

(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
22. Mai 2009 (22.05.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/062473 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2008/001836

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. November 2008 (10.11.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 054 204.8
12. November 2007 (12.11.2007) DE
10 2007 055 337.6
19. November 2007 (19.11.2007) DE
10 2007 056 814.4
23. November 2007 (23.11.2007) DE

(71) Anmelder und

(72) Erfinder: **ROHS, Ulrich** [DE/DE]; Roonstrasse 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, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, 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*

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

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

(57) Abstract: To improve the efficiency of an axial piston engine, the invention proposes an axial piston engine with a combustion chamber which operates with two-stage combustion.

(57) Zusammenfassung: Um den Wirkungsgrad eines Axialkolbenmotors zu verbessern, schlägt die Erfindung einen Axialkolbenmotor mit einer Brennkammer vor, die mit einer Zweistufenverbrennung arbeitet.



WO 2009/062473 A2

Axialkolbenmotor und Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors

[01] Die Erfindung betrifft einen Axialkolbenmotor mit einer Brennkammer. Insbesondere betrifft die Erfindung auch einen Axialkolbenmotor mit einer Brennkammer, die mittels einer keramischen Baugruppe isoliert ist. Ebenso betrifft die Erfindung einen Axialkolbenmotor mit kontinuierlicher Verbrennung, bei welchem aus einer Brennkammer ausströmendes Arbeitsmedium über wenigstens einen Schusskanal sukzessive wenigstens zwei Arbeitszylindern zugeführt wird. Schließlich betrifft die Erfindung auch ein Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors.

[02] Gattungsgemäße Axialkolbenmotoren und Verfahren sind beispielsweise in der EP 1 035 310 A2 offenbart und daher aus dem Stand der Technik bereits bekannt.

[03] Es ist Aufgabe vorliegender Erfindung, einen Axialkolbenmotor mit einem optimierten Wirkungsgrad bereitzustellen.

[04] Als eine erste Lösung wird ein Axialkolbenmotor mit einer Brennkammer vorgeschlagen, die mit einer Zweistufenverbrennung arbeitet. Dadurch, dass eine Brennkammer vorhanden ist, die derart aufgebaut ist, dass sie mit einer Zweistufenverbrennung arbeiten kann, kann die in einem Kraftstoff vorhandene chemische Energie wesentlich effektiver an dem erfindungsgemäßen Axialkolbenmotor genutzt bzw. in nutzbare Energie umgewandelt werden, wodurch der Wirkungsgrad des Axialkolbenmotors verbessert ist.

[05] Hierzu ist es konstruktiv besonders vorteilhaft, wenn die Brennkammer zwei Bereiche aufweist, in die ein Kraftstoff und/oder Luft eingespritzt wird. Hierbei kann der Kraftstoff und die Luft gemeinsam oder separat in die unterschiedlichen Bereiche der Brennkammer eingespritzt werden.

[06] Insbesondere in diesem Zusammenhang sieht eine bevorzugte Ausführungsvariante vor, dass die Brennkammer einen ersten Bereich aufweist, in welchem ein Anteil der Verbren-

nungsluft eingeleitet wird und in welchem eine Aufbereitungsdüse eine entsprechende Menge Kraftstoff einspritzt. Durch die Aufbereitungsdüse, in welcher Kraftstoff bereits mit einem sehr geringem Anteil Verbrennungsluft vermischt und so für eine Verbrennung aufbereitet wird, und die ergänzende Zufuhr von Verbrennungsluft wird der Verbrennungsprozess besonders wirkungsvoll eingeleitet, wodurch die Verbrennung des Kraftstoffes insgesamt effektiver vonstatten gehen kann.

[07] Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn der Verbrennungsluftanteil, welcher als zusätzlicher Anteil in den ersten Bereich eingeleitet wird, kleiner als 50% der gesamten Verbrennungsluft, vorzugsweise kleiner als 15%, insbesondere kleiner als 10%, ist. Liegt der Verbrennungsluftanteil in derartigen Grenzen, besteht bereits hierdurch die Möglichkeit, die Verbrennung des Kraftstoffes über die zweistufige Verbrennung zu verbessern.

[08] Insbesondere ein Kraftstoff kann besonders gut in die Brennkammer des Axialkolbenmotors eingespritzt werden, wenn der Axialkolbenmotor eine Hauptdüse und eine Nebendüse aufweist. Je nach Ausgestaltung der Verbrennung des Kraftstoffes oder eines entsprechenden Kraftstoff-Luft-Gemisches könnte mittels einer derartigen Hauptdüse auch ein Kraftstoff-Luft-Gemisch in die Brennkammer eingedüst werden. Die Hauptdüse gewährleistet mithin, dass ein wesentlicher Anteil an Kraftstoff in einer bestimmten Vorzugsrichtung in die Brennkammer des Axialkolbenmotors gelangt, während durch die Nebendüse, die beispielsweise als Aufbereitungsdüse ausgebildet sein kann, ein gewisser Anteil an Kraftstoff bzw. an einem Kraftstoff-Luft-Gemisch in die Brennkammer gelangt, der zu unterstützenden Zwecken, wie beispielsweise einer Nachverbrennung, einer Aufbereitung oder einer Temperierung, genutzt werden kann.

[09] Speziell in diesem Zusammenhang wird die Aufgabe der Erfindung auch von einem Axialkolbenmotor mit einer Brennkammer gelöst, in welche über eine Hauptdüse Kraftstoff und über eine Aufbereitungsdüse Kraftstoff, der mit Luft vermischt wird beziehungsweise ist, einspritzbar ist. Vorteilhafter Weise kann mittels einer derartigen Aufbereitungsdüse ein nahezu beliebiges Kraftstoff-Luft-Gemisch in die Brennkammer eingespritzt werden, während mittels der Hauptdüse idealerweise lediglich Kraftstoff eingespritzt wird. Allein durch diese Aufteilung ist der Wirkungsgrad eines Axialkolbenmotors bereits verbessert. Ist es für einen Anwendungsfall vorteilhaft, können auch mehr als eine Aufbereitungsdüse vorgesehen sein. Der vor-

genannte Vorteil gilt insbesondere auch unabhängig von der Verwendung einer Zweistufenverbrennung bzw. einer zwei Bereiche aufweisenden Brennkammer.

[10] Ist die Hauptdüse parallel zu einer Hauptbrennrichtung in der Brennkammer ausgerichtet, kann der Kraftstoff derart besonders gut in die Brennkammer eingespritzt werden, dass er außergewöhnlich effektiv entzünden und verbrennen kann. Insbesondere kann ein gezündetes bzw. verbranntes Kraftstoff-Luft-Gemisch mit höherer kinetischer Energie durch die gesamte Brennkammer gelangen, weiter über Schusskanäle aus der Brennkammer heraus und in Arbeitszylinder des Axialkolbenmotors hinein geleitet werden, wenn speziell der Kraftstoff aus der Hauptdüse heraus in Hauptbrennrichtung in die Brennkammer eingespritzt wird. Auf diese Weise kann der Kraftstoff bzw. das Kraftstoff-Luft-Gemisch schnell den Bereichen des Axialkolbenmotors zugeleitet werden, in denen es dann seine Arbeit leisten soll, wie beispielsweise den Zylindern.

