

(19)



(11)

**EP 2 589 876 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**08.05.2013 Patentblatt 2013/19**

(51) Int Cl.:  
**F23R 3/28 (2006.01) F23R 3/12 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **11187643.9**

(22) Anmeldetag: **03.11.2011**

(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**

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**  
**80333 München (DE)**

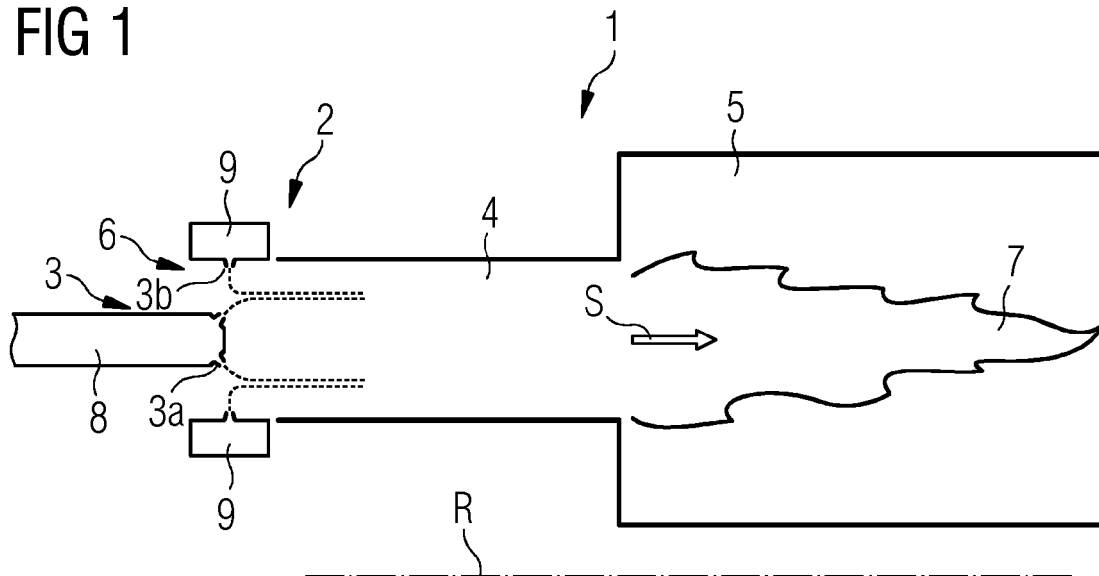
(72) Erfinder:  
• **Krebs, Werner, Dr.**  
**45481 Mülheim an der Ruhr (DE)**  
• **Beck, Christian, Dr.**  
**45468 Mülheim (DE)**

(54) **Gasturbine und Verfahren zum Injizieren von Brennstoff**

(57) Gasturbine (1) mit einer Brenneranordnung (2) mit mindestens einem Brennstoffinjektor (3), einer Strömungsrichtung (S) und einem stromabwärts der Bren-

neranordnung (2) angeordneten Brennraum (5), wobei der Brennstoffinjektor (3) in einem Winkel zu der Strömungsrichtung (S) angeordnet ist, so dass der injizierte Brennstoff einen Drall auf die Strömung aufprägt.

**FIG 1**



**EP 2 589 876 A1**

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Gasturbine und ein Verfahren zum Injizieren von Brennstoff.

[0002] Es entstehen Anforderungen, den Betriebsbereich von Gasturbinenverbrennungssystemen zu niedrigeren Feuerungstemperaturen zu erweitern. Dies ermöglicht es Energieerzeugern, Maschinen bei niedriger Last zur Antwort auf schnelle Lastanforderungen bereitzuhalten. Dabei wirkt die mit abnehmender Feuerungstemperatur abnehmende Reaktionsrate limitierend. Unterhalb einer gewissen Reaktionsrate wird CO nicht mehr vollständig oxidiert was zur Überschreitung von Emissionsgrenzwerten führt. Die hierbei relevante Reaktionsrate wird im Folgenden als "globale Reaktionsrate" bezeichnet.

[0003] Weiterhin treten in Gasturbinenbrennkammern bei bestimmten Betriebspunkten thermoakustische Instabilitäten auf. Diese Instabilitäten werden wesentlich durch die axiale Wärmefreisetzungsverteilung, der konvektiven Zeitskala des Vormischsystems und der konvektiven Zeitskala der Flamme bestimmt. Die so genannte konvektive Zeitskala kann als Quotient zwischen der konvektiv zur Verfügung stehenden potentiellen Energie (auch ein Maß für konvektiv bedingte Instabilität) und deren Änderung definiert werden.

[0004] Die axiale Wärmefreisetzungsverteilung sowie die konvektive Zeitskala der Flamme werden ebenfalls durch die globale Reaktionsrate beeinflusst. Weiterhin wird generell festgestellt, dass eine zu hohe globale Reaktionsrate eine hohe Wärmefreisetzungsichte erzeugt, was zu thermoakustisch induzierten Verbrennungsinstabilitäten führen kann.

