



(11) **EP 1 504 222 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**11.07.2007 Patentblatt 2007/28**

(51) Int Cl.:  
**F23D 14/62** <sup>(2006.01)</sup> **F23R 3/28** <sup>(2006.01)</sup>  
**F23D 17/00** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **03732592.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2003/050163**

(22) Anmeldetag: **14.05.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2003/098110 (27.11.2003 Gazette 2003/48)**

(54) **VORMISCHBRENNER**

PREMIX BURNER

BRULEUR A PREMELANGE

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE GB**

(30) Priorität: **16.05.2002 CH 8302002**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**09.02.2005 Patentblatt 2005/06**

(73) Patentinhaber: **Alstom Technology Ltd**  
**5400 Baden (CH)**

(72) Erfinder:  
• **GRIFFIN, Timothy, Dr.**  
**CH-5408 Ennetbaden (CH)**

• **REISS, Frank**  
**79787 Lauchringen (DE)**  
• **WINKLER, Dieter**  
**79787 Lauchringen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 610 722** **EP-A- 0 775 869**  
**EP-A- 0 777 082** **EP-A- 0 924 463**  
**EP-A- 0 981 019** **WO-A-01/96785**  
**US-A- 5 738 509** **US-A- 6 162 049**

**EP 1 504 222 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

### Technisches Anwendungsgebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Vormischbrenner zum Betrieb in einem Brennraum, vorzugsweise in Brennkammern von Gasturbinen, gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Ein bevorzugtes Einsatzgebiet für einen derartigen Brenner liegt in der Gas- und Dampfturbinentechnik.

### Stand der Technik

**[0003]** Aus der EP 0 321 809 B1 ist ein aus mehreren Schalen bestehender kegelförmiger Brenner, ein sog. Doppelkegelbrenner, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bekannt. Durch den kegelförmigen, aus mehreren Schalen zusammen gesetzten Drallerzeuger wird eine geschlossene Drallströmung in einem Drallraum erzeugt, welche aufgrund des in Richtung des Brennraums zunehmenden Dralls instabil wird und in eine ringförmige Drallströmung mit Rückströmung im Zentrum übergeht. Die Schalen des Drallerzeugers sind derart zusammengesetzt, dass entlang der Brennerachse tangentielle Luft-eintrittsschlitze für Verbrennungsluft gebildet werden. An der Einströmkante der Kegelschalen an diesen Luft-eintrittsschlitzen sind Zuführungen für das Vormischgas, d. h. den gasförmigen Brennstoff, vorgesehen, die entlang der Richtung der Brennerachse verteilte Austrittsöffnungen für das Vormischgas aufweisen. Das Gas wird durch die Austrittsöffnungen bzw. Bohrungen quer zum Luft-eintrittsspalt eingedüst. Diese Eindüsung führt in Verbindung mit dem im Drallraum erzeugten Drall der Verbrennungsluft-Brenngas-Strömung zu einer guten Durchmischung des Vormischbrennstoffs mit der Verbrennungsluft. Eine gute Durchmischung ist bei diesen Vormischbrennern die Voraussetzung für niedrige  $\text{NO}_x$ -Werte beim Verbrennungsvorgang.

**[0004]** Zur weiteren Verbesserung eines derartigen Brenners ist aus der EP 0 780 629 A2 ein Brenner für einen Wärmeerzeuger bekannt, der im Anschluss an den Drallerzeuger eine zusätzliche Mischstrecke zur weiteren Vermischung von Brennstoff und Verbrennungsluft aufweist. Diese Mischstrecke kann bspw. als nachgeschaltetes Rohrstück ausgeführt sein, in das die aus dem Drallerzeuger austretende Strömung ohne nennenswerte Strömungsverluste überführt wird. Durch die zusätzliche Mischstrecke können der Vermischungsgrad weiter erhöht und damit die Schadstoffemissionen verringert werden.

**[0005]** Die WO 93/17279 zeigt einen weiteren bekannten Vormisch-Brenner, bei dem ein zylindrischer Drallerzeuger mit einem konischen Innenkörper eingesetzt wird. Bei diesem Brenner wird das Vormischgas ebenfalls über Zuführungen mit entsprechenden Austrittsöffnungen in den Drallraum eingedüst, die entlang der axial verlaufenden Luft-eintrittsschlitze angeordnet sind. Der

Brenner weist im konischen Innenkörper zusätzlich eine zentrale Zuführung für Brenngas auf, das nahe dem Brenneraustritt zur Pilotierung in den Drallraum eingedüst werden kann. Die zusätzliche Pilotstufe dient dem Anfahren des Brenners sowie einer Erweiterung des Betriebsbereiches. Im sogenannten Pilotbetrieb, welcher im Übrigen auch für andere Vormischbrennerbauarten zum allgemein geläufigen Stand der Technik gehört, wird der Brennstoff so eingebracht - beispielsweise in Form eines entlang der Brennerachse eingedüsten Gasstrahls - , dass er sich nicht vorgängig der Verbrennung mit der Brennluft vermischt. Es wird so eine Diffusionsflamme erzeugt, welche zwar einerseits zu höheren Schadstoffemissionen führt, andererseits aber auch einen wesentlich breiteren stabilen Betriebsbereich aufweist.

**[0006]** Aus der EP 1 070 915 A1 ist ein Vormischbrenner bekannt, bei dem die Brenngasversorgung mechanisch vom Drallerzeuger entkoppelt ist. Dadurch werden beim Einsatz nicht oder nur gering vorgewärmter Brenngase Spannungen aufgrund thermischer Dehnungen vermieden. Der Drallerzeuger ist hierbei mit einer Reihe von Öffnungen versehen, durch die von dem Drallerzeuger mechanisch entkoppelte Brennstoffleitungen für den Gas-Vormischbetrieb ins Innere des Drallerzeugers hinein ragen und dort der verdrallten Strömung der Verbrennungsluft gasförmigen Brennstoff zuführen.

**[0007]** Bei diesen bekannten Vormischbrennern des Standes der Technik handelt es sich um sog. drallstabilisierte Vormischbrenner, bei denen ein Brennstoffmassenstrom vorgängig der Verbrennung in einem Brennluftmassenstrom möglichst homogen verteilt wird. Die Brennluft strömt bei diesen Brenner-Bauarten über tangentielle Luft-einlassschlitze in den Drallerzeugern ein. Der Brennstoff, insbesondere Erdgas, wird typischerweise entlang der Luft-eintrittsschlitze eingedüst.

**[0008]** In Gasturbinen werden neben Erdgas und flüssigem Brennstoff, meist Dieselöl bzw. Oil#2 auch synthetisch hergestellte Gase, sogenannte Mbtu- und Lbtu-Gase, zur Verbrennung eingesetzt. Diese Synthesegase werden durch die Vergasung von Kohle oder Ölrückständen hergestellt. Sie sind dadurch gekennzeichnet, dass sie zum größten Teil aus  $\text{H}_2$  und  $\text{CO}$  bestehen. Hinzu kommt noch ein geringerer Anteil an Inertgasen, wie  $\text{N}_2$  oder  $\text{CO}_2$ .

**[0009]** Bei der Verbrennung von Synthesegas kann aufgrund einer hohen Rückzündgefahr die für Erdgas bei den Brennern des Standes der Technik bewährte Eindüsung nicht beibehalten werden.

So ergeben sich im Unterschied zum Einsatz von Erdgas folgende Besonderheiten und Anforderungen an einen Brenner, der mit Synthesegas betrieben werden soll. Synthesegas erfordert einen in Abhängigkeit von einer nach dem Stand der Technik an sich bekannten Verdünnung des Synthesegases rund vierfach - im Falle von unverdünntem Synthesegas bis siebenfach oder sogar darüber - höheren Brennstoff-Volumenstrom gegenüber vergleichbaren Erdgasbrennern, so dass sich bei gleicher Gasbelochnung des Brenner deutlich unterschiedli-

che Impulsverhältnisse ergeben. Aufgrund des hohen Anteiles an Wasserstoff im Synthesegas und der damit verbundenen niedrigen Zündtemperatur und hohen Flammgeschwindigkeit des Wasserstoffes besteht eine hohe Reaktionsneigung des Brennstoffes, so dass insbesondere das Rückzündverhalten und die Verweilzeit von zündfähigem Brennstoff-Luftgemisch in Brennernähe untersucht werden müssen. Weiterhin muss eine stabile und sichere Verbrennung von Synthesegasen für einen hinreichend großen Bereich von Heizwerten gewährleistet werden, der je nach Prozessqualität der Vergasung und Ausgangsprodukt, bspw. Ölrückstände, das Synthesegas unterschiedlich zusammengesetzt ist. Um unter diesen Bedingungen bei der Verbrennung dennoch eine Vormischung und damit die typischen niedrigen Emissionen zu erreichen, werden diese Synthesegase vor der Verbrennung meist mit Inertgasen, wie N<sub>2</sub> oder Wasserdampf, verdünnt. Das verringert insbesondere das aufgrund des hohen H<sub>2</sub>-Anteils immanente Rückzündrisiko. Der Brenner muss somit Synthesegase verschiedener Zusammensetzung, insbesondere unterschiedlicher Verdünnung und daraus resultierend stark variablem Brennstoff-Volumenstrom, sicher und stabil verbrennen können.

**[0010]** Weiterhin ist es von Vorteil, wenn neben dem Synthesegas vom Brenner auch ein Reservebrennstoff, ein sogenannter Backup-Brennstoff sicher verbrannt werden kann. Diese Forderung resultiert bei den hochkomplexen integrierten Gassynthetisierungs- und Stromerzeugungs-(IGCC-, Integrated Gasification Combined Cycle-) Anlagen aus der Forderung nach hoher Verfügbarkeit. Der Brenner sollte in einem derartigen Fall sicher und zuverlässig auch im Mischbetrieb von Synthesegas und Backup-Brennstoff, beispielsweise Dieselöl, funktionieren, wobei das für den Brennerbetrieb im Mischbetrieb eines Einzelbrenners nutzbare Brennstoff-Mischungsspektrum zu maximieren ist. Selbstverständlich sollten geringe Emissionen, typisch NO<sub>x</sub> ≤ 25 vppm und CO ≤ 5 vppm, für die spezifizierten und eingesetzten Brennstoffe gewährleistet werden.

**[0011]** Aus der EP 0610 722 A1 ist ein Doppelkegelbrenner bekannt, bei dem eine Gruppe von Brennstoff-Austrittsöffnungen für ein Synthesegas an einem brennraumseitigen Ende des Brenners über den Umfang des Brenners verteilt am Drallerzeuger angeordnet sind. Diese Austrittsöffnungen werden über eine gesonderte Brennstoffleitung versorgt und ermöglichen den Betrieb des Brenners mit unverdünntem Synthesegas.

**[0012]** Durch diese Eindüsung des Brennstoffes am brennraumseitigen Ende des Brenners kann es jedoch zu einer ungenügenden Vermischung des Brennstoffes mit der Drallströmung der Brennluft kommen, da die Verweilzeit des Brennstoffes in der Drallströmung bis zum Erreichen der Flammenstabilisierungszone (Vortex Rezirkulationszone) nur kurz ist.