[11] Auch ist es vorteilhaft, wenn die Hauptdüse coaxial zu einer Symmetrieachse der Brennkammer ausgerichtet ist, die parallel zur Hauptbrennrichtung in der Brennkammer liegt. Liegt die Hauptdüse mittig, also zentral, auf der Symmetrieachse der Brennkammer, erfolgt eine entsprechende, im Wesentlichen Verbrennung, so dass die Verbrennungsgase dann entsprechend auch symmetrisch der Brennkammer zur weiteren Verwendung entnommen werden können, auch wenn durch eine Neben- oder Aufbereitungsdüse weitere Komponenten zugeführt werden, die dann jedoch nicht so wesentlich durchschlagen können.

[12] Eine vorteilhafte Ausführungsvariante sieht vor, dass die Aufbereitungsdüse in einem Winkel zur Hauptdüse ausgerichtet ist. Hierdurch können sowohl die Hauptdüse als auch die Aufbereitungsdüse baulich auf engem Raum an der Brennkammer platziert und angeschlossen werden.

[13] Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn die Strahlrichtung der Aufbereitungsdüse die Strahlrichtung der Hauptdüse schneidet, wodurch ein durch die Hauptdüse in die Brennkammer eingespritzter Kraftstoff und ein durch die Aufbereitungsdüse in die Brennkammer eingespritztes Kraftstoff-Luft-Gemisch beispielsweise im Bereich einer Vorkammer einer Aufbereitungskammer bereits besonders gut miteinander verwirbelt und durchmischt werden können.

[14] Um sowohl den Kraftstoff aus der Hauptdüse als auch das Kraftstoff-Luft-Gemisch aus der Aufbereitungsdüse vorteilhaft in die Brennkammer einleiten zu können, ist es vorteilhaft, wenn der Axialkolbenmotor eine Aufbereitungskammer aufweist, in welche sowohl eine Hauptdüse als auch eine Aufbereitungsdüse gerichtet sind und welche sich zu der Hauptbrennkammer hin öffnet. Hierdurch ist stets gewährleistet, dass der Kraftstoff aus der Hauptdüse und das Kraftstoff-Luft-Gemisch aus der Aufbereitungsdüse ausreichend gut durchmischt werden können, bevor sie in den zweiten Bereich der Brennkammer, beispielsweise in eine Hauptbrennkammer der Brennkammer, gelangen.

[15] Um einen bereits vorgewärmten Kraftstoff in die Brennkammer einleiten zu können, ist es vorteilhaft, wenn der Axialkolbenmotor eine Aufbereitungskammer aufweist, in welche das Abgas bzw. ein Kraftstoff-Luft-Gemisch aus einer Aufbereitungsdüse eingeleitet und in welche ohne Luftzufuhr Kraftstoff aus einer Hauptdüse eingespritzt wird.

[16] Des Weiteren wird zur ergänzenden bzw. alternativen Lösung der Aufgabe vorliegender Erfindung ein weiterer Axialkolbenmotor mit einer Brennkammer und einer der Brennkammer vorgeschalteten Aufbereitungskammer vorgeschlagen, in welche über eine Hauptdüse Kraftstoff aufgegeben wird, welcher in der Aufbereitungskammer erhitzt, vorzugsweise bereits thermisch zerlegt, wird. Allein schon mittels einer derartigen Aufbereitungskammer lassen sich bekannte Axialkolbenmotoren vorteilhaft weiterentwickeln, da ein Kraftstoff, welcher in der Aufbereitungskammer wenigstens bereits erhitzt werden konnte, effektiver verbrannt werden kann. Insbesondere hierdurch kann bereits eine ausreichende und vorteilhafte Zweistufenverbrennung an einem Axialkolbenmotor realisiert und dauerhaft gewährleistet werden.

[17] An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Aufgabe der Erfindung dementsprechend auch von einem Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors gelöst wird, bei welchem Kraftstoff in einem ersten Schritt zerlegt und anschließend zur Verbrennung mit Prozessluft in Kontakt gebracht wird. Vorteilhafter Weise kann der zerlegte Kraftstoff effektiver mit der Prozessluft reagieren, so dass der Verbrennungsprozess entsprechend effektiver abläuft.

[18] Weiter ist es vorteilhaft, wenn die Zerlegung des Kraftstoffes thermisch erfolgt. Eine hierfür erforderliche Wärme bzw. Hitze kann direkt an dem Axialkolbenmotor problemlos erzeugt und bereitgestellt werden. Andererseits versteht es sich, dass auch andere Zerlegungspro-

zess, wie beispielsweise elektrolytische oder kathalytische Prozesse kumulativ bzw. alternativ in einer entsprechenden Aufbereitungskammer zur Anwendung kommen können.

[19] Es versteht sich, dass eine solche Wärme bzw. Hitze für die thermische Zerlegung des Kraftstoffes auf unterschiedliche Weise erzeugt werden kann. Wird die thermische Energie für die Zerlegung durch eine Aufbereitungsflamme bereit gestellt, kann an dem Axialkolbenmotor der Kraftstoff verfahrenstechnisch besonders einfach und insbesondere unter Ausnutzung der bereits ohnehin für die Verbrennung des Kraftstoffs genutzten Technologie thermisch zerlegt werden.

[20] Wird die Aufbereitungsflamme über ein Kraftstoff-Luft-Gemisch erzeugt, dann kann die Aufbereitungsflamme an dem Axialkolbenmotor konstruktiv entsprechend einfach erzeugt und bereitgestellt werden.

[21] Liegt der Anteil an Kraftstoff, der durch das Kraftstoff-Luft-Gemisch in die Brennkammer beziehungsweise in die Aufbereitungskammer gebracht wird, unter 10% der gesamten Kraftstoffmenge, die in die Brennkammer eingebracht wird, kann der Axialkolbenmotor besonders kraftstoffsparend betrieben werden, da auf diese Weise nur ein Mindestmaß an Kraftstoff für die Vorbereitung der Verbrennung, nämlich die vorbereitende Zerlegung genutzt wird, während der Rest des Kraftstoffes zur Leistung der gewünschten Arbeit zur Verfügung steht. Hierbei ist insbesondere auch zu berücksichtigen, dass der für die Aufbereitung genutzte Kraftstoff dem Prozess letztlich genauso energetisch zur Verfügung steht und entsprechend für den Prozess genutzt wird. Durch den zweistufigen Ansatz ist jedoch gewährleistet, dass die Zerlegung des zur Arbeitsleistung genutzten Kraftstoffes bereits erfolgt bzw. weit fortgeschritten ist, bis dieser entzündet wird, was die Effektivität des Gesamtprozesses erhöht.

