzelnen Kolbenkranze transportierte Massenstrom muss aufeinander abgestimmt werden, um eine optimale Leistung beider Kolbenrotoren zu gewährleisten. Der aus der Auslassöffnung 30 des inneren Kolbenkranzes abgegebene Dampf kann entweder über den in der Figur gezeigten Verbindungsgang 40 zu der Einlassöffnung 29' des äußeren Kolbenkranzes geleitet werden, oder er kann über eine Leitung außerhalb des Gehäuses geführt werden, wobei in beiden Fällen auch ein Teil des vorentspannten Dampfes entnommen werden kann, wodurch sich Anwendungsmöglichkeiten ergeben, die bisher nur mittels Dampfturbinen in Großanlagen (bei denen Dampf zwischen einzelnen Turbinenstufen abgezapft wird, um etwa eine Speisewasservorwärmung oder dgl. zu beschicken) oder durch mehrere hintereinandergeschaltete Aggregate erzielt werden konnten. Auch könnte der Dampf in einem zwischengeschalteten Überhitzer zwischen den beiden Stufen nochmals überhitzt werden, falls der Axialkolbenmotor mit überhitztem Dampf betrieben wird.

Da der erfindungsgemäße Axialkolbenmotor durch Vertauschen der Ein- und Auslassöffnung auch als Pumpe betrieben werden kann, ist es möglich, in einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, einen der konzentrischen Kolbenkranze, etwa den innersten Kolbenkranz, als Speisewasserpumpe zu nutzen.

Patentansprüche:

1. Wärmekraftanlage zur kombinierten Erzeugung von thermischer und mechanischer Energie, welche Anlage einen Dampferzeuger (2), einen Kondensator (10), eine Speisewasserpumpe und im Druckgefälle zwischen dem Dampferzeuger (2) und dem Kondensator (10) eine mechanische Abtriebswelle (14) treibende Kraftmaschine (1) aufweist, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Kraftmaschine ein Axialkolbenmotor (1) ist, dessen zum Kolbenrotor (12) hin gewandter, hinter dem Zylinderrotor (11) befindlicher Innenraum (20) mit dem Dampferzeuger (2) in Verbindung steht und mit einer unter Arbeitsdruck stehenden flüssigen Phase eines Arbeitsmediums (25), vorzugsweise der unter Arbeitsdruck stehenden flüssigen Phase des Arbeitsmediums des Dampferzeugers (2), gefüllt ist, wobei an der dem Kolbenrotor (12) abgewandten Seite des Zylinderrotors (11) in der an diesem anliegenden Wandung des Motorgehäuses (21) in der Bewegungsbahn der Zylinderöffnungen (27) voneinander getrennt eine Einlassöffnung (29) und eine Auslassöffnung (30) vorgesehen sind, und wobei die Einlassöffnung (29) mit der unter Arbeitsdruck stehenden Dampfphase des Dampferzeugers (2) und die Auslassöffnung (30) mit der unter Normal- bzw. Unterdruck stehenden Dampfphase des Kondensators (10) verbunden ist.

