



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.06.2022 Patentblatt 2022/23

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23R 3/26 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21204913.4**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F23R 3/26; F23R 2900/00001

(22) Anmeldetag: **27.10.2021**

(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

(71) Anmelder: **Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.**
53227 Bonn (DE)

(72) Erfinder: **ZANGER, Jan**
75365 Calw (DE)

(74) Vertreter: **Fleck, Julia Maria**
Jeck, Fleck & partner mbB
Patentanwälte
Klingengasse 2
71665 Vaihingen/Enz (DE)

(30) Priorität: **07.12.2020 DE 102020132494**

(54) **GASTURBINENBRENNKAMMERSYSTEM UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES GASTURBINENBRENNKAMMERSYSTEMS**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Gasturbinenbrennkammersystem (1), insbesondere Mikrogasturbinenbrennkammersystem, mit

- einer Brennkammer (30), die ein sich längs erstreckendes, eine Flammzone umgebendes Flammrohr (34) aufweist, welches auf seiner Eingangsseite mit einem Brenner (31) versehen ist und an seiner von dieser abgekehrten Ausgangsseite an eine Turbinenanordnung angekoppelt oder ankoppelbar ist und in einem Ausgangsabschnitt mit Mischluftöffnungen (320) versehen ist,
- mit einem die Brennkammer (30) umgebenden Druckgehäuse (2), zwischen dessen Innenseite und der Außenseite des Flammrohrs (34) zum Zuführen eines Luftmassenstroms ein von dessen Ausgangsseite zur Eingangsseite führender Zuströmkanal (330) gebildet ist, über den ein Mischluftanteil über die Mischluftöffnungen (320) in das Innere des Flammrohrs (34) und ein Brennerluftanteil zu dem Brenner (31) zur Verbrennung mit eingeströmtem Brennstoff geführt wird, und
- mit einer Regelvorrichtung, über die der dem Brenner (31) zugeführte Brennerluftanteil regelbar ist, indem der Mischluftanteil in Abhängigkeit des Lastpunkts der Turbinenanordnung durch Verstellen der lichten Durchströmweite der Mischluftöffnungen (320) variiert wird.

Eine zuverlässige, schadstoffarme Verbrennung über den gesamten Lastbereich wird dadurch erreicht, dass die Regelvorrichtung eine auf eine Druckdifferenz (Δp) zwischen dem Zuströmkanal (330) der Luft und der Umgebung des Brennkammersystems (1) ansprechende Stellvorrichtung (4) aufweist, mittels der die lichte Durchströmweite der Mischluftöffnungen (320) in Abhängigkeit des Lastpunkts, insbesondere kontinuierlich, mit

sich erhöhendem Lastpunkt verringert und mit abnehmendem Lastpunkt vergrößert ist

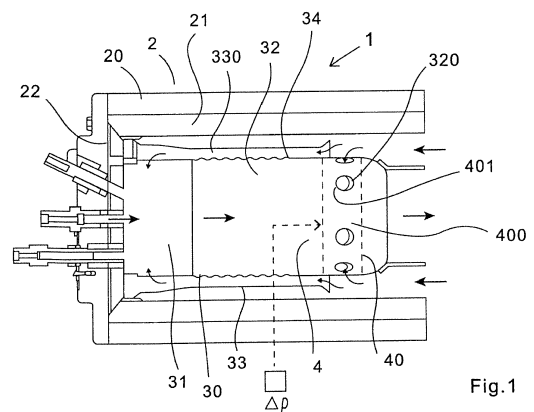


Fig.1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Gasturbinenbrennkammersystem, insbesondere Mikrogasturbinenbrennkammersystem, mit einer Brennkammer, die ein sich längs erstreckendes, eine Flammzone umgebendes Flammrohr aufweist, welches auf seiner Eingangsseite mit einem Brenner versehen ist und an seiner von dieser abgekehrten Ausgangsseite an eine Turbinenanordnung angekoppelt oder ankoppelbar ist und in einem Ausgangsabschnitt mit Mischluftöffnungen versehen ist, mit einem die Brennkammer umgebenden Druckgehäuse, zwischen dessen Innenseite und der Außenseite des Flammrohrs zum Zuführen eines Luftmassenstroms ein von dessen Ausgangsseite zur Eingangsseite führender Zuströmkanal gebildet ist, über den ein Mischluftanteil über die Mischluftöffnungen in das Innere des Flammrohrs und ein Brennerluftanteil zu dem Brenner zur Verbrennung mit eingeströmtem Brennstoff geführt wird, und mit einer Vorrichtung, über die der dem Brenner zugeführte Brennerluftanteil regelbar ist, indem der Mischluftanteil in Abhängigkeit des Lastpunkts der Turbinenanordnung durch Verstellen der lichten Durchströmweite der Mischluftöffnungen variiert wird. Ferner bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Betreiben eines Gasturbinenbrennkammersystems, insbesondere eines Mikrogasturbinenbrennkammersystems, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein Luftmassenstrom über einen Zuströmkanal zwischen der Innenseite eines umgebenden Druckgehäuses und der Außenseite eines Flammrohrs von dessen Ausgangsseite her zugeführt und mittels in einem Ausgangsabschnitt des Flammrohrs angeordneter Mischluftöffnungen in einen Mischluftanteil, der hinter einer Flammzone in das Innere des Flammrohrs geleitet wird, und einen Brennerluftanteil aufgeteilt wird, der einem auf der Eingangsseite des Flammrohrs angeordneten Brenner zur Verbrennung mit Brennstoff zugeführt wird, wobei das Brennstoff-/Luftverhältnis durch Variieren der lichten Durchströmweite der Mischluftöffnungen mittels einer Vorrichtung geregelt wird.

[0002] Die GB 1 601 218 A zeigt ein Gasturbinenbrennkammersystem mit Mischluftöffnungen an einem Flammrohr, die in einem Zuströmkanal angeordnet und in ihrer Durchströmweite mittels eines Ventils mechanisch über eine Druckdifferenz zwischen Zuströmkanal und Außenluft steuerbar ist. Dazu wirkt der Druck im Zuführkanal über eine Öffnung auf einen in einem Zylinderraum angeordneten Kolben und der Außendruck über eine Öffnung einer Ventilanordnung. Ein Primärlufteinlass wird über ein weiteres Ventil gesteuert. Dieses Brennkammersystem beinhaltet somit mehrere abgestimmt zusammenwirkende Ventile mit einer relativ großen Anzahl einzelner Systemkomponenten die damit einhergehenden Aufwand hinsichtlich Aufbau und Instandhaltung bedingen und Störungen verursachen können.

[0003] Auch die Druckschrift DE 19 45 921 A zeigt ein Gasturbinenbrennkammersystem, bei dem Mischluftöff-

nungen an einem Flammrohr in einem Zuströmkanal der Luft in ihrer Durchströmweite in Abhängigkeit von einer Druckdifferenz zwischen dem Druck im Zuführkanal und der äußeren Umgebung gesteuert werden. Dabei ist eine mantelförmige Blende durch ein Stellorgan mittels eines federbelasteten Kolbens verschiebbar.

[0004] Ein Gasturbinenbrennkammersystem und ein Verfahren zum Betreiben eines Gasturbinenbrennkammersystems sind auch in der DE 41 20 831 A1 angegeben. Bei diesem bekannten Gasturbinenbrennkammersystem und Verfahren zu dessen Betrieb bei unterschiedlichen Betriebszuständen, wie z. B. Lastpunkt einer Turbine bei Teillast bis Vollast, werden Heißgase aus der Verbrennung aus einem verdichteten Luftstrom erzeugt. Um einen Luftüberschuss in der Flammenzone zu verhindern, treten dabei Mittel in Funktion, welche auf eine Druckdifferenz zwischen dem Brennraum selbst und der verdichteten Luft ansprechen. Die Mittel bestehen dabei z. B. in Federkomponenten mit Rückschlagventil und bewirken eine Bypassströmung eines Teils der verdichteten Luft in eine Mischzone ausgangsseitig der Flammzone oder Brennzone, wozu das federnde Element der Mittel in Abhängigkeit der Druckdifferenz eine Wegstrecke zurücklegt, welche eine Öffnung des betreffenden Ventils für eine Bypassströmung eines Teils der verdichteten Luft in die Mischzone bewirkt. Die so aus mehreren Einzelteilen aufgebauten, den Mischluftöffnungen individuell zugeordneten Mittel der Vorrichtung zur Regelung des Mischluftanteils durch die Mischluftdüsen und damit auch des Anteils der dem Brenner zugeführten Brennerluft ergibt einen relativ hohen konstruktiven Aufwand, insbesondere bei Mikrogasturbinenbrennkammersystemen, womit auch eine möglichst zuverlässige Einstellung des Brennstoff-/Luftverhältnisses im Brenner bzw. der Verbrennungsluftzahl (Luftzahl A) für eine gleichbleibend schadstoffarme und dabei effiziente Verbrennung schwierig ist. Auch ist mit diesem Aufbau ein relativ hoher Kommissionierungsaufwand und Wartungsaufwand und dabei auch ein erhöhtes Versagensrisiko verbunden.

