



(11) **EP 3 584 501 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.12.2019 Patentblatt 2019/52

(51) Int Cl.:
F23R 3/28 (2006.01) F23R 3/34 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19179795.0**

(22) Anmeldetag: **12.06.2019**

(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
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Zornek, Timo**
70565 Stuttgart (DE)
• **Schwärzle, Andreas**
70182 Stuttgart (DE)
• **Setzwein, Florian**
70199 Stuttgart (DE)
• **Grimm, Felix**
70184 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **20.06.2018 DE 102018114870**

(71) Anmelder: **Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.**
51147 Köln (DE)

(74) Vertreter: **Fleck, Hermann-Josef**
Jeck & Fleck
Patentanwälte
Klingengasse 2
71665 Vaihingen/Enz (DE)

(54) **BRENNERSYSTEM UND VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG VON HEISSGAS IN EINER GASTURBINENANLAGE**

(57) Brennersystem (1) zur Erzeugung von Heißgas in einer Gasturbinenanlage, mit einer Brennkammer (6), die einen entlang einer Längsachse (L) ausgerichteten Brennraum (24, 26) umfasst, und mit einem Brennerkopf (4) mit zumindest einer Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung (50, 60) zur Zufuhr von Oxidator und Brennstoff als Frischgaskomponenten in die Brennkammer (6), umfassend jeweils einen Strömungspfad für Brennstoff und Oxidator zu deren Zuführung in den Brennraum (24, 26), wobei die Strömungspfade stromauf eines Mischraumes (508, 608) jeweils getrennte Strömungsabschnitte, zur getrennten Führung der Frischgaskomponenten, aufweisen und die Strömungspfade in dem Mischraum (508, 608) zusammengeführt sind, und zumindest eine erste Zuführöffnung zum Zuführen von Brennstoff in den Mischraum (508, 608). Ein zuverlässiger, schadstoffarmer und effizienter Betrieb mit sowohl hochkalorischen als auch niederkalorischen Brennstoffen bei geringem Aufwand wird dadurch ermöglicht, dass die Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung (50, 60) zumindest einen weiteren Strömungsabschnitt mit einer weiteren Zuführöffnung umfasst, über den ein Anteil einer der Frischgaskomponenten zur Zuführung in den Brennraum (24, 26) in einen Strömungsabschnitt mit der anderen Frischgaskomponente zuführbar ist, wobei der weitere Strömungsabschnitt derart angeordnet und ausgebildet ist, dass der Anteil der Frischgaskomponente bei unveränderter Geometrie mit dem Heizwert des Brennstoffes auf-

grund eines sich ändernden Druckverhältnisses veränderbar ist

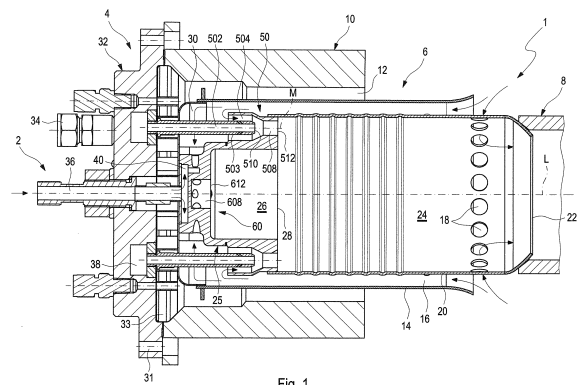


Fig. 1

EP 3 584 501 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Brennersystem zur Erzeugung von Heißgas in einer Gasturbinenanlage, mit einer Brennkammer, die einen entlang einer Längsachse ausgerichteten Brennraum umfasst, und mit einem Brennerkopf mit zumindest einer Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung zur Zufuhr von Oxidator und Brennstoff als Frischgaskomponenten in die Brennkammer, umfassend jeweils einen Strömungspfad für Brennstoff und Oxidator zu deren Zuführung in den Brennraum, wobei die Strömungspfade stromauf eines Mischraumes jeweils getrennte Strömungsabschnitte, zur getrennten Führung der Frischgaskomponenten, aufweisen, und die Strömungspfade in den Mischraum zusammengeführt sind, und zumindest eine erste Zuführöffnung zum Zuführen von Brennstoff in den Mischraum. Die Erfindung betrifft ferner ein entsprechendes Verfahren zur Erzeugung von Heißgas in einer Gasturbinenanlage.

[0002] Ein derartiges Brennersystem geht beispielsweise aus der WO 2014/027005 A2 hervor.

[0003] In jüngster Zeit wächst das Interesse, neben konventionellen Brennstoffen, wie z. B. Erdgas, weitere Brennstoffe mit unterschiedlichen Zusammensetzungen energetisch zu nutzen. Derartige Brennstoffe stellen z. B. Synthesegas aus der Biomassevergasung, Klärgas, Deponiegas, Biogas, Grubengas oder Erdölbegleitgas dar. Die energetische Umsetzung der Brennstoffe kann beispielsweise in Gasturbinenanlagen, insbesondere in Mikrogasturbinenanlagen, geschehen, wobei die Brennstoffe in einem Verbrennungsprozess zu einem Heißgas mit heißem Abgas umgesetzt werden. Dazu müssen die Brennstoffe zuverlässig, effizient und schadstoffarm verbrannt werden.

[0004] Die unterschiedlichen Brennstoffe können sich in ihrer Zusammensetzung deutlich unterscheiden. So weist z. B. Erdgas einen hohen Anteil an Methan als Bestandteil auf, während ein typisches Synthesegas neben Wasserstoff und gegebenenfalls weitere brennbaren Komponenten (z. B. Kohlenmonoxid, Methan) in der Regel einen hohen Inertgasanteil (insbesondere Kohlendioxid und Stickstoff) enthält. Daher weisen die Brennstoffe Unterschiede in ihren Verbrennungseigenschaften, wie z. B. Flammgeschwindigkeit und Zündverzugszeit, und in ihren Heizwerten bzw. ihren Wobbe-Indizes (als Größe zur Beurteilung der Austauschbarkeit von Brenngasen) auf. So ist z. B. Erdgas, mit einem massenspezifischen Heizwert von knapp unter 50 MJ/kg, den hochkalorischen Brennstoffen zuzuordnen, wohingegen ein typisches Synthesegas als niederkalorischer Brennstoff beispielsweise einen massenspezifischen Heizwert von ca. 5 MJ/kg oder darunter aufweisen kann. Mittelkalorische Brennstoffe weisen Heizwerte zwischen diesen Extrema auf. Somit ist bei Verwendung eines derartigen, niederkalorischen, Synthesegases im Vergleich zu - hochkalorischem - Erdgas zur Erzielung einer entsprechenden Leistung ein etwa zehnfach größerer Brennstoffmassenstrom notwendig. Diese unterschiedlichen

Eigenschaften erschweren die Nutzung unterschiedlicher Brennstoffqualitäten in einem einzigen Brennersystem.

[0005] Ein bekanntes Vorgehen zum Einsatz sowohl hochkalorischer als auch niederkalorischer Brennstoffe in einem einzigen Brennersystem ist deren separate Einbringung. Dabei werden die unterschiedlichen Brennstoffe über getrennte Zuführungen eingebracht, die jeweils auf die bestimmten Eigenschaften des Brennstoffes ausgelegt sind. Eine andere Vorgehensweise ist der Austausch und/oder die Anpassung der Brennstoffdüsen bzw. -kanäle unter Änderung der Geometrie. Dies ist jedoch aufwendig und erlaubt meist keine Anpassung während des laufenden Brennerbetriebs.

[0006] Die US 4 967 561 A zeigt ein Brennersystem, bei dem wahlweise ein flüssiger oder gasförmiger Brennstoff in eine Brennkammer zur Verbrennung eingebracht werden kann. Dazu weist das Brennersystem eine Vielzahl an Rohrkörpern auf, innerhalb derer zur Vormischung ein flüssiger oder gasförmiger Brennstoff über separate, bei Zugabe unterschiedlicher Brennstoffe unterschiedliche Düsen in die Verbrennungsluft zur Vormischung zugegeben werden kann.

[0007] Brennersysteme insbesondere zum Betrieb mit mittel- oder niederkalorischen Brennstoffen sind in der US 6 684 640 B2, der DE 44 09 918 A1, der EP 1 800 062 B1, der EP 1 892 469 A1 und der EP 0 908 671 A1 offenbart.

[0008] Ein Brennersystem basierend auf dem Prinzip eines rezirkulationsstabilisierten Strahlflammenbrenners ist der EP 1 995 515 A1 entnehmbar.

[0009] Eine Mischungsanordnung beispielsweise zum Einsatz in einem rezirkulationsstabilisierten Strahlflammenbrenner ist in der DE 10 2010 062 351 A1 angegeben.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Brennersystem sowie ein Verfahren zur Erzeugung von Heißgas bereitzustellen, das einen zuverlässigen, schadstoffarmen und effizienten Betrieb mit sowohl hochkalorischen als auch niederkalorischen Brennstoffen bei vergleichsweise geringem Aufwand ermöglicht.

[0011] Die Aufgabe wird für das Brennersystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Dabei ist vorgesehen, dass die Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung zumindest einen weiteren Strömungsabschnitt mit einer weiteren Zuführöffnung umfasst, über den ein Anteil einer der Frischgaskomponenten zur Zuführung in den Brennraum in einen Strömungsabschnitt mit der anderen Frischgaskomponente zuführbar ist, wobei der weitere Strömungsabschnitt derart angeordnet und ausgebildet ist, dass der Anteil der Frischgaskomponente, der über den weiteren Strömungsabschnitt strömt, bei unveränderter Geometrie mit dem Heizwert des Brennstoffes aufgrund eines sich ändernden Druckverhältnisses veränderbar ist.

[0012] Der Anteil bezieht sich z. B. auf den gesamten, durch die Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung strömenden Massen- bzw. Volumenstrom des entsprechen-

den Frischgases. Der weitere Strömungsabschnitt ist insbesondere derart angeordnet, dass die Aufteilung des entsprechenden Frischgaskomponenten-Stroms in zumindest zwei Anteile innerhalb des Brennerkopfes erfolgt, d. h. der weitere Strömungsabschnitt zweigt innerhalb des Brennerkopfes aus dem/den getrennten Strömungsabschnitt/en ab.

[0013] Der Strömungsabschnitt mit der anderen Frischgaskomponente kann beispielsweise einer der Strömungsabschnitte von Brennstoff oder Oxidator stromauf des Mischraums sein. Z. B. werden die Strömungspfade der Frischgaskomponenten stromauf der weiteren Zuführöffnung getrennt geführt und stromab der weiteren Zuführöffnung /zunächst teilweise zusammengeführt, in einem gemeinsamen und einem (weiterhin getrennten) Strömungsabschnitt, bevor sie wiederum stromab der ersten Zuführöffnung in dem Mischraum als gemeinsamen Strömungsabschnitt vollständig zusammengeführt werden. Die Zusammenführung kann somit stufenartig nacheinander erfolgen, wobei die weitere Zuführöffnung stromauf der ersten Zuführöffnung angeordnet ist. Insbesondere alternativ kann der Strömungsabschnitt mit der anderen Frischgaskomponente durch den Mischraum gebildet sein, wobei insbesondere ein Anteil des Brennstoffes über den getrennten Strömungsabschnitt mit der ersten Zuführöffnung und der andere Anteil über den (parallel passierbaren) weiteren Strömungsabschnitt und die weitere Zuführöffnung in den Mischraum strömen kann. Dabei münden der getrennte Strömungsabschnitt mit der ersten Zuführöffnung und der weitere Strömungsabschnitt parallel passierbar in den Mischraum. In demselben Brennersystem kann sowohl die eine als auch die andere Alternative vorhanden sein.

[0014] Der Mischraum ist in einer Ausbildungsvariante mit einer (zumindest teilweisen) Vormischung der Frischgase vor Einbringung in die Brennkammer ein Teil des Brennerkopfes, insbesondere der Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung, wobei er einen gemeinsamen Strömungsabschnitt bildet. Bei einer ebenfalls möglichen Ausbildungsvariante mit einer nicht vorgemischten Einbringung in die Brennkammer entspricht der Mischraum einem Bereich des Brennraums.

[0015] Die erste und die weitere Zuführöffnung können auch Gruppen von ersten und weiteren Zuführöffnungen (und/oder diesen zugeordneten Strömungsabschnitten) sein, die z. B. in unterschiedlichen (Strömungs-) Bereichen angeordnet sind, wobei die Gruppen z. B. jeweils nach einander entsprechenden Auslegungskriterien ausgelegt sind und/oder eine einander entsprechende Funktion erfüllen. Hingegen unterscheiden sich die erste/n und die weitere/n Zuführöffnung/en voneinander z. B. durch ihre Auslegungskriterien und/oder Funktion.

[0016] Die Anordnung und/oder Ausbildung des weiteren Strömungsabschnitts ist derart, dass sich der Anteil bei Einbringung von Brennstoffen mit einem unterschiedlichen Heizwert (bzw. einem unterschiedlichen Wobbe-Index) aufgrund sich ändernder aerodynamischer Verhältnisse, insbesondere der Druckverhältnisse, ändert.

Die Geometrie bleibt unverändert, insbesondere bleiben die Strömungsquerschnitte der Strömungsabschnitte konstant. Auf eine Volumenstromregulierung mittels Stelleinrichtungen, insbesondere Ventilen, kann verzichtet werden. So kann vorteilhaft die Zuführung unterschiedlicher Brennstoffe über dieselben Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnungen erfolgen. Dies erlaubt vorteilhaft den Einsatz wechselnder Brennstoffe und/oder einen Mischbetrieb, z. B. mit einer kontinuierlichen Änderung der Brennstoffzusammensetzung, mit geringem Aufwand und während des laufenden Betriebes.

[0017] In einem Verfahren zur Auslegung kann z. B. wie folgt vorgegangen werden, um zu dem erfindungsgemäßen Brennersystem zu gelangen: Ausgehend von einem bekannten, gattungsgemäßen Brennersystem wird/werden innerhalb der getrennten Strömungsabschnitte von Oxidator und Brennstoff eine oder mehrere Paarung/en von Orten lokalisiert, an dem/denen sich die Druckdifferenz und/oder das Druckverhältnis zwischen einem hochkalorischen und einem niederkalorischen Auslegungspunkt zu dem Strömungsabschnitt mit der jeweiligen anderen Frischgaskomponente (Brennstoff oder Oxidator) ändert. Dies kann z. B. über eine Druckermittlung mittels computergestützter Strömungssimulation und/oder experimentell geschehen, wobei z. B. die Massen- bzw. Volumenströme entsprechend der Auslegungsbetriebspunkte eingestellt werden. Diese Paarung/en von Orten miteinander verbindend, wird/werden nun ein/mehrere weitere/r Strömungsabschnitt/e mit einer weiteren Zuführöffnung angeordnet. Der (jeweilige) weitere Strömungsabschnitt wird entsprechend der gewünschten Aufteilung bzw. Anteile ausgelegt, insbesondere angeordnet und/oder ausgebildet (z. B. mit entsprechendem Strömungsquerschnitt). Dabei kann z. B. (zunächst) eine überschlägige Druckverlustberechnung und/oder (anschließend) eine iterative Annäherung an ein Auslegungsziel, z. B. mittels computergestützter Strömungssimulation und/oder experimentell, erfolgen. Das Auslegungsziel kann beispielsweise die Aufrechterhaltung eines bestimmten Geschwindigkeitsbereiches zwischen den verschiedenen Auslegungspunkten darstellen.