2. Wärmekraftanlage nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass die an dem Zylinderrotor (11) anliegende Wandung des Motorgehäuses (21) durch eine in das Motorgehäuse (21) eingesetzte in Bezug auf den Zylinderrotor (11) feststehende und diesen abdeckende Steuerscheibe (13) ausgebildet ist, die zumindest eine Einlassöffnung (29), und einen Auslassöffnung (30) aufweist, wobei die Zylinderbohrungen (27) in Abhängigkeit der Rotationslage des Zylinderrotors (11) jeweils entweder in der Einlassöffnung (29) der Steuerscheibe (13) münden, in der Auslassöffnung (30) der Steuerscheibe (13) münden, oder durch die Steuerscheibe (13) abdichtend bedeckt sind.
3. Wärmekraftanlage nach Anspruch 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Steuerscheibe (13) als vier aufeinander folgende Winkelbereiche, einen die Einlassöffnung (29) aufweisenden Dampfeinlassbereich (I), einen abdichtenden Entspannungsbereich (II), einen die Auslassöffnung (30) aufweisenden Dampfauslass- oder Arbeitstakt-Bereich (III) und einen Leerbereich (IV) zwischen Auslassöffnung (30) und Einlassöffnung (29) aufweist.
4. Wärmekraftanlage nach Anspruch 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Steuerscheibe (13) im Leerbereich zwischen Auslassöffnung (30) und Einlassöffnung (29) einen Kondensatrückführungskanal (31) aufweist.
5. Wärmekraftanlage nach Anspruch 3 oder 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Dampfauslassöffnung (30) der Steuerscheibe mit mehr nebeneinander liegenden Zylinderöffnungen (27) gleichzeitig kommuniziert als die Dampfeinlassöffnung (29), wobei die Dampfeinlassöffnung (29) bevorzugt nur mit einer Zylinderöffnung (27) gleichzeitig kommuniziert.
6. Wärmekraftanlage nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Drehachse des Zylinderrotors (11) mit der Drehachse des Kolbenrotors (12) einen Winkel zwischen 2° und 7°, vorzugsweise 5°, einschließt.
7. Wärmekraftanlage nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Kolbenstangen (17) der Axialkolbenmaschine (1) durch Bohrungen oder Ausnehmungen im Kolbenrotor (12) durch diesen hindurch verlaufen, wobei die Kolbenstangen (17) an der dem Zylinderrotor (11) abgewandten Seite des Kolbenrotors (12), durch eine Verbreiterung in Form eines Bolzenkopfes, eine Mutter, oder dgl. gegen ein Herausziehen gesichert sind.
8. Wärmekraftanlage nach Anspruch 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass an den Kolbenstangen (17) zwischen dem Kolbenrotor (12) und dem Kolben (16) Druckfedern (19) angeordnet sind.
9. Wärmekraftanlage nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Zylinderrotor (11) im Motorgehäuse (21) schwimmend gelagert ist.
10. Wärmekraftanlage nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass der mechanische Abtrieb einen Generator (1), eine Wärmepumpe, einen Kompressor, eine Förderanlage, eine (Speisewasser-) Pumpe oder eine Kombination dieser Einrichtungen treibt.
11. Wärmekraftanlage nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Kolbenrotor (12) zwei oder mehrere konzentrische Kolenkränze aufweist und der Zylinderrotor (11) zwei oder mehrere konzentrische Zylinderbohrungs-Kreise aufweist, wobei jedem Zylinderbohrungskreis auf einer Steuerscheibe (13) je ein Einlass (29, 29') und ein Auslass (30, 30') zugeordnet ist und wobei der Einlass (29) der ersten Zylinderreihe mit der Einlassöffnung des Axialkolbenmotors (1) in Verbindung steht, der Auslass (30') der letzten Zylinderreihe mit der Auslassöffnung des Axialkolbenmotors (1) in Verbindung steht, und die Auslässe (30) der anderen Zylinderreihen jeweils mit dem Einlass (29') der nächstgelegenen Zylinderreihe in Verbindung stehen.

12. Wärmekraftanlage nach Anspruch 11, *dadurch gekennzeichnet*, dass ein Zusätzlicher Kolbenkranz als Kondensatpumpe vorgesehen ist.

13. Wärmekraftanlage nach Anspruch 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Kondensatrückführungskanal (31) zu einer Speisewasservorwärmung des Dampfkessels (2) geführt ist.

14. Wärmekraftanlage nach Anspruch 13, *dadurch gekennzeichnet*, dass zur Speisewasservorwärmung ein Regenerator (41) vorgesehen ist, welcher als Wärmetauscher zwischen der vom Axialkolbenmotor (1) austretenden unter Normal- bzw. Unterdruck stehenden Dampfphase des Arbeitsmediums und der zum Dampferzeuger (2) führenden Speisewasserleitung (8) ausgebildet ist.

