



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
31.10.2012 Patentblatt 2012/44

(51) Int Cl.:
F23G 7/10 (2006.01) **F23G 5/32** (2006.01)
F23G 5/16 (2006.01) **F23B 10/02** (2011.01)

(21) Anmeldenummer: **12164209.4**

(22) Anmeldetag: **16.04.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(72) Erfinder:
• **Pfitzer, Soeren**
71735 Nussdorf (DE)
• **Steiner, Dietmar**
73642 Welzheim (DE)
• **Wu, Datong**
75181 Pforzheim (DE)
• **Da Silva, Pedro**
73230 Kirchheim (DE)

(30) Priorität: **28.04.2011 DE 102011018867**

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(54) **Brennkammersystem und Verfahren zur Verbrennung von Biomasse-Festbrennstoff**

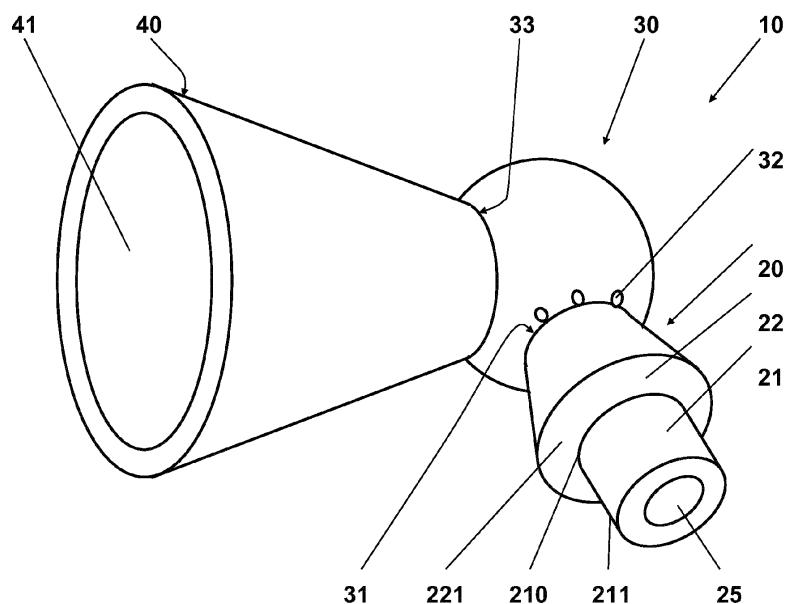
(57) Die Erfindung betrifft ein Brennkammersystems (10), umfassend eine Primärbrennkammer (20) zur Vergasung eines Brennstoffs zu Brennstoffgas und eine stromabwärts der Primärbrennkammer (20) angeordnete Sekundärbrennkammer (30) zur Verbrennung des Brennstoffgases.

Das Brennkammersystem und das Verfahren zur Verbrennung von Biomasse-Feststoffen sollen insbe-

sondere eine vollständige, effektive sowie Staub- und COemissionsarme Verbrennung ermöglichen.

Die Sekundärbrennkammer (30) ist kugelig oder ellipsoid ausgebildet und die Primärbrennkammer (20) und die Sekundärbrennkammer (30) sind über eine Mündung (31) derart miteinander verbunden, dass das in der Primärbrennkammer (20) gebildete Brennstoffgas durch die Mündung (31) exzentrisch in die Sekundärbrennkammer (30) einleitbar ist.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Brennkammersystem gemäß Anspruch 1 sowie ein Verfahren zur Verbrennung von Biomasse-Festbrennstoff gemäß Anspruch 14.

[0002] Bei der Verbrennung von Biomasse-Festbrennstoffen werden üblicherweise Brennsysteme mit ein- bzw. zweistufiger Verbrennungsluftzufuhr eingesetzt.

[0003] Bei einstufiger Luftzufuhr wird die gesamte für die Verbrennung benötigte Luft durch das Glutbett geführt. Im Glutbett und/oder unmittelbar darüber bildet sich dabei aus dem zu verbrennenden Brennstoff Brennstoffgas, das in der Folge weiter verbrennt und die gewünschte Wärmeenergie liefert. Das unmittelbare Einleiten der gesamten Luft in das Glutbett führt allerdings zu hohen Staubemissionen aufgrund von hohen Temperaturen und hohen Strömungsgeschwindigkeiten. Zudem treten hohe CO-Emissionen auf, da die entstehenden Brennstoffgase zumeist nur unvollständig ausbrennen.

[0004] Bei einer zweistufigen Luftzufuhr wird der als Primärluftstrom bezeichnete und durch das Glutbett geleitete Luftvolumenstrom reduziert. Die zum weiteren Ausbrand des sich bildenden Brennstoffgases benötigte Sekundärluft wird mit einem gewissen Abstand zum Glutbett zugeführt. Auch hier stellen Staubemission und unvollständiger Ausbrand ein häufiges Problem dar.

[0005] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Brennkammersystem bereitzustellen, dass die oben genannten Nachteile überwindet. Das Brennkammersystem soll zudem kostengünstig und mit einfachen Mitteln aufgebaut sein. Es ist weiterhin Aufgabe der Erfindung ein Verfahren zur Verbrennung von Biomasse-Feststoffen bereitzustellen, das die oben genannten Nachteile überwindet. Das Brennkammersystem und das Verfahren zur Verbrennung von Biomasse-Feststoffen sollen insbesondere eine vollständige, effektive sowie Staub- und COemissionsarme Verbrennung ermöglichen.

