(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 596 309 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.09.2022 Patentblatt 2022/38

(21) Anmeldenummer: **18712809.5**

(22) Anmeldetag: **07.03.2018**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F01B 3/00 *(2006.01)* ***F01B 3/02*** *(2006.01)*
F01B 3/10 *(2006.01)*

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F01B 3/02; F01B 3/0017; F01B 3/10; F01B 3/101

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2018/055605

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2018/166864 (20.09.2018 Gazette 2018/38)

(54) AXIALKOLBENMOTOR UND KREISPROZESSVORRICHTUNG

AXIAL-PISTON MOTOR AND CYCLIC PROCESS DEVICE

MOTEUR À PISTONS AXIAUX ET SYSTÈME À CYCLE

(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 102017105610**

(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)
- **MAISCHIK, Thomas**
  38173 Sickte (DE)
- **KAMMANN, Uwe**
  38350 Helmstedt (DE)

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 3 019 702
DE-A1-102010 036 917
DE-A1-102011 052 481
DE-A1-102014 209 892
DE-A1-102015 002 801
DE-A1-102015 204 367

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).

EP 3 596 309 B1

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.

[0003] Eine Nutzung dieser Abwärme stellt eine Möglichkeit dar, den Gesamtwirkungsgrad einer Antriebseinheit des Kraftfahrzeugs zu steigern und damit den Kraftstoffverbrauch zu senken.

[0004] 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 Speisepumpe erfolgt eine Druckerhöhung des Arbeitsmediums und dessen Zufuhr zu dem Verdampfer.

[0005] 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.

[0006] 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 eine Bewegung des jeweiligen Kolbens bewirkt und dabei gegebenenfalls (bei einem pneumatischen Axialkolbenmotor) expandiert. 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 angeordneten Platte, an die die Kolben direkt oder über Pleuel angebunden sind, auf eine Abtriebswelle übertragen.

[0007] Axialkolbenverdichter bzw. -pumpen weisen einen im Vergleich zu Axialkolbenmotoren im Wesentlichen identischen Aufbau auf, wobei 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.

[0008] Axialkolbenmaschinen (Axialkolbenmotoren und Axialkolbenverdichter bzw. -pumpen) werden regelmäßig in einer von drei Bauweisen ausgeführt.

[0009] 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, schräge Platte 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.

[0010] 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.

[0011] Die Einlass- und Auslassventile von Axialkolbenmaschinen werden regelmäßig in Form eines oder mehrerer Drehschieberventile ausgebildet, die jeweils einen drehfest mit der Antriebs- oder Abtriebswelle verbundenen Drehschieber umfassen, der in Abhängigkeit von den jeweiligen Kolbenpositionen Einlass- und/oder Auslassöffnungen der einzelnen Zylinder temporär mit einem Einlass oder Auslass der Axialkolbenmaschine verbindet. Für die Realisierung eines möglichst hohen Wirkungsgrads einer Axialkolbenmaschine ist die Abdichtung der Zylinder mittels des Drehschieberventils von besonderer Bedeutung.

[0012] Die DE 10 2011 118 622 A1 offenbart eine Axialkolbenmaschine, bei der sowohl die Einlassventile als auch die Auslassventile in Form von Drehschieberventilen ausgebildet sind. Dabei sind die Einlassventile in einen Zylinderkopf der Axialkolbenmaschine integriert, d.

h. die temporär mittels eines Drehschiebers abgedeckten Einlassöffnungen münden stirnseitig in die Zylinder. Die Auslassventile sind dagegen radial innenseitig bezüglich der Zylinder angeordnet, so dass die Auslassöffnungen in die Mantelflächen der Zylinder münden. Für eine möglichst gute Dichtwirkung der Drehschieberventile ist vorgesehen, die beiden Drehschieber jeweils gegen ein Kohlenstofflager zu drücken, wobei zur Geringhaltung der Reibung in den Kontaktstellen zwischen den Drehschiebern und den Kohlenstofflagern vorgesehen ist, dass die in den Kohlenstofflagern angeordneten Durchtrittsöffnungen, die mit den Einlass- oder Auslassöffnungen der Zylinder fluidleitend verbunden sind, mit einem vorstehenden Rand ausgebildet sind, auf denen die Drehschieber aufliegen. Das Andrücken der Drehschieber gegen die Kohlenstofflager erfolgt entweder mittels eines Federelements oder mittels des unter Druck stehenden Fluids.

[0013] Weiterhin ist aus der DE 10 2015 204 367 A1 eine Axialkolbenmaschine bekannt, bei der ebenfalls stirnseitig in Zylinder mündende Einlassöffnungen bedarfsweise mittels eines Drehschiebers abdeckbar sind, wobei zwischen dem die Einlassöffnungen ausbildenden Zylinderkopf und dem Drehschieber ein ringförmiges Dichtelement angeordnet ist, das mit den Einlassöffnungen überdeckende Durchgangsöffnungen aufweist und das mit dem Zylinderkopf fest verbunden ist.

[0014] Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, einen Axialkolbenmotor anzugeben, der sich durch einen guten Wirkungsgrad auszeichnet.

[0015] Diese Aufgabe wird durch einen Axialkolbenmotor gemäß dem Patentanspruch 1 gelöst. Eine Kreisprozessvorrichtung mit einem solchen, als Expansionsvorrichtung genutzten Axialkolbenmotor ist Gegenstand des Patentanspruchs 10. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Axialkolbenmotors und damit der erfindungsgemäßen Kreisprozessvorrichtung sind Gegenstände der weiteren Patentansprüche und/oder ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der Erfindung.

[0016] Die Erfindung beruht auf dem Gedanken, dass ein für die Erzielung einer ausreichenden Abdichtung erforderliches Andrücken des Drehschiebers an das Widerlager nur in demjenigen Umfangsabschnitt bezüglich der Rotationsachse des Drehschiebers erforderlich ist, in dem zum jeweiligen Zeitpunkt diejenigen Einlass- und/oder Auslassöffnungen (Fluidwechselöffnungen) angeordnet sind, die zu dem oder den Zylindern gehören, in denen der oder die Kolben gerade einen Arbeitshub ausführen. Daraus folgend wurde erkannt, dass es für die Erzielung einer ausreichenden Abdichtung der Einlass- und/oder Auslassventile bei gleichzeitiger Minimierung des durch das Drehschieberventil erzeugten Reibungswiderstands ausreichend ist, nur einen sich über diesen Teil des Drehschiebers erstreckenden Abschnitt gegen das Widerlager des Drehschiebers drücken zu lassen, wodurch die Größe der aneinander gepressten Kontaktflächen des Drehschiebers und des Widerlagers und insbesondere die Größe der überhaupt miteinander kontaktierenden Flächenpaarung dieser Elemente minimiert werden kann. Da der Reibungswiderstand bei einer für eine ausreichende Abdichtung vorgegebenen Andrückkraft zumindest praktisch auch von dieser Flächengröße abhängig ist, kann dieser folglich ebenfalls gering gehalten werden.

[0017] Dementsprechend ist erfindungsgemäß 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, wozu der Drehschieber mindestens eine Durchgangsöffnung sowie einen geschlossenen Abschnitt ausbildet. Der Drehschieber umfasst erfindungsgemäß ein Dichtelement, das nur einen Abschnitt der der Zylinderkopfplatte zugewandten Unterseite des Drehschiebers ausbildet und das in Richtung der Zylinderkopfplatte (vorzugsweise parallel bezüglich der Rotationsachse des Drehschiebers) verschiebbar in oder an einem Grundkörper des Drehschiebers gelagert ist.

