

(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 2011/009452 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2010/000875

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. Juli 2010 (26.07.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 034 717.8 24. Juli 2009 (24.07.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **GETAS GESELLSCHAFT FÜR THERMO-DYNAMISCHE ANTRIEBSSYSTEME MBH** [DE/DE]; Roonstr. 11, 52351 Düren (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **VOIGT, Dieter** [DE/DE]; Weingarten 10, 52074 Aachen (DE). **ROHS, Ulrich** [DE/DE]; Roonstr. 11, 52351 Düren (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)

(54) Title: AXIAL-PISTON MOTOR AND METHOD FOR OPERATING AN AXIAL-PISTON MOTOR

(54) Bezeichnung : AXIALKOLBENMOTOR SOWIE VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES AXIALKOLBENMOTORS

(57) Abstract: The aim of the invention is to improve the efficiency of an axial-piston motor. To this end, the axial-piston motor is provided with a system for regulating the combustion chamber, said system comprising a means for supplying water into the combustion chamber.

(57) Zusammenfassung: Um den Wirkungsgrad an einem Axialkolbenmotor zu verbessern, schlägt die Erfindung einen Axialkolbenmotor mit einer Brennkammerregelung, die eine Wasseraufgabe in die Brennkammer umfasst, vor.



WO 2011/009452 A2

Axialkolbenmotor sowie Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors

[01] Die Erfindung betrifft einen Axialkolbenmotor sowie ein Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors.

5 [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 coaxial zu der Drehachse der Rotationsenergie ausgerichtet ist.

10 [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 Kraftstoff und aus Luft, ausgebildet sein, wobei die Komponenten gemeinsam oder getrennt einer oder mehreren Brennkammern zugeführt werden.

15 [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
20 kann darüber hinaus noch Komponenten, wie beispielsweise Luft aufweisen, die Materialien für die Reaktion des Kraftstoffs bereitstellen.

[05] Insbesondere können Axialkolbenmotoren auch unter dem Prinzip der inneren kontinuierlichen Verbrennung (ikV) betrieben werden, nach welchem Brennmittel, also beispielsweise Kraftstoff und Luft, kontinuierlich einer Brennkammer oder mehreren Brennkammern zugeführt
25 werden.

BESTÄTIGUNGSKOPIE

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

5 [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 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
10 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 Arbeitskolben und Verdichterzylindern und den entsprechenden Verdichterkolben auf, wobei die Verdichterzylinder auf der den Arbeitszylindern abgewandten Seite des Axialkolbenmotors
15 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“ und „Expansionsseite“ bzw. „Expanderzylinder“, „Expanderkolben“ und „Expanderseite“ sowie
20 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 verbessern.

25 [12] Diese Aufgabe wird von einem Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Arbeitszylinder, der aus einer kontinuierlich arbeitenden Brennkammer gespeist wird, gelöst, wobei der Axialkolbenmotor eine Brennkammerregelung aufweist, die eine Wasseraufgabe in die Brennkammer umfasst.

[13] Eine erweiterte Regelungsmöglichkeit kann insbesondere dann erzielt werden, wenn die Wasseraufgabe unabhängig von einer Wasseraufgabe in oder vor einem Brennmittelverdichter vorgesehen ist. Hierbei wird zur Kühlung Wasser idealerweise direkt in die Brennkammer aufgegeben.

- 5 [14] Ist die Wasseraufgabe unabhängig von einer Wasseraufgabe in oder vor einem Brennmittelverdichter vorgesehen, können hierdurch weitere vielfältige und damit vorteilhafte Regelungs- und Kühlungsvariationen realisiert werden.

[15] Die Wasseraufgabe kann beispielsweise in die Vorbrennkammer erfolgen.

- 10 [16] Kumulativ oder alternativ hierzu kann die Wasseraufgabe auch in die Hauptbrennkammer vorteilhaft erfolgen, was besonders vorteilhaft ist. Insbesondere kann die Wasseraufgabe derart erfolgen, dass das Wasser zuvor als Kühlmittel, insbesondere für einen Brennraum, genutzt wurde. Auch kann das Wasser bzw. der Wasserdampf derart in eine Brennkammer aufgegeben werden, dass es bzw. er an einer Wandung der Brennkammer entlang strömt, so dass auch auf diese Weise die Brennkammerwandung möglichst geschont wird.

- 15 [17] Dementsprechend wird die Aufgabe vorliegender Erfindung auch von einem Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Arbeitszylinder, der aus einer kontinuierlich arbeitenden Brennkammer gespeist wird, gelöst, wobei sich der Axialkolbenmotor dadurch auszeichnet, dass die Brennkammer eine Zufuhrleitung für flüssiges Wasser aufweist.

- 20 [18] Insoweit wird bei diesem Lösungsansatz, in Abweichung von anderen Ansätzen, Wasser unmittelbar in flüssiger Form in die Brennkammer gegeben, wobei es in Regel vor Eintritt in die Brennkammer temperaturbedingt verdampfen bzw. in einen gasförmigen Zustand übergehen wird. Insofern wird in vorliegendem Zusammenhang unter einer "Zufuhrleitung für flüssiges Wasser" insbesondere eine Zuleitung zu der Brennkammer verstanden, in welche Wasser in flüssiger Form, ggf. unter Beigabe weiterer flüssiger Komponenten, aufgegeben und bis in die
25 Brennkammer geführt wird, ohne dass das Wasser mit weiteren gasförmigen Komponenten vor Eintritt in die Brennkammer vermischt wird.

[19] Hierfür ist es insbesondere von Vorteil, wenn die Zufuhrleitung eine Druckleitung ist, die Brennkammerdruck oder mehr aufweist. Dieses kann bei einem derartigen Axialkolbenmo-

tor durchaus ein Druck von 10 bar oder höher, beispielsweise ein Druck von 30 bar oder mehr, sein. Hierbei versteht es sich, dass durch diesen Druck der Verdampfungspunkt des Wassers sicherlich erheblich heraufgesetzt ist, wobei nach wie vor davon auszugehen ist, dass das Wasser in Dampfform der Brennkammer aufgegeben werden wird, da in der Regel die Brennkammer-
5 temperaturen über 900 °C liegen.

[20] Das auf diese Weise der Brennkammer aufgegeben Wasser kann, insbesondere in Abweichung von Wasser, welches auf andere Weise, beispielsweise über die Verbrennungsluft oder über den Kraftstoff aufgegeben wird, vorteilhafterweise zur Kühlung der Brennkammer genutzt werden, wodurch der Wirkungsgrad der Brennkammer gesteigert werden kann, da die
10 bei der Kühlung aufgenommene Wärmeenergie der Brennkammer über das Wasser wieder zugeführt wird.

[21] Auch kann das Wasser entlang einer Brennkammerwandung in die Brennkammer gegeben werden, was unmittelbar zu einer Entlastung der Brennkammerwandung an dieser Stelle führt, da sich das Wasser, bis es endgültig mit den übrigen Brennmitteln in der Brennkammer
15 vermischt ist, wie ein Schutzfilm zwischen diesen Brennmitteln und der Brennkammerwandung befindet.

[22] Um letzteres baulich besonders einfach umzusetzen, kann die Brennkammer eine Wasserdüse für das Wasser aus der Zufuhrleitung für flüssiges Wasser aufweisen, wobei die Wasserdüse eine Strahlrichtung mit einer axialen Richtungskomponente aufweist. Als Düse kann in
20 vorliegendem Fall jede Öffnung der Zufuhrleitung für flüssiges Wasser in die Brennkammer dienen. Insbesondere sollte der Strahl der Düse eine axiale Richtungskomponente, also eine Richtungskomponente parallel zur Hauptbrennrichtung in der Brennkammer, aufweisen.

[23] Vorzugsweise mündet die Zufuhrleitung für flüssiges Wasser in eine Brennkammer die hinter sowohl dem Vorbrenner als auch dem Hauptbrenner vorgesehen ist. Dementsprechend ist
25 vorzugsweise auch eine entsprechende Düse erst in der Brennkammerwandung vorgesehen.

[24] Wird die Wasseraufgabe zur Regelung einer Abgastemperatur genutzt, kann insbesondere der Wärmeübergang an einem Wärmeübertrager, wie einen Wärmetauscher, auf die Verbrennungsluft vorteilhaft geregelt werden.

[25] 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.

[26] Die Wasseraufgabe birgt jedoch das Risiko, dass – insbesondere in Bereichen, in denen bereits Verbrennungsprodukte vorliegen, also insbesondere in der Brennkammer – korrosive Prozesse gefördert werden. Um letzteres zu vermeiden, wird unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung ein Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Arbeitszylinder, der aus einer kontinuierlich arbeitenden Brennkammer gespeist wird, als Lösung der Aufgabe vorliegender Erfindung vorgeschlagen, welcher sich dadurch auszeichnet, dass vor einem Betriebsende des Axialkolbenmotors eine Wasseraufgabe gestoppt und der Axialkolbenmotor eine definierte Zeitspanne ohne Wasseraufgabe betrieben wird.

[27] 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 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 Fenster, durchgeführt werden, wobei hierzu noch die von dem Motor bereitgestellte Energie genutzt werden kann, was letztlich eine Batterie entlastet.

[28] Es versteht sich, dass gegebenenfalls die Wasseraufgabe nicht zur Gänze gestoppt werden braucht, solange die Wasserreste aus gefährdeten Bereichen ausreichend betriebssicher abgeführt werden.

[29] Es wird nach einem weiteren Aspekt der Erfindung kumulativ bzw. alternativ hierzu 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 Brennkammer 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.

