

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. Januar 2011 (27.01.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/009453 A2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:** Nicht klassifiziert
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/DE2010/000876
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
26. Juli 2010 (26.07.2010)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2009 034 734.8 24. Juli 2009 (24.07.2009) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** **GETAS GESELLSCHAFT FÜR THERMODYNAMISCHE ANTRIEBSSYSTEME MBH** [DE/DE]; Roonstr.11, 52351 Düren (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** **ROHS, Ulrich** [DE/DE]; Roonstr. 11, 52351 Düren (DE). **VOIGT, Dieter** [DE/DE]; Weingarten 10, 52074 Aachen (DE).
- (74) **Anwalt: REUTHER, Martin;** Zehnthofstrasse 9, 52349 Düren (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)



WO 2011/009453 A2

(54) **Title:** AXIAL-PISTON MOTOR, METHOD FOR OPERATING AN AXIAL PISTON MOTOR, AND METHOD FOR PRODUCING A HEAT EXCHANGER OF AN AXIAL-PISTON MOTOR

(54) **Bezeichnung :** AXIALKOLBENMOTOR, VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES AXIALKOLBENMOTORS SOWIE VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES WÄRMEÜBERTRAGERS EINES AXIALKOLBENMOTORS

(57) **Abstract:** The aim of the invention is to improve the efficiency of an axial-piston motor comprising at least one compressor cylinder, at least one working cylinder and at least one pressure line guiding the compressed fuel from the compressor cylinder to the working cylinder. To this end, the axial-piston motor is provided with at least one compressor cylinder inlet valve having an annular cover.

(57) **Zusammenfassung:** Um den Wirkungsgrad eines Axialkolbenmotors mit wenigstens einem Verdichterzylinder, mit wenigstens einem Arbeitszylinder und mit wenigstens einer Druckleitung, durch welche verdichtetes Brennmittel von dem Verdichterzylinder zu dem Arbeitszylinder geleitet wird, zu verbessern, schlägt die Erfindung einen Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Verdichterzylindereinlassventil mit einem ringförmigen Einlassventildeckel vor.

Axialkolbenmotor, Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors sowie Verfahren zur Herstellung eines Wärmeübertragers eines Axialkolbenmotors

[01] Die Erfindung betrifft einen Axialkolbenmotor. Ebenso betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Wärmeübertragers eines Axialkolbenmotors.

[02] Axialkolbenmotoren sind hinlänglich aus dem Stand der Technik bekannt und kennzeichnen sich als energiewandelnde Maschinen, welche ausgangsseitig mechanische Rotationsenergie unter Zuhilfenahme wenigstens eines Kolbens bereitstellen, wobei der Kolben eine lineare Schwingbewegung durchführt, deren Ausrichtung im Wesentlichen koaxial zu der Drehachse der Rotationsenergie ausgerichtet ist.

[03] Neben Axialkolbenmotoren, die beispielsweise nur mit Druckluft betrieben werden, sind auch Axialkolbenmotoren bekannt, denen Brennmittel zugeführt wird. Dieses Brennmittel kann mehrkomponentig, beispielsweise aus einem Kraft- oder Brennstoff und aus Luft, ausgebildet sein, wobei die Komponenten gemeinsam oder getrennt einer oder mehreren Brennkammern zugeführt werden.

[04] In vorliegendem Fall bezeichnet somit der Begriff „Brennmittel“ jegliches Material, welches an der Verbrennung teilnimmt oder mit den an der Verbrennung teilnehmenden Komponenten mitgeführt wird und den Axialkolbenmotor durchströmt. Das Brennmittel umfasst dann zumindest Brenn- bzw. Kraftstoff, wobei der Begriff „Kraftstoff“ in vorliegendem Zusammenhang Brennstoff also jegliches Material beschreibt, welches über eine chemische oder sonstige Reaktion, insbesondere über eine Redoxreaktion, exotherm reagiert. Das Brennmittel kann darüber hinaus noch Komponenten, wie beispielsweise Luft aufweisen, die Materialien für die Reaktion des Kraft- bzw. Brennstoffs bereitstellen.

[05] Insbesondere können Axialkolbenmotoren auch unter dem Prinzip der inneren kontinuierlichen Verbrennung (ikV) betrieben werden, nach welchem Brennmittel, also beispielsweise

BESTÄTIGUNGSKOPIE

Kraftstoff und Luft, kontinuierlich einer Brennkammer oder mehreren Brennkammern zugeführt werden.

[06] Axialkolbenmotoren können darüber hinaus einerseits mit rotierenden Kolben, und entsprechend rotierenden Zylindern, arbeiten, die sukzessive an einer Brennkammer vorbeigeführt
5 werden.

[07] Andererseits können Axialkolbenmotoren stationäre Zylinder aufweisen, wobei das Arbeitsmedium dann sukzessive auf die Zylinder entsprechend der gewünschten Belastungsreihenfolge verteilt wird.

[08] Beispielsweise sind derartige stationäre Zylinder aufweisende ikV-Axialkolbenmotoren
10 aus der EP 1 035 310 A2 und der WO 2009/062473 A2 bekannt, wobei in der EP 1 035 310 A2 ein Axialkolbenmotor offenbart ist, bei welchem die Brennmittelzufuhr und die Abgasabfuhr wärmeübertragend miteinander gekoppelt sind.

[09] Die in der EP 1 035 310 A2 und der WO 2009/062473 A2 offenbarten Axialkolbenmotoren weisen darüber hinaus eine Trennung zwischen Arbeitszylindern und den entsprechenden
15 Arbeitskolben und Verdichterzylindern und den entsprechenden Verdichterkolben auf, wobei die Verdichterzylinder auf der den Arbeitszylindern abgewandten Seite des Axialkolbenmotors vorgesehen sind. Insofern kann derartigen Axialkolbenmotoren eine Verdichter- und eine Arbeitsseite zugeordnet werden.

[10] Es versteht sich, dass die Begriffe „Arbeitszylinder“, „Arbeitskolben“ und „Arbeitsseite“ synonym verwendet werden zu den Begriffen „Expansionszylinder“, „Expansionskolben“
20 und „Expansionsseite“ bzw. „Expanderzylinder“, „Expanderkolben“ und „Expanderseite“ sowie zu den Begriffen „Expansionsstufe“ bzw. „Expanderstufe“, wobei eine „Expanderstufe“ bzw. „Expansionsstufe“ die Gesamtheit aller hierin befindlicher „Expansionszylinder“ bzw. „Expanderzylinder“ bezeichnet.

[11] Es ist Aufgabe vorliegender Erfindung, den Wirkungsgrad eines Axialkolbenmotors zu
25 verbessern.

[12] Diese Aufgabe wird durch einen Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Verdichterzylinder, mit wenigstens einem Arbeitszylinder und mit wenigstens einer Druckleitung, durch welche verdichtetes Brennmittel von dem Verdichterzylinder zu dem Arbeitszylinder geleitet wird, gelöst, welcher sich durch wenigstens ein Verdichterzylindereinlassventil mit einem ringförmigen Einlassventildeckel auszeichnet.

[13] Dadurch, dass der Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Verdichterzylinder, mit wenigstens einem Arbeitszylinder und mit wenigstens einer Druckleitung, durch welcher verdichtetes Brennmittel von dem Verdichterzylinder zu dem Arbeitszylinder geleitet wird, erfindungsgemäß wenigstens ein Verdichterzylindereinlassventil mit einem ringförmigen Einlassventildeckel aufweist, kann ein besonders großes Durchlassvolumen für ein Brennmittel, insbesondere für eine anzusaugende Verbrennungsluft, an dem Verdichterzylinder realisiert werden. Insofern kann beispielsweise die Verbrennungsluft – oder ein sonstiges Brennmittel – äußerst verlustarm in den Verdichterzylinder eingesogen werden, wodurch der Wirkungsgrad des Axialkolbenmotors verbessert werden kann.

[14] Darüber hinaus verbleibt im Mittenbereich des ringförmigen Einlassventildeckels hinsichtlich eines Verdichterzylinderkopfes vorteilhafter Weise ein zusätzlicher Bauraum für weitere Bauteile, die ansonsten neben dem Verdichterzylindereinlassventil platziert werden müssten. Insofern kann hierdurch zugleich auch noch die Kompaktheit des Axialkolbenmotors verbessert werden.

[15] Ein ringförmiger Einlassventildeckel ist aus den eingangs zitierten Druckschriften nicht bekannt und es ist dort auch kein Hinweis zu finden, dass ein derartiger ringförmiger Einlassventildeckel an einem Axialkolbenmotor Vorteile mit sich bringen könnte.

[16] Das Verdichterzylindereinlassventil mit seinem ringförmigen Einlassventildeckel kann vorliegend als ein aktiv angesteuertes oder ein passiv angesteuertes Ventil ausgelegt sein. In vorliegendem Zusammenhang zeichnet sich ein aktiv angesteuertes Ventil dadurch aus, dass ein zusätzlicher Trieb zur Ansteuerung des Ventils genutzt wird. Dieses kann beispielsweise ein elektromotorischer oder elektromagnetischer Antrieb für das Ventil sein. Ebenso kann dieses eine Nockenwelle oder -scheibe bzw. eine Kurvenscheibe sein. Ebenso kann ggf. ein pneumatischer oder hydraulischer Antrieb zur aktiven Ansteuerung genutzt werden. Passiv angesteuerte

Ventile werden durch die Druckverhältnisse in der Umgebung des jeweiligen Ventils geschlossen oder geöffnet, wobei insbesondere durch eine Druckdifferenz ventileingangsseitig und ventilausgangsseitig entsprechende Öffen- und Schließkräfte aufgebracht werden können. Ggf. können durch geeignete Federn und ähnliches Vorspannungen, die zudem zu überwinden sind, oder durch geeignete Ausgestaltungen im Detail der jeweiligen Ventile, beispielsweise durch Neigungen im Ventildeckel oder Anpassung der Größenverhältnisse die Charakteristik der passiv angesteuerten Ventile beeinflusst werden.

[17] Um den Einlassventildeckel besonders vorteilhaft an dem Zylinderkopf lagern zu können, sieht eine bevorzugte Ausführungsvariante vor, dass der Einlassventildeckel eine Dreipunkthalterung aufweist. Durch ein Lagern des Einlassventildeckels an drei Haltepunkten kann die Gefahr verringert werden, dass der Einlassventildeckel sich hinsichtlich eines Einlassventilsitzes kritisch verlagert und sogar verklemmt. Zudem kann der Einlassventildeckel während einer Arbeitsbewegung besonders gleichförmig bewegt werden. Außerdem ist eine Dreipunkthalterung sehr stabil und daher sehr langlebig.

[18] Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn der Einlassventildeckel über wenigstens eine Feder gegen einen Einlassventilsitz gespannt ist. Zwar ist es aus der eingangs erwähnten Offenlegungsschrift EP 1 035 310 A2 bekannt, dass ein Ventildeckel in einem Verdichterzylinder durch eine Feder gegen einen Ventilsitz gezogen wird. Jedoch steht dies nicht im Zusammenhang mit einem ringförmigen Einlassventildeckel.

[19] Speziell mehrere Federn sind für ein Spannen eines Einlassventildeckels nicht bekannt, wobei idealerweise drei solcher Federn im Zusammenhang mit der vorliegenden Dreipunkthalterung des Einlassventildeckels vorgesehen sind, um den Einlassventildeckel besonders gleichförmig gegen den Einlassventilsitz verspannen zu können. Durch ein derartiges Verspannen kann eine besonders hohe Dichtigkeit am Verdichterzylindereinlassventil erreicht werden.

[20] Insbesondere eine außermittige Federbefestigung an einem Einlassventildeckel ist zumindest im Zusammenhang mit einem Verdichterzylindereinlassventil eines Axialkolbenmotors noch nicht bekannt. Vorliegend ist eine solche außermittige Federbefestigung vorzugsweise jedoch vorgesehen, so dass insbesondere auch bei großen Ventildurchmessern ein gleichförmiges Verspannen gewährleistet werden kann.

[21] Hinsichtlich einer weiteren sehr vorteilhaften Ausführungsvariante eines Axialkolbenmotors ist vorgeschlagen, dass innerhalb des durch den Einlassventildeckel gebildeten Rings ein Einlass in den Verdichterzylinder bzw. ein Auslass aus dem Verdichterzylinder vorgesehen ist. Wie vorstehend bereits erwähnt, verbleibt in der Mitte des ringförmigen Einlassventildeckels
5 noch genügend Platz, um weitere Bauteile bzw. Bauteilgruppen des Verdichterzylinders anordnen zu können. Insbesondere können dort ein Zugang oder ein Ausgang hinsichtlich des Verdichterzylinders vorgesehen sein, wodurch ein am Verdichterzylinderkopf zur Verfügung stehender Platz besonders effektiv ausgenutzt werden kann.

[22] Idealerweise handelt es sich bei einem derartigen Einlass um einen Wassereinlass, mittels welchem Wasser in den Verdichterzylinder aufgegeben werden kann. Hierdurch kann das
10 Wasser insbesondere zentrisch in den Verdichterzylinder aufgegeben werden, wodurch das Wasser besonders gleichmäßig mit einer über das Verdichterzylindereinlassventil eingesaugten Verbrennungsluft durchmischt werden kann. Beispielsweise geschieht dies im Zusammenhang mit einer Saughubbewegung eines Verdichterkolbens. Es versteht sich, dass über den Einlass
15 auch andere Brennmittel in den Verdichterzylinder aufgegeben werden können.

[23] In diesem Zusammenhang wird die Aufgabe vorliegender Erfindung kumulativ bzw. alternativ zu den vorgenannten Merkmalen auch von einem Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Verdichterzylinder, mit wenigstens einem Arbeitszylinder und mit wenigstens einer
20 Druckleitung, durch welche verdichtetes Brennmittel von dem Verdichterzylinder zu dem Arbeitszylinder geleitet wird, gelöst, wobei sich der Axialkolbenmotor dadurch auszeichnet, dass dem Verdichterzylinder während eines Saughubs eines in dem Verdichterzylinder angeordneten Verdichterkolbens Wasser oder Wasserdampf aufgegeben wird.

[24] Zum einen wird hierdurch eine hervorragende Verteilung des Wassers in dem Brennmittel gewährleistet. Zum anderen kann die durch das Wasser geänderte Verdichtungsenthalpie
25 unkritisch in das Brennmittel eingebracht werden, ohne dass die Energiebilanz des gesamten Axialkolbenmotors durch die Wasseraufgabe nachteilig beeinflusst wird. Insbesondere kann hierdurch der Verdichtungsprozess einer isothermen Verdichtung angenähert werden, wodurch sich die Energiebilanz bei der Verdichtung optimieren lässt. Der Wasseranteil kann ergänzend – je nach konkreter Umsetzung – zur Temperaturregelung in der Brennkammer und/oder auch zur

Schadstoffreduktion über chemische oder katalytische Reaktionen des Wassers genutzt werden. Allerdings ist es möglich, an anderer Stelle ebenfalls Wasser aufzugeben.

- [25] Die Aufgabe von Wasser kann, je nach konkreter Umsetzung vorliegender Erfindung, beispielsweise durch eine Dosierpumpe erfolgen. Durch ein Rückstoßventil kann auf eine Dosierpumpe verzichtet werden, da dann der Verdichterkolben bei seinem Saughub auch Wasser durch das Rückstoßventil ansaugen kann, welches beim Verdichten dann schließt. Letztere Umsetzung ist besonders dann vorteilhaft, wenn in der Wasserzuleitung noch ein Sicherheitsventil, beispielsweise ein Magnetventil, vorgesehen ist, um Leckagen bei einem Motorstillstand zu vermeiden.
- 10 [26] Ist innerhalb des durch den Einlassventildeckel gebildeten Rings ein Auslass an dem Verdichterzylinder vorgesehen, ist es vorteilhaft, wenn der Auslass ein Auslassventil ist, da hierdurch ein thermisch höher belasteter Bereich um das Auslassventil herum besonders gut gekühlt werden kann, wenn frische Verbrennungsluft über das Verdichterzylindereinlassventil in den Verdichterzylinder eingesaugt wird.
- 15 [27] Auch wird die Aufgabe der Erfindung von einem Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Verdichterzylinder, mit wenigstens einem Arbeitszylinder und mit wenigstens einer Druckleitung, durch welche verdichtetes Brennmittel von dem Verdichterzylinder zu dem Arbeitszylinder geleitet wird, gelöst, wobei sich der Axialkolbenmotor durch wenigstens zwei Verdichterzylinderauslassventile auszeichnet.
- 20 [28] Zwei Verdichterzylinderauslassventile ergeben den besonders großen Vorteil, dass sehr kurze Reaktionszeiten, insbesondere bezüglich Hubbewegungen der Auslassventildeckel, realisiert werden können, da bei gleichem Durchsatz entsprechend kleinere Auslassventile am Verdichterzylinder vorgesehen werden können. Trotz der kleiner ausgebildeten Auslassventile kann dennoch ein hervorragender Abtransport von verdichtetem Brennmittel aus dem Verdichterzylinder heraus gewährleistet werden.
- 25 [29] Insofern ermöglichen zwei oder mehr Verdichterzylinderauslassventile einen besonders schnellen und reibungsverlustarmen Abtransport von verdichtetem Brennmittel. Somit kann der Wirkungsgrad hierdurch kumulativ oder alternativ verbessert werden. Ein derartiges vorteilhaft-

tes Anordnen von mehr als einem einzelnen Verdichterzylinderauslassventil an einem Axialkolbenmotor ist dem eingangs erwähnten Stand der Technik ebenfalls nicht entnehmbar.

[30] Darüber hinaus wird die Aufgabe der Erfindung von einem Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Verdichtungszyylinder, mit wenigstens einem Arbeitszyylinder und mit wenigstens einer Druckleitung, durch welche verdichtetes Brennmittel von dem Verdichterzyylinder zu dem Arbeitszyylinder geleitet wird, gelöst, wobei sich der Axialkolbenmotor durch wenigstens ein Verdichterzylinderauslassventil mit einem in Richtung eines Ventilsitzes gewölbt ausgebildeten Ventildeckel auszeichnet, der auf seiner dem Ventilsitz abgewandten Seite weniger Material aufweist als auf seiner dem Ventilsitz zugewandten Seite.

[31] Bei einem gewölbt ausgebildeten Ventildeckel kann trotz eines vorhandenen Spiels gegenüber einem korrespondierenden Ventilsitz nahezu immer eine gute Ausrichtung und eine hervorragende Abdichtung gewährleistet werden. Insofern kann dies den Wirkungsgrad des vorliegenden Axialkolbenmotors ebenfalls steigern, da entsprechend die Verschlusszeiten bzw. Öffnungszeiten kurz sind. Beispielsweise ist der gewölbt ausgebildete Ventildeckel vorteilhaft als Kugel oder Kegel gestaltet.

[32] Weist der gewölbt ausgebildete Ventildeckel darüber hinaus auf seiner dem Ventildeckel abgewandten Seite vorteilhafter Weise weniger Material auf als auf seiner dem Ventilsitz zugewandten Seite, kann der Ventildeckel gewichtsmäßig außergewöhnlich leicht konstruiert werden, wodurch sich sehr kurze Reaktionszeiten realisieren lassen.

[33] Die dem Ventilsitz zugewandte Seite kann vorzugsweise durch den maximalen Durchmesser des Ventildeckels senkrecht zu der Arbeits- bzw. Betätigungsrichtung des Ventildeckels bzw. senkrecht zu der Längserstreckung des Verdichterzylinderauslassventils definiert und somit eindeutig gegenüber der dem Ventilsitz abgewandten Seite abgegrenzt werden.

[34] Eine bevorzugte Ausführungsvariante sieht vor, dass der Ventildeckel insbesondere des Verdichterzylinderauslassventils eine Halbkugel ist. Auf Grund der Halbkugelgestalt weist ein derart gestalteter Ventildeckel trotz eines kugelförmigen Abdichtungsbereichs vorteilhafter Weise eine flache Abstützfläche auf, beispielsweise für eine Ventildeckelandruckfeder, wodurch der Ventildeckel gegenüber einem Ventilsitz immer optimal ausgerichtet werden kann. Hierdurch kann idealerweise stets eine maximale Abdichtung des Verdichterzylinderauslass-

ventils erreicht werden. In diesem Zusammenhang versteht es sich, dass auf der dem Abdichtungsbereich abgewandten Seite des Ventildeckels noch weitere Strukturen, wie beispielsweise ein Federsitz, vorgesehen sein kann, ohne dass von dem Merkmal einer flachen Abstützfläche und den hiermit verbundenen Vorteilen abgewichen wird.

5 [35] Kumulativ bzw. alternativ zu den vorgenannten Merkmalen ist es vorteilhaft, wenn der Ventildeckel hohl ausgebildet ist, da er hierdurch gewichtmäßig noch leichter gestaltet werden kann.

[36] Es versteht sich, dass der gewölbt ausgebildete Ventildeckel aus verschiedenen Materialien hergestellt werden kann. Vorteilhafter Weise besteht er aus einer Keramik. Keramikugeln
10 an einem Verdichterzylinderauslassventil sind zwar bereits aus der EP 1 035 310 A2 bekannt, jedoch nicht in Gestalt einer vorteilhaften Halbkugel.

[37] Kumulativ oder alternativ hierzu ist es vorteilhaft, wenn Mittel zur Ausrichtung des Ventildeckels vorgesehen werden, die mit einer Ventildeckelndruckfeder wechselwirken. Auf Grund einer gezielten Ausrichtung des Ventildeckels, können Asymmetrien, welche sich beson-
15 ders materialsparend auswirken können, hinsichtlich des Ventildeckels vorteilhaft betriebssicher umgesetzt werden.

[38] Eine Konstruktion mit einer Ventildeckelndruckfeder in Verbindung mit Mitteln zur Ausrichtung des Ventildeckels kann baulich besonders einfach realisiert werden. Zudem kann mittels einer solchen Konstruktion eine schnell arbeitende Auslassventilverschlusseinrichtung
20 an dem Axialkolbenmotor bereitgestellt werden, welche noch sehr kostengünstig umgesetzt werden kann. Beispielsweise ist die Ventildeckelndruckfeder in einem Schacht in einem Ventildeckel des Verdichterzylinders geführt, sodass kritische Radialauslenkungen der Ventildeckelndruckfeder unterbunden werden können. Hierdurch kann zumindest eine indirekte Ausrichtung des Ventildeckels erzielt werden. Eine direkte Ausrichtung kann erreicht werden, wenn
25 der Ventildeckel unmittelbar selbst in ähnlicher Weise alternativ oder kumulativ geführt werden würde. Die vorstehenden Ausführungsformen des Verdichterzylinderauslassventils können insbesondere im Zusammenhang sowohl mit passiv angesteuerten als auch mit aktiv angesteuerten Verdichterzylinderauslassventilen zu Anwendung kommen. Besonders geeignet erscheinen im vorliegenden Zusammenhang passiv angesteuerte Verdichterzylinderauslassventile, da diese

baulich einfach umgesetzt werden können und die Druckverhältnisse in dem Verdichterzylinder eine einfache und präzise Ansteuerung der Verdichterzylinderauslassventile - aber auch der Verdichterzylindereinlassventile - erlauben.