[0018] Mittels des Dichtelements kann bedarfsgerecht nur ein Abschnitt der von dem Drehschieber insgesamt überdeckten Fläche der Zylinderkopfplatte, der die Fluidwechselöffnungen, die dem oder den einen Arbeitshub ausführenden Zylindern zugeordnet sind, umfasst, unter Verwendung eines ausreichend hohen Anpressdrucks mittels des Drehschiebers und konkret mittels des Dichtelements des Drehschiebers abgedeckt werden, während für den nicht von dem Dichtelement ausgebildeten Abschnitt der Unterseite des Drehschiebers ein Kontakt mit der Zylinderkopfplatte vermieden werden kann, wodurch der Reibungswiderstand der Rotation des Drehschiebers relativ zu der Zylinderkopfplatte gering gehalten werden kann. Dies gilt insbesondere, wenn, wie es vorzugsweise vorgesehen ist, der Grundkörper des Drehschiebers zumindest abschnittsweise und vorzugsweise vollständig beabstandet von der Zylinderkopfplatte angeordnet ist, so dass vorgesehen sein kann, dass ausschließlich das Dichtelement in einen direkten Kontakt mit der Zylinderkopfplatte kommt, wodurch der Abschnitt der Unterseite des Drehschiebers, der nicht von dem Dichtelement ausgebildet ist, nicht nur nicht unter einem hohem Druck gegen die Zylinderkopfplatte gedrückt wird, sondern diese vorzugsweise überhaupt nicht kontaktiert.

[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 Ausgestaltungsform eines erfindungsgemäßen Axialkolbenmotors kann vorgesehen sein, dass das Dichtelement auf der von der Zylinderkopfplatte abgewandten Seite direkt oder indirekt mit dem Einlassdruck des Fluids, d.h. mit einem Druck des Fluids, den dieses vor dem Eintritt in die Zylinder aufweist, beaufschlagt ist. Hierzu kann vorgesehen sein, dass das Dichtelement auf der von der Zylinderkopfplatte abgewandten Seite direkt oder indirekt mit dem Einlass des Axialkolbenmotors fluidleitend verbunden ist, so dass das Dichtelement durch das noch unter relativ hohem Druck stehende Fluid gegen die Zylinderkopfplatte gedrückt wird. Diese bevorzugte Ausgestaltungsform beruht auf der Idee, dass bei einem Axialkolbenmotor eine möglichst vorteilhafte (bedarfsgerechte) Abdichtung der Zylinder durch ein Drehschieberventil erreicht werden kann, wenn der Drehschieber durch das noch verdichtete Fluid gegen ein zumindest eine Fluidwechselöffnung je Zylinder ausbildendes Widerlager gedrückt wird, weil dadurch die Andrückkraft direkt abhängig von dem Betriebsdruck des Fluids, mit dem der Axialkolbenmotor betrieben wird, ist, so dass bei einem relativ hohen Fluiddruck eine gute Abdichtung infolge einer relativ hohen Andrückkraft erreicht wird, während bei einem relativ geringen Betriebsdruck des Fluids auch die Andrückkraft relativ gering ist, was dann, bei weiterhin ausreichender Abdichtung, mit einem nur relativ geringen Reibungswiderstand der Rotation des Drehschiebers relativ zu dem Widerlager verbunden ist. Somit kann erreicht werden, dass der Reibungswiderstand bei stets ausreichend dichter Abdeckung in Abhängigkeit von dem tatsächlich anliegenden Betriebsdruck des Fluids möglichst niedrig ist. Ein solcher erfindungsgemäßer Axialkolbenmotor kann folglich in vorteilhafter Weise in einem relativ breiten Bereich des Betriebsdrucks des Fluids betrieben werden.

[0021] Alternativ besteht jedoch auch die Möglichkeit, das Dichtelement mittels anderen Andrückmitteln, beispielsweise mittels einem oder mehreren Federelementen, gegen die Zylinderkopfplatte zu beaufschlagen. Dies gilt insbesondere, wenn für den Betrieb des Axialkolbenmotors ein relativ kleiner Bereich des Betriebsdruck des Fluids vorgesehen ist.

[0022] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltungsform eines solchen erfindungsgemäßen Axialkolbenmotors, bei dem das Dichtelement mit dem Einlassdruck des Fluids beaufschlagt ist, können ein oder mehrere in dem Grundkörper des Drehschiebers beweglich gelagerte Druckkolben vorgesehen sein, die direkt oder indirekt an dem Dichtelement anliegen, wobei die von dem Dichtelement abgewandte Seite des oder der Druckkolben direkt oder indirekt mit dem Einlassdruck des Fluids beaufschlagt ist (und hierzu mit dem Einlass fluidleitend verbunden ist). Der Einlassdruck des Fluids wird somit über den oder die Druckkolben indirekt auf das Dichtelement übertragen, was u.a. eine vereinfachte interne Abdichtung des mehrteiligen Drehschiebers ermöglicht, da für die Druckkolben im Vergleich zu dem Dichtelement gegebenenfalls eine einfacher abzudichtende, insbesondere zylindrische Ausgestaltung gewählt werden kann. Hinzu kommt, dass auf diese Weise die Andrückkraft, mit der das Dichtelement gegen die Zylinderkopfplatte gedrückt wird, auf einfache Weise eingestellt werden kann, indem beispielsweise die dem Einlassdruck ausgesetzte Fläche des oder der Druckkolben hinsichtlich ihrer Größe und/oder die Abstände zwischen mindestens drei Druckkolben entsprechend angepasst ist.

[0023] Diesbezüglich kann besonders bevorzugt vorgesehen sein, dass mehrere in Umfangsrichtung bezüglich der Rotationsachse verteilt angeordnete Druckkolben vorgesehen sind, wobei die dem Einlassdruck des Fluids ausgesetzten Flächen (von zumindest einigen) dieser mehreren Druckkolben in der für den Drehschieber vorgesehenen Rotationsrichtung größer werdend und/oder die Abstände zwischen mindestens drei benachbarten Druckkolben in der vorgesehenen Rotationsrichtung kleiner werdend ausgebildet sind. Dadurch kann in vorteilhafter Weise dem Umstand Rechnung getragen werden, dass der Druck innerhalb der in einem Arbeitstakt befindlichen und durch das Drehschieberventil verschlossenen Zylinder unmittelbar nach dem Einbringen des noch unter hohem Druck stehenden Fluids am höchsten ist und dieser Fluiddruck infolge der Expansion des Fluids in einem solchen Zylinder bis zur Beendigung des Arbeitshub des dazugehörigen Kolbens immer geringer wird, so dass mit abnehmendem Druck des Fluids innerhalb der durch den Drehschieber verschlossenen Zylinder auch die Andrückkräfte, mit der diejenigen Bereiche des Dichtelements, die aktuell jeweils die zu diesen Zylindern gehörigen Fluidwechselöffnungen überdecken, gegen die Zylinderkopfplatte gedrückt werden, geringer dimensioniert werden können. Dies ist bei einer Beaufschlagung der Druckkolben mit dem Einlassdruck des Fluids in vorteilhafter Weise mittels der mit diesem Einlassdruck des Fluids beaufschlagten Fläche der Druckkolben und/oder mittels einer Anpassung der Abstände zwischen den Druckkolben möglich.

[0024] Eine gute interne Abdichtung des mehrteiligen Drehschiebers ist insbesondere dann vorteilhaft erreichbar, wenn dieser zur bedarfsweisen Abdeckung von sowohl den Zylindern zugeordneten Einlassöffnungen als auch Auslassöffnungen (insbesondere auch bei kombinierten Einlass-und Auslassöffnungen) vorgesehen ist, und hierzu der Grundkörper zumindest abschnittsweise hohl ausgebildet ist, wobei dieser Hohlraum mit einer ersten Anschlussöffnung des Grundkörpers, die in fluidleitender Verbindung mit vorzugsweise dem Einlass (oder einem Auslass) des Axialkolbenmotors steht, sowie mit

einer oder mehreren zweiten Anschlussöffnungen des Grundkörpers, die durch eine Drehung des Drehschiebers in Überdeckung mit den den Zylindern zugeordneten Fluidwechselöffnungen bringbar sind, verbunden ist. Weiterhin kann der Drehschieber und insbesondere der Grundkörper 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 (oder dem Einlass) des Axialkolbenmotors verbinden.