[22] Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass in die Aufbereitungskammer eine Aufbereitungsdüse mündet, über welche der Kraftstoff in der Aufbereitungskammer erhitzt werden kann. Insbesondere, wenn mittels der Aufbereitungsdüse Verbrennungsluft oder ein Verbrennungsluft-Kraftstoff-Gemisch in die Aufbereitungskammer aufgegeben wird, kann der über eine Hauptdüse ebenfalls in die Aufbereitungskammer aufgegebene Kraftstoff konstruktiv besonders einfach im Bereich der Aufbereitungskammer erhitzt, vorzugsweise sogar thermisch zerlegt, und der Hauptbrennkammer zugeleitet werden. Je nach konkreter Prozessführung kann hierbei

da aus der Aufbereitungsdüse in die Aufbereitungskammer geleitete Verbrennungsluft-Kraftstoff-Gemisch bzw. sonstige Gasgemisch oder Gas derart dosiert werden, dass in der Aufbereitungskammer ausreichende Temperaturen herrschen, um eine Aufbereitung des übrigen Kraftstoffs, beispielsweise eine thermische Zerlegung, sicherzustellen.

[23] Um ein Kraftstoff-Luft-Gemisch besonderes verlustfrei und entsprechend vorteilhaft in die Brennkammer des Axialkolbenmotors einleiten oder einspritzen zu können, ist es vorteilhaft, wenn die Aufbereitungskammer parallel zu einer Hauptbrennrichtung in der Brennkammer ausgerichtet ist. Dieses führt insbesondere dazu, dass der Strom aus Verbrennungsgasen gleichförmig ausgebildet ist und auf verschiedene Zylinder entsprechend gleichförmig verteilt werden kann.

[24] Ist die Aufbereitungskammer coaxial zu einer Symmetrieachse der Brennkammer ausgerichtet, die parallel zu Hauptbrennrichtung in der Brennkammer liegt, kann der Strom aus Verbrennungsgasen entsprechend gleichförmig ausgebildet werden.

[25] Das Luft-Kraftstoff-Gemisch aus der Aufbereitungskammer kann in der Hauptbrennkammer besonders vorteilhaft mit Verbrennungsluft vermischt werden, wenn die Aufbereitungskammer einen kleineren Durchmesser als die Brennkammer aufweist. Hierbei sollte die Hauptbrennkammer in ihrem Volumen nur soviel größer wie die Aufbereitungskammer sein, dass ein ungestörter Strom aus der Aufbereitungskammer unter ergänzender Zufuhr von Verbrennungsluft durch die Hauptbrennkammer in die Zylinder ausgebildet werden kann, um eine unnötige Expansion in der Hauptbrennkammer zu verhindern, die an sich zu Verlusten führen würde, da die Arbeit eigentlich in den Zylinder geleistet werden soll.

[26] Es versteht sich, dass eine derartige Aufbereitungskammer vielfältig gestaltet sein kann. Idealerweise umfasst die Aufbereitungskammer eine Vor- und eine Hauptkammer. Während beispielsweise in die Vorkammer der Aufbereitungskammer die Hauptdüse und/oder die Aufbereitungsdüse münden können, kann in der Hauptkammer der Aufbereitungskammer etwa eine Zündung und/oder eine Vorverbrennung stattfinden.

[27] Mündet vorzugsweise sowohl die Hauptdüse als auch die Aufbereitungsdüse im Bereich der Vorkammer in die Aufbereitungskammer, können die in die Aufbereitungskammer

aufgegebenen Gemische bereits in der Hauptkammer der Aufbereitungskammer außergewöhnlich gut aufbereitet vorliegen.

[28] Sowohl die Hauptdüse als auch die Aufbereitungsdüse können auf geringem Bauraum vorteilhaft in die Aufbereitungskammer beziehungsweise in die Vorkammer der Aufbereitungskammer münden, wenn die Vorkammer der Aufbereitungskammer konisch ausgebildet ist und sich zur Hauptkammer hin erweitert. Hierbei wird auch dem Umstand Rechnung getragen, dass die Gasmenge durch die Addition der Volumenströme aus Hauptdüse und Aufbereitungsdüse ansteigt.

[29] Nicht nur in diesem Zusammenhang sieht eine vorteilhafte weitere Ausführungsvariante dementsprechend vor, dass sich die Vorkammer zur Hauptkammer hin erweitert. Mittels einer derartigen Erweiterung kann eine Vermischung der durch die Hauptdüse und durch die Aufbereitungsdüse aufgegebenen Gemische nochmals verbessert werden.

[30] Darüber hinaus ist es vorteilhaft, wenn sich die Strahlrichtung der Aufbereitungsdüse und die Strahlrichtung der Hauptdüse in der Vorkammer schneiden. Hierdurch kann eine besonders gute und innige Vermischung der durch die Hauptdüse einerseits und durch die Aufbereitungsdüse andererseits aufgegebenen Gemische erzielt werden.

[31] Eine bevorzugte Ausführungsvariante sieht vor, dass einer durch eine Hauptdüse in die Hauptbrennkammer eingeleitete Kraftstoffmenge entsprechende Luftmenge in die Hauptbrennkammer hinter einer Aufbereitungskammer eingeleitet wird. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass ein Aufbereitungsprozess des Kraftstoffes in der Aufbereitungskammer zuverlässig durchgeführt werden kann, ohne dass bereits eine Verbrennung der durch die Hauptdüse der Hauptbrennkammer aufgegebenen Luft erfolgt.

[32] Insbesondere in diesem Zusammenhang ist es vorteilhaft, wenn der Axialkolbenmotor eine separate Luftzufuhr zur Brennkammer aufweist. Die separate Luftzufuhr kann baulich besonders einfach bereitgestellt werden, wenn an einer Düse, vorzugsweise eine Aufbereitungsdüse, einen Löcherkranz für eine Luftzufuhr aufweist. Ebenso kann die Luftzufuhr jedoch auch durch separate Kanäle, die in entsprechende Öffnungen oder separate Düsen in einer Brennkammer münden, realisiert werden.

[33] Hierbei sei betont, dass die Bezeichnungen „vor“ und „hinter“ sich jeweils auf die Hauptbrennrichtung bzw. auf die Volumenstromrichtung durch die Düsen oder Kammern beziehen. Ebenso ist zu betonen, dass in vorliegendem Zusammenhang jeweils von Verbrennungsluft bzw. Luft die Rede ist, welche die Verbrennung des Kraftstoffes bedingen soll. Andererseits versteht es sich, dass vorliegende Erfindung für alle Kraftstoffe, die mit einer zweiten Komponente unter eine Redoxreaktion exothermisch reagieren, entsprechend vorteilhaft umgesetzt werden kann.