[30] 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 beispielsweise 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 ein Fluid auch dem Abgasstrom aufgegeben werden. Das aufgegebene Fluid kann hierbei 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.

[31] 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.

[32] 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.

[33] 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.

[34] 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
5 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.

[35] Für eine weitere Ausgestaltung eines Axialkolbenmotors wird vorgeschlagen, dass im
10 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 werden.

[36] 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
20 angeordnet ist und der wärmeabgebende Teil des Wärmeübertragers zwischen der Expanderstufe und einer Umgebung angeordnet ist und wobei sich dieses Verfahren dadurch auszeichnet, dass dem durch den Wärmeübertrager strömende Brennmittelstrom 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 Brennmittelstrom verbessert werden, indem die spezifische Wärmekapazität des Brennmittelstromes durch die Aufgabe eines Fluides erhöht und somit auch der Wärmestrom zum Brennmittelstrom erhöht wird. Die Rückkopplung eines Energiestromes in den Kreisprozess des Axialkolbenmotors kann hierbei bei geeigneter Verfahrensführung wiederum eine Wirkungsgradsteigerung, insbesondere
25 eine Steigerung des thermodynamischen Wirkungsgrades, bewirken.
30

[37] 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.

- 5 [38] Ebenso kann dem Abgasstrom, falls dies beispielsweise 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
- 10 Wärme könnte somit auch mittelbar zur weiteren Erwärmung des Brennmittelstroms genutzt werden, so dass der Wirkungsgrad des Axialkolbenmotors hierdurch kaum negativ beeinflusst wird.

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

- 15 [40] Kumulativ oder alternativ hierzu kann abgeschiedenes Wasser dem Brennmittelstrom 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.
- 20

- [41] Vorteilhaft wird die Aufgabe von Wasser und/oder Brennstoff, wie vorstehend erläutert, 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 Abgas-
- 25 strang 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.

[42] Alternativ bzw. kumulativ hierzu kann die Aufgabe der Erfindung durch einen Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Verdichtungszyylinder, mit wenigstens einem Arbeitszylinder und mit wenigstens einer Druckleitung, durch welche verdichtetes Brennmittel von dem Verdichterzylinder zu dem Arbeitszylinder geleitet wird, gelöst werden, wobei der Brennmittelstrom von der Brennkammer zu dem Arbeitszylinder über wenigstens einen Steuerkolben gesteuert wird und wobei sich der Axialkolbenmotor dadurch auszeichnet, dass die Brennkammer einen Brennkammerboden aus verspiegeltem Metall aufweist.

[43] Die Verspiegelung einer metallenen Oberfläche bringt den Vorteil, dass der durch die hohe Temperaturdifferenz zwischen dem verbrannten Brennmittel und der metallenen Oberfläche entstehende Wandwärmestrom, zumindest für den durch Wärmestrahlung bewirkten Wandwärmestrom, verringert werden kann. Ein großer Anteil an Wirkungsgradeinbußen in einem Verbrennungsmotor entsteht durch diesen genannten Wandwärmestrom, weswegen durch eine Verringerung des Wandwärmestromes eine effiziente Möglichkeit gegeben ist, den thermodynamischen Wirkungsgrad des Axialkolbenmotor durch die vorgeschlagenen Lösungen der Erfindung zu steigern.

[44] Es versteht sich, dass einerseits auch nichtmetallische Oberflächen durch eine Verspiegelung einen Vorteil im thermodynamischen Wirkungsgrad erbringen können, und dass andererseits dieser Vorteil im thermodynamischen Wirkungsgrad kumulativ oder alternativ dadurch erreicht werden kann, dass ein anderes, ggf. jedes, mit Brennmittel in Kontakt stehende Bauteil des Axialkolbenmotors, sofern die Temperatur des Brennmittels höher ist als die Wandtemperatur, verspiegelt wird oder verspiegelt werden kann.

[45] Weiterhin versteht es sich, dass jede andere Oberflächenbeschichtung, welche in der Lage ist, den spektralen Reflexionsgrad der Bauteiloberflächen zu erhöhen, zum Einsatz kommen kann. Selbstverständlich ist ferner jegliche Oberflächenbeschichtung denkbar, welche alternativ oder kumulativ hierzu den durch Wärmeleitung und Konvektion bedingten Wärmeübergangskoeffizienten einer Bauteiloberfläche verringert, um den Anteil an thermodynamischen Verlusten zu verringern.

[46] Auch wird die Aufgabe der Erfindung unabhängig von den übrigen Merkmalen der Erfindung von einem Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Arbeitszylinder gelöst, der aus

einer kontinuierlich arbeitenden Brennkammer gespeist wird, wobei die Brennkammer vorteilhafter Weise zwei Verbrennungslufteingänge aufweist.

[47] Mittels mehrerer Verbrennungslufteingänge kann das Verbrennungsluftverhältnis Lambda (λ), also das Verhältnis von Sauerstoff zu Kraftstoff, besonders unproblematisch eingestellt werden. Bekannter Weise lässt sich bei einem Wert $\lambda = 1$ der gesamte Kraftstoff gut verbrennen, da genauso viel Sauerstoff zur Verfügung steht, wie zum Verbrennen des gesamten Kraftstoffs erforderlich ist. Oder aber es wird ein magereres Verbrennungsgemisch mit einem Wert $\lambda > 1$ mit einem Sauerstoffüberstoff eingestellt. Aber auch ein fetteres Verbrennungsgemisch mit $\lambda < 1$ und einem Sauerstoffdefizit kann besonders gleichmäßig und schnell eingestellt werden, wenn zwei Verbrennungslufteingänge vorgesehen sind. Insofern ist eine Verbrennungsluftzufuhr über die beiden Verbrennungslufteingänge auf zwei unterschiedlichen Ebenen vorteilhaft.

[48] Hierbei spielt es keine Rolle, wie die vorliegende Brennkammer des Axialkolbenmotors gestaltet ist. Beispielsweise kann die Brennkammer mit einer Vorbrennkammer und einer Hauptbrennkammer ausgestattet sein und so über eine vorteilhafte Zweistufenverbrennung verfügen.

[49] Eine Regelung der beiden Verbrennungslufteingänge kann vorteilhafter Weise drehzahlabhängig erfolgen. Alternativ kann eine Regelung aber auch leistungsabhängig vorgenommen werden, sodass in beiden Fällen eine wesentlich bessere Regelung der Verbrennungsluftzufuhr erzielt werden kann. Beispielsweise wird der zweite oder ein weiterer Verbrennungslufteingang zugeschaltet, wenn dies bei einem Betriebszustand des Axialkolbenmotors vorteilhaft ist.

[50] Sind zudem die beiden Verbrennungslufteingänge für unterschiedlich temperierte Verbrennungsluft ausgebildet, kann eine leichte Temperierung der Flamme in der Brennkammer ermöglicht werden, wodurch die Verbrennung einfacher kontrolliert werden kann.

[51] An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass nicht immer dieselben Verbrennungslufteingänge zur Brennkammer benutzt werden müssen. Vielmehr können vorteilhafter Weise auch Verbrennungslufteingänge verwendet werden, die beispielsweise in ein vorgelagertes Mischrohr zum Mischen von Brennmittel führen.

[52] Verfügt der Axialkolbenmotor über wenigstens einen Wärmeübertrager, ist es vorteilhaft, wenn ein erster Verbrennungslufteingang von Verbrennungsluft vor einem Wärmeübertrager und ein zweiter Verbrennungslufteingang von Verbrennungsluft hinter diesem oder einem anderen Wärmeübertrager gespeist wird. Hierdurch gelingt es auf baulich besonders einfache Weise unterschiedlich temperierte Verbrennungsluft bereitzustellen. Speziell hierbei kann eine Regelung der Verbrennungsluftzugänge auch anhand des Wirkungsgrads erfolgen.

[53] Gegebenenfalls kann auch eine separate Verbrennungsluftheizung, insbesondere für Anfahrvorgänge, vorgesehen sein, so dass Kraftstoff, der mit der Verbrennungsluft in Kontakt kommt, nicht unnötig abgekühlt wird.

10 [54] Die Aufgabe der Erfindung wird auch von einem Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Arbeitszylinder gelöst, der aus einer kontinuierlich arbeitenden Brennkammer gespeist wird und der einen Abgasauslass aufweist, wobei sich der Axialkolbenmotor durch einen Brennkammertemperatursensor zur Bestimmung der Temperatur in der Brennkammer auszeichnet.

15 [55] Ein derartiger Temperatursensor liefert auf einfache Weise einen aussagekräftigen Wert hinsichtlich der Qualität der Verbrennung bzw. hinsichtlich der Laufstabilität des Axialkolbenmotors.

[56] Als Temperatursensor kann jeder Sensor, beispielsweise ein Widerstandstemperaturfühler, ein Thermoelement, ein Infrarotsensor oder ähnliches zur Anwendung kommen.

20 [57] Vorzugsweise ist der Brennkammertemperatursensor derart ausgelegt bzw. angeordnet, dass er eine Flammtemperatur in der Brennkammer misst. Dieses ermöglicht es, besonders aussagekräftige Werte über die Verbrennung innerhalb der Brennkammer zu ermitteln.

[58] Der Brennkammertemperatursensor kann hierbei an einer nahezu beliebigen Stelle innerhalb der Brennkammer angeordnet sein. Beispielsweise können Brennkammertemperatursensoren im Bereich einer Vorbrennkammer und/oder einer Hauptbrennkammer vorgesehen sein.