[39] Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Axialkolbenmotor mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Expanderstufe, mit wenigstens einer Brennkammer zwischen der Verdichterstufe und der Expanderstufe vorgeschlagen, wobei der Axialkolbenmotor ein oszillierendes sowie einen Strömungsquerschnitt freigebendes Gaswechselventil umfasst und das Gaswechselventil diesen Strömungsquerschnitt mittels einer an dem Gaswechselventil angreifenden Federkraft der Ventildfeder verschließt und wobei sich der Axialkolbenmotor dadurch auszeichnet, dass das Gaswechselventil eine Prallfeder aufweist. Selbsttätige, also passiv angesteuerte bzw. insbesondere nichtnockenbetätigte, Gaswechselventile, welche bei einer anstehenden Druckdifferenz öffnen, können, wenn die anliegende Druckdifferenz eine sehr hohe Öffnungskraft bewirkt, derart stark beschleunigt werden, dass entweder die Ventildfeder des Gaswechselventils auf Block geht, der Ventildfederteller oder aber auch ein vergleichbarer Stützring auf ein anderes Bauteil aufprallt. Solch ein unzulässiger und unerwünschter Kontakt zwischen zwei Bauteilen kann sehr schnell zu der Zerstörung dieser Bauteile führen. Um ein Aufsetzen des Ventildfedertellers wirksam zu vermeiden, ist folglich vorteilhaft eine weitere als Prallfeder ausgeführte Feder vorgesehen, welche überschüssige kinetische Energie des Gaswechselventils abbaut und das Gaswechselventil bis zum Stillsand abbremst.

[40] Insbesondere kann die Prallfeder eine kleinere Federlänge als eine Federlänge der Ventildfeder aufweisen. Sofern die beiden Federn, die Ventildfeder und die Prallfeder, eine gemeinsame Auflagefläche aufweisen wird die Prallfeder vorteilhaft so ausgeführt, dass die Federlänge der eingebauten Ventildfeder stets kürzer ist als die Federlänge der Prallfeder, sodass die Ventildfeder bei Öffnen des Gaswechselventils zunächst ausschließlich die zum Schließen des Gaswechselventils erforderlichen Kräfte aufbringt und nach Erreichen des maximal vorgesehenen Ventilhubes die Prallfeder in Kontakt mit dem Gaswechselventil kommt, um sogleich ein weiteres Öffnen des Gaswechselventils zu verhindern.

[41] Kumulativ hierzu kann die Federlänge der Prallfeder der um einen Ventilhub des Gaswechselventils verringerten Federlänge der Ventildfeder entsprechen. Zweckmäßig und vorteil-

haft wird hierbei der Umstand ausgenutzt, dass der Unterschied der Federlängen beider Federn gerade dem Betrag des Ventilhubes entspricht.

[42] Der Begriff „Ventilhub“ bezeichnet hierbei den Hub des Gaswechselventils, ab welchem der durch das Gaswechselventil freigegebene Strömungsquerschnitt annähernd ein Maximum erreicht. Ein im Motorenbau üblicherweise verwendetes Tellerventil weist in der Regel bei geringer Öffnung einen linear ansteigenden geometrischen Strömungsquerschnitt auf, welcher dann bei weiterer Öffnung des Ventils in eine Gerade mit konstantem Wert übergeht. Der maximale geometrische Öffnungsquerschnitt wird üblicherweise erreicht, wenn der Ventilhub 25 % des inneren Ventilsitzdurchmessers erreicht. Der innere Ventilsitzdurchmesser ist der kleinste am Ventilsitz vorhandene Durchmesser.

[43] Der Begriff „Federlänge“ bezeichnet hierbei die maximal mögliche Länge der Prallfeder oder der Ventilfeeder in eingebautem Zustand. So entspricht die Federlänge der Prallfeder genau der Federlänge im ungespannten Zustand und die Federlänge der Ventilfeeder gerade der Länge, welche die Ventilfeeder in eingebautem Zustand bei geschlossenem Gaswechselventil aufweist.

[44] Es wird alternativ oder kumulativ hierbei weiterhin vorgeschlagen, dass die Federlänge der Prallfeder einer um einen Federweg der Prallfeder erhöhten Höhe einer Ventilführung entspricht. Dies hat den Vorteil, dass eine Ventilführung, aber auch jedes andere feststehende Bauteil, welches in Kontakt mit einem bewegten Bauteil der Ventilsteuerung kommen kann, gerade nicht in Kontakt mit einem bewegten Bauteil der Ventilsteuerung kommt, da die Prallfeder auch bei Erreichen des vorgesehenen Federweges gerade nicht soweit gestaucht wird, dass es zu einem Kontakt kommt.

[45] Der Begriff „Federweg“ bezeichnet hierbei die Federlänge abzüglich der Länge der Feder, welche bei maximaler Belastung vorliegt. Die maximale Belastung definiert sich wiederum über die rechnerische Auslegung des Ventiltriebes, inklusive einem Sicherheitsfaktor. Somit ist der Federweg gerade die Länge, um welche sich die Feder staucht, wenn die in Betrieb des Axialkolbenmotors auftretende maximale Belastung bzw. der im Betrieb des Axialkolbenmotors maximal vorgesehene Ventilhub, bei außergewöhnlicher Belastung, auftritt. Der maximale Ventilhub bezeichnet hierbei den oben definierten Ventilhub zuzüglich eines Hubes des

Gaswechselventiles, bei welchem ein Kontakt zwischen einem bewegten Bauteil und einem feststehenden Bauteil gerade auftritt.

[46] Anstelle einer Ventilfehrung kann auch jedes andere Bauteil treten, welches in Kontakt mit bewegten Teilen des Ventiltriebes kommen kann.

5 [47] Weiterhin kann die Prallfeder bei Erreichen des Federweges der Prallfeder eine potentielle Energie aufweisen, welche der maximalen betriebsbedingten kinetischen Energie des Gaswechselventils bei einem Freigeben des Strömungsquerschnittes entspricht. Vorteilhaft wird gerade bei Erfüllung dieser physikalischen bzw. kinetischen Bedingung ein Abbremsen des Gaswechselventils erreicht, genau dann, wenn es zu einem Kontakt zwischen zwei Bauteilen gerade nicht kommt. Die maximale, betriebsbedingte kinetische Energie ist, wie weiter oben
10 ausgeführt, die Bewegungsenergie des Gaswechselventils, welche bei rechnerischer Auslegung des Ventiltriebes inklusive einer Sicherheit auftreten kann. Die maximale, betriebsbedingte kinetische Energie wird bedingt durch die maximal am Gaswechselventil anliegenden Drücke bzw. Druckdifferenzen, wodurch das Gaswechselventil aufgrund seiner Masse beschleunigt wird und
15 nach Abklingen dieser Beschleunigung eine maximale Bewegungsgeschwindigkeit erhält. Überschüssige, im Gaswechselventil gespeicherte kinetische Energie wird über die Prallfeder aufgenommen, sodass die Prallfeder gestaucht wird und eine potentielle Energie aufweist. Bei Erreichen des Federweges der Prallfeder bzw. bei maximal vorgesehener Stauchung der Prallfeder ist ein Abbau der kinetischen Energie des Gaswechselventils bzw. der Ventilgruppe auf den
20 Betrag null vorteilhaft, damit es gerade nicht zu einem Kontakt zwischen zwei Bauteilen kommt. Der Begriff „maximal, betriebsbedingte kinetische Energie“ beinhaltet daher ebenfalls die kinetischen Energien aller mit dem Gaswechselventile bewegten Bauteile, wie etwa den Ventilkeilen, Ventildertellern oder Ventildedern.

[48] Zur Lösung der Eingangs gestellten Aufgabe wird weiterhin ein Axialkolbenmotor mit
25 einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe, mit einer wenigstens einer Zylinderumfassenden Expanderstufe und mit wenigstens einer Brennkammer zwischen der Verdichterstufe und der Expanderstufe vorgeschlagen, wobei sich der Axialkolbenmotor dadurch auszeichnet, dass wenigstens ein Zylinder wenigstens ein Gaswechselventil aus einem Leichtmetall aufweist. Leichtmetall, insbesondere bei Verwendung an bewegten Bauteilen, reduziert
30 die Massenträgheit der aus diesem Leichtmetall bestehenden Bauteile und kann wegen seiner

geringen Dichte die Reibleistung des Axialkolbenmotors dahingehend verringern, dass der Steuertrieb der Gaswechselventile entsprechend der geringeren Massenkräfte ausgelegt wird. Die Verringerung der Reibleistung durch Verwendung von Bauteilen aus Leichtmetall führt wiederum zu einem geringeren Gesamtverlust am Axialkolbenmotor und gleichzeitig zu einer Erhöhung des Gesamtwirkungsgrades.

[49] Kumulativ hierzu wird vorgeschlagen, dass das Leichtmetall Aluminium oder eine Aluminiumlegierung, insbesondere Dural, ist. Aluminium, insbesondere eine feste bzw. hochfeste Aluminiumlegierung, bietet sich für eine Ausgestaltung eines Gaswechselventils besonders an, da hierbei nicht nur das Gewicht eines Gaswechselventils über die Dichte des Werkstoffes sondern auch die Festigkeit eines Gaswechselventils erhöht werden kann bzw. auf hohem Niveau gehalten werden kann. Selbstverständlich ist es auch denkbar, dass anstatt Aluminium oder einer Aluminiumlegierung auch der Werkstoff Titan oder Magnesium oder eine Legierung aus Aluminium, Titan und/oder Magnesium verwendet werden kann. Ein entsprechend leichtes Gaswechselventil kann insbesondere Lastwechseln entsprechend schneller folgen, als dieses schon aufgrund der größeren Trägheit ein schweres Gaswechselventil umsetzen kann.

[50] Das Gaswechselventil kann insbesondere ein Einlassventil sein. Den Vorteil eines leichten Gaswechselventils und eines einhergehenden geringeren Reibmitteldruckes bzw. einer geringeren Reibleistung des Axialkolbenmotors kann insbesondere bei Verwendung eines Einlassventils aus einem leichten Werkstoff umgesetzt werden, da an dieser Stelle des Axialkolbenmotors niedrige Temperaturen vorliegen, welche eine ausreichende Distanz zur Schmelztemperatur von Aluminium oder Aluminiumlegierungen haben. Andererseits versteht es sich, dass die Vorteile eines Gaswechselventils aus einem Leichtmetall auch kumulativ zu den vorstehend in Bezug auf die Verdichterzylinderauslassventile und die Verdichterzylindereinlassventile genannten Ausgestaltungen entsprechend vorteilhaft eingesetzt werden können.

[51] Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Axialkolbenmotor mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe, mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Expanderstufe und mit wenigstens einer Brennkammer zwischen der Verdichterstufe und der Expanderstufe vorgeschlagen, welcher sich dadurch auszeichnet, dass die Verdichterstufe ein von der Expanderstufe verschiedenes Hubvolumen aufweist.

[52] Insbesondere wird kumulativ hierzu vorgeschlagen, dass das Hubvolumen der Verdichterstufe kleiner ist als das Hubvolumen der Expanderstufe.

[53] Weiterhin wird ein Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe, mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Expanderstufe und mit wenigstens einer Brennkammer zwischen der Verdichterstufe und der Expanderstufe vorgeschlagen, welches sich dadurch auszeichnet, dass ein Brennmittel oder ein als Abgas vorliegendes verbranntes Brennmittel während der Expansion in der Expanderstufe mit einem größeren Druckverhältnis als ein während der Verdichtung in der Verdichterstufe vorliegendes Druckverhältnis expandiert wird.

[54] Der thermodynamische Wirkungsgrad des Axialkolbenmotors kann durch diese Maßnahmen jeweils besonders vorteilhaft maximiert werden, da das theoretische thermodynamische Potential eines in einem Axialkolbenmotor umgesetzten Kreisprozesses im Gegensatz zum bisherigen Stand der Technik, wie etwa der WO 2009/062473, durch die hierdurch ermöglichte verlängerte Expansion maximal ausgenutzt werden kann. In einem aus der Umgebung ansaugenden und in dieselbe Umgebung ausstoßenden Motor erreicht der thermodynamische Wirkungsgrad durch diese Maßnahme seinen in dieser Hinsicht maximalen Wirkungsgrad, wenn die Expansion bis Umgebungsdruck erfolgt.

[55] Daher wird weiterhin ein Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors vorgeschlagen, mittels welchem das Brennmittel in der Expanderstufe annähernd bis zu einem Umgebungsdruck expandiert wird.

[56] Mit „annähernd“ ist ein maximal um den Betrag des Reibmitteldruckes des Axialkolbenmotors erhöhter Umgebungsdruck gemeint. Eine Expansion bis zum exakten Umgebungsdruck bewirkt bei einem von 0 bar verschiedenen Reibmitteldruck keinen wesentlichen Vorteil im Wirkungsgrad gegenüber einer Expansion bis zum Betrag des Reibmitteldruckes. Der Betrag des Reibmitteldruckes kann als ein auf den Kolben angreifender im Mittel konstanter Druck aufgefasst werden, wobei der Kolben als kräftefrei zu betrachten ist, wenn der auf die Kolbenoberseite angreifende Zylinderinnendruck gleich dem auf die Kolbenunterseite angreifenden Umgebungsdruck zuzüglich des Reibmitteldruckes ist. Daher ist ein günstiger Gesamtwir-

kungsgrad eines Verbrennungsmotors bereits bei Erreichen eines relativen Expansionsdruckes gegeben, welcher auf Niveau des Reibmitteldruckes liegt.

[57] Vorteilhaft kann ein Axialkolbenmotor zur Umsetzung dieses Vorteils weiterhin in der Art ausgeführt werden, dass ein Einzelhubvolumen wenigstens eines Zylinders der Verdichterstufe kleiner ist als das Einzelhubvolumen wenigstens eines Zylinders der Expanderstufe. Insbesondere ist es denkbar, durch ein großes Einzelhubvolumen der Zylinder der Expanderstufe, falls die Zylinderzahl der Expanderstufe und der Verdichterstufe identisch bleiben soll, den thermodynamische Wirkungsgrad durch eine günstige Beeinflussung des Oberflächen-Volumen-Verhältnisses, wodurch geringere Wandwärmeverluste in der Expanderstufe erreicht werden, zu begünstigen. Hierbei versteht es sich, dass diese Ausgestaltung bei einem Axialkolbenmotor mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe, mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Expanderstufe und mit wenigstens einer Brennkammer zwischen der Verdichterstufe sowie der Expanderstufe auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung vorteilhaft ist.

[58] Alternativ bzw. kumulativ wird ebenfalls vorgeschlagen, dass die Anzahl der Zylinder der Verdichterstufe gleich oder geringer ist als die Anzahl der Zylinder der Expanderstufe.

[59] Zusätzlich zu den vorherstehenden Vorteilen kann durch die Wahl einer geeigneten Anzahl von Zylindern, insbesondere einer verringerten Anzahl von Zylindern, bei identischem Einzelhubvolumen eines Zylinders der Expander- und Verdichterstufe, der mechanische Wirkungsgrad des Axialkolbenmotors und somit auch der Gesamtwirkungsgrad des Axialkolbenmotors maximiert werden, indem zur Realisierung einer verlängerten Expansion wenigstens ein Zylinder der Verdichterstufe entfällt und somit die Reibleistung des entfallenen Zylinders ebenfalls nicht mehr aufgebracht werden muss. Etwaige Unwuchten, welche durch eine derartige Asymmetrie der Kolben- bzw. Zylinderanordnung bedingt sein könnten, können unter Umständen in Kauf genommen bzw. durch ergänzende Maßnahmen vermieden werden.

[60] Die Aufgabe vorliegender Erfindung wird, kumulativ bzw. alternativ zu den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung, durch einen Axialkolbenmotor mit einer Brennmittelzufuhr und einer Abgasabfuhr, die wärmeübertragend miteinander gekoppelt sind, gelöst, welcher sich durch wenigstens eine Wärmeübertragerisolation auszeichnet. Auf diese Weise kann gewähr-

leistet werden, dass möglichst viel Wärmeenergie in dem Axialkolbenmotor verbleibt und über den bzw. die Wärmeübertrager an das Brennmittel wieder abgegeben wird.

[61] In diesem Zusammenhang versteht es sich, dass die Wärmeübertragerisolation den Wärmeübertrager nicht zwingend vollständig umgeben muss, da gegebenenfalls einige Abwärme auch an anderer Stelle in dem Axialkolbenmotor vorteilhaft genutzt werden kann. Insbesondere jedoch nach außen hin sollte die Wärmeübertragerisolation vorgesehen sein.

[62] Vorzugsweise ist die Wärmeübertragerisolation derart ausgelegt, dass sie zwischen Wärmeübertrager und Umgebung des Axialkolbenmotors einen maximalen Temperaturgradienten von 400 °C, insbesondere von wenigstens 380 °C, belässt. Insbesondere mit fortschreitender Wärmeübertragung, also zur Verdichterseite hin, kann der Temperaturgradient dann schnell wesentlich kleiner werden. Kumulativ bzw. alternativ hierzu kann die Wärmeübertragerisolation vorzugsweise derart ausgelegt werden, dass die Außentemperatur des Axialkolbenmotors im Bereich der Wärmeübertragerisolation 500 °C bzw. 480 °C nicht übersteigt. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass die durch Wärmestrahlung und Wärmeübergang verlorene Energiemenge auf ein Minimum reduziert wird, da die Verluste bei noch höheren Temperaturen bzw. Temperaturgradienten überproportional ansteigen. Darüber hinaus tritt die Maximaltemperatur bzw. der maximale Temperaturgradient nur an einer kleinen Stelle auf, da im Übrigen die Temperatur des Wärmeübertragers zur Verdichterseite immer mehr abnimmt.

[63] Vorzugsweise umfasst die Wärmeübertragerisolation zumindest eine Komponente aus einem von dem Wärmeübertrager abweichenden Material. Dieses Material kann dann auf seine Aufgabe als Isolation optimal ausgelegt sein und beispielsweise Asbest, Asbestersatz, Wasser, Abgas, Brennmittel oder Luft umfassen, wobei die Wärmeübertragerisolation, insbesondere um Wärmeabtransport durch Materialbewegung zu minimieren, bei fluidischen Isolationsmaterialien ein Gehäuse aufweisen muss, während bei festen Isolationsmaterialien ein Gehäuse zur Stabilisation oder als Schutz vorgesehen sein kann. Das Gehäuse kann insbesondere aus demselben Material wie das Mantelmaterial des Wärmeübertragers gebildet sein.

[64] Darüber hinaus wird die Aufgabe der Erfindung auch von einem Axialkolbenmotor mit einer Brennmittelzufuhr und einer Abgasabfuhr, die wärmeübertragend miteinander gekoppelt sind, gelöst, wobei der Axialkolbenmotor wenigstens zwei Wärmeübertrager aufweist.

[65] Insbesondere im Hinblick auf mehrere bzw. wenigstens zwei Verdichterzylinder-
auslassventile kann ein besonderes schneller und guter Abtransport von Abgasen gewährleis-
tet werden, wenn diese Abgase auf wenigstens zwei Wärmeübertrager verteilt abtransportiert werden kön-
nen. Auch hierdurch kann eine Steigerung des Wirkungsgrads erreicht werden. Insofern bildet
5 das Vorsehen von mehr als einem Wärmeübertrager bekannte Axialkolbenmotoren ebenfalls
besonders vorteilhaft weiter.

[66] Obgleich durch zwei Wärmeübertrager zunächst ein größerer Aufwand und komplexere
Strömungsverhältnisse bedingt sind, ermöglicht der Einsatz zweier Wärmeübertrager wesentlich
kürzere Wege zu dem Wärmeübertrager sowie eine energetisch günstigere Anordnung dersel-
10 ben. Hierdurch lässt sich der Wirkungsgrad des Axialkolbenmotors überraschenderweise erheb-
lich erhöhen.

[67] Dieses gilt insbesondere für Axialkolbenmotoren mit stationären Zylindern, in welchen
die Kolben jeweils arbeiten, in Abweichung von Axialkolbenmotoren, bei denen die Zylinder,
und mithin auch die Kolben, ebenfalls um die Drehachse rotieren, da letztere Anordnung ledig-
15 lich eine Abgasleitung benötigen, an welcher die Zylinder vorbeigeführt werden.

[68] Vorzugsweise sind die Wärmeübertrager im Wesentlichen axial angeordnet, wobei der
Begriff „axial“ in vorliegendem Zusammenhang eine Richtung parallel zur Hauptrotationsachse
des Axialkolbenmotors bzw. parallel zur Drehachse der Rotationsenergie bezeichnet. Dieses
ermöglicht eine besonders kompakte und mithin energiesparende Bauweise, was insbesondere
20 auch gilt, wenn lediglich ein Wärmeübertrager, insbesondere ein isolierter Wärmeübertrager,
zur Anwendung kommt.

[69] Weist der Axialkolbenmotor wenigstens vier Kolben auf, so ist es von Vorteil, wenn die
Abgase wenigstens zweier benachbarter Kolben in jeweils einen Wärmeübertrager geleitet wer-
den. Hierdurch können die Wege zwischen Kolben und Wärmeübertrager für die Abgase mini-
25 miert werden, so dass Verluste in Form von Abwärme, die nicht über die Wärmeübertrager zu-
rückgewonnen werden kann, auf ein Minimum reduziert werden können.

[70] Letzteres kann auch noch erreicht werden, wenn die Abgase dreier benachbarter Kolben
jeweils in einen gemeinsamen Wärmeübertrager geleitet werden.

[71] Andererseits ist es auch denkbar, dass der Axialkolbenmotor wenigstens zwei Kolben umfasst, wobei die Abgase jedes Kolbens in jeweils einen Wärmeübertrager geleitet werden. Insofern kann es – je nach konkreter Umsetzung vorliegender Erfindung – vorteilhaft sein, wenn je Kolben ein Wärmeübertrager vorgesehen ist. Zwar bedingt dieses einen erhöhten baulichen Aufwand; andererseits können die Wärmeübertrager jeweils kleiner, und mithin baulich
5 möglicherweise einfacher, ausgebildet sein, wodurch der Axialkolbenmotor insgesamt kompakter und somit mit geringeren Verlusten belastet baut. Insbesondere bei dieser Ausgestaltung, aber auch wenn für je zwei oder mehr Kolben ein Wärmeübertrager vorgesehen ist, kann – ggf. – der jeweilige Wärmeübertrager in die Zwickel zwischen zwei Kolben integriert werden, wo-
10 durch der gesamte Axialkolbenmotor entsprechend kompakt ausgebildet werden kann.

[72] Es wird nach einem weiteren Aspekt der Erfindung ein Axialkolbenmotor mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe, mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Expanderstufe und mit wenigstens einem Wärmeübertrager vorgeschlagen, wobei der wärmeaufnehmende Teil Wärmeübertragers zwischen der Verdichterstufe und der Brenn-
15 kammer angeordnet ist und der wärmeabgebende Teil des Wärmeübertragers zwischen der Expanderstufe und einer Umgebung angeordnet ist und wobei sich der Axialkolbenmotor dadurch auszeichnet, dass der wärmeaufnehmende und/oder der wärmeabgebende Teil des Wärmeübertragers stromabwärts und/oder stromaufwärts Mittel zur Aufgabe wenigstens eines Fluides aufweist.