[0006] Hauptmerkmale der Erfindung sind in Anspruch 1 sowie in Anspruch 14 angegeben. Ausgestaltungen sind Gegenstand der Ansprüche 2 bis 13 und 15.

[0007] Die Erfindung sieht ein Brennkammersystem vor, umfassend eine Primärbrennkammer zur Vergasung eines Brennstoffs zu Brennstoffgas und eine stromabwärts der Primärbrennkammer angeordnete Sekundärbrennkammer zur Verbrennung des Brennstoffgases, wobei die Sekundärbrennkammer kugelig oder ellipsoid ausgebildet ist und wobei die Primärbrennkammer und die Sekundärbrennkammer über eine Mündung derart miteinander verbunden sind, dass das in der Primärbrennkammer gebildete Brennstoffgas durch die Mündung exzentrisch in die Sekundärbrennkammer einleitbar ist.

[0008] Der besondere Vorteil der Erfindung liegt dabei zunächst in der kugeligen oder ellipsoiden Form der Sekundärbrennkammer. In einer solchen Sekundärbrennkammer kann das aus der Primärbrennkammer einströmende (aufsteigende) Brennstoffgas in Rotation versetzt

werden, wodurch eine Verwirbelung des Brennstoffgases entsteht. Dabei ist es weiterhin von besonderem Vorteil, dass die Primärbrennkammer und die Sekundärbrennkammer über eine Mündung miteinander verbunden sind, durch welche der Brennstoffgasstrom exzentrisch in die Sekundärbrennkammer einleitbar ist. Der aus der Primärbrennkammer kommende Brennstoffgasstrom wird dann auf die gewölbte Innenwand der sphärischen oder ellipsoiden Sekundärbrennkammer geleitet und durch die Wölbung der Innenwand in Rotation versetzt.

[0009] Die Rotation führt in der Folge zu einer besonders guten Verwirbelung und Durchmischung des Brennstoffgasstromes mit der Verbrennungsluft. Bei der Verbrennungsluft handelt es sich zunächst um eine in die Primärbrennkammer eingeleitete sogenannte Primärluft, die einen in der Primärbrennkammer angeordneten Brenner (z.B. in Form eines Brenntellers) durchströmt oder umströmt und den bei der Vergasung des Brennstoffes entstehenden Brennstoffgasstrom speist.

[0010] Man erkennt den Vorteil in einer bevorzugten Ausführungsform, bei der die Primärbrennkammer eine durch die Mündung verlaufende Hauptachse aufweist, die zentrisch durch die Primärbrennkammer und exzentrisch durch die Sekundärbrennkammer verläuft. Das Brennstoffgas kann dann entlang der Hauptachse der Primärbrennkammer aufsteigen und wird wie oben beschrieben unmittelbar auf die Innenwölbung der Sekundärbrennkammer geleitet. Die Hauptachse ist konstruktiv definiert als Symmetrieachse oder Längsachse der Brennkammer.

[0011] Um eine für die vollständige Verbrennung des Brennstoffgases ausreichende Menge an Verbrennungsluft zur Verfügung zu stellen, wird in die Sekundärbrennkammer zusätzlich Sekundärluft eingeleitet. Man erkennt, dass es dazu vorteilhaft ist, wenn die Sekundärbrennkammer wenigstens eine Eintrittsöffnung zur Zufuhr von Verbrennungsluft aufweist. Die Verwirbelung des Brennstoffgases mit der Sekundärluft wird dabei besonders effektiv, wenn die Sekundärluft mindestens teilweise ebenfalls exzentrisch in die Sekundärbrennkammer eingeleitet wird und den aus der Primärbrennkammer eingeleiteten Strom des Brennstoffgases in seiner Rotationsbewegung befördert. Die Sekundärluft kann teilweise auch so in die rotierende Strömung in der Sekundärbrennkammer eingeleitet werden, dass sie den Brennstoffgasstrom kreuzt. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn jede Eintrittsöffnung eine Hauptachse aufweist, die zentrisch oder exzentrisch durch die Sekundärbrennkammer verläuft und ungleich der Hauptachse der Primärbrennkammer ist. Dabei können die Hauptachsen der Eintrittsöffnungen die Hauptachse der Primärbrennkammer schneiden. Insgesamt entsteht dabei in der Sekundärbrennkammer eine durch die exzentrische Einmündung des Stromes aus der Primärbrennkammer induzierte Vortex-Strömung (Wirbelströmung), die zusätzlich durch die exzentrische Einleitung der Sekundärluft unterstützt wird.

[0012] Ein weiterer Vorteil der runden - kugelförmigen oder ellipsoiden - Geometrie der Sekundärbrennkammer ist die minimale Oberfläche der Brennkammer in Bezug auf das umschlossene Volumen. Auf diese Weise wird nicht nur eine optimale Durchmischung der Gase, sondern auch eine Minimierung des Wärmeverlustes an die Umgebung der Sekundärbrennkammer erzielt. Durch diese verlustoptimierte Brennkammergeometrie vergrößert sich die Verweilzeit der Brenngase in der heißen Zone und das in der Primärbrennkammer entstandene Brennstoffgas kann vollständig, mit minimaler Emissionentstehung, ausbrennen.