[0005] Die globale Reaktionsrate der Hauptflamme von Gasturbinenverbrennungssystemen wird momentan durch Pilotierung beeinflusst. Dieses Vorgehen hat üblicherweise einen stark negativen Effekt auf die Stickoxidemissionen und ist dadurch in ihrer Wirksamkeit beschränkt.

[0006] Die globale Reaktionsrate wird durch die Chemie und die Turbulenz beeinflusst. Hohe Turbulenz der Strömung im Bereich der Flamme faltet die Flamme, vergrößert damit die Flammenoberfläche und erhöht damit die globale Reaktionsrate. Das Aufprägen einer Umfangskomponente auf die Strömung, was auch als Drall bezeichnet werden kann, kann wie Turbulenz die Flamme falten und damit die globale Reaktionsrate erhöhen.

[0007] Auch bei Gasturbinenverbrennungssystemen, die sowohl mit Erdgas als auch mit Synthesegas oder Wasserstoff betrieben werden, muss eine stabile Verbrennung für sämtliche Brennstoffe über den gesamten Betriebsbereich der Gasturbine gewährleistet werden. Da die genannten Brennstoffe über eine sehr unterschiedliche Reaktivität verfügen, werden sich die Vormischflammen unterschiedlich nah am Brenneraustritt stabilisieren. Dies kann unter Umständen zu Flammrückschlag aber auch zu thermoakustischen Instabilitäten bei Wechsel der Brennstoffart führen.

[0008] Brenner, die sowohl Erdgas als auch Synthesegas oder Wasserstoff verbrennen können, werden bisher als Diffusionsbrenner ausgeführt, bei dem der Brennstoff und die Verbrennungsluft über getrennte Passagen dem Brennraum zugeführt werden. Vormischbrenner, bei denen der Brennstoff und die Verbrennungsluft vor dem Brennraum in einer Vormischpassage gemischt werden, sind bisher nicht im kommerziellen Einsatz, da insbesondere das oben genannte Problem nicht hinreichend gelöst wurde.

[0009] Es ist Aufgabe der Erfindung, den Betrieb einer Gasturbine zu verbessern.

[0010] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der Ansprüche 1 beziehungsweise 9 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0011] Gemäß einem ersten Aspekt ist die Erfindung auf eine Gasturbine gerichtet mit einer Brenneranordnung mit mindestens einem Brennstoffinjektor, einer Strömungsrichtung und einem stromabwärts der Brenneranordnung angeordneten Brennraum, wobei der Brennstoffinjektor in einem Winkel zu der Strömungsrichtung angeordnet ist, so dass der injizierte Brennstoff einen Drall auf die Strömung aufprägt. Wird der Drall nicht wie üblich durch ein Drallgitter aufgeprägt, sondern gemäß der Erfindung durch einen geeigneten Brennstoffinjektor erzeugt, kann die Intensität des Dralls von außen beeinflusst werden. Gemäß der Erfindung wird nicht wie üblich der Impuls der Luftströmung sondern den Impuls des Brennstoffs zur Erzeugung von Drall genutzt. Dies erlaubt eine lastabhängige (also von der Leistung der Gasturbine abhängige) Regelung des Dralls bzw. der Umfangskomponente der Strömung, gegenüber bisherigen Anordnungen, bei denen der Drall durch strömungstechnische Umleitbleche insgesamt konstant über den Lastbereich der Gasturbine generiert wird. Es wird gemäß der Erfindung ein flexibles Verbrennungssystem präsentiert, das variabel bzw. lastabhängig die globale Reaktionsrate verändern kann. Bei Teillast wird eine Erhöhung der Reaktionsrate eingestellt, während bei Grundlast der Maschine eine geringere globale Reaktionsrate von Vorteil ist und eingestellt werden kann.

[0012] Die Brenneranordnung kann zwei Stufen von Brennstoffinjektoren aufweisen, die sich vorzugsweise bezüglich der Düsenorientierung unterscheiden, um eine Regelbarkeit der Drehimpulsübertragung vom Brennstoff auf das Brennstoff-Luft-Gemisch zu erreichen.

[0013] Eine Stufe kann mindestens einen radialen und/oder axialen Brennstoffinjektor aufweisen und die andere Stufe kann mindestens einen tangentialen Brennstoffinjektor aufweisen. Durch Veränderung der Beaufschlagung der beiden Stufen kann die Drallzahl stufenlos angepasst werden. Dies ermöglicht eine signifikante Veränderung wesentlicher Brennerparameter im Betrieb und erlaubt so die Verwendung der Gasturbine in einem weiten Betriebsbereich. Die beiden Stufen der Brenneranordnung können so ausgelegt werden, dass die Brennstoffverteilung durch eine Veränderung der Be-

aufschlagung der beiden Stufen nicht wesentlich verändert wird. Denkbar ist allerdings auch, mit den beiden Stufen gezielt eine von der Beaufschlagung abhängige radiale Brennstoffverteilung einzustellen. Dies kann ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die Eigenschaften der Flamme haben.