Hiezu 11 Blatt Zeichnungen

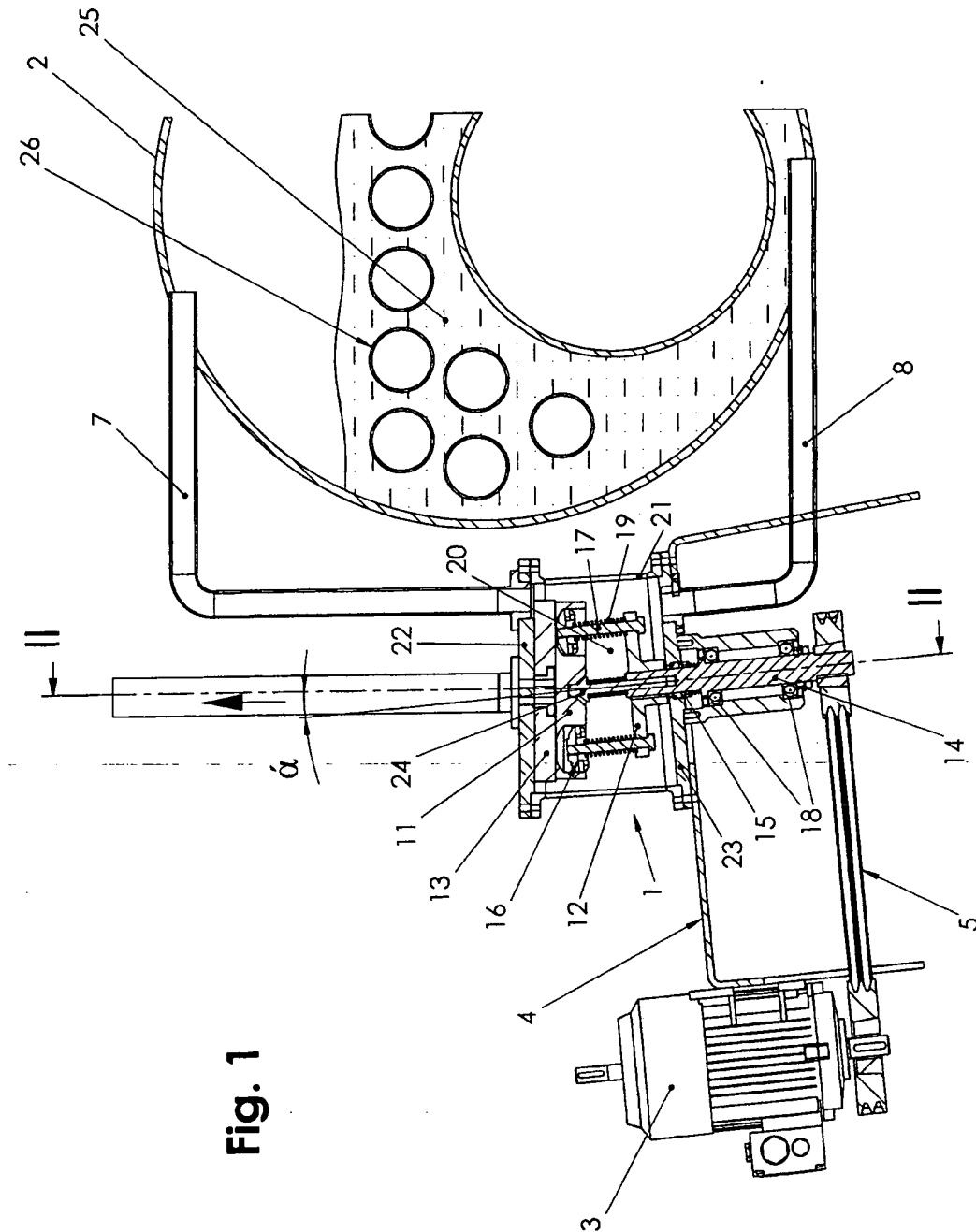
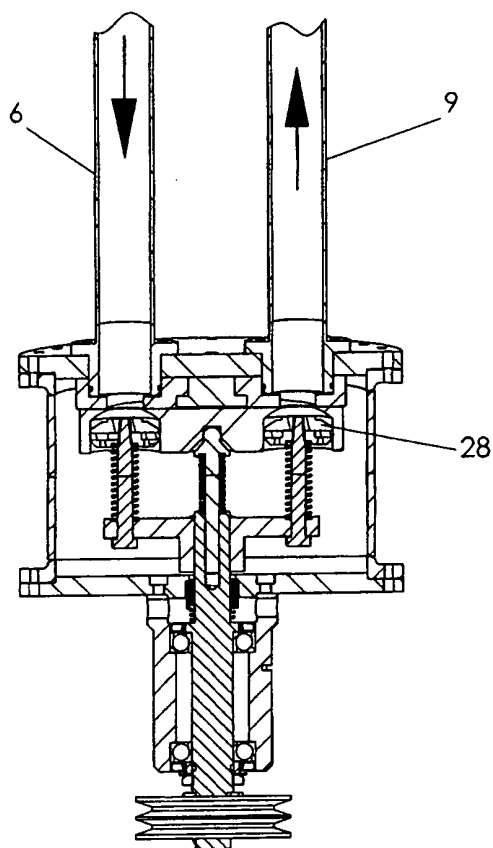