[0018] In einer bevorzugten Ausbildungsvariante ist als Auslegungsziel vorgesehen, dass der Anteil derart veränderbar ist, dass die Geschwindigkeiten an der ersten und/oder an der weiteren Zuführöffnung zwischen einem niederkalorischen Auslegungspunkt und einem hochkalorischen Auslegungspunkt maximal um den Faktor 2 (Geschwindigkeit mit niederkalorischem zu Geschwindigkeit mit hochkalorischem Brennstoff), insbesondere maximal um den Faktor 1,5, vorzugsweise maximal um den Faktor 1,2, voneinander abweichen, d. h. die Geschwindigkeiten in den unterschiedlichen Auslegungspunkten sind ähnlich zueinander. Der "niederkalorische Auslegungspunkt" entspricht einem Auslegungsbetriebspunkt mit einem niederkalorischen Auslegungsbrennstoff, beispielsweise einem Synthesegas, mit z. B.

einem massenspezifischen Heizwert von ca. 5 MJ/kg. Der "hochkalorische Auslegungspunkt" entspricht einem Auslegungsbetriebspunkt mit einem hochkalorischen Auslegungsbrennstoff, beispielsweise einem Erdgas, mit z. B. einem massenspezifischen Heizwert von knapp 50 MJ/kg. Vorzugsweise entsprechen die thermischen Leistungen der beiden Auslegungspunkte einander, wobei sie maschinenseitig vorgeben sind. Bei einer Mikrogasturbinenanordnung, bei der das erfindungsgemäße Brennersystem z. B. vorteilhaft eingesetzt werden kann, kann die thermische Leistung z. B. bis 1 MW oder 500 kW, z. B. rund 300 kW betragen. Die Luftzahl bzw. das Verbrennungsluftverhältnis entspricht beispielsweise dem bei einem bekannten, gattungsgemäßen Brennersystem und kann z. B. zwischen 1,4 und 3,4 betragen. Die Brennstoffzusammensetzungen in dem niederkalorischen und hochkalorischen Auslegungspunkt stellen vorzugsweise Extrema bezüglich des Heizwertes dar, zwischen denen sich die Heizwerte der Brennstoffzusammensetzungen im Betrieb bewegen. Die (wie vorstehend definiert) ähnlichen Geschwindigkeiten sind erreichbar durch die Auslegung und/oder Anordnung des weiteren Strömungsabschnittes mit der weiteren Zuführöffnung. Die Auslegung erfolgt vorzugsweise, wie heutzutage üblich, über computergestützte Strömungssimulation. Auf diese Weise wird erreicht, dass insbesondere diejenigen Geschwindigkeiten, die den Verbrennungsprozess in dem Brennkammersystem entscheidend beeinflussen, mit unterschiedlichen Brennstoffen (zumindest in vorstehend genanntem Maße) ähnlich zueinander bleiben. So können bestimmte Betriebscharakteristika, beispielsweise (zumindest teil- bzw. bereichsweise) die Einmischung von Brennstoff in den Oxidator, in beiden Auslegungspunkten angeglichen werden. Dies trägt zu einem stabilen, emissionsarmen und effizienten Verbrennungsprozess mit sowohl nieder-, mittel- als auch hochkalorischen Brennstoffen bei.

[0019] In einer bevorzugten Ausbildungsvariante weist die Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung einen Oxidatorkanal mit einem Austritt zur Mündung in die Brennkammer auf, wobei der Oxidatorkanal mit einem, den Austritt umfassenden, Ausströmabschnitt entlang einer Mittelachse M ausgerichtet ist, die im Wesentlichen axial, parallel zu der Längsachse, verläuft. Der Oxidatorkanal bildet einen Strömungspfad für Oxidator, der in einem stromauf liegenden Abschnitt den Oxidator getrennt führt. Das stromauf gerichtete Ende des Oxidatorkanals kann insbesondere mit einem Oxidator-Verteilerraum des Brennerkopfes in Strömungsverbindung stehen, so dass der Oxidatorkanal eine Strömungsverbindung für den Oxidator zwischen dem Oxidator-Verteilerraum und dem Brennraum bildet. Der Oxidatorkanal kann insbesondere düsenartig ausgebildet sein. Durch die axiale Anordnung kann der Oxidator in die Brennkammer mit einem hohen axialen Impuls eingebracht werden, so dass sich in dem Brennraum eine ausgeprägte Rezirkulationszone ausbildet, die die Verbrennung stabilisiert, wie bei einem rezirkulationsstabilisierten Strahlflammen-

brenner (auch bekannt als "FLOX-Brenner") üblich. Eine derartige Ausbildung erlaubt einen stabilen, emissionsarmen Verbrennungsprozess.

[0020] In einer bevorzugten Ausbildungsvariante weist die Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung einen von einer Wandung umgrenzten Brennstoffkanal auf, der zumindest mit einem Endabschnitt in dem Oxidatorkanal parallel, insbesondere koaxial, zu dem Oxidatorkanal verlaufend ausgebildet ist und der mit einer Brennstoffmündung innerhalb des Oxidatorkanals oder an dessen Austritt mündet, wobei die Brennstoffmündung die erste Zuführöffnung bildet. In dem Brennstoffkanal ist stromauf der Brennstoffmündung (und ggf. stromauf der weiteren Zuführöffnung) der getrennte Abschnitt des Brennstoffströmungspfades gebildet. Der Brennstoffkanal kann insbesondere eine Strömungsverbindung zwischen einem Brennstoff-Verteilerbereich und dem Mischraum bilden. Durch die derartige Ausbildung des Brennstoffkanals mit der Brennstoffmündung kann der Brennstoff koaxial in die Luftströmung zugegeben werden, was eine symmetrische, gleichmäßige Brennstoffeinmischung in den Oxidator und so einen gleichmäßigen, stabilen Verbrennungsprozess mit geringen Emissionen unterstützt.

[0021] In einer Ausbildungsvariante weist die Brennstoffmündung einen Strömungsquerschnitt, insbesondere mit einem Durchmesser d_3 , auf, der gegenüber dem Strömungsquerschnitt, insbesondere mit einem Durchmesser d_2 , des stromauf verlaufenden Brennstoffkanals reduziert ist. Vorzugsweise ist der Strömungsquerschnitt der Brennstoffmündung derart ausgelegt, dass sich dort in dem hochkalorischen Auslegungspunkt eine Geschwindigkeit ähnlich der Geschwindigkeit der Frischgase an dem Austritt des Oxidatorkanals in die Brennkammer ergibt. "Ähnlich" bedeutet hierbei, beispielsweise zwischen +/- 50 %, vorzugsweise zwischen +/- 20 %, besonders bevorzugt zwischen +/- 10 % der Geschwindigkeit an dem Austritt. Die ähnliche Geschwindigkeit bewirkt eine hohe Stabilität bei der Brennstoffeinmischung unter Vermeidung von Ablösungen, die zu einer instabilen Verbrennung bis hin zu thermoakustischen Schwingungen führen können.

[0022] Alternativ weist die Brennstoffmündung einen Strömungsquerschnitt, insbesondere mit einem Durchmesser d_3 , auf, der dem Strömungsquerschnitt, insbesondere mit einem Durchmesser d_2 , des stromauf verlaufenden Brennstoffkanals entspricht. Der Strömungsquerschnitt ist z. B. derart, dass sich dort in dem niederkalorischen Auslegungspunkt eine Geschwindigkeit ähnlich (wie in vorstehendem Absatz definiert) der Frischgase an dem Austritt des Oxidatorkanals einstellt, mit den vorstehend genannten Vorteilen.

[0023] In einer bevorzugten Ausbildungsvariante ist die weitere Zuführöffnung durch zumindest eine Bypassöffnung gebildet, wobei die Bypassöffnung stromauf der Brennstoffmündung in der Wandung ausgebildet ist und wobei der weitere Strömungsabschnitt eine Strömungsverbindung zwischen den Strömungspfaden des Oxidators und des Brennstoffes bildet. In dem Falle, dass eine

Frischgaskomponente (Brennstoff oder Oxidator) durch die Bypassöffnung strömt, dient die Bypassöffnung einer teilweisen Zusammenführung der Frischgase stromauf der Brennstoffmündung. Die getrennten Strömungsabschnitte der Strömungspfade sind dann stromauf der Bypassöffnung gelegen. Die vollständige Zusammenführung von Brennstoff und Oxidator erfolgt vorzugsweise weiterhin stromab der Brennstoffmündung. Es hat sich gezeigt, dass durch eine derartige Anordnung der Bypassöffnung, stromauf der Brennstoffmündung, vorteilhaft der Massen- bzw. Volumenstrom, der durch die Brennstoffmündung strömt, zwischen dem hochkalorischen und dem niederkalorischen Auslegungspunkt zumindest teilweise ausgeglichen werden kann. Auf diese Weise können vorteilhaft in dem nieder- und dem hochkalorischen Auslegungspunkt ähnliche Geschwindigkeiten an der Brennstoffmündung erreicht werden, die beispielsweise um weniger als den Faktor 2, insbesondere um weniger als 1,5, vorzugsweise um weniger als 1,2 voneinander abweichen. So können vorteilhaft in den beiden Auslegungspunkten ähnliche Einströmungs- und Einmischungscharakteristika erreicht werden, die eine Voraussetzung für einen stabilen, effizienten und emissionsarmen Betrieb bilden.

[0024] Vorzugsweise ist der Strömungsquerschnitt der Brennstoffmündung derart ausgelegt, dass in dem niederkalorischen Auslegungspunkt oder in dem hochkalorischen Auslegungspunkt die Geschwindigkeit an der Brennstoffmündung zwischen +/- 50 %, vorzugsweise zwischen +/- 20 % der Geschwindigkeit des Frischgasgemisches an dem Austritt in den Brennraum beträgt, wobei der durch die Bypassöffnung strömende Anteil (zumindest im Wesentlichen) gleich null beträgt. In dem entsprechenden Auslegungspunkt ist dann ein Betrieb möglich, bei dem, wie aus dem Stand der Technik bekannt, die Brennstoff- und Oxidatorströme getrennt bis an die Brennstoffmündung heranströmen und dort (vollständig) zusammengeführt werden. Dies ermöglicht vorteilhaft eine einfache Auslegung, ausgehend von einer (z. B. aus dem Stand der Technik bekannten) Konfiguration ohne Bypassöffnung. Der Strömungsabschnitt mit der Bypassöffnung ist derart ausgelegt (ausgebildet und/oder angeordnet), dass mit einem anderen Brennstoff (der einen anderen Heizwert aufweist) ein Anteil an Brennstoff oder Oxidator durch die Bypassöffnung und jeweils in den Strömungspfad mit der anderen Frischgaskomponente strömen kann. Unterschiede in den Brennstoffvolumenströmen lassen sich ausgleichen, zumindest derart, dass die Geschwindigkeit an der Brennstofföffnung wie vorstehend angegeben in einem ähnlichen Bereich bleibt. Die Auslegung erfolgt üblicherweise mithilfe computergestützter Strömungssimulation.

[0025] Beispielsweise ergibt sich folgende vorteilhafte Verfahrensführung bei einer Auslegung ausgehend von dem niederkalorischen Auslegungspunkt, wobei zweckmäßigerweise die Brennstoffmündung einen Strömungsquerschnitt entsprechend dem Brennstoffkanal aufweist: In dem niederkalorischen Auslegungspunkt,

mit dem hohen Brennstoffmassen- bzw. -volumenstrom, strömen Brennstoff und Oxidator getrennt bis an die Brennstoffmündung und werden dort vollständig zusammengeführt. Die Druckverhältnisse in dem Oxidator- und Brennstoffkanal sind in dem niederkalorischen Auslegungspunkt ähnlich, sodass der durch die Bypassöffnung strömende Anteil an Frischgas, hierbei Oxidator, (im Wesentlichen) null beträgt. In dem hochkalorischen Auslegungspunkt, mit dem niedrigen Brennstoffmassen- bzw. -volumenstrom, ergibt sich dann in dem Brennstoffkanal ein geringerer Druckverlust als in dem Oxidatorkanal. Dadurch ergibt sich eine Druckdifferenz zwischen dem Oxidator- und dem Brennstoffkanal. Die Druckdifferenz bewirkt eine Strömung von Oxidator in den Brennstoffkanal durch die Bypassöffnung derart, dass sich die Druckverhältnisse ausgleichen. Durch diesen Oxidatoranteil wird der Massen- bzw. Volumenstrom in dem Brennstoffkanal stromab der Bypassöffnung erhöht, während der Oxidatorstrom verringert wird. Der weitere Strömungsabschnitt mit der Bypassöffnung, insbesondere dessen Winkel und Strömungsquerschnitt, sind derart ausgelegt, dass sich der durch die Bypassöffnung strömende Anteil an Oxidator derart ergibt, dass die Geschwindigkeit an der Brennstoffmündung verglichen mit dem niederkalorischen Auslegungspunkt (wie vorstehend angegeben) ähnlich ist, verbunden mit den vorstehend angegebenen Vorteilen. Insbesondere ist der Gesamtströmungsquerschnitt der Bypassöffnung und/oder des weiteren Strömungsabschnitts geringer als der kleinste Strömungsquerschnitt in dem Brennstoffkanal (mit der Brennstoffmündung), mit z. B. zwischen 10 und 70 % bzgl. dem kleinsten Querschnitt. Der Anteil an Oxidator kann sich beispielsweise derart ergeben, dass der Oxidatormassenstrom durch den Bypasskanal bis zu dem 5-fachen des Brennstoffmassenstroms entspricht. Es hat sich gezeigt, dass sich bei Brennstoffzusammensetzungen mit einem Heizwert bzw. Wobbe-Index zwischen dem des nieder- und des hochkalorischen Brennstoffes ein entsprechend geringerer Anteil einstellt, der zu den ähnlichen Geschwindigkeiten führt.

[0026] Bei einer Auslegung ausgehend von dem hochkalorischen Auslegungspunkt ergibt sich beispielsweise folgende vorteilhafte Verfahrensführung, wobei zweckmäßigerweise die Brennstoffmündung einen reduzierten Strömungsquerschnitt der Brennstoffmündung gegenüber dem Brennstoffkanal aufweist: In dem hochkalorischen Auslegungspunkt, mit dem niedrigen Brennstoffmassen- bzw. -volumenstrom, strömen Brennstoff und Oxidator getrennt bis an die Brennstoffmündung und werden dort vollständig zusammengeführt. Die Druckverhältnisse in dem Oxidator- und Brennstoffkanal sind in dem hochkalorischen Auslegungspunkt ähnlich. Zudem ergibt sich aufgrund der Umströmung des Brennstoffkanals durch Oxidator eine aerodynamische Versperrung des weiteren Strömungsabschnitts mit der Bypassöffnung. Dadurch beträgt der durch die Bypassöffnung strömende Anteil an Frischgas, hierbei Brennstoff, (im Wesentlichen) null. In dem niederkalorischen Ausle-

gungspunkt, mit dem hohen Brennstoffmassen- bzw. -volumenstrom, ergibt sich in dem Brennstoffkanal ein höherer Druckverlust als in dem Oxidatorkanal, insbesondere aufgrund des reduzierten Strömungsquerschnitts der Brennstoffmündung. Dadurch ergibt sich eine Druckdifferenz zwischen dem Oxidator- und dem Brennstoffkanal, die eine Strömung von Brennstoff in den Oxidatorkanal durch die Bypassöffnung bewirkt, derart, dass sich die Druckverhältnisse ausgleichen. Durch den abströmenden Brennstoffanteil wird der Massen- bzw. Volumenstrom in dem Brennstoffkanal stromab der Bypassöffnung reduziert, während der Volumenstrom in dem Oxidatorkanal erhöht wird. Der weitere Strömungsabschnitt mit der Bypassöffnung, insbesondere dessen Winkel und Strömungsquerschnitt, sind derart ausgelegt, dass sich der durch die Bypassöffnung strömende Anteil an Brennstoff derart ergibt, dass die Geschwindigkeit an der Brennstoffmündung verglichen mit dem hochkalorischen Auslegungspunkt ähnlich (wie vorstehend angegeben) ist. Insbesondere ist der Gesamtströmungsquerschnitt der Bypassöffnung und/oder des weiteren Strömungsabschnitts geringer als der kleinste Strömungsquerschnitt in dem Brennstoffkanal. Der Anteil kann beispielsweise zwischen 30 % und 90 % des gesamten Brennstoffmassenstroms betragen. Es hat sich gezeigt, dass sich bei Brennstoffzusammensetzungen mit einem Heizwert zwischen dem des nieder- und des hochkalorischen Brennstoffes ein entsprechend geringerer Anteil einstellt, der zu den ähnlichen Geschwindigkeiten führt.