[0013] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform, weist das Brennkammersystem dazu auch eine stromabwärts der Sekundärbrennkammer angeordnete Tertiärbrennkammer auf. Die Tertiärbrennkammer und die Sekundärbrennkammer können über eine Mündungsöffnung miteinander verbunden sein, wobei die Tertiärbrennkammer eine Hauptachse aufweist, die zentrisch durch die Mündungsöffnung verläuft und ungleich der Hauptachse der Primärbrennkammer ist. Die Hauptachse ist wiederum konstruktiv definiert als Symmetrieachse oder Längsachse der Brennkammer.

[0014] Eine geeignete Ausführung des Brennkammersystems ist dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Hauptachsen (P) und (T) von Primärbrennkammer und Tertiärbrennkammer einen Winkel von etwa 90° zueinander bilden.

[0015] In einer weiteren geeigneten Ausführung des Brennkammersystems fällt die Hauptachse (T) in etwa mit der Hauptrotationsachse der in der Sekundärbrennkammer (30) rotierenden Brennstoffgasströmung zusammen. Die Hauptrotationsachse ist dabei eine gedachte Linie, um die die Brennstoffgas- und Luftströmung in der Sekundärbrennkammer rotiert.

[0016] Zur Verringerung der Staubemission und gleichzeitigen raschen Überleitung des Brennstoffgases aus der Primärbrennkammer in die Sekundärbrennkammer ist es weiterhin günstig, wenn die Primärbrennkammer einen ersten Abschnitt und einen zweiten Abschnitt aufweist, wobei der zweite Abschnitt die Form eines stumpfen Kegels, einer stumpfen Pyramide, eines stumpfen Doppelkegels oder einer stumpfen Doppelpyramide annehmen kann. Der Kegel- bzw. der Pyramidenstumpf weist dabei eine Basisfläche (Grundfläche) auf. Die genannten Doppelkörper sind so ausgebildet, dass sie mit ihren jeweiligen Basisflächen aneinander angrenzen, in Strömungsrichtung also erst divergieren und dann wieder konvergieren. Der erste Abschnitt, der zylindrisch oder prismatisch, aber auch selbst bereits kegelförmig geformt sein kann, weist in einer bevorzugten Ausführungsform ein oberes Ende auf, an dem er in die Kegel- bzw. Pyramidenbasis des zweiten Abschnitts mündet, wobei die Kegel- bzw. Pyramidenbasis einen Innendurchmesser aufweist, der größer ist als der Innendurchmesser des oberen Endes. In einer anderen Ausführungsform weist der erste Abschnitt ein oberes Ende auf, an dem er in eine Spitze des Doppelkegels bzw. der

Doppelpyramide des zweiten Abschnitts mündet, wobei die Kegel- bzw. Pyramidenbasisflächen wiederum einen Innendurchmesser aufweisen, die größer sind als der Innendurchmesser des oberen Endes. Dies hat den Effekt, dass die Strömungsgeschwindigkeit am Übergang vom ersten Abschnitt in den zweiten Abschnitt bzw. innerhalb des zweiten Abschnitts durch die Aufweitung des Innendurchmessers stark reduziert wird. In der Folge fallen Schwebeteilchen, die mit dem Brennstoffgasstrom vom Brennteller aufgestiegen sind, nach unten und gelangen so erst gar nicht in die Sekundärbrennkammer. Im Anschluss an die Aufweitung des Innendurchmessers läuft der zweite Abschnitt der Primärbrennkammer bevorzugt konisch zu. Dadurch wird die Strömungsgeschwindigkeit wieder erhöht und die Verweilzeit des Brennstoffgases in der Primärbrennkammer insgesamt möglichst gering gehalten.

[0017] Um eine möglichst optimale Leistung des Brennkammersystems zu erzielen ist es weiterhin von Vorteil, wenn die Tertiärbrennkammer kegelförmig ausgebildet ist. Brennt der Brenner mit geringer Feuerungsleistung (geringer Umsatz von Brennstoff zu Brennstoffgas), so sind das Sekundärbrennkammervolumen und die Aufenthaltsdauer des oxidierenden Brennstoffgas-Luft-Gemischs in der Sekundärbrennkammer ausreichend groß für eine vollständige Oxidation des Brennstoffgases. Bei höheren Feuerungsleistungen findet das Brennstoff-Luft-Gemisch jedoch nicht ausreichend Zeit für eine vollständige Oxidation in der Sekundärbrennkammer und tritt teilweise unverbrannt aus dieser aus. Die Tertiärbrennkammer bietet in diesem Fall dem Brennstoff-Luft-Gemisch ausreichend Platz um vollständig auszubrennen. Die kegelige Form der Tertiärbrennkammer erlaubt dabei dem brennenden Gemisch, ein mit dem Gemischdurchsatz variables Brennvolumen einzunehmen.

[0018] Zudem ist es zweckmäßig wenn in der Primärbrennkammer ein Brennteller angeordnet ist. Dieser kann beispielsweise im Abwurfverfahren mit Brennstoff versorgt werden.