[73] Die Aufgabe eines Fluides in den Brennmittelstrom kann zu einer Erhöhung der Übertragungsleistung des Wärmeübertragers beitragen, indem beispielsweise durch die Aufgabe eines geeigneten Fluides die spezifische Wärmekapazität des Brennmittelstromes der spezifischen Wärmekapazität des Abgasstromes angeglichen werden kann oder aber über die spezifische Wärmekapazität des Abgasstromes hinaus angehoben werden kann. Die hierdurch be-
25 spielsweise vorteilhaft beeinflusste Wärmeübertragung vom Abgasstrom auf den Brennmittelstrom trägt dazu bei, dass eine höhere Wärmemenge in den Brennmittelstrom und somit in den Kreisprozess bei gleichbleibender Baugröße des Wärmeübertragers eingekoppelt werden kann, wodurch sich der thermodynamische Wirkungsgrad steigern lässt. Alternativ oder kumulativ kann auch dem Abgasstrom ein Fluid aufgegeben werden. Das aufgegebene Fluid kann hierbei
30 beispielsweise ein erforderliches Hilfsmittel für eine nachgeschaltete Abgasnachbehandlung sein, welches durch eine im Wärmeübertrager ausgebildete turbulente Strömung ideal mit dem

Abgasstrom vermischt werden kann, so dass somit ein nachgeschaltetes Abgasnachbehandlungssystem mit maximalem Wirkungsgrad betrieben werden kann.

[74] Mit „stromabwärts“ wird in diesem Fall diejenige Seite des Wärmeübertrager bezeichnet, aus welcher das jeweilige Fluid austritt, bzw. derjenigen Teil des Abgasstranges oder der Brennmittel führenden Verrohrung bezeichnet, in welche das Fluid nach Verlassen des Wärmeübertragers eintritt.

[75] In Analogie hierzu wird mit „stromaufwärts“ diejenige Seite des Wärmeübertrager bezeichnet, in welche das jeweilige Fluid eintritt, bzw. derjenigen Teil des Abgasstranges oder der Brennmittel führenden Verrohrung bezeichnet, aus welcher das Fluid in den Wärmeübertragers eintritt.

[76] Insofern spielt es keine Rolle, ob die Aufgabe des Fluides unmittelbar in der näheren räumlichen Umgebung des Wärmeübertragers erfolgt oder ob die Aufgabe des Fluides räumlich weiter beabstandet erfolgt.

[77] Als Fluid kann beispielsweise Wasser und/oder Brennstoff entsprechend aufgegeben werden. Dies hat den Vorteil, dass der Brennmittelstrom einerseits die zuvor beschriebenen Vorteile einer erhöhten spezifischen Wärmekapazität durch die Aufgabe von Wasser und/oder Brennstoff aufweist und andererseits die Gemischaufbereitung bereits im Wärmeübertrager bzw. vor der Brennkammer erfolgen kann und die Verbrennung in der Brennkammer mit einem möglichst örtlich homogenen Verbrennungsluftverhältnis erfolgen kann. Dies hat insbesondere auch den Vorteil, dass das Brennverfahren nicht oder nur sehr gering mit einer wirkungsgradverschlechternden, unvollständigen Verbrennung behaftet ist.

[78] Für eine weitere Ausgestaltung eines Axialkolbenmotors wird vorgeschlagen, dass im wärmeabgebenden Teil des Wärmeübertragers oder stromabwärts des wärmeabgebenden Teils des Wärmeübertragers ein Wasserabscheider angeordnet ist. Durch die am Wärmeübertrager bestehende Temperatursenke könnte dampfförmiges Wasser auskondensieren und den nachfolgenden Abgasstrang durch Korrosion schädigen. Eine Schädigung des Abgasstranges kann durch diese Maßnahme vorteilhaft vermindert bzw. vermieden werden.

[79] Es wird zudem ein Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe, mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Expanderstufe, mit wenigstens einer Brennkammer zwischen der Verdichterstufe und der Expanderstufe und mit wenigstens einem Wärmeübertrager vorgeschlagen, wobei der wärmeaufnehmende Teil des Wärmeübertragers zwischen der Verdichterstufe und der Brennkammer angeordnet ist und der wärmeabgebende Teil des Wärmeübertragers zwischen der Expanderstufe und einer Umgebung angeordnet ist und wobei sich das Verfahren dadurch auszeichnet, dass dem durch den Wärmeübertrager strömende Brennstoffstrom und/oder dem durch den Wärmeübertrager strömende Abgasstrom wenigstens ein Fluid aufgegeben wird. Hierdurch kann - wie bereits vorstehend dargestellt - die wirkungsgradsteigernde Wärmeübertragung von einem in eine Umgebung geleiteten Abgasstrom zu einem Brennstoffstrom verbessert werden, indem die spezifische Wärmekapazität des Brennstoffstromes durch die Aufgabe eines Fluides erhöht und somit auch der Wärmestrom zum Brennstoffstrom erhöht wird. Die Rückkopplung eines Energiestromes in den Kreisprozess des Axialkolbenmotors kann hierbei bei geeigneter Verfahrensführung wiederum eine Wirkungsgradsteigerung, insbesondere eine Steigerung des thermodynamischen Wirkungsgrades, bewirken.

[80] Vorteilhaft wird der Axialkolbenmotor derart betrieben, dass Wasser und/oder Brennstoff aufgegeben werden. Dieses Verfahren bewirkt, dass wiederum der Wirkungsgrad, insbesondere der Wirkungsgrad des Brennverfahrens, durch ideale Mischung im Wärmeübertrager und vor der Brennkammer erhöht werden kann.

[81] Ebenso kann dem Abgasstrom, falls dies für eine Abgasnachbehandlung zweckdienlich ist, Brennstoff aufgegeben werden, sodass die Abgastemperatur im Wärmeübertrager oder nach dem Wärmeübertrager weiter angehoben werden kann. Ggf. kann hierdurch auch eine Nachverbrennung erfolgen, welche das Abgas in vorteilhafter Weise nachbehandelt und Schadstoffe minimiert. Eine im wärmeabgebenden Teil des Wärmeübertragers freigesetzte Wärme könnte somit auch mittelbar zur weiteren Erwärmung des Brennstoffstroms genutzt werden, so dass der Wirkungsgrad des Axialkolbenmotors hierdurch kaum negativ beeinflusst wird.

[82] Um diesen Vorteil weiterhin umzusetzen, wird ferner vorgeschlagen, dass das Fluid stromabwärts und/oder stromaufwärts des Wärmeübertragers aufgegeben wird.

[83] Kumulativ oder alternativ hierzu kann abgeschiedenes Wasser dem Brennstoffstrom und/oder dem Abgasstrom erneut aufgegeben werden. Im günstigsten Fall wird hierdurch ein geschlossener Wasserkreislauf realisiert, welchem von außen kein Wasser mehr zugeführt werden muss. Somit entsteht ein weiterer Vorteil dadurch, dass ein mit einem Axialkolbenmotor nach dieser Bauart ausgerüstetes Fahrzeug nicht mit Wasser, insbesondere nicht mit destilliertem Wasser, betankt werden muss.

[84] Vorteilhaft wird die Aufgabe von Wasser und/oder Brennstoff zu einem definierten Zeitpunkt vor einem Stillstand des Axialkolbenmotors gestoppt und der Axialkolbenmotor bis zum Stillstand ohne eine Aufgabe von Wasser und/oder Kraftstoff betrieben. Das für einen Abgasstrang möglicherweise schädliche Wasser, welches sich in dem Abgasstrang absetzen kann, insbesondere wenn dieser erkaltet, kann durch dieses Verfahren vermieden werden. Vorteilhaft wird auch jegliches Wasser aus dem Axialkolbenmotor selbst vor dem Stillstand des Axialkolbenmotors entfernt, sodass keine Schädigung von Bauteilen des Axialkolbenmotors durch Wasser oder Wasserdampf, insbesondere während des Stillstandes, begünstigt wird.

[85] Die Aufgabe der Erfindung wird auch von einem Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Verdichterzylinder, mit wenigstens einem Arbeitszylinder und mit wenigstens einer Druckleitung, durch welche verdichtetes Brennstoffmittel von dem Verdichterzylinder zu dem Arbeitszylinder geleitet wird, gelöst, welcher sich durch einen Brennstoffspeicher auszeichnet, in welchem verdichtetes Medium zwischengespeichert werden kann.

[86] Durch einen derartigen Brennstoffspeicher kann insbesondere kurzzeitig eine erhöhte Leistung abgefragt werden, ohne dass zunächst über die Verdichter entsprechend mehr Brennstoffmittel bereitgestellt werden muss. Dieses ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die Verdichterkolben des Verdichters unmittelbar mit Arbeitskolben verbunden sind, da dann ein Mehr an Brennstoffmittel lediglich durch eine erhöhte Arbeitsleistung, die letztlich ansonsten nur durch ein Mehr an Kraftstoff erzielt werden kann, bereitgestellt werden kann. Insoweit kann hierdurch bereits Kraftstoff gespart werden.

[87] Auch kann das in dem Brennstoffspeicher gespeicherte Brennstoffmittel beispielsweise für Startvorgänge des Axialkolbenmotors genutzt werden.

[88] Vorzugsweise ist der Brennmittelspeicher zwischen dem Verdichterzylinder und einem Wärmeübertrager vorgesehen, so dass das Brennmittel, insbesondere zur Verbrennung vorgesehene Luft, noch kalt bzw. noch ohne dem Wärmeübertrager Energie entzogen zu haben in dem Brennmittelspeicher zwischengespeichert wird. Wie unmittelbar ersichtlich, wirkt sich dieses positiv auf die Energiebilanz des Axialkolbenmotors aus.

[89] Insbesondere für längere Standzeiten ist es von Vorteil, wenn zwischen dem Verdichterzylinder und dem Brennmittelspeicher und/oder zwischen dem Brennmittelspeicher und dem Arbeitszylinder ein Ventil angeordnet ist. Auf diese Weise kann die Gefahr einer Leckage minimiert werden. Insbesondere ist es von Vorteil, wenn der Brennmittelspeicher über ein Ventil von der Druckleitung bzw. von den während eines normalen Betriebs Brennmittel führenden Baugruppen mittels eines Ventils getrennt werden kann. Auf diese Weise kann das Brennmittel in dem Brennmittelspeicher unbeeinflusst von den übrigen Betriebszuständen des Axialkolbenmotors gespeichert werden.

[90] Darüber hinaus ist es auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung von Vorteil, wenn die Druckleitung zwischen Verdichterzylinder und Arbeitszylinder ein Ventil aufweist, so dass die Brennmittelzufuhr vom Brennmittelspeicher insbesondere in Situationen, in denen kein Brennmittel benötigt wird, wie dieses beispielsweise bei Stillstand an einer Ampel oder bei Bremsvorgängen der Fall ist, betriebssicher unterbunden werden kann, auch wenn verdichterseitig wegen einer Bewegung des Axialkolbenmotors noch verdichtetes Brennmittel bereit gestellt wird. Insbesondere kann dann eine entsprechende Unterbrechung vorgenommen werden und das verdichterseitig bereitgestellte Brennmittel unmittelbar direkt in den Brennmittelspeicher gelangen, um dann beispielsweise für Anfahr- und Beschleunigungsprozesse sofort und unverzüglich zur Verfügung zu stehen.

[91] Hierbei versteht es sich, dass – je nach konkreter Ausführungsform des Axialkolbenmotors – auch mehrere Druckleitungen vorgesehen sein können, die einzeln oder zusammen entsprechend abgesperrt bzw. mit einem Brennmittelspeicher verbunden werden können.

[92] Eine sehr vorteilhafte Ausführungsvariante sieht mindestens zwei solcher Brennmittelspeicher vor, wodurch unterschiedliche Betriebszustände des Axialkolbenmotors noch differenzierter geregelt werden können.

[93] Werden die mindestens zwei Brennstoffspeicher mit unterschiedlichen Drücken beladen, kann besonders schnell auf Betriebszustände innerhalb der Brennkammer Einfluss genommen werden, ohne dass beispielsweise Verzögerungen durch ein Eigenansprechverhalten von Regelventilen zu berücksichtigen sind. Insbesondere ist es möglich, dass die Aufladezeiten für die Speicher minimiert werden und insbesondere auch bei niedrigen Drücken bereits Brennstoff gespeichert werden kann, während gleichzeitig noch ein Speicher, der Brennstoff unter hohem Druck enthält, vorhanden ist.

[94] Besonders vielfältige und ineinander greifende Regelungsmöglichkeiten können dementsprechend erreicht werden, wenn eine Druckregelung vorliegt, die für den ersten Brennstoffspeicher eine erste Druckuntergrenze und eine erste Druckobergrenze und für den zweiten Brennstoffspeicher eine zweite Druckuntergrenze und eine zweite Druckobergrenze festlegt, innerhalb derer ein Brennstoffspeicher mit Drücken beladen wird, wobei vorzugsweise die erste Druckobergrenze unter der zweiten Druckobergrenze und die erste Druckuntergrenze unter der zweiten Druckuntergrenze liegt. Insbesondere können die verwendeten Brennstoffspeicher in unterschiedlichen Druckintervallen betrieben werden, wodurch die von dem Axialkolbenmotor in Form von Brennstoffdruck bereitgestellte Energie noch effektiver genutzt werden kann.

[95] Um etwa ein besonders schnelles Ansprechverhalten, insbesondere hinsichtlich eines sehr weiten Arbeitsspektrums, an dem Axialkolbenmotor realisieren zu können, ist es vorteilhaft, wenn die erste Druckobergrenze kleiner oder gleich der zweiten Druckuntergrenze ist. Durch derart gewählte Druckintervalle kann vorteilhafter Weise ein besonders weitgreifender Druckbereich bereitgestellt werden.

[96] Wie bereits vorstehend im Detail erläutert, kann dem Axialkolbenmotor Wasser aufgegeben werden. Dieses birgt jedoch das Risiko, dass – insbesondere in Bereichen, in denen bereits Verbrennungsprodukte vorliegen – korrosive Prozesse gefördert werden. Um letzteres zu vermeiden, wird unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung ein Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Verdichterzylinder, mit wenigstens einem Arbeitszylinder und mit wenigstens einer Druckleitung, durch welche verdichtetes Brennstoffmittel von dem Verdichterzylinder zu dem Arbeitszylinder geleitet wird, vorgeschlagen, wobei dem Axialkolbenmotor an irgendeiner Stelle Wasser als Brennstoffmittel, also als ein die Brennkammer durchlaufendes Material, aufgegeben wird und welcher sich dadurch auszeichnet, dass vor einem Betriebsende des

Axialkolbenmotors die Wasseraufgabe gestoppt und der Axialkolbenmotor eine definierte Zeitspanne ohne Wasseraufgabe betrieben wird.

[97] Es versteht sich, dass die Zeitspanne möglichst kurz gewählt wird, da ein Nutzer nicht unnötig warten möchte, bis der Motor aufhört zu laufen, und da während dieser Zeit der Motor
5 eigentlich nicht mehr benötigt wird. Andererseits wird die Zeitspanne ausreichend lang gewählt, dass Wasser, insbesondere aus den heißen bzw. mit Verbrennungsprodukten in Kontakt stehenden Bereichen ausreichend entfernt werden kann. Während dieser Zeitspanne können beispielsweise Brennmittelspeicher aufgeladen werden. Auch können während dieser Zeit andere Stilllegungsvorgänge bei einem Kraftfahrzeug, wie beispielsweise das betriebssichere Schließen aller
10 Fenster, durchgeführt werden, wobei hierzu noch die von dem Motor bereitgestellte Energie genutzt werden kann, was letztlich eine Batterie entlastet.

[98] Hierbei kann die Wasseraufgabe einerseits unmittelbar in die Brennkammer erfolgen. Andererseits kann das Wasser zuvor mit Brennmittel vermischt werden, was beispielsweise bei
15 oder vor der Verdichtung erfolgen kann, wie dieses beispielsweise bereits vorstehend erläutert wurde. Auch an anderer Stelle kann eine Vermischung mit Verbrennungsluft oder aber mit Brennstoff oder sonstigen Brennmitteln erfolgen.

[99] Die eingangs erläuterte Aufgabe wird auch - insbesondere in Abgrenzung gegen die WO 2009/062473 A2 - von einem Axialkolbenmotor mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe, mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Expanderstufe, mit
20 wenigstens einer Brennkammer zwischen der Verdichterstufe und der Expanderstufe, mit wenigstens einem Steuerkolben sowie einem Kanal zwischen der Brennkammer und der Expanderstufe gelöst, bei welchem der Steuerkolben und der Kanal einen durch eine Bewegung des Steuerkolbens freigegebenen Strömungsquerschnitt mit einer Hauptstromrichtung aufweisen und der Steuerkolben eine Leitfläche parallel zu der Hauptstromrichtung und/oder eine Prallfläche senkrecht zu der Hauptstromrichtung aufweist sowie bei welchem der Steuerkolben sowie
25 der Kanal einen durch eine Bewegung des Steuerkolbens freigegebenen Strömungsquerschnitt aufweisen und die Bewegung des Steuerkolben entlang einer Längsachse des Steuerkolbens erfolgt und der Steuerkolben eine Leitfläche und/oder eine Prallfläche in einem spitzen Winkel zu der Längsachse des Steuerkolbens aufweist.

[100] Üblicherweise ist ein Ladungswechsel zwischen zwei mit Volumen behafteten Bauteilen eines Verbrennungsmotors, durch eine Drosselstelle hindurch, mit Strömungsverlusten verbunden. Eine derartige Drosselstelle, welche in der vorliegenden Situation durch den Kanal und den Steuerkolben gebildet wird, verursacht durch diese Strömungsverluste einen Verlust an Wirkungsgrad. Die strömungstechnisch günstige Ausgestaltung dieses Kanals und/oder des Steuerkolbens bewirken somit eine Wirkungsgradsteigerung.

[101] Demnach hat eine parallel zu der Hauptstromrichtung ausgerichtete Leitfläche des Steuerkolbens den Vorteil Strömungsverluste zu vermeiden und den Wirkungsgrad zu maximieren. Insbesondere wenn die Strömung so ausgebildet ist, dass sie gerade nicht senkrecht zur Längsachse des Steuerkolbens erfolgt, kann durch eine im spitzen Winkel zu der Längsachse des Steuerkolbens ausgerichtete Leitfläche die Leitfläche in einem günstigen Winkel zu einer über diese Leitfläche strömenden Strömung stehen. Vorteilhaft wird auch durch diese Maßnahme der Wirkungsgrad des Axialkolbenmotors erhöht, indem die Strömungsverluste an der Leitfläche bzw. am Steuerkolben minimiert werden.

[102] Mit „Hauptstromrichtung“ ist vorliegend die Strömungsrichtung des Brennmittels durch den Kanal gemeint, welche bei laminarer oder auch bei turbulenter Strömung des Brennmittels messbar und auch grafisch darstellbar ist. Das Merkmal „parallel“ bezieht sich somit auf diese Hauptstromrichtung und ist im mathematisch geometrischen Sinne zu verstehen, wobei eine zu der Hauptstromrichtung parallele Leitfläche eines Steuerkolbens gerade durch die Strömung des Brennmittels keinen Impuls aufnimmt oder den Impuls der Strömung gerade nicht ändert.

[103] Sofern der Steuerkolben eine Position erreicht hat, bei welcher der Steuerkolben den freigegebenen Strömungsquerschnitt verschließt, steht vorteilhaft diese senkrecht zur Hauptstromrichtung ausgebildete Prallfläche mit einer minimalen Oberfläche zur Brennkammer, so dass in dieser Brennkammer befindliches Brennmittel auch einen minimalen Wärmestrom in den Steuerkolben bewirkt. Somit werden durch diese gegenüber der Hauptstromrichtung minimal ausgeführte Prallfläche auch möglichst geringe Wandwärmeverluste erzielt, wodurch wiederum der thermodynamische Wirkungsgrad des Axialkolbenmotors maximiert wird.

[104] Ähnlich wie die bereits vorstehend beschriebene Leitfläche kann wiederum die Prallfläche unter Zuhilfenahme des spitzen Winkels angeordnete und derart in die Strömung des

Brennmittels gesetzt werden, dass die Prallfläche, sofern die Strömung nicht senkrecht zum Steuerkolben bzw. zur Längsachse des Steuerkolbens erfolgt, eine minimale Oberfläche gegenüber der Strömung aufweist. Eine minimal ausgeführte Prallfläche ergibt wiederum den Vorteil, dass Wandwärmeverluste einerseits verringert werden und das ungünstige Umlenkungen der
5 Strömung unter Bildung von Wirbeln minimiert werden und der thermodynamische Wirkungsgrad des Axialkolbenmotors entsprechend maximiert wird.

[105] Die Leitfläche und/oder die Prallfläche können eine ebene Fläche, eine sphärische Fläche, eine zylindrische Fläche oder eine kegelige Fläche sein. Eine ebene Ausgestaltung der Leitfläche und/oder der Prallfläche bringt den Vorteil, dass einerseits der Steuerkolben besonders
10 einfach und kostengünstig hergestellt werden kann, und dass andererseits eine mit der Leitfläche zusammenwirkende Dichtfläche ebenfalls konstruktiv einfach ausgeführt werden kann und eine maximale Dichtwirkung an dieser Leitfläche erfolgt. Eine sphärische Ausgestaltung der Leitfläche und/oder der Prallfläche bringt weiterhin den Vorteil, dass diese Leitfläche an den hieran
15 folgenden Kanal geometrisch besonders gut angepasst ist, sofern der Kanal ebenfalls einen kreisförmigen oder aber auch elliptischen Querschnitt aufweist. Somit entstehen an dem Übergang vom Steuerkolben bzw. von der Leitfläche des Steuerkolbens zum Kanal keine ungewünschten Abrissströmungen oder Turbulenzen. Ebenso kann eine zylindrische Leitfläche und/oder Prallfläche den Vorteil umsetzen, dass an einem Übergang zwischen dem Steuerkolben und dem Kanal oder aber auch einem Übergang zwischen dem Steuerkolben und der
20 Brennkammer eine Strömung unter Vermeidung von Strömungsabrissen oder Turbulenzen erfolgen kann. Alternativ kann eine kegelige Fläche an der Leitfläche und/oder an der Prallfläche ebenso vorteilhaft sein, sofern der an den Steuerkolben folgende Kanal einen über die Länge des Kanals veränderlichen Querschnitt aufweist. Sollte der Kanal als Diffusor oder als Düse ausgebildet sein, kann durch eine kegelig ausgebildete Leitfläche am Steuerkolben die Strömung wieder
25 derrum ohne Abriss oder ohne Turbulenzen erfolgen. Es versteht sich, dass jede vorherstehend erläuterte Maßnahme für sich auch unabhängig von den anderen Maßnahmen wirkungsgradmaximierend wirkt bzw. wirken kann.

[106] Der Axialkolbenmotor kann zwischen der Brennkammer und der Expanderstufe eine Leitflächendichtfläche aufweisen, wobei die Leitflächendichtfläche parallel zur Leitfläche ausgebildet ist und in einem oberen Totpunkt des Steuerkolbens mit der Leitfläche zusammenwirkt.
30 Da dem Steuerkolben in seinem oberen Totpunkt auch eine Dichtwirkung zufällt, ist die Leitflä-

chendichtfläche vorteilhaft so ausgebildet, dass diese im oberen Totpunkt des Steuerkolbens großflächig mit der Leitfläche zusammenwirkt und somit eine möglichst optimierte Dichtwirkung erfolgt. Die maximale Dichtwirkung der Leitflächendichtfläche ist dann gegeben, wenn jeder Punkt der Leitflächendichtfläche denselben Abstand zur Leitfläche, vorzugsweise keinen
5 Abstand zur Leitfläche, aufweist. Eine komplementär zur Leitfläche ausgebildete Leitflächendichtfläche erfüllt diese Anforderungen unabhängig davon, welche Geometrie die Leitfläche aufweist.

