

(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
24. September 2009 (24.09.2009)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/115532 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

F23C 9/00 (2006.01) F23D 11/10 (2006.01)
F23R 3/28 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/053160

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. März 2009 (17.03.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 015 577.2 18. März 2008 (18.03.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E.V.** [DE/DE]; Linder Höhe, 51147 Köln (DE). **WS - WÄRMEPROZESSTECHNIK GMBH** [DE/DE]; Dornierstrasse 14, 71272 Renningen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **NOLL, Berthold** [DE/DE]; Bergblickstrasse 33, 77654 Offenburg (DE).

(74) Anwalt: **HOEGER, STELLRECHT & PARTNER**; Uhlandstrasse 14c, 70182 Stuttgart (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, 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, MK, 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).

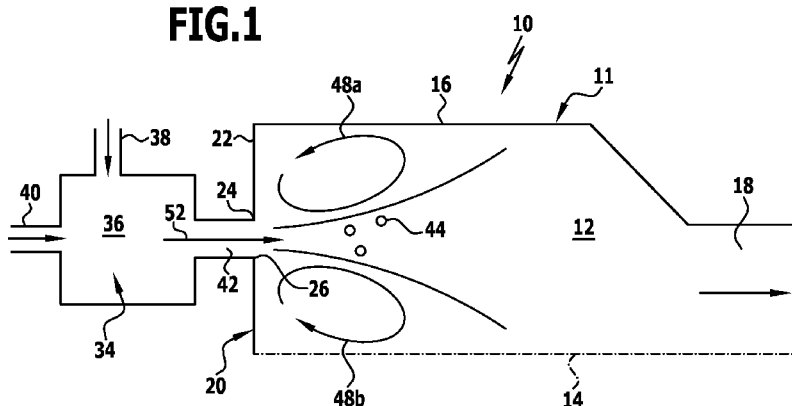
Veröffentlicht:

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

(54) Title: METHOD FOR LOW-POLLUTION COMBUSTION WITH LIQUID FUEL AND COMBUSTION CHAMBER DEVICE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR SCHADSTOFFARMEN VERBRENNUNG MIT FLÜSSIGEM BRENNSTOFF UND BRENNKAMMERVORRICHTUNG

FIG.1



(57) Abstract: A method is provided for low-pollution combustion in which fuel and oxidizer are coupled in a combustion chamber, forming one or more exhaust gas recirculation zones in which a liquid is used as fuel, wherein the fuel is atomized using a gaseous propellant medium, and at least one multiple-phase stream of fluid droplets and propellant medium is blown into the combustion chamber with an inlet velocity in the range of between 30 m/s and 80 m/s and/or the speed of sound dominates in at least a cross section of the multiphase mixture before or at entrance into the combustion chamber.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur schadstoffarmen Verbrennung bereitgestellt, bei welchem Brennstoff und Oxidator in einen Brennraum eingekoppelt werden unter Ausbildung einer oder mehrerer Abgasrezirkulationszonen, bei dem als Brennstoff eine Flüssigkeit verwendet wird, wobei der Brennstoff mit einem gasförmigen Treibmedium zerstäubt wird, und mindestens ein Mehrphasenstrahl aus Flüssigkeitstropfen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



und Treibmedium in den Brennraum mit einer Eintrittsgeschwindigkeit in den Brennraum im Bereich zwischen 30 m/s und 80 m/s eingeblasen wird und/oder in mindestens einem Querschnitt des Mehrphasengemischs vor oder beim Eintritt in den Brennraum Schallgeschwindigkeit herrscht.

**Verfahren zur schadstoffarmen Verbrennung
mit flüssigem Brennstoff und Brennkammervorrichtung**

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur schadstoffarmen Verbrennung, bei welchem Brennstoff und Oxidator in einen Brennraum eingekoppelt werden unter Ausbildung einer oder mehrerer Abgasrezirkulationszonen, wobei als Brennstoff eine Flüssigkeit verwendet wird.
- 10 Die Erfindung betrifft ferner eine Brennkammervorrichtung zur schadstoffarmen Verbrennung eines flüssigen Brennstoffs mit Ausbildung einer oder mehrerer Abgasrezirkulationszonen.

Wenn Brennstoff und Oxidator am Rand einer Abgasrezirkulationszone ein-
15 geblasen werden, dann kann sich ein Brennstoff-Oxidator-Gemisch mit dem rezirkulierenden Abgas vermischen. Bei genügend starker Einmischung von rezirkulierten Abgasen in das Brennstoff-Oxidator-Gemisch kann sich eine weiträumige homogene Verbrennung in dem Brennraum ausbilden, was dem Entstehen von heißen Stellen entgegenwirkt. Dadurch wiederum erhält man
20 gute Abgaswerte bezüglich CO und NOx. Insbesondere lässt sich so eine flammenlose Oxidation realisieren.

Aus der EP 0 463 218 A1 ist ein entsprechendes Verfahren bekannt, bei welchem gasförmiger Brennstoff im Wesentlichen flammenlos und pulsationsfrei
25 oxidiert wird.

Aus der DE 102 17 913 A1 ist eine Brennkammer für eine Gasturbine bekannt, bei dem sich in einem Innenraum eine großräumige Umlaufströmung (Rezirkulationsströmung) zur Aufrechterhaltung eines flammenlosen Oxidations-
30 vorgangs ausbilden kann.

- 2 -

Aus der WO 2006/042796 A2 ist ein Vormischbrenner mit einem aus Kegelschalen bestehenden Strahlerzeuger mit einem Kegelhalbwinkel und einer auf den Strahlerzeuger in Strömungsrichtung folgenden Mischstrecke bekannt.

5

In der DE 198 09 364 A1 ist ein Brenner beschrieben, welcher eine Brennkammer mit einem Dom an einem strömaufwärtigen Ende und einem Auslasser an einem stromabwärtigen Ende enthält. Mehrere Vormischer sind mit dem Brennerdom verbunden.

10

Aus der DE 44 40 558 A1 ist ein Vormischbrenner der Doppelkegelbauart zum Betrieb einer Brennkraftmaschine bekannt.

15

Aus der DE 10 2005 008 421 A1 ist ein Verfahren zum Verbrennen eines Brennstoffs in einer Brennkammer einer Gasturbine bekannt, bei dem an einem Einlassende eines Brennraums der Brennkammer wenigstens ein Freistrah aus einem Brennstoff-Luft-Gemisch in den Brennraum eingedüst wird, derart, dass der wenigstens eine Freistrah eine Rezirkulationszone induziert, in der eine brennrauminterne Rezirkulation von Verbrennungsabgasen aus einer Verbrennungszone in eine stromauf der Verbrennungszone liegende Mischungszone stattfindet. Im Bereich der Verbrennungszone wird an einer vom wenigstens einen Freistrah abgewandten Seite der Rezirkulationszone Luft bezüglich des wenigstens einen Freistrahls in Gegenstromrichtung eingedüst.

25

Aus der EP 0 719 180 B1 ist ein Verfahren zum Verbrennen von flüssigem Brennstoff bekannt, bei dem der flüssige Brennstoff zusammen mit einem Zerstäubungsgas in einer Mischkammer zerstäubt wird, um ein Gemisch von zerstäubten Tröpfchen aus flüssigem Brennstoff in einem Zerstäubungsgas zu bilden.

30

- 3 -

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art bereitzustellen, mit welchem sich eine minimierte Schadstoffemission bei Verwendung flüssigen Brennstoffs ergibt.

5

Diese Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Brennstoff mit einem gasförmigen Treibmedium zerstäubt wird, und mindestens einen Mehrphasenstrahl aus Flüssigkeitstropfen und Treibmedium in den Brennraum mit einer Eintrittsgeschwindigkeit in dem
10 Brennraum im Bereich zwischen (einschließlich) 30 m/s und 80 m/s eingeblasen wird und/oder in mindestens einem Querschnitt des Mehrphasenstrahls vor oder beim Eintritt in den Brennraum Schallgeschwindigkeit herrscht.