[0027] Wenn mehrere Strömungsabschnitte vorhanden sind, die insbesondere symmetrisch zueinander, z. B. drehsymmetrisch um die Mittelachse und axial auf gleicher Höhe, angeordnet sind, lässt sich eine symmetrische Einbringung der einen Frischgaskomponente in die andere Frischgaskomponente erreichen. Dies ist einer gleichmäßigen Einmischung zuträglich, die wiederum eine emissionsarme Verbrennung unterstützt.

[0028] Vorzugsweise ist die Bypassöffnung axial innerhalb (bzw. bezüglich) des Oxidatorkanals stromab eines Einströmabschnitts des Oxidatorkanals angeordnet, der vorzugsweise eine derartige axiale Länge aufweist, dass Einlaufeffekte der Oxidatorströmung bei Einströmung in den Oxidatorkanal, insbesondere lokale Strömungsablösungen, an der Bypassöffnung im Wesentlichen abgeklungen sind. "Im Wesentlichen" heißt hierbei, dass die Einströmung in die bzw. aus der Bypassöffnung nicht wesentlich durch instationäre Strömungsphänomene beeinflusst wird. Weiterhin wird durch eine Anordnung in dem Oxidatorkanal vorteilhaft das Risiko einer Rückströmung von Brennstoff in einen Oxidator-Verteilerraum verringert, wie sie beispielsweise bei einer kurzzeitigen Strömungsumkehr in instationären Zuständen (beispielsweise Zündvorgängen etc.) auftreten könnte. Beispielsweise kann die Länge des Einströmabschnitts mindestens dem Durchmesser der Bypassöffnung entsprechen.

[0029] Vorzugsweise ist die Bypassöffnung axial innerhalb (bzw. bezüglich) des Oxidatorkanals stromauf

eines Ausströmabschnitts des Endabschnittes (des Brennstoffkanals) angeordnet, der vorzugsweise eine derartige axiale Länge aufweist, dass Einlaufeffekte bei Einströmung der einen Frischgaskomponente durch die Bypassöffnung bis zu der Brennstoffmündung im Wesentlichen abgeklungen sind. "Im Wesentlichen" heißt hierbei, dass die Strömung aus der Brennstoffmündung nicht wesentlich durch instationäre Strömungsphänomene beeinflusst wird. So lässt sich in dem stromab gelegenen Mischraum eine gleichmäßige, stabile Einmischung des (gegebenenfalls restlichen) Brennstoffes in den Oxidator erreichen. Die Länge des Ausströmabschnitts kann beispielsweise mindestens 0,5-mal den Innendurchmesser des Brennstoffkanals betragen. Die Länge des Einström- und/oder des Ausströmabschnitts ist insbesondere mithilfe computergestützter Strömungssimulation auslegbar.

[0030] Die gewünschte Strömungsführung mit dem gewünschten, durch die Bypassöffnung strömenden Anteil kann dadurch unterstützt werden, dass der weitere Strömungsabschnitt einen Bypasskanal in der Wandung umfasst, der radial-axial in einem Winkel bezüglich der Mittelachse (des Brennstoffkanals) verläuft. Der Bypasskanal mündet stromab in die Bypassöffnung. Auf diese Weise wird vorteilhaft eine Strömungsrichtung der einen Frischgaskomponente in die andere, die nicht der Auslegung entspricht, erschwert.

[0031] Dabei kann es in einer Ausbildungsvariante vorteilhaft sein, dass der Winkel zwischen 0° und 90°, insbesondere zwischen 10° und 60°, z. B. zwischen 15° und 45° beträgt. Der Winkel bemisst sich zwischen der Bypasskanal-Längsachse und der Mittelachse (bezüglich des stromauf weisenden Schenkels der Mittelachse). Diese Ausbildung unterstützt eine (gegebenenfalls optionale) Strömung des Oxidators in den Brennstoffkanal und erschwert eine Strömung von Brennstoff nach außen in den Oxidator. Diese Ausbildung des Bypasskanals ist beispielsweise zweckmäßig in Kombination mit einem Strömungsquerschnitt der Brennstoffmündung entsprechend dem Brennstoffkanal, was eine vorteilhafte Auslegung ausgehend von dem niederkalorischen Auslegungspunkt erlaubt.

[0032] In einer alternativen Ausbildungsvariante kann es vorteilhaft sein, dass der Winkel zwischen 90° und 180°, insbesondere zwischen 110° und 170°, z. B. zwischen 130° und 165° beträgt. Diese Ausbildung unterstützt eine (je nach Auslegung optionale) Strömung des Brennstoffes in den Oxidatorkanal und erschwert eine Strömung von Oxidator in den Brennstoffkanal. Diese Ausbildung des Bypasskanals ist beispielsweise zweckmäßig in Kombination mit einem reduzierten Strömungsquerschnitt der Brennstoffmündung gegenüber dem Brennstoffkanal, was eine vorteilhafte Auslegung ausgehend von dem hochkalorischen Auslegungspunkt erlaubt.

[0033] Vorzugsweise umfasst der Oxidatorkanal in seinem axialen Verlauf einen ersten Abschnitt und stromab des ersten Abschnitts einen zweiten Abschnitt, wobei

zwischen den beiden Abschnitten eine Querschnittsreduktion angeordnet ist. Dabei ist die Brennstoffmündung axial an der, innerhalb der oder stromab der Querschnittsreduktion angeordnet. Die Querschnittsreduktion kann beispielsweise als Sprung, konisch oder kontinuierlich ausgebildet sein. Durch diese Anordnung der Brennstoffmündung erfolgt die (vollständige) Zugabe des Brennstoffes in die unmittelbar stromab beschleunigte Strömung oder in die bereits beschleunigte Strömung. Dies wirkt vorteilhafterweise einer (ungewollten) Flammenstabilisierung an der Brennstoffmündung entgegen.

[0034] In einer weiteren bevorzugten Ausbildungsvariante umfasst die Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung einen (ggf. weiteren) Mischraum, der zentral auf der Längsachse angeordnet und symmetrisch zu dieser ausgebildet ist. Der Mischraum ist bodenseitig durch eine, z. B. senkrecht zu der Längsachse L ausgerichtete, Bodenwandung und umfangsseitig von einer Wand begrenzt und z. B. zylindrisch ausgebildet. Stromab mündet der Mischraum mit einem Austritt in den Brennraum. Die Frischgaskomponenten sind dem Mischraum derart zuführbar, dass eine Drall- (bzw. Rotations-) strömung, mit tangentialer Richtungskomponente, erzeugt wird. Die Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung umfasst somit eine Drallbrenneranordnung. Die Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung kann einem einstufigen Brennersystem zugeordnet sein oder einem mehrstufigen, insbesondere einem 2-stufigen, wobei die Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung insbesondere einer Pilotstufe zugeordnet sein kann. Vorteilhaft ist insbesondere eine Kombination mit mehreren Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnungen gemäß einer der vorstehenden Ausbildungsvarianten, insbesondere als Hauptstufe. Der Querschnitt des Mischraums senkrecht zur Längsachse ist vorzugsweise kleiner als der des Brennraums. Die Länge des Mischraums in axialer Richtung ist zumindest so groß, dass umfangsseitig Frischgasmündungen eingebracht sein können und vorzugsweise, dass sich bis an den Austritt eine zumindest teilweise Vormischung der Frischgaskomponenten ergibt. Der Mischraum kann, ebenso wie die Brennkammer (insbesondere bei Zuordnung zu einer Pilotstufe), beispielsweise in einen Brennerkopfkörper eingebracht sein.

[0035] Vorzugsweise weist die Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung zumindest einen Oxidatorkanal auf, der in den Mischraum umfangsseitig mündet und der mit einer tangentialen (und gegebenenfalls einer radialen) Richtungskomponente bezüglich der Längsachse ausgerichtet ist, wobei der Oxidatorkanal dem getrennten Strömungsabschnitt des Oxidators zugeordnet ist. Der Oxidatorkanal bildet beispielsweise eine Strömungsverbindung zwischen dem Luft-Verteilerraum und dem Mischraum. Für eine gleichmäßige, symmetrische Einbringung in den Mischraum sind vorzugsweise mehrere Oxidatorkanäle, beispielsweise drei, vorhanden, die insbesondere drehsymmetrisch um die Längsachse angeordnet sind. Bei Vorhandensein mehrerer Oxidatorkanäle

le verlaufen und münden diese beispielsweise axial auf gleicher Höhe, in einer Ebene senkrecht zu der Längsachse liegend. So lässt sich der Oxidatorströmung effektiv eine Rotationsbewegung zur Drallerzeugung aufprägen.

[0036] In einer vorteilhaften Ausgestaltungsvariante ist der Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung ein Verteilerbereich für Brennstoff zugeordnet, der insbesondere symmetrisch zu der, z. B. zentral auf der Längsachse (bzw. der Längsachse und/oder Symmetrieachse des Mischraums) und/oder angrenzend an die Rückseite der Bodenwandung angeordnet ist. Beispielsweise ist der Verteilerbereich in einem Brennerkopfkörper angeordnet. Insbesondere ist die Querschnittsfläche (senkrecht zur Längsachse) des Verteilerbereichs radial gleich oder größer als die des Mischraums. So lässt sich eine effektive Kühlung der Bodenseite des Mischraums durch den einströmenden Brennstoff erreichen. Insbesondere in Verbindung mit einer zentral auf der Längsachse angeordneten Brennstoffzufuhr, die den Brennstoff z. B. senkrecht zu der Bodenwandung in den Verteilerbereich einbringt, kann der Brennstoff auf die Bodenwandung prallen und so eine effektive Prallkühlung bewirken.

[0037] Ein vorteilhafter Betrieb insbesondere mit niederkalorischem Brennstoff wird dadurch erreicht, dass die erste Zuführöffnung durch zumindest eine erste Brennstoffmündung gebildet ist, die umfangsseitig in den Mischraum mündet und die das stromabgelegene Ende eines ersten Brennstoffkanals bildet, wobei der Brennstoffkanal mit einem Endabschnitt mit einer tangentialen (und gegebenenfalls radialen) Richtungskomponente bezüglich der Längsachse verläuft. Vorzugsweise ist der Endabschnitt des Brennstoffkanals zu dem Oxidatorkanal gleichgerichtet, d. h. mit entsprechender tangentialer und gegebenenfalls radialer Richtungskomponente. Auf diese Weise kann der Brennstoffstrom vorteilhaft zur Erzeugung der Drallströmung beitragen, was zu einem vergleichsweise geringen Druckverlust führt. Der Brennstoffkanal bildet vorzugsweise eine Strömungsverbindung zwischen dem Verteilerbereich und dem Mischraum. Stromauf des Endabschnittes ist der Brennstoffkanal beispielsweise zur Strömungsverbindung mit dem Verteilerbereich axial ausgerichtet.

[0038] Vorzugsweise sind, insbesondere bei Vorhandensein mehrerer Oxidator- bzw. Brennstoffkanäle, eine Oxidatormündung des Oxidatorkanals und die erste Brennstoffmündung axial versetzt zueinander angeordnet, wobei die axiale Unterkante der Oxidatormündung stromauf der axialen Unterkante der Brennstoffmündung angeordnet ist. Die Unterkante der Oxidatormündung kann dabei beispielsweise bodenbündig mit der Bodenwandung sein. Auf diese Weise kann der Brennstoffstrom durch die drallbehafte Oxidatorströmung mitgerissen werden. Im Falle einer Flammenstabilisierung in dem Mischraum bleibt ein gewisser Abstand zu der Bodenwandung bestehen, und insbesondere wird durch die zwischenliegende Luftströmung die thermische Belastung der Bodenwandung reduziert. Als vor-

teilhafte Anzahl an Oxidator- und Brennstoffkanälen haben sich jeweils drei Kanäle herausgestellt, die umfangsseitig abwechselnd in den Mischraum münden und dreh-symmetrisch zu der Längsachse, jeweils versetzt um 60°, angeordnet sind. Dadurch lässt sich eine gute Einmischung der Frischgase ineinander bei effektiver Drallerzeugung bewirken.

[0039] Vorzugsweise ist der Gesamtströmungsquerschnitt der ersten Brennstoffmündung derart ausgelegt, dass die Einströmgeschwindigkeit des Brennstoffes in den Mischraum in dem niederkalorischen Auslegungspunkt zwischen 10 % und 120 %, insbesondere zwischen 15 % und 80 % der Geschwindigkeit des Oxidators an der Oxidatormündung beträgt. Die Geschwindigkeit des Oxidators ist derart, dass eine ausreichende Drallerzeugung für eine Flammenstabilisierung erreicht wird und kann beispielsweise zwischen 50 m/s und 120 m/s betragen. Der Gesamtströmungsquerschnitt ergibt sich aus der Summe der Strömungsquerschnitte bestimmter Strömungsabschnitte bzw. Mündungen, hier der vorhandenen ersten Brennstoffmündungen. So kann vorteilhaft der Impuls des hohen Brennstoffmassen- bzw. -volumenstroms effektiv zur Drallerzeugung beitragen. Zudem wird vermieden, dass die Rotationsbewegung der Oxidatorströmung durch den hohen Brennstoffstrom abgebremst wird, was die Flammenstabilisierung beeinträchtigen könnte.

[0040] Vorzugsweise ist die weitere Zuführöffnung durch eine zweite Brennstoffmündung in den Mischraum gebildet und der weitere Strömungsabschnitt umfasst einen zweiten Brennstoffkanal, der mit einer axialen Richtungskomponente, z. B. parallel, zu der Längsachse ausgerichtet ist. Vorzugsweise können für eine gleichmäßige Einbringung von Brennstoff mehrere zweite Brennstoffmündungen und -kanäle vorhanden sein. Der Gesamtströmungsquerschnitt der zweiten Brennstoffmündung ist vorzugsweise derart, dass die Geschwindigkeit in dem hochkalorischen Auslegungspunkt z. B. zwischen 30 % und 80 % der Geschwindigkeit des Oxidators an der Oxidatormündung beträgt. Insbesondere ist der Gesamtströmungsquerschnitt der zweiten Brennstoffmündung und/oder des zweiten Brennstoffkanals geringer als der (Gesamt-) Strömungsquerschnitt des ersten Brennstoffkanals, und beträgt z. B. zwischen 4 % und 40 % des Gesamtströmungsquerschnitts des ersten Brennstoffkanals. Zusätzlich können die Kanäle eine radiale Richtungskomponente aufweisen. Die Kanäle können, ebenso wie der Brennstoff- und der Oxidator kanal, z. B. durch eine im Querschnitt kreisförmige Bohrung gebildet sein. So können vorteilhaft mehrere, parallel von Brennstoff durchströmbare, getrennte Strömungsabschnitte bereitgestellt werden, die je nach Heizwert des Brennstoffes mit unterschiedlichen Anteilen des Brennstoffes durchströmt werden. Auf diese Weise wird ein Betrieb mit sowohl hoch-, mittel- als auch niederkalorischen Brennstoffen ermöglicht, wobei jeweils eine gute Einmischung der Brennstoffe und eine stabile Verbrennung erreichbar sind.