[0019] Die Erfindung sieht außerdem Verfahren zur Verbrennung von Biomasse-Festbrennstoffen in einem erfindungsgemäßen Brennkammersystem vor, welches die folgenden Schritte umfasst

- (a) Vergasung des Brennstoffs zu Brennstoffgas unter Zuführung von Primärluft;
- (b) Verwirbelung des Brennstoffgases unter Zuführung von Sekundärluft;
- (c) Verbrennung des Gemischs aus Brennstoffgas und Sekundärluft.

[0020] Anhand des bereits oben Ausgeführten erkennt man, dass es wesentliche Vorteile der Erfindung sind, wenn Schritt (a) in der Primärbrennkammer des Brennkammersystems durchgeführt wird, wenn Schritt (b) in der Sekundärbrennkammer durchgeführt wird und wenn Schritt (c) ausschließlich in der Sekundärbrennkammer

oder in der Sekundärbrennkammer und in der Tertiärbrennkammer durchgeführt wird.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus dem Wortlaut der Ansprüche sowie aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Außenansicht eines erfindungsgemäßen Brennkammersystems;
 Fig. 2 einen schematischen Querschnitt durch ein erfindungsgemäßes Brennkammersystem;
 Fig. 3 einen Blick entlang der Hauptachse der Primärbrennkammer des Brennkammersystems von Fig. 1;
 Fig. 4 einen Blick auf das Brennkammersystem von Fig. 1 entlang der Schnittebene A-A der Fig. 3.

[0021] Fig. 1 zeigt ein Brennkammersystem 10 mit einer Primärbrennkammer 20, einer Sekundärbrennkammer 30 und einer Tertiärbrennkammer 40. Die Primärbrennkammer 20 besteht aus einem ersten Abschnitt 21 und einem zweiten Abschnitt 22. Der erste Abschnitt 21 ist in der dargestellten Ausführungsform zylinderförmig und hat an seinem unteren Ende 211 eine Luftzuführöffnung 25 für die in der Primärbrennkammer 20 zur Vergasung des Brennstoffs benötigten Primärluft L_P . Der zweite Abschnitt 22 ist kegelförmig, wobei die Kegelbasis 221 dem oberen Ende 210 des ersten Abschnitts 21 zugewandt ist. Man erkennt, dass der Durchmesser der Kegelbasis 221 größer ist als der Durchmesser des oberen Endes 210 des ersten Abschnitts 21.

[0022] Die Sekundärbrennkammer 30 ist in der dargestellten Ausführungsform kugelförmig. An einer Mündung 31 ist die Sekundärbrennkammer 30 mit der Primärbrennkammer 20 verbunden. Dabei hat die Mündung 31 einen elliptischen Querschnitt. Zur Zuführung von Sekundärluft sind in der Sekundärbrennkammer 30 mehrere Eintrittsöffnungen 32 ausgebildet. An einer weiteren Mündung 33 ist die Sekundärbrennkammer 30 mit der Tertiärbrennkammer 40 verbunden.

[0023] Die Tertiärbrennkammer 40 ist kegelförmig. Dabei weist die Kegelbasis von der Sekundärbrennkammer 30 weg. In der Kegelbasis ist ein Auslass 41 für das in dem Brennkammersystem 10 erzeugte Rauchgas ausgebildet.

[0024] In Fig. 2 erkennt man ebenfalls das Brennkammersystem 10 aus Fig. 1 mit einer Primärbrennkammer 20, einer Sekundärbrennkammer 30 und einer Tertiärbrennkammer 40. Im dargestellten Querschnitt sieht man, dass in der Primärbrennkammer 20 ein Brennteller 25 ausgebildet ist. Auf diesen wird der zu vergasende Brennstoff B durch eine Brennstoffzuführung 24 im Abwurfverfahren eingebracht. Der Brennteller 25 wird durch den Primärluftstrom L_P von unten durchströmt. Das sich bildende Brennstoffgas steigt dabei als Gasstrom L_G auf. Man erkennt in Fig. 2 weiterhin, dass der Innendurchmesser i des unteren Abschnitts 21 der Primärbrennkammer 20 an der Stelle, an der der untere Abschnitt 21 in

die Kegelbasis 221 des oberen Abschnitts 22 übergeht, kleiner ist als der Innendurchmesser I des oberen Abschnitts 22. Durch diese Erweiterung des Durchmessers wird die Strömungsgeschwindigkeit des Gasstroms L_G zunächst reduziert. Im Gasstrom L_G enthaltene Schwebeteilchen sinken in der Folge nach unten und verlassen die Primärbrennkammer 20 nicht. Die kegelförmige Gestalt des oberen Abschnitts 22 bewirkt daran anschließend, dass die Strömungsgeschwindigkeit des nun von Schwebeteilchen befreiten Gasstromes L_G wieder zunimmt. Das Brennstoffgas wird auf diese Weise möglichst rasch und somit mit geringen Wärmeverlusten in die Sekundärbrennkammer 30 befördert.

[0025] Man erkennt in Fig. 2 weiterhin, dass die Hauptströmungsrichtung des Gasstromes L_G in der Primärbrennkammer 20 entlang einer durch die Mündung 31 weisenden Hauptachse P verläuft. Diese Hauptachse P führt nach dem Durchstechen der Mündung 31 als Sekante durch den Innenraum der Sekundärbrennkammer 30. Dabei ist es in der dargestellten Ausführungsform von besonderem Vorteil, dass die Hauptachse P nicht durch das Zentrum der Sekundärbrennkammer 30 geht, sondern die Sekundärbrennkammer 30 exzentrisch durchquert. Der Gasstrom L_G trifft auf diese Weise auf die der Mündung 31 gegenüberliegende gewölbte Innenwand 35 und wird in Richtung der Wölbung abgelenkt. Auf diese Weise wird er in Rotation versetzt. Dabei kommt es zur Ausbildung einer Wirbelströmung V im Inneren der Sekundärbrennkammer 30.