Bei der erfindungsgemäßen Lösung wird der flüssige Brennstoff zunächst zerstäubt und es wird dann ein Mehrphasenstrahl aus gasförmigem Treibmedium und Flüssigkeitstropfen in den Brennraum eingeblasen. Der Mehrphasenstrahl lässt sich als Hochimpulsstrahl ausbilden, durch den im Brennraum eine oder mehrere Abgasrezirkulationszonen ausgebildet werden. Dadurch lässt sich eine
15 schadstoffarme Verbrennung und insbesondere eine flammenlose Verbrennung auch unter der Verwendung von flüssigem Brennstoff realisieren. Bei genügend kleiner Tropfengröße lässt sich eine Flüssigkeitsbeladung in einem Strahlquerschnitt des Mehrphasenstrahls mit hoher Homogenität erreichen. Dadurch kann wie bei der Verbrennung gasförmiger Brennstoffe eine schadstoffarme flammenlose Verbrennung erreicht werden.

25

Insbesondere ist eine hohe Eintrittsgeschwindigkeit des mindestens einen Mehrphasenstrahls günstig. Die Eintrittsgeschwindigkeit des mindestens einen Mehrphasenstrahls liegt auf oder leicht unterhalb der Schallgeschwindigkeit des Mehrphasengemischs des Mehrphasenstrahls. Die Schallgeschwindigkeit
30 des Mehrphasengemischs liegt dabei in der Regel weit unterhalb der Schallgeschwindigkeit der individuellen Medien, welche den Mehrphasenstrahl bilden.

Typische Werte der Eintrittsgeschwindigkeit liegen zwischen 30 m/s und 80 m/s.

- 5 Nur wenn die Divergenz des Mehrphasenstrahls gering gehalten wird, ergeben sich günstige Mischungsverhältnisse und Verbrennungsverhältnisse in dem Brennraum. Insbesondere beträgt ein Strahlausbreitungswinkel des mindestens einen Mehrphasenstrahls höchstens 30° , um diese günstigen Mischungsverhältnisse und Verbrennungsverhältnisse zu erhalten.
- 10 Ferner ist es besonders vorteilhaft, wenn Brennstoff und Oxidator drallfrei in den Brennraum eingekoppelt werden, um günstige Mischungsverhältnisse und Verbrennungsverhältnisse in dem Brennraum zu erzielen.
- 15 Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn 90 % aller Tropfen im Mehrphasenstrahl eine Größe von höchstens 50 μm haben. Dadurch erhält man eine ausreichend homogene Feinverteilung des Brennstoffs und dessen schnelle Verdunstung, um eine effektive flammenlose Oxidation zu erreichen.
- 20 Günstigerweise ist der Mehrphasenstrahl als vorzugsweise schlanker Kegelsstrahl mit kreisförmigem Strahlquerschnitt oder als Flachstrahl beispielsweise mit elliptischem Querschnitt ausgebildet. Dadurch ergeben sich vorteilhafte Vermischungsverhältnisse.
- 25 Es ist günstig, wenn die maximale Abweichung der Flüssigkeitsbeladung in einem Strahlquerschnitt des Mehrphasenstrahls beim Eintritt in den Brennraum höchstens 50 % von einem Mittelwert der Flüssigkeitsbeladung beträgt. Dadurch ergeben sich günstige Mischungs- und Verbrennungsverhältnisse zur Erzielung einer schadstoffarmen flammenlosen Verbrennung.

- 5 -

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn das Treibmedium Oxidatorgas wie beispielsweise Luft, reiner Sauerstoff oder auch ein mit Sauerstoff angereichertes Gas ist. Der Mehrphasenstrahl ist dann bereits ein homogener Brennstoff-Oxidator-Gemischstrahl.

5

Es lässt sich dadurch eine schadstoffarme Verbrennung erreichen. Beispielsweise ist es dadurch möglich, eine sogenannte "Oxifuel"-Verbrennung durchzuführen, bei der das Oxidatorgas zur Kleinhaltung der Abgasmenge ein mit Sauerstoff hoch angereichertes Gasgemisch ist.

10

Es ist auch möglich, dass das Treibmedium ein Dampf ist. Grundsätzlich ist der Energieaufwand zur Bereitstellung eines gasförmigen Mediums unter hohem Druck entsprechend hoch. Der hohe Druck wiederum ist aber notwendig, um einen impulsstarken Mehrphasenstrahl auszubilden. Weiterhin ist ein hoher

15

Vordruck notwendig, um in einem Düsenquerschnitt einer Zerstäubungseinrichtung Schallgeschwindigkeit und damit Drucksprünge in dem Mehrphasengemisch zu erreichen, was wiederum zu einer feinen Zerstäubung notwendig ist. Der energetische Aufwand ist geringer, wenn ausgehend von einer Flüssigkeit diese zunächst druckbeaufschlagt wird und dann die druckbeauf-

20

schlagte Flüssigkeit verdampft wird. Der entsprechende Dampf lässt sich dann als gasförmiges Treibmedium einsetzen.

In diesem Zusammenhang ist es energetisch sehr günstig, wenn ein Ausgangsmedium für das Treibmedium eine Flüssigkeit ist, welche zunächst unter Druck gesetzt wird (als Flüssigkeit) und anschließend verdampft wird. Die Druckbeaufschlagung lässt sich auf einfache und energieeffiziente Weise beispielsweise über eine Flüssigkeitspumpe durchführen.

25

- 6 -

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn flüssiger Brennstoff in einer Zweistoffzerstäubungseinrichtung zerstäubt wird. Eine solche Zweistoffzerstäubungseinrichtung oder pneumatische Zerstäubungseinrichtung stellt einen Mehrphasenstrahl hoher Geschwindigkeit bereit, wobei gleichzeitig in dem Treibmediumstrahl Flüssigkeitstropfen einer ausreichend geringen Größe enthalten sind. Das Treibmedium wird unter hohem Druck bereitgestellt, um den Hochimpulsstrahl bereitstellen zu können.

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die Zweistoffzerstäubungseinrichtung mindestens einen Grob-Mischungsraum und mindestens eine Düse aufweist, wobei gasförmiges Treibmedium und Brennstoff in dem mindestens einen Grob-Mischungsraum grob miteinander gemischt werden und ein Blasen-Flüssigkeit-Gemisch (Mehrphasengemisch) über die mindestens eine Düse fein zerstäubt und in den Brennraum eingeblasen wird.

Bei einer Ausführungsform einer Zweiphasenzerstäubungseinrichtung werden Flüssigkeit und gasförmiges Treibmedium bei relativ niedriger Geschwindigkeit in dem Grob-Mischungsraum zusammengeführt und auf eine hohe Geschwindigkeit und insbesondere Schallgeschwindigkeit des Zweiphasengemisches beschleunigt. Am Düsenaustritt wird so ein Drucksprung erzeugt, welcher bei der Expansion des Gemisches in die Gasatmosphäre des Brennraums die Zerteilung der flüssigen Phase in feine Tropfen bewirkt. Beim Eintritt des Mehrphasenstrahls in den Brennraum ist dabei dann die Geschwindigkeit kleiner als die Schallgeschwindigkeit.

Bei einer weiteren Ausführungsform wird der flüssige Brennstoff durch seitliche Bohrungen in einer Venturi-Düse quer zur Hauptströmungsrichtung in eine Oxidatorgasströmung eingeblasen. Dadurch lassen sich sehr hohe Verhältnisse von Oxidatormenge zu Brennstoffmenge erreichen.

Es ist vorgesehen, dass die Ausrichtung des mindestens einen Mehrphasenstrahls eine Umfangsrichtungskomponente aufweist, welche in einem Winkel

- 7 -

zwischen (einschließlich) 0° und 40° zu einer axialen Richtung des Brennraums liegt. Wenn die Richtung des Mehrphasenstrahls eine Umfangsrichtungskomponente (der Winkel ist dann größer 0°) aufweist, dann kann beispielsweise die Strömung beruhigt werden und es lassen sich dadurch instabile Interaktionen von benachbarten Mehrphasenstrahlen verhindern.

Es ist auch möglich, dass die Ausrichtung des mindestens einen Mehrphasenstrahls eine Radialrichtungskomponente aufweist, welche in einem Winkel zwischen (einschließlich) 0° und $\pm 45^\circ$ zu einer axialen Richtung des Brennraums liegt. Durch die entsprechende Einblasung lässt sich je nach Ausbildung des Brennraums eine Abgaszirkulationszone gezielt fördern. Wenn beispielsweise ein Mehrphasenstrahl mit einem endlichen Winkel (größer 0°) in Richtung weg von einer axialen Achse des Brennraums zu geblasen wird, dann lässt sich eine Abgasrezirkulationszone an oder in der Nähe der axialen Achse des Brennraums fördern.