[34] Eine weitere Lösung der vorliegenden Aufgabe schlägt einem Axialkolbenmotor mit einer Brennkammer vor, die mittels einer keramischen Baugruppe isoliert ist, wobei die keramische Baugruppe luftgekühlt ist. Ist die keramische Baugruppe luftgekühlt, kann der thermische Haushalt der Brennkammer des Axialkolbenmotors wesentlich besser gesteuert werden. Insofern kann hierdurch auch die Lebensdauer des Axialkolbenmotors verbessert werden. Insbesondere kann die auf diese Weise erhitzte Luft zur Verbrennung genutzt werden, wodurch sich der Wirkungsgrad, in Abweichung von entsprechend wassergekühlten Brennkammern, weiter erhöhen lässt. Auch lässt sich eine Luftkühlung im Bereich der Brennkammer, insbesondere einer keramischen Brennkammer, einfacher beherrschen.

[35] Speziell in diesem Zusammenhang wird die Aufgabe der Erfindung weiterhin von einem Axialkolbenmotor mit einer Brennkammer gelöst, die mittels einer keramischen Baugruppe isoliert ist, wobei die keramische Baugruppe rohrartig ausgebildet und von einem Rohr mit einer Profilierung, vorzugsweise mit einem Gewinde, umgeben ist. Eine derartige Profilierung kann eine Oberflächenvergrößerung erzielen, wodurch eine Kühlung der keramischen Baugruppe wesentlich verbessert werden kann. Insbesondere kann hierdurch auch die Lebensdauer des Axialkolbenmotors erhöht werden, da hierbei der thermische Haushalt an dem Axialkolbenmotor verbessert werden kann.

[36] Eine diesbezüglich verbesserte Ausführungsvariante sieht vor, dass das profilierte Rohr beidseits profiliert, der Einfachheit halber beidseits mit einem Gewinde versehen ist. Hierdurch kann das profilierte Rohr mit einer größeren Kontaktfläche mit der keramischen Brennkammer des Axialkolbenmotors in Kontakt stehen bzw. und ggf. sogar verschraubt wer-

den. Ein Gewinde hat darüber hinaus den Vorteil, dass es auf baulich einfache Weise einen gleichförmigen Luftstrom gewährleisten kann.

[37] Auch wird die Aufgabe der Erfindung unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung entsprechend des verstehend Aufgeführten von einem Axialkolbenmotor gelöst, bei welchem verdichtete Prozessluft zur Kühlung, insbesondere zur Kühlung einer Brennkammer, genutzt wird. Beispielsweise kann diese verdichtete Prozessluft das vorstehend beschriebene profilierte Rohr umspülen und hierbei zusätzlich kühlen. Zudem kann eine derart verdichtete Prozessluft am Axialkolbenmotor in einem ausreichenden Maß bereits vorliegen, sodass diese sogleich vorteilhaft zur Kühlung des Axialkolbenmotors genutzt werden kann.

[38] Ein Kühleffekt kann weiter verbessert werden, wenn der Prozessluft Wasser aufgegeben wird. Sind an dem Axialkolbenmotor geeignete Mittel zum Aufgeben von Wasser in eine Prozessluft des Axialkolbenmotors vorgesehen, kann der Prozessluft Wasser auch gut dosierbar beigemischt werden.

[39] Nicht nur unmittelbar um die Brennkammer herum kann die Prozessluft hervorragend zum Kühlen eingesetzt werden. Insbesondere kann das Wasser kumulativ bzw. alternativ hierzu vor bzw. bei dem Verdichten der Prozessluft oder auch eines Kraftstoff-Luft-Gemisches aufgegeben werden. Es verbleibt dann genügend Zeit, die mit Wasser angereicherte Prozessluft zu erwärmen, um den Wirkungsgrad des Axialkolbens zu maximieren, wobei hierzu insbesondere Abwärme aus dem Verbrennungsprozess, beispielsweise aus Kühlungsprozessen entsprechend genutzt werden kann. Auch die Restwärme des Abgases kann dementsprechend genutzt werden.

[40] Vorteilhafter Weise wird das Wasser in einen Verdichtungszyylinder gespritzt, wodurch eine gleichförmige Verteilung des Wassers gewährleistet werden kann.

[41] Wird darüber hinaus die Wassermenge proportional zur Kraftstoffmenge gesteuert, kann das Wasser auch im Verbrennungsprozess entsprechend vorteilhaft genutzt werden. Insofern kann ein Einspritzen einer zu hohen Wassermenge vermieden werden, sodass die Gefahr verringert werden kann, dass der Axialkolbenmotor bei einer geringeren Arbeitsleistung zu stark gekühlt wird. Insbesondere kann das Wasser im Verbrennungsprozess auch als Reagenz und/oder Katalysator genutzt werden, um beispielsweise eine chemische Umsetzung uner-

wünschter Abgasbestandteile zu gewährleisten. Auch die hierdurch benötigte Wassermenge entspricht vorteilhafter Weise der jeweils umgesetzten Kraftstoffmenge.

[42] Je nach konkreter Prozessführung kann das Wasser auch termisch bereits aufgespalten werden, bevor es in die Hauptbrennkammer gelangt. Dieses kann beispielsweise ebenfalls in der Aufbereitungskammer geschehen. Andererseits kann die Aufspaltung auch chemisch oder katalytisch und/oder an anderer Stelle, beispielsweise in Zufuhrkanälen oder in unmittelbarer Umgebung von Einstromöffnungen in die Brennkammer, erfolgen.

[43] Kumulativ wird die Aufgabe der Erfindung von einem Axialkolbenmotor mit einer kontinuierlichen Verbrennung gelöst, bei welchem aus einer Brennkammer ausströmendes Arbeitsmedium über wenigstens einen Schusskanal sukzessive wenigstens zwei Arbeitszylindern zugeführt wird, wobei je Arbeitszylinder ein Schusskanal vorgesehen ist, der über einen Steuerkolben geschlossen und geöffnet werden kann. Mittels der Steuerkolben können die Schusskanäle zwischen einer Brennkammer und Arbeitszylindern einerseits besonders dicht verschlossen und andererseits sehr schnell wieder geöffnet werden, was beispielsweise durch Drehschieber oder rotierende Schusskanäle, die bereits aus dem Stand der Technik bekannt sind, nicht möglich ist. Insofern kann allein hierdurch der Wirkungsgrad eines Axialkolbenmotors verbessert werden. Derartige Steuerkolben können zudem baulich besonders einfach und robust einen Schusskanal verschließen und wieder frei geben, wodurch auch die Lebensdauer des Axialkolbenmotors weiter erhöht werden kann.

[44] Beispielsweise kann der Steuerkolben eine im Wesentlichen radial gerichtete Hubbewegung ausführen, um einen Schusskanal wieder freigeben zu können. In einer diesbezüglich bevorzugten Ausführungsform führen die Steuerkolben eine im Wesentlichen radial gerichtete Hubbewegung aus, so dass axial Bauraum gespart werden kann. Führt ein Steuerkolben alternativ eine im Wesentlichen axial gerichtete Hubbewegung aus, also eine im Wesentlichen axial gerichtete Hubbewegung, kann eine Kühlung der Steuerkolben einfacher realisiert werden. Insofern ist zwischen diesen Lösungen je nach konkreter Umsetzung zu wählen, wobei auch eine zwischen axial und radial liegende Hubbewegung, also in einem Winkel, gewählt werden kann, was jedoch baulich in der Regel zu komplexeren und mithin kostspieligeren Ergebnissen führt.