[107] Kumulativ hierzu wird vorgeschlagen, dass die Leitflächendichtfläche kanalseitig in eine Oberfläche senkrecht zur Längsachse des Steuerkolbens übergeht. Der Übergang der Leitflächendichtfläche in eine senkrecht zur Längsachse des Steuerkolbens stehenden Oberfläche
10 kann in einer einfachsten Ausführung auch in einem Knick bestehen, wodurch die Strömung, welche über die Leitflächendichtfläche strömt, an diesem Knick bzw. an diesem Überhang abreißen kann, sodass die Strömung des Brennmittels mit möglichst geringen Strömungsverlusten in den an den Steuerkolben folgenden Kanal übergehen kann.

[108] Alternativ bzw. kumulativ zu den vorstehenden Merkmalen wird vorgeschlagen, dass der Axialkolbenmotor zwischen der Brennkammer und der Expanderstufe ein Schaftdichtfläche aufweist wobei die Schaftdichtfläche parallel zur Längsachse des Steuerkolbens ausgebildet ist und mit einer Oberfläche eines Schaftes des Steuerkolbens zusammenwirkt. Sofern der Steuerkolben seinen oberen Totpunkt erreicht, fällt dem Steuerkolben nicht nur die Aufgabe zu, zur
20 Brennkammer hin abzudichten, sondern es erfolgt vorteilhaft auch eine Abdichtung gegenüber der Expanderstufe, welche durch das Zusammenwirken des Schaftes des Steuerkolbens und der entsprechenden Schaftdichtfläche erfolgt. Leckageverluste über den Steuerkolben werden hierdurch nochmals verringert, wodurch der Gesamtwirkungsgrad des Axialkolbenmotors wiederum maximiert werden kann.

[109] Weiterhin wird vorgeschlagen, dass die Leitfläche, die Prallfläche, die Leitflächendichtfläche, die Schaftdichtfläche und/oder die Oberfläche des Schaftes des Steuerkolbens eine verspiegelte Oberfläche aufweist. Da jede dieser Oberflächen mit Brennmittel in Kontakt stehen kann, kann auch über jede dieser Flächen ein Wandwärmestrom und mithin ein Wirkungsgradverlust erfolgen. Eine verspiegelte Oberfläche verhindert somit unnötige Verluste durch Wär-

mestrahlung und setzt somit den Vorteil um den thermodynamischen Wirkungsgrad des Axialkolbenmotors entsprechend zu steigern.

[110] Die Eingangs aufgeführte Aufgabe wird ebenfalls durch ein Verfahren zur Herstellung eines Wärmeübertragers eines Axialkolbenmotors gelöst, welcher eine wenigstens einen Zylinder umfassende Verdichterstufe, eine wenigstens einen Zylinder umfassende Expanderstufe und wenigstens eine Brennkammer zwischen der Verdichterstufe sowie der Expanderstufe aufweist, wobei der wärmeaufnehmende Teil des Wärmeübertragers zwischen der Verdichterstufe und der Brennkammer angeordnet ist und der wärmeabgebende Teil des Wärmeübertragers zwischen der Expanderstufe und einer Umgebung angeordnet ist, wobei der Wärmeübertrager wenigstens eine den wärmeabgebenden Teil von dem wärmeaufnehmenden Teil des Wärmeübertragers abgrenzende Wandung eines Rohres zur Trennung zweier Stoffströme umfasst und wobei sich das Herstellungsverfahren dadurch auszeichnet, dass das Rohr in wenigstens einer aus einem dem Rohr entsprechenden Werkstoff bestehenden Matrize angeordnet und stoffschlüssig und/oder kraftschlüssig mit dieser Matrize verbunden wird.

[111] Die Verwendung eines Wärmeübertrages in einem vorstehend erläuterten Axialkolbenmotor kann durch das Auftreten besonders hoher Temperaturdifferenzen zwischen dem Eingang und zwischen dem Ausgang des Wärmeübertragers einerseits und zwischen dem wärmeaufnehmenden und wärmeabgebenden Teil des Wärmeübertrages andererseits zu Nachteilen aufgrund einer die Lebensdauer begrenzenden Schädigung des Werkstoffes führen. Um hieraus resultierenden Wärmespannungen und durch eine Schädigung auftretenden Verluste an Brennmittel oder Abgas zu begegnen, kann bei geeigneter Ausgestaltung ein Wärmeübertrager nach vorstehend beschriebenem Vorschlag vorteilhaft an seinen einer kritischen Spannung unterworfenen Stellen fast ausschließlich aus lediglich einem Werkstoff hergestellt werden. Selbst wenn letzteres nicht der Fall ist, werden durch die vorstehend beschriebene Lösung Materialspannungen vorteilhaft reduziert.

[112] Es versteht sich, dass ein verwendetes Lot oder andere zur Befestigung oder Montage des Wärmeübertragers verwendete Mittel aus einem anderen Werkstoff bestehen können, insbesondere dann, wenn es sich nicht um Bereiche mit einer hohen thermischen Beanspruchung oder mit einer hohen Anforderung an Dichtigkeit handelt.

[113] Denkbar ist auch die Verwendung zweier oder mehrerer Werkstoffe mit demselben thermischen Ausdehnungskoeffizienten, wodurch in ähnlicher Weise dem Auftreten von thermischen Spannungen im Werkstoff begegnet werden kann.

5 [114] Zur Erstellung einer stoffschlüssigen und/oder kraftschlüssigen Verbindung zwischen dem Rohr und der Matrize wird weiterhin vorgeschlagen, dass der Stoffschluss zwischen dem Rohr und der Matrize durch Schweißen oder Löten erfolgt. Durch ein derartiges Verfahren wird in einfacher Art und Weise und besonders vorteilhaft die Dichtigkeit eines Wärmeübertrages sichergestellt. Es ist hierbei auch möglich als Schweiß- oder Lötwerkstoff wiederum einen dem Rohr oder der Matrize entsprechenden Werkstoff zu verwenden.

10 [115] Der Kraftschluss zwischen dem Rohr und der Matrize kann alternativ bzw. kumulativ hierzu durch Schrumpfen erfolgen. Dieses hat wiederum den Vorteil, dass Wärmespannungen zwischen dem Rohr und der Matrize verhindert werden können, indem die Verwendung eines vom Werkstoff des Rohres bzw. der Matrize unterschiedlichen Werkstoffes, beispielsweise bei einer stoffschlüssigen Verbindung, vermieden wird. Auch kann die entsprechende Verbindung
15 dann schnell und betriebssicher bereitgestellt werden.

[116] Weitere Vorteile, Ziele und Eigenschaften vorliegender Erfindung werden anhand nachfolgender Beschreibung anliegender Zeichnung erläutert, in welcher beispielhaft verschiedene Baugruppen von Axialkolbenmotoren dargestellt sind.

[117] Es zeigen:

- 20 Figur 1 eine schematische Schnittdarstellung einer Anordnung aus einem Einlassventil und einem Auslassventil an einem Zylinderkopf eines Verdichterzylinders eines Axialkolbenmotors;
- Figur 2 eine schematische teilweise geschnittene Aufsicht – in Richtung des Verdichterzylinders gesehen – auf die Anordnung nach Figur 1;
- 25 Figur 3 eine schematische Schnittdarstellung eines Axialkolbenmotors mit zwei Wärmeübertragern, an welchem die Baugruppen aus den Figuren 1 und 2 vorteilhaft eingesetzt werden können;
- Figur 4 eine schematische Aufsicht auf den Axialkolbenmotor nach Figur 3;

- Figur 5 eine schematische Aufsicht auf einen anderen Axialkolbenmotor in ähnlicher Darstellung wie nach Figur 4, der ebenfalls vorteilhaft mit den in den Figuren 1 und 2 gezeigten Baugruppen ausgestattet werden kann;
- Figur 6 eine schematische Schnittdarstellung eines Axialkolbenmotors mit einem Brennmittelspeicher, an welchem die Baugruppen aus den Figuren 1 und 2 ebenso vorteilhaft eingesetzt werden können;
- Figur 7 eine schematische Ansicht eines weiteren Axialkolbenmotors, an welchem die Baugruppen aus den Figuren 1 und 2 auch vorteilhaft eingesetzt werden können;
- Figur 8 eine schematische Schnittdarstellung eines weiteren Axialkolbenmotors mit einer als Druckraum ausgebildeten Steuerkammer, einem Ausschnitt des Ölkreislaufes und eine alternative Ausgestaltung der Steuerkolben;
- Figur 9 eine schematische Schnittdarstellung eines weiteren Axialkolbenmotors mit einer als Druckraum ausgebildeten Steuerkammer, einem Ausschnitt des Ölkreislaufes und eine alternative Ausgestaltung der Steuerkolben;
- Figur 10 eine schematische Darstellung eines Flansches für einen Wärmeübertrager mit einer hierin angeordneten Matrize zur Aufnahme für Rohre eines Wärmeübertragers;
- Figur 11 eine schematische Schnittdarstellung eines Gaswechselventils mit einer Ventildfeder und einer Prallfeder; und
- Figur 12 eine weitere schematische Schnittdarstellung eines Gaswechselventils mit einer Ventildfeder und einer Prallfeder.

[118] Bei der in der Figur 1 dargestellten verdichterseitigen Detailansicht eines Axialkolbenmotors 1101 ist im Wesentlichen ein Zylinderkopf 1151 eines Verdichterzylinders 1160 des Axialkolbenmotors 1101 abgebildet.

[119] In dem Zylinderkopf 1151 sind ein Verdichterzylindereinlassventil 1152 und mehrere Verdichterzylinderauslassventile 1153 (lediglich beispielhaft beziffert) eingelassen. Das Verdichterzylindereinlassventil 1152 ist erfindungsgemäß mit einem ringförmigen Einlassventildeckel 1154 ausgerüstet, der mit einer Dreipunkthalterung 1158 (siehe Figur 2) an dem Zylinderkopf 1151 gelagert ist.

[120] Der ringförmige Einlassventildeckel 1154 wird von insgesamt drei Spiralfedern 1159 (hier nur exemplarisch beziffert) gegen einen Einlassventilsitz 1161 gezogen, wodurch hierzu korrespondierende ringartig angeordnete Öffnungen 1162 (hier nur exemplarisch beziffert) des Verdichterzylindereinlassventils 1152 dicht verschlossen werden können.

- 5 [121] Wie aus der Detaildarstellung nach der Figur 1 weiter gut zu erkennen ist, sind die Spiralfedern 1159 einerseits an dem ringförmigen Einlassventildeckel 1154 und andererseits an Haltearmen 1163 der Dreipunkthalterung 1158 befestigt und somit auf Zug vorgespannt.

[122] In einem Bereich 1164 innerhalb des durch den Einlassventildeckel 1154 gebildeten Rings ist in diesem Ausführungsbeispiel ein Wassereinlass 1165 angeordnet, mittels welchem
10 Wasser oder Wasserdampf in den Verdichterzylinder 1160 aufgegeben werden kann. Dies geschieht beispielsweise während eines Saughubs, bei welchem sich ein Verdichterkolben (hier nicht dargestellt) von dem Zylinderkopf 1151 fortbewegt und Verbrennungsluft über die Öffnungen 1162 des geöffneten Verdichterzylindereinlassventils 1152 in den Verdichterzylinder 1160 einströmt.

- 15 [123] Dadurch, dass die Öffnungen 1162 konzentrisch um den Wassereinlass 1165 herum angeordnet sind, kann das Wasser oder der Wasserdampf während des Saughubs besonders schnell, gleichmäßig und innig mit der durch die Öffnungen 1162 strömende Verbrennungsluft durchmischt werden, wodurch ein besonders homogenes Brennmittel aus einem Verbrennungsluft-Wasser-Gemisch in dem Verdichterzylinder 1160 vorliegt, welches beim Verdichten, so-
20 weit wie möglich, isotherm und nicht adiabatisch verdichtet werden kann. Hierdurch erhöht sich vorteilhafter Weise der Wirkungsgrad des Axialkolbenmotors 1101 ebenfalls. Die Verbrennungsluft gelangt hierbei über eine entsprechende Zuleitung 1157 an den Spiralfedern 1159 vorbei zu den Öffnungen 1162.

[124] In unmittelbarer Nähe zu dem Verdichterzylindereinlassventil 1152 befinden sich Verdichterzylinderauslassventile 1153 (hier nur exemplarisch beziffert), über welche die innerhalb
25 des Verdichterzylinders 1160 verdichteten Brennmittel aus dem Verdichterzylinder 1160 heraus abtransportiert werden können.

[125] Dadurch, dass die Verdichterzylinderauslassventile relativ klein, insbesondere kleiner als das Verdichtungszyklindereinlassventil 1152, ausgestaltet sind, zeichnen sich die Verdichter-

zylinderauslassventile 1153 durch extrem kurze Reaktionszeiten aus, wodurch ein besonders schneller Abtransport von Brennmittel aus dem Verdichterzylinder 1160 gewährleistet ist.

[126] Jedes der Verdichterzylinderauslassventile 1153 weist bei diesem Ausführungsbeispiel einen Auslassventildeckel 1166 auf, der als Halbkugel 1167 ausgestaltet ist und der gegen einen
5. entsprechend ausgebildeten Auslassventilsitz 1168 gepresst wird. Hierzu umfasst jedes der Verdichterzylinderauslassventile 1153 eine Druckfeder 1169, die den Auslassventildeckel 1166 mit seiner Halbkugel 1167 gegen den Auslassventilsitz 1168 drückt.

[127] Auf Grund der Tatsache, dass der Auslassventildeckel 1166 als Halbkugel 1167 ausgestaltet ist, dichtet der Auslassventildeckel 1166 stets zuverlässig das Verdichterzylinderauslass-
10 ventil 1153 an dem korrespondierenden Auslassventilsitz 1168 ab. Hierdurch können selbst Führungsungenauigkeiten des Auslassventildeckels 1166 und/oder Fertigungstoleranzen des Auslassventildeckels 1166 bzw. des Auslassventilsitzes 1168 hervorragend ausgeglichen werden, sodass das Verdichterzylinderauslassventil 1153 stets gut abdichten kann. Selbst Verschleißerscheinungen können mit der Halbkugel 1167 des Auslassventildeckels 1166 gut kom-
15 pensiert werden, sodass das Verdichterzylinderauslassventil 1153 zudem sehr wartungsarm ist.

[128] Um eine besonders hohe Laufruhe und -geschwindigkeit des Auslassventildeckels 1166 gewährleisten zu können, umfasst das Verdichterzylinderauslassventil 1153 noch Mittel zur Ausrichtung des Auslassventildeckels 1166, die mit der Druckfeder 1169 wechselwirken, sodass eine besonders zuverlässige Führung des Auslassventildeckels 1166 gewährleistet ist. Dies ist
20 selbst dann der Fall, wenn der Auslassventildeckel 1166 eine asymmetrische Gestalt bezüglich der Arbeitsrichtung 1179 aufweisen sollte.

[129] Die Mittel zur Ausrichtung des Auslassventildeckels 1166 sind in diesem Ausführungsbeispiel als eine Führungsbuchse 1189 realisiert, in welche die Druckfeder 1169 eingesteckt ist. Auch dient die flache Auflagefläche der Halbkugel 1167 einer entsprechenden Ausrichtung, da
25 die Druckfeder 1169 unmittelbar entsprechend ausrichtend auf diese Auflagefläche wirkt.

[130] Ist der Auslassventildeckel 1166 zudem zumindest teilweise hohl ausgestaltet, kann der Auslassventildeckel 1166 gewichtsmäßig besonders leicht ausgeführt werden, wodurch sich die zu bewegenden Massen am Verdichterzylinderauslassventil 1153 nochmals reduzieren lassen.

Hierdurch bedingt können die Reaktionszeiten des Verdichterzylinderauslassventils 1153 nochmals vorteilhaft gesenkt werden.

[131] Nachfolgend werden beispielhaft einige Axialkolbenmotoren beschrieben, an welchen die vorstehend beschriebenen Verdichterzylindereinlassventile und Verdichterzylinderauslass-
5 ventile vorteilhaft verbaut werden können.

[132] Der beispielhaft in den Figuren 3 und 4 dargestellte Axialkolbenmotor 201 weist eine kontinuierlich arbeitende Brennkammer 210 auf, aus welcher sukzessive Arbeitsmedium über Schusskanäle 215 (exemplarisch beziffert) Arbeitszylindern 220 (exemplarisch beziffert) zugeführt wird. In den Arbeitszylindern 220 sind jeweils Arbeitskolben 230 (exemplarisch beziffert)
10 angeordnet, welche über eine geradlinige Pleuelstange 235 einerseits mit einem Abtrieb, welcher bei diesem Ausführungsbeispiel als ein eine Kurvenbahn 240 tragender, auf einer Abtriebswelle 241 angeordneten Abstandhalter 242 realisiert ist, und andererseits mit einem Verdichterkolben 250 verbunden sind, welcher jeweils in weiter unten näher erläuteter Art und Weise in dem Verdichterzylinder 260 läuft.

[133] Nachdem das Arbeitsmedium in dem Arbeitszylinder 220 seine Arbeit geleistet und den Arbeitskolben 230 entsprechend belastet hat, wird das Arbeitsmedium aus dem Arbeitszylinder 220 über Abgaskanäle 225 ausgestoßen. An den Abgaskanälen 225 sind nicht dargestellte Temperatursensoren vorgesehen, welche die Temperatur des Abgases messen.
15

[134] Die Abgaskanäle 225 münden jeweils in Wärmeübertrager 270 und verlassen anschließend den Axialkolbenmotor 201 an entsprechenden Auslässen 227 in an sich bekannter Weise.
20 Die Auslässe 227 können insbesondere ihrerseits wieder mit einem nicht dargestellten Ringkanal verbunden werden, so dass das Abgas letztlich den Motor 201 lediglich an einer oder zwei Stellen verlässt. Je nach konkreter Ausgestaltung insbesondere der Wärmeübertrager 270 kann gegebenenfalls auch auf einen Schalldämpfer verzichtet werden, da die Wärmeübertrager 270
25 selbst bereits eine schalldämpfende Wirkung haben.

[135] Die Wärmeübertrager 270 dienen dazu Brennmittel, welches in den Verdichterzylindern 260 durch die Verdichterkolben 250 verdichtet und durch eine Druckleitung 255 zu der Brennkammer 210 geleitet wird, vorzuwärmen. Die Verdichtung erfolgt dabei in an sich bekannter Weise, indem Zuluft über Zuleitungen 257 (exemplarisch beziffert) von den Verdichterkolben

250 angesaugt und in den Verdichterzylindern 260 verdichtet wird. Hierzu finden an sich bekannte und ohne Weiteres entsprechend einsetzbare Ventilsysteme Anwendung. Ebenso können die vorstehend beschriebenen Ventilsystem zur Anwendung kommen.

[136] Wie unmittelbar aus der Figur 4 ersichtlich, weist der Axialkolbenmotor 201 zwei
5 Wärmeübertrager 270 auf, die jeweils axial im Bezug auf den Axialkolbenmotor 201 angeordnet sind. Durch diese Anordnung lassen sich die Wege, welche das Abgas durch die Abgaskanäle 225 bis zu den Wärmeübertragern 270 jeweils durchlaufen muss, gegenüber Axialkolbenmotoren aus dem Stand der Technik erheblich reduzieren. Dieses hat zur Folge, dass letztlich das Abgas mit einer wesentlich höheren Temperatur den jeweiligen Wärmeübertrager 270 erreicht,
10 so dass letztlich auch das Brennmittel auf entsprechend höhere Temperaturen vorgewärmt werden kann. In der Praxis hat sich herausgestellt, dass durch eine derartige Ausgestaltung mindestens 20 % Kraftstoff eingespart werden können. Hierbei wird davon ausgegangen, dass durch eine optimierte Auslegung sogar Einsparungen bis zu 30 % oder darüber möglich sind.

[137] Darüber hinaus sind die Wärmeübertrager mit einer hier nicht dargestellten Wärmeisolation aus Asbestersatz isoliert. Hierdurch ist gewährleistet, dass bei diesem Ausführungsbeispiel die Außentemperatur des Axialkolbenmotors im Bereich der Wärmeübertrager 270 bei
15 nahezu allen Betriebszuständen 450 °C nicht übersteigt. Ausnahmen bilden nur Überlastsituationen, die ohnehin nur kurzzeitig auftreten. Hierbei ist die Wärmeisolation darauf ausgelegt, an der heißesten Stelle des Wärmeübertragers einen Temperaturgradienten von 350 °C zu gewährleisten.
20

[138] In diesem Zusammenhang versteht es sich, dass der Wirkungsgrad des Axialkolbenmotors 201 durch weitere Maßnahmen erhöht werden kann. So kann das Brennmittel beispielsweise in an sich bekannter Weise zur Kühlung bzw. thermischen Isolierung der Brennkammer 210
25 genutzt werden, wodurch es noch weiter in seiner Temperatur erhöht werden kann, bevor es in die Brennkammer 210 gelangt. Hierbei sei betont, dass die entsprechende Temperierung einerseits lediglich auf Komponenten des Brennmittels beschränkt sein kann, auch kann kumulativ bzw. alternativ eine Temperierung mit Wasser erfolgen, welches ggf. an geeigneter Stelle der Brennkammer 210 auch aufgegeben werden kann. Auch ist es denkbar, der Verbrennungsluft bereits vor oder während der Verdichtung Wasser aufzugeben, dieses ist jedoch ohne Weiteres
30 auch im Nachhinein, beispielsweise in der Druckleitung 255 möglich.

[139] Besonders bevorzugt erfolgt die Aufgabe von Wasser in den Verdichterzylinder 260 während eines Saughubes des entsprechenden Verdichterkolbens 250, was eine isotherme Verdichtung bzw. eine einer isothermen Verdichtung möglichst angenäherte Verdichtung bedingt. Wie unmittelbar ersichtlich, umfasst ein Arbeitszyklus des Verdichterkolbens 250 jeweils einen Saughub und einen Verdichtungshub, wobei während des Saughubs Brennmittel in den Verdichterzylinder 260 gelangt, welcher dann während des Verdichtungshubes komprimiert, also verdichtet, und in die Druckleitung 255 gefördert wird. Durch die Aufgabe von Wasser während des Saughubes kann eine gleichförmige Verteilung des Wassers auf betrieblich einfache Weise gewährleistet werden.

10 [140] Ebenso ist es denkbar, bereits den Kraftstoff entsprechend zu temperieren, wobei dieses nicht zwingend notwendig ist, da die Kraftstoffmenge im Bezug auf die Verbrennungsluft in der Regel verhältnismäßig gering ist und somit sehr schnell auf hohe Temperaturen gebracht werden kann.

[141] Ebenso kann die Aufgabe von Wasser in dieser Ausgestaltung in die Druckleitung 255 erfolgen, wobei innerhalb des Wärmetauschers durch eine geschickte Umlenkung der Strömung sich das Wasser gleichmäßig mit dem Brennmittel vermischt. Auch kann der Abgaskanal 225 für die Aufgabe von Wasser oder einem anderen Fluid, wie Kraftstoff oder Mittel zur Abgasnachbehandlung, gewählt werden, um eine homogene Durchmischung innerhalb des Wärmeübertragers 270 zu gewährleisten. Die Ausgestaltung des gezeigten Wärmeübertragers 270 erlaubt weiterhin die Nachbehandlung des Abgases im Wärmeübertrager selbst, wobei durch die Nachbehandlung freigesetzte Wärme unmittelbar dem in der Druckleitung 255 befindlichen Brennmittel zugeführt wird. Im Auslass 227 ist ein nicht dargestellter Wasserabscheider angeordnet, welcher das im Abgas befindliche kondensierte Wasser dem Axialkolbenmotor 201 für eine erneute Aufgabe zurückführt. Der Wasserabscheider kann in Verbindung mit einem Kondensator ausgeführt werden. Weiterhin ist die Verwendung bei ähnlich ausgeführten Axialkolbenmotoren möglich, wobei die übrigen vorteilhaften Merkmale an dem Axialkolbenmotor 201 oder an ähnlichen Axialkolbenmotoren auch ohne Verwendung eines Wasserabscheiders im Auslass 227 vorteilhaft sind.