25

- [59] Der Axialkolbenmotor kann insbesondere eine Brennkammerregelung umfassen, welche den Brennkammertempersensor als Eingangssensor umfasst und die Brennkammer derart regelt, dass die Brennkammertemperatur zwischen 1.000 °C und 1.500 °C liegt. Auf diese Weise kann über einen verhältnismäßig einfachen und mithin betriebssicheren und sehr schnellen Regelkreis gewährleistet werden, dass der Axialkolbenmotor äußerst wenig Schadstoffe produziert. Insbesondere die Gefahr, dass Ruß entsteht, lässt sich auf ein Minimum reduzieren. Die Brennkammertemperatur kann besonders schnell und damit vorteilhaft geregelt werden, wenn zwei oder auch mehr Verbrennungsluftzufuhren, insbesondere mit unterschiedlich temperierter Verbrennungsluft, genutzt werden.
- 10 [60] Darüber hinaus kann der Axialkolbenmotor kumulativ bzw. alternativ hierzu einen Abgastempersensor zur Bestimmung der Abgastemperatur umfassen. Durch einen derartigen Abgastempersensor kann ebenfalls auf technisch einfache Weise der Betriebszustand einer kontinuierlich arbeitenden Brennkammer überprüft und geregelt werden.
- 15 [61] Eine derartige Regelung stellt insbesondere auf einfache Weise eine ausreichende und vollständige Verbrennung von Kraftstoff sicher, so dass der Axialkolbenmotor einen optimalen Wirkungsgrad bei minimalem Schadstoffausstoß aufweist.
- 20 [62] Vorteilhafter Weise umfasst die Brennkammerregelung den Abgastempersensor als Eingangssensor. Bevorzugt wird die Brennkammer derart geregelt, dass die Abgastemperatur in einem Betriebszustand, vorzugsweise im Leerlauf, zwischen 850 °C und 1.200 °C liegt. Letzteres kann beispielsweise durch die geeignete Aufgabe von Wasser und/oder ein geeignetes Vorwärmen des Brennmittels, insbesondere von Luft, geschehen, indem beispielsweise die Wassertemperatur oder Wassermenge oder aber der Anteil an in einem Wärmeübertrager vorgewärmter bzw. an nicht vorgewärmter Luft entsprechend des vorgenannten Erfordernisses gesteuert wird. Eine derartige Regelung anhand einer Wasserkühlung ist aus dem eingangs relevanten Stand der Technik nicht bekannt.
- 25 [63] Ein solcher Betriebszustand ist vorteilhafter Weise ein Leerlauf des Axialkolbenmotors, wodurch eine weitere Schadstoffreduzierung erreicht werden kann.

[64] Um vorliegend insbesondere auch eine Vorbrennkammertemperatur vorteilhaft regeln zu können, kann der Brennkammertemperatursensor kumulativ oder alternativ auch ein Vorkammertemperatursensor umfassen.

[65] Ebenso kann der Brennkammertemperatursensor als Hauptbrennkammertemperatursensor ausgebildet sein, um dort die Betriebsbedingungen erfassen zu können. Hierbei versteht es sich, dass – je nach konkreter Umsetzung vorliegender Erfindung – auch sowohl Vor- als auch Hauptbrennkammertemperatursensoren vorgesehen sein können.

[66] Weitere Vorteile, Ziele und Eigenschaften vorliegender Erfindung werden anhand nachfolgender Beschreibung anliegender Zeichnung erläutert, in welcher beispielhaft verschiedene Axialkolbenmotoren und deren Baugruppen dargestellt sind. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Schnittdarstellung einer Kraftstoffheizung eines Axialkolbenmotors für dessen Vorbrenner;

Figur 2 eine schematische Schnittdarstellung eines Rückschlagventils vor einer Vorbrennkammer eines Axialkolbenmotors;

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 Schnittdarstellung eines Axialkolbenmotors mit zwei Wärmeübertragern und mit einem Brennmittelspeicher, an welchem die Baugruppen aus den Figuren 1 und 2 vorteilhaft eingesetzt werden können;

Figur 5 eine schematische Ansicht eines weiteren Axialkolbenmotors, an welchem die Baugruppen aus den Figuren 1 und 2 ebenfalls vorteilhaft eingesetzt werden können;

Figur 6 eine schematische Detailansicht eines weiteren Axialkolbenmotors mit einer wassergekühlten Brennkammer;

Figur 7 eine Ausschnittvergrößerung der Darstellung nach Figur 6; und

Figur 8 eine schematische Detailansicht eines weiteren Axialkolbenmotors mit einer wassergekühlten Brennkammer in ähnlicher Darstellung wie Figur 7.

[67] Die in der Figur 1 gezeigte Kraftstoffaufbereitung 980 ist einer Vorbrennkammer 927 eines Axialkolbenmotors 901 vorgeschaltet und umfasst eine Kraftstoffheizung 981 in Gestalt

einer Glühkerze 982. Die Glühkerze 982 korrespondiert hierbei mit einem Mischrohr 983 zum Mischen von Kraftstoff 928 und Verbrennungsluft 929. Die Verbrennungsluft 929 wird dem Mischungsrohr 983 mittels einer hierzu axial fluchtenden Verbrennungsluftzufuhr 984 zugeführt. Zum Zuführen des Kraftstoffs 928 umfasst die Kraftstoffaufbereitung 980 ein Kraftstoff-
5 einspritzsystem 985 mit einer Aufbereitungsdüse 912, die radial zu dem Mischrohr 983 platziert ist. Derart angeordnet kann die Aufbereitungsdüse 912 den Kraftstoff 928 in einen Verdampfer 986 aufgeben, wobei der Kraftstoff 928 mittels der Glühkerze 982 besonders effektiv verdampft werden kann, bevor er dem Mischrohr 983 zugeführt wird.

[68] Derart vermischte Brennmittel – Kraftstoff 928 und Verbrennungsluft 929 – können
10 dann der Vorbrennkammer 927 aufgeben werden, um dort beispielsweise durch Selbstzündung vollständig zu verbrennen. Insbesondere in einer Startphase des Axialkolbenmotors 901, speziell wenn der Axialkolbenmotor 901 noch kalt und weit entfernt von seiner Betriebstemperatur ist, kann das Zünden der Brennmittel erleichtert werden, indem eine Zündkerze 987 die Brennmittel zündet. Hierzu ragt die Zündkerze 987 eingangsseitig in die Vorbrennkammer 927 hinein.
15 Eine solche Zündkerze 987 kann alternativ auch einem Mischrohr 983 zugeordnet sein und dementsprechend in das Mischrohr 983 hinein ragen.

[69] Im Bereich des Kraftstoffeinspritzsystems 985 ist noch eine Kühlung 988 durch Wasser vorgesehen, mittels welcher ein Überhitzen des Kraftstoffeinspritzsystems 985 wirkungsvoll unterbunden werden kann. Bei diesem Ausführungsbeispiel gelangt das Wasser nicht in einen
20 Vorbrenner sondern wird anschließend unmittelbar in eine Brennkammer, die hinter sowohl einem Vorbrenner als auch einem Hauptbrenner angeordnet ist, aufgegeben, wie nachfolgend im Detail erläutert wird. In einer alternativen Ausführungsform kann das Wasser auch in der Kraftstoffaufbereitung 980 oder unmittelbar in die Verbrennkammer 927 gegeben werden, beispielsweise auch gemeinsam mit dem Kraftstoff.

25 [70] Gemäß der schematischen Schnittdarstellung der Figur 2 ist bei dem zweiten Ausführungsbeispiel ein Rückschlagventil 1095 vor einer Vorbrennkammer 1027 eines Axialkolbenmotors 1001 vorgesehen, wobei das Rückschlagventil 1095 in an sich bekannter Weise einen Ventilsitz 1096 und eine hierzu korrespondierende Keramikventilkugel 1097 umfasst. Im Übrigen entspricht die Kraftstoffaufbereitung 1080 der Kraftstoffaufbereitung 980.

[71] Das Rückschlagventil 1095 ist in diesem Ausführungsbeispiel zwischen einem Mischrohr 1083 einer Kraftstoffaufbereitung 1080 und einer hierzu axial fluchtenden Verbrennungsluftzufuhr 1084 angeordnet.

5 [72] Die Kraftstoffaufbereitung 1080 umfasst eine Kraftstoffheizung 1081 in Gestalt einer Glühkerze 1082 und einer Aufbereitungsdüse 1012 mit einem Verdampfer 1086. Mittels der Glühkerze 1082 kann ein von der Aufbereitungsdüse 1012 eingespritzter Kraftstoff im Verdampfer 1086 verdampft werden, bevor er gasförmig dem Mischrohr 1083 zugeführt wird.

10 [73] Insbesondere bei Startvorgängen des Axialkolbenmotors 1001 kann das Rückschlagventil 1095 dazu beitragen, eine Verbrennung von Brennmitteln innerhalb der Vorbrennkammer 1027 zu vergleichmäßigen, wobei ein Zünden der in der Vorbrennkammer 1027 aufgegebenen Brennmittel durch eine zusätzliche Zündkerze 1087 noch verbessert bzw. unterstützt werden kann.