[0041] Vorzugsweise ist die zweite Brennstoffmündung in dem Mischraum an einem Ort angeordnet, an dem in einem hochkalorischen Auslegungspunkt (oder mit reiner Oxidatorströmung) ein geringerer Druck herrscht als an einem Ort der ersten Brennstoffmündung. Der Ort kann, insbesondere bei Vorhandensein mehrerer (erster und/oder zweiter) Brennstoffmündungen, auch ein Bereich sein. Der Druck kann beispielsweise zwischen 0,1 % und 2 % niedriger sein als an dem Ort der ersten Brennstoffmündung. Auf diese Weise lässt sich vorteilhaft aerodynamisch eine Aufteilung des Brennstoffstromes erreichen, die sich mit Änderung des Heizwertes derart ändert, dass für unterschiedliche Brennstoffqualitäten eine gute Einmischung und eine ausreichende Drallerzeugung für eine stabile Verbrennung erreichbar ist: In dem hochkalorischen Auslegungspunkt strömt (nahezu) der gesamte Brennstoffstrom (ein Anteil von ca. 100 %) über den (bzw. die) zweiten Brennstoffkanal (bzw. Brennstoffkanäle) in den Mischraum. Dies wird durch die Druckdifferenz bewirkt, die über den zweiten Brennstoffkanal größer ist als über den ersten Brennstoffkanal, sowie durch eine aerodynamische Versperrwirkung der drallbehafteten Oxidatorströmung bezüglich der ersten Brennstoffmündungen. Die aerodynamischen Verhältnisse verhindern weitgehend eine Strömung des hochkalorischen Brennstoffes über den/die ersten Brennstoffkanal/Brennstoffkanäle, der sich aufgrund des geringen Impulses des hochkalorischen Brennstoffes nicht ausreichend in die Oxidatordrallströmung einmischen würde. Der vergleichsweise niedrige axiale Massenstrom des hochkalorischen Brennstoffes kann über die Rotationsbewegung der Luft beschleunigt und mitgerissen werden, so dass eine stabile Verbrennung erreichbar ist. Der Gesamtströmungsquerschnitt (Summe der Strömungsquerschnitte) der zweiten Brennstoffkanäle ist wesentlich geringer als der Gesamtströmungsquerschnitt der ersten Brennstoffkanäle. Der Gesamtströmungsquerschnitt ist derart geringer, dass sich in dem niederkalorischen Auslegungspunkt, mit dem hohen Brennstoffmassen- bzw. -volumenstrom (kurz Brennstoffstrom) ein Druckverlust ergeben würde, der höher ist als die Druckdifferenz aufgrund der Anordnung der zweiten Brennstoffmündungen. Dadurch strömt ein Anteil (beispielsweise mehr als 30 %, insbesondere mehr als 50 %) des Brennstoffes über den/die ersten Brennstoffkanal/Brennstoffkanäle, der restliche Anteil strömt über den/die zweiten Brennstoffkanal/ Brennstoffkanäle. Auf diese Weise unterstützt der hohe Brennstoffstrom in dem niederkalorischen Auslegungspunkt die Rotationsbewegung. Würde der gesamte Brennstoffstrom in dem niederkalorischen Auslegungspunkt über axiale Brennstoffkanäle eingebracht, würde der Drehimpuls der Luft nicht ausreichen, um die Rotationsbewegung soweit aufrecht zu halten, dass eine stabile Verbrennung erreicht würde.

[0042] In einer besonders einfach zu fertigenden Ausbildungsvariante bildet der zweite Brennstoffkanal eine Strömungsverbindung zwischen dem Verteilerbereich

und dem Mischraum und verläuft durch die Bodenwandung, wobei insbesondere die zweite Brennstoffmündung axial auf Höhe der mischraumseitigen Fläche der Bodenwandung positioniert ist. Z. B. ist die zweite Brennstoffmündung radial versetzt von der Mittelachse, beispielsweise zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{3}{4}$ des Durchmessers des Mischraums angeordnet. Dies ist insbesondere bei Vorhandensein mehrerer Brennstoffmündungen vorteilhaft, die vorzugsweise symmetrisch um die Mittelachse angeordnet sind. Bei nur einer Brennstoffmündung kann diese auf der Mittelachse angeordnet sein.

[0043] Ein vorteilhaftes Brennersystem, das einen stabilen Betrieb über einen weiten Betriebsbereich mit hoch-, mittel- und niederkalorischen Brennstoffen erlaubt, ergibt sich, wenn zumindest zwei Oxidator-/Brennstoffanordnungen vorhanden sind, wobei eine, vorzugsweise mehrere, zur Flammenstabilisierung nach Art eines rezirkulationsstabilisierten Strahlflammenbrenners (vorzugsweise als Hauptstufe) und eine zur Flammenstabilisierung über eine Drallströmung (vorzugsweise als Pilotstufe) ausgebildet ist. Vorzugsweise werden die Oxidatorkanäle über einen gemeinsamen Oxidator-Verteilerraum gespeist, während den Brennstoffkanälen getrennte Verteilerbereiche zugeordnet sind.

[0044] Für das Verfahren wird die Aufgabe mit den Merkmalen des Anspruchs 20 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsvarianten des Verfahrens entsprechen sinngemäß den Varianten, die in Zusammenhang mit dem Brennersystem beschrieben wurden.

[0045] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Brennersystem einer Gasturbinenanordnung zum Betrieb mit nieder-, mittel- und hochkalorischen Brennstoffen mit zwei erfindungsgemäßen Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnungen in einem Längsschnitt,

Fig. 2 A-C schematische Darstellungen eines Teils der Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung zur axialen Oxidatorzufuhr in eine Brennkammer gemäß Fig. 1, ohne Strömungsführung und mit angedeuteter Strömungsführung in zwei unterschiedlichen Betriebspunkten, im Längsschnitt,

Fig. 3 A-C schematische Darstellungen eines Teils einer weiteren Variante einer Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung zur axialen Oxidatorzufuhr in eine Brennkammer, ohne Strömungsführung und mit angedeuteter Strömungsführung in zwei unterschiedlichen Betriebspunkten, im Längsschnitt,

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines

Brennerkopfes des Brennersystems nach Fig. 1 mit den beiden Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnungen in Ansicht von vorne, aus Richtung einer Brennkammer,

Fig. 5

einen Teil des Brennerkopfes gemäß Fig. 4 mit einer Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung zur Drallerzeugung in einer perspektivischen Schnittdarstellung durch Oxidator- und Brennstoffkanäle und

Fig. 6 A, B

schematische Darstellungen eines Teils der Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung gemäß Fig. 5, im Betrieb bei zwei unterschiedlichen Betriebspunkten, im Längsschnitt.

[0046] Fig. 1 zeigt ein Brennersystem 1 einer Gasturbinenanordnung, insbesondere einer Mikrogasturbinenanordnung, zum Betrieb mit nieder-, mittel- und hochkalorischen Brennstoffen in einem Längsschnitt. In dem Brennersystem 1 werden im Betrieb Oxidator und Brennstoff zur Bildung von Heißgas als Arbeitsmedium für die Gasturbinenanordnung verbrannt. Der Oxidator wird in der Regel durch Luft gebildet, die auch weitere Bestandteile enthalten kann, z. B. extern rezirkuliertes Abgas oder thermisch verwertbare Kohlenwasserstoffe. Auch sauerstoffhaltiges Abgas ist möglich. Nachfolgend wird die Bezeichnung "Luft" synonym zu dem allgemeineren Ausdruck "Oxidator" verwendet.

[0047] Das Brennersystem 1 erstreckt sich entlang einer Längsachse L, die hier beispielhaft die Symmetrieachse darstellt. Wie in Fig. 1 angedeutet, ist das Brennersystem 1 mit einer Brennkammer 6 in ein Druckgehäuse, genauer in einen von einer Druckgehäusewand 10 umgebenen Druckgehäuseraum 12, einer Gasturbinenanordnung eingebaut. Das Druckgehäuse ist z. B. druckdicht an ein Turbinengehäuse angeschlossen (hier nicht gezeigt).

[0048] Die Brennkammer 6 umfasst einen sich längs der Längsachse L erstreckenden Brennraum 24, der von einer Umfangswandung 20 umgrenzt ist. Die Umfangswandung 20 ist vorliegend beispielhaft zylindrisch ausgebildet, was für einen symmetrischen, gleichmäßigen und damit emissionsarmen Verbrennungsprozess vorteilhaft ist. An dem stromabseitigen Ende des Brennraums 24 endet die Umfangswandung 20 in einer Austrittsöffnung 22, über die die Brennkammer 6 an eine Abgasleitung 8 der Gasturbinenanordnung angeschlossen ist.

[0049] In der Umfangswandung 20 sind umlaufend Mischluftöffnungen 18 eingebracht, die axial derart in der Umfangswandung 20 angeordnet sind, dass sie im Betrieb stromab einer Verbrennungszone gelegen sind.

[0050] Die Umfangswandung 20 verläuft koaxial zu einer Außenwandung 14 der Brennkammer 6, die um die Umfangswandung 20 unter Bildung eines umlaufenden, hier kreisringartigen, Spaltes angeordnet ist. Der Spalt

bildet einen Zubringerkanal 16 zur gegenstromartigen Zuführung von Luft in einen Luft-Verteilerraum 30 eines Brennerkopfes 4. Auch eine andere Ausbildung der Luftzuführung ist möglich.

[0051] Stromaufseitig an der Brennkammer 6 ist der Brennerkopf 4 des Brennersystems 1 angeordnet. Der Brennerkopf 4 umfasst eine Trägerplatte 32, in die ein Verteilerbereich 38 für den Brennstoff der Hauptstufe integriert ist. Der Verteilerbereich 38 ist hier beispielhaft als Ringplenum ringförmig umlaufend um die Längsachse L ausgebildet und wird von einer Brennstoffzufuhr 34 gespeist. Die Trägerplatte 32 bildet einen stirnseitigen Abschluss des Druckgehäuseraums 12 und ist über Befestigungsvorrichtungen 31 zum druckdichten Verschließen des Druckgehäuseraums 12 mit der Druckgehäusewand 10 verbunden. Zwischen der Trägerplatte 32 und dem Druckgehäuseraum 12 bzw. der Brennkammer 6 ist ein flächiges Isolationsmittel 33 des Brennerkopfes 4 zur Wärmeisolation angeordnet.

[0052] Der Brennerkopf 4 umfasst hier beispielhaft getrennte Luft-/Brennstoffzufuhranordnungen 50, 60. Die Luft-/Brennstoffzufuhranordnungen 50 sind einer Hauptstufe des Brennersystems 1 zugeordnet und dienen der Zugabe der Frischgaskomponenten Luft und Brennstoff in die Brennkammer 24. Die Luft-/Brennstoffzufuhranordnungen 50, vorliegend beispielhaft zehn an der Zahl, sind äquidistant auf einem gedachten Kreisring zur Bildung eines Düsenrings angeordnet. Diese Anordnung trägt vorteilhaft zu einer geringen axialen Ausdehnung der Verbrennungszone bei.

[0053] Die Luft-/Brennstoffzufuhranordnung 60 ist einer (stabilisierenden) Pilotstufe des Brennersystems 1 zugeordnet und dient der Zufuhr der Frischgaskomponenten Luft und Brennstoff in einen zweiten (Pilot-)Brennraum 26. Der zweite Brennraum 26 ist stromauf des Brennraums 24 angeordnet und mündet in den Brennraum 24 mit einer Öffnung 28, wobei er vorliegend auf der Längsachse L und zu dieser symmetrisch, insbesondere zylindrisch, ausgebildet ist. Die Luft-/Brennstoffanordnungen 50 sind mit Luftkanälen 504 umlaufend um den zweiten Brennraum 26 angeordnet. Die Luftkanäle 504 und der Brennraum 26 sind hier beispielhaft in einen Brennerkopfkörper 25 aus Vollmaterial eingearbeitet. Möglich ist auch eine andere Ausgestaltung, beispielsweise mit (dünneren) Wandungen. In stationären Betriebspunkten wird in der Regel der größere Luft- und Brennstoffmassenstrom über die Hauptstufe geführt.

[0054] Ein Brennstoffzuleitungssystem 2 des Brennersystems 1 dient zur getrennten Zuleitung von Brennstoffen für die Haupt- und Pilotstufe in den Verteilerbereich 38 der Hauptstufe, über die Brennstoffzufuhr 34, und in einen zweiten Verteilerbereich 40 der Pilotstufe über eine zweite Brennstoffzufuhr 36. Die Brennstoffmassenströme sind vorzugsweise getrennt Steuer- bzw. regelbar, wobei auch unterschiedliche Brennstoffe verwendbar sind.

[0055] Die ersten Luft-/Brennstoffzufuhranordnungen 50 sind dazu ausgebildet, die Frischgaskomponenten

Luft und Brennstoff axial, parallel zu der Längsachse L, mit hohem Impuls zur Ausbildung einer großräumigen Rezirkulationsströmung in den Brennraum 24 einzubringen. Dazu weisen die Luft-/Brennstoffzufuhranordnungen 50 die Luftkanäle 504 auf, die kreisringförmig zur Bildung des Düsenrings angeordnet sind. Die Luftkanäle 504 münden jeweils mit einem Austritt 512 in den Brennraum 24 und sind in Längsrichtung entlang einer parallel zu der Längsachse L verlaufenden Mittelachse M ausgerichtet. Mit den stromaufgelegenen Enden stehen die Luftkanäle 504 in Strömungsverbindung mit dem Luft-Verteilerraum 30, der vorliegend ein Luftplenum bildet und von welchem sie mit Luft gespeist werden.

[0056] Wie genauer aus Figur 2A ersichtlich, weisen die Luftkanäle 504 jeweils einen stromauf angeordneten ersten Abschnitt 520 und einen stromab angeordneten zweiten Abschnitt 522 auf, der gegenüber dem ersten Abschnitt 520 zur Beschleunigung der Strömung im Querschnitt reduziert ist. Die Abschnitte 520, 522 sind jeweils insbesondere zylindrisch ausgebildet, wobei auch eine andere Querschnittsform denkbar ist. Die Querschnittsreduktion zwischen den beiden Abschnitten 520, 522 kann z. B. als Querschnittssprung, konisch oder kontinuierlich ausgebildet sein.

[0057] Jeweils in die Luftkanäle 504 hineinragend weisen die Luft-/Brennstoffzufuhranordnungen 50 Brennstoffkanäle 502 auf. Die Brennstoffkanäle 502 sind jeweils von einer Wandung 501 umgrenzt und in Längsrichtung auf der Mittelachse M angeordnet. Die Brennstoffkanäle 502 bilden eine Strömungsverbindung von dem Verteilerbereich 38 für Brennstoff, wobei sie von diesem ausgehend durch das Isolationsmittel 33 und den Luft-Verteilerraum 30 verlaufen und jeweils mit Endabschnitten 503 innerhalb der Luftkanäle 504 zu diesen koaxial angeordnet sind. Mit Brennstoffmündungen 510 münden die Brennstoffkanäle 502 in den Luftkanälen 504 zur koaxialen Zugabe von Brennstoff in die Luft. Die Brennstoffmündungen 510 sind axial unmittelbar zu Beginn, innerhalb oder stromab der Querschnittsreduktion positioniert.