Es ist insbesondere dann günstig, wenn ein Mehrphasenstrahl in einem Winkel und insbesondere eine Anordnung von Mehrphasenstrahlen jeweils in einem Winkel von einer axialen Richtung des Brennraums weg geneigt eingeblasen wird, wenn eine an oder in der Nähe der axialen Achse liegende Abgasrezirkulationszone verstärkt werden soll und in einem Winkel zu der axialen Achse hin geneigt eingeblasen wird, wenn eine an oder in der Nähe einer Außenwand liegende Abgasrezirkulationszone verstärkt werden soll. Je nach Anwendung bzw. geometrischen Verhältnissen lässt sich durch entsprechende Winkleinblasung des oder der Mehrphasenstrahlen eine gezielte Abgasrezirkulationszonenverstärkung erreichen.

Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, eine Brennkammervorrichtung der eingangs genannten Art bereitzustellen, mit welcher sich auf vorteilhafte Weise flüssiger Brennstoff verwenden lässt.

- 8 -

Diese Aufgabe wird bei der eingangs genannten Brennkammervorrichtung erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Einblaseeinrichtung eine Zweistoffzerstäubungseinrichtung umfasst, durch welche mindestens ein Mehrphasenstrahl mit Brennstofftropfen und gasförmigem Treibmedium in den Brennraum einblasbar ist.

Durch die Verwendung einer Zweistoffzerstäubungseinrichtung (pneumatische Zerstäubungseinrichtung) lässt sich ein Mehrphasen-Hochimpulsstrahl mit feinen Brennstofftropfen erzeugen. Dadurch lässt sich eine schadstoffarme Verbrennung und insbesondere flammenlose Oxidation realisieren.

Insbesondere ist die Einblaseeinrichtung so ausgebildet, dass der mindestens eine Mehrphasenstrahl drallfrei einblasbar ist. Dadurch ergeben sich optimierte Mischungsverhältnisse und Verbrennungsverhältnisse in dem Brennraum.

Ferner ist es günstig, wenn die Einblaseeinrichtung so ausgebildet ist, dass der mindestens eine Mehrphasenstrahl in mindestens einem Querschnitt vor oder beim Eintritt in den Brennraum auf Schallgeschwindigkeit befindlich einblasbar ist. Dadurch lassen sich optimierte Verbrennungsverhältnisse und Mischungsverhältnisse in dem Brennraum realisieren.

Günstig ist es, wenn die Zweistoffzerstäubungseinrichtung mindestens einen Grob-Mischungsraum und mindestens eine Düse aufweist, wobei in dem Grob-Mischungsraum Brennstoff und Treibstoff eingebracht werden und durch die mindestens eine Düse die Flüssigkeit zerstäubt und ein Mehrphasenstrahl (hoher Geschwindigkeit) in den Brennraum einblasbar ist. Dadurch lassen sich in dem Brennraum starke Abgasrezirkulationsströmungen ausbilden, durch die dann eine flammenlose Oxidation erhalten werden kann. Dadurch wiederum lässt sich die Verbrennung schadstoffarm durchführen.

Es ist dabei grundsätzlich möglich, dass der mindestens eine Grob-Mischungsraum ein Düsenraum (integrierter Raum) einer zugeordneten Düse

- 9 -

ist oder direkt mit einem solchen Düsenraum verbunden ist. Eine entsprechende Zweistoffzerstäubungseinrichtung wird auch als innenmischend bezeichnet.

- 5 Der Grob-Mischungsraum ist hierbei über die Düse mit dem Brennraum verbunden, wobei in dieser Düse Schallgeschwindigkeit im Mehrphasengemisch erreicht wird.

- Bei einer alternativen Ausführungsform ist der mindestens eine Grob-
- 10 Mischungsraum außerhalb einer zugeordneten Düse angeordnet. Eine entsprechende Zweistoffzerstäubungseinrichtung wird auch als außenmischend bezeichnet. Die Grobmischung und Beschleunigung des Mehrphasengemischs auf Schallgeschwindigkeit sowie die Zerstäubung des Brennstoffes finden hier nicht klar räumlich getrennt statt. Eine außenmischende Zweistoff-
- 15 zerstäubungseinrichtung hat den Vorteil, dass sich die radialen Abmessungen mindestens in der Nähe des Brennraums gering halten lassen, sodass beispielsweise eine Mehrzahl von Düsen für die Einblaseeinrichtung vorgesehen werden kann.
- 20 Günstig ist es, wenn die Zweistoffzerstäubungseinrichtung mindestens einen Anschluss zur Einkopplung von flüssigem Brennstoff und mindestens einen Anschluss für gasförmiges Treibmedium aufweist. Dadurch lässt sich eine Mischung und eine anschließende Zerstäubung erreichen.
- 25 Grundsätzlich ist es vorteilhaft, wenn eine Mündungsöffnung der mindestens einen Düse in einem Winkel zwischen (einschließlich) 0° und 40° zwischen einer axialen Richtung des Brennraums und einer Umfangsrichtung des Brennraums orientiert ist, d.h. die Düse entsprechend ausgerichtet ist. Wenn der Winkel bei 0° liegt, dann weist der entsprechende Mehrphasenstrahl keine
- 30 Umfangsrichtungskomponente im Brennraum auf. Wenn dieser Winkel endlich

ist, dann weist er eine Umfangsrichtungskomponente auf. Letzteres kann beispielsweise vorteilhaft sein, wenn die Strömung beruhigt werden muss und instabile Interaktionen von benachbarten Mehrphasenstrahlen vermieden werden sollen.

5

Ferner ist es günstig, wenn eine Mündungsöffnung der mindestens einen Düse in einem Winkel zwischen (einschließlich) 0° und $\pm 45^\circ$ zwischen einer axialen Richtung des Brennraums und einer radialen Richtung des Brennraums orientiert ist. Wenn der Winkel bei 0° liegt, dann weist ein entsprechender Mehrphasenstrahl keine Radialrichtungskomponente auf. Wenn dieser Winkel endlich ist, dann lässt er sich von einer axialen Achse des Brennraums weg oder auf diese zu richten. Dadurch lässt sich je nach Anordnung der Düse und insbesondere deren Abstand zu der axialen Achse eine Verstärkung von randseitigen oder zentralen Abgasrezirkulationszonen erreichen.

15

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die Zweistoffzerstäubungseinrichtung so ausgebildet ist, dass der mindestens eine Mehrphasenstrahl mit einer Geschwindigkeit zwischen (einschließlich) 30 m/s und 80 m/s in den Brennraum einblasbar ist. Durch die Ausbildung eines entsprechenden Hochimpulsstrahls lässt sich eine starke Abgasrezirkulationsströmung ausbilden, um so wiederum eine flammenlose Oxidation zu erreichen.

20

Entsprechend ist es günstig, wenn die Tropfengröße von 90 % aller Tropfen im Mehrphasenstrahl höchstens 50 μm ist und insbesondere in der Größenordnung von 20 μm ist.

25

Bei einer Ausführungsform umfasst die Brennkammervorrichtung eine Dampferzeugungseinrichtung, welche wiederum eine Druckbeaufschlagungseinrichtung für eine Flüssigkeit und eine Verdampfungseinrichtung zur Erzeugung von Dampf aus der Flüssigkeit aufweist, wobei der Dampf als Treibmedium dient. Durch die Dampferzeugungseinrichtung lässt sich auf energetisch vorteilhafte Weise aus der Flüssigkeit gasförmiges Treibmedium (nämlich dampfförmiges

30

Treibmedium) erzeugen. Die Flüssigkeit lässt sich energetisch vorteilhaft beispielsweise über eine Pumpe druckbeaufschlagt. Der Dampf wird dann aus der druckbeaufschlagten Flüssigkeit erzeugt.

- 5 Günstig ist es, wenn eine Mehrzahl von Düsen vorgesehen ist, deren Mündungsöffnungen in den Brennraum auf einem Kreis verteilt angeordnet sind. Wenn der Brennraum rotationssymmetrisch ausgebildet ist, dann ergeben sich dadurch Strömungsverhältnisse hoher Symmetrie. Insbesondere lassen sich Abgasrezirkulationszonen ausbilden, in denen große Teile des Verbrennungsgases in einer Verbrennungszone rezirkuliert werden, um eine flammenlose Oxidation zu erreichen. Mündungsöffnungen der Düsen liegen dabei insbesondere beabstandet zu einer axialen Achse des Brennraums.
- 10

Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen dient im Zusammenhang mit den Zeichnungen der näheren Erläuterung der Erfindung. Es zeigen:

15

Figur 1 eine schematische Teilschnittdarstellung eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Brennkammer-
20 vorrichtung;

Figur 2 eine schematische Teilschnittdarstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Brennkammer-
25 vorrichtung;

Figur 3 eine schematische Teildarstellung eines Ausführungsbeispiels eines Zuführungsteils einer erfindungsgemäßen Brennkammer-
 vorrichtung;

30 Figur 4 eine Draufsicht von einem Innenraum einer Brennkammer aus auf eine Einblaseeinrichtung;

- 12 -

Figur 5 eine Draufsicht auf einen Teilbereich der Brennkammer in der Richtung A gemäß Figur 5;

5 Figur 6 ein erstes Beispiel einer Zweistoffzerstäubungseinrichtung; und

Figur 7 ein zweites Ausführungsbeispiel einer Zweistoffzerstäubungseinrichtung.