15 [74] Sowohl die in der Figur 1 beispielhaft beschriebene Kraftstoffaufbereitung 980 als auch das beispielhaft in der Figur 2 beschriebene Rückschlagventil 1095 können an nahezu beliebig ausgestalteten Axialkolbenmotoren mit wenigstens einem Arbeitszylinder, der aus einer kontinuierlich arbeitenden Brennkammer gespeist wird, und mit einer Vorbrennkammer und einer Hauptbrennkammer ausgestattet ist, vorteilhaft eingesetzt werden, um den jeweiligen Wirkungsgrad eines diesbezüglichen Axialkolbenmotors zu verbessern. Insbesondere kann das Rückschlagventil 1095 auch bei der Kraftstoffaufbereitung 980 entsprechend zur Anwendung
20 kommen, wobei es ggf. auch an anderer Stelle und nicht genau im Mischrohr vorgesehen sein kann. Im Nachfolgenden sind beispielhaft lediglich drei Axialkolbenmotoren 201, 401 und 501 erläutert, bei denen die Kraftstoffaufbereitung 980 bzw. das Rückschlagventil 1085 vorteilhaft zum Einsatz kommen können.

25 [75] Hierbei können insbesondere die Mischrohre 983, 1083 auch exzentrisch in die Vorbrennkammern 927, 1027 münden. Ebenso können die Zündkerzen 987, 1087 in dem Mischrohr 983, 1083 oder an anderer geeigneter Stelle vorgesehen sein.

[76] Der beispielhaft in der Figur 3 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) 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 angeordneter 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.

[77] 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.

[78] Die Abgaskanäle 225 münden jeweils in Wärmeübertrager 270 und verlassen anschließend den Axialkolbenmotor 201 an entsprechenden Auslässen 227 in an sich bekannter Weise. 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 selbst bereits eine schalldämpfende Wirkung haben.

[79] 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.

[80] Der Axialkolbenmotor 201 weist zwei 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, 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.

[81] 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 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, wie dieses bei vorliegendem Ausführungsbeispiel in Bezug auf Verbrennungsluft der Fall ist. Auch ist es denkbar, der Verbrennungsluft bereits vor oder während der Verdichtung Wasser aufzugeben, dieses ist jedoch ohne Weiteres auch im Nachhinein, beispielsweise in der Druckleitung 255 möglich.

[82] Die Aufgabe von Wasser kann beispielsweise in den Verdichterzylinder 260 während eines Saughubes des entsprechenden Verdichterkolbens 250 erfolgen, 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.

[83] Vorzugsweise wird der Kraftstoff wie vorstehend beschrieben aufbereitet. Je nach konkretem Ausführungsbeispiel kann jedoch hierauf verzichtet werden.

[84] 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 Abgas-

nachbehandlung, 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 selbstverständlich in Verbindung mit einem Kondensator ausgeführt werden. Weiterhin ist selbstverständlich 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.

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

[86] 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.

[87] Nach getaner Arbeit verlässt das Arbeitsmedium die Arbeitszylinder 420 jeweils durch Abgaskanäle 425, welche zu Wärmeübertragern 470 führen, wobei diese Wärmeübertrager 470 identisch den Wärmeübertragern 270 des Axialkolbenmotors 201 nach der Figuren 3 angeordnet sind. Das Arbeitsmedium verlässt die Wärmeübertrager 470 durch Auslässe 427 (exemplarisch beziffert).

[88] 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.

[89] 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.

[90] 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, in welcher ebenfalls ein Ventil 482 angeordnet ist.

[91] 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, wenn der Axialkolbenmotor 401 im Schubetrieb 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.

[92] Das auf diese Weise gespeicherte Brennmittel kann dem Axialkolbenmotor 401 bei Bedarf, insbesondere also bei Anfahr- oder Beschleunigungssituationen sowie zum Starten,

ergänzend zugeführt werden, so dass ohne zusätzliche oder schnellere Bewegungen der Verdichterkolben 450 ein Überschuss an Brennmittel bereitgestellt wird.

[93] 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
5 dauerhafte Speicherung verdichteten Brennmittels wenig geeignet.

[94] 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-
10 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-
15 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.

[95] Es versteht sich, dass der Axialkolbenmotor 401 in einer anderen, hier nicht explizit gezeigten Ausführungsvarianten mit zwei Brennmittelspeichern 480 ausgerüstet werden kann,
20 wobei die zwei Brennmittelspeicher 480 dann auch mit unterschiedlichen Drücken beladen werden können, sodass mit den zwei Brennmittelspeichern 480 in Echtzeit immer mit unterschiedlichen Druckintervallen gearbeitet werden kann.

[96] Vorzugsweise ist hierbei eine Druckregelung vorgesehen, die für den ersten Brennmittelspeicher 480 eine erste Druckuntergrenze und eine erste Druckobergrenze und für den zwei-
25 ten 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.

[97] In den Figuren 3 und 4 nicht explizit dargestellt sind Temperatursensoren zur Temperaturmessung des Abgases bzw. in der Brennkammer. Als derartige Temperatursensoren kommen alle Temperatursensoren in Frage, die betriebssicher Temperaturen zwischen 800 °C und 1.100 °C und mehr messen können. Insbesondere wenn die Brennkammer eine Vorbrennkammer und eine Hauptbrennkammer umfasst, kann über derartige Temperatursensoren die Temperatur der Vorbrennkammer aber auch die Temperatur der Hauptbrennkammer gemessen werden. Insoweit können die vorstehend beschriebenen Axialkolbenmotoren 201 und 401 jeweils über die Temperatursensoren derart geregelt werden, dass die Abgastemperatur bei Verlassen der Arbeitszylinder 220 und 420 ungefähr 900 °C und – falls vorhanden – die Temperatur in der Vorbrennkammer ungefähr 1.000 °C beträgt.

[98] Bei dem gemäß der Darstellung nach der Figur 5 beispielhaft gezeigten weiteren Axialkolbenmotor 501 sind derartige Temperatursensoren in Gestalt eines Vorkammertemperatursensors 592 und zweier Abgastemperatursensoren 593 vorhanden und entsprechend schematisch dargestellt. Insbesondere mittels des Vorkammertemperatursensors 592 – 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. Mittels 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.

[99] Ansonsten entsprechen der Aufbau und die Funktionsweise des weiteren Axialkolbenmotors 501 denen der zuvor beschriebenen Axialkolbenmotoren. Insofern 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.

[100] 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
5 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. Vorzugsweise ist der Druck, mit welchem die Verbrennungsluft dem Vorbrenner 517 aufgegeben wird, höher als der Druck, mit welchem Verbrennungsluft dem
10 Hauptbrenner 518 aufgegeben wird. Dieses kann insbesondere einfach dadurch erreicht werden, dass für die entsprechenden Zufuhrleitungen Leitungssysteme mit entsprechend unterschiedlichen Strömungswiderständen genutzt werden. Insbesondere kann beispielsweise für die dem Vorbrenner 517 aufzugebene Verbrennungsluft ein kürzerer oder gar kein Wärmeübertrager
15 genutzt werden, während die dem Hauptbrenner 518 aufzugebene Verbrennungsluft über die in der Zeichnung dargestellten Wärmeübertrager geführt wird.

[101] 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.

[102] 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, wobei bei diesem Ausführungsbeispiel die mittels der Aufbereitungsdüse 512 eingedüsten
20 Brennmittel über einen Löcherkranz 523 mit Verbrennungsluft vermischt werden .
25

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

[104] 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.

5 Auf diese Weise kann der Kraftstoff aus der Hauptdüse 511 durch den Vorbrenner 517 aufbereitet und insbesondere thermisch zerlegt werden, bevor er in den Brennraum 526 gelangt.

[105] In den Hauptbrenner 518 wird bei diesem Ausführungsbeispiel ohne weitere Luftzufuhr Brennstoff bzw. Kraftstoff aus der Hauptdüse 511 eingespritzt und, wie bereits vorstehend erläutert, durch den Vorbrenner 517 thermisch zerlegt. Hierzu wird die der die Hauptdüse 511 durchströmenden Brennstoffmenge entsprechende Verbrennungsluftmenge in einen Brennraum 10 526 hinter dem Vorbrenner 517 bzw. dem Hauptbrenner 518 eingeleitet, wozu eine separate Verbrennungsluftzufuhr 504 vorgesehen ist, die in den Brennraum 526 mündet.

[106] Die separate Verbrennungsluftzufuhr 504 ist hierzu an eine Prozessluftzufuhr 521, die über die hier nicht gezeigten Wärmeübertrager geführt wird, angeschlossen, wobei eine weitere 15 Verbrennungsluftzufuhr 522 unmittelbar aus dem Verdichter bzw. Verdichterkolben 550 mit Verbrennungsluft versorgt werden kann, welche hierbei einen Löcherkranz 523 mit Verbrennungsluft versorgen. Der Löcherkranz 523 ist hierbei der Aufbereitungsdüse 512 zugeordnet. Insofern kann der mit der Aufbereitungsdüse 512 eingespritzte Brennstoff zusätzlich mit Prozessluft vermischt in den Vorbrenner 517 bzw. in die konische Kammer 513 des Hauptbrenners 20 518 eingespritzt werden.

[107] Des Weiteren umfasst die Brennkammer 510, insbesondere der Brennraum 526, eine keramische Baugruppe 506, welche bei diesem Ausführungsbeispiel luftgekühlt ist. Die keramische Baugruppe 506 umfasst hierbei eine keramische Brennkammerwand 507, welche wiederum von einem profilierten Stahlrohr 508 umgeben ist. Um dieses profilierte Rohr 508 erstreckt 25 sich eine Kühlluftkammer 509, die über eine Kühlluftkammerzufuhr 524 mit der Prozessluftzufuhr 521 verbunden ist.

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

[109] 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.

[110] In an sich bekannter Weise erfolgt mittels der Verdichterkolben 550 eine Verdichtung der Prozessluft, gegebenenfalls auch einschließlich eines eingespritzten Wassers, welches gegebenenfalls zu einer zusätzlichen Abkühlung genutzt werden kann. Erfolgt die Aufgabe des Wassers oder von Wasserdampf während eines Saughubs des entsprechenden Verdichterkolbens 550, kann speziell eine isotherme 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.

