

(19)



(11)

EP 3 596 310 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.01.2021 Patentblatt 2021/02

(51) Int Cl.:
F01B 3/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18712810.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2018/055619

(22) Anmeldetag: **07.03.2018**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2018/166867 (20.09.2018 Gazette 2018/38)

(54) **AXIALKOLBENMOTOR, KREISPROZESSVORRICHTUNG, ANTRIEBSEINHEIT UND KRAFTFAHRZEUG**

AXIAL PISTON MOTOR, CIRCUIT DEVICE, DRIVE UNIT AND MOTOR VEHICLE

MOTEUR À PISTONS AXIAUX, SYSTÈME À CYCLE, ENSEMBLE DE PROPULSION, ET VÉHICULE À MOTEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **16.03.2017 DE 102017105609**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.01.2020 Patentblatt 2020/04

(73) Patentinhaber: **Volkswagen Aktiengesellschaft 38440 Wolfsburg (DE)**

(72) Erfinder:
• **CARSTENSEN, Asmus 38557 Osloss (DE)**
• **SEMKE, Artur 38446 Wolfsburg (DE)**
• **SCHULENBURG, Thomas 38550 Isenbüttel (DE)**
• **HERR, Andreas 38442 Wolfsburg (DE)**
• **DALLMANN, Marcus 38527 Meine (DE)**

- **HUPFELD, Bernd 38518 Gifhorn (DE)**
- **LANGE, Holger 38106 Braunschweig (DE)**
- **HORN, Andre 38104 Braunschweig (DE)**
- **KAACK, Michael 38531 Rödgesbüttel (DE)**
- **KAMMANN, Uwe 38350 Helmstedt (DE)**
- **MAISCHIK, Thomas 38173 Sickinge (DE)**

(74) Vertreter: **Bungartz, Florian et al Van-Gogh-Strasse 3 81479 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1-102013 213 614 DE-A1-102014 209 900
US-A- 5 799 562 US-A1- 2004 228 740
US-A1- 2005 180 861

EP 3 596 310 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Axialkolbenmotor sowie eine Kreisprozessvorrichtung mit einem solchen, in der Kreisprozessvorrichtung als Expansionsvorrichtung genutzten Axialkolbenmotor. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Antriebseinheit für ein Kraftfahrzeug mit einer solchen Kreisprozessvorrichtung sowie ein Kraftfahrzeug mit einer solchen Antriebseinheit.

[0002] Kraftfahrzeuge werden derzeit zumeist mittels Brennkraftmaschinen angetrieben, in denen Kraftstoffe verbrannt und die dabei freigesetzte Wärmeenergie teilweise in mechanische Arbeit gewandelt wird. Der Wirkungsgrad von Hubkolben-Brennkraftmaschinen, die für den Antrieb von Kraftfahrzeugen nahezu ausschließlich eingesetzt werden, liegt bei ca. einem Drittel der eingesetzten Primärenergie. Demnach stellen zwei Drittel der bei der Verbrennung freigesetzten Wärmeenergie Abwärme dar, die entweder über die Motorkühlung oder den Abgasstrang als Verlustwärme an die Umgebung abgegeben wird. Eine Nutzung dieser Abwärme stellt eine Möglichkeit dar, den Gesamtwirkungsgrad einer Antriebseinheit eines Kraftfahrzeugs zu steigern und damit den Kraftstoffverbrauch zu senken.

[0003] Die DE 10 2009 028 467 A1 beschreibt eine Vorrichtung zur Nutzung von Abwärme einer Verbrennungskraftmaschine. Dazu ist in den Abgasstrang der Verbrennungskraftmaschine ein erster Wärmetauscher, der Verdampfer, einer Dampfkreisprozessvorrichtung integriert. Die in dem Wärmetauscher von dem Abgas auf ein Arbeitsmedium der Dampfkreisprozessvorrichtung übertragene Wärmeenergie wird in einer Expansionsvorrichtung teilweise in mechanische Energie umgewandelt, die beispielsweise zur Unterstützung des Antriebs eines Kraftfahrzeugs oder zur Erzeugung elektrischer Energie genutzt werden kann. Stromab der Expansionsvorrichtung wird das Arbeitsmedium in einem zweiten Wärmetauscher, dem Kondensator, abgekühlt, wobei es kondensiert. Über eine Pumpe erfolgt eine Druckerhöhung des Arbeitsmediums und dessen Zufuhr zu dem Verdampfer.

[0004] Als Expansionsvorrichtung in einem solchen System zur Abwärmenutzung kann ein Axialkolbenmotor eingesetzt werden, wie dies aus der DE 10 2010 052 508 A1 bekannt ist.

[0005] Axialkolbenmotoren weisen ein Zylindergehäuse auf, in dem mehrere Zylinder in ringförmiger Anordnung ausgebildet sind. In jedem der Zylinder ist ein Kolben beweglich geführt, wobei ein Phasenversatz in den Kolbenpositionen vorgesehen ist, der, bezogen auf einen Bewegungszyklus der Kolben ("Kolbenzyklus": OT→UT→OT bzw. UT→OT→UT), der Teilung zwischen den Zylindern entspricht. Über Einlass- und Auslassventile wird zur Ausübung eines Arbeitshubs (OT→UT) jedes Kolbens ein unter Druck stehendes Fluid nacheinander in die Zylinder eingebracht. Das Fluid bewirkt eine Bewegung des jeweiligen Kolbens und expandiert dabei gegebenenfalls (bei einem pneumatischen Axialkolbenmo-

tor). In einer sich an den Arbeitshub anschließenden Ausstoßhub (UT→OT) jedes Kolbens wird das Fluid wieder ausgestoßen. Die Bewegungen der Kolben werden über eine schräg zu den Längsachsen der Zylinder angeordnete Platte, an die die Kolben direkt oder über Pleuel angebunden sind, auf eine Abtriebswelle übertragen.

[0006] Axialkolbenverdichter und Axialkolbenpumpen weisen einen im Vergleich zu Axialkolbenmotoren im Wesentlichen identischen Aufbau auf, wobei eine mechanische Antriebsleistung von der Welle über die schräg angeordnete Platte auf die Kolben übertragen und dabei eine Drehbewegung der Welle beziehungsweise eines damit verbundenen Antriebsmotors in die zyklische Bewegung der Kolben übersetzt wird. In dem Arbeitshub (UT→OT) der einzelnen Kolben wird ein zuvor während eines Ansaughubs (OT→UT) in die Zylinder eingebrachtes Fluid verdrängt und/oder verdichtet und ausgestoßen.

[0007] Axialkolbenmaschinen (Axialkolbenmotoren und Axialkolbenverdichter bzw. -pumpen) werden regelmäßig in einer von drei Bauweisen ausgeführt.

[0008] Bei der Schrägscheiben- sowie der Schrägachsenbauart rotiert das Zylindergehäuse mitsamt den Kolben. Bei der Schrägscheibenbauart ist die Welle dabei parallel zum Zylindergehäuse angeordnet und drehfest mit diesem verbunden. Die die Bewegung der Kolben steuernde, Schrägscheibe ist feststehend ausgebildet. Bei der Schrägachsenbauart verlaufen die Längsachsen der Welle, einschließlich des Flansches ("schräge Platte"), an dem die Kolben angreifen, und der Zylinder schräg zueinander.

[0009] Bei der Taumelscheibenbauart rotiert das Zylindergehäuse mit den darin geführten Kolben nicht. Gleiches gilt für eine Taumelscheibe, an der die Kolben über Pleuel angebunden sind. Die Taumelscheibe liegt drehbar auf einem Taumelscheibenfuß auf, wobei die Auflagefläche des Taumelscheibenfußes und damit die Ausrichtung der Taumelscheibe schräg bezüglich der Längsachsen der Zylinder ausgerichtet ist. Der Taumelscheibenfuß ist drehfest mit der Welle verbunden.

[0010] Die Einlass- und Auslassventile von Axialkolbenmaschinen werden regelmäßig in Form eines oder mehrerer Drehschieberventile ausgebildet (vgl. DE 10 2011 118 622 A1 und DE 10 2015 204 367 A1), die jeweils einen drehfest mit der Antriebs- oder Abtriebswelle verbundenen Drehschieber umfassen, der in Abhängigkeit von den jeweiligen Kolbenpositionen Fluidwechselöffnungen der einzelnen Zylinder temporär mit einem Einlass oder Auslass der Axialkolbenmaschine verbindet.

[0011] Die US 2004/228740 A1, die US 2005/180861 A1, die DE 10 2013 213 614 A1, die US 5,799,562 und die DE 10 2014 209 900 A1 offenbaren ebenfalls Axialkolbenmotoren, wobei bei den Axialkolbenmotoren gemäß der US 5,799,562 und der DE 10 2014 209 900 A1 jeweils ein zwischen zwei zueinander rotierenden Körpern ausgebildeter Spalt mittels einer Labyrinthdichtung abgedichtet ist.

[0012] Für die Realisierung eines möglichst hohen

Wirkungsgrads eines Axialkolbenmotors ist die fluidtechnische Trennung zwischen der Hochdruckseite und der Niederdruckseite von besonderer Bedeutung, um ein Überströmen des Fluids von dem Einlass zu dem Auslass unter Umgehung der Zylinder zu vermeiden.

[0013] Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, einen Axialkolbenmotor anzugeben, der sich durch eine gute fluidtechnische Trennung zwischen der Hochdruckseite und der Niederdruckseite des Axialkolbenmotors auszeichnet.

[0014] Diese Aufgabe wird durch einen Axialkolbenmotor gemäß dem Patentanspruch 1 gelöst. Eine Kreisprozessvorrichtung mit einem solchen, als Expansionsvorrichtung genutzten Axialkolbenmotor, eine Antriebseinheit für ein Kraftfahrzeug mit einer solchen Kreisprozessvorrichtung sowie ein Kraftfahrzeug mit einer solchen Antriebseinheit sind Gegenstände der Patentansprüche 7 bis 9. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Axialkolbenmotors und damit der erfindungsgemäßen Kreisprozessvorrichtung, der erfindungsgemäßen Antriebseinheit und des erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs sind Gegenstände der weiteren Patentansprüche und/oder ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der Erfindung.