**[0013]** Ein weiteres Problem tritt bei den vorgenannten Brennern des Standes der Technik auf, wenn diese für die Eindüsung eines Brennstoffes mit niedrigem bis mitt-

lerem Brennwert ausgebildet sind bzw. mit einem derartigen Brennstoff betrieben werden. Brennstoffe mit niedrigem bis mittlerem Brennwert müssen mit hohen Volumenströmen in die Drallströmung eingebracht werden, um eine ausreichende Wärmeerzeugung bei der Verbrennung zu erzielen. Durch die hohen Volumenströme des Brennstoffes wird jedoch die sich im Brenner ausbildende Drallströmung gestört, so dass es in Extremfällen zu einem Ausbleiben der die Flamme stabilisierenden Rezirkulationszone kommen kann.

### Darstellung der Erfindung

**[0014]** Ausgehend vom oben dargelegten Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, einen Vormischbrenner anzugeben, bei dem die Nachteile des Standes der Technik nicht auftreten und der insbesondere beim Betrieb mit Synthesegas oder einem Brennstoff mit niedrigem bis mittlerem Brennwert eine verbesserte Durchmischung mit der Brennluft gewährleistet.

**[0015]** Die Aufgabe wird mit den Brennern gemäß der Patentansprüche 1 und 2 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen dieser Brenner sind Gegenstand der Unteransprüche oder lassen sich aus der nachfolgenden Beschreibung sowie den Ausführungsbeispielen entnehmen.

**[0016]** Der vorliegende Brenner besteht in bekannter Weise aus einem Drallerzeuger für einen Verbrennungsluftstrom und Mitteln zur Eindüsung von Brennstoff in den Verbrennungsluftstrom. Unter Eindüsung wird in diesem Zusammenhang die Einbringung von Brennstoff über eine Austrittsöffnung verstanden, wobei vorzugsweise ein gerichteter Brennstoffstrahl beliebiger Geometrie erzeugt wird. Der Drallerzeuger weist Brennluft-Eintrittsöffnungen für den vorzugsweise tangential in den Brenner eintretenden Verbrennungsluftstrom auf. Die Mittel zur Eindüsung von Brennstoff in den Verbrennungsluftstrom umfassen ein oder mehrere erste Brennstoff-Zuführungen mit ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen. Diese Brennstoff-Austrittsöffnungen sind über den Umfang des Brenners in einer oder mehreren Ebenen senkrecht zur Brennerlängsachse, d. h. zur axialen Richtung, verteilt angeordnet. Die ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen sind beim vorliegenden Brenner derart ausgebildet, dass ein Eindüsungswinkel der ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen relativ zur axialen und/oder zur radialen Richtung über den Umfang des Brenners variiert. In einer alternativen Ausgestaltung sind zumindest einige der ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen derart in ein oder mehreren ersten Gruppen von nahe beieinander liegenden Brennstoff-Austrittsöffnungen angeordnet, dass jede der ersten Gruppen einen Brennstoffstrahl mit einem - relativ zu einem durch eine einzelne Brennstoff-Austrittsöffnung gebildeten Brennstoffstrahl - großen Strahlquerschnitt erzeugt. Jede Gruppe wirkt dann äquivalent zu einer Brennstoff-Austrittsöffnung mit entsprechend grösserem Öffnungsdurchmesser.

**[0017]** Durch die vorliegende Ausgestaltung der Brennstoff-Austrittsöffnungen mit über den Umfang des Brenners variierenden radialen Eindüsungswinkeln wird eine verbesserte Durchmischung des eingedüsten Brennstoffes mit der die Drallströmung ausbildenden Brennluft erreicht. Die unterschiedlichen Eindüsungswinkel bewirken eine unterschiedliche Eindringtiefe des Brennstoffes in das Innenvolumen bzw. die Drallströmung des Brenners. Der Brennstoff lässt sich hierdurch gleichmäßiger über die Brennluft verteilen. Weiterhin führt die unterschiedliche Eindringtiefe der aus den Brennstoff-Austrittsöffnungen austretenden Brennstoffstrahlen zu einer geringeren Störung der Drallströmung, da sich keine zusammenhängende Brennstoffwand aufbauen kann, wie dies bei hohen Volumenströmen des Brennstoffes und identisch ausgebildeten Brennstoff-Austrittsöffnungen des Standes der Technik der Fall sein kann. Durch geeignete Wahl der Eindüsungswinkel lässt sich die im Brenner entstehende Drallströmung zusätzlich unterstützen.

**[0018]** In einer alternativen Ausgestaltung des vorliegenden Brenners, bei der zumindest ein Teil der ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen zu einzelnen Gruppen nahe beieinander liegender Brennstoff-Austrittsöffnungen angeordnet sind, wird durch die jeweiligen Brennstoff-Austrittsöffnungen einer einzelnen Gruppe ein einzelner Brennstoffstrahl eines großen Durchmessers gebildet, der eine höhere Eindringtiefe als der Brennstoffstrahl einer einzelnen Austrittsöffnung aufweist. Hierfür müssen die Brennstoff-Austrittsöffnungen der einzelnen Gruppen jeweils ausreichend nahe beieinander liegen, damit sie einen gemeinsamen Brennstoffstrahl bilden, wodurch jede Gruppe äquivalent zu einer Brennstoff-Austrittsöffnung mit entsprechend grösserem Öffnungsdurchmesser wirkt. Auch durch diese Ausgestaltung wird somit aufgrund der höheren Eindringtiefe des gemeinsamen Brennstoffstrahls eine Variation der Eindringtiefe des Brennstoffes über den Umfang des Brenners erreicht, so dass sich eine bessere Durchmischung von Brennstoff und Brennluft ergibt. Selbstverständlich lässt sich diese alternative Ausgestaltung des Brenners in beliebiger Weise auch mit der Ausgestaltung der Brennstoff-Austrittsöffnungen mit unterschiedlichen Eindüsungswinkeln und Öffnungsdurchmessern kombinieren. Die unterschiedlichen Eindüsungswinkel lassen sich hierbei in bekannter Weise durch unterschiedliche Ausrichtung der die Brennstoff-Austrittsöffnungen bildenden Austrittskanäle in den Brennstoffzuleitungen erreichen.

**[0019]** Vorzugsweise alternieren die Öffnungsdurchmesser bzw. Eindüsungswinkel entlang des Brenner-Umfangs zwischen zumindest zwei Werten, so dass in Umfangsrichtung des Brenners jeweils abwechselnd ein größerer und ein kleinerer Eindüsungswinkel bzw. ein größerer und ein kleinerer Öffnungsdurchmesser der in dieser Richtung angeordneten Brennstoff-Austrittsöffnungen vorliegen. Bei mehr als zwei unterschiedlichen Werten des Öffnungsdurchmessers und/oder des Eindüsungswinkels erfolgt die entsprechende Variation vor-

zugsweise durch periodische Wiederholung der unterschiedlichen Öffnungsdurchmesser bzw. Eindüsungswinkel in Umfangsrichtung des Brenners. Vorzugsweise wird bei gleichzeitiger Variation des Öffnungsdurchmessers und des Eindüsungswinkels relativ zur axialen Richtung bei einer Brennstoff-Austrittsöffnung mit einem größeren Eindüsungswinkel ein größerer Öffnungsdurchmesser gewählt als bei einer Brennstoff-Austrittsöffnung mit einem kleineren Eindüsungswinkel.

**[0020]** Bei einer Variation der Eindüsungswinkel relativ zur radialen Richtung werden diese Eindüsungswinkel der Brennstoff-Austrittsöffnungen derart gewählt, dass sich aus den Brennstoff-Austrittsöffnungen austretende Brennstoffstrahlen unterschiedlicher Gruppen von Austrittsöffnungen jeweils in unterschiedlichen Punkten außerhalb der zentralen Brennerlängsachse im Innenvolumen des Brenners schneiden.

**[0021]** In der bevorzugten Ausführungsform des vorliegenden Brenners sind die ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen an einem brennraumseitigen Ende des Brenners, d. h. am Brenneraustritt, über den Umfang des Brenners verteilt angeordnet. Vorzugsweise sind hierbei die ein oder mehreren ersten Brennstoffzuführungen mit den ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen mechanisch vom Drallerzeuger entkoppelt.

**[0022]** Die Geometrie des Drallerzeugers wie auch eines gegebenenfalls vorhandenen Drallraums können beim vorliegenden Brenner in unterschiedlicher Weise gewählt werden und insbesondere die aus dem Stand der Technik bekannten Geometrien aufweisen. Durch die vorzugsweise Verteilung der ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen ausschließlich am brennraumseitigen Ende des Brenners bzw. Drallraums über den Brenner-Umfang wird ein Rückzünden von eingedüstem Synthesegas zuverlässig verhindert. Eine Vermischung mit der aus dem Brenner austretenden Verbrennungsluft ist dennoch in ausreichendem Maße gewährleistet. Synthesegas mit hohem Wasserstoffanteil (45 Vol%) kann unverdünnt verbrannt werden (Unterer Heizwert  $H_u \approx 14000$  kJ/kg). Selbstverständlich lässt sich der Brenner auch mit Synthesegas eines anderen Wasserstoffgehaltes, beispielsweise mit  $H_2 \sim 33\%$ , betreiben. Der Brenner ermöglicht in dieser Ausführungsform somit eine sichere und stabile Verbrennung sowohl von unverdünntem als auch von verdünntem Synthesegas. Das garantiert eine hohe Flexibilität beim Einsatz einer mit erfindungsgemäßen Brennern ausgestatteten Gasturbine in einem IGCC-Prozess. Durch eine entsprechend im Querschnitt angepasste Ausgestaltung der ersten Brennstoffzuführung(en) können hohe Volumenströme, bis zu einem Faktor 7 im Vergleich zur Zuführung von Erdgas bei bekannten Brennern des Standes der Technik, sicher zur Eindüsungsstelle am Brenneraustritt geleitet werden.

**[0023]** Bei dem vorliegenden Brenner sind die ein oder mehreren ersten Brennstoffzuführungen mit den zugehörigen ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen vorzugsweise mechanisch und thermisch vom Drallerzeuger bzw. den den Drallerzeuger bildenden und im Betrieb

deutlich wärmeren Brennerschalen entkoppelt. Auf diese Weise können beide Bauteile unabhängig voneinander und ohne gegenseitige Behinderung thermische Dehnungen und insbesondere Differenzdehnungen vollziehen. Dadurch werden die thermischen Spannungen zwischen den vergleichsweise kalten ersten Brennstoffzuführungen, im Folgenden auch als Gaskanäle bezeichnet, und den wärmeren Brennerschalen vermieden oder zumindest deutlich reduziert. So wird in einer Ausführungsform des vorliegenden Brenners, wie sie in den Ausführungsbeispielen näher erläutert ist, der Eindüsbereich für das Synthesegas in den Brennerschalen völlig ausgeschnitten. Der erste Gaskanal wird direkt in diesen Ausschnitt der Brennerschalen verankert. Damit sind Gaskanal und Brennerschalen thermisch und mechanisch voneinander entkoppelt und das konstruktive Problem an den Verbindungsstellen von kaltem Gaskanal und warmer Brennerschale ist gelöst. Frühere Konstruktionen wie die der EP 0610 722 A1 zeigten besonders bei der Verbindung von relativ kaltem Gaskanal zu heißer Brennerschale Probleme, bspw. Risse in Folge der hohen Spannungskonzentration an diesen Verbindungsstellen. Mit der entkoppelten Lösung und dem vorgestellten Design wird die erforderliche Lebensdauer des Brenners erreicht.