**[0014]** Die andere Stufe kann in Bezug auf die eine Stufe radial außenliegend angeordnet sein. So kann eine gute Vermischung des Brennstoff-Luft-Gemisches und eine gute Erzeugung des Dralls realisiert werden. Die beiden Stufen der Brenneranordnung können eine unterschiedliche axiale Position zum Beispiel in der Vormischstrecke haben. Damit hat eine Veränderung der Beaufschlagung der beiden Stufen ebenfalls einen Effekt auf die mittlere konvektive Zeitskala der Vormischstrecke.

**[0015]** Zwei Brenneranordnungen können in Strömungsrichtung voneinander beabstandet vorgesehen sein. Mit dieser Konfiguration kann der Drall und die konvektive Zeitskala der Vormischstrecke getrennt variiert werden.

**[0016]** Die Gasturbine kann einen mechanischen Drallgenerator, wie zum Beispiel ein Drallgitter oder Leitbleche, aufweisen, um so das Niveau der Drallzahl anzuheben. Die Brenneranordnung erlaubt dann eine Anpassung der Drallzahl einer drallstabilisierten Flamme. So kann über den oder die Drallgeneratoren ein gewisser Grundanteil des Dralls eingestellt werden, während über den Brennstoffinjektor, bzw. die Beaufschlagung mit Brennstoff, ein weiterer variabler Anteil des Dralls einstellbar ist.

**[0017]** Mehrere Brennstoffinjektoren können konzentrisch um einen Pilotbrenner angeordnet sein. Da die Flammenfrontflächendichte von der Größe des Dralls bei der konzentrischen Anordnung der Strahlflammen abhängt, kann durch die Änderung des Dralls die globale Reaktionsrate, die in erster Näherung aus dem Produkt der Reaktivität des Brennstoffes mit der Flammenfrontdichte gebildet wird, für unterschiedlich reaktive Brennstoffe ähnlich gehalten werden. D.h. für Erdgas mit einer geringeren Reaktivität wird ein höherer Drall angestrebt, während für wasserstoffreiche Gase mit hoher Reaktivität ein niedriger Drall angestrebt wird.

**[0018]** Die Anordnung der Brennstoffinjektoren und/oder der Stufen kann für verschiedene Brennstoffe unterschiedlich sein. Die Erfindung schlägt die Nutzung der Brennstoffeindüsung zur Beeinflussung der Drallstärke des Brennstoff-Luftgemisches vor. Hierbei wird auch ausgenutzt, dass der Volumenstrom für wasserstoffreiche Gase um den Faktor 2 bis 5 größer ist als der Volumenstrom von Erdgas. Dadurch lässt sich für verschiedene Brennstoffe mit unterschiedlicher Reaktivität ein unterschiedlicher Drall einstellen, was zu einer unterschiedlichen Flammenfrontdichte führt. In der Brenneranordnung bzw. in den Vormischdüsen wird die Verbrennungsluft aerodynamisch - durch Leitbleche oder tangentiale Eindüsung leicht verdreht. Das heißt, sie besitzt neben der Axialkomponente eine Tangentialkompo-

nente, wobei die Tangentialkomponente zwischen 5% und 40% der Axialkomponente betragen kann. Brennstoff kann nun durch die Anordnung der Brennstoffinjektoren und/oder der Stufen mit einem unterschiedlichen Eindüsungswinkel eingedüst werden. Hierbei kann Erdgas sowohl in Drehrichtung als auch entgegengesetzt der Drehrichtung der Strömung eingedüst werden, so dass sich der resultierende Drall (= Maß für Anteil der Tangentialkomponente) nicht ändert. Synthesegas oder Wasserstoff kann entweder nur entgegen der Drallrichtung der Luftströmung oder mit einem entsprechenden größeren Anteil entgegen der Drallrichtung der Luftströmung zugegeben werden. Daraus resultiert eine Änderung der Drallkomponente bei einer Änderung des Brennstoffs.

**[0019]** Gemäß einem zweiten Aspekt ist die Erfindung auf ein Verfahren zum Injizieren von Brennstoff in eine Gasturbine mit einer Brenneranordnung gerichtet, wobei durch die gerichtete Injektion des Brennstoffes ein Drall im Brennstoff-Luft-Gemisch generiert wird. Es gelten die gleichen Vorteile und Modifikationen wie zuvor beschrieben.