Fig. 1



Fig. 2



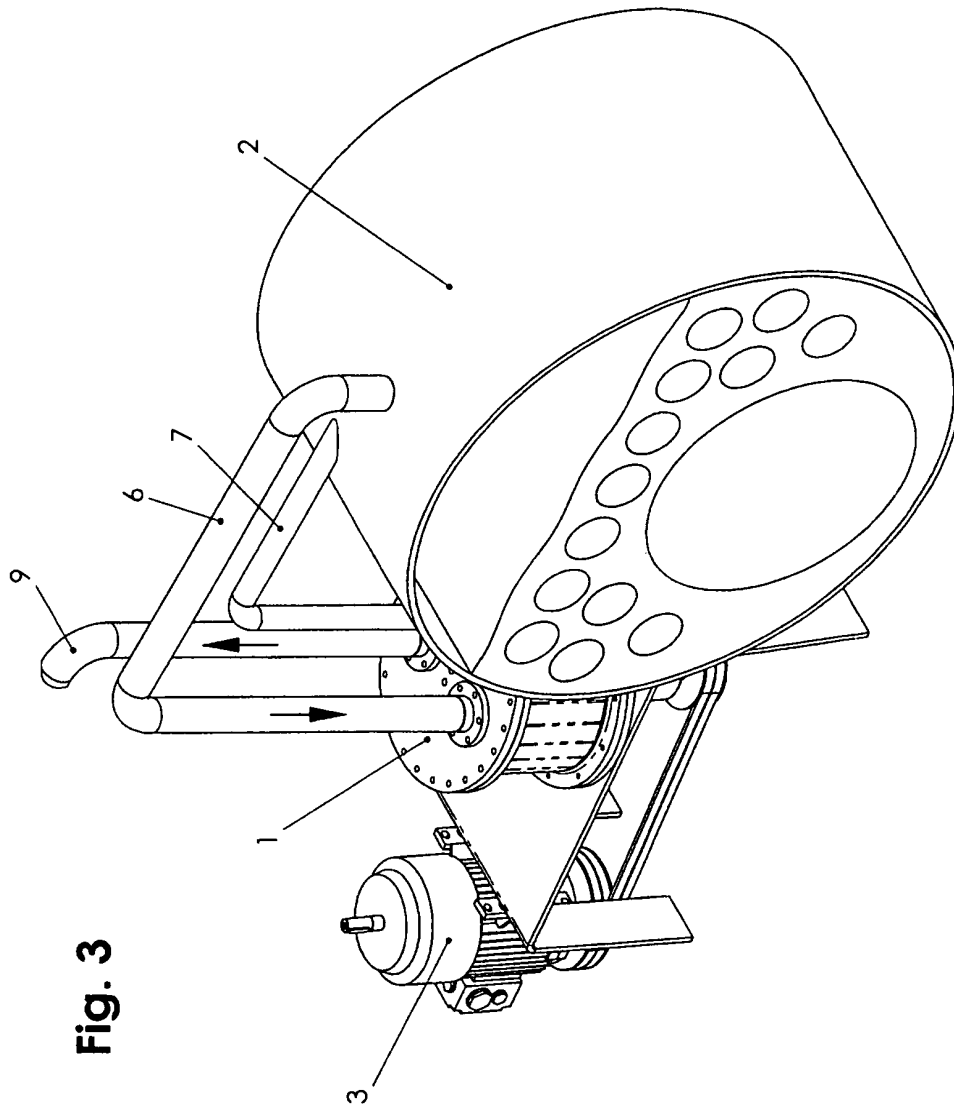
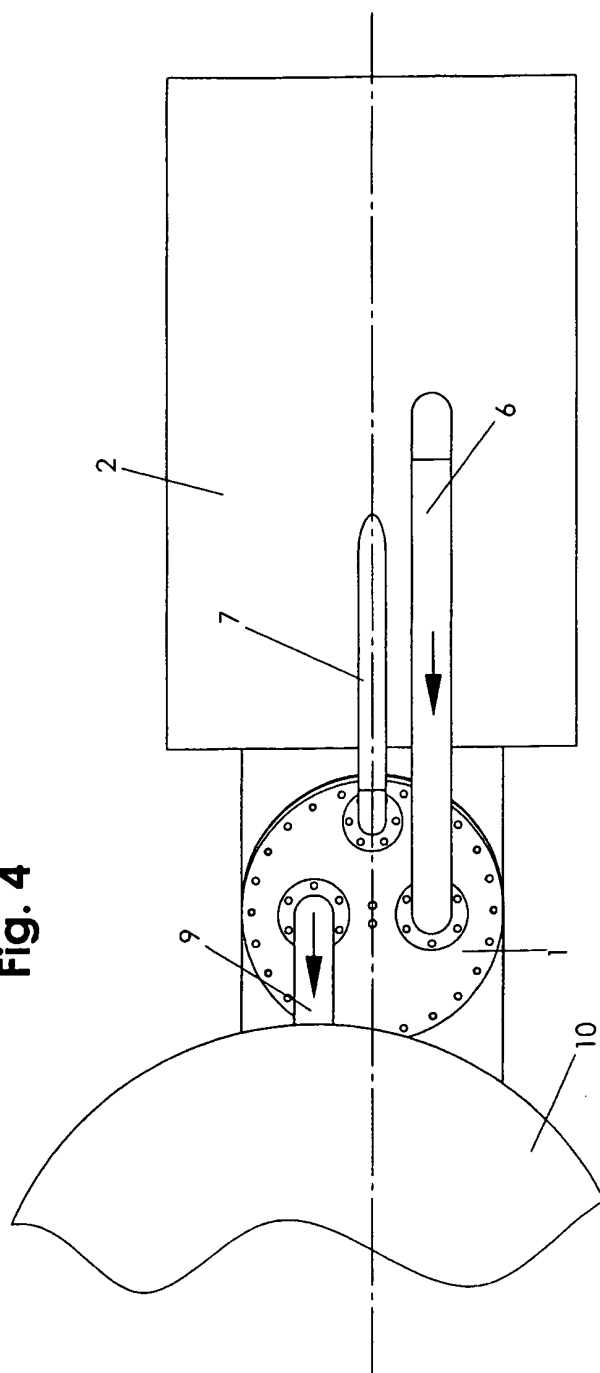