10 Das Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Brennkammervorrichtung, welches in Figur 1 schematisch in einer Teilschnittdarstellung gezeigt und dort mit 10 bezeichnet ist, umfasst eine Brennkammer 11 mit einem Brennraum 12. Der Brennraum 12 ist rotationssymmetrisch zu einer Achse 14 ausgebildet. Die Achse 14 definiert eine axiale Richtung. Der Brennraum 12 ist durch
15 Brennkammerwände 16 begrenzt. Ein Auslassbereich 18 der Brennkammervorrichtung 10 ist an die Anwendung angepasst ausgebildet.

Zum Einblasen von Brennstoff und Oxidator weist die Brennkammervorrichtung 10 eine Einblaseeinrichtung 20 auf. Die Einblaseeinrichtung 20 steht dabei
20 in fluidwirksamer Verbindung mit einer Stirnplatte 22, welche eine Brennkammerwand bildet (siehe auch Figur 4).

Die Einblaseeinrichtung 20 umfasst mindestens eine Düse 24 mit einer Mündungsöffnung 26 in den Brennraum 12. Die (mindestens eine) Mündungs-
25 öffnung 26 ist an der Stirnplatte 22 gebildet. Die Mündungsöffnung 26 ist radial beabstandet zur Achse 14.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfasst die Einblaseeinrichtung 20 eine Mehrzahl von Düsen 24, deren Mündungsöffnungen 26 auf einer Kreislinie
30 28 (Figur 4) angeordnet sind. Ein Mittelpunkt 30 der Kreislinie 28 liegt dabei auf der Achse 14.

- 13 -

Der Durchmesser der Kreislinie 28 hängt von der Anwendung ab.

Es ist grundsätzlich möglich, dass durch die Düsen 24 ein Brennstoff-Oxidator-Gemisch in den Brennraum 12 eingeblasen wird. Es ist auch möglich, dass
5 Brennstoff und Oxidator durch getrennte Düsen eingeblasen werden. In Figur 4 sind Düsen 32 für das getrennte Einblasen von Oxidator (unabhängig vom Brennstoff) angedeutet. Die Düsen 32 liegen dabei vorzugsweise ebenfalls auf einer Kreislinie. Vorzugsweise liegen sie auf der Kreislinie 28, wobei zwischen benachbarten Düsen 24 zum Einblasen von Brennstoff jeweils eine Düse 32
10 zum Einblasen von Oxidator liegt.

Die erfindungsgemäße Brennkammervorrichtung 10 wird mit flüssigem Brennstoff betrieben. Die Einblaseeinrichtung 20 umfasst eine Zweistoffzerstäubungseinrichtung 34. In der Zweistoffzerstäubungseinrichtung 34 wird ein Mehr-
15 phasenstrahl mit einem gasförmigen Treibmedium und zerstäubten Flüssigkeitstropfen von Brennstoff erzeugt. Dieser Mehrphasenstrahl wird über die jeweilige Düse 24 in den Brennraum 12 eingeblasen. Solche Zweistoffzerstäubungseinrichtungen 34, welche einen Mehrphasenstrahl erzeugen, werden auch als pneumatische Zerstäubungseinrichtungen (wegen des gas-
20 förmigen Treibmediums) bezeichnet.

Bei einer Ausführungsform sind Düseneinrichtungen vorgesehen, welche jeweils Düsen zur Einblasung des Mehrphasenstrahls umfassen, die konzentrisch zur zulässigen Einblasung eines Oxidatorgases angeordnet sind.

25

Bei dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel umfasst die Zweistoffzerstäubungseinrichtung 34 einen Grob-Mischungsraum 36 mit einem ersten Anschluss 38, über welchen gasförmiges Treibmedium einkoppelbar ist. Ferner ist ein zweiter Anschluss 40 vorgesehen, über welchen flüssiger Brennstoff in
30 den Grob-Mischungsraum 36 eingekoppelt ist. In dem Grob-Mischungsraum 36 erfolgt die Bildung eines Blasen-Flüssigkeitsgemisches. Über die Düse 32 wird

- 14 -

die Mischung als Mehrphasenstrahl mit zerstäubten Brennstofftropfen eingeblasen.

Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Zweistoffzerstäubungseinrichtung 34 innenmischend. Der Mischungsraum 36 bildet einen Düsenraum 42 oder steht in direkter Verbindung mit dem Düsenraum 42 der Düse 24.

Über die Zweistoffzerstäubungseinrichtung 34 wird der mindestens eine Mehrphasenstrahl 44 erzeugt. Er wird mit hoher Geschwindigkeit in den Brennraum 12 eingeblasen. Die Geschwindigkeit liegt dabei im Bereich zwischen 30 m/s und 80 m/s und insbesondere in der Größenordnung von 50 m/s bis 60 m/s. Die Geschwindigkeit des Mehrphasenstrahls beim Einblasen in den Brennraum 12 liegt bei oder wenig unterhalb der Schallgeschwindigkeit des Mehrphasengemischs. (Die Schallgeschwindigkeit des reinen Treibmediums liegt üblicherweise oberhalb der Schallgeschwindigkeit des Mehrphasengemischs.)

Die Zerstäubung erfolgt derart, dass bei 90 % der eingedüsten Tropfen in dem Mehrphasenstrahl 44 der Tropfendurchmesser unterhalb von 50 µm und insbesondere in der Größenordnung von 20 µm oder kleiner liegt.

Die Düse 24 ist so ausgebildet, dass sie vorzugsweise einen Strahl mit geringer Divergenz erzeugt. Bevorzugt ist ein kreisförmiger Querschnitt. Ein Strahlausbreitungswinkel sollte kleiner 30° sein, das heißt die Strahldivergenz sollte unterhalb von 30° liegen. In Figur 6 ist die Strahldivergenz durch einen Winkel mit dem Bezugszeichen 46 angedeutet.

Der Brennraum 12 ist in Zusammenarbeit mit der Einblaseeinrichtung 20 so ausgebildet, dass in ihm eine Abgasrezirkulation stattfinden kann. In Figur 1 ist die Abgasrezirkulation durch eine Strömung mit dem Bezugszeichen 48a, 48b angedeutet. Die Mehrphasenstrahlen 24 werden in den Brennraum 12 so eingeblasen, dass sich der Brennstoff und Oxidator mit dem rezirkulierenden Abgas in den entsprechenden Abgasrezirkulationszonen 48a, 48b vermischen.

- 15 -

Dadurch erhält man homogene Verbrennungsverhältnisse in dem Brennraum 12. Dies wirkt dem Entstehen von heißen Stellen entgegen. Dadurch wiederum erhält man gute Abgaswerte bezüglich CO und NOx. Es lässt sich eine flammenlose Oxidation realisieren. In diesem Zusammenhang wird auf die
5 EP 0 463 218 A1 und DE 102 17 913 A1 verwiesen.

Wenn eine Mehrzahl von Düsen 24 vorgesehen ist, dann umfasst die Zweistoffzerstäubungseinrichtung 34 eine Mehrzahl von Zweistoffzerstäubern 50 mit jeweiligem Grob-Mischungsraum 36 und nachgeordneter Düse 24.

10

Als Treibmedium wird beispielsweise Oxidator (wie ein Oxidatorgas) und insbesondere Luft (oder ein mit Sauerstoff angereichertes Gas) eingesetzt. Der Mehrphasenstrahl 44 ist dann ein Brennstofftropfen-Oxidator-Gemischstrahl.

15 Bei dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Düse 24 so angeordnet, dass eine Hauptrichtung 52 eines Mehrphasenstrahls 44 mindestens näherungsweise parallel zu der Achse 14 liegt.