**[0020]** In einer Stufe der Brenneranordnung kann Brennstoff radial und/oder axial injiziert werden und in einer weiteren Stufe der Brenneranordnung kann Brennstoff tangential injiziert werden. Durch Veränderung der Beaufschlagung der beiden Stufen kann die Drallzahl stufenlos angepasst werden. Dies ermöglicht eine signifikante Veränderung wesentlicher Brennerparameter im Betrieb und erlaubt so die Verwendung der Gasturbine in einem weiten Betriebsbereich. Die beiden Stufen der Brenneranordnung können so ausgelegt werden, dass die Brennstoffverteilung durch eine Veränderung der Beaufschlagung der beiden Stufen nicht wesentlich wird. Denkbar ist allerdings auch, mit den beiden Stufen gezielt eine von der Beaufschlagung abhängige radiale Brennstoffverteilung einzustellen. Dies kann ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die Eigenschaften der Flamme haben.

**[0021]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher beschrieben.

Figur 1 zeigt ein erstes Beispiel einer Brenneranordnung einer Gasturbine.

Figur 2 zeigt ein zweites Beispiel einer Brenneranordnung.

Figur 3 zeigt einen Schnitt entlang der Linie III-III in Figur 2.

Figur 4 zeigt ein drittes Beispiel einer Brenneranordnung.

Figur 5 zeigt eine zweifache Brenneranordnung.

Figur 6 zeigt ein Beispiel für eine Brenneranordnung mit Drallgenerator.

Figur 7 zeigt eine Vorderansicht einer Brenneranordnung mit Pilotbrenner.

Figur 8 zeigt ein weiteres Beispiel für eine Brenneranordnung mit Drallgenerator.

Figur 9 zeigt noch ein weiteres Beispiel für eine Brenneranordnung mit Drallgenerator.

Figur 10 zeigt noch ein weiteres Beispiel für eine Brenneranordnung mit Drallgenerator.

Figur 11 zeigt einen Drallgenerator.

Figur 12 zeigt Änderung im Drehimpulsstrom der Luftströmung bei einseitiger Eindüsung von Synthesgas.

**[0022]** Die Zeichnungen dienen lediglich der Erläuterung der Erfindung und schränken diese nicht ein. Die Zeichnungen und die einzelnen Teile sind nicht notwendigerweise maßstäblich. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche oder ähnliche Teile.

**[0023]** Figur 1 zeigt einen Teil einer Gasturbine 1 mit einer Brenneranordnung 2 mit mehreren Brennstoffinjektoren 3. In einer Strömungsrichtung S ist stromabwärts der Anordnung 2 eine Vormischstrecke 4 angeordnet, an den sich weiter stromabwärts ein Brennraum 5 anschließt. Die Strömungsrichtung S kann bei einer verdrahten oder turbulenten Strömung die Hauptströmungsrichtung sein. In der Gasturbine 1 sind mehrere Brenneranordnungen 3 vorzugsweise konzentrisch zu einer Rotationsachse oder Symmetrieachse R angeordnet. Entsprechend kann die Strömungsrichtung S auf die gesamte Gasturbine 1 oder auf eine einzelne Brenneranordnung bezogen sein.

**[0024]** Im Bereich der Brenneranordnung 2 sind ein oder mehrere Lufteinlässe 6 vorgesehen, so dass sich in der Vormischstrecke 4 ein Brennstoff-Luft-Gemisch bildet, welches im Brennraum 5 gezündet wird und in einer Flamme 7 verbrennt. Es können auch Gasturbinen ohne Vormischstrecke verwendet werden.

**[0025]** Der oder die Brennstoffinjektoren 3 sind in einem Winkel zu der Strömungsrichtung S angeordnet, so dass sie einen Drall auf das Brennstoff-Luft-Gemisch einprägen. Der Drall faltet dann die Flamme 7, was die globale Reaktionsrate erhöht. So kann die Gasturbine auch bei Teillast in einem optimalen Betriebspunkt arbeiten.

**[0026]** Die Brenneranordnung 2 hat zwei Stufen 8 und 9 von Brennstoffinjektoren 3. Die beiden Stufen sind konzentrisch angeordnet, wobei eine erste Stufe 8 mittig angeordnet ist und eine zweite Stufe 9 die erste Stufe 8 umfänglich umgibt oder radial außenliegend angeordnet ist. Hier sind die Stufen in axialer Richtung d.h. in Strömungsrichtung S in etwa auf gleicher Höhe angeordnet.

**[0027]** Jede Stufe hat eine Brennstoffzufuhr und/oder einen Brennstoffverteiler, mit dem der Brennstoff zu den einzelnen Brennstoffinjektoren 3 gelangt bzw. auf sie ver-

teilt wird.