**[0024]** Die Entkopplung einzelner Brennstoffanlagen von den Brennerschalen ist bereits aus der EP 1 070 915 bekannt. Bei einer vorteilhaften Ausführungsform des vorliegenden Brenners wird diese mechanische Entkopplung jedoch erstmals mit integralen Gaskanälen mit umfangshomogener Gaseinbringung realisiert. Gegenüber der aus der EP 1 070 950 bekannten Gaseindüsung besticht diese umfangshomogene Gaseindüsung durch eine wesentlich gleichmäßigere Verteilung des Brennstoffs in der Brennluft, und damit, insbesondere bei der Verwendung von Lbtu- und Mbtu-Brennstoffen, durch ein überlegenes Emissionsverhalten bei gleichzeitig guter Flammenstabilität. Eine aufwendige spezielle Wärmeisolierung des Gaskanals gegenüber der heißen Brennerschale - wie zum Beispiel durch die dem Fachmann an sich bekannten Gaskanalinserts - ist nicht notwendig.

**[0025]** Gerade bei einem Brenner, bei dem die ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen am brennraumseitigen Ende des Brenners über den Umfang des Brenners verteilt angeordnet sind, lässt sich mit der vorliegenden Variation des Eindüsungswinkels bzw. der Eindüsungstiefe eine deutlich verbesserte Vermischung des Brennstoffes mit der Brennluft erreichen.

**[0026]** Selbstverständlich lässt sich jedoch ein verbesserter Durchmischungseffekt wie auch eine geringere Störung der Drallströmung auch bei Brennern realisieren, bei denen die ersten Brennstoff-Zuführungen mit den ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen in Längsrichtung des Brenners entlang dessen Außenschale bzw. Außenschalen angeordnet sind.

**[0027]** In einer weiteren Ausführungsform weist der Brenner neben der bzw. den ersten Brennstoffzuführungen auch ein oder mehrere zweite Brennstoffzuführun-

gen mit einer Gruppe von im Wesentlichen entlang der Richtung der Brennerachse angeordneten zweiten Brennstoff-austrittsöffnungen am Drallkörper auf. Alternativ oder in Kombination kann auch eine im Wesentlichen auf der Brennerachse angeordnete Brennstofflanze für die Eindüsung von Flüssigbrennstoff oder von Pilotgas zur Diffusionsverbrennung vorgesehen sein, die in axialer Richtung in den Drallraum ragt. Die Anordnung und Ausgestaltung dieser zusätzlichen Brennstoffzuführungen kann bspw. auf der bekannten Vormischbrennertechnologie gemäß der EP 321 809 oder auch anderen Bauarten, wie bspw. gemäß der EP 780 629 oder der WO 93/17279, beruhen. Derartige Brennergeometrien können mit den erfindungsgemäßen Merkmalen für die Ausbildung und Anordnung der ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen realisiert werden.

**[0028]** Durch diese Ausführungsform des vorliegenden Brenners mit ein oder mehreren weiteren Brennstoffzuführungen wird ein multifunktionaler Brenner erhalten, der unterschiedlichste Brennstoffe sicher und stabil verbrennt. Der Brenner kann insbesondere die stabile und sichere Verbrennung von Mbtu-Synthesegasen (Mindestgehalt an  $H_2 = 10 \text{ Vol\%}$ ) mit Heizwerten (unterer Heizwert  $H_u$  oder Lower Heating Value LHV) von 3500 - 18000 kJ/kg, insbesondere 6000 bis 15000 kJ/kg, bevorzugt von 6500 bis 14500 kJ/kg oder von 7000 bis 14000 kJ/kg gewährleisten. Neben der sicheren und stabilen Verbrennung von unverdünntem und verdünntem Synthesegas bei entsprechender Anordnung der ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen am brennraumseitigen Ende des Brenners kann auch Flüssigbrennstoff, bspw. Dieselöl, als Reservebrennstoff eingesetzt werden. Die eingesetzten Brennstoffe können sich hierbei im Heizwert deutlich unterscheiden, so beispielsweise bei Dieselöl mit einem Heizwert  $H_u = 42000 \text{ kJ/kg}$  und Synthesegas mit einem Heizwert von 3500 - 18000 kJ/kg, insbesondere 6000 bis 15000 kJ/kg, bevorzugt von 6500 bis 14500 kJ/kg oder von 7000 bis 14000 kJ/kg.

**[0029]** Auch die Verwendung von Erdgas als zusätzlichem Brennstoff ist möglich. Die Eindüsung von Erdgas kann dabei wahlweise im Brennerkopf durch die Brennerlanze und/oder über die zweiten Brennstoffzuführungen erfolgen, die üblicherweise durch die an den Luft-eintrittsschlitz am Drallerzeuger bzw. Drallkörper längs angebrachten Gaskanäle gebildet werden, die dem Fachmann bspw. aus der EP 321 809 geläufig sind. Auf diese Weise kann der Brenner mit drei unterschiedlichen Brennstoffen betrieben werden.

**[0030]** Für die Verbrennung von Synthesegas sind die ersten Brennstoffzuführungen weiterhin konstruktiv an den bis zu 7-fach größeren Brennstoff-Volumenstrom angepasst und stellen insbesondere die notwendigen Durchströmungsquerschnitte zur Verfügung. Hierbei weisen sie im Vergleich zu den Zuführungen für Erdgas einen mehrfachen Querschnitt auf.

**[0031]** Beim Einsatz von Öl als Brennstoff wird die aus dem Stand der Technik bekannte Eindüsung des Öls oder einer Öl-Wasseremulsion über eine Brennerlanze

beibehalten. Durch verschiedene Randbedingungen, wie Einbindung der Gasturbine in den IGCC-Prozess oder fixierte Brennergruppierungen, die beibehalten werden sollen, müssen Gasturbinen, die Synthesegas verbrennen, den Mischbetrieb von Zündbrennstoff und Synthesegas gewährleisten. Der hier beschriebene Brenner funktioniert auch im Mischbetrieb von Dieselöl und Synthesegas in verschiedenen Mischungsverhältnissen stabil und sicher. Er kann über längere Zeiträume sicher im Mischbetrieb betrieben werden. Damit erreicht die Gasturbine weitere Flexibilität und kann im Betrieb von einem Brennstoff zum anderen wechseln. Der mögliche Mischbetrieb stellt einen wesentlichen betriebstechnischen Vorteil dar.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0032]** Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren nochmals kurz erläutert. Hierbei zeigen:

- Fig. 1 schematisch einige der bei dem vorliegenden Brenner beeinflussten Parameter der Austrittsöffnungen;
- Fig. 2 eine Schnittansicht eines Ausführungsbeispiels des vorliegenden Brenners;
- Fig. 3 eine Schnittansicht durch die Ebene B-B des Brenners der Figur 2;
- Fig. 4 eine beispielhafte Darstellung unterschiedlicher Eindüsungswinkel relativ zur axialen Richtung;
- Fig. 5 ein Beispiel für die Bildung einzelner Gruppen von Austrittsöffnungen für die Erzeugung eines Brennstoffstrahls mit großem Strahldurchmesser;
- Fig. 6 ein Beispiel für die Variation des Eindüsungswinkels relativ zur radialen Richtung;
- Fig. 7 ein stark schematisiertes Beispiel für einen Brenner mit entlang der Längserstreckung des Brenners angeordneten Brennstoff-Austrittsöffnungen sowie Beispiele für die Ausgestaltung der Brennstoff-Austrittsöffnungen;
- Fig. 8 ein Beispiel für eine Ausgestaltung des Brenners mit konischem Innenkörper; und
- Fig. 9 ein Beispiel für eine weitere mögliche Ausgestaltung des Brenners.

### Wege zur Ausführung der Erfindung

- [0033]** Figur 1 zeigt zur Veranschaulichung unterschiedliche Parameter bei der Ausgestaltung von Brennstoff-Austrittsöffnungen, die bei der Realisierung des vorliegenden Brenners eine Rolle spielen. In der Figur ist in Teilabbildung a) schematisch ein Teil eines Brenners in schnittansicht dargestellt, bei dem die Brennerschale 1, eine zentrale Brennerlängsachse 2 sowie ein am brennraumseitigen Ende des Brenners vorgesehenes Frontpanel 3 zu erkennen sind. Über den Umfang der Brennerschale 1 sind in diesem Beispiel Brennstoff-Austrittsöffnungen 4 angeordnet, die den Öffnungsdurchmesser  $d$  sowie eine einheitliche Distanz  $a$  zum Frontpanel 3 aufweisen. Die Brennerschale 1 hat in diesem Beispiel eine Neigung von  $\alpha = 11^\circ$  zur durch die Brennerlängsachse 2 vorgegebenen axialen Richtung. Die Brennstoff-Austrittsöffnungen 4 sind als Austrittskanäle ausgebildet, deren Kanalachse 5 unter einem bestimmten Winkel zur axialen und radialen Richtung des Brenners verläuft. Der Kanalverlauf ist in dieser Figur durch die seitlich herausgeführten Linien mit dem darin schraffiert angedeuteten Öffnungsquerschnitt veranschaulicht. Durch die Richtung der Austrittskanalachse 5 zur axialen und radialen Richtung des Brenners wird die Eindüsungsrichtung des Brennstoffes in den Innenraum des Brenners vorgegeben. In der Figur ist der Geschwindigkeitsvektor  $c$  der Eindüsung sowie seine entsprechenden Komponenten in axialer Richtung ( $u$ ) sowie in radialer Richtung ( $v$ ) zu erkennen. Der Eindüsungswinkel relativ zur axialen Richtung ist mit  $\psi$  bezeichnet, der Winkel relativ zum Lot auf die Brennerwand bzw. Brennerschale 1 mit  $\beta$ . Typische Werte für den Winkel  $\beta$  betragen  $20^\circ$ ,  $30^\circ$  oder  $40^\circ$ .
- [0034]** In Teilfigur b) ist weiterhin eine Draufsicht auf einen Brenner gemäß Teilfigur a) dargestellt. In dieser Figur ist die in Teilabbildung a) nicht erkennbare Geschwindigkeitskomponente  $w$  des durch die Brennstoff-Eintrittsöffnung 4 eingedüsten Brennstoffstrahls zu erkennen. Diese Geschwindigkeitskomponente weist einen Winkel  $\delta$  relativ zur radialen Richtung des Brenners auf. Im vorliegenden Beispiel erfolgt die Eindüsung gleichsinnig zur Drallrichtung 6 der in den Brenner eintretenden Brennluft, wie dies aus der Teilabbildung ersichtlich ist.
- [0035]** Bei dem vorliegenden Brenner werden nun die in der Figur 1 veranschaulichten Parameter, d. h. der Eindüsungswinkel  $\psi$  relativ zur axialen Richtung, der Eindüsungswinkel  $\delta$  relativ zur radialen Richtung sowie der Öffnungsdurchmesser  $d$  der Brennstoff-Austrittsöffnungen in Umfangsrichtung des Brenners und/oder entlang der Brennstoff-Zuführungen variiert, so dass unterschiedliche Gruppen von Brennstoff-Austrittsöffnungen unterschiedliche Eindüsungswinkel  $\delta$  oder  $\psi$  und/oder unterschiedliche Öffnungsdurchmesser  $d$  aufweisen.
- [0036]** Der Öffnungsdurchmesser  $d$ , der Abstand zwischen den einzelnen Austrittsöffnungen, das Impulsverhältnis zwischen Brennstoff und Brennluft wie auch die Eindüsungsrichtung haben einen Einfluss auf die Ein-

dringtiefe des Brennstoffstrahls in den Brenner bzw. die Drallströmung innerhalb des Brenners. Diese Eindringtiefe ist proportional zu  $J^a \times d^b \times \sin\psi$ , wobei a und b positive Exponenten, J das Impulsverhältnis zwischen Brennstoff und Brennluft und d der Durchmesser der Brennstoff-Austrittsöffnungen sind.