[0015] Erfindungsgemäß ist ein Axialkolbenmotor mit einem Zylindergehäuse vorgesehen, in dem mehrere Zylinder ausgebildet sind. In den Zylindern sind Kolben beweglich geführt, wobei die Kolben an eine Schrägscheibe angebunden sind und wobei eine Strömung eines über einen Einlass in den Axialkolbenmotor eingetretenen Fluids in die und aus den Zylindern mittels Einlass- und Auslassventilen gesteuert wird. Dabei umfassen die Einlass- und Auslassventile in einer Zylinderkopfplatte ausgebildete Fluidwechselöffnungen (Einlass- und/oder Auslassöffnungen, wobei kombinierte Einlass- und Auslassöffnungen möglich und vorzugsweise vorgesehen sind), die temporär mittels eines Drehschiebers freigegeben und abgedeckt werden können. Der Drehschieber weist eine mit den Fluidwechselöffnungen in fluidleitende Verbindung bringbare Eintrittsöffnung auf, die (u.a.) über ein rohrförmiges Dichtelement mit dem Einlass des Axialkolbenmotors in fluidleitender Verbindung steht, wobei das Dichtelement durch eine Beaufschlagung mittels des Einlassdrucks des Fluids gegen ein Widerlager gedrückt ist, um einen zwischen dem Dichtelement und dem Widerlager ausgebildeten Spalt, der insbesondere eine abzudichtende Verbindung zwischen der den Einlass umfassenden Hochdruckseite des Axialkolbenmotors und der einen Auslass des Axialkolbenmotors umfassenden Niederdruckseite darstellt, abzudichten. Weiterhin ist vorgesehen, dass das Dichtelement und das Widerlager eine Labyrinthdichtung ausbilden. Zur vorteilhaften Ausbildung einer solchen Labyrinthdichtung kann insbesondere vorgesehen sein, dass das Dichtelement einen umlaufenden Vorsprung ausbildet, der in eine umlaufende Vertiefung des Widerlagers eingreift und/oder das Widerlager einen umlaufenden Vorsprung ausbildet, der in eine umlaufende Vertiefung des Dichtelements eingreift.

[0016] Als "Einlassdruck" wird ein Druck des Fluids, den dieses vor dem Eintritt in die Zylinder und insbesondere innerhalb des Einlasses aufweist, verstanden.

[0017] Durch die Beaufschlagung des Dichtelements mit dem Einlassdruck des Fluids kann auf einfache Weise eine sich selbsttätig bedarfsgerecht einstellende Abdichtung des zwischen dem Dichtelement und dem Widerlager ausgebildeten Spalts erreicht werden, indem der Anpressdruck und damit die Dichtwirkung des Dichtelements umso höher ist, je höher der Einlassdruck des Fluids und damit der Betriebsdruck, mit dem der Axialkolbenmotor betrieben wird, ist. Dadurch kann bei jeder tatsächlich vorliegenden Höhe des Einlassdrucks des Fluids eine stets ausreichende Dichtwirkung erreicht werden, wobei gleichzeitig ein zu hoher Anpressdruck vermieden wird, indem sich bei einem relativ geringen Einlassdruck des Fluids auch nur ein relativ geringer Anpressdruck einstellt. Dies wirkt sich positiv auf den Reibungswiderstand aus, den das Dichtelement durch den Kontakt mit dem Widerlager, das im Betrieb des Axialkolbenmotors relativbeweglich bezüglich des Dichtelements sein kann, erzeugt.

[0018] Durch die zusätzliche Labyrinthdichtung kann auch mit einem relativ geringen Anpressdruck (und entsprechend geringem Reibungswiderstand) eine ausreichend gute Dichtwirkung realisiert werden.

[0019] Ein erfindungsgemäßer Axialkolbenmotor ist vorzugsweise gemäß der Taumelscheibenbauart ausgebildet und umfasst hierzu eine Schrägscheibe in Form einer Taumelscheibe, an die die Kolben vorzugsweise über Pleuel angebunden sind. Die Taumelscheibe liegt drehbar auf einem Taumelscheibenfuß auf, wobei die Auflagefläche des Taumelscheibenfußes und damit die Ausrichtung der Taumelscheibe schräg bezüglich der Längsachsen der Zylinder ausgerichtet sind. Der Taumelscheibenfuß ist drehfest oder zumindest drehungsübertragend mit einer (Abtriebs-)Welle verbunden.

[0020] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Axialkolbenmotors kann vorgesehen sein, dass der Drehschieber das Widerlager darstellt, so dass das Dichtelement drehbar bezüglich des Drehschiebers angeordnet und durch die Beaufschlagung mittels des Einlassdrucks des Fluids gegen den Drehschieber gedrückt ist. Dadurch kann eine konstruktive vorteilhafte Integration des Dichtelements in den Axialkolbenmotor erreicht werden.

[0021] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung eines solchen erfindungsgemäßen Axialkolbenmotors kann zudem vorgesehen sein, dass das Dichtelement derart in radialer Richtung (vorzugsweise elastisch) deformierbar ausgelegt ist, dass eine äußere Mantelfläche des rohrförmigen Dichtelements durch eine Beaufschlagung mittels des Einlassdrucks des Fluids gegen eine Kontaktfläche eines Zylinderkopfgehäuses des Axialkolbenmotors gedrückt ist, wodurch eine vorteilhaft abgedichtete Integration des Dichtelements in das Zylinderkopfgehäuse erreicht werden kann.

[0022] Alternativ kann aber auch vorgesehen sein,

dass das Dichtelement mittels des Einlassdrucks des Fluids gegen ein anderes Bauteil des Axialkolbenmotors, beispielsweise gegen das Zylinderkopfgehäuse, gedrückt ist. Dabei kann das Dichtelement insbesondere drehfest mit dem Drehschieber verbunden sein.

[0023] Zur Erzielung eines möglichst geringen Reibungswiderstands kann vorgesehen sein, dass zumindest die den abzudichtenden Spalt ausbildende Fläche des Dichtelements und/oder des Widerlagers aus einem Gleitlagermaterial (z.B. PTFE) ausgebildet ist. Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass das gesamte Dichtelement aus einem solchen Gleitlagermaterial ausgebildet ist. Als "Gleitlagermaterial" wird allgemein ein Material verstanden, dessen primäre Funktion die Erzielung eines möglichst geringen Reibungskoeffizienten in Kombination mit dem Material des Kontaktpartners ist.

[0024] Besonders vorteilhaft kombinierbar ist das Dichtelement mit einem Drehschieber, der zur bedarfsweisen Abdeckung von sowohl den Zylindern zugeordneten Einlassöffnungen als auch Auslassöffnungen (insbesondere auch bei kombinierten Einlass- und Auslassöffnungen) vorgesehen ist und hierzu einen Hohlraum ausgebildet, wobei in diesen Hohlraum eine (vorzugsweise zentral bezüglich der Rotationsachse des Drehschiebers angeordnete) Anschlussöffnung, die über das Dichtelement in fluidleitender Verbindung mit dem Einlass des Axialkolbenmotors steht, sowie die Eintrittsöffnung, die durch eine Drehung des Drehschiebers in Überdeckung mit den den Zylindern zugeordneten Fluidwechselöffnungen bringbar ist, münden. Weiterhin kann der Drehschieber dann noch eine oder mehrere, den Hohlraum umgehende Durchgangsöffnungen ausbilden, die bei einer Überdeckung (jeweils) einer einem Zylinder zugeordneten Fluidwechselöffnung den entsprechenden Zylinder mit vorzugsweise dem Auslass des Axialkolbenmotors verbinden.

[0025] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltungsform eines erfindungsgemäßen Axialkolbenmotors kann vorgesehen sein, dass die Längsachse des rohrförmigen Dichtelements koaxial bezüglich der Rotationsachse des Drehschiebers angeordnet ist. Dadurch kann in vorteilhafter Weise erreicht werden, dass die Relativbewegung zwischen dem Dichtelement und dem Widerlager auf eine Relativrotation beschränkt ist.

[0026] Eine erfindungsgemäße (Dampf-)Kreisprozessvorrichtung umfasst einen Kreislauf für ein Fluid (Arbeitsmedium), wobei in den Kreislauf

- ein Verdampfer (d.h. eine erste Wärmetauschvorrichtung, die für ein Zuführen von Wärmeenergie in das Fluid vorgesehen ist), der für ein Verdampfen und gegebenenfalls auch für ein Überhitzen des Arbeitsmedium vorgesehen ist,
- eine Expansionsvorrichtung zum Expandieren des Fluids mit dem Ziel der Erzeugung mechanischer Leistung,
- ein Kondensator (d.h. eine zweite Wärmetauschvorrichtung, die für einen Abführen von Wärmeenergie

von dem Fluid vorgesehen ist), der für ein Kondensieren des Fluids vorgesehen ist, und

- eine Fördervorrichtung (insbesondere eine Pumpe) zum Fördern des Fluids (vorzugsweise im flüssigen Zustand) in dem Kreislauf

integriert sind. Dabei ist die Expansionsvorrichtung in Form eines erfindungsgemäßen Axialkolbenmotors ausgebildet.

[0027] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Antriebseinheit für ein Kraftfahrzeug, die zumindest eine Brennkraftmaschine umfasst, die einen Verbrennungsmotor sowie einen Abgasstrang, über den Abgas aus dem Verbrennungsmotor abführbar ist, aufweist. Die Antriebseinheit umfasst weiterhin eine erfindungsgemäße Kreisprozessvorrichtung, wobei der Verdampfer dazu vorgesehen und eingerichtet ist, Wärmeenergie des Abgases des Verbrennungsmotors zum Verdampfen des Fluids zu nutzen.

[0028] Die Erfindung betrifft zudem ein Kraftfahrzeug, das eine solche erfindungsgemäße Antriebseinheit umfasst, wobei die Brennkraftmaschine der Antriebseinheit insbesondere zur Erzeugung einer Fahrtriebsleistung für das Kraftfahrzeug vorgesehen sein kann. Bei dem Kraftfahrzeug kann es sich insbesondere um ein radbasiertes Kraftfahrzeug (vorzugsweise ein PKW oder ein LKW) handeln. Eine Verwendung bei anderen Kraftfahrzeugen, beispielsweise bei schienengebundenen Kraftfahrzeugen oder Schiffen, ist ebenfalls möglich.

[0029] Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In den Zeichnungen zeigt:

Fig. 1: eine Ausgestaltungsform eines erfindungsgemäßen Axialkolbenmotors (nur in Teilen dargestellt) in einer perspektivischen Darstellung;

Fig. 2: den Axialkolbenmotor in einem Längsschnitt;

Fig. 3: den in der Fig. 2 mit III gekennzeichneten Ausschnitt in vergrößerter Darstellung;

Fig. 4: den Drehschieber des Axialkolbenmotors in einer perspektivischen Darstellung;

Fig. 5: den Deckelteil, das Dichtelement und die Druckkolben des Drehschiebers in einer perspektivischen Darstellung;

Fig. 6: einen ersten Radialschnitt durch den Drehschieber;

Fig. 7: einen Querschnitt durch den Drehschieber entlang der Ebene VII - VII in der Fig. 5;

Fig. 8: einen zweiten Radialschnitt durch den Drehschieber;

Fig. 9: eine Aufsicht auf die Zylinderkopfplatte und das Dichtelement des Axialkolbenmotors;

Fig. 10: eine erfindungsgemäße Kreisprozessvorrichtung in einer schematischen Darstellung; und

Fig. 11: ein zu einem mittels der Kreisprozessvorrichtung durchführbaren Clausius-Rankine-Prozess gehöriges T-S-Diagramm.