**[0028]** Die erste Stufe 8 ist an einem axial verlaufenden Rohr, wie einer zentralen Brennstofflanze, angeordnet bzw. umfasst das Rohr. Die erste Stufe 8 umfasst radiale Brennstoffbohrungen, Düsen oder Brennstoffinjektoren 3a. Die radialen Brennstoffinjektoren 3a sind im Bereich des stromabwärts liegenden Endes des Rohrs angeordnet und können auf einer äußeren Umfangsfläche des Rohrs und/oder auf einer konischen Fläche einer Rohrspitze angeordnet sein. Über den Umfang sind mehrere Brennstoffinjektoren 3a verteilt, zum Beispiel vier oder acht.

**[0029]** Die zweite Stufe 9 ist als ringförmiger Brennstoffverteiler mit tangentialen Brennstoffbohrungen, Düsen oder Brennstoffinjektoren 3b ausgeführt. Tangentiale Ausrichtung bedeutet, dass die Öffnungen der Brennstoffinjektoren 3b in die Zeichnungsebene hinein und/oder aus der Zeichnungsebene heraus orientiert sind.

**[0030]** Durch die unterschiedliche Düsenorientierung der beiden Stufen 8 und 9 ist eine gute Regelbarkeit der Drehimpulsübertragung vom injizierten Brennstoff auf das Brennstoff-Luft-Gemisch gegeben.

**[0031]** In einer weiteren Ausführung kann entweder die erste Stufe 8, wie hier in Form einer zentralen Brennstofflanze, tiefer in die Vormischstrecke 4 geschoben werden oder die zweite Stufe 9, wie hier in Form eines ringförmigen Brennstoffverters, kann weiter stromabwärts platziert werden.

**[0032]** In Figur 2 ist eine weitere Ausführung einer Gasturbine 1 mit Brenneranordnung 2 gezeigt, die in bestehende Designs insbesondere einer DOC (Depleted Oxygen Combustion) Gasturbine vermutlich leichter integriert werden kann. Während der Aufbau der Gasturbine 1 identisch zu der in Figur 1 gezeigten ist, unterscheiden sich die Brenneranordnungen 2 voneinander.

**[0033]** Die Brenneranordnung 2 hat ebenfalls eine erste Stufe 8, die rohrförmig ist oder an einem Rohr angeordnet ist und die radialen Brennstoffinjektoren 3a umfasst, welche an einer äußeren Umfangsfläche des Rohrs angeordnet sind. In dem Rohr befindet sich ein Innenrohr, welches vorzugsweise abgedichtet aus einer stromabwärts gelegenen Stirnseite des Rohrs austritt und als Brennstoffzuleitung für die zweite Stufe 9 dient. Der Brennstoff für die erste Stufe 8 wird getrennt von der Zuleitung für die zweite Stufe 9 durch das Rohr geführt. Die Brennstoffe für die beiden Stufen 8 und 9 können identisch oder unterschiedlich sein. Die beiden Stufen 8 und 9 können einzeln oder gemeinsam aktiviert werden. Auch die Beaufschlagung, das heißt die Brennstoffmenge pro Zeiteinheit oder der Brennstoffdruck, der beiden Stufen kann identisch oder unterschiedlich sein.

**[0034]** Die zweite Stufe 9 hat einen mehrarmigen Brennstoffverteiler oder Brennstoffinjektor mit mehreren, hier beispielhaft vier, tangentialen Brennstoffinjektoren 3b. In Figur 3 ist eine Draufsicht der zweiten Stufe 9 gemäß Schnitt III-III in Figur 2 gezeigt. Jeder Brennstoffinjektor 3b ist in einem Arm der zweiten Stufe 9 angeordnet.

**[0035]** In Figur 4 ist eine weitere Ausführung einer Gas-

turbine 1 mit Brenneranordnung 2 gezeigt. Der Aufbau der Gasturbine 1 ist identisch oder ähnlich zu den vorherigen Ausführungen.

**[0036]** Die Brenneranordnung 2 hat wiederum zwei Stufen 8 und 9, wobei die erste Stufe 8 einen axialen Brennstoffinjektor 3c umfasst, der an einem stromabwärts gelegenen Ende eines Innenrohrs angeordnet ist. Es können auch mehrere axiale Brennstoffinjektoren 3c vorgesehen sein, die in der Stirnseite und/oder Armen angeordnet sind. Die Stufe 9 ist an einem das Innenrohr umgebenden Rohr angeordnet und hat mehrere tangentiale Brennstoffinjektoren 3b, die an Armen ähnlich wie in Figur 2 angeordnet sind. Eine Veränderung der Beaufschlagung der beiden Stufen 8 und 9 beeinflusst in diesem Beispiel sowohl die Drallzahl als auch das radiale Mischungsprofil. Eine Beeinflussung des Mischungsprofils ist mit den anderen Varianten mit einer geeigneten Auslegung der Brennstoffinjektoren ebenfalls erreichbar.