[142] Der in Figur 5 dargestellte Axialkolbenmotor 301 entspricht in seinem Aufbau und in seiner Funktionsweise im Wesentlichen dem Axialkolbenmotor 201 nach Figuren 3 und 4. Aus

diesem Grunde wird auf eine Detailbeschreibung verzichtet, wobei in Figur 5 ähnlich wirkende Baugruppen auch mit ähnlichem Bezugszeichen versehen sind und lediglich in der ersten Ziffer voneinander abweichen. Auch der Axialkolbenmotor 301 weist eine zentrale Brennkammer 310 auf, aus welcher über Schusskanäle 315 (exemplarisch beziffert) Arbeitsmedium im Arbeitszylinder 320 entsprechend der Arbeitsfolge des Axialkolbenmotors 301 geleitet werden kann. Das Arbeitsmedium wird, nachdem es seine Arbeit geleistet hat, über Abgaskanäle 325 jeweils Wärmeübertragern 370 zugeführt.

[143] Hierbei weist der Axialkolbenmotor 301 in Abweichung von dem Axialkolbenmotor 201 je einen Wärmeübertrager 370 für genau zwei Arbeitszylinder 320 auf, wodurch sich die Länge der Kanäle 325 auf ein Minimum reduzieren lässt. Wie unmittelbar ersichtlich, sind bei diesem Ausführungsbeispiel die Wärmeübertrager 370 teilweise in den Gehäusekörper 305 des Axialkolbenmotors 301 eingelassen, was zu einer noch kompakteren Bauweise als die Bauweise des Axialkolbenmotors 201 nach Figuren 3 und 4 führt. Hierbei ist das Maß, wie weit die Wärmeübertrager 370 in den Gehäusekörper 305 eingelassen werden können, durch die Möglichkeit der Anordnung weiterer Baugruppen, wie beispielsweise einer Wasserkühlung für die Arbeitszylinder 220, begrenzt.

[144] Auch der in Figur 6 dargestellte Axialkolbenmotor 401 entspricht im Wesentlichen den Axialkolbenmotoren 201 und 301 nach den Figuren 3 bis 5. Dementsprechend sind auch identisch bzw. ähnlich wirkende Baugruppen ähnlich beziffert und unterscheiden sich lediglich durch die erste Ziffer. Im Übrigen wird dementsprechend auch bei diesem Ausführungsbeispiel auf eine Detaillierung der Wirkungsweise verzichtet, da dieses bereits im Bezug auf den Axialkolbenmotor 201 nach Figuren 3 und 4 geschehen ist.

[145] Der Axialkolbenmotor 401 umfasst ebenfalls einen Gehäusekörper 405, an welchem eine kontinuierlich arbeitende Brennkammer 410, sechs Arbeitszylinder 420 sowie sechs Verdichterzylinder 460 vorgesehen sind. Hierbei ist die Brennkammer 410 jeweils über Schusskanäle 415 mit den Arbeitszylindern 420 verbunden, so dass letzteren entsprechend der Taktfolge des Axialkolbenmotors 401 Arbeitsmedium den Arbeitszylindern 420 zugeführt werden kann.

[146] Nach getaner Arbeit verlässt das Arbeitsmedium die Arbeitszylinder 420 jeweils durch Abgaskanäle 425, welche zu Wärmeübertragern 470 führen, wobei diese Wärmeübertrager 470

bei diesem Ausführungsbeispiel identisch den Wärmeübertragern 270 des Axialkolbenmotors 201 nach den Figuren 3 und 4 angeordnet sind. Es versteht sich, dass in alternativen Ausführungsformen auch andere Anordnungen der Wärmeübertrager 470 vorgesehen sein können. Das Arbeitsmedium verlässt die Wärmeübertrager 470 durch Auslässe 427 (exemplarisch beziffert).

5 [147] In den Arbeitszylindern 420 bzw. den Verdichterzylindern 460 sind jeweils Arbeitskolben 430 bzw. Verdichterkolben 450 angeordnet, welche über eine starre Pleuelstange 435 mit einander verbunden sind. Die Pleuelstange 435 umfasst in an sich bekannter Weise eine Kurvenbahn 440, welche auf einem Abstandhalter 424 vorgesehen ist, welcher letztlich eine Abtriebswelle 441 antreibt.

10 [148] Auch bei diesem Ausführungsbeispiel wird Verbrennungsluft über Zuleitungen 457 angesaugt und in den Verdichterzylindern 460 verdichtet, um über Druckleitungen 455 der Brennkammer 410 aufgegeben zu werden, wobei die bei den vorgenannten Ausführungsbeispielen genannten Maßnahmen je nach konkreter Umsetzung ebenfalls vorgesehen sein können.

[149] Ergänzend sind bei dem Axialkolbenmotor 401 die Druckleitungen 455 über einen Ringkanal 456 miteinander verbunden, wodurch sich in an sich bekannter Weise ein gleichförmiger Druck in sämtlichen Druckleitungen 455 gewährleisten lässt. Zwischen dem Ringkanal 456 und den Druckleitungen 455 sind jeweils Ventile 485 vorgesehen, wodurch sich der Zufluss an Brennmittel durch die Druckleitungen 455 regeln bzw. einstellen lässt. Darüber hinaus ist an dem Ringkanal 456 ein Brennmittelspeicher 480 über eine Speicherleitung 481 angeschlossen,
15
20 in welcher ebenfalls ein Ventil 482 angeordnet ist.

[150] Die Ventile 482 und 485 können je nach Betriebszustand des Axialkolbenmotors 401 geöffnet oder geschlossen werden. So ist es beispielsweise denkbar, eines der Ventile 485 zu schließen, wenn der Axialkolbenmotor 401 weniger Brennmittel benötigt. Ebenso ist es denkbar, sämtliche Ventile 485 in derartigen Betriebssituationen teilweise zu schließen und diese als Drossel wirken zu lassen. Der Überschuss an Brennmittel kann dann dem Brennmittelspeicher 480 bei geöffnetem Ventil 482 zugeführt werden. Letzteres ist insbesondere auch dann möglich,
25 wenn der Axialkolbenmotor 401 im Schubtrieb läuft, d. h. überhaupt kein Brennmittel benötigt sondern über die Abtriebswelle 441 angetrieben wird. Der durch die in einer derartigen Betriebssituation auftretende Bewegung der Verdichterkolben 450 bedingte Überschuss an

Brennmittel kann dann ebenfalls ohne Weiteres in den Brennmittelspeicher 480 gespeichert werden.

[151] Das auf diese Weise gespeicherte Brennmittel kann dem Axialkolbenmotor 401 bei Bedarf, insbesondere also bei Anfahr- oder Beschleunigungssituationen sowie zum Starten, 5 ergänzend zugeführt werden, so dass ohne zusätzliche oder schnellere Bewegungen der Verdichterkolben 450 ein Überschuss an Brennmittel bereitgestellt wird.

[152] Ggf. kann, um letzteres zu gewährleisten, auch auf die Ventile 482 und 485 verzichtet werden. Durch unvermeidliche Leckagen scheint ein Verzicht auf derartige Ventile für eine dauerhafte Speicherung verdichteten Brennmittels wenig geeignet.

10 [153] In einer dem Axialkolbenmotor 401 alternativen Ausführungsform kann auf den Ringkanal 456 verzichtet werden, wobei dann – ggf. über ein Ringkanalteilstück – die Auslässe der Verdichterzylinder 460 entsprechend der Zahl der Druckleitungen 455 zusammengefasst werden. Bei einer derartigen Ausgestaltung kann es ggf. sinnvoll sein, lediglich eine der Drucklei- 15 tungen 455 bzw. nicht sämtliche Druckleitungen 455 mit dem Brennmittelspeicher 480 zu verbinden bzw. verbindbar vorzusehen. Eine derartige Ausgestaltung bedingt zwar, dass im Schubbetrieb nicht sämtliche Verdichterkolben 450 den Brennmittelspeicher 480 befüllen können. Andererseits steht dann für die Brennkammer 410 ohne weitere regelungs- bzw. steuerungs- 20 technische Maßnahmen ausreichend Brennmittel zur Verfügung, dass eine Verbrennung aufrecht erhalten werden kann. Parallel hierzu wird der Brennmittelspeicher 480 über die übrigen Verdichterkolben 450 befüllt, so dass entsprechend Brennmittel bevorratet und insbesondere für Start- bzw. Anfahr- oder Beschleunigungsphasen unmittelbar zur Verfügung steht.

[154] Es versteht sich, dass der Axialkolbenmotor 401 in einer anderen hier nicht explizit gezeigten Ausführungsvarianten mit zwei oder mehr Brennmittelspeichern 480 ausgerüstet werden kann, wobei die zwei Brennmittelspeicher 480 dann auch mit unterschiedlichen Drücken 25 beladen werden können, sodass mit den zwei Brennmittelspeichern 480 in Echtzeit immer mit unterschiedlichen Druckintervallen gearbeitet werden kann. Vorzugsweise ist hierbei eine Druckregelung vorgesehen, die für den ersten Brennmittelspeicher 480 eine erste Druckuntergrenze und eine erste Druckobergrenze und für den zweiten Brennmittelspeicher (hier nicht gezeigt) eine zweite Druckuntergrenze und eine zweite Druckobergrenze festlegt, innerhalb

derer ein Brennmittelspeicher 480 mit Drücken beladen wird, wobei die erste Druckobergrenze unter der zweiten Druckobergrenze und die erste Druckuntergrenze unter der zweiten Druckuntergrenze liegt. Speziell kann die erste Druckobergrenze kleiner oder gleich der zweiten Druckuntergrenze eingestellt werden.

5 [155] An den Axialkolbenmotoren 201, 301 und 401 gemäß den Figuren 3 bis 6 sind Temperatursensoren zur Temperaturmessung des Abgases bzw. in der Brennkammer nicht dargestellt. Als derartige Temperatursensoren kommen alle Temperatursensoren in Frage, die betriebssicher
10 Temperaturen zwischen 800 °C und 1.100 °C messen können. Insbesondere wenn die Brennkammer eine Vorbrennkammer und eine Hauptbrennkammer umfasst, kann über derartige Temperatursensoren auch die Temperatur der Vorbrennkammer gemessen werden. Insoweit können die vorstehend beschriebenen Axialkolbenmotoren 201, 301 und 401 jeweils über die Temperatursensoren derart geregelt werden, dass die Abgastemperatur bei Verlassen der Arbeitszylinder 220, 320, 420 ungefähr 900 °C und – falls vorhanden – die Temperatur in der Vorbrennkammer ungefähr 1.000 °C beträgt.

15 [156] Bei dem gemäß der Darstellung nach der Figur 7 beispielhaft gezeigten weiteren Axialkolbenmotor 501 sind derartige Temperatursensoren beispielsweise in Gestalt eines Vorkammertemperatursensors 592 und zweier Abgastemperatursensoren 593 vorhanden und entsprechend schematisch dargestellt. Insbesondere mittels des Vorkammertemperatursensors 592 –
20 welcher in diesem Ausführungsbeispiel auf Grund seiner Nähe zu einem Vorbrenner 517 des weiteren Axialkolbenmotors 501 auch als Vorbrennertemperatursensor 592 bezeichnet werden kann – wird ein aussagekräftiger Wert über die Qualität der Verbrennung bzw. hinsichtlich der Laufstabilität des weiteren Axialkolbenmotors 501 ermittelt. Beispielsweise kann eine Flammtemperatur im Vorbrenner 517 gemessen werden, um mittels einer Brennkammerregelung unterschiedliche Betriebszustände an dem weiteren Axialkolbenmotor 501 regeln zu können. Mit
25 tels der Abgastemperatursensoren 593, welche an Auslässen bzw. Abgaskanälen 525 des jeweiligen Arbeitszylinders 520 sitzen, kann kumulativ speziell der Betriebszustand der Brennkammer 510 geprüft und gegebenenfalls geregelt werden, sodass stets eine optimale Verbrennung der Brennmittel gewährleistet ist.

[157] Ansonsten entsprechen der Aufbau und die Funktionsweise des weiteren Axialkolbenmotors 501 im Wesentlichen denen der zuvor beschriebenen Axialkolbenmotoren. Insofern
30

weist der weitere Axialkolbenmotor 501 einen Gehäusekörper 505 auf, an welchem eine kontinuierlich arbeitende Brennkammer 510, sechs Arbeitszylinder 520 sowie sechs Verdichterzylinder 560 vorgesehen sind.

[158] Innerhalb der Brennkammer 510 können Brennmittel sowohl gezündet als auch verbrannt werden, wobei die Brennkammer 510 mit Brennmitteln in der vorstehend beschriebenen Weise beschickt werden kann. Vorteilhafterweise arbeitet der weitere Axialkolbenmotor 501 mit einer Zweistufenverbrennung, wozu die Brennkammer 510 den vorstehend schon erwähnten Vorbrenner 517 und einen Hauptbrenner 518 aufweist. In den Vorbrenner 517 und in den Hauptbrenner 518 können Brennmittel eingespritzt werden, wobei insbesondere in den Vorbrenner 517 auch ein Anteil einer Verbrennungsluft des Axialkolbenmotors 501 eingeleitet werden kann, der speziell in diesem Ausführungsbeispiel kleiner als 15% der gesamten Verbrennungsluft betragen kann.

[159] Der Vorbrenner 517 weist einen kleineren Durchmesser als der Hauptbrenner 518 auf, wobei die Brennkammer 510 einen Übergangsbereich aufweist, der eine konische Kammer 513 und eine zylindrische Kammer 514 umfasst.

[160] Zum Zuleiten von Brennmitteln bzw. von Verbrennungsluft münden in die Brennkammer 510, insbesondere in die diesbezügliche konische Kammer 513, einerseits eine Hauptdüse 511 und andererseits eine Aufbereitungsdüse 512. Mittels der Hauptdüse 511 und der Aufbereitungsdüse 512 können Brennmittel bzw. Brennstoff in die Brennkammer 510 eingedüst werden.

[161] Die Hauptdüse 511 ist im Wesentlichen parallel zu einer Hauptbrennrichtung 502 der Brennkammer 510 ausgerichtet. Darüber hinaus ist die Hauptdüse 511 coaxial zu einer Symmetrieachse 503 der Brennkammer 510 ausgerichtet, wobei die Symmetrieachse 503 parallel zur Hauptbrennrichtung 502 liegt.

[162] Die Aufbereitungsdüse 512 ist des Weiteren gegenüber der Hauptdüse 511 in einem Winkel (der Übersichtlichkeit halber hier nicht explizit eingezeichnet) angeordnet, sodass sich eine Strahlrichtung 516 der Hauptdüse 511 und eine Strahlenrichtung 519 der Aufbereitungsdüse 512 in einem gemeinsamen Schnittpunkt innerhalb der konischen Kammer 513 schneiden.

[163] In den Hauptbrenner 518 wird bei diesem Ausführungsbeispiel ohne weitere Luftzufuhr Brennstoff bzw. Kraftstoff aus der Hauptdüse 511 eingespritzt, wobei der Brennstoff durch den Vorbrenner 517 bereits vorerhitzt und idealerweise thermisch zerlegt werden kann. Hierzu wird die der die Hauptdüse 511 durchströmenden Brennstoffmenge entsprechende Verbrennungsluftmenge in einen Brennraum 526 hinter dem Vorbrenner 517 bzw. dem Hauptbrenner 518 eingeleitet, wozu eine separate Verbrennungsluftzufuhr 504 vorgesehen ist, die in den Brennraum 526 mündet.

[164] Die separate Verbrennungsluftzufuhr 504 ist hierzu an eine Prozessluftzufuhr 521 angeschlossen, wobei von der separaten Verbrennungsluftzufuhr 504 eine weitere Verbrennungsluftzufuhr 522 mit Verbrennungsluft versorgt werden kann, welche hierbei einen Löcherkranz 523 des Vorbrenners 517 mit Verbrennungsluft versorgt. Der Löcherkranz 523 ist hierbei der Aufbereitungsdüse 512 zugeordnet. Insofern kann der mit der Aufbereitungsdüse 512 eingespritzte Brennstoff zusätzlich mit Prozessluft vermischt in die konische Kammer 513 des Hauptbrenners 518 eingespritzt werden.

[165] Des Weiteren umfasst die Brennkammer 510, insbesondere der Brennraum 526, eine keramische Baugruppe 506, welche vorteilhafter Weise luftgekühlt ist. Auch eine Wasserkühlung oder eine aus Verbrennungsluft und Wasser kombinierte Kühlung kann vorgesehen sein. Die keramische Baugruppe 506 umfasst hierbei eine keramische Brennkammerwand 507, welche wiederum von einem profilierten Rohr 508 umgeben ist. Um dieses profilierte Rohr 508 erstreckt sich eine Kühlluftkammer 509, die über eine Kühlluftkammerzufuhr 524 mit der Prozessluftzufuhr 521 verbunden ist.

[166] Die an sich bekannten Arbeitszylinder 520 führen entsprechende Arbeitskolben 530, die jeweils mittels Pleuelstangen 535 mit Verdichterkolben 550 mechanisch verbunden sind.

[167] Die Pleuelstangen 535 umfassen in diesem Ausführungsbeispiel Pleuellaufräder 536, welche entlang einer Kurvenbahn 540 laufen, während die Arbeitskolben 530 bzw. die Verdichterkolben 550 bewegt werden. Hierdurch wird eine Abtriebswelle 541 in Rotation versetzt, welche mit der Kurvenbahn 540 mittels eines Antriebskurvenbahnträgers 537 verbunden ist. Über die Abtriebswelle 541 kann eine durch den Axialkolbenmotor 501 erzeugte Leistung abgegeben werden.

[168] In an sich bekannter Weise erfolgt mittels der Verdichterkolben 550 eine Verdichtung der Prozessluft, gegebenenfalls auch einschließlich eines eingespritzten Wassers, wie bereits vorstehend beschrieben. Erfolgt die Aufgabe des Wassers oder von Wasserdampf während eines Saughubs des entsprechenden Verdichterkolbens 550, kann speziell eine möglichst isotherme
5 Verdichtung des Brennmittels begünstigt werden. Eine mit dem Saughub einhergehende Wasseraufgabe kann eine besonders gleichförmige Verteilung des Wassers innerhalb der Brennmittel auf betrieblich einfache Weise gewährleisten.

[169] Hierdurch können gegebenenfalls Abgase in einem oder mehreren hier nicht dargestellten Wärmeübertragern wesentlich tiefer abgekühlt werden, wenn die Prozessluft über einen oder
10 mehrerer derartiger Wärmeübertrager vorgewärmt und als Brennmittel zur Brennkammer 510 geführt werden soll, wie dies beispielsweise bereits in den vorstehend erläuternden Ausführungsbeispielen hinsichtlich insbesondere der Figuren 3 bis 6 bereits ausführlich beschrieben ist. Die Abgase können dem oder den Wärmeübertragern über die vorstehend genannten Abgaskanäle 525 zugeführt werden, wobei die Wärmeübertrager axial im Bezug auf den weiteren Axialkolbenmotor 501 angeordnet sind.
15

[170] Entsprechend des Axialkolbenmotors 201 können auch bei dem Axialkolbenmotor 501, wie im Übrigen auch bei den Axialkolbenmotoren 301 und 401, Wärmeübertragerisolationen vorgesehen sein.

[171] Zusätzlich kann die Prozessluft durch einen Kontakt mit weiteren Baugruppen des Axialkolbenmotors 501, welche gekühlt werden müssen, weiter vorgewärmt bzw. erhitzt werden,
20 wie dies ebenfalls bereits erläutert ist. Die auf diese Weise verdichtete und erhitzte Prozessluft wird dann der Brennkammer 510 in bereits erläuterter Weise aufgegeben, wodurch der Wirkungsgrad des weiteren Axialkolbenmotors 501 weiter erhöht werden kann.

[172] Jeder der Arbeitszylinder 520 des Axialkolbenmotors 501 ist über einen Schusskanal
25 515 mit der Brennkammer 510 verbunden, sodass ein gezündetes Brennmittel-Verbrennungsluft-Gemisch aus der Brennkammer 510 heraus über die Schusskanäle 515 in den jeweiligen Arbeitszylinder 520 gelangen und als Arbeitsmedium an den Arbeitskolben 530 Arbeit verrichten kann.

[173] Insofern kann das aus der Brennkammer 510 ausströmende Arbeitsmedium über wenigstens einen Schusskanal 515 sukzessive wenigstens zwei Arbeitszylindern 520 zugeführt werden, wobei je Arbeitszylinder 520 ein Schusskanal 515 vorgesehen ist, der über einen Steuerkolben 531 geschlossen und geöffnet werden kann. Ebenso können auch mehrere Schusskanäle je Arbeitszylinder vorgesehen sein. Somit ist die Anzahl der Steuerkolben 531 des weiteren Axialkolbenmotors 501 von der Anzahl der Arbeitszylinder 520 und der Zahl der Schusskanäle je Arbeitszylinder 520 vorgegeben. Ein Verschließen des Schusskanals 515 geschieht hierbei über den Steuerkolben 531 auch mit seinem Steuerkolbendeckel 532. Angetrieben wird der Steuerkolben 531 mittels einer Steuerkolbenkurvenbahn 533, wobei ein Abstandhalter 534 für die Steuerkolbenkurvenbahn 533 zu der Antriebswelle 541 vorgesehen ist, der insbesondere auch einer thermischen Entkopplung dient. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel des weiteren Axialkolbenmotors 501 kann der Steuerkolben 531 eine im Wesentlichen axial gerichtete Hubbewegung 543 durchführen. Jeder der Steuerkolben 531 ist hierzu mittels nicht weiter bezifferter Gleitsteine, die in der Steuerkolbenkurvenbahn 533 gelagert sind, geführt, wobei die Gleitsteine jeweils einen Sicherungsnocken aufweisen, der in einer nicht weiter bezifferten Führungsnut hin und her läuft und ein Drehen in dem Steuerkolben 531 verhindert.

[174] Da der Steuerkolben 531 im Bereich des Schusskanals 515 mit dem heißen Arbeitsmedium aus der Brennkammer 510 in Kontakt kommt, ist es vorteilhaft, wenn der Steuerkolben 531 wassergekühlt ist. Hierzu weist der weitere Axialkolbenmotor 501 insbesondere im Bereich des Steuerkolbens 531, eine Wasserkühlung 538 auf, wobei die Wasserkühlung 538 innere Kühlkanäle 545, mittlere Kühlkanäle 546 und äußere Kühlkanäle 547 umfasst. Derart gut gekühlt kann der Steuerkolben 531 betriebssicher in einem entsprechenden Steuerkolbenzylinder bewegt werden.

[175] Weiterhin sind die mit Brennmittel in Kontakt stehenden Oberflächen des Steuerkolbens 531 verspiegelt bzw. mit einer spiegelnden Beschichtung versehen, so dass ein über Wärmestrahlung auftretender Wärmeeintrag in die Steuerkolben 531 minimiert wird. Auch die weiteren mit Brennmittel in Kontakt stehenden Oberflächen der Schusskanäle 515 und der Brennkammer 510 sind in diesem Ausführungsbeispiel (ebenfalls nicht dargestellt) mit einer Beschichtung mit erhöhtem spektralen Reflexionsgrad versehen. Dieses gilt insbesondere für den Brennkammerboden (nicht explizit beziffert) aber auch für die keramische Brennkammerwand 507. Es versteht sich, dass diese Ausgestaltung der mit Brennmittel in Kontakt stehenden Oberflächen auch

unabhängig von der übrigen Ausgestaltungsmerkmalen in einem Axialkolbenmotor vorliegen können. Es versteht sich, dass in abgewandelten Ausführungsformen auch weitere Baugruppen verspiegelt sein können oder aber auf die vorgenannten Verspiegelungen zumindest teilweise verzichtet werden kann.