[0058] Die Brennstoffmündungen 510 bilden jeweils erste Zuführöffnungen zur Zuführung von Brennstoff in die Luftströmung. Stromauf der Brennstoffmündungen 510 verlaufen die Strömungspfade der Frischgaskomponenten zumindest teilweise in getrennten Strömungsabschnitten. Stromab der Brennstoffmündungen 510 sind in den Luftkanälen 504 Mischräume 508 gebildet, in denen die Strömungspfade von Luft und Brennstoff zusammengeführt sind, d. h. in den Mischräumen ist der gesamte Brennstoffstrom in den Luftstrom eingebracht. Die Mischräume 508 dienen der zumindest teilweisen Vormischung von Brennstoff und Luft stromauf deren Zuführung in die Brennkammer 6 bzw. den Brennraum 24.

[0059] Gemäß einem Kerngedanken der Erfindung umfassen die Luft-/Brennstoffzufuhranordnungen 50 neben den Brennstoffmündungen 510, als erste Zuführöffnungen, weitere Strömungsabschnitte mit weiteren Zuführöffnungen. Die weiteren Strömungsabschnitte sind

hier z.B. von mehreren, z.B. vier, Bypasskanälen 526 gebildet. Die Bypasskanäle 526 sind z. B. drehsymmetrisch umlaufend um die Mittelachse und axial auf gleicher Höhe in die Wandungen 501 der Brennstoffkanäle 502 eingebracht. Sie weisen beispielsweise einen kreisrunden Querschnitt auf.

[0060] Die Bypassöffnungen 528 sind innerhalb des Luftkanals 504 axial stromauf eines Ausströmabschnitts 516 des Endabschnittes 503 des Brennstoffkanals 502 angeordnet. Der Endabschnitt 503 erstreckt sich zwischen den stromabseitigen Kanten der Bypassöffnungen 528 und den Brennstoffmündungen 510. Die Länge des Ausströmabschnitts 516 ist so gewählt, dass Einlaufeffekte bei Einströmung der einen Frischgaskomponente, in dieser Ausführungsvariante insbesondere Luft, in die andere bis zu der Brennstoffmündung 510 zumindest weitgehend abgeklungen sind. Beispielsweise ist an der Brennstoffmündung 510 keine Rezirkulationsströmung mehr vorhanden.

[0061] Weiterhin sind die Bypassöffnungen 528 (mit den stromaufgelegenen Kanten) stromab von Einströmabschnitten 514 innerhalb der Luftkanäle 504 angeordnet. Die Länge der Einströmabschnitte 514 ist derart, dass Einlaufeffekte der Luftströmung bei Einströmung in die Luftkanäle 504, insbesondere z. B. Rezirkulationsgebiete an der Einlauföffnung, bis zu den Bypasskanälen 526 abgeklungen sind. Weiterhin lässt sich so die Wahrscheinlichkeit verringern, dass im Falle einer kurzzeitigen Strömungsumkehr bei einem instationären Manöver Brennstoff in den Luft-Verteilerbereich 30 gelangt. Die Luftkanäle 504 weisen zu diesem Zweck ggf. eine größere Länge auf als aus dem Stand der Technik bekannte rezirkulationsstabilisierte Strahlflammenbrenner.

[0062] In der in Fig. 1 angedeuteten, ersten Ausbildungsvariante, die genauer in den Figuren 2A bis 2C dargestellt ist, sind die Luft-/Brennstoffzufuhranordnungen 50 ausgehend von einem niederkalorischen Auslegungspunkt (einem Auslegungsbetriebspunkt zum Betrieb mit einem niederkalorischen Auslegungsbrennstoff, beispielsweise einem Synthesegas mit einem Heizwert von 5 MJ/kg) ausgelegt. Dabei entsprechen die Strömungsquerschnitte bzw. hier Durchmesser d_3 der Brennstoffmündungen 510, und die Strömungsquerschnitte bzw. Durchmesser d_2 der Brennstoffkanäle 502 einander.

[0063] In den Figuren 3A bis 3C ist eine zweite Ausführungsvariante dargestellt, bei der die Luft-/Brennstoffzufuhranordnungen 50 ausgehend von einem hochkalorischen Auslegungspunkt (einem Auslegungsbetriebspunkt zum Betrieb mit einem hochkalorischen Auslegungsbrennstoff, beispielsweise Erdgas mit einem Heizwert von knapp unter 50 MJ/kg) ausgelegt. Dabei ist der Strömungsquerschnitt an der Brennstoffmündung 510, bzw. hier der Durchmesser d_3 , gegenüber dem Strömungsquerschnitt bzw. dem Durchmesser d_2 des Brennstoffkanals 502 reduziert, um den Brennstoffstrom auf eine gewünschte Geschwindigkeit an der Brennstoff-

mündung 510 zu beschleunigen.

[0064] Die Durchmesser d_3 sind in beiden Ausführungsbeispielen derart ausgelegt, dass die Geschwindigkeiten des (niederkalorischen bzw. hochkalorischen Auslegungs-) Brennstoffes an der Brennstoffmündung 510 ähnlich der Geschwindigkeit des Frischgasgemisches an dem Austritt 512 in den Brennraum 24 ist (beispielsweise zwischen +/- 50 %, insbesondere zwischen +/- 20%). An dem Austritt 512 liegen typische Geschwindigkeiten für einen rezirkulationsstabilisierten Strahlflammenbrenner vor, beispielsweise zwischen 60 m/s und 180 m/s. Durch die ähnlichen Eintrittsgeschwindigkeiten werden Strömungsablösungen und damit verbundene Brennstofffluktuationen an der Brennstoffmündung 510 verhindert und ein stabiler Verbrennungsprozess unterstützt.

[0065] Die Bypasskanäle 526 verlaufen hier beispielhaft radial-axial, in einem Winkel α bezüglich der Mittelachse M geneigt. Der Winkel α beträgt in dem ersten Ausführungsbeispiel (Fig. 2 A bis 2 C) z. B. zwischen 15° und 45° (α Richtung stromauf geöffnet). In dem zweiten Ausführungsbeispiel (Fig. 3 A bis 3 C) beträgt der Winkel α z. B. zwischen 135° und 165° (α Richtung stromauf geöffnet). Diese Ausrichtungen unterstützen jeweils eine gewünschte Strömungsrichtung zwischen dem Luft-Strömungspfad und dem Brennstoff-Strömungspfad, die nachfolgend erläutert wird.

[0066] Der Winkel α und die Gesamtströmungsquerschnitte der Bypasskanäle 526 und/oder der Bypassöffnungen 528 (d.h. die Summe der Strömungsquerschnitte der Brennstoffkanäle 526 bzw. Brennstofföffnungen 528) sind in dem ersten Ausführungsbeispiel bezüglich des hochkalorischen Auslegungspunktes, in dem zweiten Ausführungsbeispiel bezüglich des niederkalorischen Auslegungspunktes ausgelegt. Die Auslegung erfolgt derart, dass die Geschwindigkeiten an den Brennstoffmündungen 510 in dem hochkalorischen bzw. niederkalorischen Auslegungspunkt an die Geschwindigkeiten in dem niederkalorischen bzw. hochkalorischen Auslegungspunkt angeglichen wird, d. h. die Geschwindigkeitsverhältnis an den Brennstoffmündungen 510 "niederkalorisch/hochkalorisch" kleiner einem Faktor 2, vorzugsweise kleiner einem Faktor 1,5.

[0067] Die Strömungsführung im Betrieb ist in der ersten Ausführungsvariante in den Figuren 2B und 2C durch Pfeile angedeutet. Fig. 2B zeigt die Strömungsführung in dem niederkalorischen Auslegungspunkt, mit einem großen Brennstoffmassen- bzw. volumenstrom. Luft und Brennstoff werden zunächst durch den Luftkanal 504 bzw. den Brennstoffkanal 502 in getrennten Strömungsabschnitten an die Bypassöffnung herangeführt. Die Druckverhältnisse in dem Luftkanal 504 und dem Brennstoffkanal 502 sind in dem niederkalorischen Auslegungspunkt ähnlich, sodass der durch die Bypassöffnung 528 strömende Anteil an Luft (im Wesentlichen) null beträgt. Daher ergibt sich keine oder allenfalls eine geringe treibende Kraft, die eine Strömung durch die By-

passöffnungen 528 bewirkt. Folglich strömt (zumindest großteils) die Luft durch den Luftkanal 504 und der Brennstoff durch den Brennstoffkanal 502 im Wesentlichen getrennt bis an die Brennstoffmündung 510, wo die Frischgaskomponenten zusammengeführt werden.

[0068] In dem hochkalorischen Auslegungspunkt (Fig. 2 C), mit dem wesentlich geringeren Brennstoffvolumenstrom, ergibt sich in dem Brennstoffkanal 502 ein geringerer Druckverlust als in dem umgebenden Luftkanal 504. Der sich ergebende Druckunterschied bewirkt, dass ein Anteil der Luft durch die Bypasskanäle 526 mit den Bypassöffnungen 528 bereits stromauf der Brennstoffmündung 510 in den Brennstoffkanal 502 einströmt. Dadurch vergrößert sich der Volumenstrom innerhalb des Brennstoffkanals 502 zwischen den Bypassöffnungen 528 und der Brennstoffmündung 510. Der Anteil der Luft ergibt sich durch die entsprechende Auslegung der Bypasskanäle 526 und der Bypassöffnungen 528 derart, dass an der Brennstoffmündung 510 die gewünschte Geschwindigkeit vorliegt. Dabei können Durchmesser d_1 der Bypasskanäle 526 z. B. zwischen 10 % und 40 % des Durchmessers d_2 des Brennstoffkanals 502 betragen. Dies erhöht die Stabilität der Verbrennung durch die Vermeidung von Brennstofffluktuationen an der Brennstoffmündung wesentlich. Ohne die Ausgestaltung mit den Bypasskanälen 526 würden sich beispielsweise Geschwindigkeitsunterschiede um den Faktor 5 ergeben.

[0069] Für die zweite Ausführungsvariante ist die Strömungsführung im Betrieb in den Figuren 3B und 3C durch Pfeile angedeutet. Fig. 3B zeigt die Strömungsführung in dem niederkalorischen Auslegungspunkt, mit einem großen Brennstoffvolumenstrom. Luft und Brennstoff werden zunächst durch den Luftkanal 504 bzw. den Brennstoffkanal 502 an die Bypassöffnung 528 herangeführt. Durch den hohen Brennstoffmassen- bzw. -volumenstrom fällt an der Brennstoffmündung 510 ein hoher Druck ab. Entsprechend ergibt sich stromauf in dem Brennstoffkanal 502 ein erhöhter Druck, der zu einer erhöhten Druckdifferenz zwischen dem Brennstoffkanal 502 und dem umgebenden Luftkanal 504 führt. Die Druckdifferenz bewirkt, dass zum Druckausgleich ein Anteil des Brennstoffes durch die Bypasskanäle 526 mit den Bypassöffnungen 528 in den Luftkanal 504 einströmt. So strömt stromab der Bypassöffnungen 528 ein Anteil des Brennstoffstromes zusammen mit dem Luftstrom bis an den Ort der Brennstoffmündung 510, der andere Anteil weiterhin getrennt über den Brennstoffkanal 502 bis an die Brennstoffmündung 510. Die Bypasskanäle 526 mit den Bypassöffnungen 528 sind insbesondere bzgl. ihrem Winkel α und den Strömungsquerschnitten so ausgelegt, dass eine Druckdifferenz bewirkt wird, durch die der Brennstoffstrom anteilig derart aufgeteilt wird, dass die Geschwindigkeit an der Brennstoffmündung 510 ähnlich (beispielsweise um einen Faktor 2 oder weniger, vorzugsweise um einen Faktor 1,3 oder weniger) dieser Geschwindigkeit in dem hochkalorischen Auslegungspunkt ist. Dabei können Durchmesser d_1 der Bypasskanäle 526 z. B. zwischen 10 % und 50 % des

Durchmessers d_2 des Brennstoffkanals 502 betragen.

[0070] In dem hochkalorischen Auslegungspunkt, mit dem vergleichsweise geringen Brennstoffvolumenstrom, sind die Druckverhältnisse zwischen dem Brennstoffkanal 502 und dem Luftkanal 504 ähnlich zueinander. Daher ergibt sich keine oder allenfalls eine geringe treibende Kraft zur Strömung durch den Bypasskanal 526 mit der Bypassöffnung 528.

[0071] Die Brennstoffzusammensetzungen in den niederkalorischen und in den hochkalorischen Auslegungspunkten stellen vorzugsweise Extrema dar, zwischen denen sich die Brennstoffzusammensetzungen im Betrieb bewegen. Bei Änderung der Brennstoffzusammensetzung und des Heizwertes bzw. Wobbe-Index des Brennstoffes zwischen diesen Extrema während des Betriebs stellen sich die Druckverhältnisse innerhalb der Luft-/Brennstoffzufuhranordnungen 50 entsprechend so ein, dass der Anteil des jeweiligen Frischgases, das in den Strömungspfad des anderen Frischgases strömt, derart groß ist, dass es zu der gewünschten Angleichung der Geschwindigkeiten kommt.

[0072] Die zweite Luft-/Brennstoffzufuhranordnung 60 (vgl. Fig. 1 und Fig. 5, 6A, B) ist dazu ausgebildet, die Frischgaskomponenten Luft und Brennstoff dem zweiten Brennraum 26 in einer Drallströmung, d. h. mit einer tangentialen Richtungskomponente, zuzuführen. Zu diesem Zweck umfasst die Luft-/Brennstoffzufuhranordnung 60 einen Mischraum 608, der bodenseitig in der Innenwand, stromauf, des Brennraums 26 ausgebildet ist, sodass er stromab mit einem Austritt 612 in den Brennraum 26 mündet. Der Mischraum 608 ist zentral, auf der Längsachse L, angeordnet und zu dieser symmetrisch ausgebildet, insbesondere zylindrisch. Wie die Figuren 6A, B genauer zeigen, ist der Mischraum 608 bodenseitig durch eine Bodenwandung 626 begrenzt, die hier beispielhaft senkrecht zu der Längsachse L ausgerichtet ist. Umfangsseitig ist der Mischraum 608 von einer Wand 609 begrenzt. Der Mischraums 608 dient der zumindest teilweisen Vormischung der Frischgaskomponenten.

[0073] Wie die Figuren 4 und 5 genauer zeigen, münden umfangsseitig in den Mischraum 608, in der Wand 609, mehrere Luftkanäle 604 mit Luftmündungen 610, hier beispielhaft drei an der Zahl. Die Luftkanäle 604 bilden eine Strömungsverbindung zwischen dem Luft-Verteilerraum 30 und dem Mischraum 608 und bilden getrennte Strömungsabschnitte des Strömungspfades der Luft, hier beispielhaft für die Pilotstufe. Die Luftkanäle 604 haben beispielsweise einen kreisrunden Querschnitt. Die Luftkanäle 604 verlaufen beispielhaft axial konstant, in einer Ebene senkrecht zu der Längsachse L, und sind tangential zu dem zylindrischen Mischraum 608 ausgerichtet, um der austretenden Luftströmung eine tangentiale Richtungskomponente zur Erzeugung der Drallströmung aufzuprägen. Die Ausrichtung könnte zusätzlich eine radiale Richtungskomponente aufweisen.

[0074] Vorzugweise jeweils abwechselnd zu den Luftkanälen 604, in gleicher Anzahl, münden Brennstoffka-

näle 602, vorliegend beispielhaft drei, mit Brennstoffmündungen 614 umfangsseitig in den Mischraum 608. Die abwechselnde Anordnung ermöglicht eine gleichmäßigere Einmischung des Brennstoffes in die Luft. Die Brennstoffkanäle 602 haben beispielsweise einen kreisrunden Querschnitt und getrennte Strömungsabschnitte der Strömungspfade für den Brennstoff. Die Mündungen der Luft- und Brennstoffkanäle sind drehsymmetrisch zu der Längsachse L angeordnet, hier beispielhaft versetzt um 60° zueinander. Die Brennstoffkanäle 602 verlaufen jeweils mit einem Endabschnitt 601 axial konstant in einer Ebene senkrecht zu der Längsachse L und tangential, gegebenenfalls mit einer zusätzlichen radialen Richtungskomponente, zu dem Mischraum 608.