[0005] Ein Gasturbinenbrennkammersystem und ein Verfahren zu dessen Betrieb ist auch in der DE 43 04 201 A1 angegeben. Dabei ist ein Flammrohr beabstandet, unter Bildung eines ringförmigen Luftkanals, von einem Außenmantel konzentrisch umgeben und umschließt seinerseits einen Brennraum. Über den Luftkanal wird einem durch den Außenmantel und das Flammrohr hindurch in den Brennraum ragenden Brenner verdichtete Luft zugeführt und am Umfang des Flammrohrs sind Mischluftdüsen angeordnet, welche den Luftkanal mit dem Brennraum verbinden, um Sekundärluft (Mischluft) durch die Mischluftdüsen in den Heißgasstrom im Flammrohr einzubringen. Die Mischluftdüsen sind dabei zum Variieren des Mischluftanteils individuell regelbar, da eine bereits erprobte Lösung mit einem allen Mischluftöffnungen gemeinsamen Verstellring dort als nachteilig angesehen worden ist. Mit den individuellen Regelkomponenten der einzelnen Mischluftdüsen ergeben

sich jedoch ebenfalls die vorstehend genannten Nachteile.

[0006] Die AT 6 537 E zeigt bei einem Brennkammersystem eine Verschiebung eines Innenmantels entsprechend dem Gleichgewicht der pneumatischen Kraft eines Brennstoffdrucks auf der linken Seite eines Bodens und einer auf der rechten Seite des Bodens, turbinenseitig, wirkenden Kraft durch einen dort aufgebauten Druck. Auch ist eine faltenbalgartige Struktur gezeigt.

[0007] Verschiedene weitere Lösungsvorschläge zur Regelung der einem Brenner in einem Gasturbinenbrennkammersystem zugeführten Brennerluft zeigen die GB 1257610 A, die EP 2778531 A1, die FR 2133832 A1, die GB 2277582 A, die US 3952501 A und die DE 19545311 B4, wobei verschiedene, meist durch aktive Regelung angesprochene Stellglieder, im Zuströmkanal des Luftmassenstroms angeordnet sind und Verstellwege, Kräfte, Temperaturen oder Drücke manipuliert werden. Zwar ist bei solchen aktiv geregelten Vorrichtungen eine direkte Anpassung des Systems an die spezifischen Gegebenheiten jeder einzelnen Gasturbine ermöglicht. Ein Nachteil ist jedoch auch dabei, dass dies mit einem erhöhten Kommissionierungsaufwand verbunden ist und die verschiedenen Komponenten und Stellglieder einen relativ hohen Wartungsaufwand und ein erhöhtes Versagensrisiko zur Folge haben, wodurch insbesondere im Zusammenhang mit Mikrogasturbinenbrennkammersystemen Nachteile bei dem Ziel entstehen, eine schadstoffarme, zuverlässige Verbrennung über den gesamten Lastbereich zu erreichen.

[0008] Bei Mikrogasturbinenbrennkammersystemen variiert der Luftmassenstrom durch die Turbokomponenten stark mit dem Lastpunkt der angeschlossenen Turbinenanordnung über deren Lastbereich bzw. der geforderten elektrischen Leistung. Ebenso besteht zwischen Minimal- und Volllast ein stark variierender Bedarf an Brennstoffleistung und damit an Brennstoffmassenstrom. Dabei ist das jeweilige Verhältnis zwischen Luftmassenstrom und Brennstoffmassenstrom über den Lastbereich nicht konstant, sondern wird bei Teillast in Richtung von größeren Luftmassenströmen verschoben. Im Stand der Technik werden bei Mikrogasturbinen Brennkammern mit fest vorgegebenen Geometrien verwendet. Daher ergibt sich über den gesamten Lastbereich eine annähernd konstante Aufteilung zwischen der Luft, welche über den Brenner geleitet wird, und der Mischluft, welche nach der Verbrennungszone im Flammrohr eingemischt wird.

[0009] Aufgrund dieser konstanten Luftaufteilung ergibt sich im Reaktionsraum der Brennkammer eine Verschiebung des Verhältnisses zwischen Luft und Brennstoff, was zu einer deutlichen Änderung der Verbrennungsluftzahl A führt, wie in Fig. 5 gezeigt, in der über der Luftzahl λ (Abszisse 5) Emissionen e (Ordinate 6) von CO (Bezugszeichen 60) und NO_x (Bezugszeichen 61) bei Volllast und Teillast dargestellt sind. Somit liegen bei Teillast deutlich magerere Bedingungen im Brennraum vor als bei Volllast. Dies führt dazu, dass bei Bren-

nern, welche auf Volllast hinsichtlich NO_x optimiert sind, die CO-Emissionen bei Teillast den Gleichgewichtspfad verlassen und durch Nichtgleichgewichtseffekte aufgrund von unzureichenden Aufenthaltszeiten bei den hohen Luftzahlen λ bestimmt sind. Daher steigen die CO-Emissionen bei Teillast zum Teil stark an.

[0010] Eben solches gilt auch für die unverbrannten Kohlenwasserstoffe (UHCs). Dieser Effekt kann durch eine Brennstoffstufung teilweise kompensiert werden, indem eine Pilotstufe bei Teillast angefettet wird. Dies wird jedoch durch eine Steigerung der NO_x -Emissionen bei Teillast erkaufte. Des Weiteren kann die Pilotierung den Einfluss der Luftzahlverschiebung auch nur begrenzt kompensieren, so dass auch für diesen Fall stets eine Abwägung zwischen Abgasemissionen bei Volllast und bei Teillast getroffen werden muss.

[0011] Bei der Brennstoffstufung wird der einzubringende Brennstoffmassenstrom ungleich auf verschiedene Brennerstufen verteilt, so dass sich lokal fettere und damit heißere Gebiete der Vormischverbrennung ergeben. Dies führt dazu, dass die Verbrennung stabilisiert wird und gleichzeitig die CO- und UHC-Emissionen bei Lastpunkten sinken, welche global mit einem sehr mageren Zustand einhergehen. Dies ist typischerweise bei Teillast der Fall. Durch die lokal höheren Verbrennungstemperaturen steigen jedoch gleichzeitig die NO_x -Emissionen an. Ferner ist ein Sinken der CO-Emissionen bei global extrem mageren Bedingungen, wie sie zum Teil bei Mikrogasturbinen nahe des Minimallastpunkts vorkommen, nur sehr begrenzt durch eine Brennstoffstufung möglich, so dass bei diesen Lastpunkten immer noch erhebliche CO- und UHC-Emissionen emittiert werden.

[0012] Hinzu kommt, dass eine Verbauung des Strömungspfad zum Brenner zu einem erhöhten Druckverlust des Gasturbinenbrennkammersystems, insbesondere Mikrogasturbinenbrennkammersystem führt, wodurch der Wirkungsgrad der Gasturbine, insbesondere Mikrogasturbine, negativ durch Einbauelementen der Regelungsvorrichtung, wie Drosseln und Ventilkomponenten im Luftpfad nachteilig beeinflusst wird.

[0013] Ausgehend von diesen Nachteilen bekannter Gasturbinenbrennkammersysteme mit Luftregelvorrichtungen und unter Berücksichtigung vorstehender Vorüberlegungen und Erkenntnisse liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Gasturbinenbrennkammersystem, insbesondere Mikrogasturbinenbrennkammersystem, so weiterzubilden, dass eine schadstoffarme, zuverlässige Verbrennung über den gesamten Lastbereich einer zugeordneten Turbinenanordnung erreicht wird, und ein entsprechendes Verfahren zur Verfügung zu stellen.

[0014] Diese Aufgabe wird bei einem Gasturbinenbrennkammersystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und bei einem Verfahren zum Betreiben eines solchen mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst.