**[0037]** Aus diesem Zusammenhang ist ersichtlich, dass eine Erhöhung des Brennstoff-Einspritzimpulses einen signifikanten Einfluss auf die Eindringtiefe hat. Allerdings ist der in einem Brennstoffsystem verfügbare Brennstoffdruck limitiert. Auch der Öffnungsdurchmesser der Brennstoff-Austrittsöffnungen hat einen Einfluss auf die Eindringtiefe, ist jedoch ebenfalls begrenzt. Insbesondere kann ein zu großer Öffnungsdurchmesser die Zuverlässigkeit des Brennstoffsystems während eines Teillastbetriebs sowie während eines Brennölbetriebs negativ beeinflussen. Dies betrifft insbesondere die thermokustische Stabilität des Gesamtsystems.

**[0038]** Figur 2 zeigt beispielhaft einen Aufbau eines Brenners mit ersten Brennstoff-Zuführungen und Brennstoff-Austrittsöffnungen, die gemäß der vorliegenden Erfindung ausgebildet sein können. Bei dieser Ausgestaltung eines Brenners, der insbesondere für die Eindüsung von Synthesegas geeignet ist, sind erste Brennstoff-Austrittsöffnungen 4 radial am Brenneraustritt, d. h. am Ende des den Drallraum bildenden Innenvolumens 12 des Brenners über den Umfang des Brenners verteilt in einer Reihe angeordnet. Durch diese Eindüsung am Brenneraustritt wird die Verbrennung des wasserstoffreichen Synthesegases auch unverdünnt möglich. Die Figur zeigt hierbei die Brennerschalen 1, die in diesem Beispiel durch ihre kegelschalenförmige Ausgestaltung den Drallerzeuger 7 bilden. Außerhalb dieses Drallerzeugers 7 ist ein Gaszuführelement 13 angeordnet, das den Drallerzeuger 7 radial umschließt und den oder die ersten Brennstoff-Zuführungen 8 für die Zufuhr von Synthesegas bildet. Am brennraumseitigen Ende dieses Gaszuführelementes 13 sind die ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen 4 für das Synthesegas angeordnet. Diese Austrittsöffnungen 4 bilden Austrittskanäle, die die Eindüsungsrichtung des Synthesegases vorgeben. Der in diesem Beispiel angedeutete Eindüsungswinkel  $\psi$  relativ zur axialen Richtung und/oder der Durchmesser d dieser Kanäle bzw. Öffnungen 4 variieren beim vorliegenden Brenner, wie dies bspw. aus den nachfolgenden Figuren 4 - 6 hervorgeht.

**[0039]** Im vorliegenden Beispiel sind insgesamt 12 erste Brennstoff-Austrittsöffnungen 4 nebeneinander über den Umfang des Brenners gleichmäßig verteilt angeordnet, die mit den römischen Ziffern I - XII bezeichnet sind. Die geradzahligten Austrittsöffnungen 4 haben hierbei einen Eindüsungswinkel  $\psi$  relativ zur axialen Richtung von ca. 50° (60° zur Brennerschale), während die ungeradzahligten Austrittsöffnungen 4 einen Eindüsungswinkel von ca. 40° zur axialen Richtung (50° zur Brennerschale) aufweisen.

**[0040]** Die vergleichsweise kalten Brennstoff-Zufuhrkanäle 8 zur Eindüsung des Synthesegases und die im

Prinzip deutlich wärmeren Brennerschalen 1 sind in diesem Beispiel thermisch und mechanisch voneinander entkoppelt. Dadurch werden die thermischen Spannungen deutlich reduziert. Die Verbindung zwischen dem Gaszuführelement 13 und dem Drallerzeuger 7 erfolgt über an beiden Bauteilen vorgesehene Laschen 10 bzw. 11, die miteinander verbunden werden. Auf diese Weise werden minimale thermische Spannungen erreicht. In der Figur ist weiterhin eine Öffnung bzw. ein umlaufender Spalt 9 am Drallerzeuger 7 zu erkennen, der notwendig ist, um eine Verbindung zwischen den Austrittsöffnungen 4 des Gaszuführelements 13 und dem Drallraum 12 zu ermöglichen.

**[0041]** Beim vorliegenden Beispiel ist der Eindüsungsbereich für den Brennstoff in den Brennerschalen völlig ausgeschnitten. Dabei wird das Gaszuführelement 13 direkt in diesen Ausschnitt der Brennerschalen 1 bzw. des Drallerzeugers 7 verankert. Damit ist das Spannungsproblem an den Verbindungsstellen von kaltem Gaszuführelement 13 und warmer Brennerschale gelöst. Der Drallerzeuger 7 selbst ist vorzugsweise aus zumindest zwei Teilschalen mit tangentialen Lufteintrittsschlitzern ausgebildet, wie dies bspw. EP 0 321 809 B1 bekannt ist.

**[0042]** Figur 3 zeigt den Brenner der Figur 2 nochmals entlang der Schnittlinie B-B. In dieser Figur sind deutlich die beiden Teilschalen des Drallerzeugers 7 mit den tangentialen Lufteintrittsschlitzern 14 sowie die Brennstoff-Zuführungen 8 des Gaszuführelementes 13 zu erkennen. In diesen Brennstoff-Zuführungen 8 sind wiederum die jeweils 12 Brennstoff-Austrittsöffnungen 4 angedeutet. Der Brenner ist von einem Gehäuse 15 umschlossen. Das Gaszuführelement 13 kann einerseits als ringförmiger Zuführungsschlitz zur Bildung eines einzigen Brennstoff-Zufuhrkanals 8 ausgebildet sein oder auch in getrennte Brennstoff-Zufuhrkanäle unterteilt sein. Selbstverständlich ist es auch möglich, einzelne Zuführungsleitungen als Brennstoff-Zufuhrkanäle 8 bis zu den Austrittsöffnungen 4 zu führen.

**[0043]** Die Brennstoff-Zufuhrkanäle 8 sind für die Zuführung von Synthesegas auf den bis zu siebenfach größeren Brennstoffvolumenstrom im Vergleich zu herkömmlichen Brennstoffen angepasst und stellen insbesondere die notwendigen großen Strömungsquerschnitte zur Verfügung.

**[0044]** Selbstverständlich können bei einem derartigen Brenner auch zusätzliche Gaseindüsungskanäle entlang der Lufteintrittsschlitzern 14 angeordnet sein, wie dies bei den bekannten Brennergeometrien des Standes der Technik, bspw. der bereits genannten EP 0 321 809 B1 der Fall ist. Über diese weiteren Brennstoff-Zufuhrkanäle kann üblicher Brennstoff zusätzlich oder alternativ zum Synthesegas in das Innenvolumen 12 eingedüst werden.

**[0045]** Figur 4 zeigt schematisch die Eindüsungsrichtung der Brennstoff-Austrittsöffnungen 4 eines Brenners wie dem der Figuren 2 und 3 gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. In der Teilansicht a) ist eine Hälfte des Brenners in Draufsicht mit den über

den Umfang verteilt angeordneten Brennstoff-Austrittsöffnungen 4 zu erkennen. Die Eindüsungsrichtung der zwölf dargestellten Austrittsöffnungen 4 relativ zur radialen Richtung beträgt  $\delta = 0^\circ$ , d. h. dass alle aus den Austrittsöffnungen austretenden Brennstoffstrahlen auf die zentrale Längsachse des Brenners ausgerichtet sind, wie dies mit den in der Figur dargestellten Linien veranschaulicht ist.

**[0046]** In Teilabbildung b) ist der in diesem Beispiel zwischen zwei Werten alternierende Eindüsungswinkel  $\psi$  relativ zur axialen Richtung des Brenners zu erkennen, der die Werte  $\psi = 40^\circ$  und  $\psi = 50^\circ$  annimmt. Alle geradzahligten Brennstoff-Austrittsöffnungen (II/IV/VI/VII/X/XII) weisen den Eindüsungswinkel von  $50^\circ$ , alle ungeradzahligten Austrittsöffnungen 4 (I/III/V/VII/IX/XI) weisen den kleineren Eindüsungswinkel von  $\psi = 40^\circ$  auf. Durch diese Variation des Eindüsungswinkels  $\psi$  über den Umfang des Brenners wird die lokale Vermischung des eingedüsten Brennstoffes mit der Brennluft aufgrund der unterschiedlichen Eindringtiefe der Brennstoffstrahlen verbessert. Der Überlapp der einzelnen Brennstoffstrahlen wird verringert, so dass der Brennstoff besser innerhalb der Drallströmung verteilt wird.

**[0047]** Eine verbesserte Verteilung lässt sich auch durch eine Variation der Öffnungsdurchmesser  $d$  der einzelnen Brennstoff-Austrittsöffnungen 4 erreichen. So können diese bspw. in gleicher Weise wie die Eindüsungswinkel der Figur 4 zwischen zwei Werten alternieren, so dass jede zweite Austrittsöffnung den gleichen Öffnungsdurchmesser aufweist. Durch diese unterschiedlichen Öffnungsdurchmesser wird ebenfalls die Eindringtiefe des Brennstoffstrahls verändert, so dass eine bessere Verteilung und Durchmischung des Brennstoffes mit der Brennluft erreicht wird. Selbstverständlich lässt sich die Variation des Öffnungsdurchmessers jederzeit mit der Variation der Eindüsungswinkel kombinieren. Hierbei wird vorzugsweise ein größerer Öffnungsdurchmesser mit einem größeren Eindüsungswinkel kombiniert.

**[0048]** Figur 5 zeigt eine weitere Ausführungsform der Eindüsung bei einem Brenner gemäß der vorliegenden Erfindung. Auch diese Figur zeigt wiederum schematisch eine Hälfte eines Brenners gemäß der Figuren 2 bzw. 3 in Draufsicht, wobei in diesem Beispiel neun Austrittsöffnungen 4 zu erkennen sind. Jeweils drei dieser Austrittsöffnungen 4 sind in diesem Beispiel nahe beieinander angeordnet, so dass über den gesamten Umfang des Brenners insgesamt 6 Gruppen von Austrittsöffnungen 4 gebildet werden, von denen drei in der Figur dargestellt sind. Durch diese Gruppierung der Austrittsöffnungen 4 formen sich die aus den Austrittsöffnungen 4 einer Gruppe zunächst austretenden Einzelstrahlen zu einem Gesamtstrahl, der aufgrund dieser Zusammenführung einen großen Strahldurchmesser mit höherer Eindringtiefe aufweist. Durch diese Gruppierung lässt sich somit ebenfalls die Eindringtiefe des Brennstoffes in den Innenraum 12 des Brenners bzw. die Drallströmung lokal vergrößern.

**[0049]** In der Figur 5 sind hierbei zusätzlich unterschiedliche Eindüsungswinkel  $\delta$  der einzelnen Gruppen von Austrittsöffnungen relativ zur radialen Richtung gewählt, die sich in einem Punkt 16 außerhalb der Brennerlängsachse 2 schneiden.

**[0050]** Selbstverständlich lassen sich neben diesen Gruppen von Brennstoff-Austrittsöffnungen auch weitere, nicht gruppierte Austrittsöffnungen vorsehen, über die zusätzlich Brennstoffstrahlen mit geringerem Strahldurchmesser eingedüst werden. Auch eine Kombination mit unterschiedlichen Eindüsungswinkeln  $\psi$  relativ zur axialen Richtung und/oder unterschiedlichen Öffnungsdurchmessern der einzelnen Brennstoff-Austrittsöffnungen ist selbstverständlich möglich. So können bspw. gruppierte Austrittsöffnungen größere Öffnungsdurchmesser aufweisen als ungruppierte Austrittsöffnungen oder die Öffnungsdurchmesser der Austrittsöffnungen können von Gruppe zu Gruppe variieren.