5 [176] Die Schusskanäle 515 und die Steuerkolben 531 können konstruktiv besonders einfach bereitgestellt werden, wenn der weitere Axialkolbenmotor 501 einen Schusskanalring 539 aufweist. Der Schusskanalring 539 weist hierbei eine Mittelachse auf, um welche konzentrisch herum insbesondere die Teile der Arbeitszylinder 520 und der Steuerkolbenzylinder angeordnet sind. Zwischen jedem Arbeitszylinder 520 und Steuerkolbenzylinder ist ein Schusskanal 515
10 vorgesehen, wobei jeder Schusskanal 515 räumlich mit einer Ausnehmung (hier nicht beziffert) eines Brennkammerbodens 548 der Brennkammer 510 verbunden ist. Insofern kann das Arbeitsmedium aus der Brennkammer 510 heraus über die Schusskanäle 515 in die Arbeitszylinder 520 hinein gelangen und dort Arbeit verrichten, mittels welcher auch die Verdichterkolben 550 bewegt werden können. Es versteht sich, dass je nach konkreter Ausgestaltung noch Beschichtungen und Einsätze vorgesehen sein können, um insbesondere den Schusskanalring 539
15 bzw. sein Material vor einem direkten Kontakt mit korrosiven Verbrennungsprodukten oder mit zu hohen Temperaturen zu schützen. Der Brennkammerboden 548 wiederum kann ebenfalls mit einer weiteren keramischen oder metallischen Beschichtung, insbesondere einer Verspiegelung, auf seiner Oberfläche behaftet sein, welche einerseits die aus der Brennkammer 510 auftretende
20 Wärmestrahlung durch Erhöhung des Reflexionsgrades und andererseits die Wärmeleitung durch Verringerung der Wärmeleitfähigkeit vermindert.

[177] Der weitere Axialkolbenmotor 501 kann ebenfalls mit wenigstens einem Brennmittelspeicher und entsprechenden Ventilen ausgerüstet werden, wobei dies in dem konkreten Ausführungsbeispiel nach der Figur 6 jedoch nicht explizit gezeigt ist. Auch bei dem weiteren Axialkolbenmotor 501 kann der Brennmittelspeicher in mehrfacher Ausführung vorgesehen werden, um komprimierte Brennmittel mit unterschiedlichen Drücken speichern zu können.
25

[178] Die Brennmittelspeicher können hierbei an entsprechenden Druckleitungen der Brennkammer 510 angeschlossen sein, wobei die Brennmittelspeicher vorzugsweise über Ventile mit den Druckleitungen fluidisch verbindbar oder trennbar sind. Insbesondere können zwischen den
30 Arbeitszylindern 520 bzw. Verdichterzylindern 560 und dem Brennmittelspeicher Absperrventi-

le oder Drosselventile bzw. Regel- oder Steuerventile vorgesehen sein. Beispielsweise können die vorgenannten Ventile bei Anfahr- oder Beschleunigungssituationen sowie zum Starten entsprechend geöffnet oder geschlossen werden, wodurch der Brennkammer 510, zumindest für einen begrenzten Zeitraum, ein Brennmittelüberschuss zur Verfügung gestellt werden kann. Die Brennmittelspeicher sind fluidisch vorzugsweise zwischen einem der Verdichterzylinder und einem der Wärmeübertrager zwischengeschaltet.

[179] Die beiden Brennmittelspeicher werden idealerweise mit unterschiedlichen Drücken betrieben, um hierdurch die von dem weiteren Axialkolbenmotor 501 in Form von Druck bereitgestellte Energie sehr gut nutzen zu können. Hierzu können die vorgesehenen Druckobergrenze und Druckuntergrenze am ersten Brennmittelspeicher mittels einer entsprechenden Druckregelung unterhalb der Druckobergrenzen und Druckuntergrenzen des zweiten Brennmittelspeichers eingestellt sein. Es versteht sich, dass hierbei an den Brennmittelspeichern mit unterschiedlichen Druckintervallen gearbeitet werden kann.

[180] Die in Figuren 8 und 9 dargestellten weiteren Axialkolbenmotoren entsprechen im Wesentlichen dem Axialkolbenmotor 501, so dass diesbezüglich auf eine erneute Erläuterung der Wirkungs- und Arbeitsweise verzichtet wird. Wesentlicher Unterschied zwischen den Axialkolbenmotoren aus den Figuren 8 und 9 einerseits und dem Axialkolbenmotor 501 andererseits ist die Kühlung des über die zylindrische Kammer 1314 mit Brennmittel beschickten Brennraumes 1326, die bei den dargestellten Axialkolbenmotoren ergänzend über Wasser erfolgt. Es versteht sich, dass eine derartige oder ähnliche Wasserkühlung auch bei dem Axialkolbenmotor 501 bzw. den anderen hier dargestellten Axialkolbenmotoren vorgesehen sein kann. Hierzu weisen beide Axialkolbenmotoren jeweils eine Wasserkammer 1309A auf, welche den Brennraum 1326 umgibt und über eine Zufuhrleitung mit flüssigem Wasser gespeist wird. Hierzu wird über die nicht bezifferte Zufuhrleitung jeweils Wasser mit Brennkammerdruck zugeführt.

[181] Dieses Wasser wird über Stichkanäle jeweils einem Ringkanal 1309D aufgegeben, der mit einem Stahlrohr (nicht beziffert) in Kontakt steht, das seinerseits das profilierte Rohr 1308 des jeweiligen Brennraumes 1326 umgibt und derart dimensioniert ist, dass sowohl zwischen dem profilierten Rohr 1308 und dem Stahlrohr einerseits als auch zwischen dem Stahlrohr und dem die Stichkanäle aufweisenden Gehäuseteil andererseits jeweils ein Ringspalt (nicht beziffert) verbleibt und dass die beiden Ringspalten über das dem Ringkanal 1309D abgewandte

Ende des Stahlrohres miteinander verbunden sind. Es versteht sich hierbei, dass die Rohre auch aus einem anderen Material als aus Stahl gebildet sein können.

[182] Oberhalb der profilierten Rohre 1308 sind bei den dargestellten Axialkolbenmotoren jeweils weitere Ringkanäle 1309E vorgesehen, die einerseits mit dem jeweilig radial innen liegenden Ringspalt verbunden sind und andererseits sich über Kanäle 1309F zu einer Ringdüse (nicht beziffert) öffnen, die in den jeweiligen Brennraum 1326 führt. Die Ringdüse ist hierbei axial zur Brennkammerwand bzw. zur keramischen Brennkammerwand 1307 ausgerichtet, so dass das Wasser die keramische Brennkammerwand 1307 auch brennkammerseitig schützen kann.

[183] Es versteht sich, dass das Wasser auf seinem Weg von der Zufuhrleitung zu der Brennkammer 1326 jeweils verdampfen und dass das Wasser ggf. mit weiteren Zusätzen versehen sein kann. Auch versteht es sich, dass das Wasser ggf. aus dem Abgas des jeweiligen Axialkolbenmotors wiedergewonnen und wiederverwendet werden kann.

[184] Der im Übrigen im Wesentlichen den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen entsprechenden Axialkolbenmotor umfasst einen Brennraum 1326, Steuerkolben 1331, Schusskanäle 1315 und Arbeitskolben 1330. Der um die Symmetrieachse 1303 rotationssymmetrisch angeordnete Brennraum 1326 weist, wie vorstehend beschrieben, eine keramische Baugruppe 1306 mit einer keramischen Brennkammerwand 1307 und einem profilierten Stahlrohr 1308 auf. Entlang der Symmetrieachse 1303 ergibt sich die Hauptbrennrichtung 1302, in welcher Brennmittel in Richtung der Schusskanäle 1315 und Arbeitszylinder 1320 strömt. Der Brennraum 1326 ist zum Arbeitszylinder 1320 durch die parallel zur Symmetrieachse 1303 angeordneten Steuerkolben 1331 abgegrenzt. Durch die oszillierende Bewegung der Steuerkolben 1331 entlang ihrer Längsachsen 1315B wird periodisch jeweils ein zu einem Steuerkolben gehöriger Schusskanal 1315 freigegeben, sobald der in dem Arbeitszylinder 1320 befindliche Arbeitskolben 1330 eine Bewegung in Richtung seines oberen Totpunktes ausführt oder bereits im oberen Totpunkt steht. Der Schusskanal 1315 weist die Symmetrieachse 1315A auf, entlang welcher eine Leitfläche 1332A ausgerichtet ist. Die zu dieser Symmetrieachse 1315A parallel ausgerichtete Leitfläche 1332A fluchtet somit mit einer Wandung des Schusskanals 1315, sobald der Steuerkolben 1331 sich in seinem unteren Totpunkt befindet, und ermöglicht hierdurch eine umlenkungsfreie Strömung des Brennmittels in Richtung des Arbeitszylinders 1320. Eine Leit-

flächendichtfläche 1332E ist wiederum parallel zur Leitfläche 1332A ausgerichtet, sodass diese Leitflächendichtfläche 1332E annähernd mit der Leitfläche 1332A abschließt, sobald der Steuerkolben 1331 seinen oberen Totpunkt erreicht hat. Die zylindrische Mantelfläche des Steuerkolbens 1331 schließt weiterhin mit einer Schaftdichtfläche 1332D ab und vergrößert hiermit
5 die Dichtwirkung zwischen dem Brennraum 1326 und dem Arbeitszylinder 1320. Der Steuerkolben 1331 weist zudem eine Prallfläche 1332B auf, welche annähernd rechtwinklig zur Symmetrieachse des Schusskanals 1315A ausgerichtet ist. Diese Ausrichtung erfolgt somit annähernd normal zur Strömungsrichtung des Brennmittels, wenn dieses aus dem Brennraum 1326 austritt und in den Schusskanal 1315 eintritt. Folglich wird dieser Teil des Steuerkolbens 1331
10 möglichst gering durch einen Wärmestrom belastet, da die Prallfläche 1332B eine minimale Oberfläche zum Brennraum 1326 aufweist.

[185] Der Steuerkolben 1331 wird über die Steuerkolbenkurvenbahn 1333 gesteuert. Diese Steuerkolbenkurvenbahn 1333 beinhaltet nicht notwendiger Weise ein sinusförmig ausgeprägtes Profil. Eine von einer Sinusform abweichende Steuerkolbenkurvenbahn 1333 erlaubt es, den
15 Steuerkolben 1331 für eine definierte Zeitspanne im jeweiligen oberen oder unteren Totpunkt zu halten und hierdurch einerseits bei geöffnetem Schusskanal 1315 den Öffnungsquerschnitt möglichst maximal zu halten und andererseits die thermische Beanspruchung der Steuerkolbenoberflächen während des Öffnens und des Schließens des Schusskanals in Folge einer kritischen Strömungsgeschwindigkeit des Brennmittels möglichst niedrig zu halten, indem zum Zeitpunkt
20 des Öffnens eine maximal mögliche Öffnungsgeschwindigkeit über die Ausgestaltung der Steuerkolbenkurvenbahn 1333 gewählt wird.

[186] Auch zeigt die Figur 8 einen im Steuerkolben 1331 befindlichen Steuerkolbenölnraum 1362, welcher die Steuerkolbendichtung 1363 mit Öl bedient bzw. aus der Steuerkolbendichtung 1363 zurückfließendes Öl wieder aufnimmt. Der Steuerkolbenölnraum 1362 wird gespeist
25 über den Druckölkreislauf 1361. Die Unterseite des Steuerkolbens 1331 zeigt in Richtung der als Druckraum ausgebildeten Steuerkammer 1364. Zugleich sammelt die Steuerkammer 1364 aus dem Steuerkolben 1331 und dem Druckölkreislauf 1361 austretendes Öl. Auch können optional die inneren Kühlkanäle 1345 über den Druckölkreislauf 1361 anstatt über einen Wasserkreislauf mit Öl beschickt werden, um die Unterseite des Brennraumes 1326 zu kühlen.

[187] Bei dem in Figur 9 dargestellten Ausführungsbeispiel sind eine erste Steuerkammerdichtung 1365 und eine zweite als Radialwellendichtring ausgeführte Steuerkammerdichtung 1366 vorgesehen, welche die möglicherweise unter höherem Druck befindliche Steuerkammer 1364 gegenüber dem unter annäherndem Umgebungsdruck befindlichen Rest des Axialkolbenmotors abdichten. Die erste Steuerkammerdichtung 1365 und zweite Steuerkammerdichtung 1366 dichten die Steuerkammer 1364 über eine Dichthülse 1367 ab. Diese Dichthülse 1367 sitzt mittels eines Pressverbandes auf einer rotierenden zentralen Welle des Axialkolbenmotors, welche teilweise den Druckölkreislauf 1361 beinhaltet. Selbstverständlich kann die Dichthülse 1367 auch in einer anderen Art und Weise mit der rotierenden Welle verbunden werden. Denkbar ist auch eine stoffschlüssige Verbindung oder eine zusätzliche Dichtung zwischen der Welle und der Dichthülse 1367. Wie unmittelbar ersichtlich sitzen diese Dichtungen auf einem verhältnismäßig geringen Radius, so dass Wirkungsgradverluste minimiert werden können. Ebenso befinden sich diese Dichtungen in einem verhältnismäßig kühlen Bereich des Axialkolbenmotors, so dass hier konventionelle Dichtungen zur Anwendung kommen können.

[188] Die Figur 9 zeigt auch eine weitere Ausgestaltung der zur Abdichtung der Schusskanäle 1315 dienenden Steuerkolbenoberflächen. Hierin wird deutlich, dass die Prallfläche 1332B nicht zwangsläufig eine ebene Fläche sein muss, sondern auch einen Ausschnitt aus einer Kugel-, Zylinder- oder Kegeloberfläche und somit rotationssymmetrisch zur Symmetrieachse 1303 ausgebildet sein kann. Auch die Leitfläche 1332A und die Leitflächendichtfläche 1332E können abweichend von einer Ebene ausgebildet sein. Die Figur 9 zeigt hierbei eine Ausgestaltung der Leitfläche 1332A und der Leitflächendichtfläche 1332E, wobei diese Flächen zumindest in einer Schnittebene eine abgewinkelte Gerade darstellen.

[189] Auch sind die in dieser Ausführungsform dargestellten Oberflächen des Steuerkolbens 1331, wie etwa die Leitfläche 1332A oder die Prallfläche 1332E, sowie die Dichtflächen, wie die Leitflächendichtfläche 1332E oder die Schaftdichtfläche 1332D, verspiegelt, um durch Wärmestrahlung auftretende Wärmeverluste über den Steuerkolben zu unterbinden bzw. zu minimieren. Die aufgebrauchte Verspiegelung dieser Oberflächen kann darüber hinaus auch aus einer keramischen Beschichtung bestehen, welche die Wärmeleitfähigkeit bzw. den Wandwärmeeübergang zum Steuerkolben herabsetzt. Ebenso wie die Oberflächen des Steuerkolbens 1331 ist die Oberfläche des Brennkammerbodens 1348 (exemplarisch gezeigt in Figur 6) verspiegelt, um einen Wandwärmeverlust zu minimieren. An der Unterseite des Brennkammerbodens 1348

befinden sich zusätzlich zur Kühlung innere Kühlkanäle, welche optional mit Wasser oder Öl Wärme aus dem Brennraum 1326 abführen.

[190] Die in der Figur 9 dargestellte Kühlkammer 1334 des Steuerkolbens 1331 ist mit einem bei Betriebstemperatur des Axialkolbenmotors flüssig vorliegenden Metall, bei diesem Ausführungsbeispiel Natrium, gefüllt, welches durch Konvektion und Wärmeleitung Wärme von den Oberflächen des Steuerkolbens abführen und an das im Druckölkreislauf 1361 befindliche Öl weitergeben kann.

[191] Figur 10 zeigt eine Wärmeübertragerkopfplatte 3020 welche für die Verwendung für einen Wärmeübertrager für einen Axialkolbenmotor geeignet ist. Die Wärmeübertragerkopfplatte 3020 umfasst zwecks Montage und Anschluss an einem Auslasskrümmer eines Axialkolbenmotors einen Flansch 3021 mit entsprechenden in einem Lochkreis angeordneten Bohrungen 3022 im radial außen liegenden Bereich der Wärmeübertragerkopfplatte 3020. Im radial innen liegenden Bereich des Flansches 3021 befindet sich die Matrize 3023, welche zahlreiche als Rohrsitze 3024 ausgeführte Bohrungen zur Aufnahme von Rohren aufweist.

[192] Die gesamte Wärmeübertragerkopfplatte 3020 ist vorzugsweise aus demselben Werkstoff gefertigt, aus welchem auch die Rohre gebildet sind, um zu gewährleisten, dass der thermische Ausdehnungskoeffizient im gesamten Wärmeübertrager möglichst homogen ist und hiermit thermische Wärmespannungen im Wärmeübertrager minimiert werden. Kumulativ hierzu kann das Mantelgehäuse des Wärmeübertragers ebenfalls aus einem der Wärmeübertragerkopfplatte 3020 oder den Rohren entsprechenden Werkstoff hergestellt werden. Die Rohrsitze 3024 können beispielsweise mit einer Passung ausgeführt werden, sodass die in diesen Rohrsitzen 3024 montierten Rohre mittels einer Presspassung eingesetzt werden.

[193] Alternativ hierzu können die Rohrsitze 3024 auch derart ausgeführt werden, dass eine Spielpassung oder eine Übergangspassung realisiert wird. Somit kann auch eine Montage der Rohre in den Rohrsitzen 3024 durch eine stoffschlüssige statt einer kraftschlüssigen Verbindung erfolgen. Der Stoffschluss wird hierbei vorzugsweise durch Schweißen oder Löten bewerkstelligt, wobei als Lot oder Schweißwerkstoff ein der Wärmeübertragerkopfplatte 3020 oder den Rohren entsprechender Werkstoff verwendet wird. Dies hat ebenfalls den Vorteil, dass Wärme-

spannungen in den Rohrsitzen 3024 durch homogene Wärmeausdehnungskoeffizienten minimiert werden können.

[194] Es ist bei dieser Lösung auch möglich, Rohre in den Rohrsitzen 3024 per Presssitz zu montieren und zusätzlich hierzu zu verlöten oder zu verschweißen. Durch diese Art der Montage kann auch eine Dichtigkeit des Wärmeübertragers gewährleistet werden, sofern unterschiedliche Werkstoffe für die Rohre und die Wärmeübertragerkopfplatte 3020 verwendet werden, da die Möglichkeit besteht, dass durch die sehr hohen auftretenden Temperaturen von über 1000°C eine alleinige Verwendung einer Presspassung wegen unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten unter Umständen versagen kann.

10 [195] Figur 11 zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines Gaswechselventils 1401 mit einer Ventildfeder 1411 und einer Prallfeder 1412. Das Gaswechselventil 1401 ist hierbei als selbsttätig öffnendes Ventil ohne Nockensteuerung ausgeführt, welches bei einem gegebenen Druckunterschied öffnet, wobei der Zylinderinnendruck bei einem Ansaugvorgang des Zylinders geringer ist als der Druck im Einlasskanal aus welchem der entsprechende Zylinder ein
15 Brennmittel ansaugt. Das Gaswechselventil 1401 findet vorzugsweise als Einlassventil in der Verdichterstufe Verwendung. Die Ventildfeder 1411 stellt hierbei eine Schließkraft am Gaswechselventil 1401 zur Verfügung, mittels welcher der Öffnungszeitpunkt über die Ausgestaltung der Ventildfeder 1411 bestimmt werden kann. Die Ventildfeder 1411, welche den Ventilschaft 1404 des Gaswechselventils 1401 umgreift, sitzt hierbei in einer Ventildfederführung 1405 und
20 stützt sich an dem Ventildfederteller 1413 ab.

[196] Der Ventildfederteller 1413 wiederum ist mit wenigstens zwei Keilstücken 1414 formschlüssig am Ventilschaft 1404 des Gaswechselventils 1401 befestigt.

[197] Die Ausgestaltung der Ventildfeder 1411, wobei diese Ventildfeder 1411 gerade so ausgelegt ist, dass ein Öffnen des Gaswechselventils 1401 bereits bei geringen Druckunterschieden stattfindet, kann bei bestimmten Betriebsbedingungen dazu führen, dass das Gaswechselventil 1401 eine derart hohe Beschleunigung durch die an dem Ventilteller 1402 anliegenden Druckunterschied erfolgt, welche zu einem übermäßigen Öffnen des Gaswechselventils 1401 über den festgelegten Ventilhub hinaus führt.

[198] Der Ventilteller 1402 gibt bei einem Öffnen des Gaswechselventils 1402 an seinem Ventilsitz 1403 einen Strömungsquerschnitt frei, welcher ab einem gewissen Ventilhub geometrisch nicht wesentlich weiter ansteigt. Der maximale Strömungsquerschnitt am Ventilsitz 1403 wird üblicherweise über den Durchmesser des Ventiltellers 1402 definiert. Der Hub des Gaswechselventils 1401 bei maximalem Strömungsquerschnitt entspricht in etwa einem Viertel des Durchmessers des Ventiltellers 1402 an seinem inneren Ventilsitz. Bei Überschreiten des Ventilhubes bzw. des rechnerischen Ventilhubes bei maximalem Strömungsquerschnitt, erfolgt einerseits kein weiterer wesentlicher Zuwachs des Luftmassenstroms am Strömungsquerschnitt zwischen dem Ventilsitz 1403 und dem Ventilteller 1402 und andererseits ist es möglich, dass der Ventilderteller 1413 mit einem feststehenden Bauteil des Zylinderkopfes, hier beispielsweise die Ventildertführung 1406, in Kontakt gerät und somit der Ventilderteller 1413 oder die Ventildertführung 1406 zerstört werden.

[199] Um dieses übermäßige Öffnen des Gaswechselventils 1401 zu verhindern bzw. zu begrenzen kommt der Ventilderteller 1403 auf der Prallfeder 1412 zu liegen, wodurch sprunghaft die Gesamtfederkraft, bestehend aus der Ventildert 1411 und der Prallfeder 1412, ansteigt und das Gaswechselventil 1402 einer starken Verzögerung unterliegt. Die Steifigkeit der Prallfeder 1412 ist in diesem Ausführungsbeispiel so gewählt, dass bei einer maximalen Öffnungsgeschwindigkeit des Gaswechselventils 1401 das Gaswechselventil 1401 durch Aufliegen auf der Prallfeder 1412 gerade so stark verzögert wird, dass kein Kontakt zwischen bewegten Bauteilen der Ventilgruppe, wie etwa dem Ventilderteller 1413, und feststehenden Bauteilen, wie etwa der Ventildertführung 1406, zustande kommt.

[200] Die zweistufig aufgebrachte Federkraft in dieser Ausführungsform bringt weiterhin den Vorteil, dass während des Schließvorgangs des Gaswechselventils 1401 dieses Gaswechselventil 1401 nicht im Übermaß in die Gegenrichtung beschleunigt wird und im Ventilteller 1402 nicht mit einer übermäßigen Geschwindigkeit in den Ventilsitz 1403 prallt, da die zum Öffnen und Schließen des Gaswechselventils 1401 zuständige Ventildert 1411 gerade so ausgelegt ist, dass sie keine übermäßig hohen Federkräfte bereitstellt.