[45] In diesem Zusammenhang sieht eine weitere bevorzugte Ausführungsvariante vor, dass der Steuerkolben wassergekühlt ist, wodurch ein Überhitzen besonders effektiv vermieden werden kann, da die Steuerkolben im Schusskanal besonders hohen Temperaturen ausgesetzt sind..

[46] Die Steuerkolben können in einer bevorzugten Ausführungsform hydraulisch oder pneumatisch angetrieben werden, so dass sich sehr schnelle Verschlusszeiten bzw. Bewegungsabläufe der Kolben realisieren lassen. Alternativ kann der Steuerkolben desmodromisch angetrieben ist. Bei einem desmodromischen Antrieb kann der Steuerkolben einen Schusskanal selbst bei hohen Drehzahlen immer betriebssicher und außergewöhnlich dicht verschließen.

[47] Ist der Steuerkolben über eine Kurvenbahn angetrieben, kann er besonders schnell beschleunigt und verzögert werden. Insbesondere lässt sich hierbei ein desmodromischer Antrieb besonders gut praktisch umsetzen.

[48] Weist ein Kolbendeckel des Steuerkolbens einen größeren Durchmesser als der Schlusskanal auf, kann die Wärmebelastung des Steuerkolbens weitaus vorteilhafter verringert werden.

[49] Eine besonders einfache Befestigung und Führung des Steuerkolbens kann insbesondere durch Gleitsteine oder Gleitlager realisiert werden, wodurch der Steuerkolben in einer bevorzugten Ausführungsform zugleich drehgesichert werden kann. Eine außergewöhnlich gute Abdichtung hinsichtlich des Steuerkolbens kann erzielt werden, wenn der Steuerkolben einen Steuerkolbenring trägt. Weist der Steuerkolbenring einen Schlitz auf, kann die Dichtungsfunktion des Steuerkolbenrings weiter verbessert werden, da sich der Steuerkolbenring an die baulichen Gegebenheiten, insbesondere an einen Steuerkolbenzylinder, insbesondere wenn er mit Druck beaufschlagt wird, besser anpassen kann.

[50] Darüber hinaus ist es vorteilhaft, wenn auch der Steuerkolbenring drehgesichert ist, da sich hierdurch die Dichtungsfunktion an dem Steuerkolben nochmals verbessern lässt.

[51] Weiter Vorteile, Ziele und Eigenschaften vorliegender Erfindung werden anhand nachfolgender Erläuterung anliegender Zeichnung beschrieben, in welcher beispielhaft ein erstes Ausführungsbeispiel eines Axialkolbenmotors dargestellt ist.

[52] In der Zeichnung zeigen:

- Figur 1 schematisch einen Axialkolbenmotor im Längsschnitt;
- Figur 2 schematisch den Axialkolbenmotor nach der Figur 1 im Querschnitt entlang der Linie II-II;
- Figur 3 schematisch eine vergrößerte Darstellung des Schusskanalringes aus der Figur 1;
- Figur 4 schematisch einen Längsschnitt durch einen Steuerkolben alternativ zu dem Steuerkolben nach den Figuren 1 und 2; und
- Figur 5 schematisch einen Querschnitt durch den Steuerkolben nach der Figur 4 entlang der Linie V-V.

[53] Der in der Figur 1 dargestellte Axialkolbenmotor 1 weist eine Brennkammer 2 auf, in welcher ein Kraftstoff-Luft-Gemisch gezündet und verbrannt werden kann. Vorteilhafter Weise arbeitet der Axialkolbenmotor 1 hierbei mit einer zwei Stufenverbrennung. Hierzu weist die Brennkammer 2 einen ersten Bereich 3 und einen zweiten Bereich 4 auf, in die Kraftstoff und/oder Luft eingespritzt werden können. Insbesondere in dem ersten Bereich in 3 kann ein Anteil einer Verbrennungsluft des Axialkolbenmotors 1 eingeleitet werden, wobei in diesem Ausführungsbeispiel der Anteil der Verbrennungsluft kleiner als 15% der gesamten Verbrennungsluft eingestellt werden kann.

[54] Durch die beiden Bereiche 3 und 4 kann die Brennkammer 2 des Axialkolbenmotors 1 in eine Aufbereitungskammer 5 und eine Hauptbrennkammer 6 unterteilt werden.

[55] Die Aufbereitungskammer 5 weist einen kleineren Durchmesser auf als die Hauptbrennkammer 6, wobei die Aufbereitungskammer 5 zusätzlich noch in eine Vorkammer 7 und in eine Hauptkammer 8 unterteilt ist. Die Vorkammer 7 ist hierbei konisch ausgebildet und erweitert sich zur Hauptkammer 8 hin.

[56] An die Aufbereitungskammer 5, insbesondere an die Vorkammer 7 der Aufbereitungskammer 5, ist einerseits eine Hauptdüse 9 und andererseits eine Aufbereitungsdüse 10 angeschlossen. Mittels der Hauptdüse 9 und der Aufbereitungsdüse 10 kann ein Kraftstoff in die Brennkammer 2 eingeleitet werden, wobei der Kraftstoff, welcher mittels der Aufbereitungsdüse 10 eingespritzt wird, bereits mit Luft vermischt wird bzw. ist.

[57] Die Hauptdüse 9 ist parallel zu einer Hauptbrennrichtung 11 in der Brennkammer 2 an dem Axialkolbenmotor 1 ausgerichtet. Darüber hinaus ist die Hauptdüse 9 koaxial zu einer Symmetrieachse 12 der Brennkammer 2, die parallel zur Hauptbrennrichtung 11 in der Brennkammer 2 liegt, ausgerichtet.

[58] Die Aufbereitungsdüse 10 ist gegenüber der Hauptdüse 9 in einem Winkel 13 ausgerichtet. Insofern schneidet sich eine Strahlrichtung 14 der Aufbereitungsdüse 10 mit einer Strahlrichtung 15 der Hauptdüse 9 in einem Schnittpunkt 16.

[59] Die Aufbereitungskammer 5, in welche sowohl die Hauptdüse 9 als auch die Aufbereitungsdüse 10 hinein gerichtet sind, öffnet sich zu der Hauptbrennkammer 6 hin. In die Aufbereitungskammer 5 wird ohne weitere Luftzufuhr Kraftstoff aus der Hauptdüse 9 eingespritzt. Dieser wird in der Aufbereitungskammer 5 bereits vorerhitzt, idealerweise thermisch zerlegt.