[0026] Die Verwirbelung wird zusätzlich durch einen Sekundärluftstrom L_S verstärkt, der durch die Eintrittsöffnungen 32 in die Sekundärbrennkammer 30 eingeleitet wird. Der Sekundärluftstrom L_S stammt dabei aus einem Sekundärluftgebläse 60 und wird entlang einer Hauptachse E der jeweiligen Eintrittsöffnung 32 eingeleitet. Man erkennt, dass diese Hauptachse E die Hauptachse P kreuzt, so dass sich auch der einströmende Gasstrom L_G und die einströmenden Sekundärluftströme L_S kreuzen. Auf diese Weise wird die Verwirbelung verstärkt und es wird eine gute Durchmischung des Brennstoffgases mit dem zum vollständigen Ausbrand notwendigen Sauerstoff des Sekundärluftstromes L_S erreicht.

[0027] Der Ausbrand des auf diese Weise hergestellten Gemischs von Brennstoffgas und Sekundärluft erfolgt zunächst in der Sekundärbrennkammer 30 und wird im Anschluss je nach Feuerungsleistung des Brenners in der Tertiärbrennkammer 40 fortgesetzt. Dazu verlässt das als Rauchgasstrom L_R bezeichnete brennende Gemisch die Sekundärbrennkammer 30 durch die Mündung 33 und strömt durch die kegelförmige Tertiärbrennkammer 40 auf einen Wärmetauscher 50 zu. Man erkennt, dass auch die Hauptachse T der Tertiärbrennkammer 40 nicht mit der Hauptachse P der Primärbrennkammer 20 zusammenfällt. Dabei können sich die beiden Achsen schneiden, sie können aber auch in parallelen Ebenen verlaufen.

[0028] Das durch den Verbrennungsvorgang erhaltene Rauchgas strömt durch den Auslass 41 aus der Tertiär-

brennkammer 40 und an dem oben bereits erwähnten Wärmetauscher 50 vorbei bzw. durch den Wärmetauscher hindurch. Dabei erhitzt es beispielsweise Wasser für eine Heizung oder ähnliches, bevor es durch den Auslass 51 als Abgasstrom L_A aus dem System heraus geleitet wird.

[0029] In den Figuren 3 und 4 erkennt man die Lage der Hauptachsen P, E, T zueinander. Dabei zeigt Fig. 3 einen Blick entlang der Hauptachse P der Primärbrennkammer 20. Die Hauptachse P verläuft dabei senkrecht durch den Kreuzungspunkt der mit A-A und C-C bezeichneten Linien und durchstößt die Mündung 31 in die Sekundärbrennkammer 30 hinein. Die Hauptachse T der Tertiärbrennkammer 40 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel senkrecht zur Hauptachse P angeordnet und verläuft durch die Mündung 33, die die Sekundärbrennkammer 30 mit der Tertiärbrennkammer 40 verbindet. Man erkennt, dass es für die Ausbildung einer optimalen Verwirbelungsströmung in der Sekundärbrennkammer 30 von Vorteil ist, wenn sich die Hauptachse P und die Hauptachse T von einander unterscheiden. In Fig. 4 blickt man von hinten auf das erfindungsgemäße Brennkammersystem 10. Man erkennt deutlich, dass die Hauptachse P der Primärbrennkammer 20 nicht durch das Zentrum 34 sondern exzentrisch durch die Sekundärbrennkammer 30 verläuft. Man erkennt weiter, dass ein entlang dieser Hauptachse P strömender Primärluftstrom von einem entlang der Hauptachse E der Eintrittsöffnung einströmenden Sekundärluftstrom gekreuzt wird bevor er auf die gewölbte Innenwand 35 der Sekundärbrennkammer 30 trifft.

[0030] Man erkennt den besonderen Vorteil eines Brennkammersystems 10, umfassend eine Primärbrennkammer 20 zur Vergasung eines Brennstoffs zu Brennstoffgas und eine stromabwärts der Primärbrennkammer 20 angeordnete Sekundärbrennkammer 30 zur Verbrennung des Brennstoffgases, wobei die Sekundärbrennkammer 30 kugelig oder ellipsoid ausgebildet ist und wobei die Primärbrennkammer (20) und die Sekundärbrennkammer (30) über eine Mündung (31) derart miteinander verbunden sind, dass das in der Primärbrennkammer (20) gebildete Brennstoffgas durch die Mündung (31) exzentrisch in die Sekundärbrennkammer (30) einleitbar ist. Günstig ist es dabei, wenn die Primärbrennkammer 20 eine durch die Mündung 31 verlaufende Hauptachse P aufweist, die zentrisch durch die Primärbrennkammer 20 und exzentrisch durch die Sekundärbrennkammer 30 verläuft. Dabei ist es zweckmäßig, wenn die Sekundärbrennkammer 30 wenigstens eine Eintrittsöffnung 32 zur Zufuhr von Verbrennungsluft aufweist, wenn jede Eintrittsöffnung 32 eine Hauptachse E aufweist, die zentrisch oder exzentrisch durch die Sekundärbrennkammer 30 verläuft und ungleich der Hauptachse P der Primärbrennkammer 20 ist und wenn die Hauptachse E der Eintrittsöffnung 32 die Hauptachse P der Primärbrennkammer 20 schneidet.