[0015] Bei dem Gasturbinenbrennkammersystem (nachfolgend auch kurz als Brennkammersystem be-

zeichnet) ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Regelvorrichtung eine auf eine Druckdifferenz (Δp) zwischen dem Zuströmkanal der Luft und der Umgebung des Brennkammersystems (in der Regel Atmosphärendruck) ansprechende Stellvorrichtung aufweist, mittels der die lichte Durchströmweite (Strömungsquerschnitt) der Mischluftöffnungen in Abhängigkeit des Lastpunkts, insbesondere kontinuierlich, mit sich erhöhendem Lastpunkt verringert und mit abnehmendem Lastpunkt vergrößert ist.

[0016] Bei dem Verfahren zum Betreiben eines Gasturbinenbrennkammersystems ist im Zusammenhang mit den Merkmalen des Oberbegriffs vorgesehen, dass die lichte Durchströmweite der Mischluftöffnungen in Abhängigkeit der Druckdifferenz (Δp) zwischen dem Zuströmkanal und der äußeren Umgebung des Brennkammersystems geregelt wird, indem die lichte Durchströmweite mit einer Erhöhung des Lastpunkts einer angekoppelten Turbinenanordnung verringert und mit einer Reduzierung des Lastpunkts vergrößert wird.

[0017] Mit diesen Maßnahmen wird die Druckdifferenz der Luft in dem Zuströmkanal bzw. einem dort angeordneten Zuströmröhr und der Umgebung des Brennkammersystems um das Druckgehäuse vorteilhaft zur Regelung des Brennerluftstroms und damit des bei der Verbrennung vorliegenden Brennstoff-/Luftverhältnisses genutzt, wodurch die Luftzahl bei unterschiedlichen Lastpunkten über den Lastbereich einer angekoppelten Turbine zum Erreichen optimaler Abgaswerte eingehalten werden kann. Eine optimierte Regelung wird dabei auch dadurch begünstigt, dass im Bereich der Stellvorrichtung und der Erfassung der Druckdifferenz moderate Temperaturen der Einbaustelle vorliegen. Das Druckgefälle zwischen der Luft des Zuführkanals und der Umgebung korreliert über den Lastbereich der Gasturbine sehr gut mit dem für die Verbrennung erforderlichen Massenstromverhalten.

[0018] Ist dabei vorgesehen, dass die Stellvorrichtung mechanisch, und insbesondere passiv arbeitend, aufgebaut ist, wobei die Druckdifferenz mittelbar oder, vorzugsweise, unmittelbar als Antriebsquelle genutzt ist, kann der Aufbau bei geringem Aufwand mit wenigen Komponenten mit hoher Zuverlässigkeit und kostengünstig verwirklicht werden. Bei unmittelbarer Nutzung der Druckdifferenz als Antriebsquelle wird nur eine druckausnutzende Einheit benötigt, wobei der Mechanismus von extrem heißen Komponenten des Flammrohrs abgesetzt ist, was zur hohen Zuverlässigkeit beiträgt. Zudem können durch die passiv aufgebaute Regelvorrichtung, insbesondere für den passiv geregelten Anteil der Mischluftströmung, vorteilhaft industriell erhältliche Komponenten verwendet werden und es ergibt sich ein geringes Versagensrisiko in Folge geringer Komplexität und ein geringer Wartungsaufwand. Auch kann der Strömungskanal strömungsgünstig, möglichst unverbaut ausgeführt werden, um den Druckverlust über den Strömungspfad des Luftmassenstroms mit dem Brennerluftanteil klein zu halten, was sich positiv auf den Wirkungs-

grad insbesondere der Mikrogasturbinenbrennkammer auswirkt.

[0019] Zum Erreichen dieser Vorteile bestehen alternative Ausgestaltungsvarianten darin, dass bei Nutzung der Druckdifferenz (Δp) als mittelbare Antriebsquelle eine Stelleinheit mit einem Druckaufnehmer, einer Wandlereinheit und mindestens einem von dieser angetriebenen Stellglied vorhanden ist, mittels dessen die lichte Durchströmweite der Mischluftöffnungen über eine Schließeinheit variierbar ist, und dass bei Nutzung der Druckdifferenz (Δp) als unmittelbare Antriebsquelle das mindestens eine Stellglied selbst als Druckaufnehmer ausgebildet ist, mittels dessen die lichte Durchströmweite der Mischluftöffnungen über die Schließeinheit variierbar ist. Bei der mittelbaren Nutzung der Druckdifferenz als Antriebsquelle kann die Druckdifferenz über die Wandlereinheit indirekt zur Ansteuerung einer anderen mechanischen oder anderen physikalischen Energiequelle zugeführt werden, um das mindestens eine Stellglied zur Änderung der lichten Durchströmweite der Mischluftöffnungen über die Schließeinheit anzutreiben, wobei gleichwohl die Druckdifferenz zwischen dem Zuströmkanal und der Umgebung genutzt ist. Ist die Druckdifferenz als unmittelbare Antriebsquelle des Stellglieds genutzt, ergibt sich ein besonders einfacher Aufbau.

[0020] Dabei besteht eine für den Aufbau und die Funktion vorteilhafte Ausgestaltung darin, dass die Stellvorrichtung als mindestens ein Stellglied einen Faltenbalg, insbesondere aus Metall, aufweist, der mit seinem einen stirnseitigen Endbereich fest mit dem Druckgehäuse verbunden ist und mit seinem in Längsrichtung beabstandeten anderen stirnseitigen Endbereich an einem Verbindungsabschnitt über mindestens ein Zwischenglied mit der mindestens ein Schließelement umfassenden Schließeinheit verbunden ist und dass der Innenraum des Faltenbalgs über mindestens einen Druckausgleichskanal mit dem Luft-Zuströmkanal in Verbindung gebracht ist. Ein solcher Faltenbalg, insbesondere aus Metall, ist kommerziell in verschiedenen Ausführungen erhältlich, wobei seine Auslenkung zum Verstellen der Schließeinheit einerseits über die Druckänderung in Abhängigkeit des Lastpunkts und andererseits, dem Druck entgegenwirkend, durch die ihm innewohnende elastische Rückstellkraft bewirkt wird. Dabei lassen sich die erforderlichen wirkenden Kraftparameter gut, z. B. durch Simulation und/oder reale Versuche, auf das jeweilige Brennkammersystem abstimmen, wobei weitere zu berücksichtigende Parameter, wie Verstellweg, Größe und Form der Mischluftöffnungen jeweils geeignet ermittelt werden können.

[0021] Eine für einen einfachen Aufbau und zuverlässige Funktion weitere vorteilhafte Ausgestaltung besteht darin, dass die Schließeinheit als Blende ausgebildet ist, die mittels des Stellglieds in Längsrichtung des Flammrohrs, die Mischluftöffnungen zum Variieren der lichten Durchströmweite bzw. des Strömungsquerschnitts mehr oder weniger verschließend, translatorisch verschiebbar und/oder rotatorisch in Umfangsrichtung verstellbar ist.

Über die z. B. manschettenartig ausgebildete Blende lassen sich die Mischluftöffnungen durch einen einfachen Verstellmechanismus in Abhängigkeit von der Druckdifferenz leicht variieren. Das Material der Schließeinheit und ihre physikalischen bzw. mechanischen Eigenschaften lassen sich zum Erreichen einer guten Funktionsfähigkeit z. B. hinsichtlich guter Gleiteigenschaften bei unterschiedlichen Temperaturen des Flammrohrs geeignet wählen.

[0022] Zu einem vorteilhaften Aufbau trägt auch bei, dass der Verbindungsabschnitt, das Zwischenglied und die Schließeinheit starr miteinander verbunden sind.

[0023] Eine für den Aufbau und die Funktion weitere vorteilhafte Ausgestaltung des Brennkammersystems besteht darin, dass das Druckgehäuse auf seiner der Eingangsseite des Flammrohrs benachbarten Vorderseite einen Vorderwandabschnitt aufweist, auf dessen der Umgebung des Brennkammersystems zugekehrter Außenseite mehrere Stellglieder angebracht sind, und dass mehrere längs der Außenseite des Flammrohrs, insbesondere durch den Zuströmkanal, verlaufende Zwischenglieder als Haltestreben bzw. Haltestäbe ausgebildet sind, die an ihrem dem Ausgangsabschnitt des Flammrohrs zugewandten rückseitigen Endbereich mit der Schließeinheit verbunden sind und mit ihrem davon beabstandeten vorderen Endbereich über den Verbindungsabschnitt mit den ihnen zugeordneten Stellgliedern verbunden sind. Der Vorderwandabschnitt des Druckgehäuses wird dabei z. B. durch einen Brennerflansch des eingebauten Brenners gebildet.