[0075] Die Endabschnitte 601 der Brennstoffkanäle 602 sind tangential-radial vorzugsweise den Luftkanälen 604 gleichgerichtet. So kann der Brennstoff die Rotationsbewegung der Drallströmung mit antreiben. Die Brennstoffkanäle 602 sind derart ausgelegt, dass in dem niederkalorischen Auslegungspunkt mit den höheren Massen- bzw. Volumenströmen die Rotationsbewegung der Drallströmung mitangetrieben wird. Dabei weisen die Frischgaskomponenten jeweils ähnliche Größenordnungen bei den Einströmgeschwindigkeiten in den Mischraum 608 auf, wobei beispielsweise die Brennstoffgeschwindigkeit 10 % und 120 %, insbesondere zwischen 15 % und 80 %, der Luftgeschwindigkeit beträgt. Die Luftgeschwindigkeit kann beispielsweise zwischen 50 m/s und 120 m/s betragen und ist derart, dass eine flammenstabilisierende Drallströmung erreicht wird.

[0076] Die Brennstoffmündung 614 und die Luftmündungen 610 sind axial versetzt zueinander angeordnet, wobei die axialen Unterkanten der Brennstoffmündungen 614 weiter stromab angeordnet sind als die axialen Unterkanten der Luftmündungen 610. Die Luftmündungen 610 können beispielsweise mit den axialen Unterkanten bodenbündig an die Bodenwandung 626 angrenzen. So kann der in der Regel wesentlich größere Luftstrom vorteilhaft einer unerwünschten Stabilisierung einer Flamme an der Brennstoffmündung 610 entgegenwirken.

[0077] Stromauf der Endabschnitte 601 weisen die Brennstoffkanäle 602 axiale Abschnitte 605 auf, die aus dem Verteilerbereich 40 abgehen. Der Verteilerbereich 40 ist zentral auf der Längsachse L angeordnet und grenzt an die Rückseite der Bodenwandung 626 an. Die radiale Ausdehnung des Verteilerbereichs 40 ist größer als die des Mischraums 608, so dass der Brennstoffstrom ausgehend von dem Verteilerbereich 40 einfach über die axialen Abschnitte 605 und die stromab angeordneten Endabschnitte 601 dem Mischraum 608 zuführbar ist.

[0078] Der Verteilerbereich 40 wird von der zentral, auf der Längsachse L, angeordneten zweiten Brennstoffzufuhr 36 gespeist. Die zentrale Anordnung der Brennstoffzufuhr 36 und des Verteilerbereichs 40 mit dessen Anordnung angrenzend an die Rückseite der Bodenwandung 626 ermöglichen vorteilhaft eine Kühlung der Bodenwandung 626 mittels des zugeführtem Brenn-

stoffstroms, der bei Zufuhr auf die Rückseite der Bodenwandung 626 prallt und diese in Art einer Prallkühlung kühlt. Die gleichmäßig um den Mischraum 608 angeordneten Brennstoffkanäle 602, mit den axialen Abschnitten 605 und Endabschnitten 601, tragen ebenfalls zur Kühlung des Mischraums 608 bei. So wird vorteilhaft die Temperaturbelastung in dem Brennerkopf 4 bereichsweise reduziert. In diese Bereiche können temperaturempfindliche Komponenten, wie beispielsweise eine Zündvorrichtung oder Lagerstellen, angeordnet werden können. Dies beeinflusst positiv die Lebensdauer der einzelnen Bauteile des Brennersystems 1.

[0079] Die Brennstoffmündungen 614 bilden eine Gruppe von ersten Zuführöffnungen, wobei die Frischgaskomponenten Brennstoff und Luft in dem Mischraum 608 zusammengeführt werden. Gemäß einem Kerngedanken der Erfindung sind weitere Strömungsabschnitte, gebildet durch zweite Brennstoffkanäle 603, vorhanden, die jeweils über weitere Zuführöffnungen, gebildet von zweiten Brennstoffmündungen 616, in den Mischraum 608 eine Gruppe münden. Die zweiten Brennstoffkanäle 603 sind axial zu der Längsachse L ausgerichtet, wobei sie auch eine radiale Komponente aufweisen können. Die zweiten Brennstoffmündungen 616 sind in dem Mischraum 608, insbesondere in der Bodenwandung 626, an einem Ort B (hier Bereich) angeordnet, an dem in dem hochkalorischen Auslegungspunkt ein geringerer Druck herrscht als an einem Ort A (hier Bereich) der ersten Brennstoffmündungen 614. Ein solcher Ort befindet sich z. B. bündig mit der in Richtung Mischraum 608 weisenden Seite der Bodenwandung 626, radial versetzt zu der Längsachse L. Durch eine derartige Anordnung ergibt sich im Betrieb bei dem hochkalorischen Auslegungspunkt eine Druckdifferenz, durch die der Brennstoff bevorzugt über die zweiten Brennstoffkanäle 603 und die zweiten Brennstoffmündungen 616 in den Mischraum 608 einströmt. Die Strömungsquerschnitte bzw. der Gesamtströmungsquerschnitt der zweiten Brennstoffkanäle 603 sind derart ausgelegt, dass die Geschwindigkeiten an den zweiten Brennstoffmündungen 616 z. B. zwischen 30 % und 80 % der Geschwindigkeit der Luftströmung betragen. Dies bewirkt vorteilhaft eine gute Einmischung des Brennstoffes in die verdrallte Luftströmung. Im hochkalorischen Auslegungspunkt beträgt der Brennstoffstrom über die zweiten Brennstoffkanäle 603 (nahezu) 100 % und über die ersten Brennstoffkanäle 602 (nahezu) 0 %.

[0080] In den Figuren 6A und 6B ist die Strömungsführung im Betrieb anhand von Pfeilen verdeutlicht. Fig. 6A zeigt den Betrieb in dem niederkalorischen Auslegungspunkt, mit hohem Brennstoffmassenstrom. Dabei strömt der Brennstoff durch den Verteilerbereich 40. Die Strömungsquerschnitte der zweiten Brennstoffkanäle 603 bzw. der zweiten Brennstoffmündungen 616 bzw. der Gesamtströmungsquerschnitt (Summe der Strömungsquerschnitte) ist derart gewählt, dass sich bei dem niederkalorischen Auslegungspunkt ein hoher Druckverlust innerhalb der zweiten Brennstoffkanäle 603 ergibt. Der

über die Auslegung bewirkte Druckverlust ist derart hoch, dass ein Anteil, beispielsweise zwischen 90 % und 30 %, des Brennstoffes über die ersten Brennstoffkanäle 602 in den Mischraum 608 einströmt, wobei der Brennstoff an den ersten Brennstoffmündungen 614 eine Geschwindigkeit von z. B. 10 % bis 30 % der Luftströmung an den Luftmündungen 610 aufweist. So wird die Rotation der Drallströmung durch die hohen Brennstoffmassenströme mit angetrieben. Der andere Anteil des Brennstoffes, z. B. 10 % bis 70 %, strömt über die zweiten Brennstoffkanäle 603.

[0081] In dem hochkalorischen Auslegungspunkt, mit dem geringen Brennstoffmassenstrom, bewirkt die Druckdifferenz über die zweiten Brennstoffkanäle 603 zusammen mit einer Versperwirkung der Luftströmung an den ersten Brennstoffmündungen 614, dass der Brennstoffmassenstrom bevorzugt, z. B. (nahezu) vollständig, über die zweiten Brennstoffkanäle 603 mit den zweiten Brennstoffmündungen 616 strömt. Die Drallströmung der Luft reißt den in den Mischraum 608 strömenden Brennstoff mit und beschleunigt ihn.

[0082] Sowohl in dem niederkalorischen als auch in dem hochkalorischen Auslegungspunkt sind die Luftgeschwindigkeiten derart, dass eine Flammenstabilisierung durch die Drallströmung erreicht wird. Der Anteil der Brennstoffströmung über die zweiten Brennstoffkanäle 603 variiert zwischen z. B. 10 % bis 70 % und (nahezu) 100 % zwischen dem niederkalorischen und dem hochkalorischen Auslegungspunkt. Auf diese Weise kann bei gleichbleibender Geometrie mit nieder- mittel- und hochkalorischen Brennstoffen ein stabiler, druckverlustoptimierter (und damit effizienter) Betrieb erreicht werden.

[0083] Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Brennersystems 1 und des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das Brennersystem 1 sowohl mit niederals auch mit hochkalorischen Brennstoffen und dazwischenliegenden Varianten stabil und zuverlässig betrieben werden. Da sich die angepasste Durchströmung der Luft-/Brennstoffzufuhranordnungen aufgrund der sich ändernden Druckverhältnisse mit dem sich ändernden Heizwert bzw. Wobbe-Index ohne Änderung der (Brennerkopf-) Geometrie einstellt, ist vorteilhaft keine Anpassung oder Regulierung über eine Steuer- bzw. Regeleinrichtung erforderlich.

Patentansprüche

1. Brennersystem (1) zur Erzeugung von Heißgas in einer Gasturbinenanlage, mit einer Brennkammer (6), die einen entlang einer Längsachse (L) ausgerichteten Brennraum (24, 26) umfasst, und mit einem Brennerkopf (4) mit zumindest einer Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung (50, 60) zur Zufuhr von Oxidator und Brennstoff als Frischgaskomponenten in die Brennkammer (6), umfassend

- jeweils einen Strömungspfad für Brennstoff

und Oxidator zu deren Zuführung in den Brennraum (24, 26), wobei die Strömungspfade stromauf eines Mischraumes (508, 608) jeweils getrennte Strömungsabschnitte, zur getrennten Führung der Frischgaskomponenten, aufweisen und die Strömungspfade in dem Mischraum (508, 608) zusammengeführt sind, und - zumindest eine erste Zuführöffnung (510, 614) zum Zuführen von Brennstoff in den Mischraum (508, 608),

dadurch gekennzeichnet,

dass die Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung (50, 60) zumindest einen weiteren Strömungsabschnitt (526, 603) mit einer weiteren Zuführöffnung (528, 616) umfasst, über den ein Anteil einer der Frischgaskomponenten zur Zuführung in den Brennraum (24, 26) in einen Strömungsabschnitt mit der anderen Frischgaskomponente zuführbar ist, wobei der weitere Strömungsabschnitt derart angeordnet und ausgebildet ist, dass der Anteil der Frischgaskomponente, der über den weiteren Strömungsabschnitt (526, 603) strömt, bei unveränderter Geometrie mit dem Heizwert des Brennstoffes aufgrund eines sich ändernden Druckverhältnisses veränderbar ist.

2. Brennersystem (1) nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Anteil derart veränderbar ist, dass die Geschwindigkeiten an der ersten Zuführöffnung (510, 614) und/oder an der weiteren Zuführöffnung (528, 616) zwischen einem niederkalorischen Auslegungspunkt und einem hochkalorischen Auslegungspunkt maximal um den Faktor 2, insbesondere maximal um den Faktor 1,5, vorzugsweise maximal um den Faktor 1,2, voneinander abweichen.

3. Brennersystem (1) nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung (50) einen Oxidator kanal (504) mit einem Austritt (512) zur Mündung in die Brennkammer (6) aufweist, wobei der Oxidator kanal (504) mit einem Auströmabschnitt (516) entlang einer Mittelachse (M) ausgerichtet ist, die im Wesentlichen axial, parallel zu der Längsachse (L), verläuft.

4. Brennersystem (1) nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung (50) einen von einer Wandung (501) umgrenzten Brennstoffkanal (502) aufweist, der zumindest mit einem Endabschnitt (503) in dem Oxidator kanal (504) parallel, insbesondere koaxial, zu dem Oxidator kanal (504) verlaufend ausgebildet ist und der mit einer Brennstoffmündung (510) innerhalb des Oxidator kanals (504) oder an dessen Austritt (512) mündet, wobei die Brennstoffmündung (510) die erste Zuführ-

- öffnung bildet.
5. Brennersystem (1) nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Brennstoffmündung (510) einen Strömungsquerschnitt, insbesondere mit einem Durchmesser (d_3), aufweist, der gegenüber dem Strömungsquerschnitt, insbesondere mit einem Durchmesser (d_2), des stromauf verlaufenden Brennstoffkanals (502) reduziert ist, oder
dass die Brennstoffmündung (510) einen Strömungsquerschnitt, insbesondere mit einem Durchmesser (d_3), aufweist, der dem Strömungsquerschnitt, insbesondere mit einem Durchmesser (d_2), des stromauf verlaufenden Brennstoffkanals (502) entspricht.
6. Brennersystem (1) nach einem der Ansprüche 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die weitere Zuführöffnung (528, 616) durch zumindest eine Bypassöffnung (528) gebildet ist, wobei die Bypassöffnung (528) stromauf der Brennstoffmündung (510) in der Wandung (501) ausgebildet ist und wobei der weitere Strömungsabschnitt (526, 603) eine Strömungsverbindung zwischen den Strömungspfaden des Oxidators und des Brennstoffes bildet.
7. Brennersystem (1) nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Strömungsquerschnitt der Brennstoffmündung (510) derart ausgelegt ist, dass in dem niederkalorischen Auslegungspunkt oder in dem hochkalorischen Auslegungspunkt die Geschwindigkeit an der Brennstoffmündung (510) zwischen +/- 50%, vorzugsweise zwischen +/- 20% der Geschwindigkeit des Frischgasgemisches an dem Austritt (512) in den Brennraum (24) beträgt, wobei der durch die Bypassöffnung (528) strömende Anteil gleich null beträgt.
8. Brennersystem (1) nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass mehrere weitere Strömungsabschnitte (526, 603) vorhanden sind, die insbesondere symmetrisch zueinander, z. B. drehsymmetrisch um die Mittelachse (M) und axial auf gleicher Höhe, angeordnet sind.
9. Brennersystem (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Bypassöffnung (528) axial innerhalb des Oxidatorkanals (504) stromab eines Einströmabschnitts (514) des Oxidatorkanals (504) angeordnet ist, der vorzugsweise eine derartige axiale Länge aufweist, dass Einlaufeffekte der Oxidatorströmung bei Einströmung in den Oxidatorkanal (504), insbesondere lokale Strömungsablösungen, an der Bypassöffnung (528) im Wesentlichen abgeklungen sind, und/oder
dass die Bypassöffnung (528) axial innerhalb des Oxidatorkanals (504) stromauf eines Ausströmabschnitts (516) des Endabschnittes (503) angeordnet ist, der vorzugsweise eine derartige axiale Länge aufweist, dass Einlaufeffekte bei Einströmung der einen Frischgaskomponente in die andere bis zu der Brennstoffmündung (510) im Wesentlichen abgeklungen sind.
10. Brennersystem (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass der weitere Strömungsabschnitt einen Bypasskanal (526) in der Wandung (501) umfasst, der radial-axial in einem Winkel (α) bezüglich der Mittelachse (M) verläuft.
11. Brennersystem (1) nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Winkel (α) zwischen 0° und 90° , insbesondere zwischen 10° und 60° , z. B. zwischen 15° und 45° beträgt, oder
dass der Winkel (α) zwischen 90° und 180° , insbesondere zwischen 110° und 170° , z. B. zwischen 135° und 165° beträgt.
12. Brennersystem (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Oxidatorkanal (504) in seinem axialen Verlauf einen ersten Abschnitt (520) und stromab des ersten Abschnitts (520) einen zweiten Abschnitt (522) umfasst, wobei zwischen den beiden Abschnitten (520, 522) eine Querschnittsreduktion angeordnet ist, und
dass die Brennstoffmündung (510) axial an der, innerhalb oder stromab der Querschnittsreduktion angeordnet ist.
13. Brennersystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung (60) einen Mischraum (608) umfasst, der zentral auf der Längsachse (L) angeordnet und symmetrisch zu dieser ausgebildet ist und
der bodenseitig durch eine, z.B. senkrecht zu der Längsachse (L) ausgerichtete, Bodenwandung (626) und umfangsseitig von einer Wand (609) begrenzt ist, und der stromab mit einem Austritt (612) in den Brennraum (26) mündet,
wobei die Frischgaskomponenten dem Mischraum (608) derart zuführbar sind, dass eine Drallströmung, mit tangentialer Richtungskomponente, erzeugt wird.