Fig. 3



Fig. 4



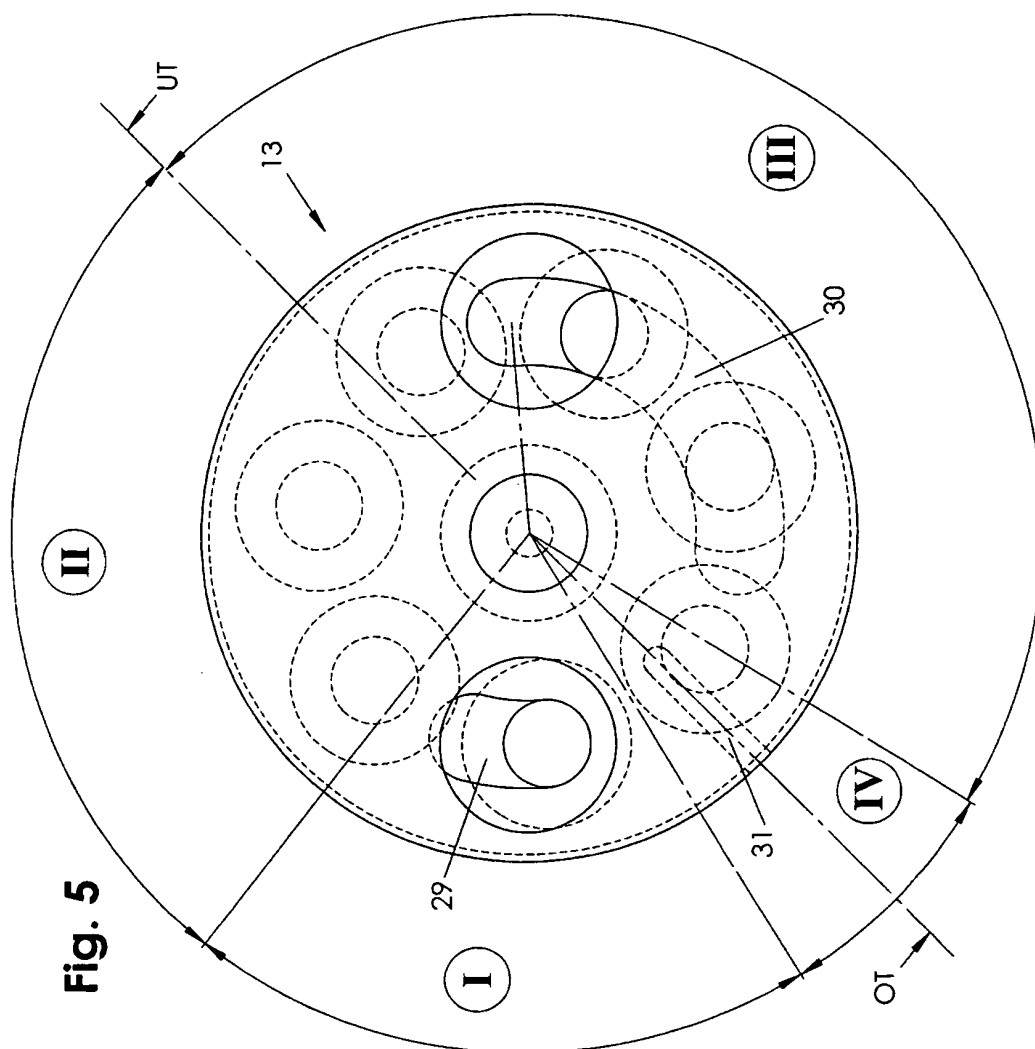




Fig. 7

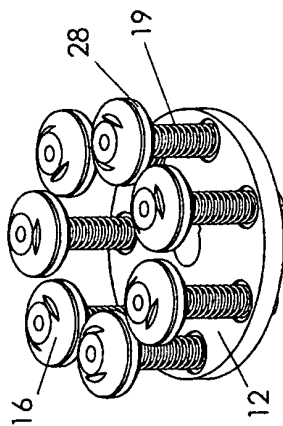


Fig. 9

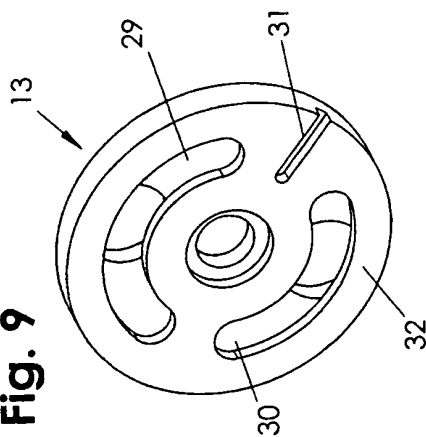


Fig. 6

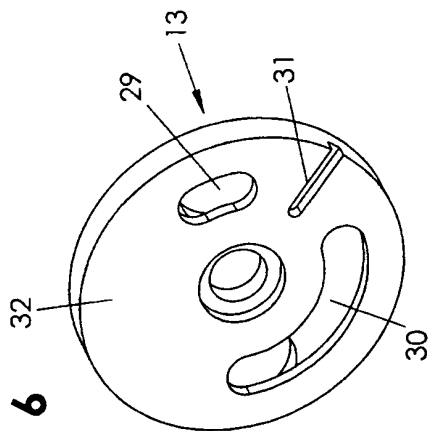
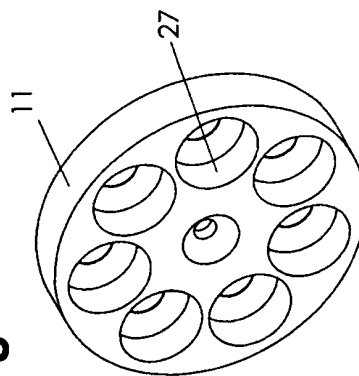