[201] Eine weitere schematische Schnittdarstellung eines Gaswechselventils 1401 mit einer Ventildert 1411 und einer Prallfeder 1412 zeigt die Figur 12, in welcher ein zweistückiger Ventilderteller 1413 in Verbindung mit einem Stützring 1415 verwendet wird. In dieser Aus-

föhrungsform wird der geteilte Ventilderteller 1413 ohne Verwendung von Kegelstücken 1414 mit dem Ventilschaft 1404 in Kontakt gebracht und nimmt dort formschlüssig die Federkräfte der Ventildeder 1411 und der Prallfeder 1412 auf. Der Stützring 1415 stellt hierbei einerseits eine Verliersicherung dar und andererseits nimmt der Stützring 1415 Kräfte in radialer
5 Richtung, gesehen von der Achse des Ventilschaftes, auf. Ein Sicherungsring 1416 wiederum sichert den Stützring 1415 vor einem Herausfallen.

[202] Um weiterhin ein zügiges Öffnen und Schließen des Gaswechselventils zu erreichen, sind Gaswechselventile 1401 nach dieser Ausführungsform, also bei Verwendung in der Verdichterstufe und als selbsttätig öffnendes Ventil, aus einem Leichtmetall gefertigt. Die geringere
10 Massenträgheit eines Gaswechselventils 1402 aus Leichtmetall begünstigt hierbei das schnelle Öffnen aber auch das schnelle und sanfte Schließen des Gaswechselventils 1401. Auch wird durch die geringe Massenträgheit der Ventilsitz 1403 geschont, da das Gaswechselventil 1401 in dieser Ausführungsform keine übermäßig hohen kinetischen Energien beim Aufsetzen in den Ventilsitz 1403 freisetzt. Das gezeigte Gaswechselventil 1401 ist vorzugsweise aus Dural, einer
15 hochfesten Aluminiumlegierung, gefertigt, wodurch das Gaswechselventil 1401 trotz seiner geringen Dichte eine ausreichend hohe Festigkeit aufweist.

Bezugszeichenliste:

201	Axialkolbenmotor	420	Arbeitszylinder
205	Gehäusekörper	425	Abgaskanal
210	Brennkammer	427	Auslass
5	215 Schusskanal	35	430 Arbeitskolben
220	Arbeitszylinder	435	Pleuelstange
225	Abgaskanal	440	Kurvenbahn
227	Auslass	441	Abtriebswelle
230	Arbeitskolben	442	Abstandhalter
10	235 Pleuelstange	40	450 Verdichterkolben
240	Kurvenbahn	455	Druckleitung
241	Abtriebswelle	456	Ringkanal
242	Abstandhalter		
250	Verdichterkolben	457	Zuleitung
15	255 Druckleitung	45	460 Verdichterzylinder
257	Zuleitung	470	Wärmeübertrager
260	Verdichterzylinder	480	Brennmittelspeicher
270	Wärmeübertrager	481	Speicherleitung
		485	Ventil
20	301 Axialkolbenmotor	50	
305	Gehäusekörper	501	Axialkolbenmotor
310	Brennkammer	502	Hauptbrennrichtung
315	Schusskanal	503	Symmetrieachse
320	Arbeitszylinder	504	Verbrennungsluftzufuhr
25	325 Abgaskanal	55	505 Gehäusekörper
370	Wärmeübertrager	506	keramische Baugruppe
		507	keramische Brennkammerwand
401	Axialkolbenmotor	508	profiliertes Rohr
405	Gehäusekörper	509	Kühlluftkammer
30	410 Brennkammer	60	510 Brennkammer
415	Schusskanal	511	Hauptdüse

	512	Aufbereitungsdüse		550	Verdichterkolben
	513	konische Kammer		560	Verdichterzylinder
	514	zylindrische Kammer	35	592	Vorkammertemperatursensor
	515	Schusskanal		593	Abgastemperatursensor
5	516	erste Strahlrichtung			
	517	Vorbrenner		1101	Axialkolbenmotor
	518	Hauptbrenner		1151	Zylinderkopf
	519	weitere Strahlrichtung	40	1152	Verdichterzylindereinlassventil
	520	Arbeitszylinder		1153	Verdichterzylinderauslassventil
10	521	Prozessluftzufuhr		1154	ringförmiger Einlassventildeckel
	522	weitere Verbrennungsluftzufuhr		1157	Zuleitung
	523	Löcherkranz		1158	Dreipunkthalterung
	524	Kühlluftkammerzufuhr	45	1159	Spiralfedern
	525	Abgaskanal		1160	Verdichterzylinder
15	526	Brennraum		1161	Ventilsitz
	530	Arbeitskolben		1162	Öffnungen
	531	Steuerkolben		1163	Halterarme
	532	Steuerkolbendeckel	50	1164	Bereich
	533	Steuerkolbenkurvenbahn		1165	Wassereinlass
20	534	Abstandhalter		1166	Auslassventildeckel
	535	Pleuelstange		1167	Halbkugel
	536	Pleuellaufräder		1168	Auslassventilsitz
	537	Antriebskurvenbahnträger	55	1169	Druckfeder
	538	Wasserkühlung		1179	Arbeitsrichtung
25	539	Schusskanalring		1189	Führungsbuchse
	540	Kurvenbahn			
	541	Abtriebswelle		1302	Hauptbrennrichtung
	543	Hubbewegung	60	1303	Symmetrieachse
	545	innere Kühlkanäle		1306	keramische Baugruppe
30	546	mittlere Kühlkanäle		1307	keramische Brennkammerwand
	547	äußere Kühlkanäle		1308	profiliertes Stahlrohr
	548	Brennkammerboden		1309A	Wasserkammer

	1309D Ringkanal		1365 erste Steuerkammerdichtung
	1309E Ringkanal	25	1366 zweite Steuerkammerdichtung
	1309F Kanal		1367 Dichthülse
	1314 zylindrische Kammer		
5	1315 Schusskanal		1401 Gaswechselventil
	1315A Symmetrieachse des Schusskanal		1402 Ventilteller
	1315B Längsachse des Steuerkolbens	30	1403 Ventilsitz
	1320 Arbeitszylinder		1404 Ventilschaft
	1326 Brennraum		1405 Ventilfehrung
10	1330 Arbeitskolben		1406 Ventilfehrfederföhrung
	1331 Steuerkolben		1411 Ventilfehrer
	1332A Leitfläcbe	35	1412 Prallfeder
	1332B Prallfläcbe		1413 Ventilfehrerteller
	1332D Schaftdichtfläcbe		1414 Kegelstück
15	1332E Leitfläcbedichtfläcbe		1415 Stützring
	1333 Steuerkolbenkurvenbahn		1416 Sicherungsring
	1334 Kóhlfammer	40	
	1345 innere Kóhlfamne		3020 Wärfmeübertragerkopfflatte
	1348 Brennfammerboden		3021 Flansch
20	1361 Druckólkreislauf		3022 Montagebohrung
	1362 Steuerkolbenólfraum		3023 Matrize
	1363 Steuerkolbendichtung	45	3024 Rohrsitz
	1364 Steuerkammer		

Patentansprüche:

1. Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Verdichterzylinder, mit wenigstens einem Arbeitszylinder und mit wenigstens einer Druckleitung, durch welche verdichtetes Brennmittel von dem Verdichterzylinder zu dem Arbeitszylinder geleitet wird, **gekennzeichnet durch** wenigstens ein Verdichterzylindereinlassventil mit einem ringförmigen Einlassventildeckel.
5
2. Axialkolbenmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlassventildeckel eine Dreipunkthalterung aufweist.
3. Axialkolbenmotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlassventildeckel über wenigstens eine Feder gegen einen Einlassventilsitz gespannt ist.
10
4. Axialkolbenmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des durch den Einlassventildeckel gebildeten Rings ein Einlass in den Verdichterzylinder bzw. ein Auslass aus dem Verdichterzylinder vorgesehen ist.
5. Axialkolbenmotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlass ein Wassereinlass ist.
15
6. Axialkolbenmotor nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Auslass ein Auslassventil ist.
7. Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Verdichterzylinder, mit wenigstens einem Arbeitszylinder und mit wenigstens einer Druckleitung, durch welche verdichtetes Brennmittel von dem Verdichterzylinder zu dem Arbeitszylinder geleitet wird, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** wenigstens zwei Verdichterzylinderauslassventile.
20
8. Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Verdichterzylinder, mit wenigstens einem Arbeitszylinder und mit wenigstens einer Druckleitung, durch welche verdichtetes Brennmittel von dem Verdichterzylinder zu dem Arbeitszylinder geleitet wird, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** wenigstens ein Verdichterzylinderauslassventil mit einem in Richtung eines Ventilsitzes gewölbt ausge-
25

bildeten Ventildeckel, der auf seiner dem Ventilsitz abgewandten Seite weniger Material aufweist als auf seiner dem Ventilsitz zugewandten Seite.

9. Axialkolbenmotor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventildeckel eine Halbkugel ist.
- 5 10. Axialkolbenmotor nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventildeckel hohl ausgebildet ist.
11. Axialkolbenmotor nach einem der Ansprüche 8 bis 10, gekennzeichnet durch Mittel zur Ausrichtung des Ventildeckels, die mit einer Ventildeckelandruckfeder wechselwirken.
- 10 12. Axialkolbenmotor mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe, mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Expanderstufe, mit wenigstens einer Brennkammer zwischen der Verdichterstufe und der Expanderstufe, wobei der Axialkolbenmotor ein oszillierendes sowie einen Strömungsquerschnitt freigebendes Gaswechselventil umfasst und das Gaswechselventil diesen Strömungsquerschnitt mittels einer an das Gaswechselventil angreifenden Federkraft der Ventulfeder verschließt, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gaswechselventil eine Prallfeder aufweist.
- 15 13. Axialkolbenmotor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Prallfeder eine kleinere Federlänge als eine Federlänge der Ventulfeder aufweist.
14. Axialkolbenmotor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Federlänge der Prallfeder der um einen Ventilhub des Gaswechselventils verringerten Federlänge der Ventulfeder entspricht.
- 20 15. Axialkolbenmotor nach den Ansprüchen 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Federlänge der Prallfeder einer um einen Federweg der Prallfeder erhöhten Höhe einer Ventulführung entspricht.
- 25 16. Axialkolbenmotor nach den Ansprüchen 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Prallfeder bei Erreichen des Federweges der Prallfeder eine potentielle Energie aufweist,

welche der maximalen betriebsbedingten kinetischen Energie des Gaswechselventils bei einem Freigeben des Strömungsquerschnittes entspricht.

- 5 17. Axialkolbenmotor mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe, mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Expanderstufe und mit wenigstens einer Brennkammer zwischen der Verdichterstufe und der Expanderstufe, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Zylinder der Verdichterstufe wenigstens ein Gaswechselventil aus einem Leichtmetall aufweist.
- 10 18. Axialkolbenmotor nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Leichtmetall Aluminium oder eine Aluminiumlegierung, insbesondere Dural, ist.
19. Axialkolbenmotor nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Gaswechselventil ein Einlassventil ist.
- 15 20. Axialkolbenmotor mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe, mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Expanderstufe und mit wenigstens einer Brennkammer zwischen der Verdichterstufe und der Expanderstufe, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdichterstufe ein von der Expanderstufe verschiedenes Hubvolumen aufweist.
21. Axialkolbenmotor nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Hubvolumen der Verdichterstufe kleiner ist als das Hubvolumen der Expanderstufe.
- 20 22. Axialkolbenmotor nach den Ansprüchen 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass ein Einzelhubvolumen wenigstens eines Zylinders der Verdichterstufe kleiner ist als das Einzelhubvolumen wenigstens eines Zylinders der Expanderstufe.
- 25 23. Axialkolbenmotor nach den Ansprüchen 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Zylinder der Verdichterstufe gleich oder geringer ist als die Anzahl der Zylinder der Expanderstufe.

24. Axialkolbenmotor mit einer Brennmittelzufuhr und einer Abgasabfuhr, die wärmetauschend miteinander gekoppelt sind, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** wenigstens eine Wärmeübertragerisolation.
25. Axialkolbenmotor nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeübertragerisolation zwischen Wärmeübertrager und Umgebung des Axialkolbenmotors einen maximalen Temperaturgradienten von 400 °C belässt.
26. Axialkolbenmotor nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Außentemperatur des Axialkolbenmotors im Bereich der Wärmeübertragerisolation 500 °C nicht übersteigt.
27. Axialkolbenmotor nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeübertragerisolation zumindest eine Komponente aus einem von dem Wärmeübertrager abweichenden Material umfasst.
28. Axialkolbenmotor mit einer Brennmittelzufuhr und einer Abgasabfuhr, die wärmetauschend miteinander gekoppelt sind, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** wenigstens zwei Wärmeübertrager.
29. Axialkolbenmotor nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeübertrager axial angeordnet sind.
30. Axialkolbenmotor nach Anspruch 28 oder 29, gekennzeichnet durch wenigstens vier Kolben, wobei die Abgase wenigstens zweier benachbarter Kolben in jeweils einen Wärmeübertrager geleitet werden.
31. Axialkolbenmotor nach einem der Ansprüche 28 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgase dreier Kolben in einen gemeinsamen Wärmeübertrager geleitet werden.
32. Axialkolbenmotor nach Anspruch 28 oder 29, gekennzeichnet durch wenigstens zwei Kolben, wobei die Abgase jedes Kolbens in jeweils einen Wärmeübertrager geleitet werden.

33. Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Verdichterzylinder, mit wenigstens einem Arbeitszylinder und mit wenigstens einer Druckleitung, durch welche verdichtetes Brennmittel von dem Verdichterzylinder zu dem Arbeitszylinder geleitet wird, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Verdichterzylinder während eines Saughubs eines in dem Verdichterzylinder angeordneten Verdichterkolbens Wasser oder Wasserdampf aufgegeben wird.
34. Axialkolbenmotor mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe, mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Expanderstufe, mit wenigstens einer Brennkammer zwischen der Verdichterstufe und der Expanderstufe und mit wenigstens einem Wärmeübertrager, wobei der wärmeaufnehmende Teil des Wärmeübertragers zwischen der Verdichterstufe und der Brennkammer angeordnet ist und der wärmeabgebende Teil des Wärmeübertragers zwischen der Expanderstufe und einer Umgebung angeordnet ist, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wärmeaufnehmende und/oder der wärmeabgebende Teil des Wärmeübertragers stromabwärts und/oder stromaufwärts Mittel zur Aufgabe wenigstens eines Fluides aufweist.
35. Axialkolbenmotor nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid Wasser und/oder Brennstoff ist.
36. Axialkolbenmotor nach Anspruch 34 oder 35, dadurch gekennzeichnet, dass im wärmeabgebenden Teil des Wärmeübertragers oder stromabwärts des wärmeabgebenden Teils des Wärmeübertragers ein Wasserabscheider angeordnet ist.
37. Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Verdichterzylinder, mit wenigstens einem Arbeitszylinder und mit wenigstens einer Druckleitung, durch welche verdichtetes Brennmittel von dem Verdichterzylinder zu dem Arbeitszylinder geleitet wird, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen Brennmittelspeicher, in welchem verdichtetes Medium zwischengespeichert werden kann.
38. Axialkolbenmotor nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennmittelspeicher zwischen dem Verdichterzylinder und einem Wärmeübertrager vorgesehen ist.

39. Axialkolbenmotor nach Anspruch 37 oder 38, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Verdichterzylinder und dem Brennmittelspeicher ein Ventil angeordnet ist.
40. Axialkolbenmotor nach einem der Ansprüche 37 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Brennmittelspeicher und dem Arbeitszylinder ein Ventil angeordnet ist.
- 5 41. Axialkolbenmotor nach einem der Ansprüche 37 bis 40, gekennzeichnet durch mindestens zwei Brennmittelspeicher.
42. Axialkolbenmotor nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei Brennmittelspeicher mit unterschiedlichen Drücken beladen werden.
43. Axialkolbenmotor nach Anspruch 42, gekennzeichnet durch eine Druckregelung, die für
10 den ersten Brennmittelspeicher eine erste Druckuntergrenze und eine erste Druckobergrenze und für den zweiten Brennmittelspeicher eine zweite Druckuntergrenze und eine zweite Druckobergrenze festlegt, innerhalb derer ein Brennmittelspeicher mit Drücken beladen wird, wobei die erste Druckobergrenze unter der zweiten Druckobergrenze und die erste Druckuntergrenze unter der zweiten Druckuntergrenze liegt.
- 15 44. Axialkolbenmotor nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Druckobergrenze kleiner oder gleich der zweiten Druckuntergrenze ist.
45. Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Verdichterzylinder, mit wenigstens einem Arbeitszylinder und mit wenigstens einer Druckleitung, durch welche verdichtetes Brennmittel von dem Verdichterzylinder zu dem Arbeitszylinder geleitet wird, wobei dem Axialkolbenmotor Wasser aufgegeben wird, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor einem Betriebsende des Axialkolbenmotors die Wasseraufgabe gestoppt und der Axialkolbenmotor eine definierte Zeitspanne ohne Wasseraufgabe betrieben wird.
- 20
46. Axialkolbenmotor nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasseraufgabe als Wasserdampf unmittelbar in eine Brennkammer erfolgt.
- 25
47. Axialkolbenmotor nach Anspruch 45 oder 46, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasseraufgabe durch Vermischen des Wassers mit Brennmittel erfolgt.

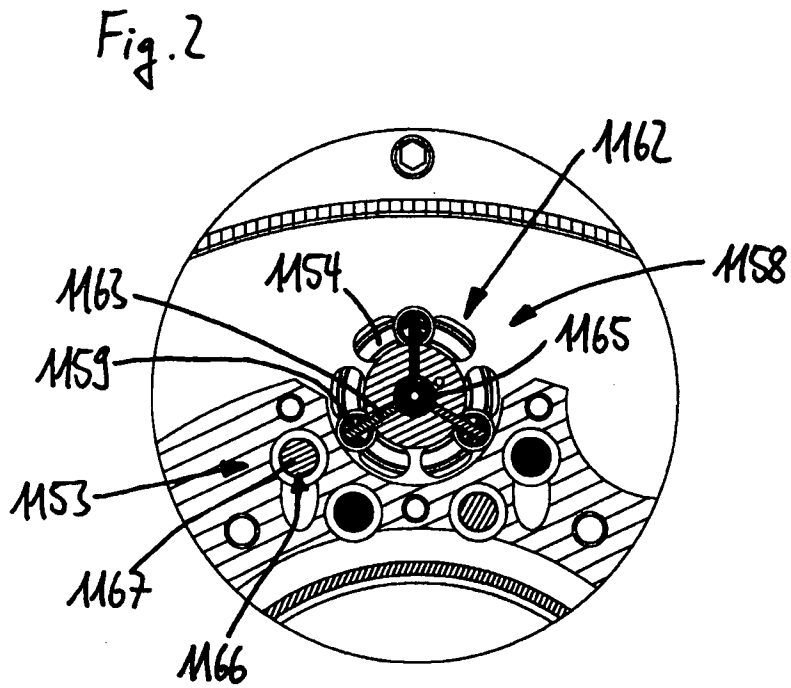
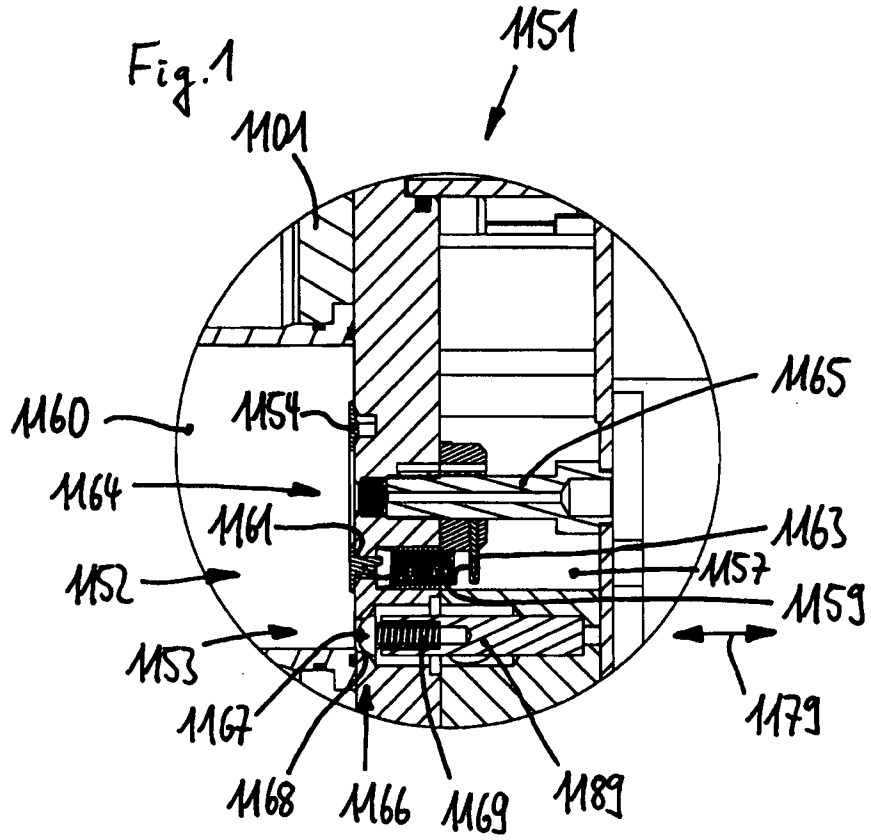
48. Axialkolbenmotor mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe, mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Expanderstufe, mit wenigstens einer Brennkammer zwischen der Verdichterstufe und der Expanderstufe, mit wenigstens einem Steuerkolben sowie einem Kanal zwischen der Brennkammer und der Expanderstufe, wobei der Steuerkolben und der Kanal einen durch eine Bewegung des Steuerkolbens freigegebenen Strömungsquerschnitt mit einer Hauptstromrichtung aufweisen, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuerkolben eine Leitfläche parallel zu der Hauptstromrichtung aufweist.
49. Axialkolbenmotor mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe, mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Expanderstufe, mit wenigstens einer Brennkammer zwischen der Verdichterstufe und der Expanderstufe, mit wenigstens einem Steuerkolben sowie einem Kanal zwischen der Brennkammer und der Expanderstufe, wobei der Steuerkolben und der Kanal einen durch eine Bewegung des Steuerkolbens freigegebenen Strömungsquerschnitt mit einer Hauptstromrichtung aufweisen, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuerkolben eine Prallfläche senkrecht zu der Hauptstromrichtung aufweist.
50. Axialkolbenmotor mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe, mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Expanderstufe, mit wenigstens einer Brennkammer zwischen der Verdichterstufe und der Expanderstufe, mit wenigstens einem Steuerkolben sowie einem Kanal zwischen der Brennkammer und der Expanderstufe, wobei der Steuerkolben sowie der Kanal einen durch eine Bewegung des Steuerkolbens freigegebenen Strömungsquerschnitt aufweisen und die Bewegung des Steuerkolbens entlang einer Längsachse des Steuerkolbens erfolgt, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuerkolben eine Leitfläche in einem spitzen Winkel zu der Längsachse des Steuerkolbens aufweist.
51. Axialkolbenmotor mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe, mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Expanderstufe, mit wenigstens einer Brennkammer zwischen der Verdichterstufe und der Expanderstufe, mit wenigstens einem Steuerkolben sowie einem Kanal zwischen der Brennkammer und der Expanderstufe, wobei der Steuerkolben sowie der Kanal einen durch eine Bewegung des Steuerkol-