Bei einem zweiten Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Brennkammervorrichtung, welches in Figur 2 schematisch gezeigt und dort mit 54 bezeichnet ist, ist der Brennraum 12 grundsätzlich ausgebildet wie bei der Brennkammervorrichtung 10. Die Zweistoffzerstäubungseinrichtung ist ebenfalls grundsätzlich gleich ausgebildet. Für gleiche Elemente werden gleiche Bezugszeichen verwendet. Die Zweistoffzerstäubungseinrichtung 34 der Brennkammervorrichtung 54 weist jedoch (mindestens einen) Zweistoffzerstäuber 20 56 auf, welcher bezüglich der Achse 14 derart geneigt ist, dass eine Hauptrichtung 58 eines Mehrphasenstrahls 44 relativ zu der Achse 14 geneigt ist. Ein Neigungswinkel 60 liegt zwischen 0 und 45°, wobei bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 der Winkel bei 0° liegt. Bei einer endlichen Neigung ist
30 dieser Winkel größer 0°. Der Neigungswinkel bezieht sich dabei auf einen Winkel zwischen der axialen Richtung und der radialen Richtung, das heißt die

- 16 -

Haupttrichtung 58 ist in radialer Richtung senkrecht zur Achse 14 geneigt und weist dadurch eine radiale Komponente auf.

Die Orientierung des Neigungswinkels ist abhängig von der Anordnung von
5 Düsen 24 auf der Kreislinie 28. Wenn die Kreislinie 28 einen relativ kleinen Durchmesser (im Vergleich zum Durchmesser des Brennraums 12) aufweist, dann kann es vorteilhaft sein, wenn der Neigungswinkel 60 so ausgerichtet ist, dass die Haupttrichtung 48 von der Achse 14 weg zeigt in einen Außenbereich 62 des Brennraums 12, wobei der Außenbereich 62 an der Brennkammerwand
10 16 liegt oder dieser benachbart ist.

Wenn der Durchmesser der Kreislinie 28 relativ groß ist (im Vergleich zum Durchmesser des Brennraums 12) und insbesondere die Düsen 24 dann in der Nähe der Brennkammerwand 16 liegen, dann kann es vorteilhaft sein, wie in
15 Figur 2 angedeutet, wenn der Neigungswinkel 60 so eingestellt ist, dass die Haupttrichtung 58 auf die Achse 14 zu weist.

Je nach definierter Ausgestaltung der Brennkammervorrichtung 54 kann durch geeignete Wahl des Neigungswinkels 60 eine optimale Einkopplung von Brenn-
20 stoff und Oxidator über Mehrphasenstrahlen 44 in Abgasrezirkulationszonen erfolgen, um eine flammenlose Oxidation und damit schadstoffarme Verbrennung zu realisieren.

Es ist auch möglich, wie in Figur 5 angedeutet, dass Mündungsöffnungen 64 so
25 ausgestaltet sind, dass eine Haupttrichtung 66 eines Mehrphasenstrahls zwischen der Achse 14 und einer Umfangsrichtung 68 ($\vec{e}_\varphi$) des Brennraums in einem Winkel 70 geneigt ist. Der Winkel liegt insbesondere zwischen 0 und ca. 40° und vorzugsweise zwischen 0 und 30°. Im Falle, dass der Winkel bei 0° zur Achse 14 liegt, weist die Haupttrichtung 66 keine Komponente in Umfangs-
30 richtung auf. (Sie kann eine Komponente in radialer Richtung aufweisen.)

Wenn die Hauptrichtung 66 eine Komponente in der Umfangsrichtung 68 aufweist (mit endlichem Winkel 70), dann lässt sich unter Umständen die Strömung beruhigen und es lassen sich instabile Interaktionen von benachbarten Mehrphasenstrahlen vermeiden.

Als Treibmedium kann, wie oben erwähnt, gasförmiger Oxidator und insbesondere Luft eingesetzt werden.

Es ist auch möglich, dass als Treibmedium ein Dampf eingesetzt wird. Ein Ausgangsmedium für das Treibmedium ist dann eine Flüssigkeit. Der entsprechenden Brennkammervorrichtung ist dann eine Dampferzeugungseinrichtung 72 (Figur 3) zugeordnet. Diese umfasst einen Vorwärmer 74, welchem flüssiges Ausgangsmedium zugeführt wird. An dem Vorwärmer 74 wird es erhitzt, wobei es nicht verdampft wird. Die erhitzte Flüssigkeit wird durch eine Druckbeaufschlagungseinrichtung 76, welche beispielsweise eine Pumpe 78 umfasst, unter Druck gesetzt. Die unter Druck gesetzte Flüssigkeit wird dann über eine Verdampfungseinrichtung 80 verdampft. Der Dampf wird einem Zweistoffzerstäuber 50 zugeführt, wobei er als Treibmedium dient.

Das dampfförmige Treibmedium ist gasförmig. Die energieaufwendige Verdichtung eines gasförmigen Mediums als Treibmedium wird dadurch umgangen, dass das Ausgangsmedium eine Flüssigkeit ist, welche vor der Verdampfung unter Druck gesetzt wird. Die Druckbeaufschlagung beispielsweise durch die Pumpe 78 lässt sich mit geringem Energieaufwand durchführen. Zur Verdampfung an der Verdampfereinrichtung 80 und auch für den Vorwärmer 74 kann beispielsweise Prozessabwärme genutzt werden.

Wenn eine Flüssigkeit wie beispielsweise Wasser als Ausgangsmedium für Treibmedium verwendet wird, dann wird vorteilhafterweise in separaten Düsen 32 (Figur 4) Oxidator in den Brennraum 12 eingeblasen.

Die Mehrphasenstrahlendüsen können auch konzentrisch in größere (reine) Oxidatordüsen integriert sein.

- 5 Ein Ausführungsbeispiel eines Zerstäubers 82 (Figur 6) ist innenmischend. Ein Mischungsraum 84, in welchen gasförmiges Treibmedium und flüssiger Brennstoff eingekoppelt werden, bildet einen Düsenraum 86 oder steht in direkter fluidwirksamer Verbindung mit einem Düsenraum 86.
- 10 Bei einer alternativen Ausführungsform eines Zerstäubers 88 (Figur 7) ist eine Düse 90 mit einer Mündungsöffnung 92 vorgesehen. Ein Grob-Mischungsraum 94 für Brennstoff und Oxidator liegt außerhalb des Zerstäubers 88. In dem Grob-Mischungsraum 94 erfolgt eine Vermischung und Zerstäubung. Der entsprechende Zerstäuber 88 wird als außenmischend bezeichnet.
- 15 Bei der erfindungsgemäßen Lösung wird ein Mehrphasenstrahl, welcher Brennstofftropfen enthält, mit hoher Geschwindigkeit (insbesondere mit einer Geschwindigkeit zwischen ca. 30 m/s und 80 m/s) am Austritt einer Düse 24 in den Brennraum 12 eingeblasen. Dadurch bilden sich Abgasrezirkulationszonen
- 20 48a, 48b. Der Mehrphasenstrahl kann dabei Oxidator enthalten, welcher das Treibmedium ist, oder Oxidator kann getrennt eingedüst werden. Aufgrund der Abgasrezirkulation wird eine flammenlose Oxidation realisiert, welche schadstoffarm ist.
- 25 Durch die erfindungsgemäße Lösung wird sichergestellt, dass sich innerhalb des Brennraums eine hohe Abgasrezirkulationsströmung ergibt und sich die Verbrennung über ein großes Volumen im Brennraum 12 verteilt. Dadurch werden hohe Schadstoffemissionen, eine unvollständige Verbrennung oder unerwünschte Temperaturmaxima beispielsweise an einem Brennkammer-
- 30 austritt vermieden.

- 19 -

Der erzeugte Mehrphasenstrahl 44 ist ein Hochimpulsstrahl. Dieser wird durch einen Zweistoffzerstäuber (pneumatischen Zerstäuber) erzeugt und in den Brennraum 12 eingedüst. Alternativ kann der Mehrphasenstrahl auch in einer Venturi-Düse mit Quereinkopplung von Brennstoff erzeugt werden.

5

Die erfindungsgemäße Lösung lässt sich grundsätzlich für alle Arten und Größen von Feuerungen und Kleinbrennern wie beispielsweise Haushaltsfeuerungen verwenden. Sie lässt sich beispielsweise für stationäre Gasturbinen oder Flugtriebwerke verwenden.