[0024] In weiterer konstruktiver Ausgestaltung ist vorteilhaft vorgesehen, dass die als Blende ausgestaltete Schließeinheit als Ringblende ausgebildet ist, welche im Bereich der Mischluftöffnungen um das Flammrohr umläuft und sich mit gleichbleibendem, an den Außenquerschnitt des Flammrohrs angepassten Innenquerschnitt soweit axial über das Flammrohr erstreckt, dass die lichte Durchströmweite der Mischluftöffnungen über die maximale Änderung der Druckdifferenz (Δp) zumindest weitgehend von vollständig offen bis teilweise (bzw. aus Funktionsgründen nicht vollständig) geschlossen variierbar ist, wobei das Flammrohr zumindest im Bereich der Mischluftöffnungen und des Verschiebewegs der Ringblende über einen axialen Erstreckungsabschnitt gleichbleibenden Außenquerschnitt besitzt. Mit diesen Maßnahmen lässt sich eine vorteilhafte Abstimmung der Funktion auf die Steuerung bzw. Regelung des Brennerluftanteils über den gesamten Lastbereich der Turbine zum Erreichen optimaler Abgaswerte vorteilhaft verwirklichen.

[0025] Zu einer zuverlässigen Funktionsfähigkeit trägt dabei weiterhin bei, dass die Außenfläche des Flammrohrs zumindest über den axialen Erstreckungsabschnitt im Bereich der Mischluftöffnungen und des Verschiebewegs und der Innenquerschnitt der Ringblende über ihre axiale Erstreckung Kreiszyylinderform aufweisen, wodurch ein einfacher Aufbau und eine gute Verstellbarkeit erreicht werden.

[0026] Ist des Weiteren vorgesehen, dass das Flammrohr in Umfangsrichtung mehrere, vorzugsweise äquidistant, voneinander beabstandete, beispielsweise in derselben oder in mehreren Ebenen senkrecht zur Flammrohrachse angeordnete Mischluftöffnungen aufweist und dass die Ringblende mehrere in derselben oder in mehreren zur Flammrohrachse senkrechten Blendenebenen liegende Blendenöffnungen aufweist, die in Umlaufrichtung entsprechend den Mischluftöffnungen beabstandet und zum vollständigen oder zumindest weitgehenden Öffnen der Mischluftöffnungen mit diesen bei minimaler Druckdifferenz (Δp) weitgehend oder vollständig in Deckung und zum vollständigen oder zumindest weitgehenden Schließen der Mischluftöffnungen bei maximaler Druckdifferenz (Δp) möglichst weitgehend oder vollständig außer Deckung bringbar sind, so werden weitere gute Abstimmungsmöglichkeiten hinsichtlich einer genauen Regelung des Luftmassenstroms und einer schadstoffarmen Verbrennung erreicht, wobei z. B. die geometrische Form der Mischluftöffnungen und der Blendenöffnungen in Abhängigkeit der Anforderungen an die Verbrennung bei verschiedenen Lastpunkten der Turbine gewählt werden können, wie Größe, Form und damit erreichter Änderung der lichten Durchströmweite für den Mischluftanteil bei den jeweils in Abhängigkeit des Lastpunkts vorliegenden Druckdifferenzen.

[0027] Eine für einen stabilen Aufbau und eine zuverlässige Funktion weitere vorteilhafte Ausgestaltung besteht darin, dass die Haltestäbe in ihrem den Brenner nach vorne überragenden Abschnitt durch in den Vorderwandabschnitt des Druckgehäuses eingebrachte Bohrungen in das Innere der ihnen zugeordneten Faltenbalge geführt und an diesen über den jeweiligen Verbindungsabschnitt befestigt sind. Die Bohrungen können dabei vorteilhaft auch als Verbindungsöffnungen für eine Druckausgleichsverbindung dienen. Auch zusätzliche Druckausgleichsbohrungen zwischen dem Balginnern und der Brennkammer sind denkbar.

[0028] Ein stabiler Aufbau, der auch eine zuverlässige Funktion begünstigt, besteht ferner darin, dass die Haltestäbe mit einem gemeinsamen umlaufenden Stabilisierungsring verbunden sind, der bei Verstellung der Blende in Richtung minimaler Durchströmweite bzw. Verschluss der Mischluftöffnungen einen Anschlag gegen die Innenseite des Vorderwandabschnitts des Druckgehäuses bildet.

[0029] Die Verstellung der Blende wird auch dadurch begünstigt, dass die Haltestäbe durch weitere Führungselemente entlang dem Flammrohr in Verschieberichtung geführt sind.

[0030] Eine für die Funktion und eine zuverlässige Regelung vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens besteht darin, dass die Regelvorrichtung passiv arbeitet, wobei eine Regelmechanik auf die Druckdifferenz (Δp) in der Weise anspricht, dass durch die Druckdifferenz (Δp) ein Stellglied angetrieben und von diesem eine Blende bewegt wird, durch welche die lichte Durchströmweite der Mischluftöffnungen in Abhängigkeit des Lastpunkts

über den Lastbereich variiert wird, um optimale Abgaswerte zu erhalten.

[0031] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Gasturbinenbrennkammersystem im Längsschnitt mit einer schematisch dargestellten Regelvorrichtung für einen Luftmassenstrom,

Fig. 2 wesentliche erfindungsgemäße Komponenten eines Gasturbinenbrennkammersystems mit einem Flammrohr und einer Regelvorrichtung in perspektivischer seitlicher Ansicht,

Fig. 3 einen Ausschnitt des Gasturbinenbrennkammersystems in aufgeschnittener perspektivischer Ansicht teilweise von innen,

Fig. 4 einen vergrößerten Ausschnitt des Gasturbinenbrennkammersystems nach Fig. 3 mit einem Abschnitt einer Verstelleinheit im Bereich eines Stellglieds und

Fig. 5 ein Schaubild mit einem Verlauf von emittierten Schadstoffkomponenten über der Luftzahl λ bei verschiedenen Lastpunkten einer Turbine.

[0032] Fig. 1 zeigt ein Brennkammersystem 1 (teilweise) im Längsschnitt mit einem äußeren Druckgehäuse 2, welches außen, zur Umgebung hin, auf seiner Vorderseite mit einem Vorderwandabschnitt versehen ist, der durch einen Brennerflansch 22 gebildet ist, und umfangseitig von einer Außenwandung 20 (Außenschale, vorzugsweise Gusskörper) und innenseitig von einer Isolierung 21 umgeben ist. Im Innern des Druckgehäuses 2 ist, mit seiner Außenseite von der Innenseite der Isolierung 21 beabstandet, ein Flammrohr 34 angeordnet, welches auf seiner Vorderseite (Eingangsseite) mit einem Brenner 31 versehen ist und auf seiner von der Vorderseite abgekehrten Rückseite (Ausgangsseite) an eine (nicht gezeigte) Turbinenanordnung über einen dafür ausgestalteten Koppelabschnitt mit Koppellementen angeschlossen bzw. anschließbar ist.

[0033] Der Raum zwischen der Innenseite des Druckgehäuses 2 bzw. der Isolierung 21 und der Außenseite der Wandung des Flammrohrs 34 ist als im Querschnitt ringförmig umlaufender, insbesondere kreiszylindrischer, Zuströmkanal 330 ausgebildet, über den von der Rückseite (Ausgangsseite) des Brennkammersystem 1 her komprimierte Luft dem Brenner 31 zuführbar ist, um in diesen eingebrachten Brennstoff in einer Brennkammer 30 im Innern des Flammrohrs 34 zu verbrennen. Um in den Zuströmkanal 330 möglichst günstige Strömungsverhältnisse zu erreichen, ist dieser mit einem Zuströmrohr 33 versehen, zwischen dessen Innenseite und der Außenseite des Flammrohrs 34 die Luft zum Brenner 31

geleitet wird, wie die in Fig. 1 eingezeichneten Strömungspfeile zeigen.