[60] Hierzu wird die der die Hauptdüse 9 durchströmenden Kraftstoffmenge entsprechende Luftmenge in die Hauptbrennkammer 6 hinter einer Aufbereitungskammer 5 eingeleitet, wozu eine separate Luftzufuhr 17 vorgesehen ist, welche im Wesentlichen in die Hauptbrennkammer 6 mündet. Die separate Luftzufuhr 17 ist hierzu an eine Prozessluftzufuhr 18 angeschlossen, wobei von erster eine weitere Luftzufuhr 19 mit Luft versorgt werden kann, welche hierbei einen Löcherkranz 20 mit Luft versorgt. Der Löcherkranz 20 ist hierbei der Aufbereitungsdüse 10 zugeordnet, sodass der mit der Aufbereitungsdüse 10 eingespritzte Kraftstoff zusätzlich mit Prozessluft in die Vorkammer 7 der Aufbereitungskammer 5 eingespritzt werden kann.

[61] Die Brennkammer 2, insbesondere die Hauptbrennkammer 6 der Brennkammer 2, weist eine keramische Baugruppe 21 auf, welche luftgekühlt ist. Die keramische Baugruppe 21 umfasst hierbei eine keramische Brennkammerwand 22 auf, welche von einem profilierten Rohr 23 umgeben ist. Um dieses profilierte Rohr 23 erstreckt sich eine Kühlluftkammer 24, die über eine Kühlluftkammerzufuhr 25 mit der Prozessluftzufuhr 18 wirkverbunden ist.

[62] Des Weiteren weist der Axialkolbenmotor 1 an sich bekannte Arbeitszylinder 30 auf (siehe insbesondere Figur 2), in welchen Arbeitskolben 31 vor und zurück bewegt werden können.

[63] Mittels der Arbeitskolben 31 werden Verdichterkolben 32 des Axialkolbenmotors 1 angetrieben werden, die in geeigneten Verdichterzylindern 33 des Axialkolbenmotors 1 entsprechend bewegt werden können. Die Arbeitskolben 31 stehen hierbei jeweils mittels eines Pleuels 34 mit den Verdichterkolben 32 in Verbindung, wobei zwischen dem Arbeitskolben 31 und dem Pleuel 34 sowie zwischen dem Verdichterkolben 32 und dem Pleuel 34 jeweils ein Pleuellaufrad 35 angeordnet ist. Jeweils zwischen zwei Pleuellaufrädern 35 eingeschlossen ist eine Antriebskurvenbahn 36, welche an einem Antriebskurvenbahnträger 37 geführt ist. Der Brennkammer 2 gegenüberliegend weist der Axialkolbenmotor 1 eine Antriebswelle 38 auf, mittels welcher die von dem Axialkolbenmotor 1 erzeugte Leistung abgegeben werden kann. In an sich bekannter Weise erfolgt in den Verdichterkolben 32 eine Verdichtung der Prozessluft, ggf. auch einschließlich eingespritzten Wassers, was ggf. zur einerzusätzlichen Abkühlung führt, wodurch jedoch ggf. die Abgase in einem Wärmetauscher wesentlich tiefer abgekühlt werden können, wenn die Prozessluft über einen derartigen Wärmetauscher vorgewärmt zur Brennkammer 2 geführt werden soll, wobei die Prozessluft durch Kontakt mit weiteren Baugruppen des Axialkolbenmotors 1, die gekühlt werden müssen, weiter vorgewärmt bzw. erhitzt werden kann, wie bereits vorstehend beschrieben. Die auf diese Weise verdichtete und erhitzte Prozessluft wird dann der Brennkammer 2 in bereits erläuterter Weise aufgegeben.

[64] Jeder der Arbeitszylinder 30 ist über einen Schusskanal 39 mit der Brennkammer 2 des Axialkolbenmotors 1 verbunden, sodass das Kraftstoff-Luft-Gemisch aus der Brennkammer 2 über den Schusskanal 39 in den Arbeitszylinder 30 gelangen und dort den Arbeitskolben 31 antreiben kann.

[65] Insofern kann das aus der Brennkammer 2 ausströmende Arbeitsmedium über wenigstens einen Schusskanal 39 sukzessive wenigstens zwei Arbeitszylindern 30 zugeführt werden, wobei je Arbeitszylinder 30 ein Schusskanal 39 vorgesehen ist, der über einen Steuerkolben 40 geschlossen und geöffnet werden kann. Somit ist auch die Anzahl der Steuerkolben 40 des Axialkolbenmotors 1 von der Anzahl der Arbeitszylinder 30 vorgegeben.

[66] Ein Verschließen des Schusskanals 39 geschieht hierbei im Wesentlichen über den Steuerkolben 40 auch mit seinem Kolbendeckel 41. Angetrieben wird der Steuerkolben 40 mittels einer Steuerkolbenkurvenbahn 42, wobei ein Abstandhalter 43 für die Steuerkolbenkurven-

bahn 42 zu der Antriebswelle 38 vorgesehen ist, der insbesondere auch einer thermischen Entkopplung dient. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel kann der Steuerkolben 40 eine im Wesentlichen axial gerichtete Hubbewegung 44 durchführen. Jeder Steuerkolben 40 ist hierzu mittels nicht bezifferter Gleitsteine, die in der Steuerkolbenkurvenbahn 42 gelagert sind, geführt, wobei die Gleitsteine jeweils einen Sicherungsnocken aufweisen, der in einer nicht bezifferten Führungsnut hin und her läuft und ein Drehen der Steuerkolben 40 verhindert.

[67] Da der Steuerkolben 40 im Bereich des Schusskanals 39 mit dem heißen Arbeitsmedium aus der Brennkammer 2 in Kontakt kommt, ist es vorteilhaft, wenn der Steuerkolben 40 wassergekühlt ist. Hierzu weist der Axialkolbenmotor 1, insbesondere im Bereich des Steuerkolbens 40, eine Wasserkühlung 45 auf, wobei die Wasserkühlung 45 innere Kühlkanäle 46, mittlere Kühlkanäle 47 und äußere Kühlkanäle 48 umfasst. Derart gut gekühlt kann der Steuerkolben 40 betriebssicher in einem entsprechenden Steuerkolbenzylinder 49 bewegt werden.

[68] Die Schusskanäle 39 und die Steuerkolben 40 können an dem Axialkolbenmotor 1 konstruktiv besonders einfach bereitgestellt werden, wenn der Axialkolbenmotor 1 einen Schusskanalring 50 aufweist, wie er insbesondere in der Figur 3 illustriert ist.

[69] Der Schusskanalring 50 weist hierbei eine Mittelachse 51 auf, um welche konzentrisch herum insbesondere die Teile der Arbeitszylinder 30 und der Steuerkolbenzylinder 49 des Axialkolbenmotors 1 angeordnet sind. Zwischen jedem Arbeitszylinder 30 und Steuerkolbenzylinder 49 ist ein Schusskanal 39 vorgesehen, wobei jeder Schusskanal 39 räumlich mit einer Ausnehmung 52 (siehe Figur 3) eines Brennkammerbodens 53 (siehe Figur 1) der Brennkammer 2 des Axialkolbenmotors 1 verbunden ist. So kann das Arbeitsmedium aus der Brennkammer 2 heraus über die Schusskanäle 39 in die Arbeitszylinder 30 gelangen und dort Arbeit verrichten, mittels welcher auch die Verdichterzylinder 33 des Axialkolbenmotors 1 bewegt werden können. Es versteht sich, dass je nach konkreter Ausgestaltung noch Beschichtungen und Einsätze vorgesehen sein können, um den Schusskanalring 50 bzw. sein Material vor einem direktem Kontakt mit korrosiven Verbrennungsprodukten oder aber mit zu hohen Temperaturen zu schützen.