10

Beispielsweise lässt sich damit bei einer Gasturbinen-Brennkammer vermeiden, dass ein signifikanter Anteil der Brennstofftropfen in ungeeignete Zonen eines Brennraums gelangen kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur schadstoffarmen Verbrennung, bei welchem Brennstoff und Oxidator in einen Brennraum eingekoppelt werden unter Ausbildung einer oder mehrerer Abgasrezirkulationszonen, bei dem als Brennstoff eine Flüssigkeit verwendet wird, wobei der Brennstoff mit einem gasförmigen Treibmedium zerstäubt wird, und mindestens ein Mehrphasenstrahl aus Flüssigkeitstropfen und Treibmedium in den Brennraum mit einer Eintrittsgeschwindigkeit in den Brennraum im Bereich zwischen 30 m/s und 80 m/s eingeblasen wird und/oder in mindestens einem Querschnitt des Mehrphasengemischs vor oder beim Eintritt in den Brennraum Schallgeschwindigkeit herrscht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Strahl- ausbreitungswinkel des mindestens einen Mehrphasenstrahls höchstens 30° beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Brennstoff und Oxidator drallfrei in den Brennraum eingekoppelt werden.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass 90 % aller Tropfen im Mehrphasenstrahl einen Tropfendurchmesser von höchstens 50 µm haben.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Mehrphasenstrahl als Kegelstrahl oder Flachstrahl eingeblasen wird.

- 21 -

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die maximale Abweichung der Flüssigkeitsbeladung in einem Strahlquerschnitt des Mehrphasenstrahls beim Eintritt in den Brennraum höchstens 50 % von einem Mittelwert der Flüssigkeitsbeladung beträgt.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Treibmedium Oxidatorgas ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Treibmedium ein Dampf ist.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ausgangsmedium für das Treibmedium eine Flüssigkeit ist, welche unter Druck gesetzt und anschließend verdampft wird.
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass flüssiger Brennstoff in einer Zweistoffzerstäubungseinrichtung zerstäubt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Zweistoffzerstäubungseinrichtung mindestens einen Grob-Mischungsraum und mindestens eine Düse aufweist, wobei Treibmedium und Brennstoff in dem mindestens einen Grob-Mischungsraum zusammengebracht werden und ein Mehrphasenstrahl mit zerstäubtem Brennstoff über die mindestens eine Düse in den Brennraum eingeblasen wird.
12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Mehrphasenstrahl eine Umfangsrichtungskomponente aufweist, welche in einem Winkel zwischen 0° und 40° zu einer axialen Richtung des Brennraums liegt.

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Mehrphasenstrahl eine Radialrichtungskomponente aufweist, welche in einem Winkel zwischen 0° und $\pm 45^\circ$ zu einer axialen Richtung des Brennraums liegt.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mehrphasenstrahl in einem Winkel zu einer axialen Achse des Brennraums weggeneigt eingeblasen wird, wenn eine an oder in der Nähe einer axialen Achse liegende Abgasrezirkulationszone verstärkt werden soll, und in einem Winkel von der axialen Achse hingeneigt eingeblasen wird, wenn eine an oder in der Nähe einer Außenwand des Brennraums liegende Abgasrezirkulationszone verstärkt werden soll.
15. Brennkammervorrichtung zur schadstoffarmen Verbrennung eines flüssigen Brennstoffs mit Ausbildung einer oder mehrerer Abgasrezirkulationszonen, umfassend einen Brennraum (12) und eine Einblaseinrichtung (20) für Brennstoff und Oxidator,
dadurch gekennzeichnet, dass die Einblaseinrichtung (20) eine Zweistoffzerstäubungseinrichtung (34) umfasst, durch welche mindestens ein Mehrphasenstrahl mit Brennstofftropfen und gasförmigem Treibmedium in den Brennraum (12) einblasbar ist.
16. Brennkammervorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Einblaseinrichtung (20) so ausgebildet ist, dass der mindestens eine Mehrphasenstrahl drallfrei einblasbar ist.
17. Brennkammervorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Einblaseinrichtung (20) so ausgebildet ist, dass der mindestens eine Mehrphasenstrahl in mindestens einem Querschnitt vor oder beim Eintritt in den Brennraum (12) auf Schallgeschwindigkeit befindlich einblasbar ist.

18. Brennkammervorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Zweistoffzerstäubungseinrichtung (34) mindestens einen Grob-Mischungsraum (36; 94) und mindestens eine Düse (24) aufweist, wobei in dem Grob-Mischungsraum (36; 94) Brennstoff und Treibmedium in Kontakt bringbar sind und durch die mindestens eine Düse (24; 90) zerstäubt und als Mehrphasenstrahl (44) in den Brennraum (12) einblasbar ist.
19. Brennkammervorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Grob-Mischungsraum (36) ein Düsenraum einer zugeordneten Düse (24) ist oder direkt mit einem Düsenraum verbunden ist.
20. Brennkammervorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Grob-Mischungsraum (94) außerhalb einer zugeordneten Düse (90) liegt.
21. Brennkammervorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Zweistoffzerstäubungseinrichtung (34) mindestens einen Anschluss (40) zur Einkopplung von flüssigem Brennstoff und mindestens einen Anschluss (38) für gasförmiges Treibmedium aufweist.
22. Brennkammervorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mündungsöffnung (64) der mindestens einen Düse (24) in einem Winkel zwischen 0° und 40° zwischen einer axialen Richtung des Brennraums (12) und einer Umfangsrichtung (68) des Brennraums (12) orientiert ist.

- 24 -

23. Brennkammervorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mündungsöffnung (64) der mindestens einen Düse (24) in einem Winkel zwischen 0° und $\pm 45^\circ$ zwischen einer axialen Richtung des Brennraums (12) und einer radialen Richtung des Brennraums (12) orientiert ist.
24. Brennkammervorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Zweistoffzerstäubungseinrichtung (34) so ausgebildet ist, dass der mindestens eine Mehrphasenstrahl (44) mit einer Geschwindigkeit zwischen 30 m/s und 80 m/s in den Brennraum (12) einblasbar ist.
25. Brennkammervorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Zweistoffzerstäubungseinrichtung (34) so ausgebildet ist, dass die Tropfengröße von 90 % aller Tropfen im Mehrphasenstrahl (44) höchstens 50 μm ist.
26. Brennkammervorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 25, gekennzeichnet durch eine Dampferzeugungseinrichtung (72), umfassend eine Druckbeaufschlagungseinrichtung (76) für eine Flüssigkeit und eine Verdampfungseinrichtung (80) zur Erzeugung von Dampf aus der Flüssigkeit, welcher als Treibmedium dient.
27. Brennkammervorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 26, gekennzeichnet durch eine Mehrzahl von Düsen (24), deren Mündungsöffnungen (64) auf einer Kreislinie (28) verteilt angeordnet sind.
28. Brennkammervorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Düse eine Venturi-Düse ist mit einer Quereinspritzung von Brennstoff bezogen auf eine Hauptströmungsrichtung.