[111] Hierdurch können gegebenenfalls Abgase in einem oder mehreren hier nicht dargestellten Wärmeübertragern (siehe aber Figur 4) wesentlich tiefer abgekühlt werden, wenn die Prozessluft über einen oder mehrerer derartiger Wärmeübertrager vorgewärmt und als Brennmittel zur Brennkammer 510 geführt werden soll, wie dies beispielsweise zumindest in dem vorstehend erläuternden Ausführungsbeispiel der Figur 4 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.

[112] Zusätzlich kann die Prozessluft durch einen Kontakt mit weiteren Baugruppen des Axialkolbenmotors 501, welche gekühlt werden müssen, weiter vorgewärmt bzw. erhitzt werden, 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.

[113] Jeder der Arbeitszylinder 520 des Axialkolbenmotors 501 ist über einen Schusskanal 515 mit der Brennkammer 510 verbunden, sodass ein gezündetes Kraftstoff-Luft-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.

[114] 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. Somit ist die Anzahl der Steuerkolben 531 des weiteren Axialkolbenmotors 501 von der Anzahl der Arbeitszylinder 520 vorgegeben.

[115] 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.

[116] 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.

[117] 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 mit einer Beschichtung mit erhöhtem spektralen Refle-

xionsgrad 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 den 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.

[118] 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 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 bzw. sein Material vor einem direkten Kontakt mit korrosiven Verbrennungsprodukten oder mit zu hohen Temperaturen zu schützen. Der Brennkammerboden 548 wiederum kann mit einer weiteren keramischen oder metallischen Beschichtung, insbesondere einer Verspiegelung, auf seiner Oberfläche behaftet sein, welche einerseits die aus der Brennkammer 510 auftretende Wärmestrahlung durch Erhöhung des Reflexionsgrades und andererseits die Wärmeleitung durch Verringerung der Wärmeleitfähigkeit vermindert.

[119] Es versteht sich, dass der weitere Axialkolbenmotor 501 beispielsweise ebenfalls mit wenigstens einem Brennmittelspeicher und entsprechenden Ventilen ausgerüstet werden kann, wobei dies in dem konkreten Ausführungsbeispiel nach der Figur 5 jedoch nicht explizit gezeigt ist. Auch bei dem weiteren Axialkolbenmotor kann der Brennmittelspeicher in doppelter Ausführung vorgesehen werden, um komprimierte Brennmittel mit unterschiedlichen Drücken speichern zu können. Die zwei vorhandenen Brennmittelspeicher können hierbei an entsprechenden Druckleitungen der Brennkammer 510 angeschlossen sein, wobei die Brennmittelspeicher über Ventile mit den Druckleitungen fluidisch verbindbar oder trennbar sind. Insbesondere können

- zwischen den Arbeitszylindern 520 bzw. Verdichterzylindern 560 und dem Brennmittelspeicher Absperrventile 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, 5
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. 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 10
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.
- 15 [120] In der Zeichnung nicht dargestellt ist eine Wärmeisolation der Wärmeübertrager 270, 470 bzw. der nicht dargestellten Wärmeübertrager des Axialkolbenmotors 501. Hierzu wird ein Asbestersatz in geeigneter Weise um die jeweiligen Wärmeübertrager gelegt, der anschließend durch ein Gehäuse gesichert wird. Hierdurch ist gewährleistet, dass bei diesen Ausführungsbeispielen die Außentemperatur des Axialkolbenmotors im Bereich der Wärmeübertrager bei nahe- 20
zu 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.
- 25 [121] Die in Figuren 6 bis 8 dargestellten weiteren Axialkolbenmotoren 1101 und 1201 entsprechen im Wesentlichen dem Axialkolbenmotor 501, so dass diesbezüglich auf eine erneute Erläuterung der Wirkungs- und Arbeitsweise verzichtet wird. Wesentlicher Unterschied zwischen den Axialkolbenmotoren 1101 und 1201 einerseits und dem Axialkolbenmotor 501 andererseits ist die Kühlung der Brennkammer 1110 bzw. 1210, die bei den Axialkolbenmotoren 1101 und 1201 über Wasser erfolgt. Hierzu weisen beide Axialkolbenmotoren 1101 und 1201 30
jeweils eine Wasserkammer 1109A, 1209A auf, welche die Brennkammer 1110, 1210 umgibt

und über eine Zufuhrleitung 1109B, 1209B mit flüssigem Wasser gespeist wird. Hierzu wird über die Zufuhrleitung 1109B, 1209B jeweils Wasser mit Brennkammerdruck zugeführt.

[122] Dieses Wasser wird über Stichkanäle 1109C, 1209C jeweils einem Ringkanal 1109D, 1209D aufgegeben, der mit einem Stahlrohr 1108A, 1208A in Kontakt steht, das seinerseits das profilierte Rohr 1108, 1208 der jeweiligen Brennkammer 1110, 1210 umgibt und derart dimensioniert ist, dass sowohl zwischen dem profilierten Rohr 1108, 1208 und dem Stahlrohr 1108A, 1208A einerseits als auch zwischen dem Stahlrohr 1108A, 1208A und dem die Stichkanäle 1109C, 1209C aufweisenden Gehäuseteil andererseits jeweils ein Ringspalt (nicht beziffert) verbleibt und dass die beiden Ringspalten über das dem Ringkanal 1109D, 1209D abgewandte Ende des Stahlrohres 1108A, 1208A miteinander verbunden sind. Es versteht sich hierbei, dass die Rohre 1108, 1108A, 1208, 1208A auch aus einem anderen Material als aus Stahl gebildet sein können.

[123] Oberhalb der profilierten Rohre 1108, 1208 sind bei den Axialkolbenmotoren 1101, 1201 jeweils weitere Ringkanäle 1109E, 1209E vorgesehen, die einerseits mit dem jeweilig radial innen liegenden Ringspalt verbunden sind und andererseits sich über Kanäle 1109F, 1209F zu einer Ringdüse 1109G, 1209G öffnen, die in die jeweilige Brennkammer 1110, 1210 führt. Die Ringdüse ist hierbei axial zur Brennkammerwand 1107, 1207 ausgerichtet, so dass das Wasser die Brennkammerwand 1107, 1207 auch brennkammerseitig schützen kann.

[124] Es versteht sich, dass das Wasser auf seinem Weg von der Zufuhrleitung 1109B, 1209B zu der Brennkammer 110, 1210 jeweils verdampft 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. Der Axialkolbenmotor 1201 weist darüber hinaus einen Hauptkammertemperatursensor 1292A zur Motorregelung und einen Wassertemperatursensor 1192B zur Motorregelung auf. Ein Vorkammertemperatursensor ist bei diesem Ausführungsbeispiel nicht dargestellt. Ebenso kann der Axialkolbenmotor 1101 entsprechende Sensoren kumulativ bzw. alternativ aufweisen.

Bezugszeichenliste:

201	Axialkolbenmotor	455	Druckleitung
205	Gehäusekörper	456	Ringkanal
210	Brennkammer	35 457	Zuleitung
5 215	Schusskanal	460	Verdichterzylinder
220	Arbeitszylinder	470	Wärmeübertrager
225	Abgaskanal	480	Brennmittelspeicher
227	Auslass	481	Speicherleitung
230	Arbeitskolben	40 485	Ventil
10 235	Pleuelstange	501	Axialkolbenmotor
240	Kurvenbahn	502	Hauptbrennrichtung
241	Abtriebswelle	503	Symmetrieachse
242	Abstandhalter	45 504	Verbrennungsluftzufuhr
250	Verdichterkolben	505	Gehäusekörper
15 255	Druckleitung	506	keramische Baugruppe
257	Zuleitung	507	keramische Brennkammerwand
260	Verdichterzylinder	508	profiliertes Stahlrohr
270	Wärmeübertrager	50 509	Kühlluftkammer
20 401	Axialkolbenmotor	510	Brennkammer
405	Gehäusekörper	511	Hauptdüse
410	Brennkammer	512	Aufbereitungsdüse
415	Schusskanal	513	konische Kammer
420	Arbeitszylinder	55 514	zylindrische Kammer
25 425	Abgaskanal	515	Schusskanal
427	Auslass	516	erste Strahlrichtung
430	Arbeitskolben	517	Vorbrenner
435	Pleuelstange	518	Hauptbrenner
440	Kurvenbahn	60 519	weitere Strahlrichtung
30 441	Abtriebswelle	520	Arbeitszylinder
442	Abstandhalter	521	Prozessluftzufuhr
450	Verdichterkolben	522	weitere Verbrennungsluftzufuhr