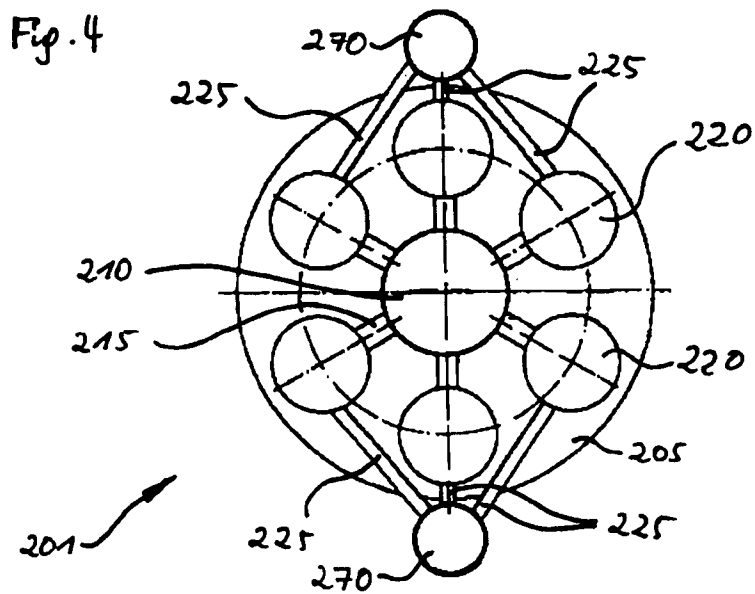
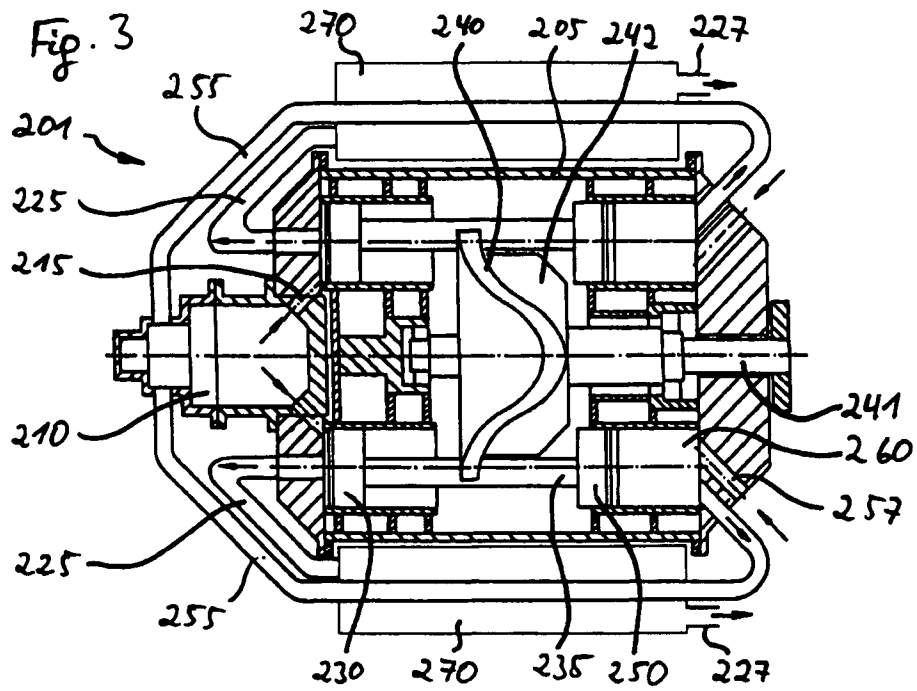
bens freigegebenen Strömungsquerschnitt aufweisen und die Bewegung des Steuerkolben entlang einer Längsachse des Steuerkolbens erfolgt, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerkolben eine Prallfläche in einem spitzen Winkel zu der Längsachse des Steuerkolbens aufweist.**

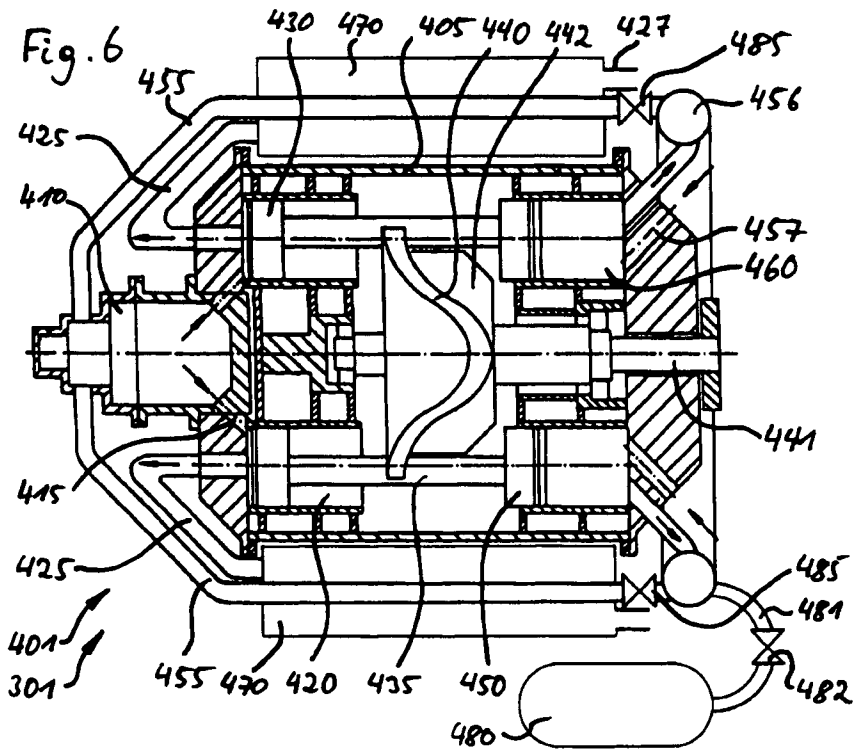
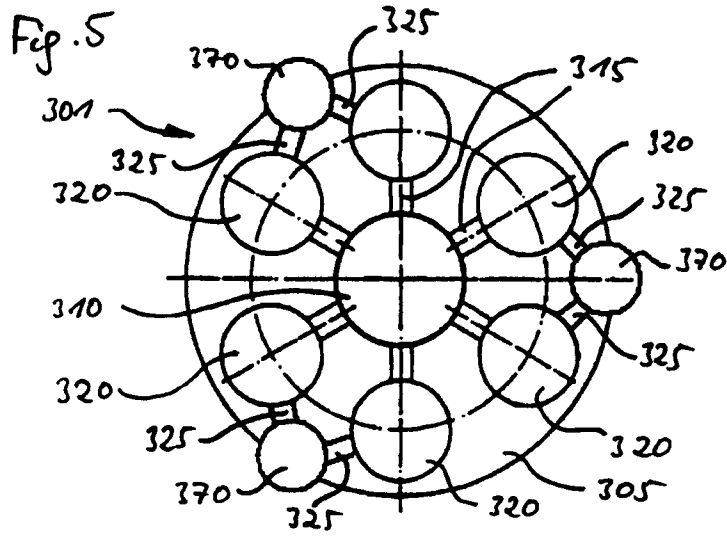
- 5 52. Axialkolbenmotor nach den Ansprüchen 48 bis 51, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitfläche und/oder die Prallfläche eine ebene Fläche, eine sphärische Fläche, eine zylindrische Fläche oder eine kegelige Fläche ist.
53. Axialkolbenmotor nach den Ansprüchen 48 bis 52, dadurch gekennzeichnet, dass der Axialkolbenmotor zwischen der Brennkammer und der Expanderstufe eine Leitflächendichtfläche aufweist, wobei die Leitflächendichtfläche parallel zur Leitfläche ausgebildet ist und in einem oberen Totpunkt des Steuerkolbens mit der Leitfläche zusammenwirkt.
- 10 54. Axialkolbenmotor nach Anspruch 53, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitflächendichtfläche kanalseitig in eine Oberfläche senkrecht zur Längsachse des Steuerkolbens übergeht.
- 15 55. Axialkolbenmotor nach den Ansprüchen 48 bis 54, dadurch gekennzeichnet, dass der Axialkolbenmotor zwischen der Brennkammer und der Expanderstufe eine Schaftdichtfläche aufweist, wobei die Schaftdichtfläche parallel zur Längsachse des Steuerkolbens ausgebildet ist und mit einer Oberfläche eines Schaftes des Steuerkolbens zusammenwirkt.
- 20 56. Axialkolbenmotor nach den Ansprüchen 48 bis 55, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitfläche, die Prallfläche, die Leitflächendichtfläche, die Schaftdichtfläche und/oder die Oberfläche des Schaftes des Steuerkolbens eine verspiegelte Oberfläche aufweisen.
57. Axialkolbenmotor nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine innere kontinuierliche Verbrennung (ikV).
- 25 58. Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe, mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Expanderstufe, mit wenigstens einer Brennkammer zwischen der Verdichterstufe und der Ex-

- panderstufe und mit wenigstens einem Wärmeübertrager, wobei der wärmeaufnehmende Teil des Wärmeübertragers zwischen der Verdichterstufe und der Brennkammer angeordnet ist und der wärmeabgebende Teil des Wärmeübertragers zwischen der Expanderstufe und einer Umgebung angeordnet ist, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem durch den Wärmeübertrager strömende Brennmittelstrom und/oder dem durch den Wärmeübertrager strömende Abgasstrom wenigstens ein Fluid aufgegeben wird.
- 5
59. Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors nach Anspruch 57, dadurch gekennzeichnet, dass Wasser und/oder Brennstoff aufgegeben werden.
- 10
60. Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors nach Anspruch 57 oder 59, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid stromabwärts und/oder stromaufwärts des Wärmeübertragers aufgegeben wird.
61. Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors nach einem der Ansprüche 57 bis 60, dadurch gekennzeichnet, dass abgeschiedenes Wasser dem Brennmittelstrom und/oder dem Abgasstrom erneut aufgegeben wird.
- 15
62. Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors nach einem der Ansprüche 57 bis 61, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufgabe von Wasser und/oder Brennstoff zu einem definierten Zeitpunkt vor einem Stillstand des Axialkolbenmotors gestoppt wird und der Axialkolbenmotor bis zum Stillstand ohne eine Aufgabe von Wasser und/oder Kraftstoff betrieben wird.
- 20
63. Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Verdichterstufe, mit einer wenigstens einen Zylinder umfassenden Expanderstufe und mit wenigstens einer Brennkammer zwischen der Verdichterstufe und der Expanderstufe, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Brennmittel während der Expansion in der Expanderstufe mit einem größeren Druckverhältnis als ein während der Verdichtung in der Verdichterstufe vorliegendes Druckverhältnis expandiert wird.
- 25

64. Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors nach Anspruch 63, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennmittel in der Expanderstufe annähernd bis zu einem Umgebungsdruck expandiert wird.
- 5 65. Verfahren zur Herstellung eines Wärmeübertragers eines Axialkolbenmotors, welcher eine wenigstens einen Zylinder umfassende Verdichterstufe und eine wenigstens einen Zylinder umfassende Expanderstufe sowie wenigstens eine Brennkammer zwischen der Verdichterstufe und der Expanderstufe aufweist, wobei der wärmeaufnehmende Teil des Wärmeübertragers zwischen der Verdichterstufe und der Brennkammer angeordnet ist und der wärmeabgebende Teil des Wärmeübertragers zwischen der Expanderstufe und einer Umgebung angeordnet ist, und mit wenigstens einer den wärmeabgebenden Teil von dem wärmeaufnehmenden Teil des Wärmeübertragers abgrenzenden Wandung eines Rohres zur Trennung zweier Stoffströme, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr in wenigstens einer aus einem dem Rohr entsprechenden Werkstoff bestehenden Matrize angeordnet wird und stoffschlüssig und/oder kraftschlüssig mit dieser Matrize verbunden wird.
- 10 15
66. Verfahren zur Herstellung eines Wärmeübertragers nach Anspruch 65, dadurch gekennzeichnet, dass der Stoffschluss zwischen dem Rohr und der Matrix durch Schweißen oder Löten erfolgt.
- 20 67. Verfahren zur Herstellung eines Wärmeübertragers nach den Ansprüchen 65 oder 66, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftschluss zwischen dem Rohr und der Matrix durch Schrumpfen erfolgt.







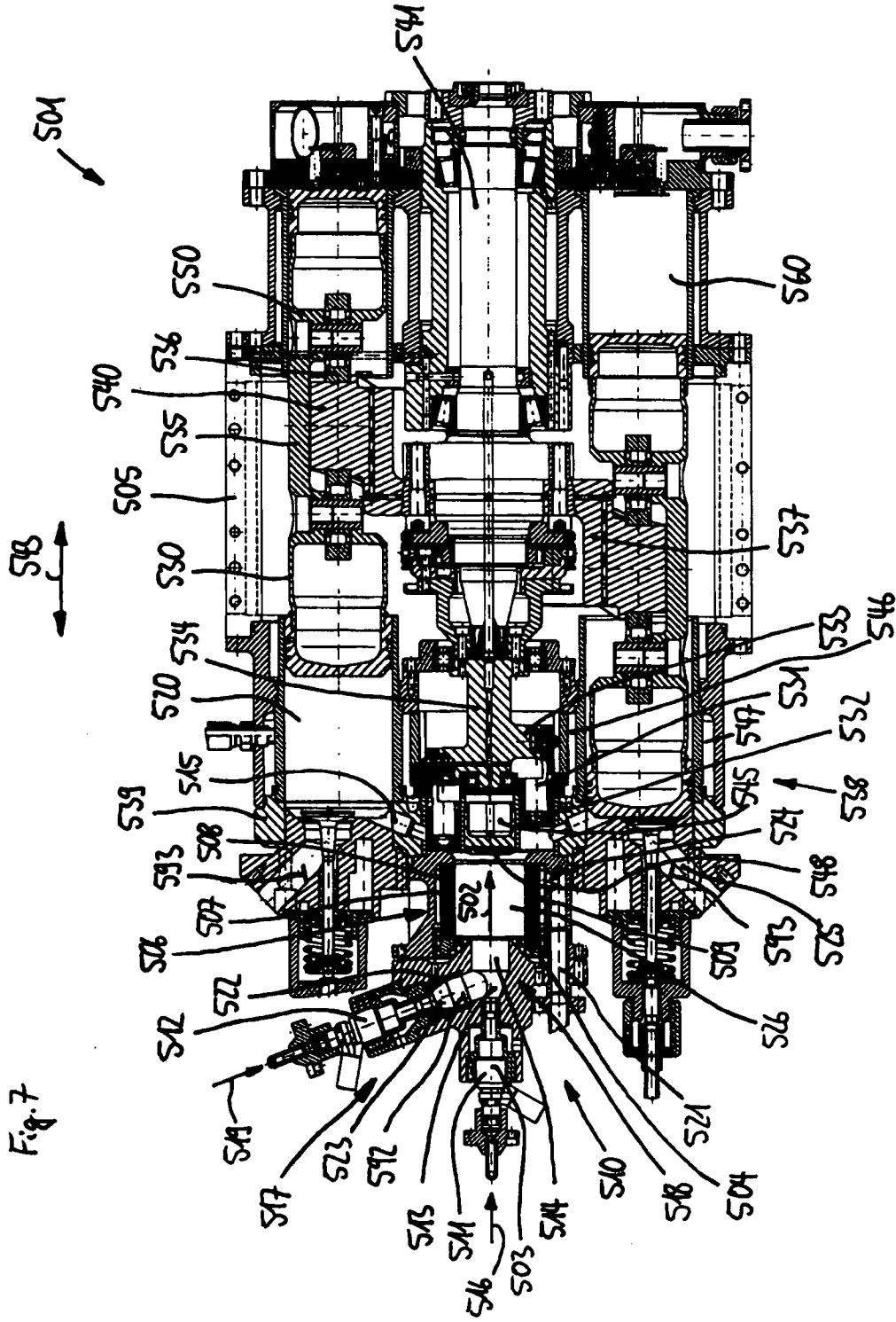


Fig. 9

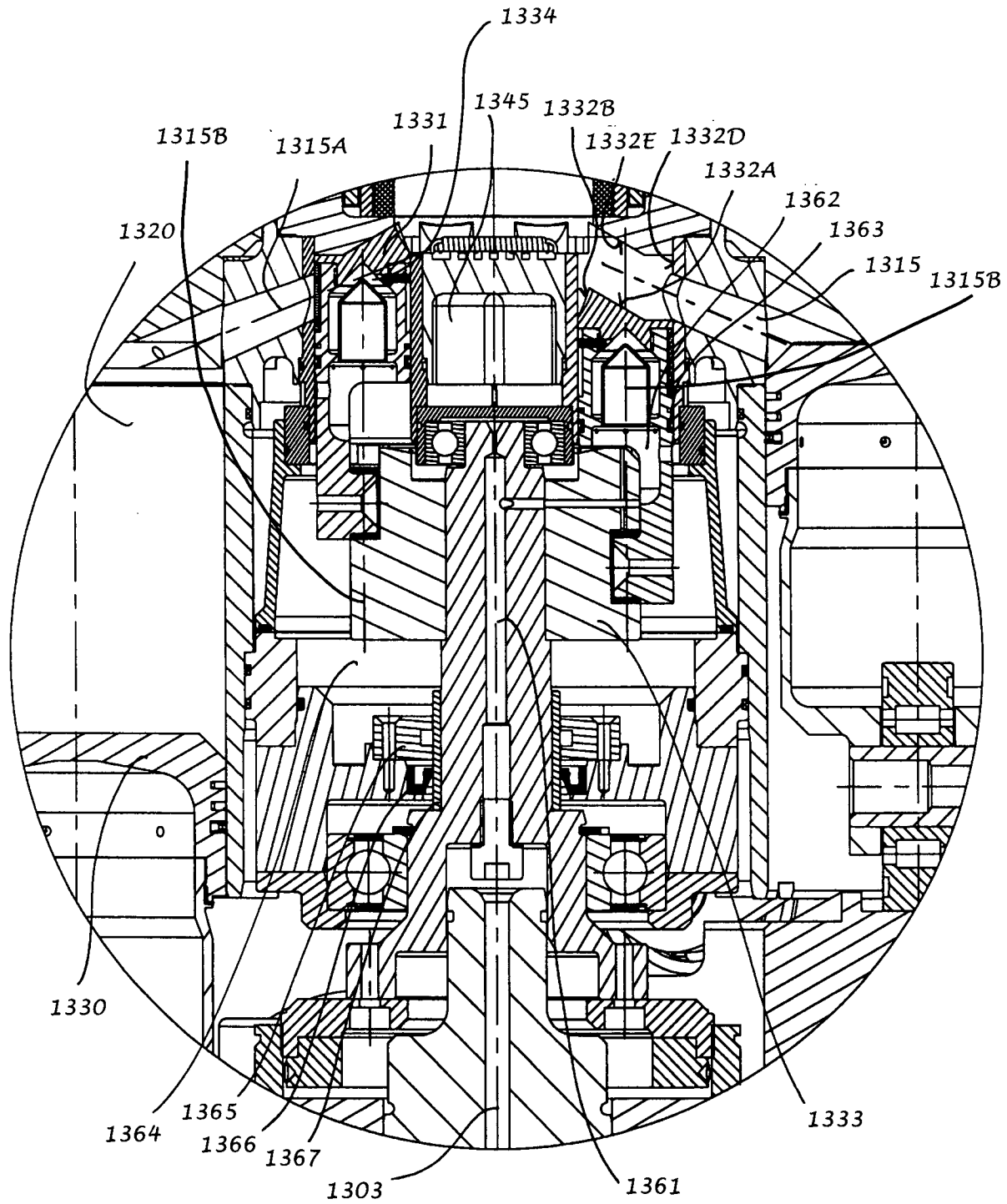


Fig. 11

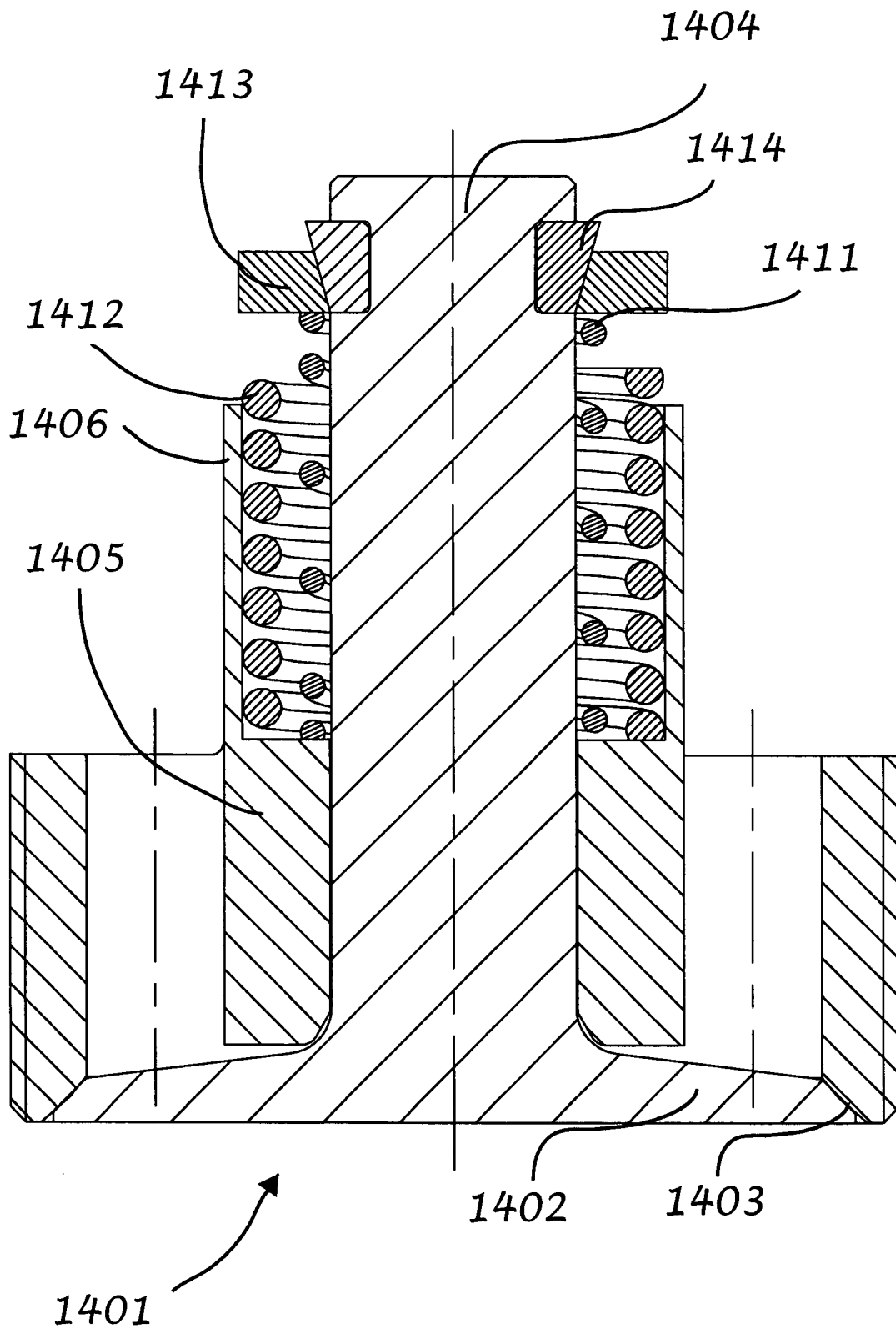


Fig. 12