* * *

FIG.1

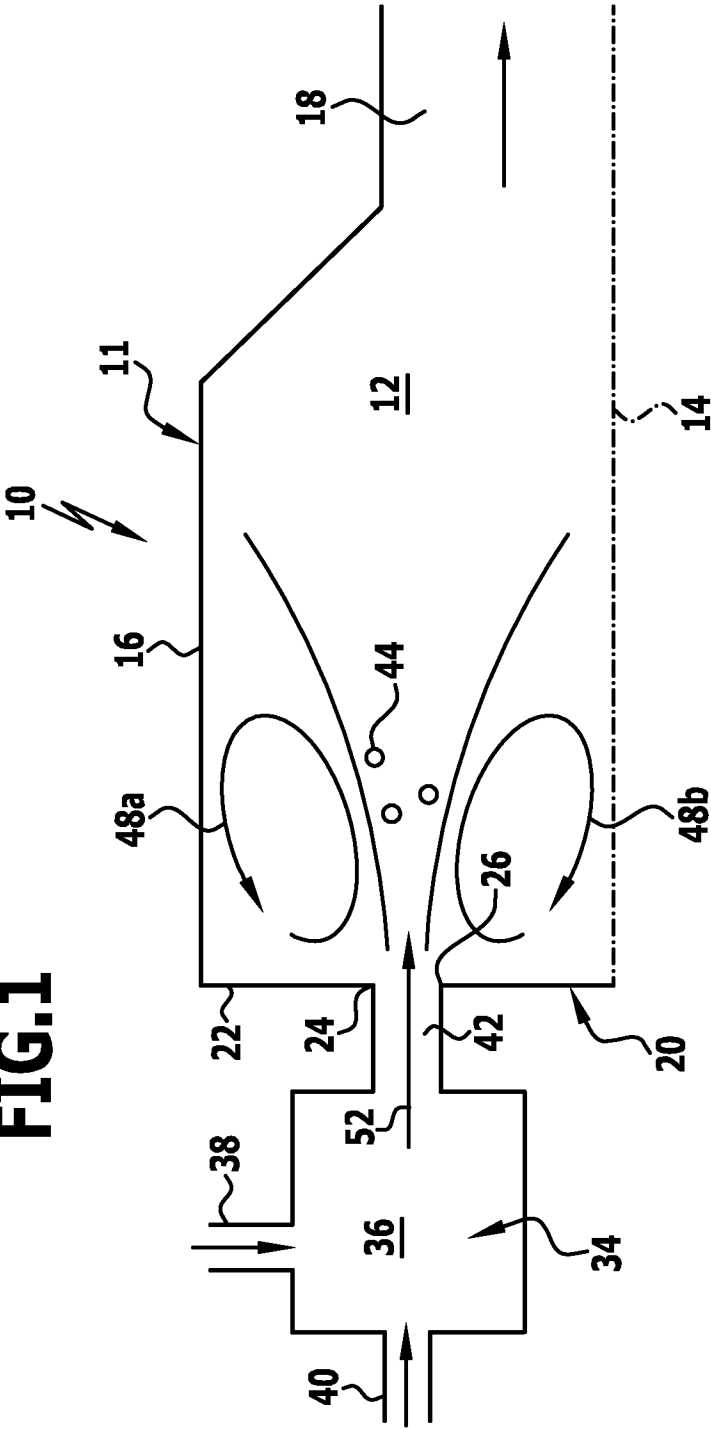


FIG.2

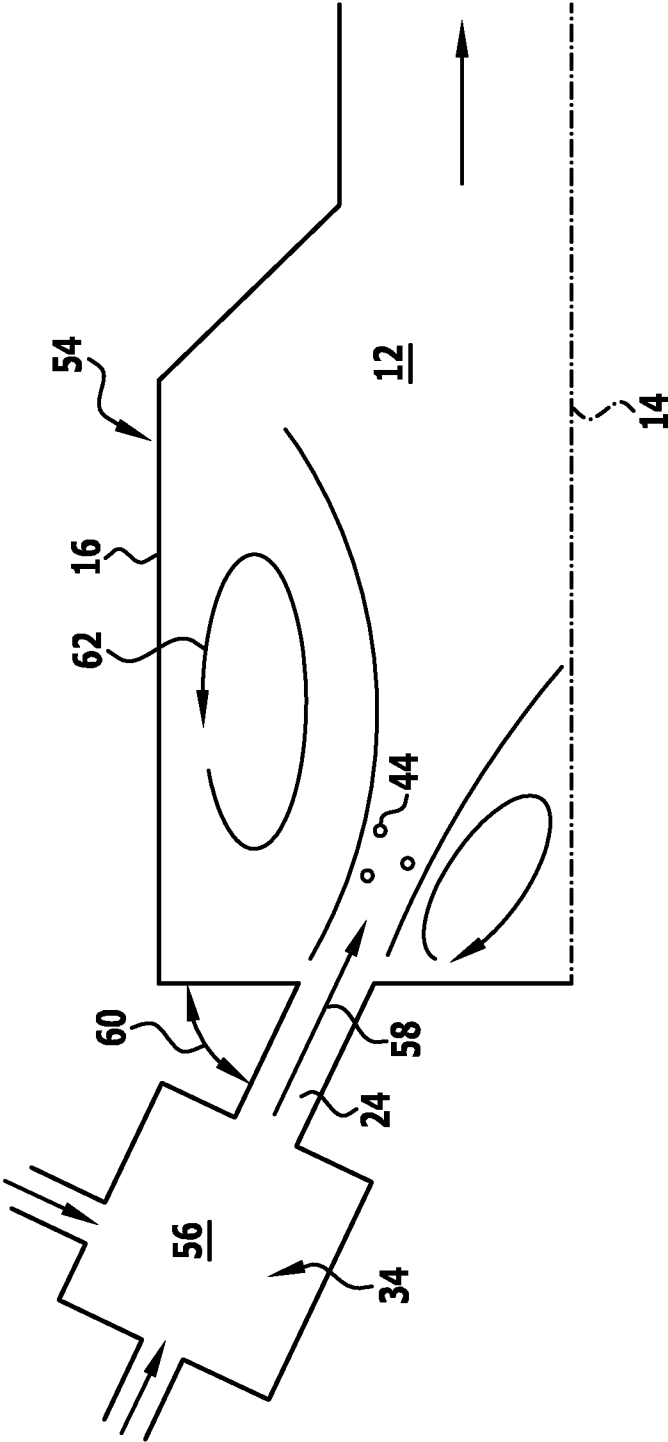
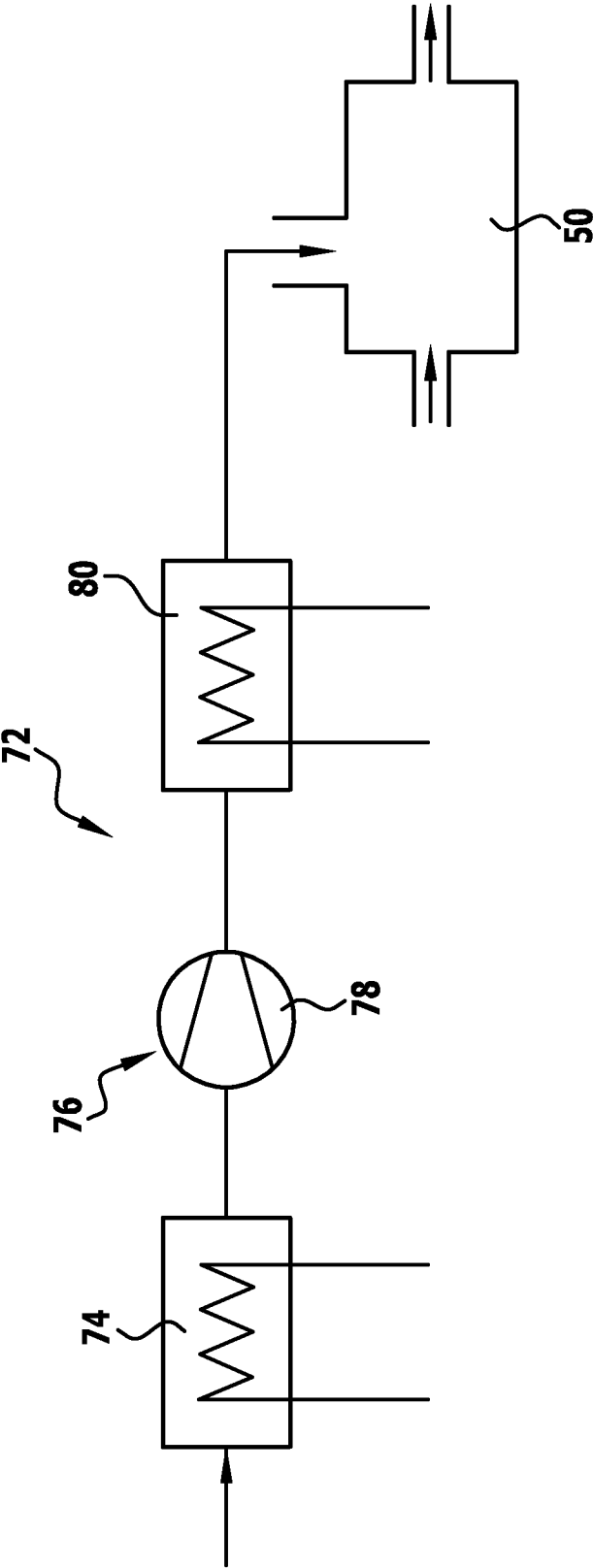
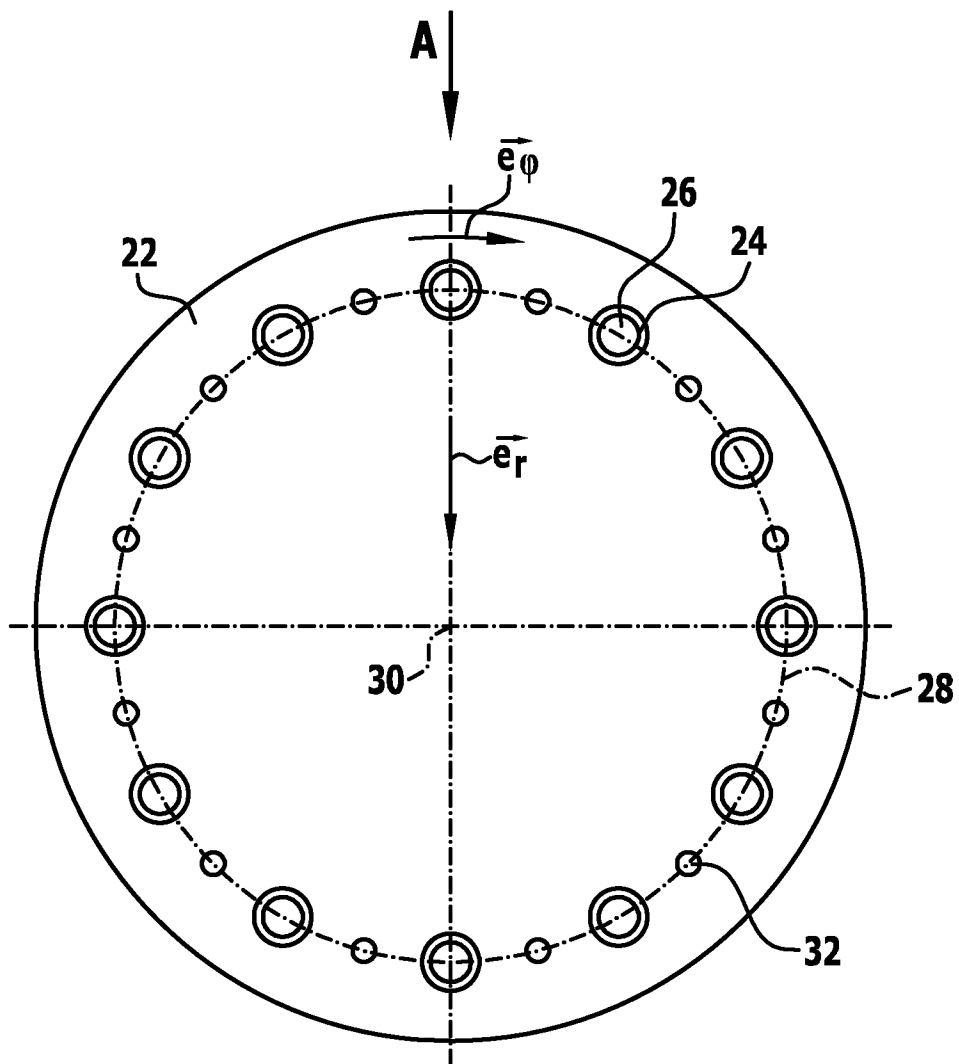