[0030] Die Fig. 1 bis 9 zeigen eine Ausgestaltungsform eines erfindungsgemäßen Axialkolbenmotors 10. Dieser ist in Taumelscheibenbauart ausgeführt und umfasst ein mehrteiliges Zylindergehäuse 12, das eine Mehrzahl (hier: sechs) von parallel zueinander ausgerichteten Zylinderrohren 14 umfasst. Die Zylinderrohre 14 begrenzen Zylinder 16, in denen jeweils ein Kolben 18 beweglich geführt ist. Die Kolben 18 sind über jeweils einen Pleuel 20 an eine ringförmige Taumelscheibe 22 angebunden. Die Taumelscheibe 22 ist drehbar auf einem Taumelscheibenfuß 24 gelagert, der drehfest mit einer (Abtriebs-)Welle 26 des Axialkolbenmotors 10 verbunden ist.

[0031] Die Taumelscheibe 22 sowie der Taumelscheibenfuß 24 weisen (koaxiale) Längsachsen 28 auf, die in einem definierten Winkel größer Null zu den Längsachsen 30, 32 der Welle 26 und der Zylinder 16 geneigt verlaufen.

[0032] Der Druck des nacheinander in die einzelnen Zylinder 16 eintretenden Fluids (Arbeitsmedium) führt aufgrund der Schrägstellung der Taumelscheibe 22 zu einer in Umfangsrichtung gerichteten Kraftkomponente in den Anbindungsstellen der Pleuel 20 an die Taumelscheibe 22, wobei diese Kraftkomponente auf den Taumelscheibenfuß 24 übertragen wird und dadurch die gewünschte Drehung der Welle 26 bewirkt. Infolge der Drehung der Welle 26 sowie des damit drehfest verbundenen Taumelscheibenfußes 24 wird die Taumelscheibe 22 in eine taumelnde Bewegung versetzt, die zu einer Hin-undher-Bewegung der mit der Taumelscheibe 22 über die Pleuel 20 verbundenen Kolben 18 führt. Dabei bewegt sich jeder der Kolben 18 zyklisch zwischen einem zu einem Zylinderkopf 36 nahe gelegenen oberen Totpunkt (OT) und einem von dem Zylinderkopf 36 entfernt gelegenen unteren Totpunkt (UT).

[0033] Die Kolben-Zylinder-Einheiten arbeiten mit zwei Takten. Die Bewegung jedes Kolbens 18 ausgehend von dem OT bis zu dem UT wird durch das in die jeweiligen Zylinder 16 einströmende Fluid bewirkt (Arbeitstakt des jeweiligen Zylinders 16 und Arbeitshub des jeweiligen Kolbens 18). Bei der von der Taumelscheibe 22 geführten Bewegung der Kolben 18 ausgehend von dem UT bis zu dem OT wird das während des vorhergehenden Arbeitstakts entspannte Fluid aus den jeweiligen Zylindern 16 ausgestoßen (Ausstoßtakt des jeweiligen Zylinders 16 und Ausstoßhub des jeweiligen Kolbens 18). Das Einströmen und Ausstoßen des Fluids zu den

vorgesehenen Steuerzeiten wird mittels den Zylindern 16 zugeordneten Einlass- und Auslassventilen gesteuert, die in Form eines kombinierten Drehschieberventils 38 ausgebildet sind.

[0034] Das Drehschieberventil 38 umfasst eine Zylinderkopfplatte 40, die stirnseitig auf der von der Taumelscheibe 22 beabstandeten Seite abdichtend an dem Zylindergehäuse 12 anliegt. Die Zylinderkopfplatte 40 weist jeweils eine als kombinierte Ein- und Auslassöffnung dienende Fluidwechselöffnung 42 für jeden der Zylinder 16 auf. Weitere Öffnungen 44 (vgl. Fig. 1 und 8) dienen der Aufnahme von Schrauben 46, durch die ein Zylinderkopfgehäuse 48, die Zylinderkopfplatte 40, das Zylindergehäuse 12 sowie ein die Taumelscheibe 22 und den Taumelscheibenfuß 24 umgebendes Gehäuse 50 miteinander verbunden sind. Auf der von den Zylindern 16 beabstandeten Seite der Zylinderkopfplatte 40 ist ein Drehschieber 52 angeordnet, der drehfest mit der Welle 26 verbunden ist und sich somit im Betrieb des Axialkolbenmotors 10 relativ zu der Zylinderkopfplatte 40 dreht. Dadurch werden die Fluidwechselöffnungen 42 der Zylinderkopfplatte 40 abwechselnd und einmal je Umdrehung der Welle 26 in Überdeckung mit einer ersten Durchtrittsöffnung (Eintrittsöffnung) 54 sowie mit einer zweiten Durchtrittsöffnungen (Austrittsöffnung) 56 des Drehschiebers 52 gebracht. Die Eintrittsöffnung 54 und die Austrittsöffnung 56 sind dazu auf derselben Kreisbahn um die Rotationsachse 32 des Drehschiebers 52 angeordnet. Bei einer Überdeckung mit der Eintrittsöffnung 54 wird dem jeweiligen Zylinder 16 über einen zentralen (d.h. koaxial bezüglich der Rotationsachse 32 des Drehschiebers 52 und der Welle 26 gelegenen) Einlass 58 des Axialkolbenmotors 10, über ein (ebenfalls koaxial bezüglich der Rotationsachse 32 des Drehschiebers 52 und der Welle 26 verlaufendes) rohrförmiges Dichtelement 98, über einen in den Drehschieber 52 integrierten Hohlraum 60 sowie über einen den Hohlraum 60 mit der Eintrittsöffnung 54 verbindenden Fluidkanal 62 das gasförmige Fluid zugeführt (vgl. Fig. 8). Bei einer Überdeckung mit der Austrittsöffnung 56 wird das Fluid aus den jeweiligen Zylindern 16 ausgestoßen und über einen Auslass 64 aus dem Axialkolbenmotor 10 abgeführt. Dabei ist die Länge der Eintrittsöffnung 54 des Drehschiebers 52 (hinsichtlich der vorgesehenen Rotationsrichtung 72 des Drehschiebers 52) derart gewählt, dass eine Überdeckung mit immer nur der Fluidwechselöffnung 42 eines einzigen Zylinders 16 gegeben ist, während die deutlich längere Austrittsöffnung 56 des Drehschiebers 52 ein gleichzeitiges Freigeben mehrerer Fluidwechselöffnungen 42 vorsieht.

[0035] Das Dichtelement 98 dient einer fluidleitenden Verbindung zwischen dem Einlass 58 und dem Hohlraum 60 (und über diesen Hohlraum 60 mit der Eintrittsöffnung 54), wobei das Dichtelement 98 ein Überströmen von über den Einlass 58 in den Axialkolbenmotor 10 eingebrachtem Fluid von der Hochdruckseite des Axialkolbenmotors 10, die der Fluidführung zwischen dem Einlass 58 und der Eintrittsöffnung 54 des Drehschiebers 52 ent-

spricht, zu der Niederdruckseite des Axialkolbenmotors 10, die der ebenfalls in den Zylinderkopf 36 integrierten Fluidführung zwischen der Austrittsöffnung 56 des Drehschiebers 52 und dem Auslass 64 des Axialkolbenmotors 10 entspricht, weitestmöglich verhindern soll. Problematisch dabei ist die Drehung des Drehschiebers 52 relativ zu dem Zylinderkopfgehäuse 48 im Betrieb des Axialkolbenmotors 10, so dass mittels des Dichtelements 98 eine fluidtechnische Trennung der Hochdruckseite und der Niederdruckseite des Axialkolbenmotors 10 trotz dieser Relativdrehung bestmöglich erreicht werden soll. Hierzu ist vorgesehen, dass das rohrförmige Dichtelement 98, dessen Längsachse 32 (ebenso wie die Längsachse 32 des Einlasses 58) koaxial bezüglich der Rotationsachse 32 des Drehschiebers 52 angeordnet ist, weitgehend unbeweglich innerhalb des Zylinderkopfgehäuses 48 aufgenommen ist und der Drehschieber 52 sich im Betrieb des Axialkolbenmotors 10 somit auch relativ zu dem Dichtelement 98 dreht. Konkret findet eine gleitende Relativbewegung zwischen einer der ringförmigen Stirnseiten des Dichtelements 98 und dem daran angrenzenden Abschnitt der Oberseite des Drehschiebers 52 statt, wie dies insbesondere aus der Fig. 3 ersichtlich ist.

[0036] Die Fig. 3 zeigt in vergrößerter Darstellung den in der Fig. 2 mit III gekennzeichneten Ausschnitt, wobei in die Fig. 3 zudem noch Pfeile eingezeichnet sind, die Kräfte symbolisieren, die sich dadurch ergeben, dass das Dichtelement 98 durch die Beaufschlagung mittels des Einlassdrucks des Fluids einerseits (in radialer Richtung) gegen einen Abschnitt des Zylinderkopfgehäuses 48 und andererseits (in längsaxialer Richtung) gegen den Drehschieber 52 gedrückt ist. Diejenigen Pfeile, die die durch die Druckbeaufschlagung erzeugten Kräfte symbolisieren, sind dabei mit Flächenfüllung gezeichnet, während diejenigen Pfeile, die die dazugehörigen Reaktionskräfte symbolisieren, ohne Flächenfüllung dargestellt sind. Zu erkennen ist, dass die äußere Mantelfläche des Dichtelements 98 einerseits infolge einer ausreichend (elastisch) deformierbaren Ausgestaltung des Dichtelements 98 gegen eine Kontaktfläche des Zylinderkopfgehäuses 48 gedrückt wird, wodurch der zwischen diesen Kontaktflächen liegende, ringförmige Spalt abgedichtet ist, so dass ein Überströmen von Fluid aus dem Einlass 58 über diesen ringförmigen Spalt in den den Drehschieber 52 aufnehmenden Innenraum 100 des Zylinderkopfs 36 weitestmöglich verhindert ist. Weiterhin wird das Dichtelement 98 in längsaxialer Richtung durch den Einlassdruck des Fluids gegen die Oberseite des sich im Betrieb des Axialkolbenmotors 10 relativ zu dem Dichtelement 98 drehenden Drehschiebers 52 gedrückt, wodurch zudem ein Überströmen von Fluid im Bereich des Übergangs zwischen dem Innenvolumen des Dichtelements und dem Hohlraum 60 des Drehschiebers 52 über den dort zwischen dem Dichtelement 98 und dem Drehschieber 52 ausgebildeten, ringförmig umlaufenden Spalt weitestgehend verhindert ist. Um eine Abdichtung dieses Spalts ergänzend zu verbessern, ist vorgesehen, dass das Dichtelement 98 in Kombination mit dem Drehschie-

ber 52 eine Labyrinthdichtung ausbildet, wozu an der Oberseite des Drehschiebers 52 ein ringförmig umlaufender Vorsprung 102 ausgebildet ist, der in eine komplementäre Vertiefung in der Stirnseite des Dichtelements 98 eingreift. Weiterhin bildet auch das Dichtelement 98 an der dem Drehschieber 52 zugewandten Stirnseite radial innen liegend einen ringförmig umlaufenden Vorsprung 104 aus, der in eine in die Oberseite des Drehschiebers 52 integrierte, in den Hohlraum 60 des Drehschiebers 52 mündende Anschlussöffnung 106 eingreift.