[0025] In einer bevorzugten Ausgestaltungsform eines erfindungsgemäßen Axialkolbenmotors kann vorgesehen sein, dass sich das Dichtelement über einen Umfang von 180° $\pm$ 20°, vorzugsweise von im Wesentlichen exakt 180°, bezüglich der Rotationsachse des Drehschiebers erstreckt. Dadurch kann sichergestellt werden, dass mittels des Dichtelements für jeden im Arbeitstakt befindlichen Zylinder eine ausreichend dichte Abdeckung der Fluidwechselöffnungen während der gesamten Dauer des jeweiligen Arbeitstakts erfolgt.

[0026] Alternativ besteht auch die Möglichkeit, dass sich das Dichtelement über einen Umfang von bis zu und vorzugsweise von exakt 360° bezüglich der Rotationsachse des Drehschiebers erstreckt, wodurch eine einfachere, weniger hinsichtlich eines Verkantens gefährdete Führung des Dichtelements in oder an dem Grundkörper realisiert werden kann. Insbesondere bei einer solchen Ausgestaltung des Dichtelements kann weiterhin bevorzugt vorgesehen sein, dass dieses mehrere Durchtrittsöffnungen aufweist, von denen eine als mit einer Einlassöffnung in Überdeckung zu bringende Eintrittsöffnung und eine als mit einer Auslassöffnung in Überdeckung zu bringende Austrittsöffnung des Drehschiebers dient. Dadurch verhindert ein solches sich vorzugsweise vollumfänglich erstreckendes Dichtelement ein Ausstoßen des Fluids aus den sich im Ausstoßstakt befindlichen Zylindern nicht.

[0027] Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass das Dichtelement in Form eines teilweisen oder vollständigen Kreisrings ausgebildet ist, wodurch sich das Dichtelement über einen relativ großen Umfangsabschnitt bezüglich der Rotationsachse des Drehschiebers erstrecken kann, wobei gleichzeitig dessen radiale Breite und damit die gegen die Zylinderkopfplatte gedrückte Kontaktfläche gering gehalten werden kann. Eine drehfeste Anbindung des Dichtelements an die den Drehschieber insgesamt drehend antreibende Welle des Axialkolbenmotors erfolgt demnach vorzugsweise mittels des Grundkörpers des Drehschiebers.

[0028] 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 Arbeitsmedium 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 Arbeitsmedium 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 den Kreislauf

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

[0029] 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.

[0030] Die Erfindung betrifft zudem ein Kraftfahrzeug, das eine solche erfindungsgemäße Antriebseinheit umfasst, wobei die Brennkraftmaschine der Antriebseinheit insbesondere zur Erzeugung einer Fahrantriebsleistung für das Kraftfahrzeug vorgesehen sein kann. Bei dem Kraftfahrzeug kann 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.

[0031] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen 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 Drehschieber des Axialkolbenmotors in einer perspektivischen Darstellung;

Fig. 4: den Deckelteil, das Dichtelement und die Druckkolben des Drehschiebers in einer perspektivischen Darstellung;

Fig. 5: einen ersten Radialschnitt durch den Drehschieber;

Fig. 6: einen Querschnitt durch den Drehscheiber entlang der Ebene VI - VI in der Fig. 5;

Fig. 7: einen zweiten Radialschnitt durch den Drehschieber;

Fig. 8: eine Aufsicht auf die Zylinderkopfplatte und das Dichtelement des Axialkolbenmotors;

Fig. 9: in einer perspektivischen Darstellung Teile eines erfindungsgemäßen Axialkolbenmotors gemäß den Fig. 1 und 2 bei einer alternativen Ausgestaltungsform des Dichtelements;

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.

[0032] Die Fig. 1 bis 8 zeigen eine Ausgestaltungsform eines erfindungsgemäßen Axialkolbenmotors 10. Der Axialkolbenmotor 10 ist in Taumelscheibenbauart ausgeführt. Dieser umfasst dazu 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 ein 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.

[0033] Die Taumelscheibe 22 sowie der Taumelscheibenfuß 24 weisen (koaxiale) Längsachsen 28 auf, die in einem definierten Winkel zu den Längsachsen 30, 32 der Welle 26 und der Zylinder 16 geneigt verlaufen.

[0034] 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 Auf-undab-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).

[0035] 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.

[0036] 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 Einlass 58 des Axialkolbenmotors 10, einen in den Drehschieber 52 integrierten Hohlraum 60 sowie einen den Hohlraum 60 mit der Eintrittsöffnung 54 verbindenden Fluidkanal 62 das gasförmige Fluid zugeführt (vgl. Fig. 5). 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 Zylinders 16 gegeben ist, während die deutlich längere Austrittsöffnung 56 des Drehschiebers 52 ein gleichzeitiges Freigeben mehrerer Fluidwechselöffnungen 42 vorsieht.

[0037] 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.

[0038] Der Drehschieber 52 umfasst neben dem Grundkörper 66 ein Dichtelement 70, das bei dem Ausgestaltungsbeispiel gemäß den Fig. 1 bis 8 in Form einer sich über einen Umfangswinkel (bezüglich der Rotationsachse des Drehschiebers) von ca. 180° erstreckenden, teilkreisringförmigen Dichtplatte ausgebildet ist. In diesem Dichtelement 70 ist die Eintrittsöffnung 54 des Drehschiebers 52 ausgebildet.

[0039] Bei der Ausgestaltung des Drehschiebers 52 gemäß der Fig. 9 ist dagegen ein vollumfängliches, d.h. sich über einen Umfangswinkel von 360° erstreckendes, kreisringförmiges Dichtelement 70 (Dichtplatte) vorgesehen, das neben der Eintrittsöffnung 54 eine durch strukturell stabilisierend wirkende Trennstege in mehrere Abschnitte unterteilte Durchtrittsöffnung ausbildet, die einen Abschnitt der von dem Drehschieber 52 ausgebildeten Austrittsöffnung 56 darstellt.

[0040] Die geschlossenen (d.h. die nicht die Eintrittsöffnung 54 und, bei dem Ausgestaltungsbeispiel gemäß der Fig. 9, auch nicht die Austrittsöffnung 56 ausbildenden) Abschnitte des Dichtelements 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 Koppelung 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.

[0041] Das Dichtelement 70 ist (bei beiden Ausgestaltungsbeispielen) 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 des Dichtelements 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, das Dichtelement 70 bedarfsgerecht an die Zylinderkopfplatte 40 anzudrücken, wodurch die von dem geschlossen ausgebildeten Abschnitt des Dichtelements 70 überdeckten Fluidwechselöffnungen 42 nicht nur abgedeckt sind, sondern auch der zwischen diesem Abschnitt des Dichtelements 70 und der Zylinderkopfplatte 40 ausgebildete Spalt infolge einer ausreichend hohen Kraft, mit der das Dichtelement 70 gegen die Zylinderkopfplatte 40 gedrückt wird, in ausreichendem Maße abgedichtet ist.

[0042] 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 Zylinderkopfplatte40 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 geschlossenen ausgebildeten Abschnitte des Dichtelements 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 Materialen, aus denen die Zylinderkopfplatte 40 (z.B. Stahl) und das Dichtelement 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 des Dichtelements 70 mit einem reibungsverringernden Gleitlagermaterial (z.B. PTFE oder DLC (Diamond-like Carbon)). Unter anderen dann kann das Dichtelement 70 vorteilhafterweise auch aus Stahl ausgebildet sein.