	523	Löcherkranz		981	Kraftstoffheizung
	524	Kühlluftkammerzufuhr		982	Glühkerze
	525	Abgaskanal	35	983	Mischrohr
	526	Brennraum		984	fluchtende Verbrennungsluftzu- fuhr
5	530	Arbeitskolben		985	Kraftstoffeinspritzsystem
	531	Steuerkolben		986	Verdampfer
	532	Steuerkolbendeckel		987	Zündkerze
	533	Steuerkolbenkurvenbahn	40	988	Kühlung
	534	Abstandhalter			
10	535	Pleuelstange			
	536	Pleuellaufräder		1001	Axialkolbenmotor
	537	Antriebskurvenbahnträger		1012	Aufbereitungsdüse
	538	Wasserkühlung	45	1027	Vorbrennkammer
	539	Schusskanalring		1080	Kraftstoffaufbereitung
15	540	Kurvenbahn		1081	Kraftstoffheizung
	541	Abtriebswelle		1082	Glühkerzen
	543	Hubbewegung		1083	Mischrohr
	545	innere Kühlkanäle	50	1084	fluchtende Verbrennungsluftzu- fuhr
	546	mittlere Kühlkanäle			
20	547	äußere Kühlkanäle		1086	Verdampfer
	548	Brennkammerboden		1087	Zündkerze
	550	Verdichterkolben		1095	Rückschlagventil
	560	Verdichterzylinder	55	1096	Ventilsitz
	592	Vorkammertemperatursensor		1097	Keramikventilkugel
25	593	Abgastemperatursensor			
				1101	Axialkolbenmotor
	901	Axialkolbenmotor		1102	Hauptbrennrichtung
	912	Aufbereitungsdüse	60	1104	Verbrennungsluftzufuhr
	927	Vorbrennkammer		1106	keramische Baugruppe
30	928	Kraftstoff		1107	keramische Brennkammerwand
	929	Verbrennungsluft		1108	profiliertes Rohr
	980	Kraftstoffaufbereitung		1108A	Stahlrohr

	1109A	Wasserkammer		1208	profiliertes Rohr
	1109B	Zufuhrleitung für flüssiges wasser	25	1208A	Stahlrohr
	1109C	Stichkanal		1209A	Wasserkammer
5	1109D	Ringkanal		1209B	Zufuhrleitung für flüssiges wasser
	1109E	Ringkanal		1209C	Stichkanal
	1109F	Kanal	30	1209D	Ringkanal
	1109G	Ringdüse		1209E	Ringkanal
	1110	Brennkammer		1109F	Kanal
10	1111	Hauptdüse		1109G	Ringdüse
	1112	Aufbereitungsdüse		1210	Brennkammer
	1113	konische Kammer	35	1211	Hauptdüse
	1114	zylindrische Kammer		1212	Aufbereitungsdüse
	1117	Vorbrenner		1213	konische Kammer
15	1118	Hauptbrenner		1214	zylindrische Kammer
	1121	Verbrennungsluftzufuhr		1217	Vorbrenner
	1123	Löcherkranz	40	1218	Hauptbrenner
	1192	Vorkammertemperatursensor		1221	Verbrennungsluftzufuhr
				1222	Verbrennungsluftzufuhr
20	1201	Axialkolbenmotor		1223	Löcherkranz
	1202	Hauptbrennrichtung		1292A	Hauptkammertemperatursensor
	1206	keramische Baugruppe	45	1292B	Wassertemperatursensor
	1207	keramische Brennkammerwand			

Patentansprüche:

1. Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Arbeitszylinder, der aus einer kontinuierlich arbeitenden Brennkammer gespeist wird, **gekennzeichnet durch** eine Brennkammerregelung, die eine Wasseraufgabe in die Brennkammer umfasst.
- 5 2. Axialkolbenmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasseraufgabe unabhängig von einer Wasseraufgabe in oder vor einem Brennmittelverdichter vorgesehen ist.
3. Axialkolbenmotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Axialkolbenmotor einen Brenner aufweist, der einen Vorbrenner und einen Hauptbrenner umfasst,
10 und die Wasseraufgabe in eine Hauptbrennkammer erfolgt.
4. Axialkolbenmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Axialkolbenmotor einen Brenner aufweist, der einen Vorbrenner und einen Hauptbrenner umfasst, und die Wasseraufgabe in eine Vorbrennkammer erfolgt.
5. Axialkolbenmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die
15 Wasseraufgabe zur Regelung einer Abgastemperatur genutzt wird.
6. Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Arbeitszylinder, der aus einer kontinuierlich arbeitenden Brennkammer gespeist wird, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammer eine Zufuhrleitung für flüssiges Wasser aufweist.
- 20 7. Axialkolbenmotor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das durch die Zufuhrleitung zugeführte Wasser vor Eintritt in die Brennkammer verdampft.
8. Axialkolbenmotor nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Zufuhrleitung eine Druckleitung ist, die Brennkammerdruck oder mehr aufweist.
9. Axialkolbenmotor nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das
25 Wasser aus der Zufuhrleitung für flüssiges Wasser zur Brennkammerkühlung genutzt wird.

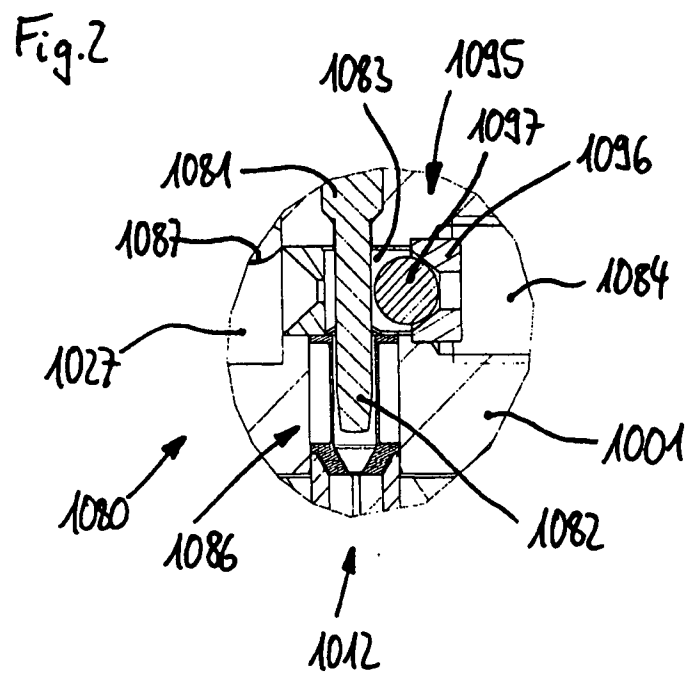
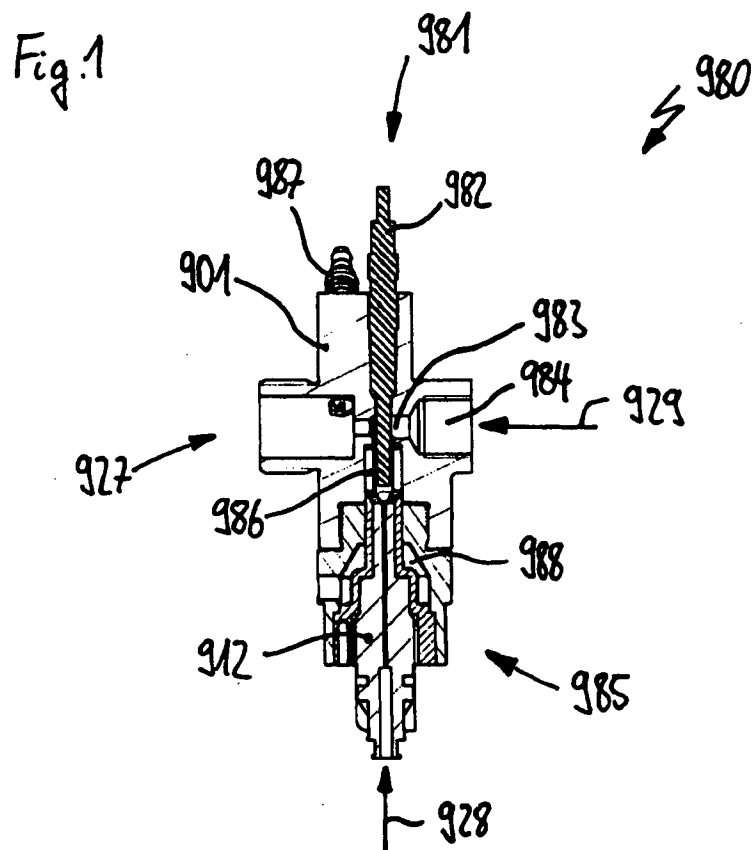
10. Axialkolbenmotor nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Wasser entlang einer Brennkammerwandung in die Brennkammer gegeben wird.
11. Axialkolbenmotor nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkammer eine Wasserdüse für das Wasser aus der Zufuhrleitung für flüssiges Wasser aufweist und die Wasserdüse eine Strahlrichtung mit einer axialen Richtungskomponente aufweist.
5
12. Axialkolbenmotor nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Axialkolbenmotor einen Brenner aufweist, der einen Vorbrenner und einen Hauptbrenner umfasst, und die Zufuhrleitung für flüssiges Wasser in Brennkammer einer hinter sowohl dem Vorbrenner als auch dem Hauptbrenner vorgesehene Brennkammer mündet.
10
13. Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Arbeitszylinder, der aus einer kontinuierlich arbeitenden Brennkammer gespeist wird, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor einem Betriebsende des Axialkolbenmotors eine Wasseraufgabe gestoppt und der Axialkolbenmotor eine definierte Zeitspanne ohne Wasseraufgabe betrieben wird.
15
14. Axialkolbenmotor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasseraufgabe als Wasserdampf unmittelbar in eine Brennkammer erfolgt.
15. Axialkolbenmotor nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasseraufgabe durch Vermischen des Wassers mit Brennmittel erfolgt.
- 20 16. 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 Wärmeüber-
25