[0037] Die Kraft, mit der die äußere Mantelfläche des Dichtelements 98 gegen die angrenzende Kontaktfläche des Zylinderkopfgehäuses 48 gedrückt wird, ergibt sich aus der Höhe des Einlassdrucks des Fluids und der Größe der inneren Mantelfläche des Dichtelements 98. Die Kraft, mit der das Dichtelement 98 gegen den Drehschieber 52 gedrückt wird, ergibt sich dagegen aus der Höhe des Einlassdrucks des Fluids und der Differenz der Größe der dem Einlass 58 zugewandten (größeren) Stirnseite des Dichtelements 98 einerseits und der Größe desjenigen (kleineren) Abschnitts der dem Drehschieber 52 zugewandten Stirnseite des Dichtelements 98, die von dem in die Anschlussöffnung 106 des Drehschiebers 52 ragenden Vorsprung 104 ausgebildet ist, andererseits. Um dabei eine Beaufschlagung der dem Einlass 58 zugewandten Stirnfläche des Dichtelements 98 mit dem Einlassdruck des Fluids zu ermöglichen ist der Einlass 58 derart ausgebildet, dass angrenzend an diese Stirnseite des Dichtelements 98 ein Freiraum 34 ausgebildet ist, in dem der Durchmesser des zylindrischen Einlasses 58 dem Außendurchmesser des Dichtelements 98 entspricht.

[0038] Um einen möglichst geringen Reibungswiderstand aufgrund der Bewegung des Drehschiebers 52 relativ zu dem Dichtelement 98 zu erzielen ist das Dichtelement 98 aus einem Gleitlagermaterial (z.B. PTFE) ausgebildet. Trotz eines so erreichten relativ kleinen Reibungswiderstands unterliegt insbesondere das Dichtelement 98 (weniger der Drehschieber 52) einem Verschleiß aufgrund der Relativbeweglichkeit bezüglich des Drehschiebers 52. Dieser Verschleiß kann sich jedoch selbsttätig aufgrund der längsaxial verschiebbaren Lagerung des Dichtelements 98 in dem Zylinderkopfgehäuse 48 und einer angepassten Dimensionierung des Dichtelements 98 und des Drehschiebers 52, insbesondere hinsichtlich der ineinander greifenden Vorsprünge 102, 104, in Kombination mit der längsaxialen Beaufschlagung des Dichtelements 98 mittels des Einlassdrucks des Fluids ausgleichen.

[0039] Der Drehschieber 52 und konkret ein Grundkörper 66 des Drehschiebers 52 ist für eine fertigungstechnisch vorteilhafte Ausbildung des Hohlraums 60 mehrteilig ausgebildet. Dieser umfasst ein Basisteil 68, das eine zentrische Aufnahmevertiefung ausbildet, in die ein Deckelteil 78 eingesetzt ist. Der Deckelteil 78 begrenzt mit der Oberseite des Basisteils 68 im Bereich der Aufnahmevertiefung den Hohlraum 60, wobei eine Öffnung in der Mantelfläche des Deckelteils 78 eine fluidleitende

Verbindung zwischen dem Hohlraum 60 und dem Fluidkanal 62 ermöglicht.

[0040] Der Drehschieber 52 umfasst neben dem Grundkörper 66 eine sich über einen Umfangswinkel (bezüglich der Rotationsachse des Drehschiebers) von ca. 180° erstreckende, teilkreisringförmige Dichtplatte 70. In dieser Dichtplatte 70 ist die Eintrittsöffnung 54 des Drehschiebers 52 ausgebildet.

[0041] Die geschlossenen (d.h. die nicht die Eintrittsöffnung 54 ausbildenden) Abschnitte der Dichtplatte 70 dienen einer bedarfsweisen Abdeckung der Fluidwechselöffnungen 42, wobei zumindest der in der Rotationsrichtung 72 des Drehschiebers 52 hinter der Eintrittsöffnung 54 gelegene Abschnitt infolge der drehfesten Kopplung des Drehschiebers 52 über die Welle 26 an den Taumelscheibenfuß 24 stets derart angeordnet ist, dass dieser im Bereich derjenigen drei Zylinder 16 angeordnet ist, in denen im Betrieb des Axialkolbenmotors 10 die dazugehörigen Kolben 18 aktuell einen Arbeitshub ausführen.

[0042] Die Dichtplatte 70 ist in einer (teil-)kreisringförmigen Aufnahmevertiefung, die von der an die Zylinderkopfplatte 40 angrenzenden Unterseite des Grundkörpers 66 ausgebildet ist, beweglich angeordnet, wobei eine über eine relativ kleine Distanz mögliche Verschiebung der Dichtplatte 70 in den zu der Rotationsachse 32 des Drehschiebers 52 parallelen Richtungen und folglich auf die Zylinderkopfplatte 40 zu oder von dieser weg möglich ist. Dies ermöglicht, die Dichtplatte 70 bedarfsgerecht an die Zylinderkopfplatte 40 anzudrücken, wodurch die von dem geschlossen ausgebildeten Abschnitt der Dichtplatte 70 überdeckten Fluidwechselöffnungen 42 nicht nur abgedeckt sind, sondern auch der zwischen diesem Abschnitt der Dichtplatte 70 und der Zylinderkopfplatte 40 ausgebildete Spalt infolge einer ausreichend hohen Kraft, mit der die Dichtplatte 70 gegen die Zylinderkopfplatte 40 gedrückt wird, in ausreichendem Maße abgedichtet ist.

[0043] Andererseits ist vorgesehen, dass sich die Unterseite des Grundkörpers 66 in einem definierten, relativ kleinen (z.B. ca. 3/10 mm) Abstand zu der Oberseite der Zylinderkopfplatte 40 befindet, wodurch ein Kontakt zwischen dem Grundkörper 66 und der Zylinderkopfplatte 40 und damit Reibungsverluste infolge der Drehung des Grundkörpers 66 relativ zu der Zylinderkopfplatte 40 vermieden werden. Folglich ist ein Kontakt zwischen dem Drehschieber 52 und der Zylinderkopfplatte 40 lediglich in den Bereichen der geschlossen ausgebildeten Abschnitte der Dichtplatte 70 vorgesehen, wodurch die Größe dieser Kontaktfläche auf das für das abgedichtete Abdecken der Fluidwechselöffnungen 42 derjenigen Zylinder 16, in denen aktuell die dazugehörigen Kolben 18 einen Arbeitshub ausführen, erforderliche Maß reduziert ist. Dadurch sind Reibungsverluste, die sich aus der Drehung des Drehschiebers 52 relativ zu der Zylinderkopfplatte 40 ergeben, minimiert. Besonders klein können diese Reibungsverluste gehalten werden, wenn die Auswahl der Materialien, aus denen die Zylinderkopfplatte 40

(z.B. Stahl) und die Dichtplatte 70 (z.B. Kupfer) ausgebildet sind, auch hinsichtlich eines möglichst geringen Reibungskoeffizienten ausgewählt sind. Weiterhin besteht die Möglichkeit einer Beschichtung der Zylinderkopfplatte 40 und/oder der Dichtplatte 70 mit einem Gleitlagermaterial (z.B. PTFE oder DLC (Diamond-like Carbon)). Unter anderen dann kann die Dichtplatte 70 vorteilhafterweise auch aus Stahl ausgebildet sein.

[0044] Das Andrücken der Dichtplatte 70 an die Zylinderkopfplatte 40 erfolgt mittels mehreren entlang der geschlossen ausgebildeten Abschnitte verteilt angeordneten Druckkolben 74, die verschiebbar (entlang der Rotationsachse 32) in jeweils einer zylindrischen Aufnahmeöffnung des Grundkörpers 66 gelagert sind und die an ihrer Oberseite mit dem über den Einlass 58 in den Hohlraum 60 des Drehschiebers 52 eingeströmten Fluid und demnach mit dem Einlassdruck des Fluids beaufschlagt sind. Hierzu ist jeweils ein zu jedem der Druckkolben 74 führender Fluidkanal 62 in dem Basisteil 68 des Grundkörpers 66 ausgebildet (vgl. Fig. 8), der über jeweils eine dazugehörige Öffnung 76 in der Mantelfläche des Deckelteils 78 (vgl. Fig. 5) in fluidleitender Verbindung mit dem Hohlraum 60 steht. Für eine Abdichtung der umlaufenden Spalte zwischen den Umfangsflächen der Druckkolben 74 und der Begrenzungswände der diese aufnehmenden Aufnahmeöffnungen ist jeweils ein Dichtring 80 (O-Ring) vorgesehen.

[0045] Die mit dem Einlassdruck des Fluids beaufschlagten Druckkolben 74 drücken die Dichtplatte 70 gegen die Zylinderkopfplatte 40, wodurch das bereits beschriebene abgedichtete Abdecken der Fluidwechselöffnungen 42 derjenigen Zylinder 16, deren dazugehörige Kolben 18 einen Arbeitshub durchführen, erreicht wird. Dabei ist die Kraft, mit der die Dichtplatte 70 gegen die Zylinderkopfplatte 40 gedrückt wird, direkt abhängig von der Höhe des Einlassdrucks des Fluids, so dass bei jeder tatsächlich im Betrieb des Axialkolbenmotors 10 vorgesehenen Höhe des Einlassdrucks einerseits eine ausreichende Abdichtung erzielt und andererseits ein unnötig starkes Andrücken der Dichtplatte 70 an die Zylinderkopfplatte 40 und damit ein unnötig hoher Reibungswiderstand für die Drehung des Drehschiebers 52 relativ zu der Zylinderkopfplatte 40 vermieden wird.

[0046] Bei der Dichtplatte 70 ist ein der Eintrittsöffnung 54 vorgelagerter, geschlossener Abschnitt vorgesehen, dessen Länge in Umfangsrichtung mindestens der Breite der Fluidwechselöffnungen 42 in Umfangsrichtung entspricht (vgl. insbesondere Fig. 9). Dadurch ist sichergestellt, dass auch bei einer nur anfänglichen Überdeckung der Eintrittsöffnung 54 der Dichtplatte 70 mit den einzelnen Fluidwechselöffnungen 42 der Zylinderkopfplatte 40 das gesamte in den jeweiligen Zylinder 16 einströmende Fluid darin verbleibt und nicht über einen vor der Dichtplatte 70 anfänglich noch ausgebildeten Spalt wieder abströmt. Auch in diesem der Eintrittsöffnung 54 vorgelagerten Abschnitt ist ein Andrücken der Dichtplatte 70 mittels eines Druckkolbens 74 vorgesehen (vgl. Fig. 5). Über eine Variation der Länge dieses der Eintrittsöffnung 54

vorgelagerten, geschlossenen Abschnitts der Dichtplatte 70 kann eine Vorkompression von noch in den Zylindern 16 verbliebenem Fluid realisiert und angepasst werden, indem dieser Abschnitt der Dichtplatte 70 die Fluidwechselöffnungen 42 bereits abdeckt, bevor die dazugehörigen Kolben 18 ihren OT erreicht haben.