[0034] In dem Flammrohr 34 sind, vorzugsweise in einem zur Ausgangsseite hin hinter der Brennkammer 30 liegenden Ausgangsabschnitt, insbesondere hinter einer Flammzone 32 (Brennzone) zur Ausgangsseite hin liegenden Ausgangsabschnitt Mischluftöffnungen 320 angeordnet. Diese können z. B. in Umlaufrichtung äquidistant voneinander beabstandet sein und z. B. in einer oder mehreren zur Längserstreckung des Flammrohrs 34 senkrechten Querschnittsebenen liegen. Über die Mischluftöffnungen 320 kann den im Innern des Flammrohrs 34 von der Eingangsseite zur Ausgangsseite strömenden Verbrennungsgasen Luft aus dem von der Rückseite des Brennkammersystems 1 her eingeleiteten komprimierten Luftmassenstrom beigemischt werden.

[0035] Über den aus dem zugeführten Luftmassenstrom abgezweigten Mischluftanteil können die Verbrennungsvorgänge stabilisiert und hinsichtlich der emittierten Abgaswerte optimiert werden, wobei der dem Brenner zugeführte Brennerluftanteil über den Lastbereich der zugeordneten Gasturbine in Abhängigkeit des Lastpunkts zum Vorgeben eines geeigneten Brennstoff-/Luftverhältnisses bzw. der Verbrennungsluftzahl (Luftzahl λ) eingestellt wird, wie eingangs näher erläutert. Hierzu wird die lichte Durchströmweite durch die Mischluftöffnungen 320 in Abhängigkeit des Lastpunkts der Gasturbine mittels einer Regelvorrichtung über eine Stellvorrichtung 4 in Abhängigkeit der Druckdifferenz Δp zwischen dem in dem Zuströmkanal 330 herrschenden Luftdruck und dem in der Umgebung des Brennkammersystems 1 vorliegenden Luftdruck variiert.

[0036] Bei dem vorliegenden Gasturbinenbrennkammersystem 1, insbesondere in Ausgestaltung als Mikrogasturbinenbrennkammersystem (ein solches ist in der Regel für Brennerleistungsbereiche von 10 kW bis 1,5 MW und gelegentlich bis 2 MW ausgelegt), weist die Regelvorrichtung eine Stellvorrichtung 4 mit einer verschiebbaren Schließseinheit 40 auf, die, wie in den Fig. 1 bis 4 gezeigt, als ringförmige Blende 400, ähnlich einer Manschette, ausgestaltet ist und mit Blendenöffnungen 401 versehen ist, die in ihrer Position und Größe so ausgebildet sind, dass sie mit den Mischluftöffnungen 320 möglichst vollständig in Deckung bringbar sind, so dass deren lichte Durchströmweite möglichst vollständig oder zumindest weitgehend zum Durchtritt des Mischluftanteils verfügbar ist.

[0037] Eine vorteilhafte nähere Ausgestaltung der Regelvorrichtung mit der Schließseinheit 40 und einer Stellseinheit mit einem auf die Druckdifferenz Δp zwischen dem Druck im Zuströmkanal 330, insbesondere in dessen Pfad für den abgezweigten Brennerluftanteil, und dem Umgebungsdruck auf der Außenseite des Druckgehäuses 2 ansprechenden Stellglied ist in den Fig. 2, 3 und 4 anhand eines Ausführungsbeispiels näher dargestellt. Bei der gezeigten Ausführung sind die Mischluftöffnungen 320 als runde Mischluftbohrungen ausgebildet; es ist jedoch auch denkbar, geometrisch anders ge-

formte Mischluftöffnungen 320 vorzusehen, wie rechteckige oder nicht symmetrische Formen, um die lichte Durchströmweite zum Erreichen eines optimalen Brennstoff-/Luftverhältnisses bzw. Luftzahl λ für die Verbrennung und optimale Abgaswerte bei dem jeweiligen Lastpunkt der Gasturbine geeignet zu variieren.

[0038] Die Blende wird mittels außen entlang des Flammrohrs 34 angeordneter Haltestreben in Form von Haltestäben 41 mittels des Stellglieds 43 verschoben, welches unmittelbar auf die Druckdifferenz Δp anspricht und vorliegend als, insbesondere metallischer, Faltenbalg 430 als Druck ausnutzendes Bauteil ausgebildet ist. Die Schließeinheit besteht somit aus der verschiebbaren Blende 400, mehreren Haltestäben 41, und mehreren Metallfaltenbalgen 430, wobei die Haltestreben in ihrem von der Blende 400 abgekehrten vorderen Abschnitt zusätzlich durch einen umlaufenden Stabilisierungsring 42 in ihrer relativen Position zueinander gehalten sind. Die Haltestreben bzw. Haltestäbe 41 ragen mit ihrem vorderen Endabschnitt durch Durchführöffnungen in dem Vorderwandabschnitt bzw. dem Brennerflansch 22 in das Innere des jeweils zugeordneten Faltenbalgs 430, die auf der Außenseite des Brennerflansches 22 mit ihrer Längsachse parallel bzw. konzentrisch zu den Haltestäben 41 ausgerichtet und befestigt sind. Die Haltestäbe 41 sind dabei in den Durchführöffnungen verschieblich geführt und können zusätzlich durch weitere Führungselemente auf der Außenseite des Flammrohrs 34 geführt sein. Die vorderen Enden der Haltestäbe 41 sind im Innern der Faltenbälge 430 über Verbindungsabschnitte an deren vorderen Abschlusswänden befestigt.

[0039] Das Innere der Faltenbälge 430 steht über in dem Brennerflansch 22 bzw. dem Vorderwandabschnitt des Druckgehäuses 2 vorhandene Verbindungsöffnungen 220 in Druckausgleichsverbinding mit dem Zuströmkanal 330, so dass im Innern des Faltenbalgs 430 der jeweilige mit dem Lastpunkt der Gasturbine und der Verbrennung korrelierende (im Wesentlichen statische) Druck herrscht und sich somit die von dem Lastpunkt abhängige jeweilige Druckdifferenz Δp einstellt, durch die der insbesondere als Metallfaltenbalg ausgebildete Faltenbalg 430 entgegen seiner durch seine Elastizität bewirkten Federkraft ausgedehnt wird. Dadurch wird die Blende 400 über die Haltestäbe 41 in Abhängigkeit von der Druckdifferenz Δp verschoben und die lichte Durchströmweite für den Mischluftanteil durch die Mischluftöffnungen 320 entsprechend eingeregelt, so dass sich infolge des dabei ebenfalls geregelten Brennerluftanteils das Brennstoff-/Luftverhältnis bzw. die Luftzahl λ der durch den jeweiligen Lastpunkt gegebenen Leistungsanforderung der Gasturbine anpasst, wobei die Änderung der lichten Durchströmweite der Mischluftöffnungen hinsichtlich optimaler Abgaswerte und Verbrennungseffizienz eingestellt ist.

[0040] Die Faltenbälge 430 bestehen aus einem hochwarmfesten Edelstahl und sind auf den Verlauf der vorliegenden Druckdifferenz Δp zwischen der Brennkammer 30 bzw. dem Zuströmkanal 330 und der Umgebung

über den Lastbereich der Gasturbine ausgelegt. Da bei Teillast ein geringeres Druckniveau in der Brennkammer vorherrscht als bei Volllast, werden die Faltenbälge bei Volllast weiter ausgedehnt, so dass die Blende 400 in Richtung des Brenners 31 gleitet. Dies führt dazu, dass die unversperrte Fläche der Mischluftöffnungen 320 bei Volllast kleiner ist als bei Teillast und somit ein geringerer Mischluftanteil über die Mischluftöffnungen 320 geleitet wird. Dadurch erhöht sich bei Volllast der Brennerluftanteil, was somit zu einer größeren Luftzahl λ führt. Durch das Zusammenspiel aus der Ausdehnung der Faltenbälge 430 und der sich damit ergebenden Änderung der unversperrten Fläche der Mischluftöffnungen 320 kann durch die Auslegung der Regelvorrichtung mit ihren Komponenten eine annähernd konstante Luftzahl über den Brenner 31 für den gesamten Lastbereich der Gasturbine realisiert werden.

[0041] Der Stabilisierungsring 42, der zur Stabilisierung der Haltestäbe 41 dient, so dass sich diese ausschließlich axial (in Richtung der Längsachse des Flammrohrs 34) bewegen können, dient vorliegend des Weiteren als Begrenzung der Ausdehnung (des Verstellwegs), so dass sich die Faltenbälge 430 nicht weiter ausdehnen können, sobald der Stabilisierungsring 42 an der Innenseite des Brennerflansches 22 anstößt.