[0031] Es ist weiterhin günstig, wenn das Brennkammersystem 10 eine stromabwärts der Sekundärbrenn-

kammer 30 angeordnete Tertiärbrennkammer 40 aufweist, wobei die Tertiärbrennkammer 40 und die Sekundärbrennkammer 30 über eine Mündung 33 miteinander verbunden sind und wobei die Tertiärbrennkammer 40 eine Hauptachse T aufweist, die zentrisch durch die Mündung 33 verläuft und ungleich der Hauptachse P der Primärbrennkammer 20 ist.

[0032] Vorteilhaft ist es auch, wenn die Primärbrennkammer 20 einen ersten Abschnitt 21 und einen zweiten Abschnitt 22 aufweist, wobei der zweite Abschnitt 22 kegelförmig oder pyramidenförmig mit einer Kegelförmigen oder Pyramidenbasis 221 ausgebildet ist, wobei der erste Abschnitt 21 ein oberes Ende 210 aufweist an dem er in die Kegelförmige oder Pyramidenbasis 221 des zweiten Abschnitts 22 mündet, wobei die Kegelförmige oder Pyramidenbasis 221 einen Innendurchmesser I aufweist, der größer ist als der Innendurchmesser i des oberen Endes 210.

[0033] Dabei ist es insgesamt zudem günstig, wenn die Tertiärbrennkammer 40 kegelförmig ausgebildet ist und wenn in der Primärbrennkammer 20 ein Brennteller 23 angeordnet ist.

[0034] Man erkennt weiterhin die Vorteilhaftigkeit eines Verfahrens zur Verbrennung von Biomasse-Festbrennstoffen in einem erfindungsgemäßen Brennkammersystem 10 umfassend die Schritte

- a) Vergasung des Brennstoffs zu Brennstoffgas unter Zuführung von Primärluft
- b) Verwirbelung des Brennstoffgases unter Zuführung von Sekundärluft und
- c) Verbrennung des Gemischs aus Brennstoffgas und Sekundärluft.

[0035] Zweckmäßig ist dabei, dass Schritt (a) in der Primärbrennkammer 20 des Brennkammersystems 10 durchgeführt wird, dass Schritt (b) in der Sekundärbrennkammer 30 des Brennkammersystems 10 durchgeführt wird und dass Schritt (c) in der Sekundärbrennkammer 30 des Brennkammersystems 10 durchgeführt wird oder dass Schritt (c) in der Sekundärbrennkammer 30 und in der Tertiärbrennkammer 40 des Brennkammersystems 10 durchgeführt wird.

[0036] Die Erfindung ist nicht auf eine der vorbeschriebenen Ausführungsformen beschränkt, sondern in vielfältiger Weise abwandelbar.

[0037] Sämtliche aus den Ansprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung hervorgehenden Merkmale und Vorteile, einschließlich konstruktiver Einzelheiten, räumlicher Anordnungen und Verfahrensschritten, können sowohl für sich als auch in den verschiedensten Kombinationen erfindungswesentlich sein.

Patentansprüche

1. Brennkammersystem (10), umfassend eine Primärbrennkammer (20) zur Vergasung eines Brennstoffs zu Brennstoffgas und eine stromabwärts der Primär-

brennkammer (20) angeordnete Sekundärbrennkammer (30) zur Verbrennung des Brennstoffgases, wobei

- die Sekundärbrennkammer (30) kugelförmig oder ellipsoid ausgebildet ist und
 - die Primärbrennkammer (20) und die Sekundärbrennkammer (30) über eine Mündung (31) derart miteinander verbunden sind, dass das in der Primärbrennkammer (20) gebildete Brennstoffgas durch die Mündung (31) exzentrisch in die Sekundärbrennkammer (30) einleitbar ist.
2. Brennkammersystem (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Primärbrennkammer (20) eine durch die Mündung (31) verlaufende Hauptachse (P) aufweist, die zentrisch durch die Primärbrennkammer (20) und exzentrisch durch die Sekundärbrennkammer (30) verläuft.
 3. Brennkammersystem (10) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sekundärbrennkammer (30) wenigstens eine Eintrittsöffnung (32) zur Zufuhr von Verbrennungsluft aufweist.
 4. Brennkammersystem (10) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Eintrittsöffnung (32) eine Hauptachse (E) aufweist, die zentrisch oder exzentrisch durch die Sekundärbrennkammer (30) verläuft und ungleich der Hauptachse (P) der Primärbrennkammer (20) ist.
 5. Brennkammersystem (10) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hauptachse (E) der Eintrittsöffnung (32) die Hauptachse (P) der Primärbrennkammer (20) schneidet.
 6. Brennkammersystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Brennkammersystem (10) eine stromabwärts der Sekundärbrennkammer (30) angeordnete Tertiärbrennkammer (40) aufweist.
 7. Brennkammersystem (10) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tertiärbrennkammer (40) und die Sekundärbrennkammer (30) über eine Mündung (33) miteinander verbunden sind, wobei die Tertiärbrennkammer (40) eine Hauptachse (T) aufweist, die zentrisch durch die Mündung (33) verläuft und ungleich der Hauptachse (P) der Primärbrennkammer (20) ist.
 8. Brennkammersystem (10) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Hauptachsen (P) und (T) in einem Winkel von etwa 90° aufeinander stehen.
 9. Brennkammersystem (10) nach Anspruch 7 oder 8,

dadurch gekennzeichnet, dass die Hauptachse (T) in etwa mit der Hauptrotationsachse der in der Sekundärbrennkammer (30) rotierenden Brennstoffgasströmung zusammenfällt.

10. Brennkammersystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Primärbrennkammer (20) einen ersten Abschnitt (21) und einen zweiten Abschnitt (22) aufweist, wobei der zweite Abschnitt (22) kegel-, doppelkegel-, pyramiden- oder doppelpyramidenförmig mit einer Kegel- bzw. Pyramidenbasis (221) ausgebildet ist.
11. Brennkammersystem (10) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Abschnitt (21) ein oberes Ende (210) aufweist, an dem er in die Kegel- bzw. Pyramidenbasis (221) oder in den Doppelkegel bzw. die Doppelpyramide des zweiten Abschnitts (22) mündet, wobei die Kegel- bzw. Pyramidenbasis (221) einen Innendurchmesser (I) aufweist, der größer ist als der Innendurchmesser (i) des oberen Endes (210).
12. Brennkammersystem (10) nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tertiärbrennkammer (40) kegelförmig ausgebildet ist.
13. Brennkammersystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Primärbrennkammer (20) ein Brenner (23) angeordnet ist.
14. Verfahren zur Verbrennung von Biomasse-Festbrennstoffen in einem Brennkammersystem (10) gemäß wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10, **gekennzeichnet durch** die Schritte
 - (a) Vergasung des Brennstoffs zu Brennstoffgas unter Zuführung von Primärluft in der Primärbrennkammer (20),
 - (b) Verwirbelung des Brennstoffgases unter Zuführung von Sekundärluft in der Sekundärbrennkammer (30) und
 - (c) Verbrennung des Gemischs aus Brennstoffgas und Sekundärluft.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** Schritt (c) je nach Feuerungsleistung des Brenners (23) ausschließlich in der Sekundärbrennkammer (30) oder in der Sekundärbrennkammer (30) und in der Tertiärbrennkammer (40) des Brennkammersystems (10) durchgeführt wird.