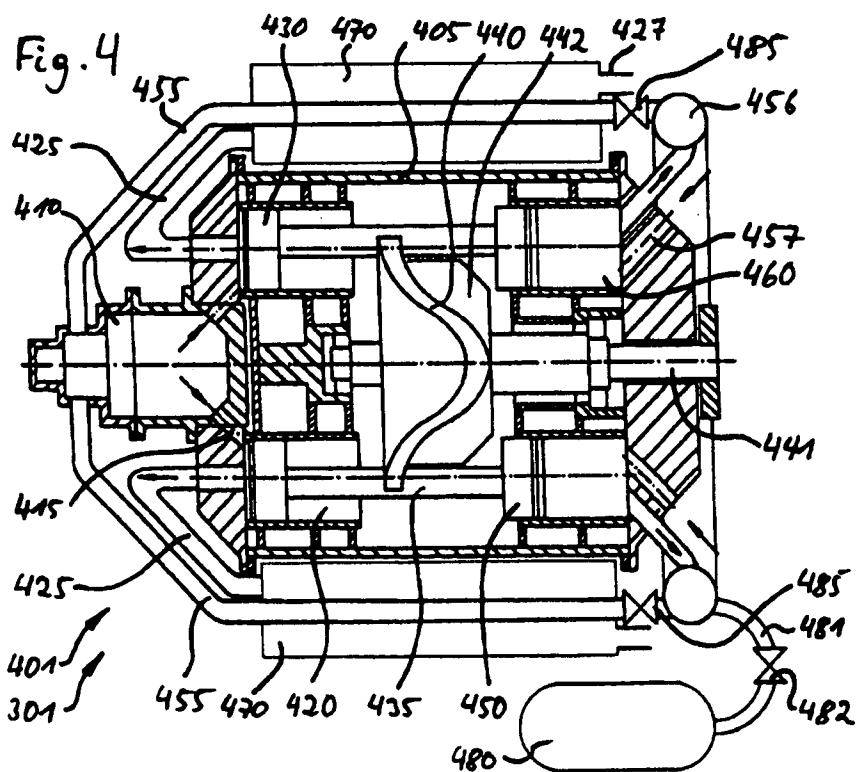
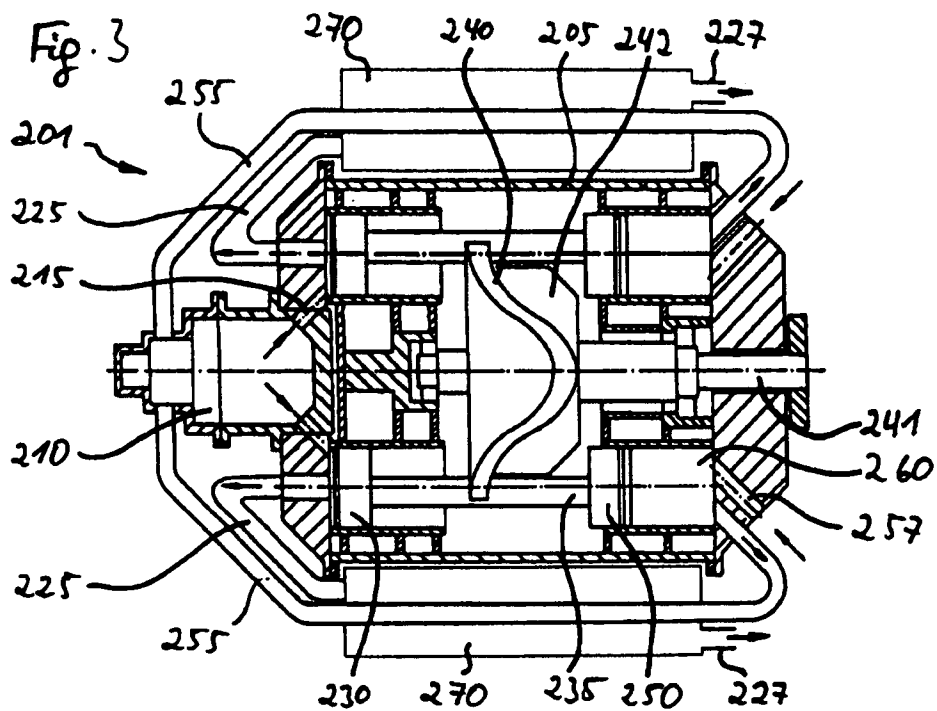
tragers stromabwärts und/oder stromaufwärts Mittel zur Aufgabe wenigstens eines Fluides aufweist.

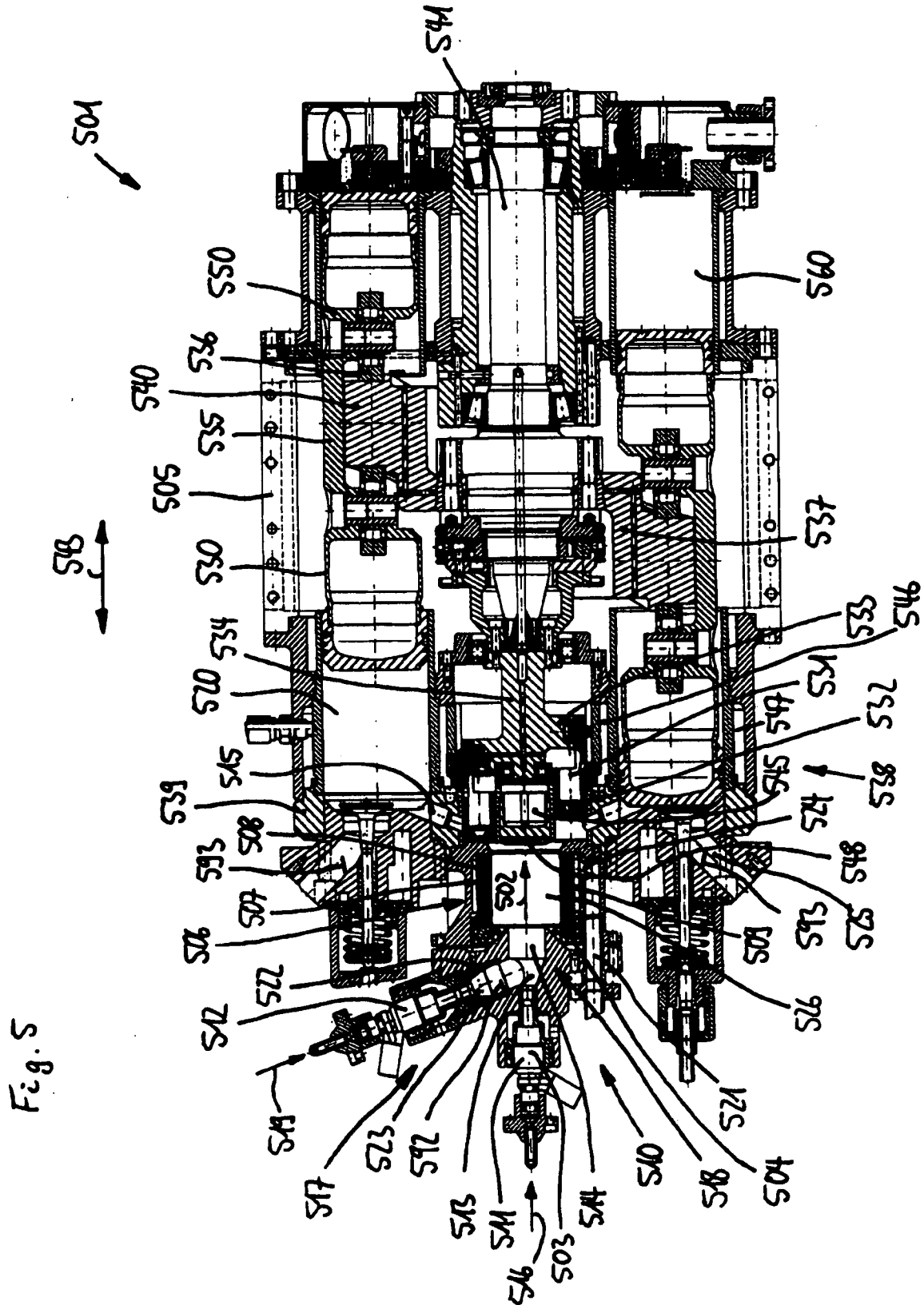
17. Axialkolbenmotor nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid Wasser und/oder Brennstoff ist.
- 5 18. Axialkolbenmotor nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass im wärmeabgebenden Teil des Wärmeübertragers oder stromabwärts des wärmeabgebenden Teils des Wärmeübertragers ein Wasserabscheider angeordnet ist.
19. Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Arbeitszylinder, der aus einer kontinuierlich arbeitenden Brennkammer gespeist wird, insbesondere auch nach einem der vorstehenden
10 Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brennkammer zwei Verbrennungslufteingänge aufweist.
20. Axialkolbenmotor nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Verbrennungslufteingänge für unterschiedlich temperierte Verbrennungsluft ausgebildet sind.
21. Axialkolbenmotor nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Verbrennungslufteingang von Verbrennungsluft vor einem Wärmeübertrager und ein zweiter
15 Verbrennungslufteingang von Verbrennungsluft hinter diesem oder einem anderen Wärmeübertrager gespeist wird.
22. Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Arbeitszylinder, der aus einer kontinuierlich arbeitenden Brennkammer gespeist wird und der einen Abgasauslass aufweist, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen Brennkammertemperatursensor zur Bestimmung der Temperatur in der Brennkammer.
20
23. Axialkolbenmotor nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennkammertemperatursensor eine Flammtemperatur in der Brennkammer misst.
24. Axialkolbenmotor nach Anspruch 22 oder 23, gekennzeichnet durch eine Brennkammerregelung, welche den Brennkammertemperatursensor als Eingangssensor umfasst und die
25 Brennkammer derart regelt, dass die Brennkammertemperatur zwischen 1.000 °C und 1500 °C liegt.