**[0037]** Figur 5 zeigt eine weitere Variante einer Gasturbine, bei der zwei Brenneranordnungen 2 in Strömungsrichtung S voneinander beabstandet vorgesehen sind. Die stromaufwärts gelegene Brenneranordnung 2 hat eine erste Stufe 8 mit radialen Brennstoffinjektoren 3a, die in einem Rohr angeordnet sind. Die radialen Brennstoffinjektoren 3a sind umgeben von tangentialen Brennstoffinjektoren 3b einer zweiten Stufe 9, wobei beide Typen von Düsen oder Injektoren genau oder im Wesentlichen auf einer axialen Höhe oder Position angeordnet sind. Zwischen den beiden Stufen 8 und 9 ist wiederum ein Lufteinlass 6 vorgesehen.

**[0038]** Die stromabwärts gelegene zweite Brenneranordnung 2 hat eine zweite Stufe 9, welche identisch oder annähernd identisch zu der zweiten Stufe 9 der ersten Brenneranordnung 2 ausgebildet ist. Die erste Stufe 8 der zweiten Brenneranordnung 2 besteht aus einem Innenrohr oder ist an diesem angeordnet. Das Innenrohr verläuft stromaufwärts in dem Rohr, tritt aus einer stromabwärts gelegenen Stirnseite des Rohrs aus und verläuft dann in der Vormischstrecke 4 weiter bis zu der zweiten Brenneranordnung 2. Im stromabwärts gelegenen Endbereich des Innenrohrs sind die radialen Brennstoffinjektoren 3a angeordnet. Diese sind etwas stromabwärts zu den tangentialen Brennstoffinjektoren 3b der zweiten Stufe 9 der zweiten Brenneranordnung 2 angeordnet, um den geringeren Querschnitt des Innenrohrs im Vergleich zu dem Rohr bzw. den größeren Abstand zwischen den beiden Stufen zu kompensieren. Eine Anordnung auf derselben axialen Höhe ist ebenfalls möglich.

**[0039]** Durch eine Beeinflussung der beiden axial unterschiedlich angeordneten Brenneranordnungen kann die konvektive Zeitskala der Vormischstrecke angepasst werden. Die Mischungsgüte wird ebenfalls zumindest implizit beeinflusst. Die Drallzahl kann unabhängig von der konvektiven Zeitskala variiert werden.

**[0040]** Figur 6 zeigt ein weiteres Beispiel einer Gasturbine 1 mit einer Brenneranordnung 2. Waren bislang in den Figuren 1 bis 5 die beiden Stufen 8 und 9 der Brenneranordnung 2 genau oder im Wesentlichen auf einer

axialen Höhe angeordnet, sind die beiden Stufen 8 und 9 der Brenneranordnung 2 nun axial beabstandet d.h. in Strömungsrichtung S hintereinander oder versetzt angeordnet.

**[0041]** Die erste Stufe 8 mit radialen Brennstoffinjektoren oder Düsen 3a ist stromaufwärts von einem Drallgenerator 10, zum Beispiel in Form eines Drallgitters, angeordnet. Stromabwärts des Drallgitters 10 ist die zweite Stufe 9 mit tangentialen Brennstoffinjektoren 3b angeordnet. Diese drallstabilisierte Brenneranordnung 2 erlaubt eine moderate Beeinflussung der Drallzahl.

**[0042]** Figur 7 zeigt eine Darstellung einer Stirnseite der Gasturbine 1 bzw. eines Innenraums der Gasturbine 1. Von der Brenneranordnung 2 sind axiale Brennstoffinjektoren 3c dargestellt, die konzentrisch um einen Pilotbrenner 11 angeordnet sind. Der Pilotbrenner 11 kann die gleiche Bauform wie die Brennstoffinjektoren oder Düsen 3 aufweisen, alternativ kann er eine andere Bauform aufweisen.

**[0043]** Figur 8 zeigt ein weiteres Beispiel einer Gasturbine 1 mit Brenneranordnung 2 und Drallgenerator 10. Die Brenneranordnung 2 ist stromaufwärts des Drallgenerators 10, der das Brennstoff-Luft-Gemisch mit einer Tangentialkomponente versehen kann, angeordnet. Der oder die Brennstoffe für die beiden Stufen 8 und 9 werden zentral zugeführt und vor dem Drallgenerator 10 von Brennstoffinjektoren 3 der beiden Stufen 8 und 9 in die Passage zugegeben.