[0047] Weiterhin ist ein Druckkolben 74 unmittelbar hinter (bezüglich der Rotationsrichtung 72) der Eintrittsöffnung 54 vorgesehen, dem sich mehrere weitere Druckkolben 74 anschließen. Dabei ist vorgesehen, dass einerseits die Flächen der dem Einlassdruck des Fluids ausgesetzten Oberseiten der Druckkolben 74 in Rotationsrichtung 72 größer werdend ausgebildet sind und andererseits die Abstände zwischen den Druckkolben 74 in Drehrichtung kleiner werdend ausgebildet sind, wodurch ein besonders starkes Andrücken der Dichtplatte 70 an die Zylinderkopfplatte 40 in einem die Eintrittsöffnung 54 umfassenden Bereich erreicht wird, während der Anpressdruck mit zunehmenden Abstand von der Eintrittsöffnung 54 kleiner wird, wodurch die durch die einzelnen Druckkolben 74 erzeugten und auf verschiedene Bereiche der Dichtplatte 70 wirkenden Andrückkräfte an den sich während der Arbeitstakte in den Zylindern 16 zunehmend verringernden Fluiddruck angepasst ist.

[0048] Um zu verhindern, dass die Taumelscheibe 22 von der Drehbewegung des Taumelscheibenfußes 24 mitgenommen wird, ist vorgesehen, diese gegen ein Verdrehen gesichert mit dem Zylindergehäuse 12 zu verbinden. Dazu ist eine Sicherungshülse 82 vorgesehen, die mit dem Zylindergehäuse 12 verbunden ist. Die Sicherungshülse 82 ist zudem über eine kardanartige Gelenkanordnung mit der Taumelscheibe 22 verbunden. Die Gelenkanordnung bindet die Taumelscheibe 22 drehfest an die Sicherungshülse 82 und damit an das Zylindergehäuse 12 und lässt gleichzeitig die Taumelbewegung der Taumelscheibe 22 zu. Die Gelenkanordnung umfasst einen Gelenkring 84, der über jeweils zwei Lagerstifte 86 um eine erste Achse drehbar mit der Sicherungshülse 82 sowie um eine zweite, zu der ersten Achse senkrecht verlaufende Achse drehbar mit der Taumelscheibe 22 verbunden ist.

[0049] Der Axialkolbenmotor 10 kann beispielsweise in einer Kreisprozessvorrichtung 88 zur Nutzung von Abwärme eines Verbrennungsmotors 90 einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs eingesetzt werden (vgl. Fig. 10). Dabei expandiert ein verdampftes und überhitztes sowie unter Druck stehendes Fluid in dem Axialkolbenmotor 10, wodurch ein Teil der thermischen und potentiellen Energie des Fluids in mechanische Energie beziehungsweise Leistung (P_{mech}) gewandelt wird. Das Fluid wird hierzu im flüssigen Zustand mittels einer Pumpe 92 (Fördervorrichtung) zu einem Verdampfer 94 gefördert, in dem dieses durch den Übergang von Wärmeenergie von aus dem Verbrennungsmotor 90 über einen den Verdampfer 94 integrierenden Abgasstrang abgeführtem Abgas erhitzt wird. Das so verdampfte und überhitzte Fluid strömt dann zu dem als Expansionsvorrich-

tung der Kreisprozessvorrichtung 88 dienenden Axialkolbenmotor 10 und von diesem in einem entspannte(re)n Zustand zu einem Kondensator 96 der Kreisprozessvorrichtung 88. In dem Kondensator 96 wird das Fluid durch einen Wärmeübergang auf ein Kühlmedium, beispielsweise auf ein in einem auch den Verbrennungsmotor 90 integrierenden Kühlsystem des Kraftfahrzeugs strömendes Kühlmittel, gekühlt. Dabei kondensiert das Fluid, so dass es im flüssigen Zustand mittels der Pumpe 92 erneut dem Verdampfer 94 zugeführt werden kann. Aufgrund der Förderung des flüssigen Fluids mittels der Pumpe 92 wird auch eine Verdichtung des zwischen dem Verdampfer 94 und dem Axialkolbenmotor 10 (Expansionsvorrichtung) im gasförmigen Zustand vorliegenden Fluids auf einen vorgesehenen Betriebsdruck erreicht, wobei die Druckerzeugung mittels der Pumpe 92 in Wechselwirkung mit der Expansion des gasförmigen Fluids in dem Axialkolbenmotor 10 steht.

[0050] Durch die Arbeit der Pumpe 92 wird das Druckniveau gemäß dem T-S-Diagramm der Fig. 11 (theoretisch bzw. idealisiert betrachtet) adiabatisch und isentrop auf einen festgelegten Wert angefahren und ein definierter Volumenstrom sichergestellt. Vom Zustandspunkt b bis zum Zustandspunkt c findet eine (theoretisch bzw. idealisiert betrachtet) isobare Wärmezufuhr mit Verdampfung und Überhitzung statt. Ab dem Zustandspunkt b' beginnt die Verdampfung, die beim Erreichen des Zustandspunkts b" abgeschlossen ist. Vom Zustandspunkt b" bis zum Zustandspunkt c wird das dampfförmige Fluid überhitzt. Die Abgabe der mechanischen Arbeit (P_{mech}) durch den Axialkolbenmotor 10 (Expansionsvorrichtung) findet durch eine (theoretisch bzw. idealisiert betrachtet) isentrope Entspannung vom Zustandspunkt c bis zum Zustandspunkt d statt. Je nach Art und Aufbau der Expansionsvorrichtung kann nun bis kurz vor das Dampfgebiet oder in das Nassdampfgebiet hinein entspannt werden. Vom Zustandspunkt d bis zum Zustandspunkt a wird das Fluid durch den Kondensator (theoretisch bzw. idealisiert betrachtet) isobar und isotherm verflüssigt.

[0051] Ziel der Betrachtung im T-S-Diagramm ist eine Maximierung der zugeführten Wärme vom Zustandspunkt b bis zum Zustandspunkt c und eine Reduktion der abzuführenden Wärme (q_{ab}) vom Zustandspunkt d bis zum Zustandspunkt a. Die eingeschlossene Fläche vom Zustandspunkt a über die Zustandspunkte b und c bis zum Zustandspunkt d soll im vorgesehenen Temperaturbereich maximiert werden. Der Wirkungsgrad eines Clausius-Rankine-Prozesses ist somit visuell als Verhältnis beider Flächen zu interpretieren ($\eta_{\text{th}} = 1 - (q_{\text{ab}})/(q_{\text{zu}})$).

Bezugszeichenliste

[0052]

10	Axialkolbenmotor
12	Zylindergehäuse
14	Zylinderrohr

16	Zylinder	
18	Kolben	
20	Pleuel	
22	Taumelscheibe	
24	Taumelscheibenfuß	5
26	Welle	
28	Längsachse der Taumelscheibe und des Taumelscheibenfußes	
30	Längsachse der Zylinder	
32	Längsachse/Rotationsachse der Welle und des Drehschiebers; Längsachse des Einlasses und des Dichtelements	10
34	Freiraum im Einlass	
36	Zylinderkopf	
38	Drehschieberventil	15
40	Zylinderkopfplatte	
42	Fluidwechselöffnung	
44	Öffnung der Zylinderkopfplatte	
46	Schraube	
48	Zylinderkopfgehäuse	20
50	Gehäuse	
52	Drehschieber	
54	erste Durchtrittsöffnung/Eintrittsöffnung	
56	zweite Durchtrittsöffnung/Austrittsöffnung	
58	Einlass	25
60	Hohlraum des Drehschiebers	
62	Fluidkanal	
64	Auslass	
66	Grundkörper des Drehschiebers	
68	Basisteil des Drehschiebers	30
70	Dichtplatte des Drehschiebers	
72	Rotationsrichtung des Drehschiebers	
74	Druckkolben	
76	Öffnung des Deckelteils	
78	Deckelteil des Drehschiebers	35
80	Dichtring	
82	Sicherungshülse	
84	Gelenkring	
86	Lagerstift	
88	Kreisprozessvorrichtung	40
90	Verbrennungsmotor	
92	Pumpe	
94	Verdampfer	
96	Kondensator	
98	Dichtelement	45
100	Innenraum des Zylinderkopfs	
102	Vorsprung des Drehschiebers	
104	Vorsprung des Dichtelements	
106	Anschlussöffnung des Drehschiebers	50

Patentansprüche

1. Axialkolbenmotor (10) mit einem Zylindergehäuse (12), in dem mehrere Zylinder (16) ausgebildet sind, und mit in den Zylindern (16) beweglich geführten Kolben (18), wobei die Kolben (18) an eine Schrägscheibe angebunden sind und wobei eine Strömung

eines über einen Einlass (58) in den Axialkolbenmotor (10) eingetretenen Fluids in die und aus den Zylindern (16) mittels Einlass- und Auslassventilen gesteuert wird, wobei die Einlass- und/oder die Auslassventile in einer Zylinderkopfplatte (40) ausgebildete Fluidwechselöffnungen (42) umfassen, die temporär mittels eines Drehschiebers (52) freigegeben und abgedeckt werden können, wobei der Drehschieber (52) eine mit den Fluidwechselöffnungen (42) in eine fluidleitende Verbindung bringbare Eintrittsöffnung (54) aufweist, die über ein rohrförmiges Dichtelement (98) mit dem Einlass (58) in fluidleitender Verbindung steht, wobei das Dichtelement (98) durch eine Beaufschlagung mittels des Einlassdrucks des Fluids gegen ein Widerlager gedrückt ist, um einen zwischen dem Dichtelement (98) und dem Widerlager ausgebildeten Spalt abzudichten, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dichtelement (98) und das Widerlager zusätzlich eine Labyrinthdichtung ausbilden.

2. Axialkolbenmotor (10) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dichtelement (98) drehbar bezüglich des Drehschiebers (52) angeordnet und durch eine Beaufschlagung mittels des Einlassdrucks des Fluids gegen den Drehschieber (98) gedrückt ist.

3. Axialkolbenmotor (10) gemäß Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dichtelement (98) derart in radialer Richtung deformierbar ausgelegt ist, dass eine äußere Mantelfläche des Dichtelements (98) durch eine Beaufschlagung mittels des Einlassdrucks des Fluids gegen eine Kontaktfläche eines Zylinderkopfgehäuses (48) gedrückt ist.

4. Axialkolbenmotor (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehschieber (52) einen Hohlraum (60) ausbildet, wobei in diesen Hohlraum (60) eine Anschlussöffnung (106), die über das Dichtelement (98) in fluidleitender Verbindung mit dem Einlass (58) steht, sowie die Eintrittsöffnung (54) münden.

5. Axialkolbenmotor (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Längsachse (32) des Dichtelements (98) koaxial bezüglich der Rotationsachse (32) des Drehschiebers (52) angeordnet ist.

6. Axialkolbenmotor (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest die den abzudichtenden Spalt begrenzende Fläche des Dichtelements (98) und/oder des Widerlagers aus einem Gleitlagermaterial ausgebildet ist.