**[0051]** Figur 6 zeigt ein weiteres Beispiel für eine Eindüsung des Brennstoffes bei einem Brenner gemäß der vorliegenden Erfindung. In diesem Beispiel variiert der Eindüsungswinkel  $\delta$  relativ zur radialen Richtung des Brenners über den Brennerumfang, so dass sich die Eindüsungsrichtungen in einem Punkt 16 weit außerhalb der Brennerlängsachse 2 schneiden. Wird der Brennstoff hierbei gleichsinnig zur Richtung des sich im Innenvolumen 12 ausbildenden Dralls der Brennluft eingespritzt, ergibt sich eine größere Eindringtiefe als bei gegensinniger Eindüsung. Auch über diesen Eindüsungswinkel  $\delta$  kann somit eine bessere Verteilung des Brennstoffes innerhalb der Drallströmung erreicht werden. Zusätzlich kann durch die gleichsinnige Eindüsung zur Richtung der Drallströmung die Stärke dieser Strömung vergrößert werden, so dass der Flammenstabilisationsprozess dadurch unterstützt werden kann. Auch diese Variation des Eindüsungswinkels  $\delta$  relativ zur radialen Richtung lässt sich mit den vorangehend erläuterten Beispielen kombinieren. Selbstverständlich ist es auch möglich, einzelne Gruppen von Brennstoff-Austrittsöffnungen bezüglich ihres Eindüsungswinkels  $\delta$  so auszubilden, dass ihre Eindüsungsrichtungen unterschiedliche Schnittpunkte 16 innerhalb des Innenvolumens des Brenners bilden.

**[0052]** Es versteht sich von selbst, dass die in den vorangehenden Ausführungsbeispielen gezeigte Anzahl der Brennstoff-Austrittsöffnungen 4 je nach Anforderung beliebig gewählt werden kann. Ebenso lassen sich selbstverständlich auch mehrere Reihen von Brennstoff-Austrittsöffnungen 4 vorsehen, die gemäß der vorangehenden Beispiele ausgebildet sein können.

**[0053]** Auch bei einer Eindüsung des Brennstoffes über Brennstoff-Austrittsöffnungen, die in axialer Richtung der Brennerschalen angeordnet sind, lassen sich diese gemäß den vorangehenden Ausführungsbeispielen ausbilden. Dies ist beispielhaft aus Figur 7 ersichtlich, die in Teilabbildung a) eine bekannte Brennergeometrie mit dem Drallerzeuger 7 sowie den am Drallerzeuger 7 angeordneten Brennstoff-Zuführungen 8 mit entsprechenden Brennstoff-Austrittsöffnungen 4 zeigt. Die

Brennstoff-Austrittsöffnungen 4 der einzelnen Brennstoff-Zuführungen 8 können gemäß Teilabbildung b) bspw. mit unterschiedlichem Öffnungsdurchmesser ausgebildet sein, um unterschiedliche Eindringtiefen zu erreichen. In einer weiteren Ausgestaltung können die Kanalachsen der Austrittskanäle dieser Austrittsöffnungen 4 unterschiedliche Winkel sowohl zur radialen als auch zur axialen Richtung des Brenners bilden. Mit derartigen Ausgestaltungen lassen sich somit die gleichen Effekte erzielen, wie in Zusammenhang mit den vorangehenden Figuren erläutert.

**[0054]** Wenngleich die Erfindung in erste Linie an einem Doppelkegelbrenner einer aus der EP 0 321 809 B1 bekannten Bauart dargestellt wurde, erkennt der Fachmann ohne Weiteres die Anwendbarkeit der Erfindung auch an anderen Brennerbauarten und Drallerzeugergeometrien, bspw. wie sie aus der EP 780 629 oder der WO 93/17279 bekannt sind. Auch Abwandlungen dieser Brennergeometrien sind selbstverständlich möglich, solange sich die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Brennstoff-Austrittsöffnungen bei diesen Brennerarten realisieren lässt.

**[0055]** So zeigt bspw. Figur 8 ein Beispiel eines Drallerzeugers 7 mit einem rein zylindrischen Drallkörper 17, in den ein konischer Innenkörper 18 eingesetzt ist. In diesem Beispiel sind am brennraumseitigen Ende des Drallraums 12 die Austrittsöffnungen 4 für Synthesegas über den Umfang des Brenners verteilt angeordnet. Die Brennstoff-Zufuhrkanäle 8 sind in dieser Darstellung nicht eingezeichnet. Auch hier können zusätzlich an den nicht dargestellten tangentialen Lufteintrittsschlitz weitere Gasaustrittsöffnungen für Erdgas einschließlich der dafür erforderlichen Zuleitungen vorgesehen sein.

**[0056]** Ein weiteres Beispiel eines Brenners, bei dem der Drallerzeuger 7 als Drallgitter ausgebildet ist, über das eintretende Brennluft 19 in Drall versetzt wird, ist schematisch in Figur 9 dargestellt. Über die zu Austrittsöffnungen im Bereich des Drallerzeugers 7 führenden Zuleitungen 20 kann zusätzlicher Brennstoff zur Premix-Beladung in die Brennluft 19 eingebracht werden. Die Zufuhr eines Pilotbrennstoffes oder eines Flüssigbrennstoffes wird über eine zentral in das Innenvolumen 12 ragende Düse 21 realisiert. Auch bei diesem Brenner sind am brennraumseitigen Ende des Innenvolumens 12 die Austrittsöffnungen 4 für das Synthesegas über den Umfang des Brenners verteilt angeordnet und werden über die Brennstoff-Zufuhrkanäle 8 mit Synthesegas beaufschlagt. Bei beiden Brennergeometrien der Figuren 8 und 9 lassen sich ersichtlich die gleichen Ausgestaltungen der Austrittsöffnungen 4 realisieren, wie bei dem in den Figuren 2 und 3 dargestellten Brenner.

#### Bezugszeichenliste

**[0057]**

- 1 Brennerschale
- 2 Brennerlängsachse

- 3 Frontpanel
- 4 erste Brennstoff-Austrittsöffnung
- 5 Austrittskanalachse
- 6 Drallrichtung
- 7 Drallerzeuger
- 8 erste Brennstoff-Zuführung
- 9 Öffnungsschlitz im Drallerzeuger
- 10 Laschen am Drallerzeuger
- 11 Laschen am Gaszuführelement
- 12 Innenvolumen (Drallraum)
- 13 Gaszuführelement
- 14 Lufteintrittsschlitz
- 15 Gehäuse
- 16 Schnittpunkt
- 17 Drallkörper
- 18 Innenkörper
- 19 Brennluft
- 20 Zuleitungen
- 21 Düse

#### Patentansprüche

1. Vormischbrenner, im Wesentlichen bestehend aus einem Drallerzeuger (7) für einen Verbrennungsluftstrom und Mitteln zur Eindüsung von Brennstoff in den Verbrennungsluftstrom, wobei der Drallerzeuger (7) wenigstens eine Brennluft-Eintrittsöffnung für den in den Brenner eintretenden Verbrennungsluftstrom aufweist und die Mittel zur Eindüsung von Brennstoff in den Verbrennungsluftstrom wenigstens eine erste Brennstoffzuführung(8) mit ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (4) umfassen, welche in einer senkrecht zur Brennerlängsachse liegenden Ebene über den Umfang des Brenners verteilt angeordnet sind, und welcher Brenner weiterhin eine von einer zentralen Längsachse definierte axiale Richtung sowie eine jeweils auf die zentrale Längsachse ausgerichtete radiale Richtung aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (4) derart ausgebildet sind, dass ein Eindüsungswinkel der ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (4) relativ zur axialen und/oder zur radialen Richtung über den Umfang des Brenners variiert.
2. Brenner, im Wesentlichen bestehend aus einem Drallerzeuger (7) für einen Verbrennungsluftstrom und Mitteln zur Eindüsung von Brennstoff in den Verbrennungsluftstrom, wobei der Drallerzeuger (7) wenigstens eine Brennluft-Eintrittsöffnung für den in den Brenner eintretenden Verbrennungsluftstrom aufweist und die Mittel zur Eindüsung von Brennstoff in den Verbrennungsluftstrom wenigstens eine erste Brennstoffzuführung (8) mit ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (4) umfassen, welche in einer senkrecht zur Brennerlängsachse liegenden Ebene über den Umfang des Brenners verteilt angeordnet sind,

- dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** zumindest ein Teil der ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (4) in wenigstens einer ersten Gruppen von nahe beieinander liegenden Brennstoff-Austrittsöffnungen (4) angeordnet sind, derart, dass jede der ersten Gruppen einen gerichteten Brennstoffstrahl mit großem Strahlquerschnitt und gegenüber dem Strahl einer einzelnen Austrittsöffnung vergrößerter Eintrittstiefe des Brennstoffstrahls erzeugt.
3. Brenner nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** zumindest einige der ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (4) in wenigstens einer ersten Gruppen von nahe beieinander liegenden Brennstoff-Austrittsöffnungen (4) angeordnet sind, derart, dass jede der ersten Gruppen einen gerichteten Brennstoffstrahl mit großem Strahlquerschnitt und gegenüber dem Strahl einer einzelnen Austrittsöffnung vergrößerter Eintrittstiefe des Brennstoffstrahls erzeugt.
4. Brenner nach einem der Ansprüche 2 oder 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** sich zumindest einige der ersten Gruppen von ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (4) durch unterschiedliche Öffnungsdurchmesser der jeweiligen Brennstoff-Austrittsöffnungen unterscheiden.
5. Brenner nach einem der Ansprüche 2 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** verbleibende, nicht in ersten Gruppen angeordnete erste Brennstoff-Austrittsöffnungen (4) einen geringeren Öffnungsdurchmesser aufweisen als die in ein oder mehreren ersten Gruppen angeordneten ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (4).
6. Brenner nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Eindüsungswinkel der ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (4) relativ zur axialen Richtung über den Umfang zwischen zumindest zwei Werten alterniert.
7. Brenner nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Öffnungsdurchmesser der ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (4) über den Umfang zwischen zumindest zwei Werten alterniert.
8. Brenner nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** erste Brennstoff-Austrittsöffnungen (4) mit einem größeren Eindüsungswinkel relativ zur axialen Richtung einen größeren Öffnungsdurchmesser aufweisen als erste Brennstoff-Austrittsöffnungen (4) mit einem kleineren Eindüsungswinkel.
9. Brenner nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Eindüsungswinkel relativ zur radialen Richtung derart gewählt ist, dass sich an den ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (4) austretende Brennstoffstrahlen unterschiedlicher zweiter Gruppen von ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (4) jeweils in unterschiedlichen Punkten (16) ausserhalb einer zentralen Brennerlängsachse (2) schneiden.
10. Brenner nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die wenigstens eine erste Brennstoffzuführung (8) mechanisch von dem Drallerzeuger (7) entkoppelt sind.
11. Brenner nach Anspruch 10,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die wenigstens eine erste Brennstoffzuführung (8) mit den ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (4) ein erstes den Drallerzeuger (7) umgebendes Bauteil (13) bildet, wobei der Drallerzeuger (7) am brennraumseitigen Ende Öffnungen (9) für den Zugang der ersten Austrittsöffnungen (4) zu einem Innenvolumen (12) des Brenners aufweist.
12. Brenner nach Anspruch 11,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das erste Bauteil (13) über Verbindungslaschen (10, 11) mit dem Drallerzeuger (7) verbunden ist.
13. Brenner nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die erste Brennstoffzuführung (8) als am Umfang des Drallerzeugers (7) verlaufender Ringschlitz ausgebildet ist.
14. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 13,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** wenigstens eine zweite Brennstoffzuführung mit einer Gruppe von im Wesentlichen entlang der axialen Richtung angeordneten zweiten Brennstoff-Austrittsöffnungen am Drallerzeuger (7) angeordnet sind.
15. Brenner nach Anspruch 14,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die wenigstens eine erste Brennstoffzuführung (8) mit einem Querschnitt ausgestaltet ist, der einen mehrfach höheren Volumenstrom als die wenigstens eine zweite Brennstoffzuführung ermöglicht.
16. Brenner nach einem der Ansprüche 14 oder 15,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** in einem Innenvolumen (12) des Brenners ein Innenkörper (18) angeordnet ist, wobei die zweiten Brennstoff-Austrittsöffnungen wenigstens einer

zweiten Brennstoffzuführung im Wesentlichen entlang der axialen Richtung verteilt auf dem Innenkörper (18) angeordnet sind.