25. Axialkolbenmotor nach einem der Ansprüche 22 bis 24, gekennzeichnet durch einen Abgastemperatursensor zur Bestimmung der Abgastemperatur.
26. Axialkolbenmotor nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkammerregelung den Abgastemperatursensor als Eingangssensor umfasst und die Brennkammer
5 derart regelt, dass die Abgastemperatur in einem Betriebszustand zwischen 850 °C und 1.200 °C liegt.
27. Axialkolbenmotor nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Betriebszustand ein Leerlauf ist.
28. Axialkolbenmotor nach einem der Ansprüche 22 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass
10 der Brennkammertemperatursensor ein Vorbrennkammertemperatursensor ist.
29. Axialkolbenmotor mit wenigstens einem Verdichterzylinder, mit wenigstens einem Arbeitszylinder und mit wenigstens einer Druckleitung, durch welche verdichtetes Brennmittel von dem Verdichterzylinder über eine Brennkammer zu dem Arbeitszylinder geleitet wird, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammer einen Brennkammerboden aus verspiegeltem Metall aufweist.
15
30. 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
20 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** dem durch den
25 Wärmeübertrager strömende Brennmittelstrom und/oder dem durch den Wärmeübertrager strömende Abgasstrom wenigstens ein Fluid aufgegeben wird.
31. Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass Wasser und/oder Brennstoff aufgegeben werden.

32. Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors nach Anspruch 30 oder 31, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid stromabwärts und/oder stromaufwärts des Wärmeübertragers aufgegeben wird.
- 5 33. Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors nach einem der Ansprüche 30 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass abgeschiedenes Wasser dem Brennmittelstrom und/oder dem Abgasstrom erneut aufgegeben wird.
- 10 34. Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors nach einem der Ansprüche 30 bis 33, 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.







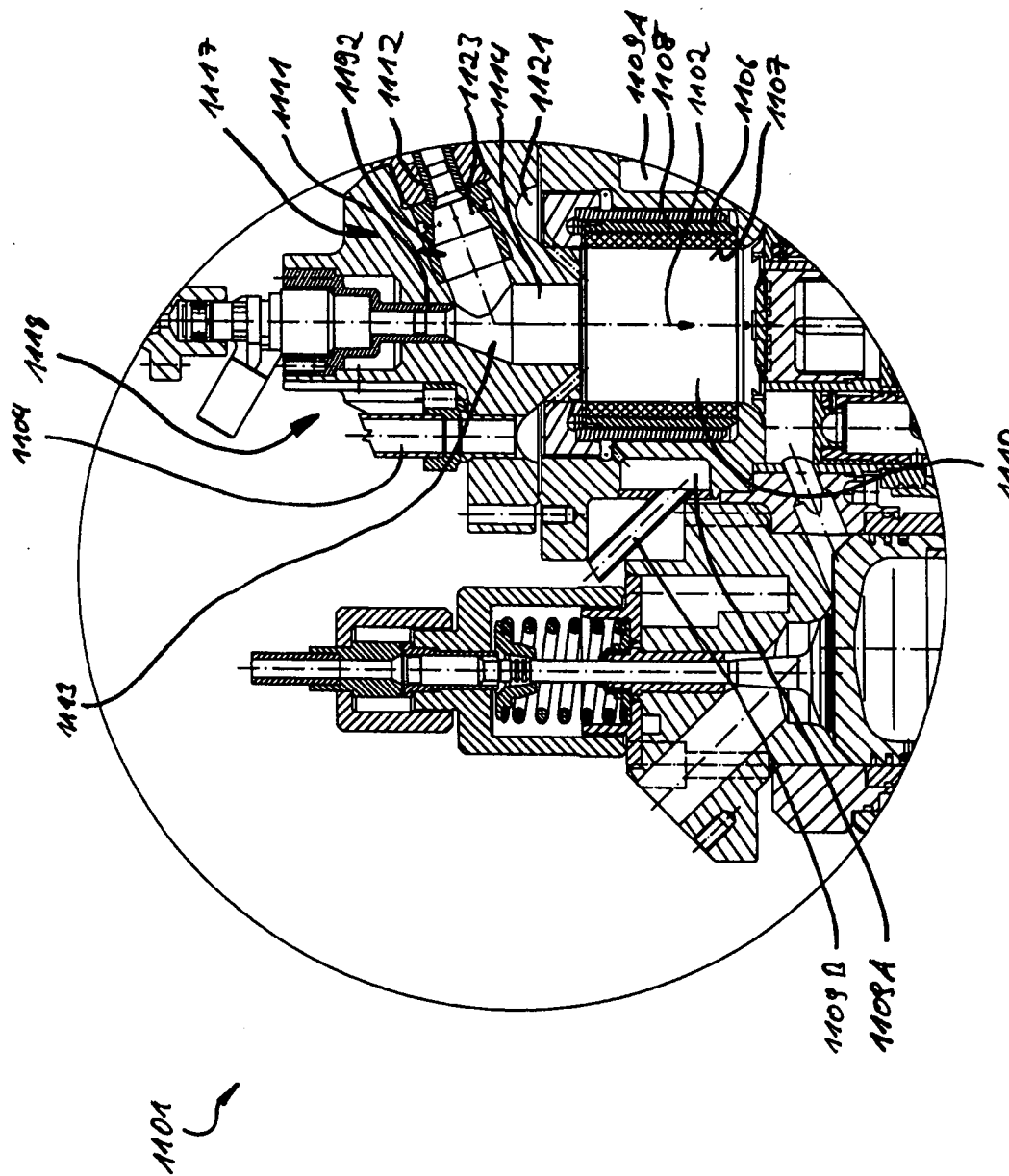
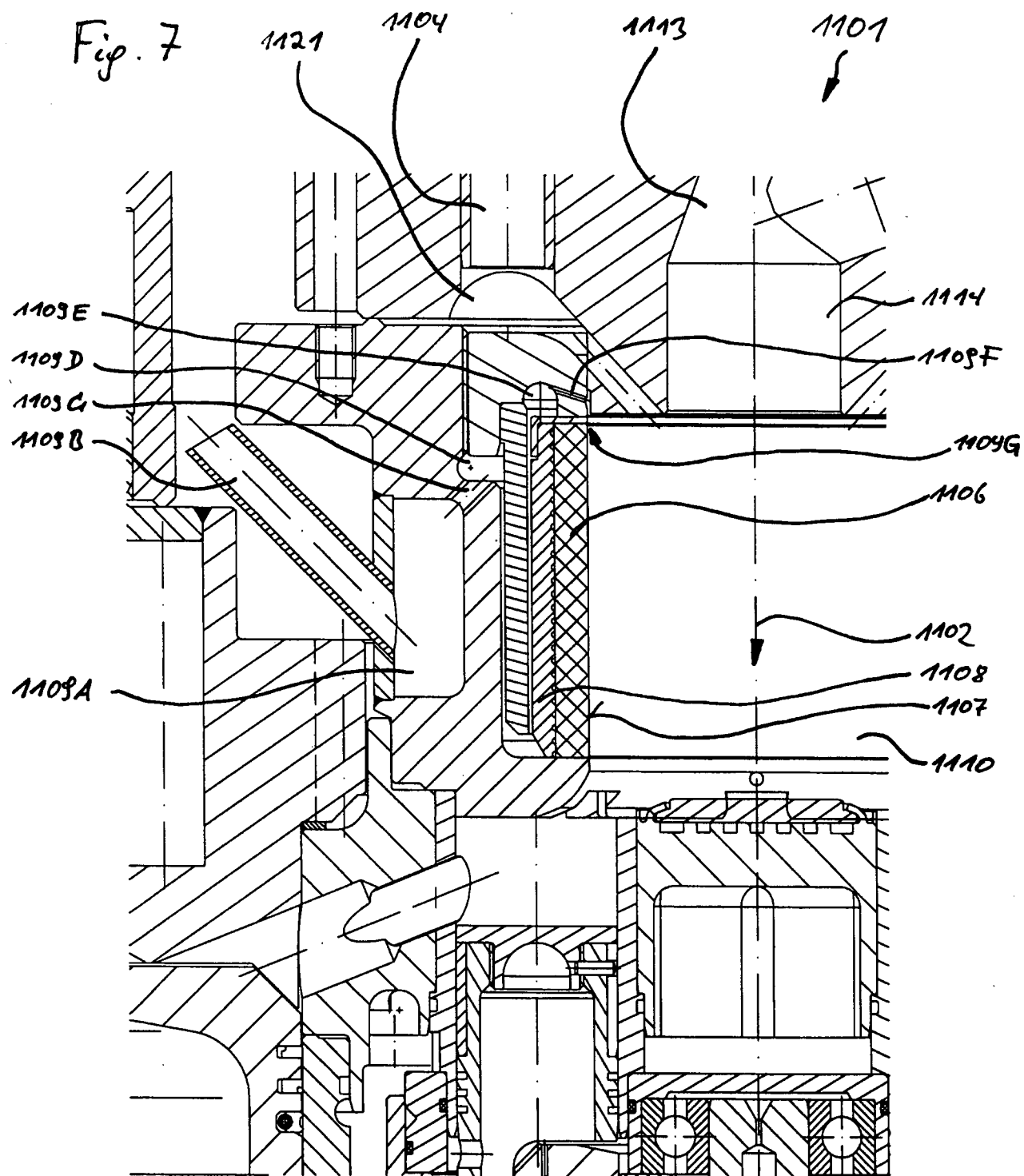


Fig 6



1101