7. Kreisprozessvorrichtung (88) mit einem Kreislauf für

ein Fluid, wobei in den Kreislauf

- ein Verdampfer (94) zum Verdampfen des Fluids,
- eine Expansionsvorrichtung zum Expandieren des Fluids,
- ein Kondensator (96) zum Kondensieren des Fluids und
- eine Fördervorrichtung zum Fördern des Fluids in dem Kreislauf integriert sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Expansionsvorrichtung in Form eines Axialkolbenmotors (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist.

8. Antriebseinheit für ein Kraftfahrzeug mit einer Brennkraftmaschine, die einen Verbrennungsmotor (10) sowie einen Abgasstrang, über den Abgas aus dem Verbrennungsmotor (10) abführbar ist, umfasst, und mit einer Kreisprozessvorrichtung gemäß Anspruch 7, wobei der Verdampfer (94) dazu eingerichtet ist, Wärmeenergie des Abgases zum Verdampfen des Arbeitsmediums zu nutzen.

9. Kraftfahrzeug mit einer Antriebseinheit gemäß Anspruch 8.

Claims

1. Axial piston motor (10) with a cylinder housing (12), in which a plurality of cylinders (16) are formed, and with pistons (18) movably guided in the cylinders (16), wherein the pistons (18) are connected to a swash plate and wherein a flow of a fluid, which entered the axial piston motor (10) via an inlet (58), into and out of the cylinders (16) is controlled by means of intake and exhaust valves, wherein the intake and/or the exhaust valves comprise fluid exchange openings (42) in a cylinder head plate (40) which fluid exchange openings can be temporarily exposed and covered by means of a rotary slide (52), wherein the rotary slider (52) has an inlet opening (54) that can be brought into a fluid-conducting connection with the fluid exchange openings (42), which inlet opening is in a fluid-conducting connection with the inlet (58) via a tubular sealing element (98), wherein the sealing element (98) is pressed against an abutment by means of the inlet pressure of the fluid in order to seal off a gap formed between the sealing element (98) and the abutment, **characterized in that** the sealing element (98) and the abutment additionally form a labyrinth seal.
2. Axial piston motor (10) according to Claim 1, **characterized in that** the sealing element (98) is arranged rotatably with respect to the rotary slide (52) and is pressed against the rotary slide (98) by means

of the inlet pressure of the fluid.

3. Axial piston motor (10) according to Claim 2, **characterized in that** the sealing element (98) is designed to be deformable in the radial direction in such a way that an outer lateral surface of the sealing element (98) is pressed against a contact surface of a cylinder head housing (48) by means of the inlet pressure of the fluid.
4. Axial piston motor (10) according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the rotary slide (52) forms a cavity (60), wherein a connection opening (106), which is in fluid-conducting connection with the inlet (58) via the sealing element (98), and also the inlet opening (54) open into said cavity (60).
5. Axial piston motor (10) according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the longitudinal axis (32) of the sealing element (98) is arranged coaxially with respect to the axis of rotation (32) of the rotary slide (52).
6. Axial piston motor (10) according to any one of the preceding claims, **characterized in that** at least the surface of the sealing element (98) and/or of the abutment delimiting the gap to be sealed is formed from a plain bearing material.
7. Cycle device (88) with a circuit for a fluid, wherein
 - an evaporator (94) for evaporating the fluid,
 - an expansion device for expanding the fluid,
 - a condenser (96) for condensing the fluid, and
 - a conveying device for conveying the fluid in the circuit
 are integrated in the circuit, **characterized in that** the expansion device is designed in the form of an axial piston motor (10) according to any one of the preceding claims.
8. Drive unit for a motor vehicle with a combustion engine which comprises an internal combustion engine (10) and an exhaust line, via which exhaust gas can be discharged from the internal combustion engine (10), and with a cycle device according to Claim 7, wherein the evaporator (94) is configured to use thermal energy of the exhaust gas for evaporating the working medium.
9. Motor vehicle with a drive unit according to Claim 8.

Revendications

1. Moteur à pistons axiaux (10) comprenant un carter de cylindres (12), dans lequel sont formés plusieurs

- cylindres (16) et comprenant des pistons (18) guidés en déplacement dans les cylindres (16), les pistons (18) étant solidarisés à un plateau incliné et un écoulement d'un fluide entrant dans le moteur à pistons axiaux (10) par une admission (58) étant dirigé dans les cylindres (16) et hors de ceux-ci au moyen de soupapes d'admission et d'échappement, les soupapes d'admission et/ou d'échappement comprenant des ouvertures d'échange de fluide (42) formées dans une plaque de culasse (40), qui peuvent être découvertes et obturées temporairement au moyen d'un distributeur rotatif (52), le distributeur rotatif (52) comprenant une ouverture d'entrée (54) pouvant être amenée en communication fluidique avec les ouvertures d'échange de fluide (42) et qui communique fluidiquement avec l'admission (58) au travers d'un élément d'étanchéité (98) tubulaire, l'élément d'étanchéité (98) étant sollicité en direction d'une butée par la pression d'admission du fluide, de manière à fermer de manière étanche l'interstice formé entre l'élément d'étanchéité (98) et la butée, **caractérisé en ce que** l'élément d'étanchéité (98) et la butée forment en outre un joint labyrinthe.
2. Moteur à pistons axiaux (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'élément d'étanchéité (98) est disposé rotatif par rapport au distributeur rotatif (52) et est sollicité par la pression d'admission du fluide contre le distributeur rotatif (98).
3. Moteur à pistons axiaux (10) selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'élément d'étanchéité (98) est conçu déformable dans la direction radiale de sorte qu'une surface d'enveloppe externe de l'élément d'étanchéité (98) soit sollicitée par la pression d'admission du fluide contre une surface de contact d'un carter de culasse (48).
4. Moteur à pistons axiaux (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le distributeur rotatif (52) forme une cavité (60), une ouverture de raccordement (106), qui est en communication fluidique avec l'admission (58) par l'intermédiaire de l'élément d'étanchéité (98), ainsi que l'ouverture d'entrée (54), débouchant dans cette cavité (60).
5. Moteur à pistons axiaux (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'axe longitudinal (32) de l'élément d'étanchéité (98) est disposé coaxial par rapport à l'axe de rotation (32) du distributeur rotatif (52).
6. Moteur à pistons axiaux (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** au moins les surfaces de l'élément d'étanchéité (98) délimitant l'interstice à étancher et/ou la butée sont formées d'un matériau de palier lisse.
7. Système à cycle (88) comprenant une circulation pour un fluide,
- un évaporateur (94) pour vaporiser le fluide,
 - un système d'expansion pour soumettre le fluide à une expansion,
 - un condensateur (96) pour condenser le fluide et
 - un système transporteur pour transporter le fluide dans la circulation
- sont intégrés dans la circulation, **caractérisé en ce que** le système d'expansion est conçu sous la forme d'un moteur à pistons axiaux (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes.
8. Ensemble de propulsion pour un véhicule à moteur comprenant un moteur à combustion, qui comprend un moteur à combustion interne (10) ainsi qu'une ligne de gaz d'échappement, par l'intermédiaire de laquelle les gaz d'échappement sont guidés hors du moteur à combustion interne (10) et comprenant un système à cycle selon la revendication 7, dans lequel l'évaporateur (94) est conçu pour utiliser l'énergie thermique des gaz d'échappement pour vaporiser le milieu de travail.
9. Véhicule à moteur comprenant un ensemble de propulsion selon la revendication 8.