[0042] Mit dem gezeigten Aufbau wird somit eine aus wenigen Komponenten bestehende, passiv arbeitende, robuste Regelvorrichtung erreicht, die eine zuverlässige, schadstoffarme Regelung der Verbrennung in Gasturbinenbrennkammersystemen, insbesondere Mikrogasturbinenbrennkammersystemen, über den gesamten Lastbereich ergibt.

35 Patentansprüche

1. Gasturbinenbrennkammersystem (1), insbesondere Mikrogasturbinenbrennkammersystem, mit

- einer Brennkammer (30), die ein sich längs erstreckendes, eine Flammzone umgebendes Flammrohr (34) aufweist, welches auf seiner Eingangsseite mit einem Brenner (31) versehen ist und an seiner von dieser abgekehrten Ausgangsseite an eine Turbinenanordnung angekoppelt oder ankoppelbar ist und in einem Ausgangsabschnitt mit Mischluftöffnungen (320) versehen ist,

- mit einem die Brennkammer (30) umgebenden Druckgehäuse (2), zwischen dessen Innenseite und der Außenseite des Flammrohrs (34) zum Zuführen eines Luftmassenstroms ein von dessen Ausgangsseite zur Eingangsseite führender Zuströmkanal (330) gebildet ist, über den ein Mischluftanteil über die Mischluftöffnungen (320) in das Innere des Flammrohrs (34) und ein Brennerluftanteil zu dem Brenner (31) zur Verbrennung mit eingeströmtem Brennstoff ge-

führt wird, und

- mit einer Regelvorrichtung, über die der dem Brenner (31) zugeführte Brennerluftanteil regelbar ist, indem der Mischluftanteil in Abhängigkeit des Lastpunkts der Turbinenanordnung durch Verstellen der lichten Durchströmweite der Mischluftöffnungen (320) variiert wird,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Regelvorrichtung eine auf eine Druckdifferenz (Δp) zwischen dem Zuströmkanal (330) der Luft und der Umgebung des Brennkammersystems (1) ansprechende Stellvorrichtung (4) aufweist, mittels der die lichte Durchströmweite der Mischluftöffnungen (320) in Abhängigkeit des Lastpunkts, insbesondere kontinuierlich, mit sich erhöhendem Lastpunkt verringerbar und mit abnehmendem Lastpunkt vergrößerbar ist.

2. Brennkammersystem nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Stellvorrichtung (4) mechanisch aufgebaut ist, wobei die Druckdifferenz (Δp) mittelbar oder, insbesondere, unmittelbar als Antriebsquelle genutzt ist.

3. Brennkammersystem nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass bei Nutzung der Druckdifferenz (Δp) als mittelbare Antriebsquelle eine Stelleinheit mit einem Druckaufnehmer, einer Wandlereinheit und mindestens einem von dieser angetriebenen Stellglied (43) vorhanden ist, mittels dessen die lichte Durchströmweite der Mischluftöffnungen (320) über eine Schließseinheit (40) variiert ist, und

dass bei Nutzung der Druckdifferenz (Δp) als unmittelbare Antriebsquelle das mindestens eine Stellglied (43) selbst als Druckaufnehmer ausgebildet ist, mittels dessen die lichte Durchströmweite der Mischluftöffnungen (320) über die Schließseinheit (40) variiert ist.

4. Brennkammersystem nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Stellvorrichtung (4) als mindestens ein Stellglied (43) einen Faltenbalg (430), insbesondere aus Metall, aufweist, der mit seinem einen stirnseitigen Endbereich fest mit dem Druckgehäuse (2) verbunden ist und mit seinem in Längsrichtung beabstandeten anderen stirnseitigen Endbereich an einem Verbindungsabschnitt über mindestens ein Zwischenglied mit der mindestens ein Schließelement umfassenden Schließseinheit (40) verbunden ist und **dass** der Innenraum des Faltenbalgs über min-

destens einen Druckausgleichskanal mit dem Luft-Zuströmkanal (330) in Verbindung gebracht ist.

5. Brennkammersystem nach Anspruch 3 oder 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Schließseinheit (40) als Blende (400) ausgebildet ist, die mittels des Stellglieds (43) in Längsrichtung des Flammrohrs (34), die Mischluftöffnungen (320) zum Variieren der Durchströmweite mehr oder weniger überdeckend, verschiebbar und/oder in Umfangsrichtung verstellbar ist.

6. Brennkammersystem nach Anspruch 4 oder 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Verbindungsabschnitt, das Zwischenglied und die Schließseinheit (40) starr miteinander verbunden sind.

7. Brennkammersystem nach einem der Ansprüche 4 bis 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Druckgehäuse (2) auf seiner der Eingangsseite des Flammrohrs (34) benachbarten Vorderseite einen Vorderwandabschnitt aufweist, auf dessen der Umgebung des Brennkammersystems (1) zugekehrter Außenseite die Stellglieder (43) angebracht sind, und **dass** mehrere längs der Außenseite des Flammrohrs (34), insbesondere durch den Zuströmkanal (330), verlaufende Zwischenglieder als Haltestäbe (41) ausgebildet sind, die an ihrem dem Ausgangsabschnitt des Flammrohrs (34) zugewandten rückseitigen Endbereich mit der Schließseinheit (40) verbunden sind und mit ihrem davon beabstandeten vorderen Endbereich über den Verbindungsabschnitt mit den ihnen zugeordneten Stellgliedern (43) verbunden sind.

8. Brennkammersystem nach einem der Ansprüche 5 bis 7,

dadurch gekennzeichnet,

dass die als Blende (400) ausgestaltete Schließseinheit (40) als Ringblende ausgebildet ist, welche im Bereich der Mischluftöffnungen (320) um das Flammrohr (34) umläuft und sich mit gleichbleibendem, an den Außenquerschnitt des Flammrohrs (34) angepassten Innenquerschnitt soweit axial über das Flammrohr (34) erstreckt, dass die lichte Durchströmweite der Mischluftöffnungen (320) über die maximale Änderung der Druckdifferenz (Δp) zumindest weitgehend von vollständig offen bis teilweise geschlossen variiert ist, wobei das Flammrohr (34) zumindest im Bereich der Mischluftöffnungen (320) und des Verschiebewegs der Ringblende über einen axialen Erstreckungsabschnitt gleichbleiben-

den Außenquerschnitt besitzt.

9. Brennkammersystem nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Außenfläche des Flammrohrs (34) zumindest über den axialen Erstreckungsabschnitt im Bereich der Mischluftöffnungen (320) und des Verschiebewegs und der Innenquerschnitt der Ringblende über ihre axiale Erstreckung Kreiszylinderform aufweisen.

10. Brennkammersystem nach Anspruch 8 oder 9,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Flammrohr (32) in Umfangsrichtung mehrere, vorzugsweise äquidistant, voneinander beabstandete, beispielsweise in derselben oder in mehreren Ebenen senkrecht zur Flammrohrachse angeordnete Mischluftöffnungen (320) aufweist und

dass die Ringblende mehrere in derselben oder in mehreren zur Flammrohrachse senkrechten Blendenebenen liegende Blendenöffnungen aufweist, die in Umlaufrichtung entsprechend den Mischluftöffnungen (320) beabstandet und zum vollständigen oder zumindest weitgehenden Öffnen der Mischluftöffnungen (320) mit diesen bei minimaler Druckdifferenz (Δp) weitgehend oder vollständig in Deckung und zum vollständigen oder zumindest weitgehenden Schließen der Mischluftöffnungen (320) bei maximaler Druckdifferenz (Δp) möglichst weitgehend oder vollständig außer Deckung bringbar sind.

11. Brennkammersystem nach einem der Ansprüche 7 bis 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Haltestäbe (41) in ihrem den Brenner (31) nach vorne überragenden Abschnitt durch in den Vorderwandabschnitt des Druckgehäuses (2) eingebrachte Bohrungen in das Innere der ihnen zugeordneten Faltenbalge (430) geführt und an diesen über den jeweiligen Verbindungsabschnitt befestigt sind.

12. Brennkammersystem nach einem der Ansprüche 7 bis 11,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Haltestäbe (41) mit einem gemeinsamen umlaufenden Stabilisierungsring (42) verbunden sind, der bei Verstellung der Blende (400) in Richtung minimaler Durchströmweite bzw. Verschluss der Mischluftöffnungen (320) einen Anschlag gegen die Innenseite des Vorderwandabschnitts des Druckgehäuses (2) bildet.