**[0044]** Unterschiedliche Brennstoffe können den beiden oder mehreren Stufen zugeführt werden. Die Eindüsung der Brennstoffe erfolgt in einem Winkel zu der Strömungsrichtung S, vorzugsweise unter einem Winkel zwischen 20° bis 90°, wobei ein Winkel von 90° bedeutet, dass der Brennstoff senkrecht zur Strömungsrichtung S bzw. Hauptströmung erfolgt. Die Eindüsung kann radial und/oder tangential erfolgen. Entweder können alle Düsen oder Brennstoffinjektoren 3 einer Stufe eine identische Ausrichtung, d.h. radial oder tangential haben, oder die Brennstoffinjektoren 3 einer Stufe weisen verschiedene Ausrichtungen auf. Die Brennstoffinjektoren 3 der beiden Stufen können gleich, gemischt oder unterschiedlich, d.h. eine Stufe ist radial ausgerichtet und eine Stufe ist axial ausgerichtet, orientiert bzw. angeordnet sein.

**[0045]** Die Winkel bzw. die Anordnung oder Ausrichtung der Brennstoffinjektoren 3 oder der Stufen 8 und 9 für unterschiedliche Brennstoffe, zum Beispiel Erdgas und Synthesegas können, müssen aber nicht unterschiedlich sein.

**[0046]** Die Eindüsung von Synthesegas erfolgt nur in eine Richtung zur Strömungsrichtung, wodurch ein Drall aufgeprägt wird. Die Eindüsung des Erdgases kann einseitig oder vorzugsweise beidseitig erfolgen. Bei einseitiger Eindüsung wird ein zusätzlicher Drall erzeugt, während bei beidseitiger oder entgegengesetzter Eindüsung keine Änderung des Dralls erfolgt.

**[0047]** Gemäß dem in Figur 9 gezeigten Beispiel ist die Brenneranordnung 2 der Gasturbine 1 stromabwärts des Drallgenerators 10 angeordnet. Die Brenneranord-

nung 2 weist lediglich eine Stufe 8 mit Brennstoffinjektoren 3 auf. Die Brennstoffinjektoren 3 sind in einem Winkel zu der Strömungsrichtung S angeordnet bzw. injizieren den Brennstoff in einem Winkel. Zum Beispiel werden tangentielle Brennstoffinjektoren 3 verwendet.

**[0048]** In Figur 10 ist ein weiteres Beispiel einer Gasturbine 1 mit Brenneranordnung 2 und Drallgenerator 10 dargestellt. Hier wird der Brennstoff stromaufwärts des Drallgenerators 10 eingedüst. Als Drallgenerator 10 wird ein axiales Schaufelgitter verwendet.

**[0049]** Die erste Stufe 8 hat radiale Brennstoffinjektoren 3a, die mit einer separaten Zuleitung für Brennstoff verbunden sind. Die zweite Stufe 9 hat tangentielle Brennstoffinjektoren 3b, die mit einer weiteren separaten Zuleitung für Brennstoff verbunden sind. Die beiden Zuleitungen können als konzentrische Rohre im Mittelbereich der Vormischstrecke 4 ausgebildet sein. Die erste Stufe 8 ist stromaufwärts der zweiten Stufe 9 angeordnet. Im Mischbetrieb von zwei Gasen, zum Beispiel von Erdgas und Synthesegas, werden separate Strömungspassagen benutzt. Im Betrieb mit einem Gas können eine oder beide Brennstoffleitungen bzw. Stufen verwendet werden. Zum Beispiel können beim Synthesegasbetrieb beide Stufen zur Injektion verwendet werden. Die Anzahl der Brennstoffleitungen pro Brenneranordnung 2 ist nicht auf zwei Leitungen beschränkt, es kann auch eine größere Anzahl verwendet werden. Hier kann beispielsweise mittels der ersten Stufe 8 Synthesegas und mittels der zweiten Stufe 9 Erdgas eingedüst werden.

**[0050]** In Figur 11 ist eine Abwicklung der Stufen 8, 9 bzw. des Drallgenerators 10 dargestellt. Der Drallgenerator 10 kann die beiden Stufen umfassen oder anders ausgedrückt können die beiden Stufen vorzugsweise in einer geraden Passage des Drallgenerators 10 vorgesehen sein. An die gerade Passage schließt sich stromabwärts eine Drallpassage mit schrägem oder gebogenem Teil an, in dem die Strömungsumlenkung des Drallgenerators 10 erfolgt. Die Stufe 8 für die Eindüsung von Erdgas ist stromaufwärts der Stufe 9 für die Eindüsung von Synthesegas angeordnet. Die Stufe 8 oder das stromaufwärts gelegene Ende des Drallgenerators 10 oder der Brenneranordnung 2 wird von der Luft gerade angeströmt.

**[0051]** Die Stufe 8 weist Brennstoffinjektoren 3 auf, die in zwei entgegengesetzten Richtungen orientiert sind, so dass bei der Eindüsung von Erdgas bzw. bei Gas aus dieser Stufe 8 kein Drall entsteht bzw. sich Drallkomponenten aufheben. Die Stufe 9 weist Brennstoffinjektoren 3 auf, die in einer Richtung orientiert sind, so dass bei der Eindüsung von Synthesegas bzw. bei Gas aus dieser Stufe 9 ein Drall entsteht.