14. Brennersystem (1) nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung (60) zumindest einen Oxidatorkanal (604) aufweist, der in den Mischraum (608) umfangsseitig mündet und der mit einer tangentialen Richtungskomponente bezüglich der Längsachse (L) ausgerichtet ist, wobei der Oxidatorkanal (604) dem getrennten Strömungsabschnitt des Oxidators zugeordnet ist und/oder **dass** der Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung (50, 60) ein Verteilerbereich (40) für Brennstoff zugeordnet ist, der insbesondere symmetrisch zu der, z. B. zentral auf der Längsachse (L) und angrenzend an die Rückseite der Bodenwandung (626) angeordnet ist.
15. Brennersystem (1) nach Anspruch 13 oder 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass die erste Zuführöffnung durch zumindest eine erste Brennstoffmündung (614) gebildet ist, die umfangsseitig in den Mischraum (608) mündet und die das stromabgelegene Ende eines ersten Brennstoffkanals (602) bildet, wobei der Brennstoffkanal (602) mit einem Endabschnitt (601) mit einer tangentialen Richtungskomponente bezüglich der Längsachse verläuft.
16. Brennersystem (1) nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Oxidatormündung (610) des Oxidatorkanals (604) und die erste Brennstoffmündung (614) axial versetzt zueinander angeordnet sind, wobei die axiale Unterkante der Oxidatormündung (610) stromauf der axialen Unterkante der Brennstoffmündung (614) angeordnet ist und /oder **dass** der Gesamtströmungsquerschnitt der ersten Brennstoffmündung (614) derart ausgelegt ist, dass die Einströmgeschwindigkeit des Brennstoffes in den Mischraum (608) in dem niederkalorischen Auslegungspunkt zwischen 10 % und 120 %, insbesondere zwischen 15 % und 80 % der Einströmgeschwindigkeit des Oxidators an der Oxidatormündung (610) beträgt.
17. Brennersystem (1) nach einem der Ansprüche 13 bis 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass die weitere Zuführöffnung durch eine zweite Brennstoffmündung (616) in den Mischraum (608) gebildet ist und dass der weitere Strömungsabschnitt einen zweiten Brennstoffkanal (603) umfasst, der mit einer axialen Richtungskomponente zu der Längsachse (L) ausgerichtet ist.
18. Brennersystem (1) nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
dass die zweite Brennstoffmündung (616) in dem Mischraum (608) an einem Ort (B) angeordnet ist, an dem in einem hochkalorischen Auslegungspunkt ein geringerer Druck herrscht als an einem Ort (A) der ersten Brennstoffmündung (614) und/oder **dass** der zweite Brennstoffkanal (603) eine Strömungsverbindung zwischen dem Verteilerbereich (40) und dem Mischraum (608) bildet und durch die Bodenwandung (626) verläuft, wobei insbesondere die zweite Brennstoffmündung (616) axial auf Höhe der mischraumseitigen Fläche der Bodenwandung (626) positioniert ist.
19. Brennersystem (1) nach Anspruch 17 oder 18,
dadurch gekennzeichnet,
dass der/die Gesamtströmungsquerschnitt/e des/der weiteren Strömungsabschnitte/s derart ausgelegt ist/sind, dass in dem hochkalorischen Auslegungspunkt ein Anteil von zumindest 70 %, vorzugsweise zumindest 90 %, z.B. 100 % des Brennstoffes über den zweiten Brennstoffkanal (603) strömt und/oder in dem niederkalorischen Auslegungspunkt ein Anteil von zumindest 30 %, vorzugsweise zumindest 70 %, z. B. zumindest 90 % des Brennstoffes über den ersten Brennstoffkanal (602) strömt.
20. Verfahren zur Erzeugung von Heißgas in einer Gasturbinenanlage, insbesondere mit einem Brennersystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem einem Brennraum (24, 26) einer Brennkammer (6) über zumindest eine Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung (50, 60) eines Brennerkopfes (4) Oxidator und Brennstoff als Frischgaskomponenten zugeführt werden, wobei die Frischgaskomponenten jeweils über einen Strömungspfad mit getrennten Strömungsabschnitten innerhalb der Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung (50, 60) in einen Mischraum (508, 608) strömen, in dem die Strömungspfade der Frischgaskomponenten zusammengeführt werden, wobei der Brennstoffstrom zur Mündung in den Mischraum (508, 608) eine erste Zuführöffnung passiert,
dadurch gekennzeichnet,
dass einer der Frischgaskomponenten-Ströme innerhalb des Brennerkopfes (4), insbesondere innerhalb der Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung (50, 60), in zumindest zwei Anteile aufgeteilt werden kann, wobei einer der Anteile innerhalb der Oxidator-/Brennstoffzufuhranordnung (50, 60) über zumindest einen weiteren Strömungsabschnitt mit einer weiteren Zuführöffnung strömt und wobei sich der Anteil der Frischgaskomponente, der über den weiteren Strömungsabschnitt strömt, bei festgelegter Geometrie mit dem Heizwert des Brennstoffes aufgrund eines sich ändernden Druckverhältnisses verändert.