FIG.3

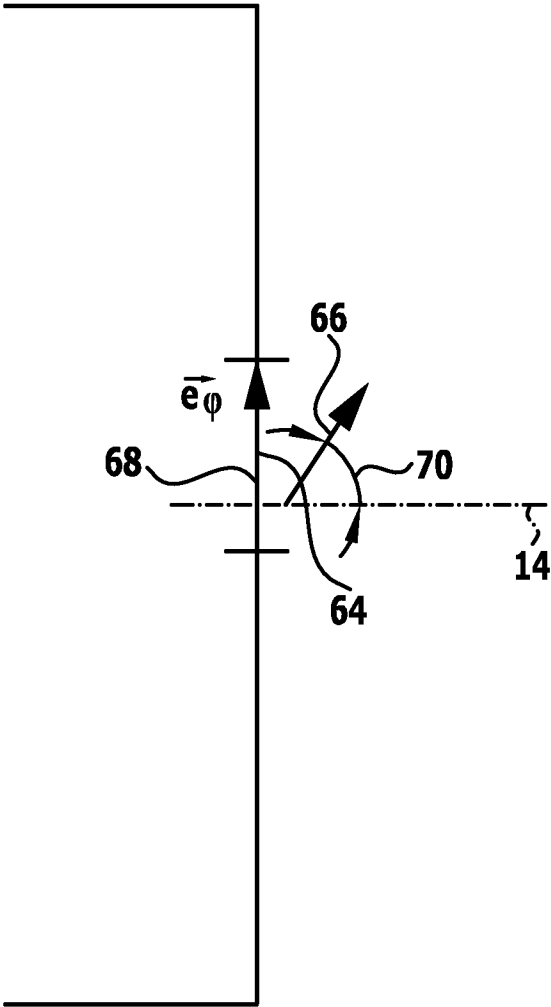


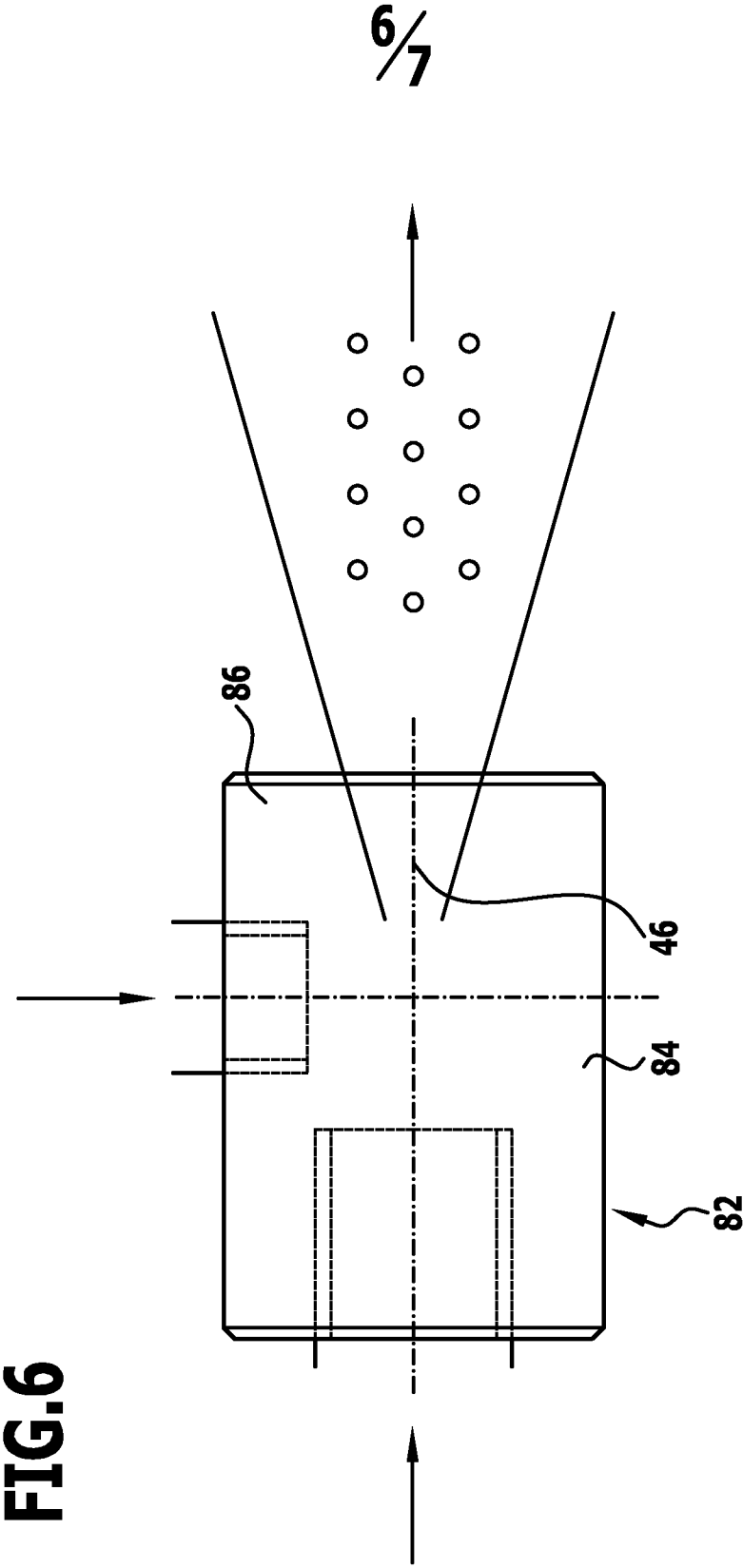
4/7

FIG.4

5/7

FIG.5





7/7

FIG.7