Fig. 8



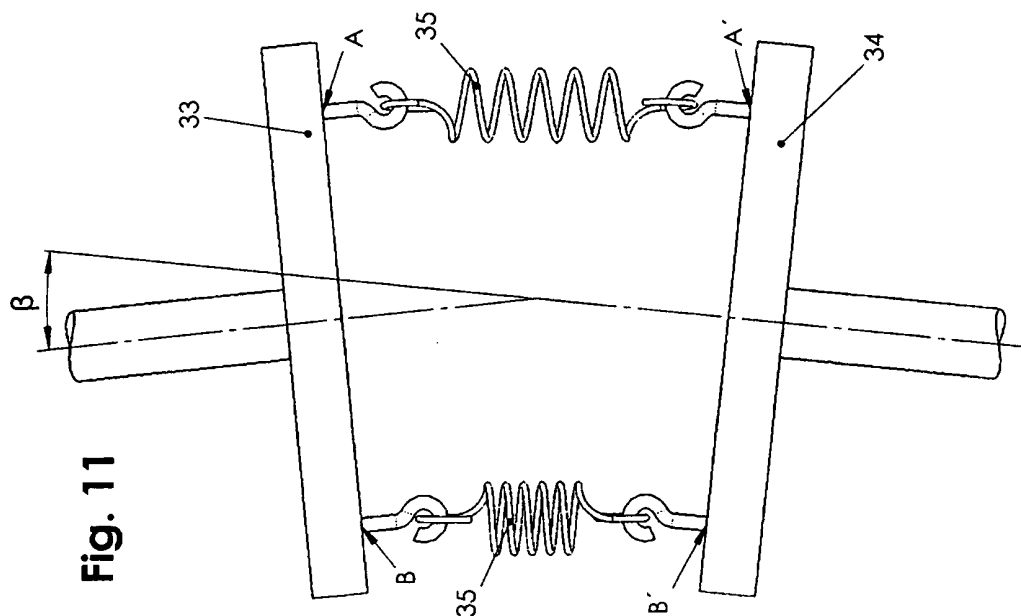


Fig. 11