17. Brenner nach einem der Ansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweiten Brennstoff-Austrittsöffnungen derart ausgebildet sind, dass der Öffnungsdurchmesser der zweiten Brennstoff-Austrittsöffnungen und/oder ein Eindüsungswinkel der zweiten Brennstoff-Austrittsöffnungen relativ zur axialen und/oder zur radialen Richtung entlang der Brennstoffzuführungen und/oder über den Umfang des Brenners variiert.
18. Brenner nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Teil der zweiten Brennstoff-Austrittsöffnungen in wenigstens einer dritten Gruppe von nahe beieinander liegenden Brennstoff-Austrittsöffnungen angeordnet sind, derart, dass jede dritte Gruppe einen Brennstoffstrahl mit großem Strahlquerschnitt erzeugt.
19. Brenner nach einem der Ansprüche 14 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mittel zur unabhängigen Steuerung der Vormischbrennstoffzufuhr zu einer ersten Brennstoffzuführung und zu einer zweiten Brennstoffzuführung vorgesehen sind.
20. Brenner nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennstoff-Austrittsöffnungen an einem brennraumseitigen Ende des Brenners über den Umfang des Brenners verteilt angeordnet sind.
21. Gasturbine, umfassend wenigstens einen Brenner gemäß einem der vorstehenden Ansprüche.

## Claims

1. Premix burner, basically comprising a swirler (7) for a combustion air flow, and means for injection of fuel into the combustion air flow, wherein the swirler (7) has at least one combustion air inlet orifice for the combustion air flow which enters the burner, and the means for injection of fuel into the combustion air flow comprises at least one first fuel feed (8) with first fuel outlet orifices (4) which are arranged in a plane which lies perpendicularly to the longitudinal axis of the burner, in a distributed manner over the circumference of the burner, and which burner, furthermore, has an axial direction which is defined by a central longitudinal axis, and also a radial direction which is orientated on the central longitudinal axis respectively, **characterized in that**

the first fuel outlet orifices (4) are formed in such a way that an injection angle of the first fuel outlet orifices (4) relative to the axial and/or to the radial direction varies over the circumference of the burner.

2. Burner, which basically comprises a swirler (7) for a combustion air flow, and means for injection of fuel into the combustion air flow, wherein the swirler (7) has at least one combustion air inlet orifice for the combustion air flow which enters the burner, and the means for injection of fuel into the combustion air flow comprises at least one first fuel feed (8) with first fuel outlet orifices (4) which are arranged in a plane which lies perpendicularly to the longitudinal axis of the burner, in a distributed manner over the circumference of the burner, **characterized in that** at least some of the first fuel outlet orifices (4) are arranged in at least one first group of fuel outlet orifices (4) which lie close together in such a way that each of the first groups creates a directed fuel jet with large jet cross section and increased penetration depth of the fuel jet compared with the jet of an individual outlet orifice.
3. Burner according to Claim 1, **characterized in that** at least some of the first fuel outlet orifices (4) are arranged in at least one first group of fuel outlet orifices (4) which lie close together in such a way that each of the first groups creates a directed fuel jet with large jet cross section and increased penetration depth of the fuel jet in relation to the jet of an individual outlet orifice.
4. Burner according to one of Claims 2 or 3, **characterized in that** at least some of the first groups of first fuel outlet orifices (4) differ due to different opening diameters of the respective fuel outlet orifices.
5. Burner according to one of Claims 2 to 4, **characterized in that** remaining first fuel outlet orifices (4), which are not arranged in first groups, have a smaller opening diameter than the first fuel outlet orifices (4) which are arranged in one or more first groups.
6. Burner according to one of the preceding Claims, **characterized in that** the injection angle of the first fuel outlet orifices (4) relative to the axial direction alternates over the circumference between at least two values.
7. Burner according to one of the preceding Claims, **characterized in that** the opening diameter of the first fuel outlet orifices (4) alternates over the circumference between at

- least two values.
8. Burner according to one of the preceding Claims, **characterized in that** first fuel outlet orifices (4) with a larger injection angle relative to the axial direction have a larger opening diameter than first fuel outlet orifices (4) with a smaller injection angle. 5
  9. Burner according to one of the preceding Claims, **characterized in that** the injection angle relative to the radial direction is selected in such a way that fuel jets of different second groups of first fuel outlet orifices (4), which issue from the first fuel outlet orifices (4), intersect at different points (16) outside a central longitudinal axis (2) of the burner in each case. 10
  10. Burner according to one of the preceding Claims, **characterized in that** the at least one first fuel feed (8) is mechanically decoupled from the swirler (7). 15
  11. Burner according to Claim 10, **characterized in that** the at least one first fuel feed (8) with the first fuel outlet orifices (4) forms a first component (13) which encloses the swirler (7), wherein the swirler (7) on the end on the combustion chamber side has openings (9) for the access of the first outlet orifices (4) to an inner volume (12) of the burner. 20
  12. Burner according to Claim 11, **characterized in that** the first component (13) is connected to the swirler (7) by means of connecting brackets (10, 11). 25
  13. Burner according to one of the preceding Claims, **characterized in that** the first fuel feed (8) is formed as an annular slot which extends on the circumference of the swirler (7). 30
  14. Burner according to one of Claims 1 to 13, **characterized in that** at least one second fuel feed, with a group of second fuel outlet orifices which are arranged basically along the axial direction, is arranged on the swirler (7). 35
  15. Burner according to Claim 14, **characterized in that** the at least one first fuel feed (8) is formed with a cross section which enables a volumetric flow which is many times higher than the at least one second fuel feed. 40
  16. Burner according to either of Claims 14 or 15, **characterized in that** an internal component (18) is located in an inner volume (12) of the burner, wherein the second fuel outlet orifices of at least one second fuel feed are arranged basically on the internal component (18) in a distributed manner along the axial direction. 45
  17. Burner according to one of Claims 14 to 16, **characterized in that** the second fuel outlet orifices are formed in such a way that the opening diameter of the second fuel outlet orifices and/or an injection angle of the second fuel outlet orifices relative to the axial and/or to the radial direction, vary along the fuel feeds and/or over the circumference of the burner. 50
  18. Burner according to one of Claims 14 to 17, **characterized in that** at least some of the second fuel outlet orifices are arranged in at least one third group of fuel outlet orifices, which lie close together, in such a way that each third group creates a fuel jet with large jet cross section. 55
  19. Burner according to one of Claims 14 to 18, **characterized in that** means are provided for independent control of the feed of premix fuel to a first fuel feed and to a second fuel feed.
  20. Burner according to one of the preceding Claims, **characterized in that** the fuel outlet orifices are arranged on an end of the burner on the combustion chamber side, in a distributed manner over the circumference of the burner.
  21. Gas turbine, comprising at least one burner according to one of the preceding Claims.
- Revendications**
1. Brûleur à prémélange, essentiellement constitué d'un tourbillonneur (7) pour un écoulement d'air de combustion et de moyens d'injection de combustible dans l'écoulement d'air de combustion, le tourbillonneur (7) présentant au moins une ouverture d'entrée d'air de combustion pour l'écoulement d'air de combustion qui pénètre dans le brûleur et les moyens d'injection de combustible dans l'écoulement d'air de combustion présentant au moins une première amenée (8) de combustible dotée de premières ouvertures (4) de sortie de combustible réparties à la périphérie du brûleur dans un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal du brûleur, le brûleur présentant en outre une direction axiale définie par un axe longitudinal central ainsi qu'une direction radiale orientée vers l'axe longitudinal central, **caractérisé en ce que** les premières ouvertures (4)

- de sortie de combustible sont configurées de telle sorte que, lors de l'injection, l'angle d'injection des premières ouvertures (4) de sortie de combustible varie par rapport à la direction axiale et/ou la direction radiale le long de la périphérie du brûleur.
2. Brûleur à prémélange, essentiellement constitué d'un tourbillonneur (7) pour un écoulement d'air de combustion et de moyens d'injection de combustible dans l'écoulement d'air de combustion, le tourbillonneur (7) présentant au moins une ouverture d'entrée d'air de combustion pour l'écoulement d'air de combustion qui pénètre dans le brûleur et les moyens d'injection de combustible dans l'écoulement d'air de combustion présentant au moins une première amenée (8) de combustible dotée de premières ouvertures (4) de sortie de combustible réparties à la périphérie du brûleur dans un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal du brûleur, le brûleur présentant en outre une direction axiale définie par un axe longitudinal central ainsi qu'une direction radiale orientée vers l'axe longitudinal central, **caractérisé en ce qu'**au moins une des premières ouvertures (4) de sortie de combustible sont disposées en au moins un premier groupe d'ouvertures (4) de sortie de combustible situées à proximité les unes des autres, de telle sorte que chacun des premiers groupes crée un jet orienté de combustible de grande section transversale et dont la profondeur de pénétration est plus grande que celle du jet d'une ouverture de sortie individuelle.
  3. Brûleur selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**au moins certaines des premières ouvertures (4) de sortie de combustible sont disposées en au moins un premier groupe d'ouvertures (4) de sortie de combustible situées à proximité étroite les unes des autres, de telle sorte que chacun des premiers groupes crée un jet orienté de combustible de grande section transversale et dont la profondeur de pénétration est plus grande que celle du jet d'une ouverture de sortie individuelle.
  4. Brûleur selon l'une des revendications 2 ou 3, **caractérisé en ce qu'**au moins certains des premiers groupes de premières ouvertures (4) de sortie de combustible se distinguent par différents diamètres d'ouverture de chacune des ouvertures de sortie de combustible.
  5. Brûleur selon l'une des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce que** les premières ouvertures (4) de sortie de combustible qui restent et qui ne sont pas disposées dans le premier groupe ont une ouverture de plus petit diamètre que les premières ouvertures (4) de sortie de combustible disposées dans un ou plusieurs premiers groupes.
  6. Brûleur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'angle d'injection des premières ouvertures (4) de sortie de combustible par rapport à la direction axiale alterne entre au moins deux valeurs le long de la périphérie.
  7. Brûleur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le diamètre d'ouverture des premières ouvertures (4) de sortie de combustible alterne entre au moins deux valeurs le long de la périphérie.
  8. Brûleur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les premières ouvertures (4) de sortie de combustible qui présentent un plus grand angle d'injection par rapport à la direction axiale ont un plus grand diamètre d'ouverture que les premières ouvertures (4) de sortie de combustible qui ont un plus petit angle d'injection.
  9. Brûleur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'angle d'injection par rapport à la direction radiale est sélectionné de telle sorte que les jets de combustible émis par les premières ouvertures (4) de sortie de combustible de différents deuxièmes groupes de premières ouvertures (4) de sortie de combustible se coupent en des points (16) différents situés à l'extérieur de l'axe longitudinal central (2) du brûleur.
  10. Brûleur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la ou les premières amenées (8) de combustible sont découplées mécaniquement du tourbillonneur (7).
  11. Brûleur selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** la ou les premières amenées (8) de combustible forment avec les premières ouvertures (4) de sortie de combustible un premier composant (13) qui entoure le tourbillonneur (7), le tourbillonneur (7) présentant à l'extrémité située du côté de la chambre de combustion des ouvertures (9) qui permettent aux premières ouvertures (4) de sortie d'accéder à un volume intérieur (12) du brûleur.
  12. Brûleur selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** le premier composant (13) est relié au tourbillonneur (7) par des pattes de liaison (10, 11).
  13. Brûleur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la première amenée (8) de combustible est configurée comme fente annulaire qui s'étend à la périphérie du tourbillonneur (7).
  14. Brûleur selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce qu'**au moins une deuxième amenée de combustible est disposée sur le tourbillonneur (7) avec un groupe de deuxièmes ouvertures de sortie

de combustible disposées essentiellement le long de la direction axiale.