[0043] Das Andrücken des Dichtelements 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. 7), der über jeweils eine dazugehörige Öffnung 76 in der Mantelfläche des Deckelteils 78 (vgl. Fig. 4) 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.

[0044] Die mit dem Einlassdruck des Fluids beaufschlagten Druckkolben 74 drücken das Dichtelement 70 gegen die Zylinderkopfplatte40, 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 das Dichtelement 70 gegen die Zylinderkopfplatte 40 gedrückt wird, direkt abhängig von der Höhe des Einlassdrucks des Fluids, so dass bei jeder tatsächlichen im Betrieb des Axialkolbenmotors 10 vorgesehenen Höhe des Einlassdrucks einerseits eine ausreichende Abdichtung erzielt und andererseits ein unnötig starkes Andrücken des Dichtelements 70 an die Zylinderkopfplatte 40 und damit ein unnötig hoher Rei-

bungswiderstand für die Drehung des Drehschiebers 52 relativ zu der Zylinderkopfplatte 40 vermieden wird.

[0045] Bei dem Dichtelement 70 (beider Ausgestaltungsformen) 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. 8 und 9). Dadurch ist sichergestellt, dass auch bei einer nur anfänglichen Überdeckung der Eintrittsöffnung 54 des Dichtelements 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 dem Dichtelement 70 anfänglich noch ausgebildeten Spalt wieder abströmt. Auch in diesem der Eintrittsöffnung 54 vorgelagerten Abschnitt ist ein Andrücken des Dichtelements 70 mittels eines Druckkolbens 74 vorgesehen (vgl. Fig. 4 und 9). Über eine Variation der Länge dieses der Eintrittsöffnung 54 vorgelagerten, geschlossenen Abschnitts des Dichtelements 70 kann eine Vorkompression von noch in den Zylindern 16 verbliebenem Fluid realisiert und angepasst werden, indem dieser Abschnitt des Dichtelements 70 die Fluidwechselöffnungen 42 bereits abdeckt, bevor die dazugehörigen Kolben 18 ihren OT erreicht haben.

[0046] 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 des Dichtelements 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 des Dichtelements 70 wirkenden Andrückkräfte an den sich während der Arbeitstakte in den Zylindern 16 zunehmend verringernden Fluiddruck angepasst ist.

[0047] 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.

[0048] 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 Expansionsvorrichtung der Kreisprozessvorrichtung dienenden Axialkolbenmotor 10 und von diesem in einem entspannte(re)n Zustand zu einem Kondensator 34 der Kreisprozessvorrichtung 88. In dem Kondensator 34 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.

[0049] Durch die Arbeit der Pumpe 92 wird das Druckniveau gemäß dem T-S-Diagramm der Fig. 11 (theoretisch) adiabat und isentrop auf einen festgelegten Wert angefahren und ein definierter Volumenstrom sichergestellt. Vom Zustandspunkt b bis zum Zustandspunkt c findet eine (theoretisch) 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) 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) isobar und isotherm verflüssigt.

[0050] 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 (η_{th} = 1 - (q_ab)/(q_zu)).

Bezugszeichenliste

[0051]

10 Axialkolbenmotor
12 Zylindergehäuse
14 Zylinderrohr
16 Zylinder
18 Kolben
20 Pleuel
22 Taumelscheibe
24 Taumelscheibenfuß
26 Welle
28 Längsachse der Taumelscheibe und des Taumelscheibenfußes
30 Längsachse der Zylinder
32 Längsachse/Rotationsachse der Welle/des Drehschiebers
34 Kondensator
36 Zylinderkopf
38 Drehschieberventil
40 Zylinderkopfplatte
42 Fluidwechselöffnung
44 Öffnung der Zylinderkopfplatte
46 Schraube
48 Zylinderkopfgehäuse
50 Gehäuse
52 Drehschieber
54 erste Durchtrittsöffnung/Eintrittsöffnung
56 zweite Durchtrittsöffnung/Austrittsöffnung
58 Einlass
60 Hohlraum des Drehschiebers
62 Fluidkanal
64 Auslass
66 Grundkörper des Drehschiebers
68 Basisteil des Drehschiebers
70 Dichtelement des Drehschiebers
72 Rotationsrichtung des Drehschiebers
74 Druckkolben
76 Öffnung des Deckelteils
78 Deckelteil des Drehschiebers
80 Dichtring
82 Sicherungshülse
84 Gelenkring
86 Lagerstift
88 Kreisprozessvorrichtung
90 Verbrennungsmotor
92 Pumpe
94 Verdampfer

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, wozu der Drehschieber (52) mindestens eine Durchtrittsöffnung (54, 56) ausbildet, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehschieber (52) ein Dichtelement (70) aufweist, das nur einen Abschnitt der der Zylinderkopfplatte (40) zugewandten Unterseite des Drehschiebers (52) ausbildet und das in Richtung der Zylinderkopfplatte (40) verschiebbar in oder an einem Grundkörper (66) des Drehschiebers (52) gelagert ist.

2. Axialkolbenmotor (10) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grundkörper (66) des Drehschiebers (52) zumindest abschnittsweise beabstandet von der Zylinderkopfplatte (4) angeordnet ist.

3. Axialkolbenmotor (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dichtelement (70) auf der von der Zylinderkopfplatte (40) abgewandten Seite direkt oder indirekt mit dem Einlassdruck des Fluids beaufschlagt ist.

4. Axialkolbenmotor (10) gemäß Anspruch 3, **gekennzeichnet durch** ein oder mehrere in dem Grundkörper (66) des Drehschiebers (52) beweglich gelagerte Druckkolben (74), die direkt oder indirekt an dem Dichtelement (70) anliegen, wobei die von dem Dichtelement (70) abgewandte Seite des oder der Druckkolben (74) direkt oder indirekt mit dem Einlassdruck des Fluids beaufschlagt ist.

5. Axialkolbenmotor (10) gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere in Umfangsrichtung bezüglich der Rotationsachse (32) des Drehschiebers (52) beabstandet angeordnete Druckkolben (74) vorgesehen sind, wobei die dem Einlassdruck des Fluids ausgesetzten Flächen dieser Druckkolben (74) in der vorgesehenen Rotations-

richtung (72) des Drehschiebers (52) größer werdend und/oder die Abstände zwischen mindestens drei Druckkolben (74) in der vorgesehenen Rotationsrichtung (72) kleiner werdend ausgebildet sind.

6. Axialkolbenmotor (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das Dichtelement (70) über einen Umfangsabschnitt von 180° ± 20° bezüglich der Rotationsachse (32) des Drehschiebers (52) erstreckt.

7. Axialkolbenmotor (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das Dichtelement (70) über einen Umfang von 360° bezüglich der Rotationsachse (32) des Drehschiebers (52) erstreckt.

8. Axialkolbenmotor (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dichtelement (70) mehrere Durchtrittsöffnungen (54, 56) aufweist, von denen mindestens eine als Eintrittsöffnung (54) und mindestens eine als Austrittsöffnung (56) des Drehschiebers (52) dient.

9. Axialkolbenmotor (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dichtelement (70) in Form eines teilweisen oder vollständigen Kreisrings ausgebildet ist.

10. 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.