13. Brennkammersystem nach einem der Ansprüche 7 bis 12.

dadurch gekennzeichnet,

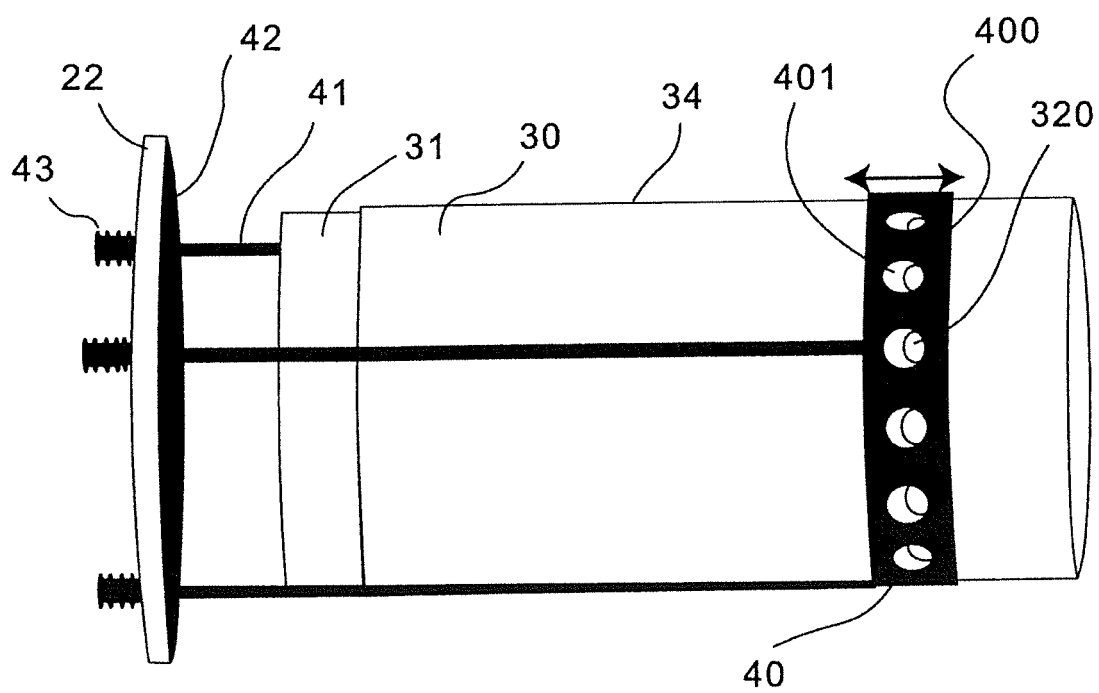
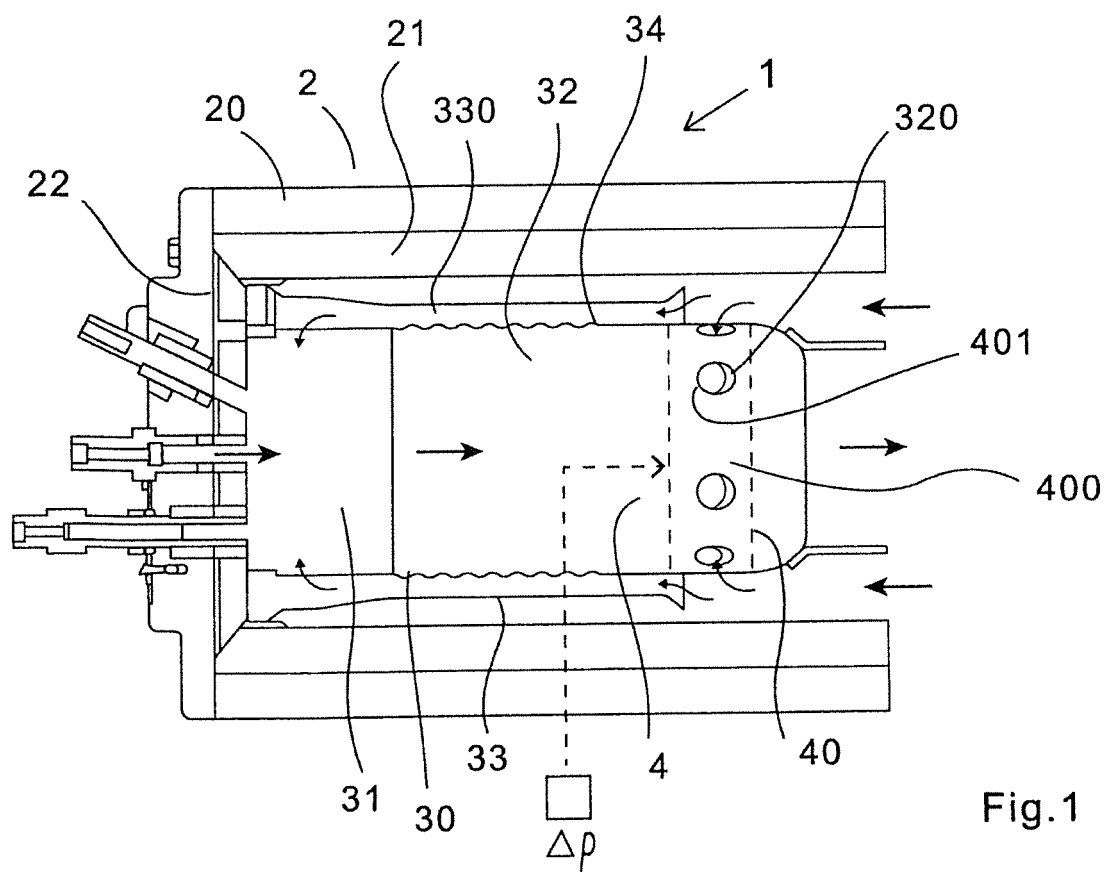
dass die Haltestäbe (41) durch weitere Führungselemente entlang dem Flammrohr (34) in Verschieberichtung geführt sind.

14. Verfahren zum Betreiben eines Gasturbinenbrennkammersystems (1), insbesondere eines Mikrogasturbinenbrennkammersystems, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein Luftmassenstrom über einen Zuströmkanal (330) zwischen der Innenseite eines umgebenden Druckgehäuses (2) und der Außenseite eines Flammrohrs (34) von dessen Ausgangsseite her zugeführt und mittels in einem Ausgangsabschnitt des Flammrohrs (31) angeordneter Mischluftöffnungen (320) in einen Mischluftanteil, der hinter einer Flammzone in das Innere des Flammrohrs (31) geleitet wird, und einen Brennerluftanteil aufgeteilt wird, der einem auf der Eingangsseite des Flammrohrs (34) angeordneten Brenner (31) zur Verbrennung mit Brennstoff zugeführt wird, wobei das Brennstoff-/Luftverhältnis durch Variieren der lichten Durchströmweite der Mischluftöffnungen (320) mittels einer Regelvorrichtung geregelt wird, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die lichte Durchströmweite der Mischluftöffnungen (320) in Abhängigkeit der Druckdifferenz (Δp) zwischen dem Zuströmkanal (330) und der äußeren Umgebung des Brennkammersystems (1) geregelt wird, indem die lichte Durchströmweite mit einer Erhöhung des Lastpunkts einer angekoppelten Turbinenanordnung verringert und mit einer Reduzierung des Lastpunkts vergrößert wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Regelvorrichtung passiv arbeitet, wobei eine Regelmechanik auf die Druckdifferenz (Δp) in der Weise anspricht, dass durch die Druckdifferenz (Δp) ein Stellglied (43) angetrieben und von diesem eine Blende (400) bewegt wird, durch welche die lichte Durchströmweite der Mischluftöffnungen (320) in Abhängigkeit des Lastpunkts über den Lastbereich variiert wird, um optimale Abgaswerte zu erhalten.