15. Brûleur selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** la ou les premières amenées (8) de combustible ont une section transversale qui permet un débit volumique plusieurs fois plus élevé que celui de la ou des deuxièmes amenées de combustible. 5
16. Brûleur selon l'une des revendications 14 ou 15, **caractérisé en ce qu'**un corps intérieur (18) est disposé dans un volume intérieur (12) du brûleur, les deuxièmes ouvertures de sortie de combustible d'au moins une deuxième amenée de combustible étant réparties sur le corps intérieur (18) au moins essentiellement le long de la direction axiale. 10 15
17. Brûleur selon l'une des revendications 14 à 16, **caractérisé en ce que** les deuxièmes ouvertures de sortie de combustible sont configurées de telle sorte que le diamètre d'ouverture des deuxièmes ouvertures de sortie de combustible et/ou l'angle d'injection des deuxièmes ouvertures de sortie de combustible par rapport à la direction axiale et/ou par rapport à la direction radiale varient le long des amenées de combustible et/ou le long de la périphérie du brûleur. 20 25
18. Brûleur selon l'une des revendications 14 à 17, **caractérisé en ce qu'**au moins une partie des deuxièmes ouvertures de sortie de combustible sont disposées en au moins un troisième groupe d'ouvertures de sortie de combustible situées à proximité étroite l'une de l'autre, de telle sorte que chaque troisième groupe crée un jet de combustible de grande section transversale. 30 35
19. Brûleur selon l'une des revendications 14 à 18, **caractérisé en ce que** des moyens de commande indépendante de l'apport de combustible de prémélange à une première amenée de combustible et à une deuxième amenée de combustible sont prévus. 40
20. Brûleur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les ouvertures de sortie de combustible situées à l'extrémité du brûleur située du côté de la chambre de combustion sont réparties à la périphérie du brûleur. 45
21. Turbine à gaz qui comprend au moins un brûleur selon l'une des revendications précédentes. 50