Claims

1. Axial piston motor (10) with a cylinder housing (12), in which a plurality of cylinders (16) are configured, and with pistons (18) which are guided movably in the cylinders (16), the pistons (18) being attached to a swash plate, and a flow of a fluid, which has entered via an inlet (58) into the axial piston engine (10), into and out of the cylinders (16) being controlled by means of inlet and outlet valves, the inlet and/or the outlet valves comprising fluid exchange openings (42) which are configured in a cylinder head plate (40) and can be released and covered temporarily by means of a rotary slide (52), to which end the rotary slide (52) configures at least one passage opening (54, 56), **characterized in that** the rotary slide (52) has a sealing element (70) which configures only a portion of that lower side of the rotary slide (52) which faces the cylinder head plate (40) and which is mounted in or on a main body (66) of the rotary slide (52) such that it can be displaced in the direction of the cylinder head plate (40) .

2. Axial piston motor (10) according to Claim 1, **characterized in that** the main body (66) of the rotary slide (52) is arranged such that it is spaced apart at least in sections from the cylinder head plate (4).

3. Axial piston motor (10) according to either of the preceding claims, **characterized in that** the sealing element (70) is loaded with the inlet pressure of the fluid directly or indirectly on the side which faces away from the cylinder head plate (40).

4. Axial piston motor (10) according to Claim 3, **characterized by** one or more pressure pistons (74) which are mounted movably in the main body (66) of the rotary slide (52) and bear directly or indirectly against the sealing element (70), that side of the pressure piston or pistons (74) which faces away from the sealing element (70) being loaded directly or indirectly with the inlet pressure of the fluid.

5. Axial piston motor (10) according to Claim 4, **characterized in that** a plurality of pressure pistons (74) which are arranged spaced apart in the circumferential direction with regard to the rotational axis (32) of the rotary slide (52) are provided, those surface areas of these pressure pistons (74) which are subjected to the inlet pressure of the fluid being configured so as to become larger in the provided rotational direction (72) of the rotary slide (52), and/or the spacings between at least three pressure pistons (74) being configured so as to become smaller in the provided rotational direction (72).

6. Axial piston motor (10) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the sealing element (70) extends over a circumferential portion of 180° ± 20° with regard to the rotational axis (32) of the rotary slide (52).

7. Axial piston motor (10) according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the sealing element (70) extends over a circumference of 360° with regard to the rotational axis (32) of the rotary slide (52).

8. Axial piston motor (10) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the sealing element (70) has a plurality of passage openings (54,

56), of which at least one serves as an inlet opening (54) and at least one serves as an outlet opening (56) of the rotary slide (52).

9. Axial piston motor (10) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the sealing element (70) is configured in the form of a partial or complete circular ring.

10. Cycle apparatus (88) with a circuit for a fluid, the following being integrated into the circuit:

- an evaporator (94) for evaporating the fluid,
- an expansion apparatus for expanding the fluid,
- a condenser (96) for condensing the fluid, and
- a conveying apparatus for conveying the fluid in the circuit,

characterized in that the expansion apparatus is configured in the form of an axial piston motor (10) according to one of the preceding claims.

Revendications

1. Moteur à pistons axiaux (10) comprenant un boîtier de cylindres (12), dans lequel sont formés plusieurs cylindres (16), et comprenant des pistons (18) guidés de manière mobile dans les cylindres (16), les pistons (18) étant reliés à un disque oblique et un écoulement d'un fluide entré dans le moteur à pistons axiaux (10) par le biais d'une entrée (58) étant contrôlé dans les et hors des cylindres (16) au moyen de soupapes d'entrée et de sortie, les soupapes d'entrée et/ou de sortie comprenant des ouvertures d'échange de fluide (42) formées dans une plaque de culasse (40), qui peuvent être temporairement libérées et recouvertes au moyen d'un tiroir rotatif (52), le tiroir rotatif (52) formant à cet effet au moins une ouverture de passage (54, 56), **caractérisé en ce que** le tiroir rotatif (52) présente un élément d'étanchéité (70) qui ne forme qu'une section du côté inférieur du tiroir rotatif (52) tourné vers la plaque de culasse (40) et qui est monté de manière à pouvoir coulisser en direction de la plaque de culasse (40) dans ou sur un corps de base (66) du tiroir rotatif (52).

2. Moteur à pistons axiaux (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le corps de base (66) du tiroir rotatif (52) est agencé au moins par sections à distance de la plaque de culasse (4).

3. Moteur à pistons axiaux (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément d'étanchéité (70) est directement ou indirectement soumis à la pression d'entrée du fluide sur le côté détourné de la plaque de culasse (40).

4. Moteur à pistons axiaux (10) selon la revendication 3, **caractérisé par** un ou plusieurs pistons hydrauliques (74) montés de manière mobile dans le corps de base (66) du tiroir rotatif (52), qui s'appliquent directement ou indirectement sur l'élément d'étanchéité (70), le côté du ou des pistons hydrauliques (74) détourné de l'élément d'étanchéité (70) étant directement ou indirectement soumis à la pression d'entrée du fluide.

5. Moteur à pistons axiaux (10) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** plusieurs pistons hydrauliques (74) agencés à distance dans la direction circonférentielle par rapport à l'axe de rotation (32) du tiroir rotatif (52) sont prévus, les surfaces de ces pistons hydrauliques (74) exposées à la pression d'entrée du fluide étant configurées pour devenir plus grandes dans la direction de rotation prévue (72) du tiroir rotatif (52) et/ou les distances entre au moins trois pistons hydrauliques (74) étant configurées pour devenir plus petites dans la direction de rotation prévue (72).

6. Moteur à pistons axiaux (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément d'étanchéité (70) s'étend sur une section circonférentielle de 180° $\pm$ 20° par rapport à l'axe de rotation (32) du tiroir rotatif (52).

7. Moteur à pistons axiaux (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** l'élément d'étanchéité (70) s'étend sur une circonférence de 360° par rapport à l'axe de rotation (32) du tiroir rotatif (52) .

8. Moteur à pistons axiaux (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément d'étanchéité (70) présente plusieurs ouvertures de passage (54, 56), dont au moins une sert d'ouverture d'entrée (54) et au moins une sert d'ouverture de sortie (56) du tiroir rotatif (52).

9. Moteur à pistons axiaux (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément d'étanchéité (70) est configuré sous la forme d'un anneau de cercle partiel ou complet.

10. Système à cycle (88) comprenant un circuit pour un fluide,

- un évaporateur (94) pour l'évaporation du fluide,
- un système d'expansion pour l'expansion du fluide,
- un condenseur (96) pour la condensation du fluide et
- un système de transport pour le transport du fluide dans le circuit

étant intégrés dans le circuit, **caractérisé en ce que** le système d'expansion est configuré sous la forme d'un moteur à pistons axiaux (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