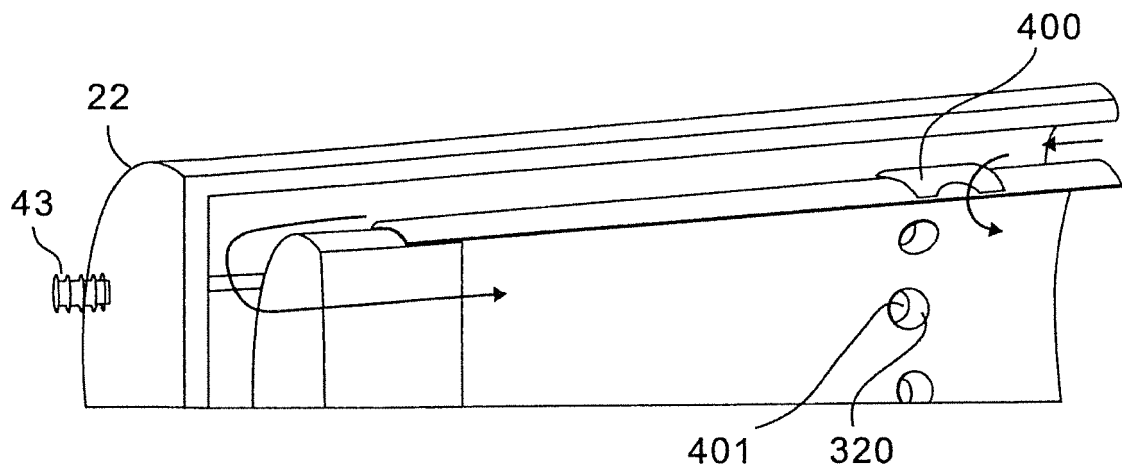


Fig.3

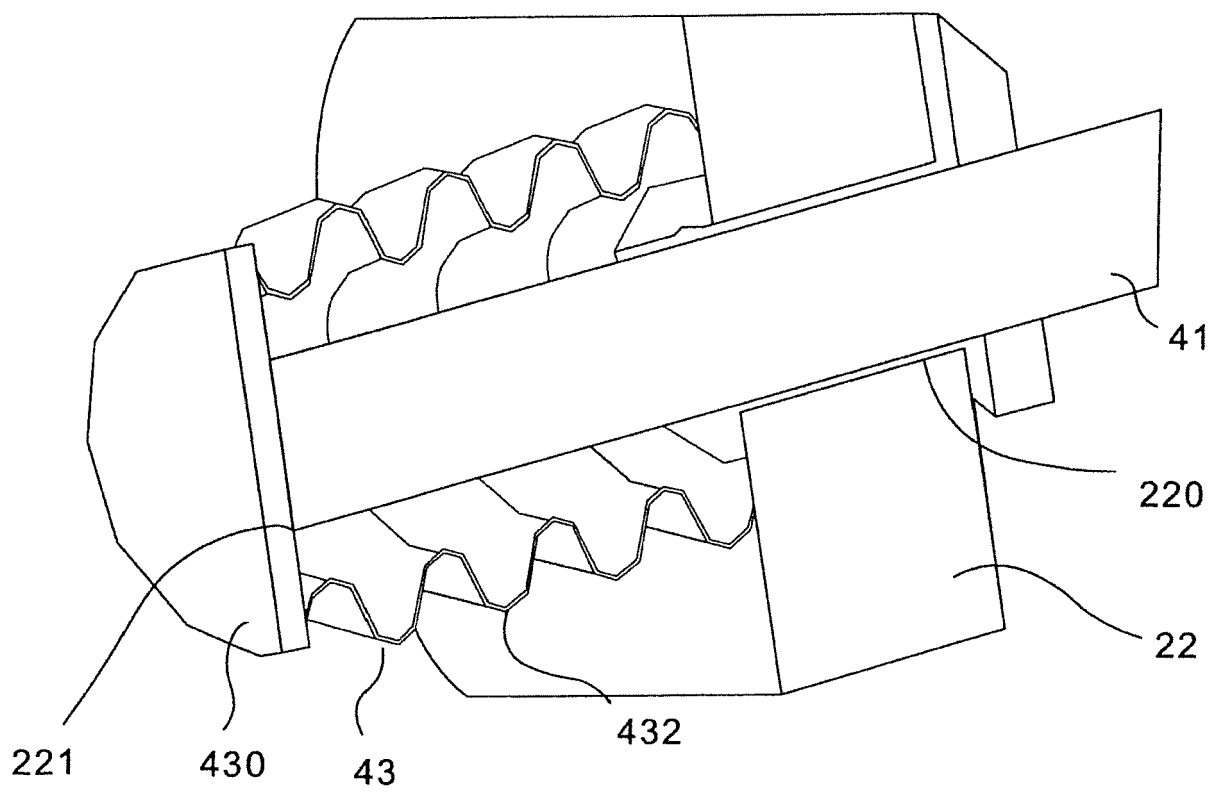


Fig.4

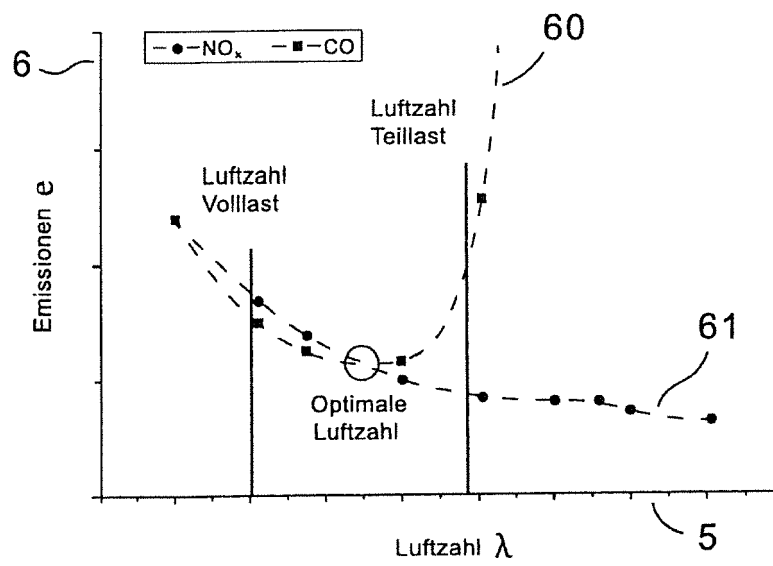


Fig.5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 20 4913

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 0 088 933 A1 (KRAFTWERK UNION AG [DE]) 21. September 1983 (1983-09-21)	1, 2, 14, 15	INV. F23R3/26
Y	* Seite 4, Zeile 8 - Seite 5, Zeile 14; Anspruch 2 * * Seite 6, Zeile 36 - Seite 7, Zeile 7; Abbildungen 1, 2 *	3-10, 12, 13	
Y	US 2018/216827 A1 (WIDENER STANLEY KEVIN [US]) 2. August 2018 (2018-08-02) * Absatz [0038] - Absatz [0042]; Abbildungen 5, 6 *	3-10, 12, 13	
Y	US 3 869 246 A (HAMMOND JR DEAN C ET AL) 4. März 1975 (1975-03-04) * Spalte 3, Zeile 5 - Zeile 64; Abbildung 5 *	7-10, 12, 13	
X	JP H05 231645 A (TOYOTA MOTOR CORP) 7. September 1993 (1993-09-07) * Zusammenfassung; Abbildungen * * Absatz [0014] - Absatz [0015] *	1-6, 14, 15	
A	DATABASE WPI Week 201714 Thomson Scientific, London, GB; AN 2017-11328P XP002806074, & JP 2017 032221 A (MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS EURO) 9. Februar 2017 (2017-02-09) * Zusammenfassung; Abbildungen * * Absatz [0041] - Absatz [0042] *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F23R
A	US 3 927 520 A (ARVIN JOHN R ET AL) 23. Dezember 1975 (1975-12-23) * Spalte 5, Zeile 53 - Spalte 6, Zeile 54; Abbildungen *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 29. März 2022	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			

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

EP 21 20 4913

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

29-03-2022

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0088933 A1	21-09-1983	DE 3209135 A1	15-09-1983
		EP 0088933 A1	21-09-1983
		JP S58168821 A	05-10-1983

US 2018216827 A1	02-08-2018	KEINE	

US 3869246 A	04-03-1975	KEINE	

JP H05231645 A	07-09-1993	JP 2914006 B2	28-06-1999
		JP H05231645 A	07-09-1993

JP 2017032221 A	09-02-2017	KEINE	

US 3927520 A	23-12-1975	KEINE	

15

20

25

30

35

40

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

- GB 1601218 A [0002]
- DE 1945921 A [0003]
- DE 4120831 A1 [0004]
- DE 4304201 A1 [0005]
- AT 6537 E [0006]
- GB 1257610 A [0007]
- EP 2778531 A1 [0007]
- FR 2133832 A1 [0007]
- GB 2277582 A [0007]
- US 3952501 A [0007]
- DE 19545311 B4 [0007]