55



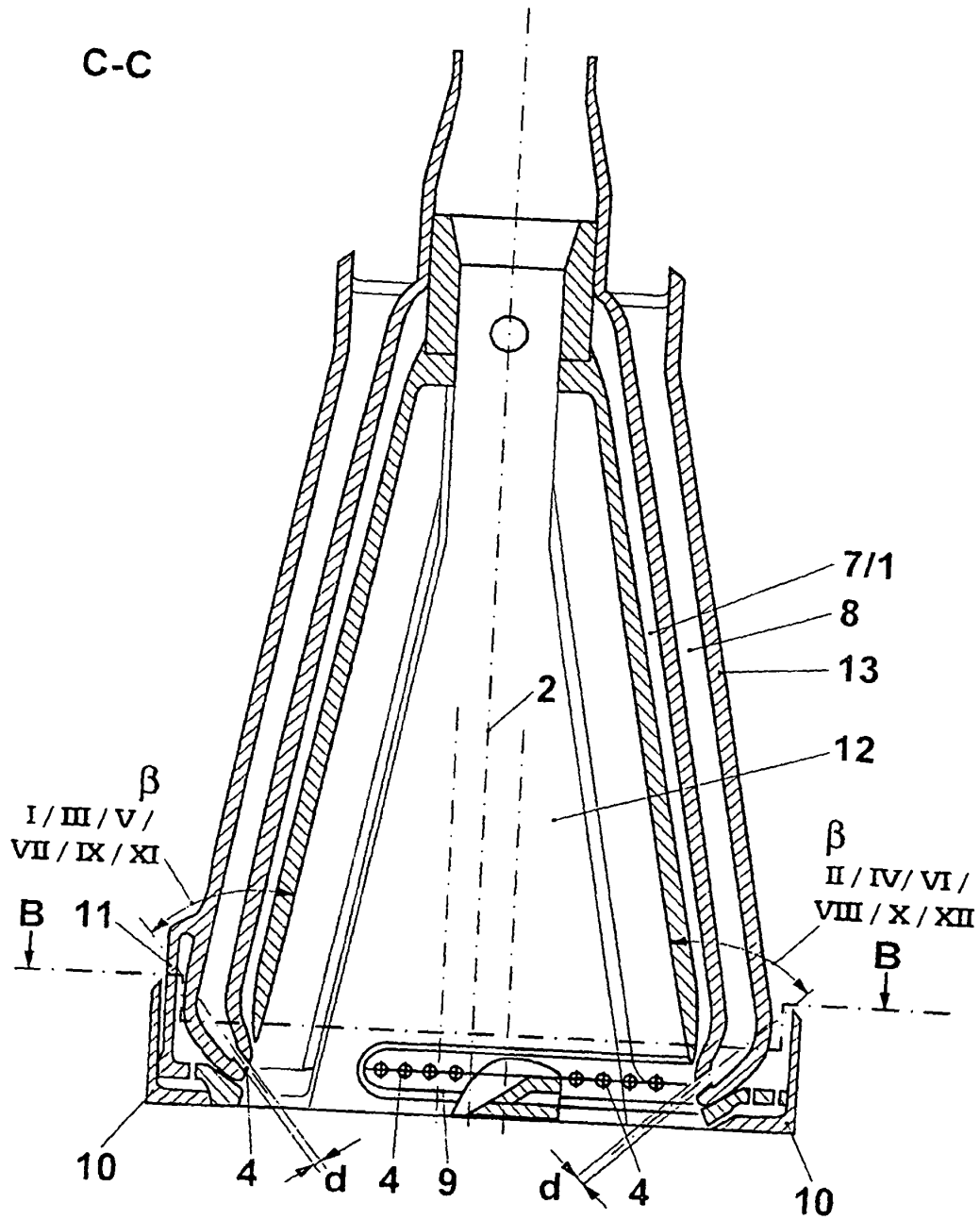


FIG. 2

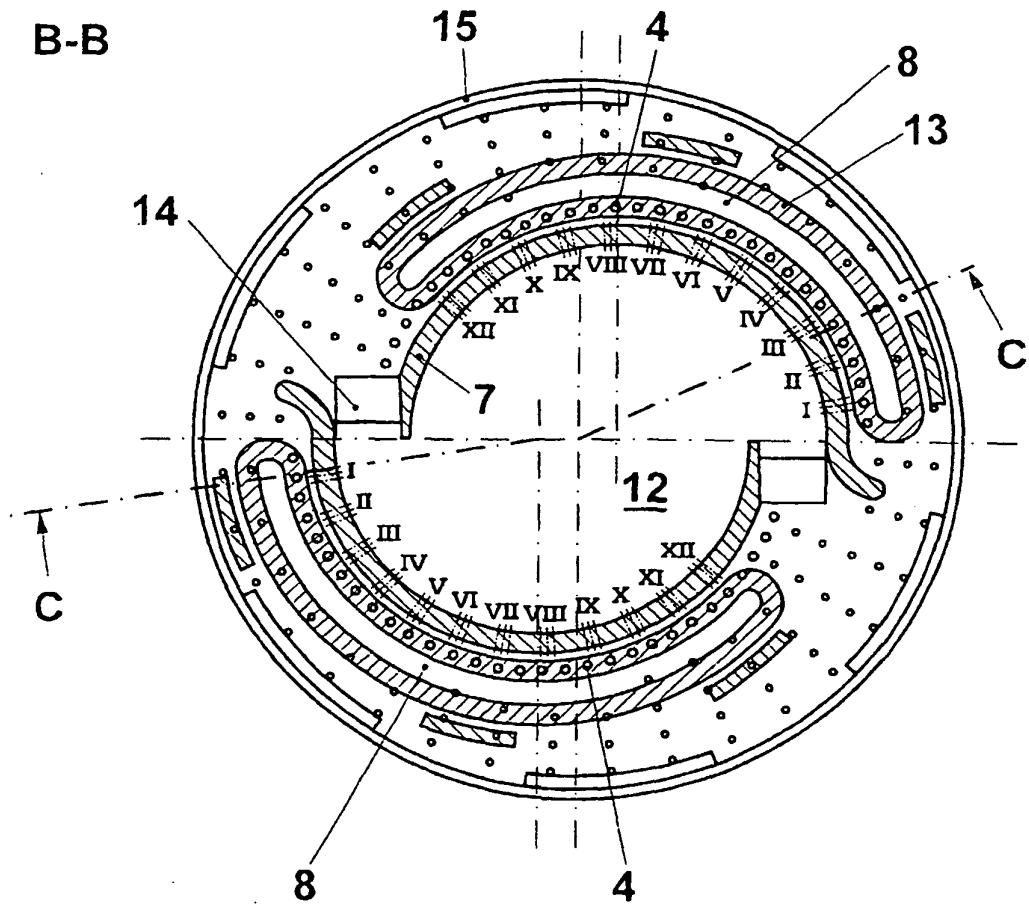


FIG. 3

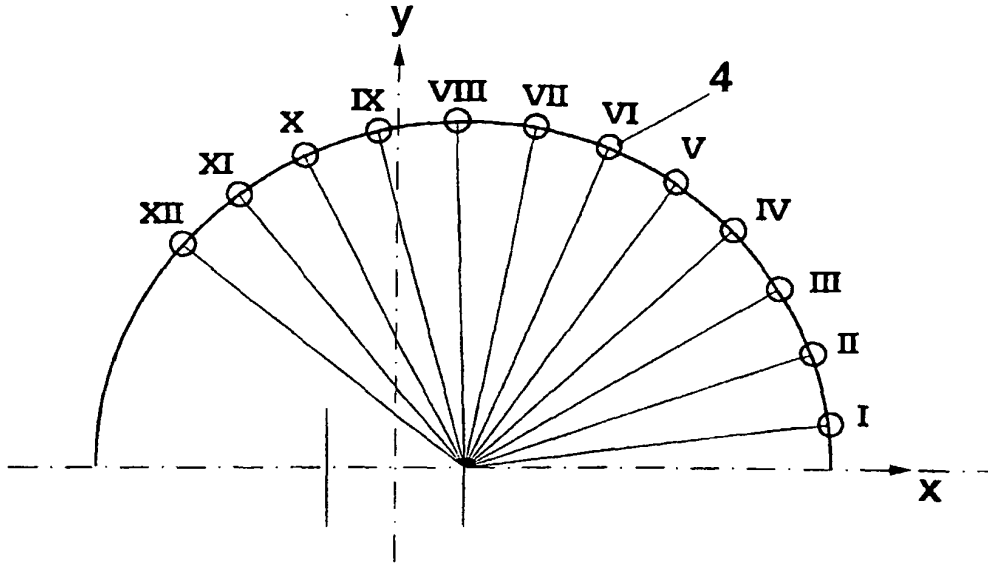


FIG. 4a

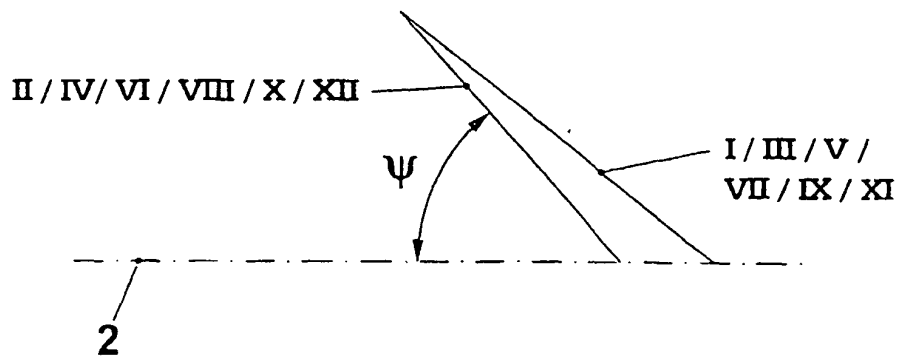


FIG. 4b

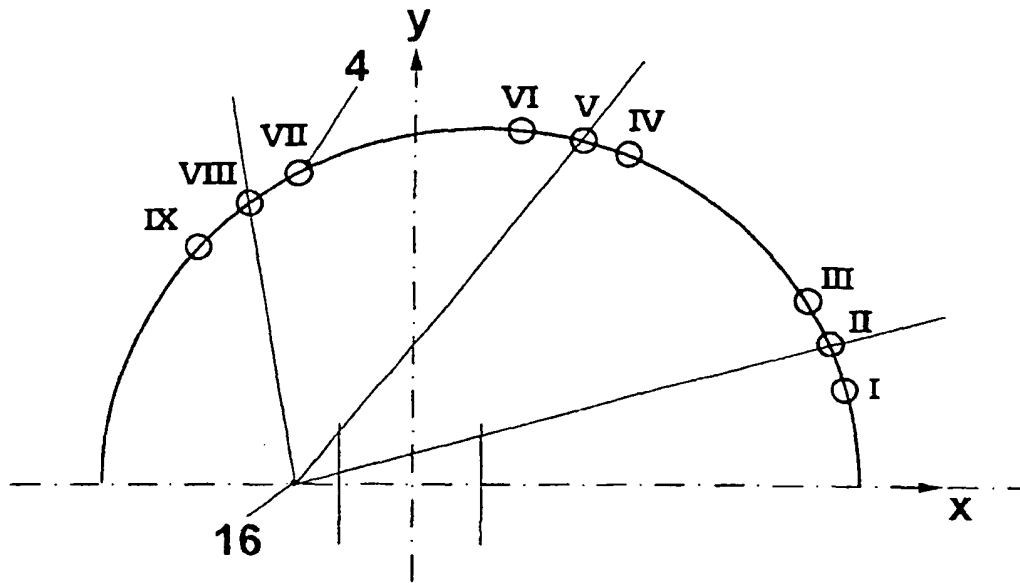


FIG. 5

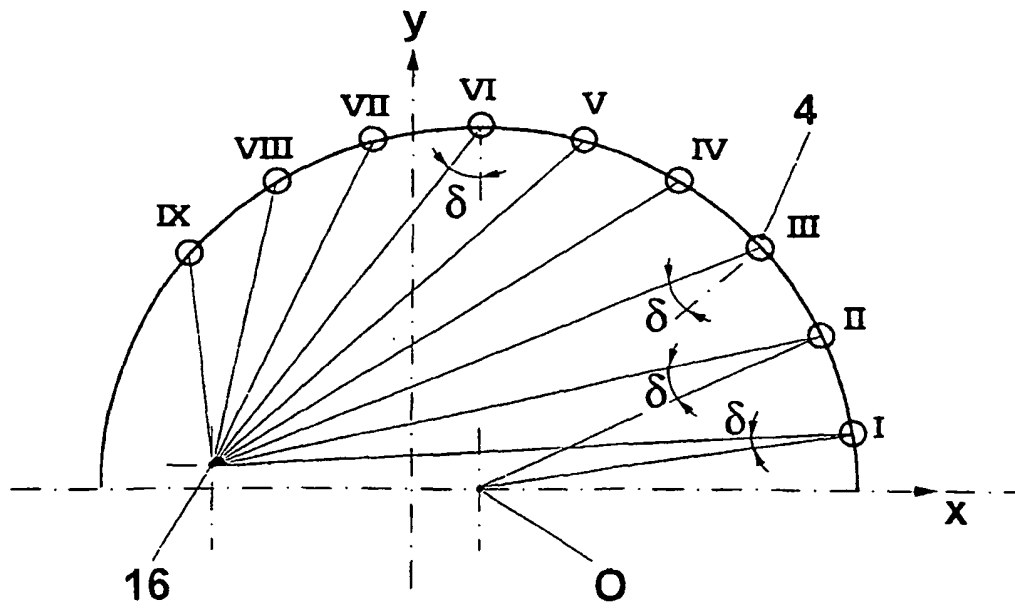


FIG. 6

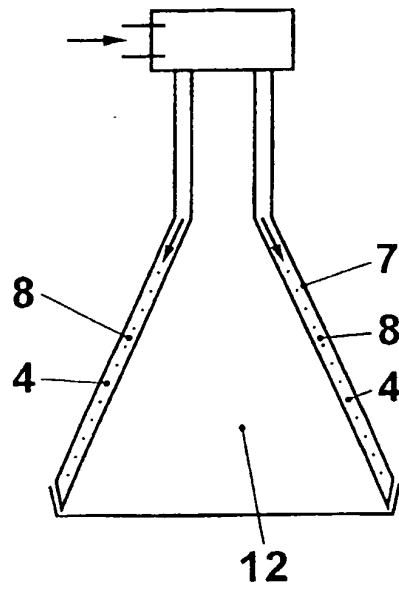


FIG. 7a

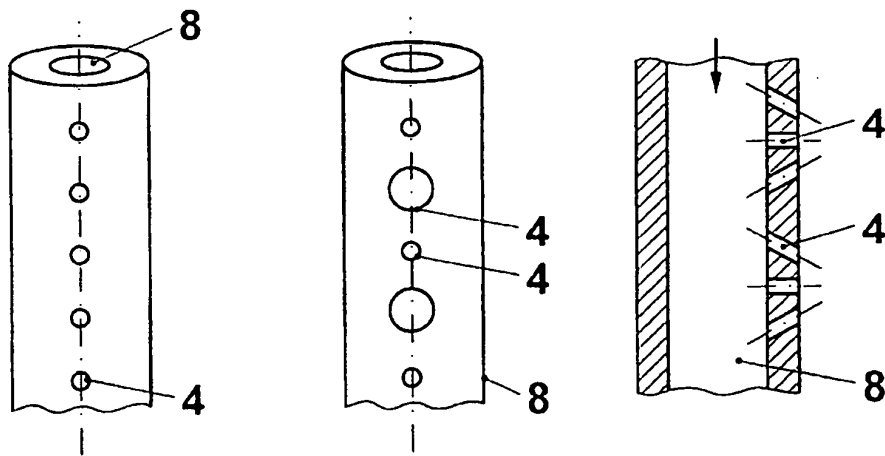


FIG. 7b

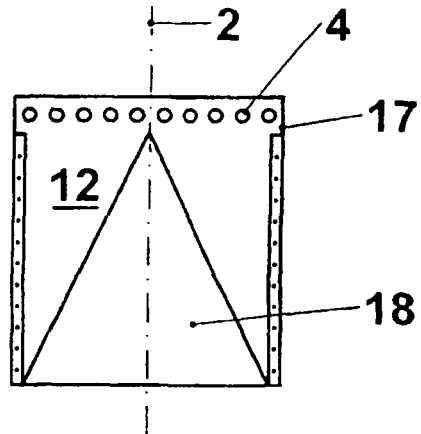


FIG. 8

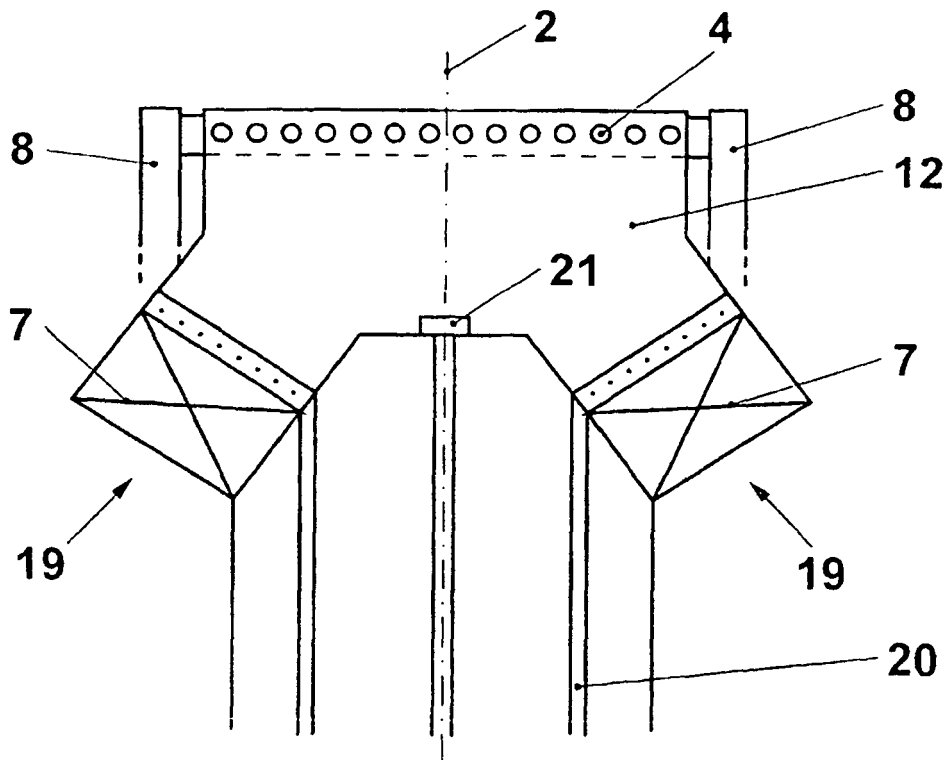


FIG. 9

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 0321809 B1 [0003] [0041] [0044] [0054]
- EP 0780629 A2 [0004]
- WO 9317279 A [0005] [0027] [0054]
- EP 1070915 A1 [0006]
- EP 0610722 A1 [0011] [0023]
- EP 1070915 A [0024]
- EP 1070950 A [0024]
- EP 321809 A [0027] [0029]
- EP 780629 A [0027] [0054]