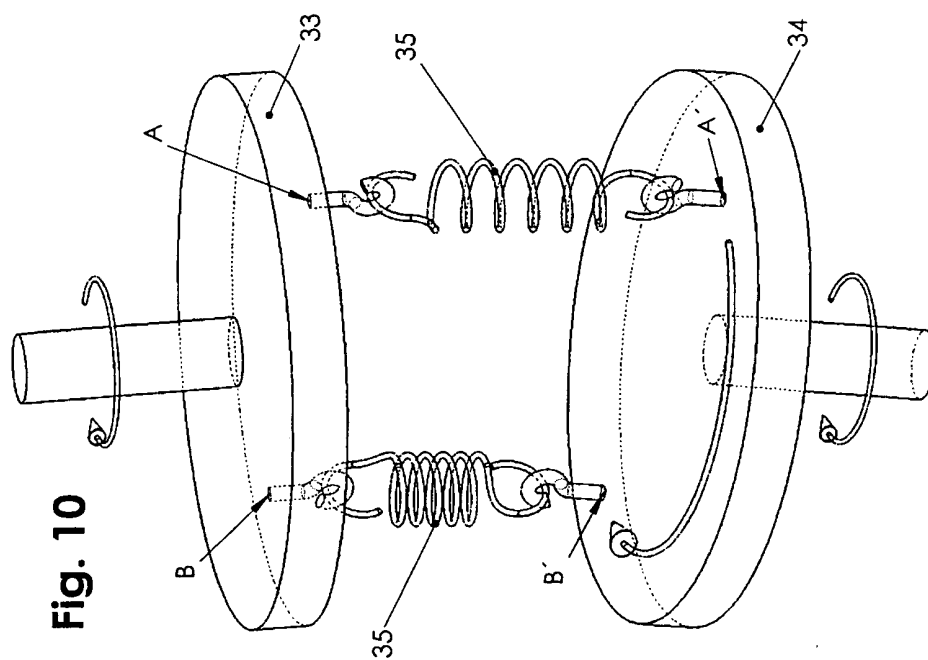
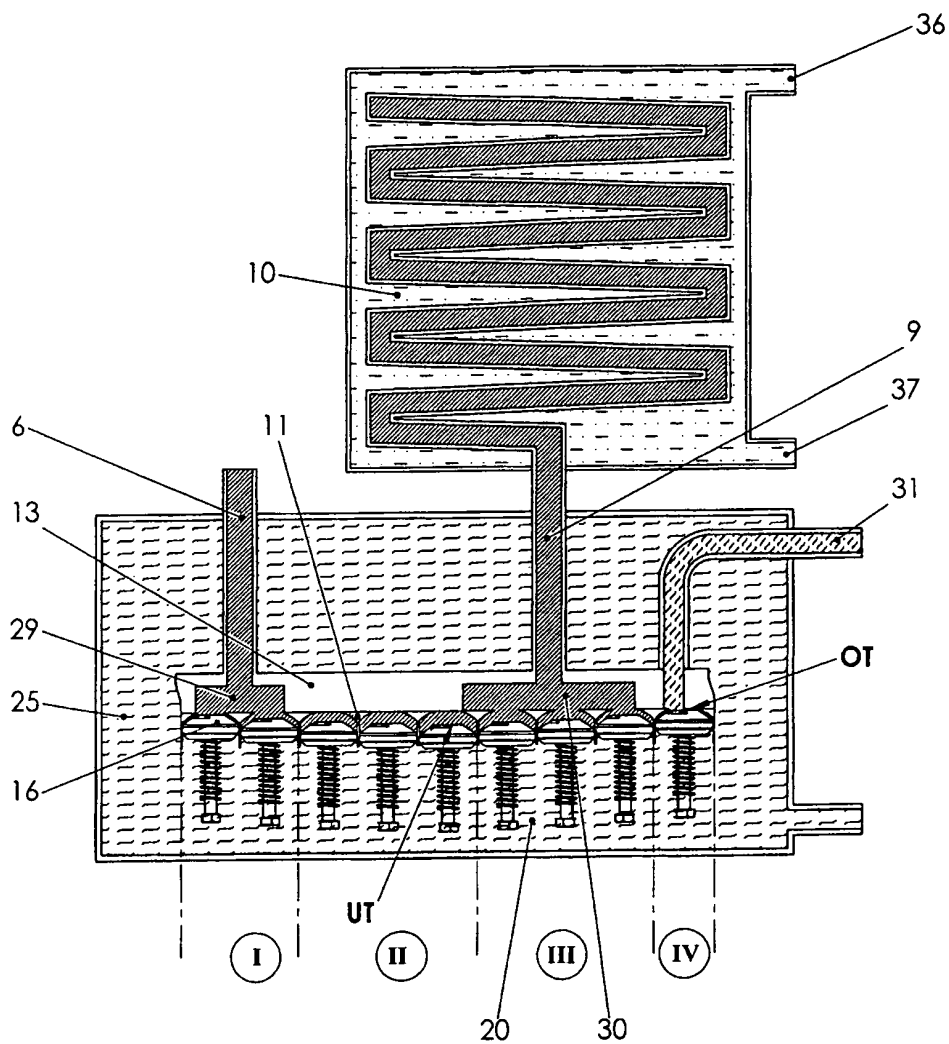