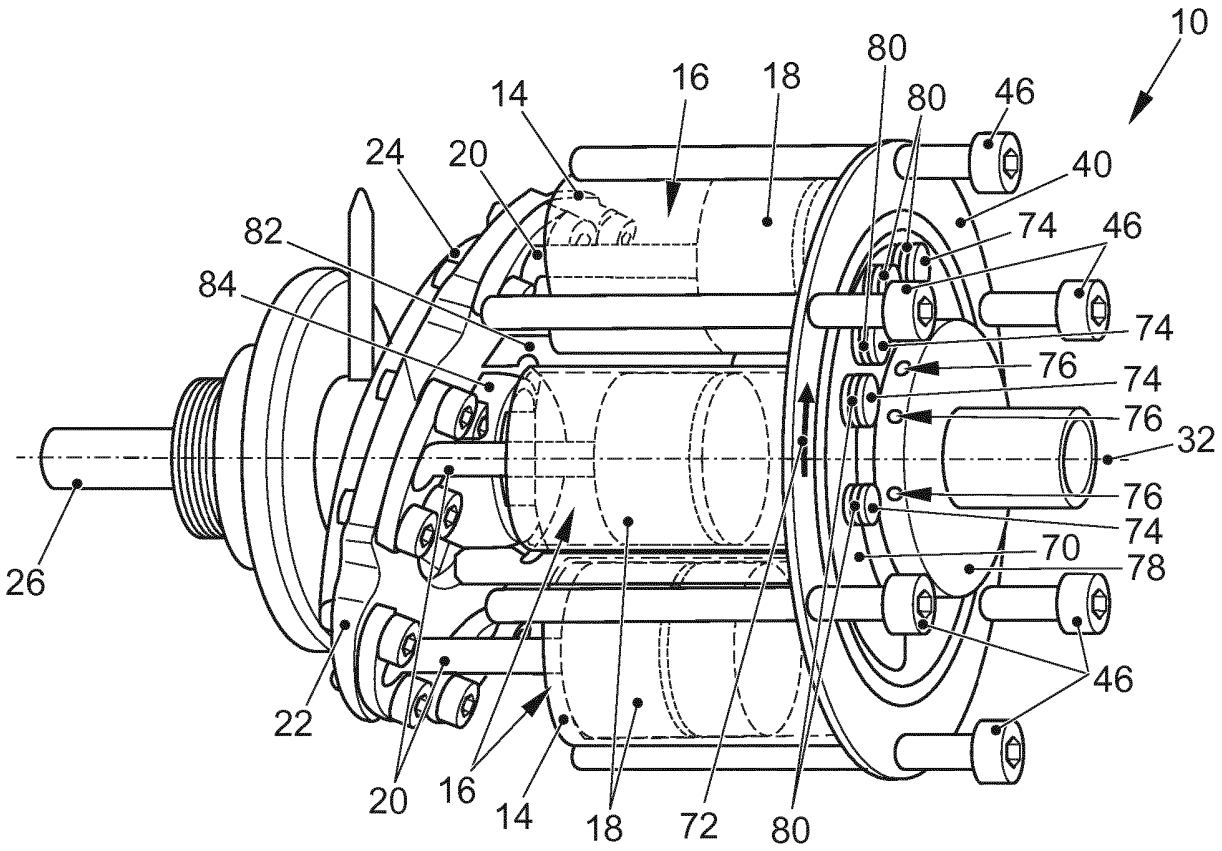

10
80
16
18
14
80
46
24
20
40
82
74
46
84
74
76
74
76
32
76
74
70
78
26
46
22
20
16
14
18
72
80

FIG. 1

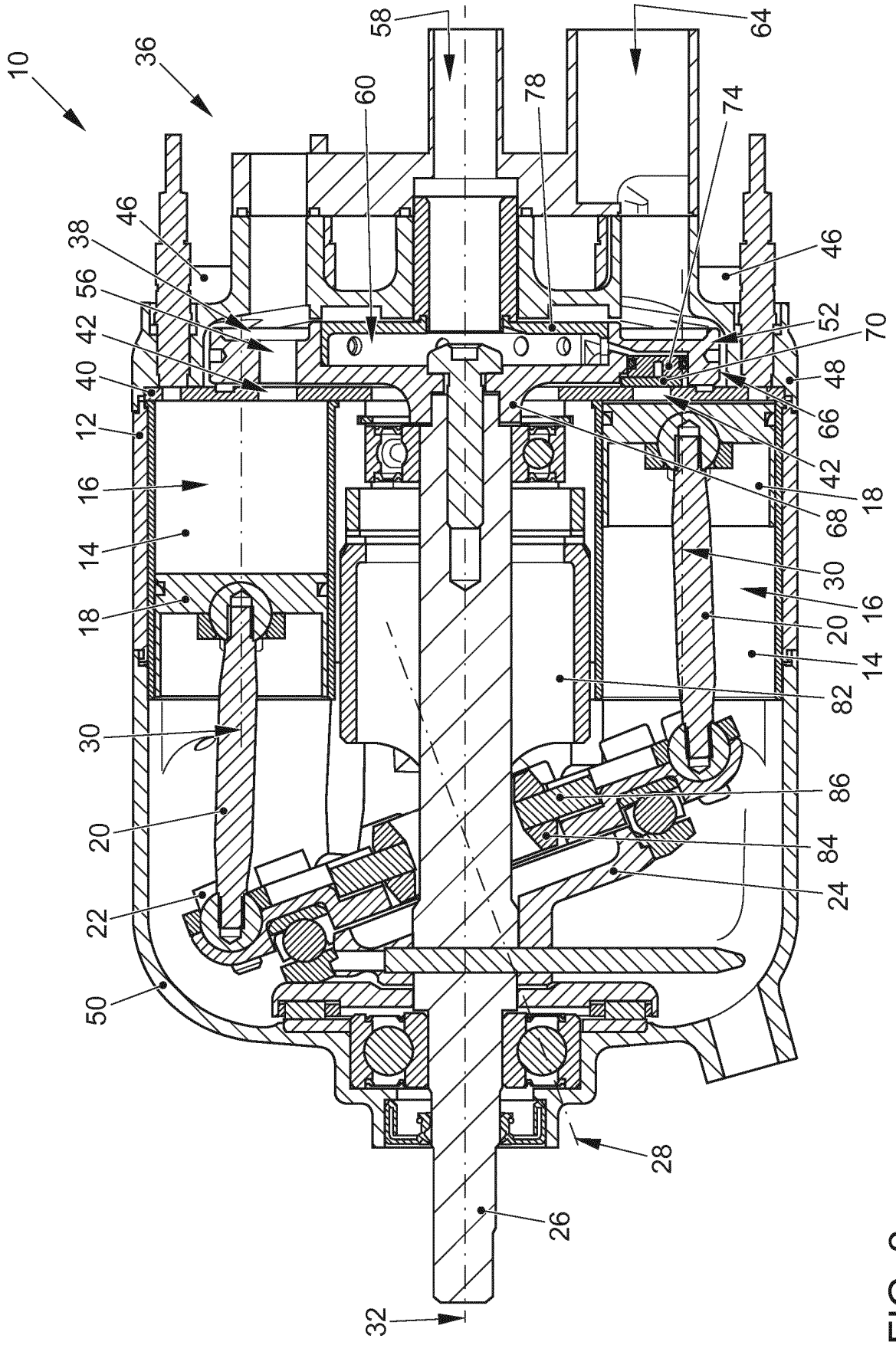

10
36
58
64
60
78
74
46
38
56
42
40
12
16
14
18
30
20
22
50
52
70
48
66
68
18
16
82
86
84
24
28
26
32