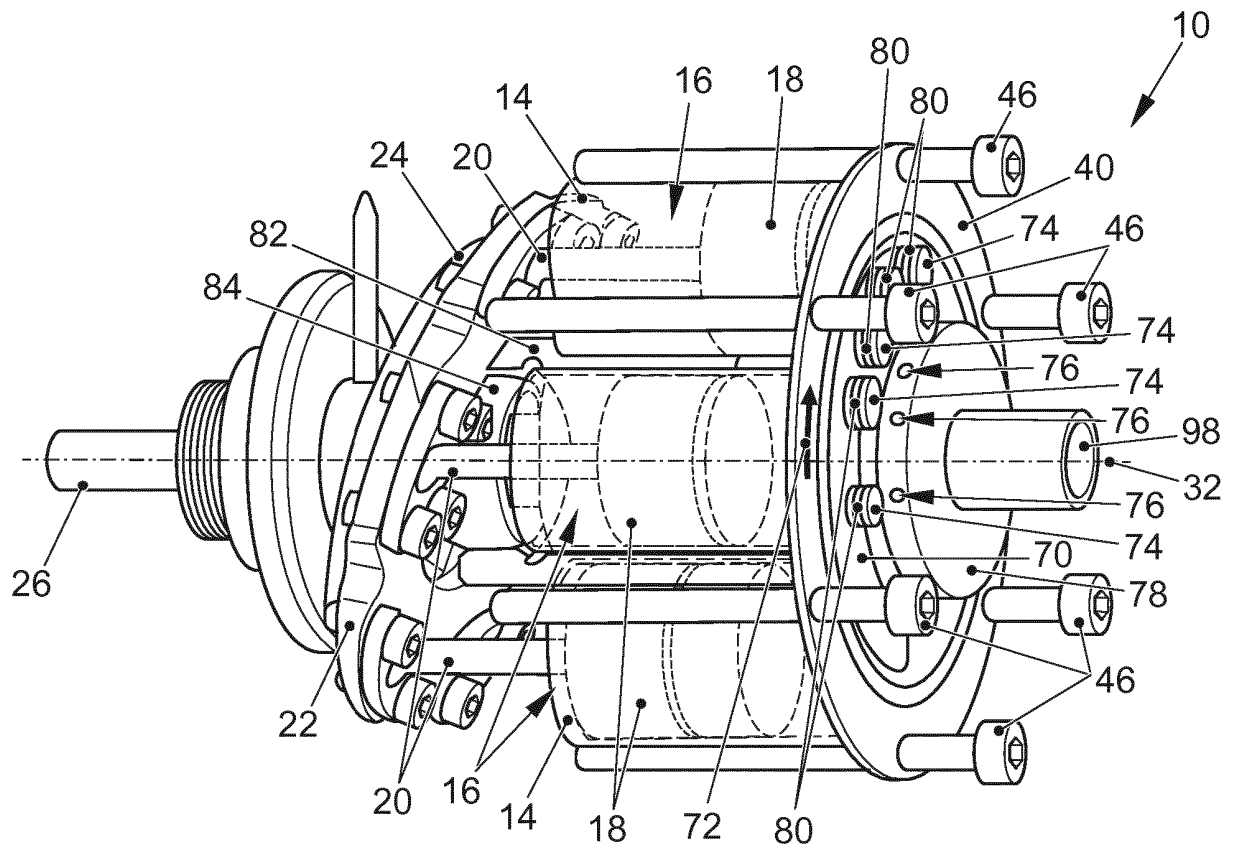


FIG. 1

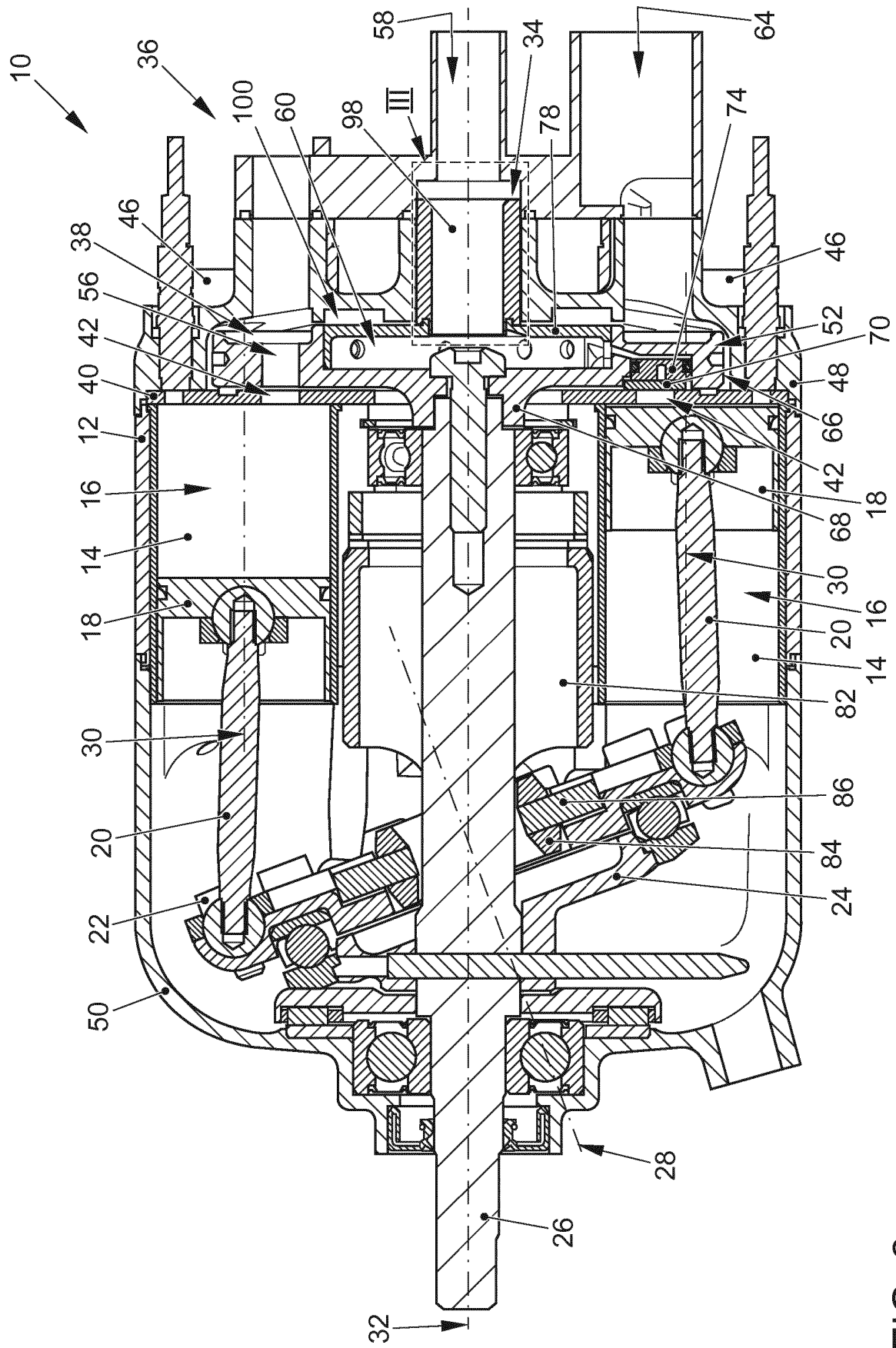


FIG. 2

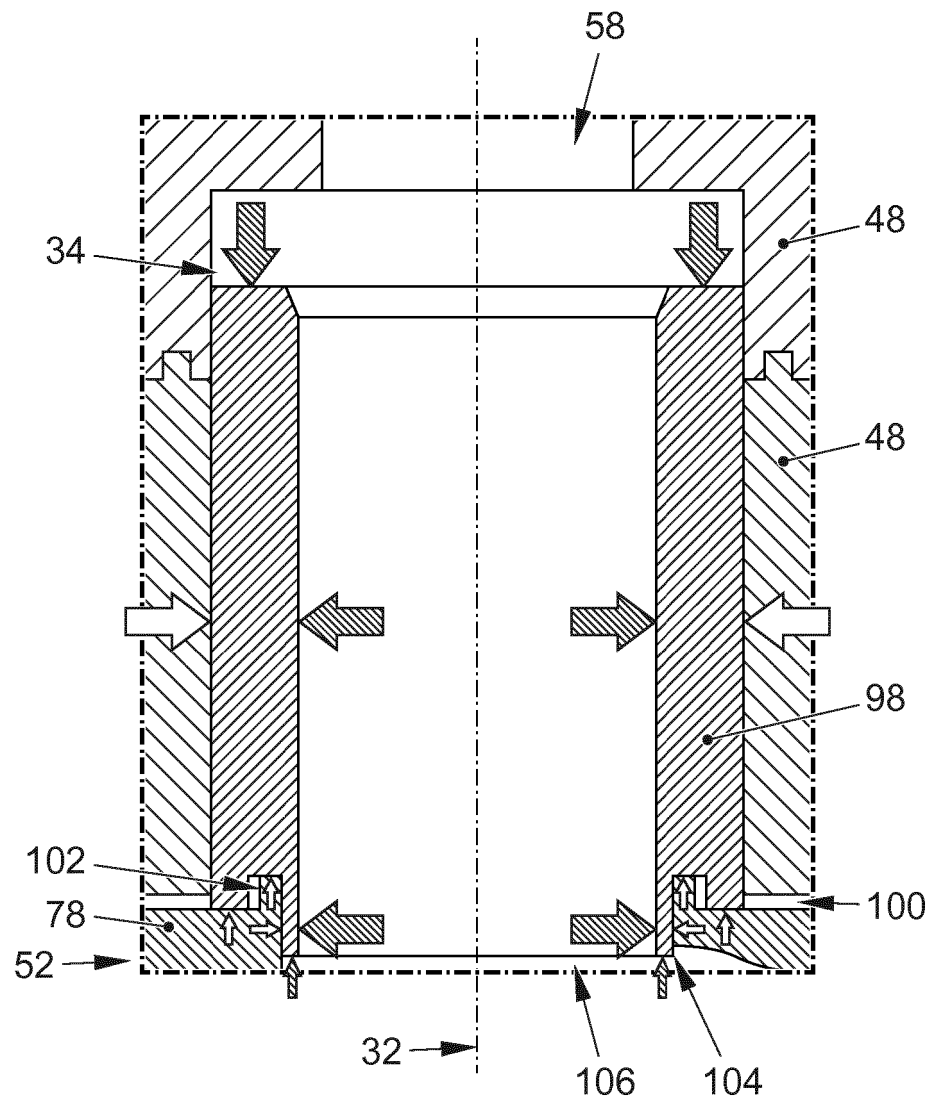


FIG. 3

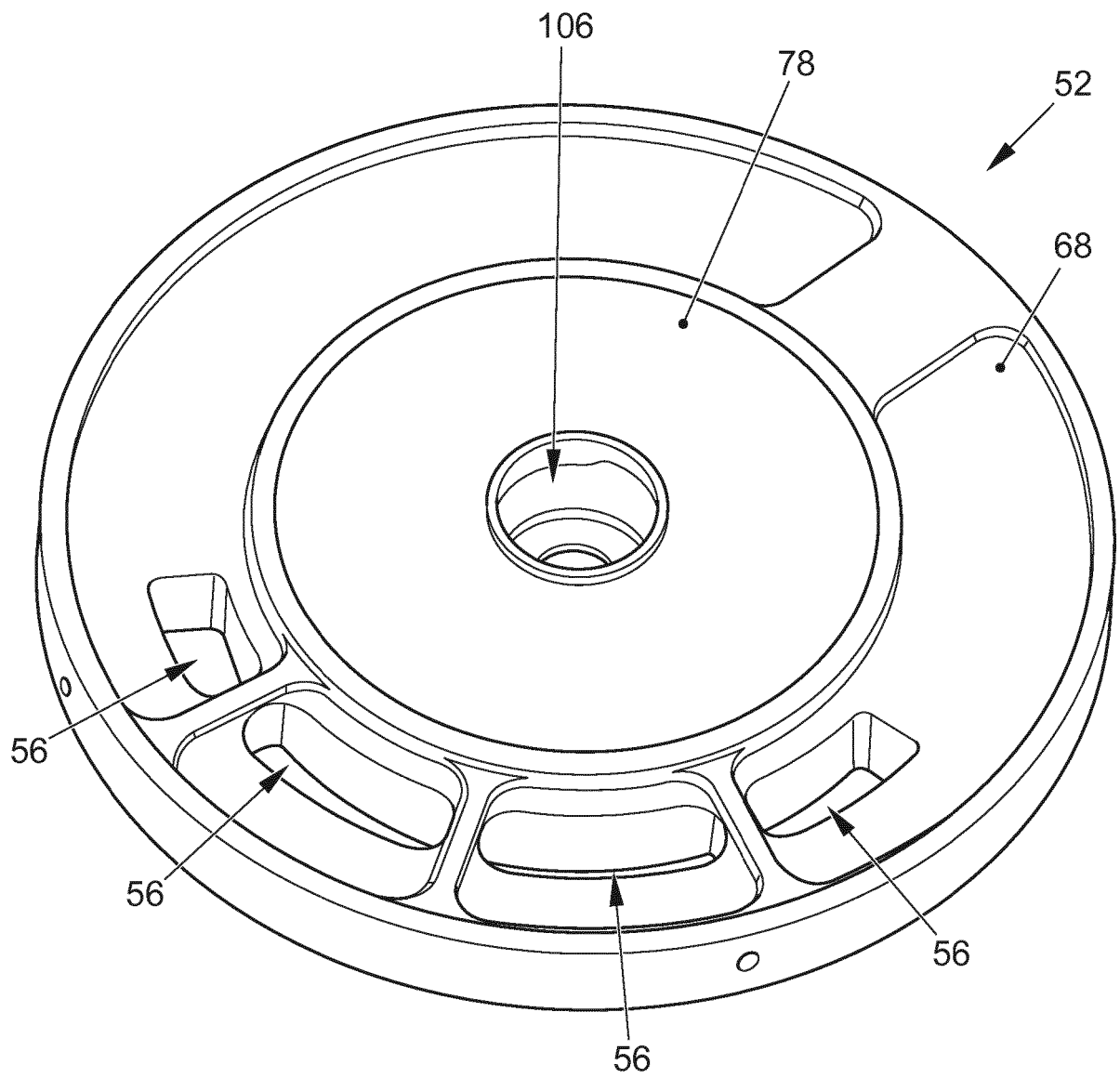


FIG. 4

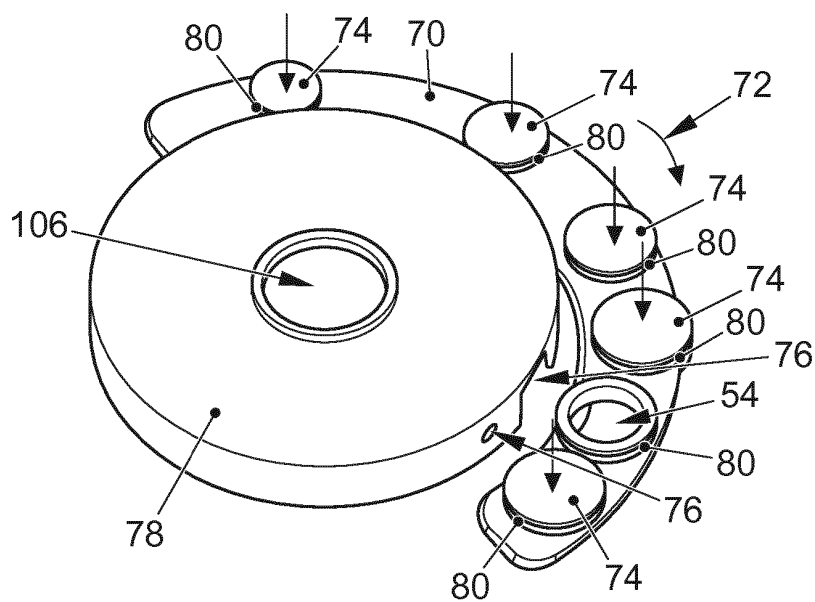


FIG. 5

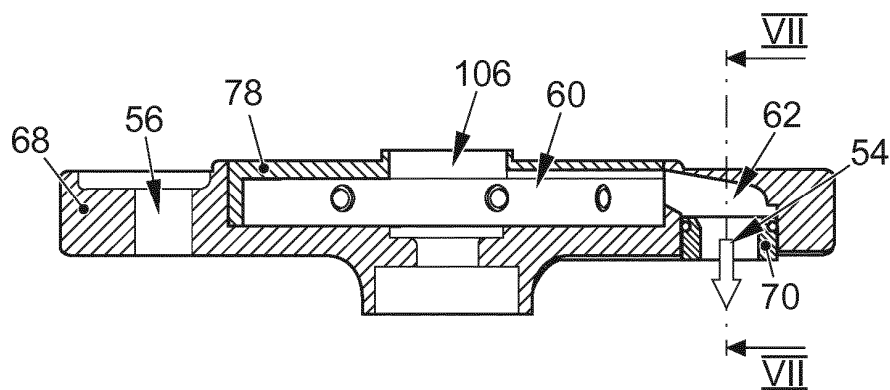


FIG. 6

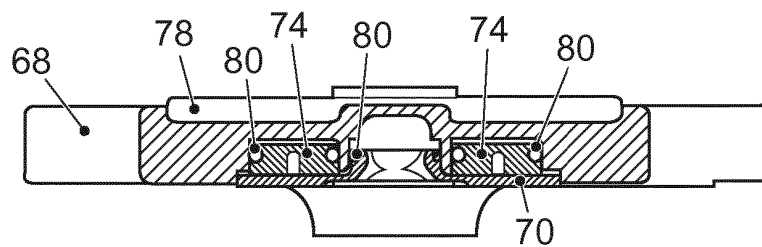


FIG. 7

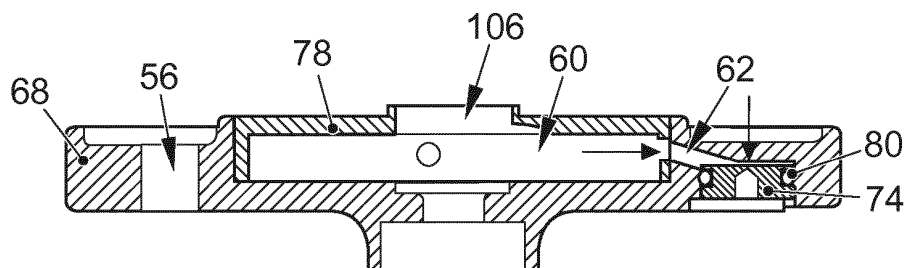


FIG. 8

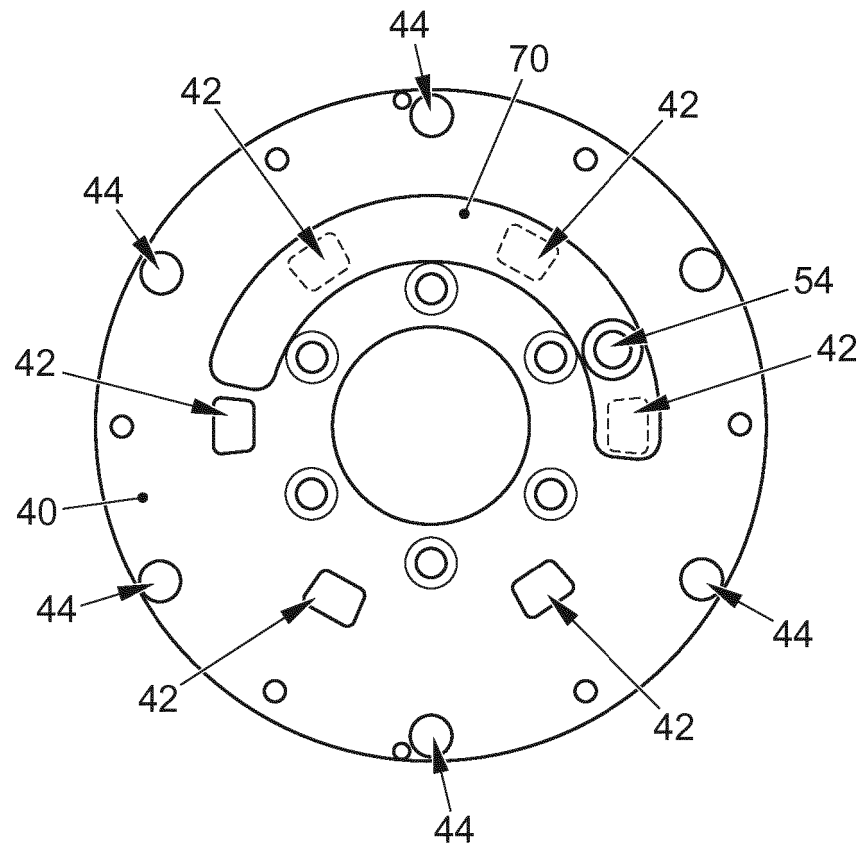