[70] Der in den Figuren 4 und 5 exemplarisch dargestellte alternative Steuerkolben 60 weist ein Laufrad 61 für die Steuerkolbenkurvenbahn 37 des Axialkolbenmotors 1 auf. Das Laufrad

61 ist ebenso wie eine als Kugel 62 ausgebildete Drehsicherung 63 an einem dem Kolbendeckel 41 abgewandten Ende 64 des Steuerkolbens 60 vorgesehen. Die Kugel 62 kann vorteilhafter Weise vorliegend auch als Längsführung des Steuerkolbens 60 dienen. Darüber hinaus umfasst der Steuerkolben 60 einen Kolbenring 65, der direkt unterhalb des Kolbendeckels 41 sitzt. Der Kolbenring 65 ist mittels einer Kolbenringsicherung 66 an dem Steuerkolben 60 gesichert. Zwischen dem Kolbenring 65 und der Kugel 62 ist noch ein Druckausgleich 67 für den Steuerkolben 60 vorgesehen.

Bezugszeichenliste:

1	Axialkolbenmotor	34	Pleuel
2	Brennkammer	35	Pleuellaufrad
3	erster Bereich	36	Antriebskurvenbahn
4	zweiter Bereich	37	Antriebskurvenbahnträger
5	Aufbereitungskammer	38	Antriebswelle
6	Hauptbrennkammer	39	Schusskanal
7	Vorkammer	40	Steuerkolben
8	Hauptkammer	41	Kolbendeckel des Steuerkolbens
9	Hauptdüse	42	Steuerkolbenkurvenbahn
10	Aufbereitungsdüse	43	Abstandhalter für Steuerkolbenkurvenbahnen
11	Hauptbrennrichtung	44	axialgerichtete Hubbewegung
12	Symmetrieachse	45	Wasserkühlung
13	Winkel	46	innere Kühlkanäle
14	Strahlrichtung der Aufbereitungsdüse	47	mittlere Kühlkanäle
15	Strahlrichtung der Hauptdüse	48	äußere Kühlkanäle
16	Schnittpunkt	49	Steuerkolbenzylinder
17	separate Luftzufuhr	50	Schusskanalring
18	Prozessluftzufuhr	51	Mittelachse
19	weitere Luftzufuhr	52	Ausnehmung
20	Löcherkranz	53	Brennkammerboden
21	keramische Baugruppe	60	alternativer Steuerkolben
22	keramische Brennkammerwand	61	Laufrad
23	profiliertes Rohr	62	Kugel
24	Kühlluftkammer	63	Drehsicherung
25	Kühlluftkammerzufuhr	64	abgewandtes Ende
30	Arbeitszylinder	65	Kolbenring
31	Arbeitskolben	66	Kolbenringsicherung
32	Verdichterkolben	67	Druckausgleich
33	Verdichtierzylinder		

Patentansprüche:

1. Axialkolbenmotor (1) mit einer Brennkammer (2), die mit einer Zweistufenverbrennung arbeitet.
2. Axialkolbenmotor (1) nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Brennkammer (2) zwei Bereiche (3, 4) aufweist, in die ein Kraftstoff und/oder Luft eingespritzt wird.
3. Axialkolbenmotor (1) nach Anspruch 1 und 2, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Brennkammer (2) einen ersten Bereich (3) aufweist, in welchem ein Anteil der Verbrennungsluft eingeleitet wird, und in welchem eine Aufbereitungsdüse (10) eine entsprechende Menge Kraftstoff einspritzt.
4. Axialkolbenmotor (1) nach Anspruch 3, *dadurch gekennzeichnet, dass* der Verbrennungsluftanteil kleiner als 50 % der gesamten Verbrennungsluft, vorzugsweise kleiner als 15 %, insbesondere kleiner als 10 %, ist.
5. Axialkolbenmotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, *gekennzeichnet durch* eine Hauptdüse (9) und eine Nebendüse, beispielsweise eine Aufbereitungsdüse (10).
6. Axialkolbenmotor (1) mit einer Brennkammer (2), insbesondere nach einem der vorstehenden Ansprüche, in welche über eine Hauptdüse (9) Kraftstoff und über eine Aufbereitungsdüse (10) Kraftstoff, der mit Luft vermischt wird bzw. ist, einspritzbar ist.
7. Axialkolbenmotor (1) nach Anspruch 5 oder 6, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Hauptdüse (9) parallel zu einer Hauptbrennrichtung (11) in der Brennkammer (2) ausgerichtet ist.
8. Axialkolbenmotor (1) nach Anspruch 7, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Hauptdüse (9) koaxial zu einer Symmetrieachse (12) der Brennkammer (2) ausgerichtet ist, die parallel zur Hauptbrennrichtung (11) in der Brennkammer (2) liegt.

9. Axialkolbenmotor (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, *dadurch gekennzeichnet, dass* eine Aufbereitungsdüse (10) in einem Winkel (13) zur Hauptdüse (9) ausgerichtet ist.
- 5 10. Axialkolbenmotor (1) nach Anspruch 9, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Strahlrichtung (14) der Aufbereitungsdüse (10) die Strahlrichtung (15) der Hauptdüse (9) schneidet.
- 10 11. Axialkolbenmotor (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, *gekennzeichnet durch* eine Aufbereitungskammer (5), in welche sowohl eine Hauptdüse (9) als auch eine Aufbereitungsdüse (10) gerichtet sind und welche sich zu einer Hauptbrennkammer (6) hin öffnet.
12. Axialkolbenmotor (1) nach einer der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Aufbereitungskammer (5), in welche das Abgas bzw. ein Kraftstoff-Luft-Gemisch aus einer Aufbereitungsdüse (10) eingeleitet und in welchen ohne Luftzufuhr Kraftstoff aus einer Hauptdüse (9) eingespritzt wird.
- 15 13. Axialkolbenmotor (1) mit einer Brennkammer (2, 6) und einer der Brennkammer (2, 6) vorgeschalteten Aufbereitungskammer (5), in welche über eine Hauptdüse (9) Kraftstoff aufgegeben wird, welcher in der Aufbereitungskammer (5) erhitzt, vorzugsweise thermisch zerlegt, wird.
- 20 14. Axialkolbenmotor (1) nach Anspruch 12 oder 13, *dadurch gekennzeichnet, dass* in die Aufbereitungskammer (5) eine Aufbereitungsdüse (10) mündet, über welche der Kraftstoff in der Aufbereitungskammer (5) erhitzt werden kann.
15. Axialkolbenmotor (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Aufbereitungskammer (5) parallel zu einer Hauptbrennrichtung (11) in der Brennkammer (2) ausgerichtet ist.
- 25 16. Axialkolbenmotor (1) nach Anspruch 15, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Aufbereitungskammer (5) coaxial zu einer Symmetrieachse (12) der Brennkammer (2, 6)

ausgerichtet ist, die parallel zur Hauptbrennrichtung (11) in der Brennkammer (2, 6) liegt.