Fig. 10

Fig. 12



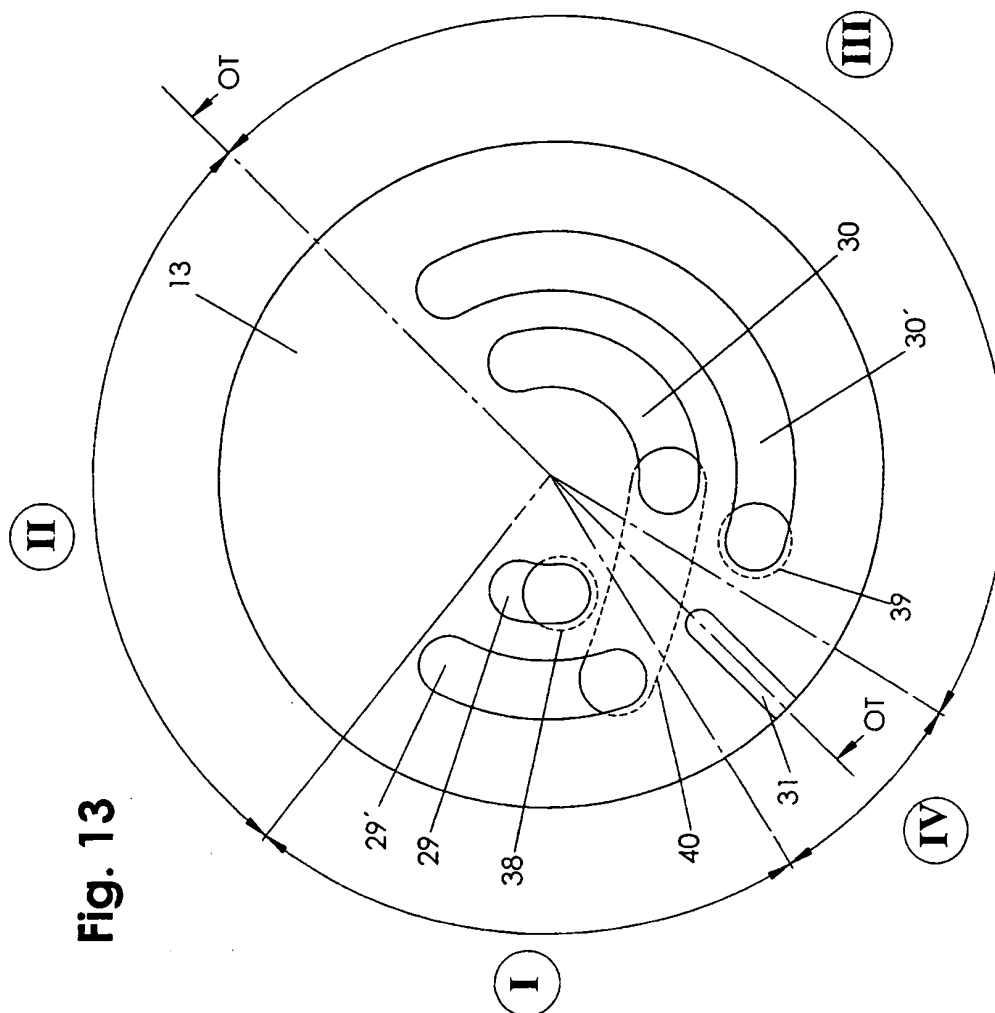


Fig. 14

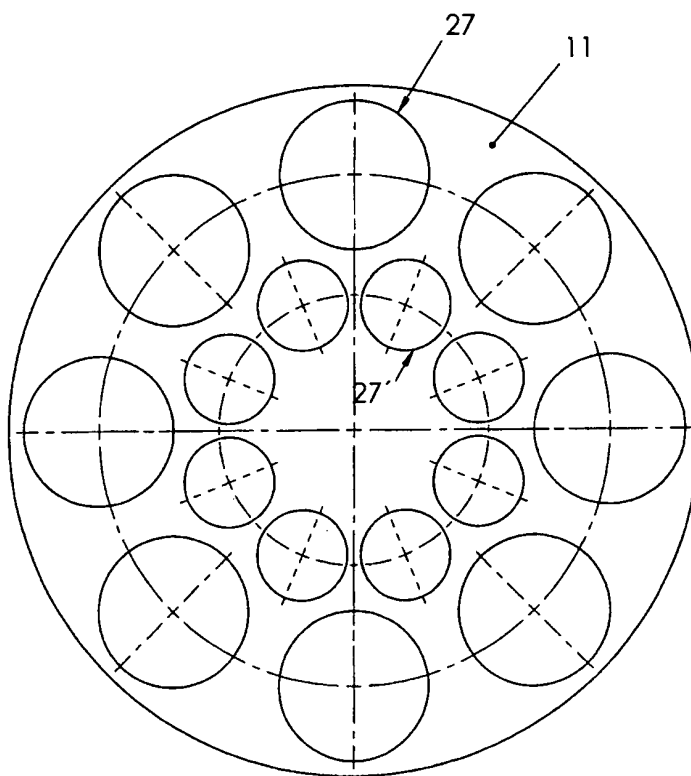




Fig. 15