Fig. 1

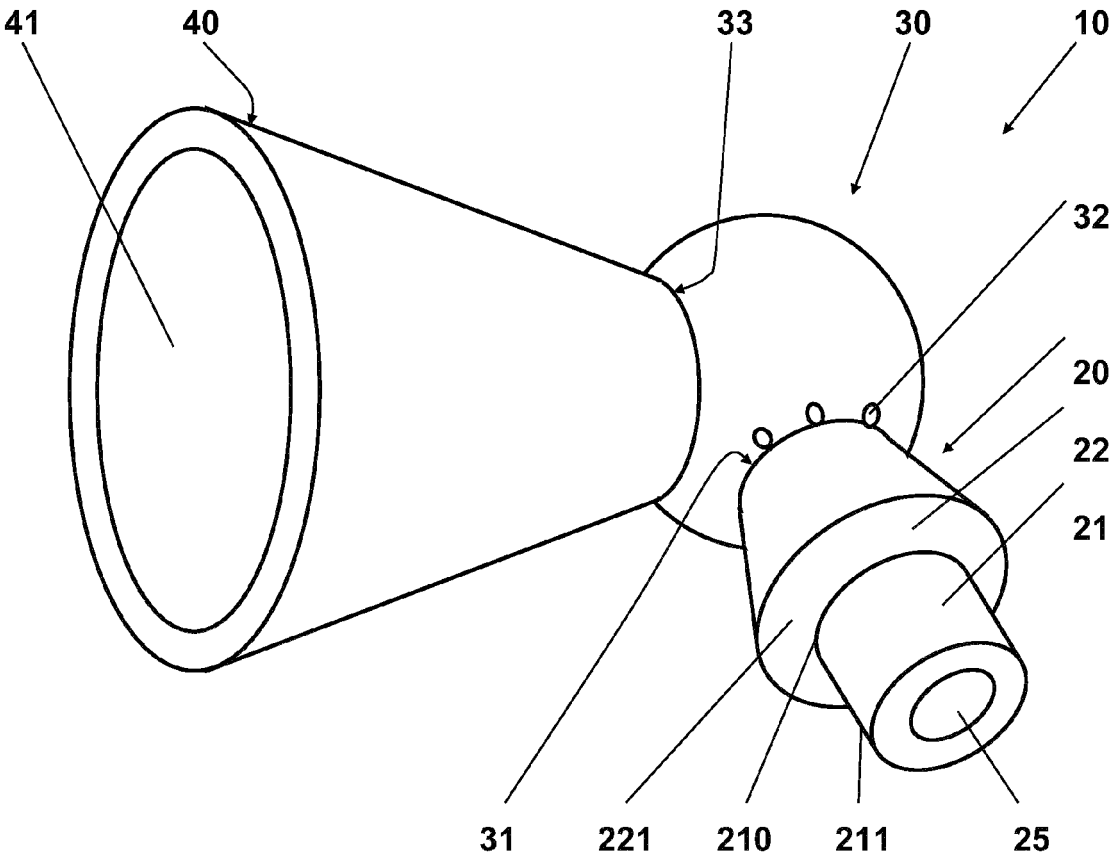


Fig. 2

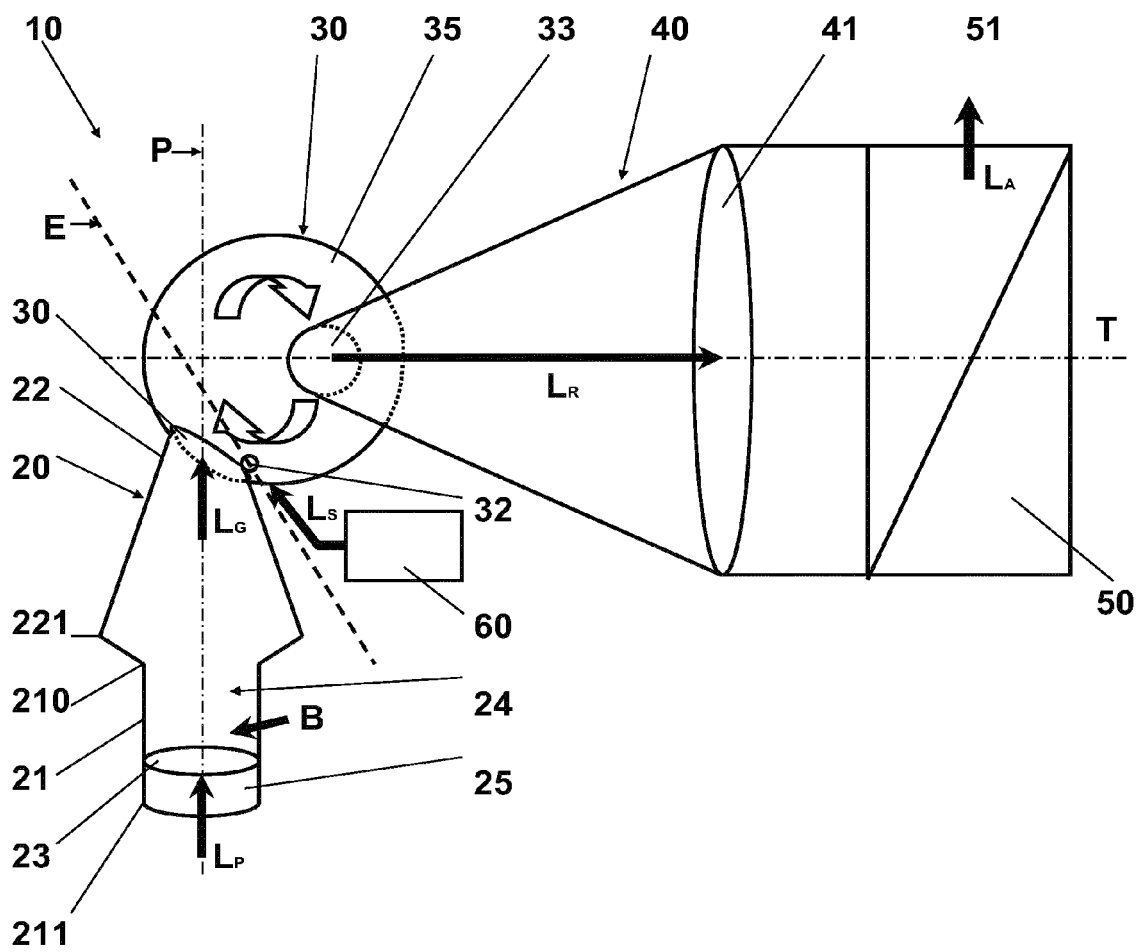


Fig. 3

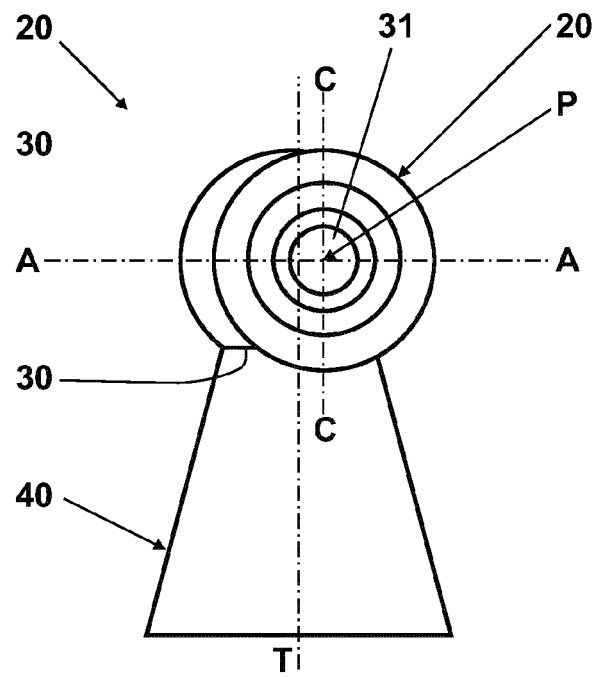


Fig. 4