17. Axialkolbenmotor (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 16, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Aufbereitungskammer (5) einen kleineren Durchmesser als die Brennkammer (2, 6) aufweist.
18. Axialkolbenmotor (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 17, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Aufbereitungskammer (5) eine Vorkammer (7) und eine Hauptkammer (8) umfasst.
19. Axialkolbenmotor (1) nach Anspruch 18, *dadurch gekennzeichnet, dass* sich die Strahlrichtung (14) einer Aufbereitungsdüse (10) und die Strahlrichtung (15) der Hauptdüse (9) in der Vorkammer (7) schneiden.
20. Axialkolbenmotor (1) nach Anspruch 18 oder 19, *dadurch gekennzeichnet, dass* sich die Vorkammer (7) zur Hauptkammer (8) erweitert.
21. Axialkolbenmotor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet, dass* einer durch eine Hauptdüse (9) in die Hauptbrennkammer (6) eingeleitete Kraftstoffmenge entsprechende Luftmenge in die Hauptbrennkammer (6) hinter einer Aufbereitungskammer (7) eingeleitet wird.
22. Axialkolbenmotor (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, *gekennzeichnet durch* eine separate Luftzufuhr (17) zur Brennkammer (2).
23. Axialkolbenmotor (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet, dass* eine der beiden Düsen (9, 10), vorzugsweise eine Aufbereitungsdüse (10), einen Löcherkranz (20) für eine Luftzufuhr (19) aufweist.
24. Axialkolbenmotor (1) mit einer Brennkammer (2), die mittels einer keramischen Baugruppe (21) isoliert ist, *dadurch gekennzeichnet, dass* die keramische Baugruppe (21) luftgekühlt ist.

25. Axialkolbenmotor (1) mit einer Brennkammer (2), die mittels einer keramischen Baugruppe (21) isoliert ist, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** die keramische Baugruppe (21) rohrartig ausgebildet und von einem Rohr (23) mit einer Profilierung, vorzugsweise mit einem Gewinde, umgeben ist.
- 5 26. Axialkolbenmotor (1) nach Anspruch 25, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** das profilierte Rohr (23) beidseits profiliert ist, vorzugsweise beidseits mit einem Gewinde versehen ist.
27. Axialkolbenmotor (1), ***dadurch gekennzeichnet, dass*** verdichtete Prozessluft zur Kühlung, insbesondere zur Kühlung einer Brennkammer (2), genutzt wird.
- 10 28. Axialkolbenmotor (1), ***dadurch gekennzeichnet, dass*** der Prozessluft Wasser aufgegeben wird.
29. Axialkolbenmotor (1) nach Anspruch 28, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** das Wasser vor bzw. bei dem Verdichten aufgegeben wird.
30. Axialkolbenmotor (1) nach Anspruch 29, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** das Wasser
15 in einen Verdichtungszyylinder (33) gespritzt wird.
31. Axialkolbenmotor (1) nach einem der Ansprüche 28 bis 30, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** die Wassermenge proportional zur Kraftstoffmenge gesteuert wird.
32. Axialkolbenmotor (1) mit kontinuierlicher Verbrennung, bei welchem aus einer Brennkammer (2) ausströmendes Arbeitsmedium über wenigstens einen Schusskanal
20 (39) sukzessive wenigstens zwei Arbeitszylindern (30) zugeführt wird, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** je Arbeitszylinder (30) ein Schusskanal (39) vorgesehen ist, der über einen Steuerkolben (40; 60) geschlossen und geöffnet werden kann.
33. Axialkolbenmotor (1) nach Anspruch 32, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** der Steuerkolben (40; 60) eine im Wesentlichen radial gerichtete Hubbewegung ausführt.
- 25 34. Axialkolbenmotor (1) nach Anspruch 32, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** der Steuerkolben (40; 60) eine im Wesentlichen axial gerichtete Hubbewegung (44) ausführt.

35. Axialkolbenmotor (1) nach einem der Ansprüche 32 bis 34, *dadurch gekennzeichnet, dass* der Steuerkolben (40; 60) wassergekühlt ist.
36. Axialkolbenmotor (1) nach einem der Ansprüche 32 bis 35, *dadurch gekennzeichnet, dass* der Steuerkolben (40; 60) desmodromisch angetrieben ist.
- 5 37. Axialkolbenmotor (1) nach einem der Ansprüche 32 bis 36, *dadurch gekennzeichnet, dass* der Steuerkolben (40; 60) über eine Kurvenbahn angetrieben ist.
38. Axialkolbenmotor (1) nach einem der Ansprüche 32 bis 37, *dadurch gekennzeichnet, dass* ein Kolbendeckel (41) des Steuerkolbens (40; 60) einen größeren Durchmesser als der Schusskanal (39) aufweist.
- 10 39. Axialkolbenmotor (1) nach einem der Ansprüche 32 bis 38, *dadurch gekennzeichnet, dass* der Steuerkolben (40; 60) drehgesichert ist.
40. Axialkolbenmotor (1) nach einem der Ansprüche 32 bis 39, *dadurch gekennzeichnet, dass* der Steuerkolben (40, 60) einen Steuerkolbenring (65) trägt.
41. Axialkolbenmotor (1) nach Anspruch 40, *dadurch gekennzeichnet, dass* der Steuerkolbenring (65) einen Schlitz aufweist.
- 15 42. Axialkolbenmotor (1) nach Anspruch 40 oder 41, *dadurch gekennzeichnet, dass* der Steuerkolbenring (65) drehgesichert ist.
43. Verfahren zum Betrieb eines Axialkolbenmotors (1), *dadurch gekennzeichnet, dass* Kraftstoff in einem ersten Schritt zerlegt und anschließend zur Verbrennung mit Prozessluft in Kontakt gebracht wird.
- 20 44. Verfahren nach Anspruch 43, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Zerlegung des Kraftstoffs thermisch erfolgt.
45. Verfahren nach Anspruch 44, *dadurch gekennzeichnet, dass* die thermische Energie für die Zerlegung durch eine Aufbereitungsflamme bereitgestellt wird.

46. Verfahren nach Anspruch 45, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Aufbereitungsflamme über ein Kraftstoff-Luft-Gemisch erzeugt wird.
47. Verfahren nach Anspruch 46, *dadurch gekennzeichnet, dass* der Anteil an Kraftstoff, der durch das Kraftstoff-Luft-Gemisch in die Brennkammer (2) bzw. in die Aufbereitungskammer (5) gebracht wird, unter 10% der gesamten Kraftstoffmenge ist, die in die Brennkammer (2) eingebracht wird.
- 5