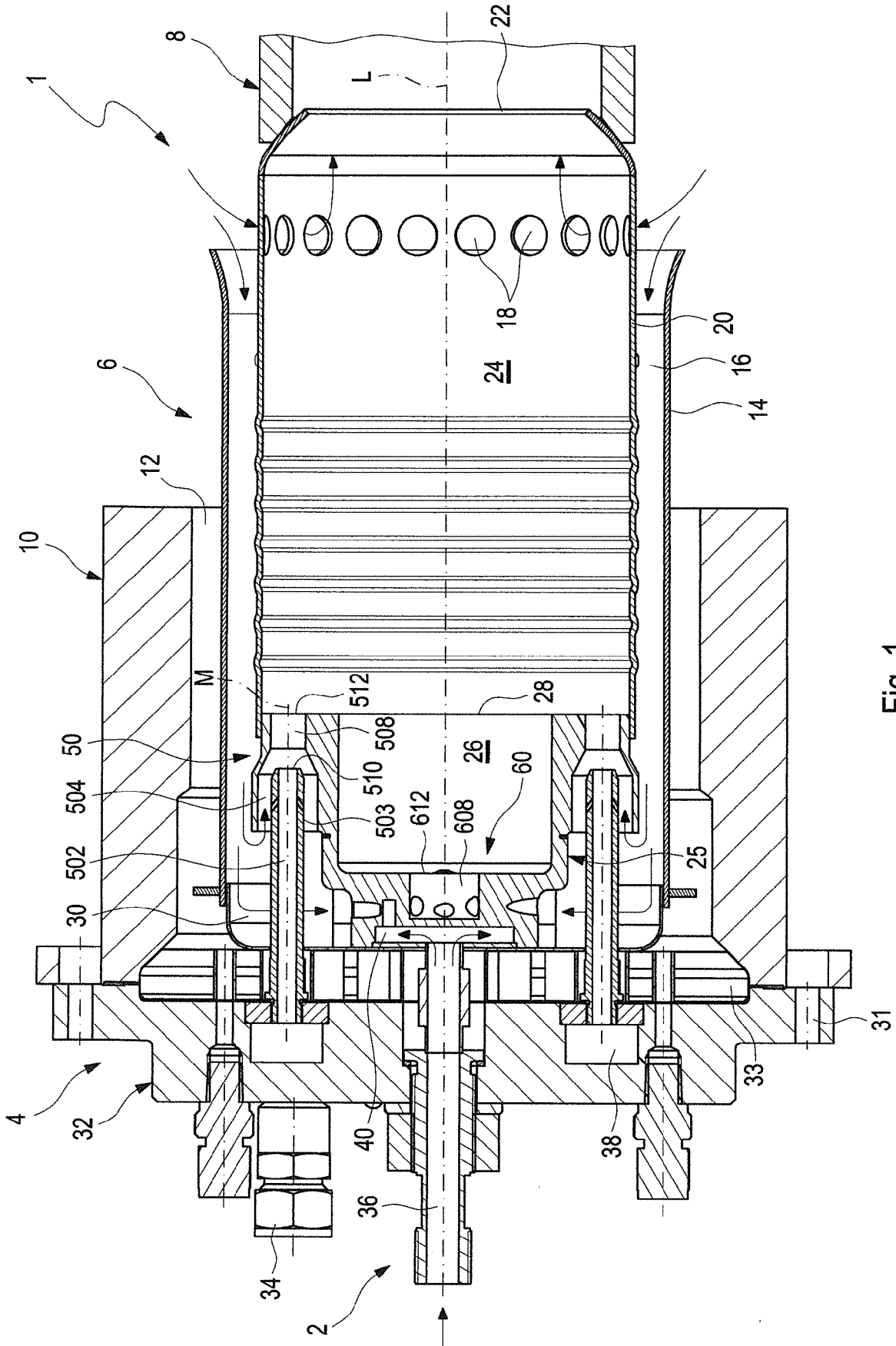


Fig. 1

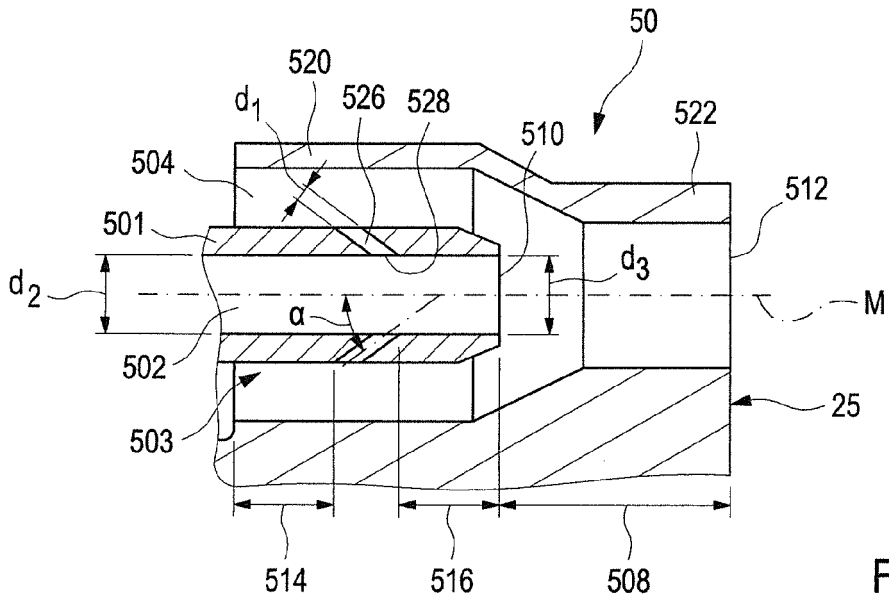


Fig. 2 A

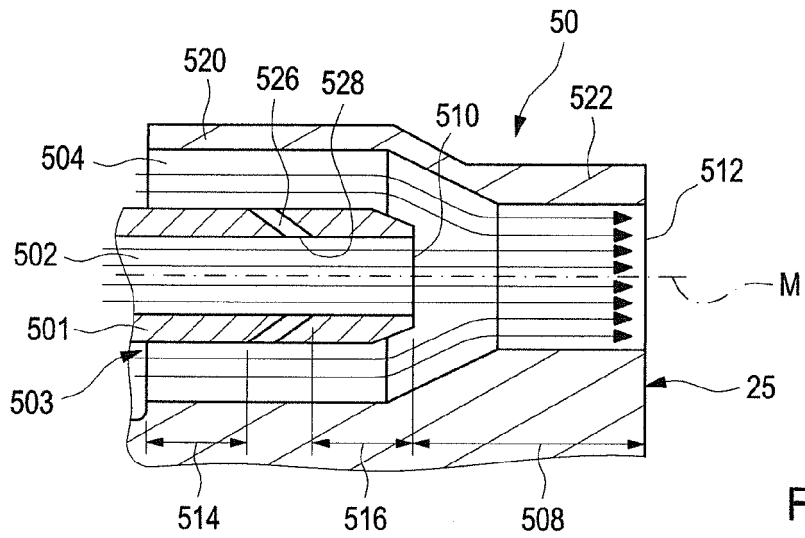


Fig. 2 B

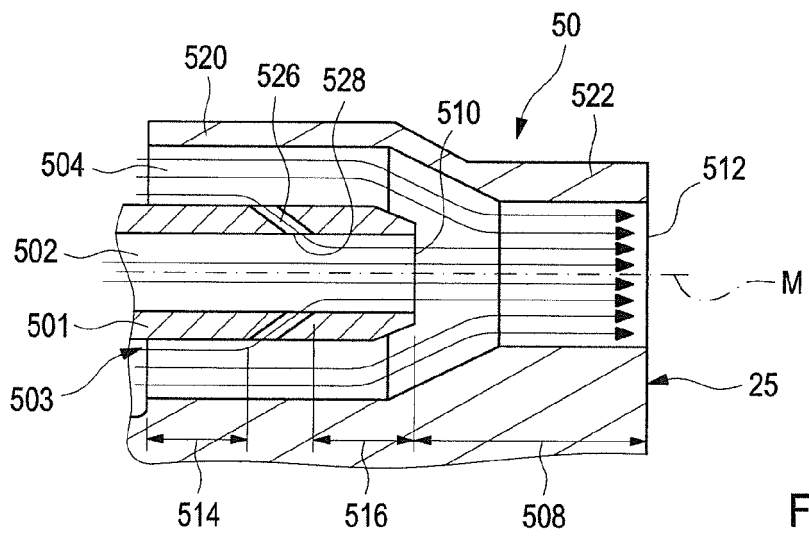


Fig. 2 C

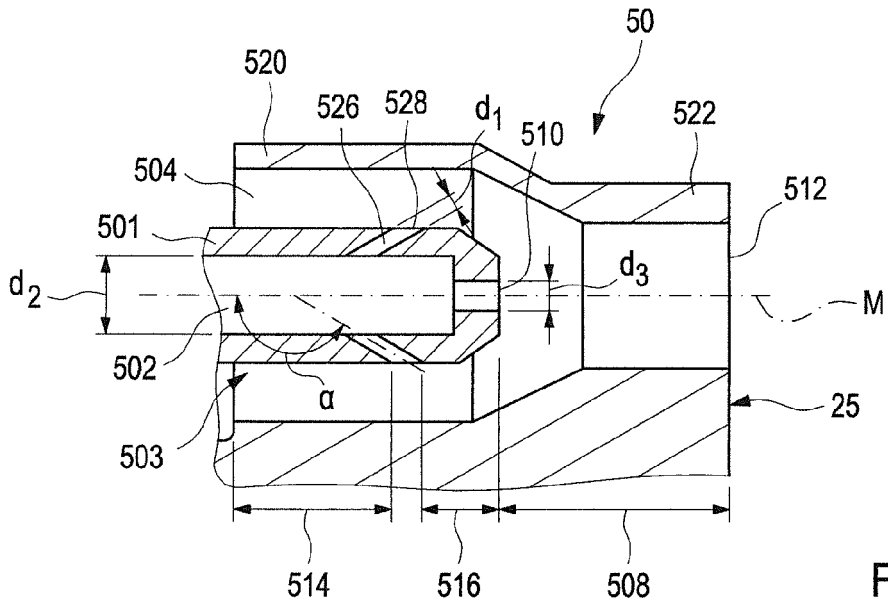


Fig. 3 A

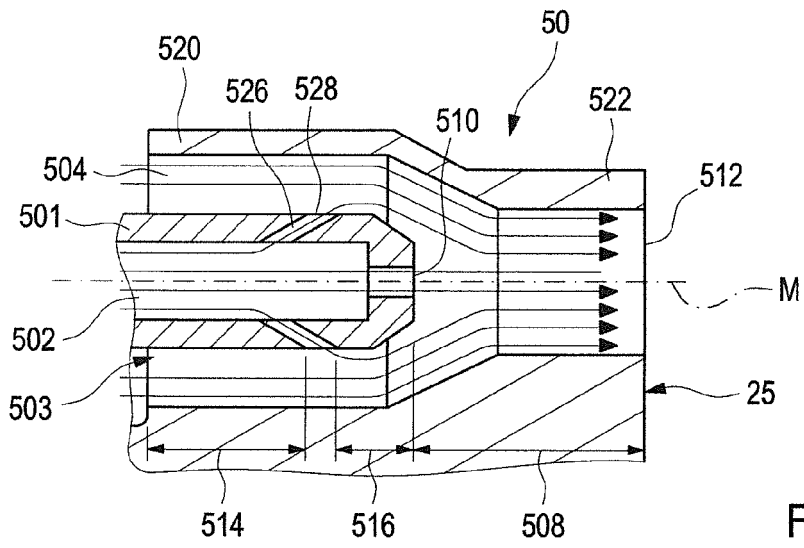


Fig. 3 B

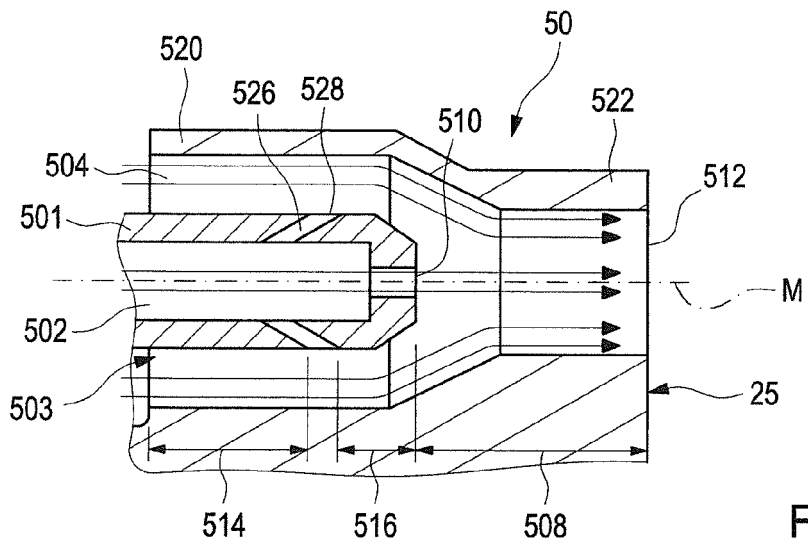


Fig. 3 C

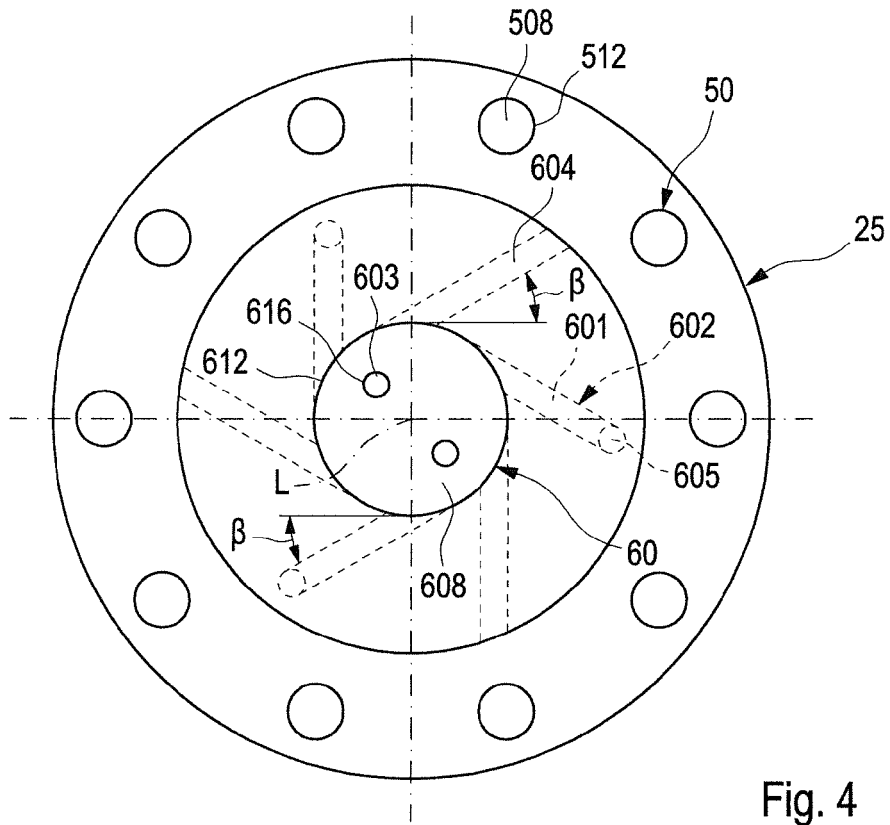


Fig. 4

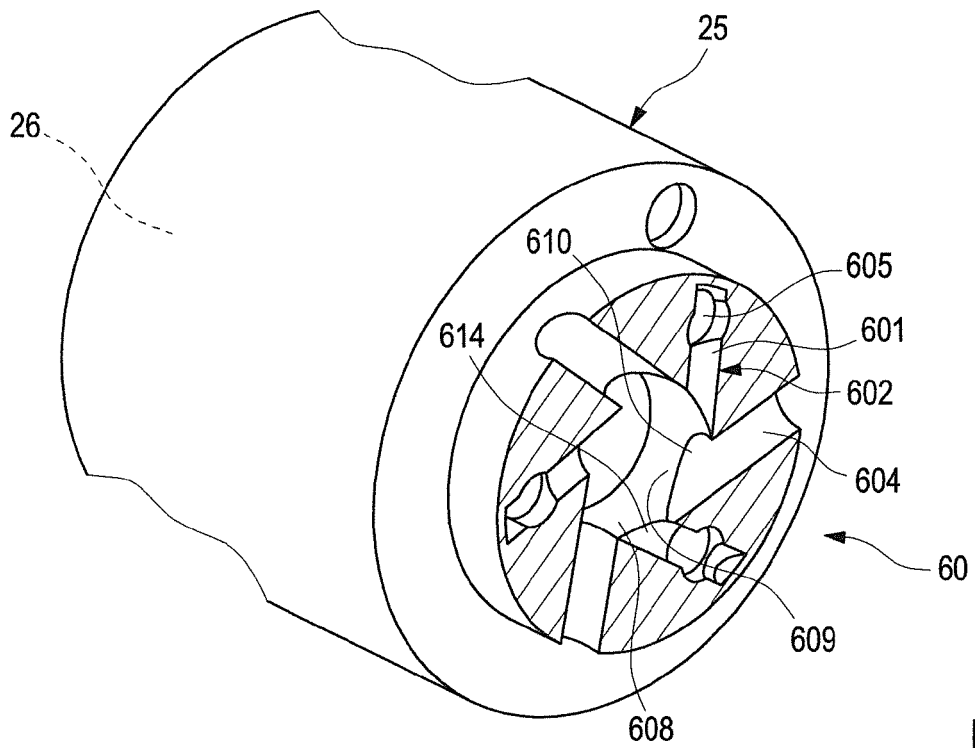


Fig. 5

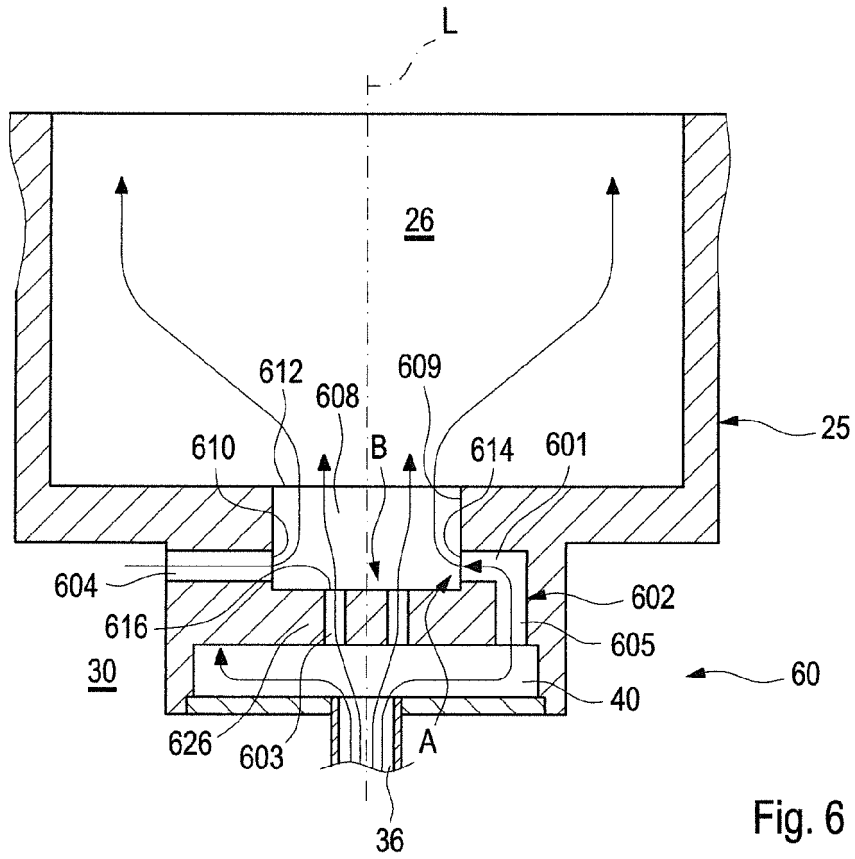


Fig. 6 A

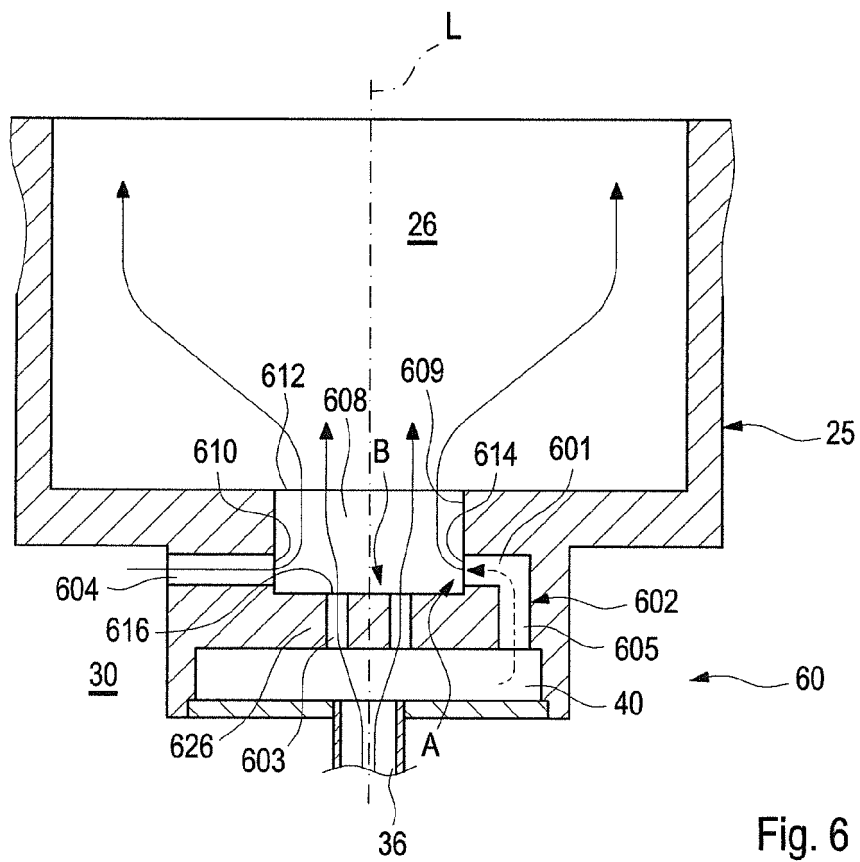


Fig. 6 B



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 19 17 9795

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2004/068973 A1 (WAKABAYASHI TSUTOMU [JP] ET AL) 15. April 2004 (2004-04-15)	1-12,20	INV. F23R3/28 F23R3/34
Y	* Absatz [0054] - Absatz [0064]; Abbildungen *	13-19	
Y,D	WO 2014/027005 A2 (DUERR SYSTEMS GMBH [DE]) 20. Februar 2014 (2014-02-20) * Seite 10, Zeile 12 - Seite 11, Zeile 12; Abbildung 5 *	13-19	
X	US 2010/077759 A1 (SINGH ARJUN [IN] ET AL) 1. April 2010 (2010-04-01) * Absatz [0021]; Abbildung 2 *	1-11,20	
X	JP 3 976464 B2 (OSAKA GAS CO LTD) 19. September 2007 (2007-09-19) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1-11,20	
X	EP 1 255 080 A1 (ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH]) 6. November 2002 (2002-11-06) * Absatz [0026]; Abbildung 3 *	1-11,20	
A	US 2010/139238 A1 (HALL JOEL MEADOR [US] ET AL) 10. Juni 2010 (2010-06-10) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1-20	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F23R F23D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 31. Oktober 2019	Prüfer Mootz, Frank
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 17 9795

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

31-10-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	US 2004068973 A1	15-04-2004	EP 1367329 A1	03-12-2003
			JP 4683787 B2	18-05-2011
			JP 2002333138 A	22-11-2002
			TW 558599 B	21-10-2003
			US 2004068973 A1	15-04-2004
			WO 02073091 A1	19-09-2002
20	WO 2014027005 A2	20-02-2014	DE 102012216080 A1	20-02-2014
			EP 2885582 A2	24-06-2015
			US 2015089954 A1	02-04-2015
			US 2018238549 A1	23-08-2018
			WO 2014027005 A2	20-02-2014
25	US 2010077759 A1	01-04-2010	CN 101713548 A	26-05-2010
			DE 102009044136 A1	08-04-2010
			JP 5528756 B2	25-06-2014
			JP 2010085083 A	15-04-2010
			US 2010077759 A1	01-04-2010
30	JP 3976464 B2	19-09-2007	JP 3976464 B2	19-09-2007
			JP 2001235120 A	31-08-2001
35	EP 1255080 A1	06-11-2002	EP 1255080 A1	06-11-2002
			US 2002160330 A1	31-10-2002
40	US 2010139238 A1	10-06-2010	CN 101749711 A	23-06-2010
			DE 102009044764 A1	10-06-2010
			JP 5512246 B2	04-06-2014
			JP 2010133699 A	17-06-2010
			US 2010139238 A1	10-06-2010
			US 2012322013 A1	20-12-2012
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- WO 2014027005 A2 **[0002]**
- US 4967561 A **[0006]**
- US 6684640 B2 **[0007]**
- DE 4409918 A1 **[0007]**
- EP 1800062 B1 **[0007]**
- EP 1892469 A1 **[0007]**
- EP 0908671 A1 **[0007]**
- EP 1995515 A1 **[0008]**
- DE 102010062351 A1 **[0009]**