FIG. 2

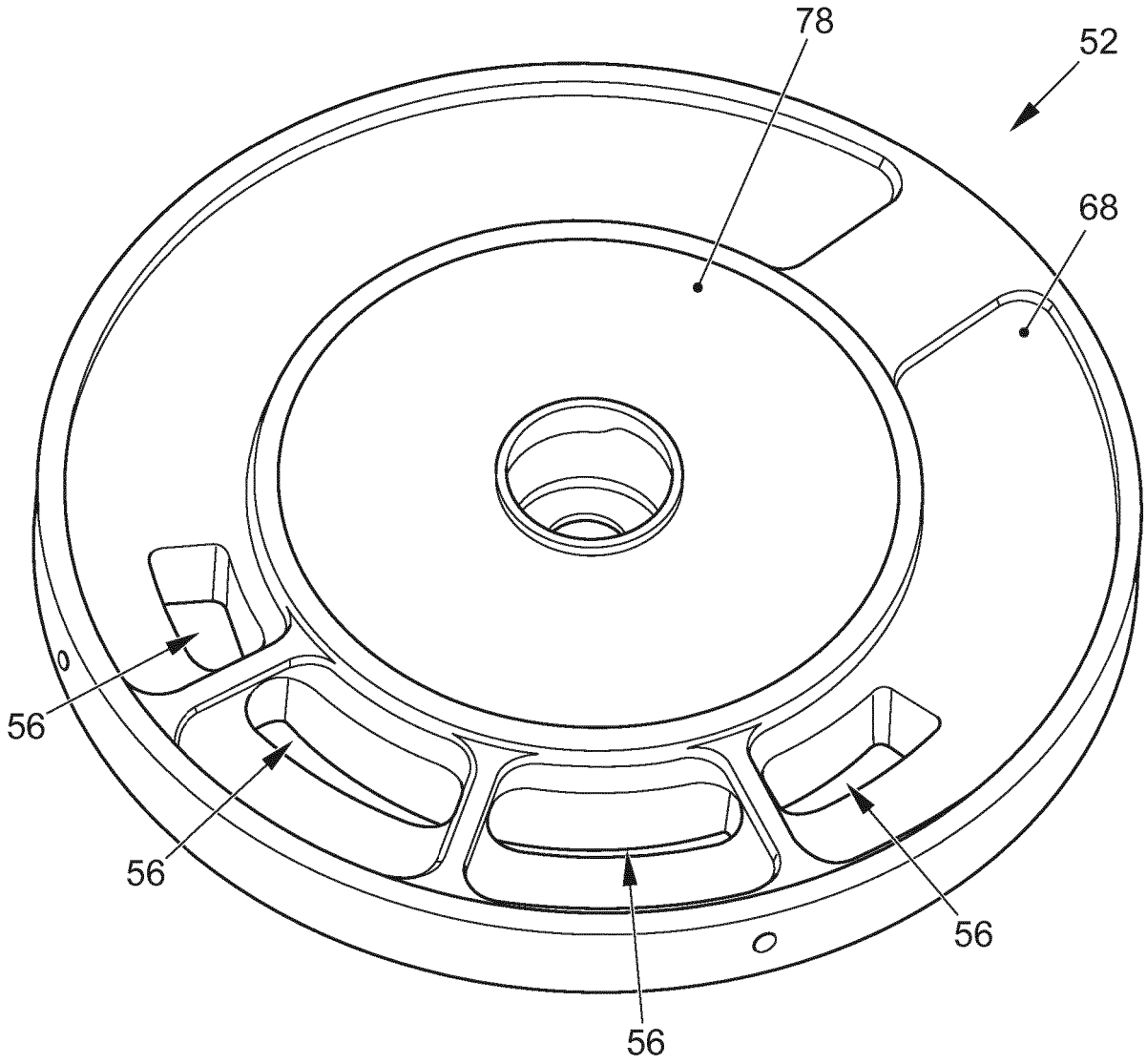


FIG. 3

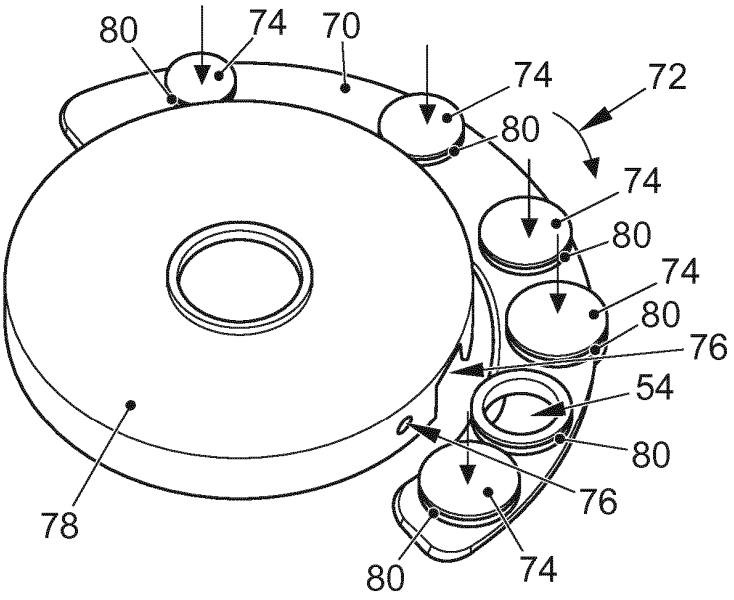


FIG. 4

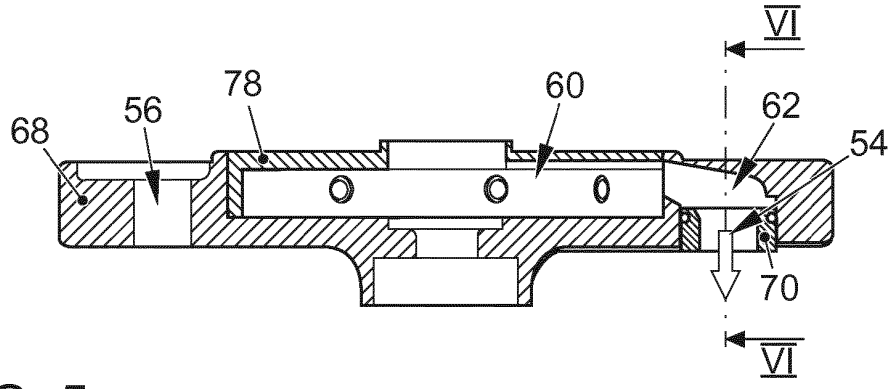


FIG. 5

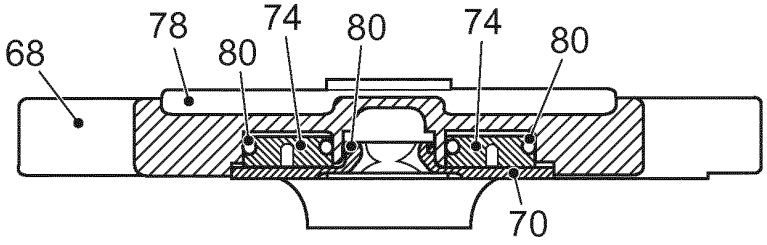


FIG. 6

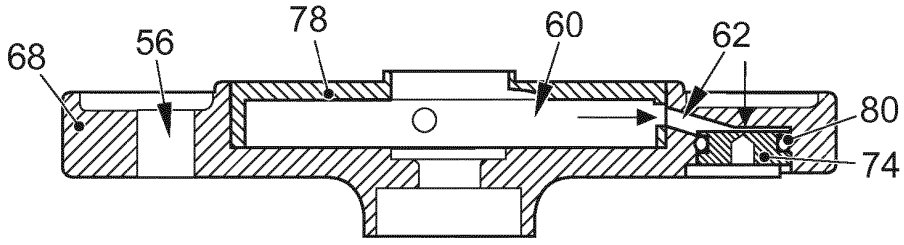


FIG. 7

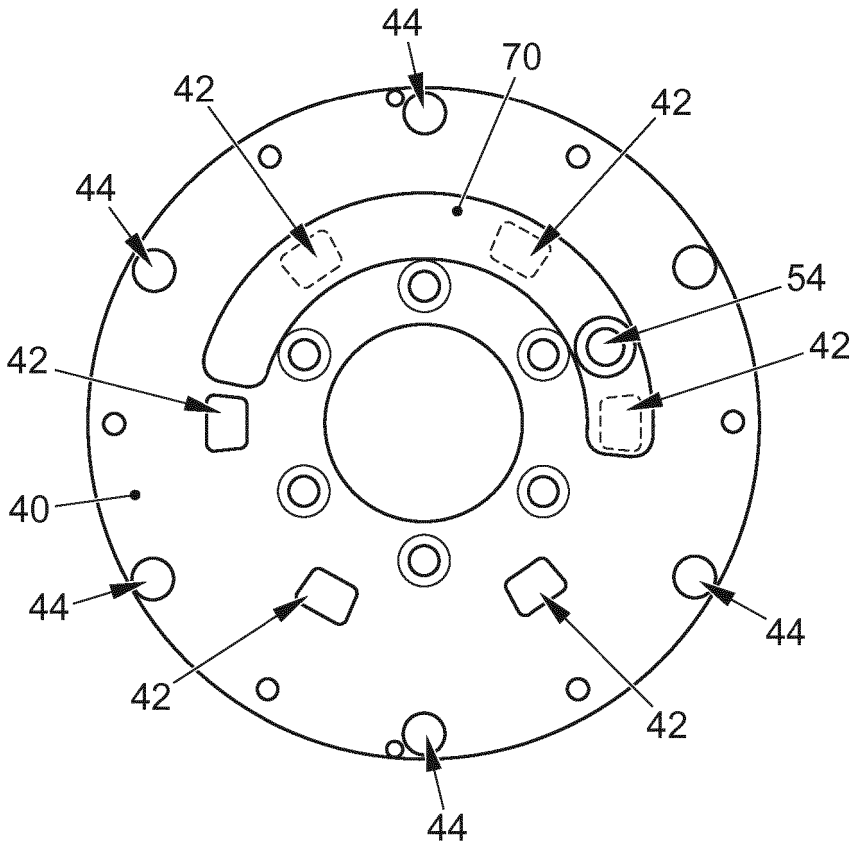


FIG. 8