FIG. 9

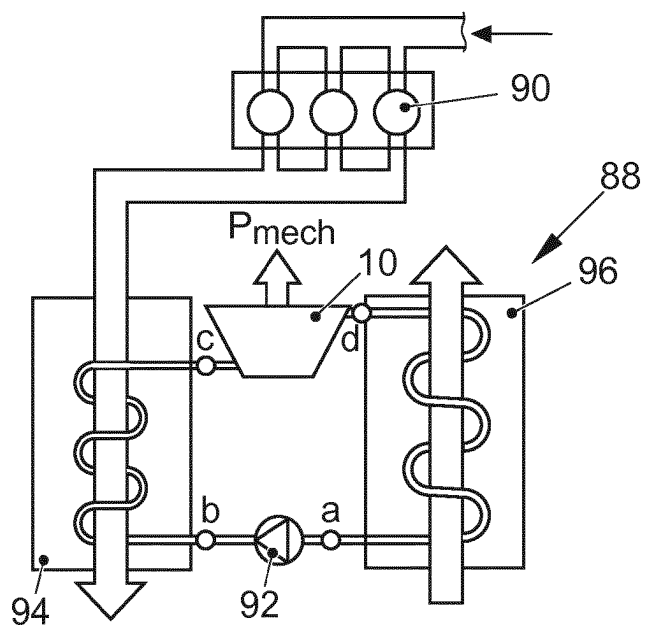


FIG. 10

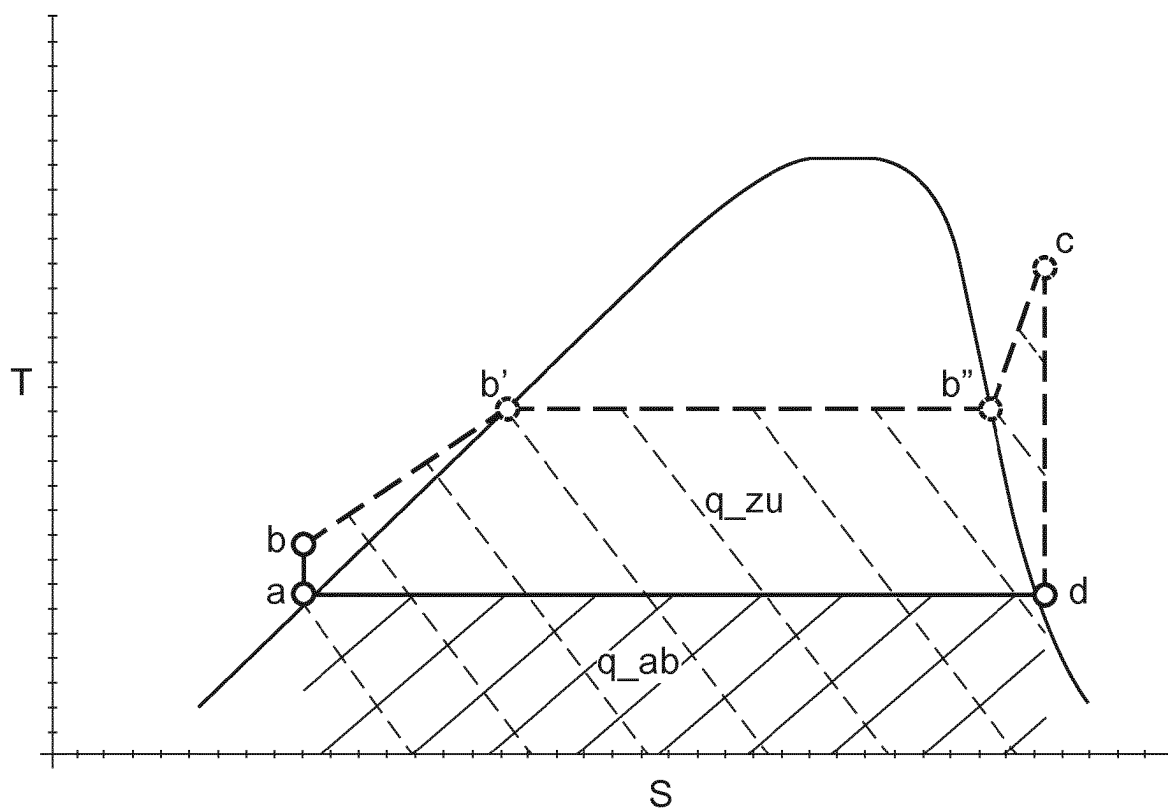


FIG. 11

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102009028467 A1 **[0003]**
- DE 102010052508 A1 **[0004]**
- DE 102011118622 A1 **[0010]**
- DE 102015204367 A1 **[0010]**
- US 2004228740 A1 **[0011]**
- US 2005180861 A1 **[0011]**
- DE 102013213614 A1 **[0011]**
- US 5799562 A **[0011]**
- DE 102014209900 A1 **[0011]**