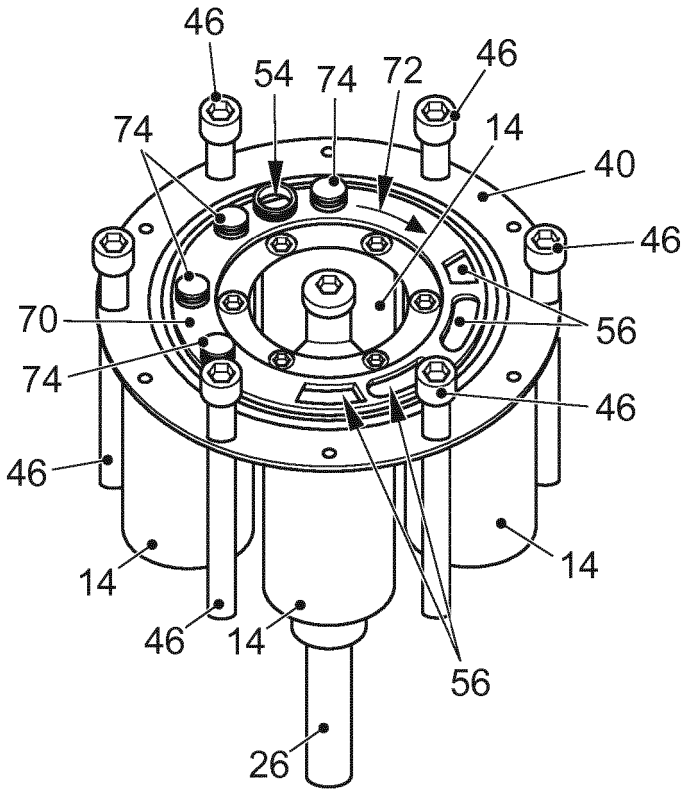


FIG. 9

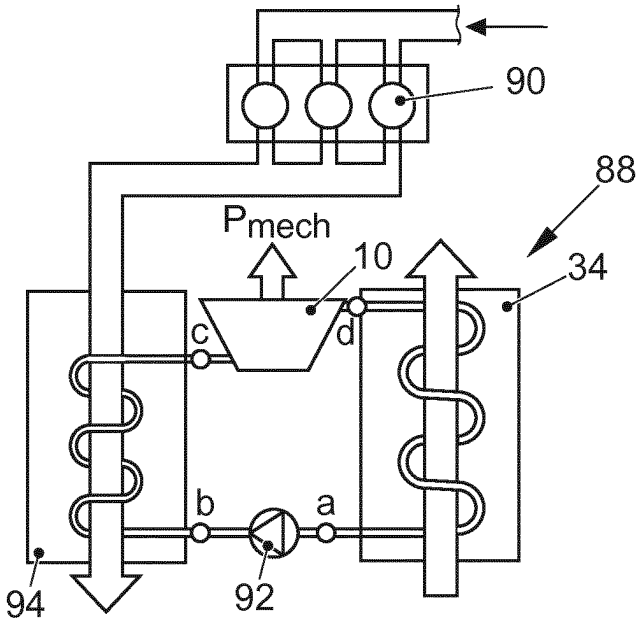


FIG. 10

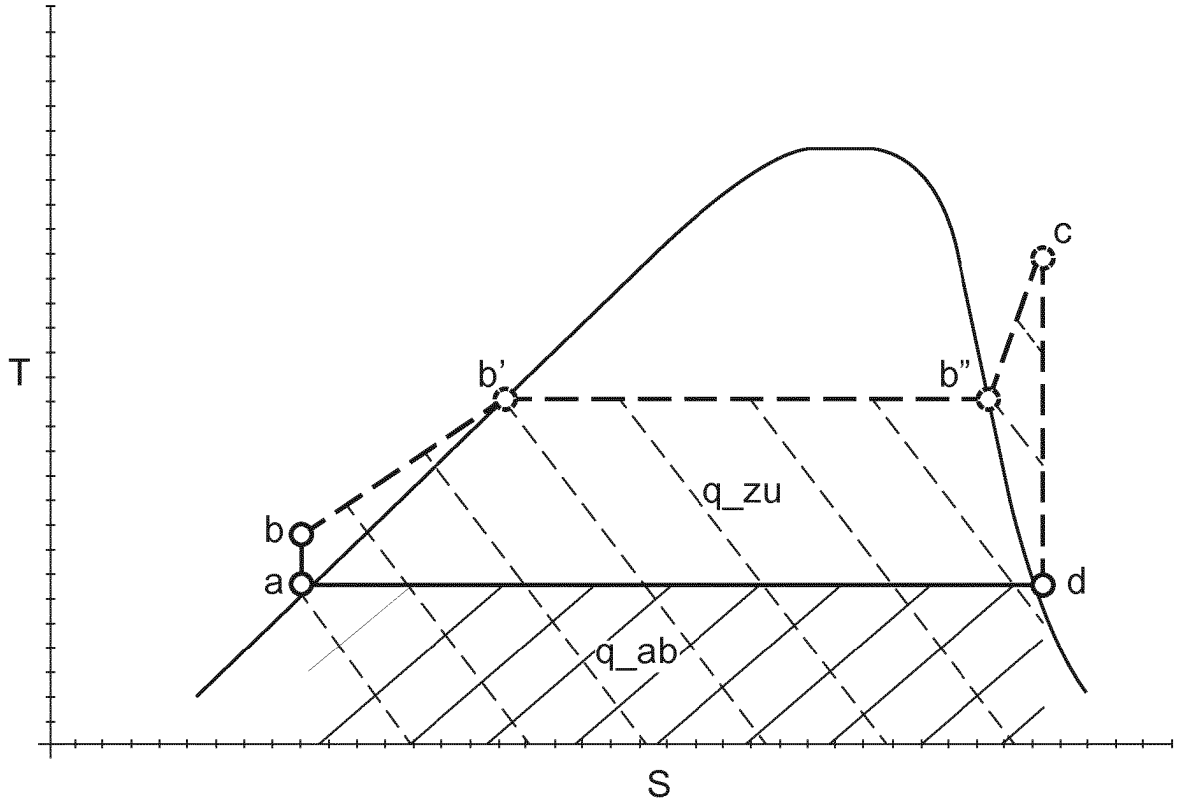


FIG. 11

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 **[0004]**
- DE 102010052508 A1 **[0005]**
- DE 102011118622 A1 **[0012]**
- DE 102015204367 A1 **[0013]**