**[0052]** Der Drehimpuls der Strömung wird durch die Eindüsung von Brennstoff und durch die Umlenkung im Drallgenerator 10 geändert. Diese Änderung ist in Figur 12 schematisch durch ein Dreieck der Drehimpulsströme dargestellt.

**[0053]** Der Drehimpulsstrom ist definiert als:

$$\Gamma = \int_{r=R_i}^{r=R_a} \omega r u 2\pi r dr$$

5

**[0054]** Die Umfangsgeschwindigkeitskomponente wird mit  $\omega$ , die Axialgeschwindigkeitskomponente wird mit  $u$  bezeichnet. Wie Figur 12 zu entnehmen ist, wird der Drehimpulsstrom der Luftströmung durch die beidseitige Eindüsung von Erdgas nicht geändert. Durch die einseitige Eindüsung des Synthesegas (SG) Stroms wird der Drehimpulsstrom jedoch geändert, was in einer Änderung des Ausströmwinkels  $\beta_{res}$  resultiert. Wie oben beschrieben kann dadurch der Drehimpulsstrom für den Synthesegasbetrieb gegenüber dem Erdgasbetrieb abgesenkt werden kann.

10

15

**[0055]** Generell ist zu allen Beispielen zu bemerken, dass einzelne Komponenten der Beispiele miteinander kombiniert werden können. Die Brennstoffinjektoren können zentral, mittig oder im äußeren Bereich (in radialer Richtung) angeordnet sein. Zum Beispiel eine radiale Injektion kann radial nach außen und/oder radial nach innen erfolgen.

20

**[0056]** Im Betrieb, gemäß einem Verfahren zum Injizieren von Brennstoff in die Gasturbine 1 mit der Brenneranordnung 2, wird durch die gerichtete Injektion des Brennstoffes ein Drall im Brennstoff-Luft-Gemisch generiert. Dies geschieht in Abhängigkeit von der Beaufschlagung mit Brennstoff bzw. dem Betriebszustand der Gasturbine 1. So wird der Drall in Abhängigkeit der Last veränderbar.

25

30

**[0057]** In einer Stufe 8 der Brenneranordnung 2 wird Brennstoff radial und/oder axial injiziert, während in einer weiteren Stufe 9 der Brenneranordnung 2 Brennstoff tangential injiziert wird. Dies erlaubt eine bessere Steuerbarkeit des Dralls und des Betriebspunktes der Gasturbine 1.

35

40

## Patentansprüche

1. Gasturbine mit einer Brenneranordnung (2) mit mindestens einem Brennstoffinjektor (3), einer Strömungsrichtung (S) und einem stromabwärts der Brenneranordnung (2) angeordneten Brennraum (5),  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Brennstoffinjektor (3) in einem Winkel zu der Strömungsrichtung (S) angeordnet ist, so dass der injizierte Brennstoff einen Drall auf die Strömung aufprägt.
2. Gasturbine nach Anspruch 1, wobei die Brenneranordnung (2) zwei Stufen (8, 9) von Brennstoffinjektoren (3) aufweist.
3. Gasturbine nach Anspruch 2, wobei eine Stufe (8)

45

50

55

mindestens einen radialen (3a) und/oder axialen (3c) Brennstoffinjektor aufweist und die andere Stufe (9) mindestens einen tangentialen (3b) Brennstoffinjektor aufweist.

5

4. Gasturbine nach Anspruch 2 oder 3, wobei die andere Stufe (9) in Bezug auf die eine Stufe radial (8) außenliegend angeordnet ist.
5. Gasturbine nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei zwei Brenneranordnungen (2) in Strömungsrichtung (S) voneinander beabstandet vorgesehen sind. 10
6. Gasturbine nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, **gekennzeichnet durch** einen mechanischen Drallgenerator (10). 15
7. Gasturbine nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei mehrere Brennstoffinjektoren (3) konzentrisch um einen Pilotbrenner (11) angeordnet sind. 20
8. Gasturbine mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Anordnung der Brennstoffinjektoren (3) und/oder der Stufen (8, 9) für verschiedene Brennstoffe unterschiedlich ist. 25
9. Verfahren zum Injizieren von Brennstoff in eine Gasturbine (1) mit einer Brenneranordnung (2), wobei durch die gerichtete Injektion des Brennstoffes ein Drall im Brennstoff-Luft-Gemisch generiert wird. 30
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei in einer Stufe (8) der Brenneranordnung (2) Brennstoff radial und/oder axial injiziert wird und wobei in einer weiteren Stufe (9) der Brenneranordnung (2) Brennstoff tangential injiziert wird. 35

40

45

50

55

FIG 1

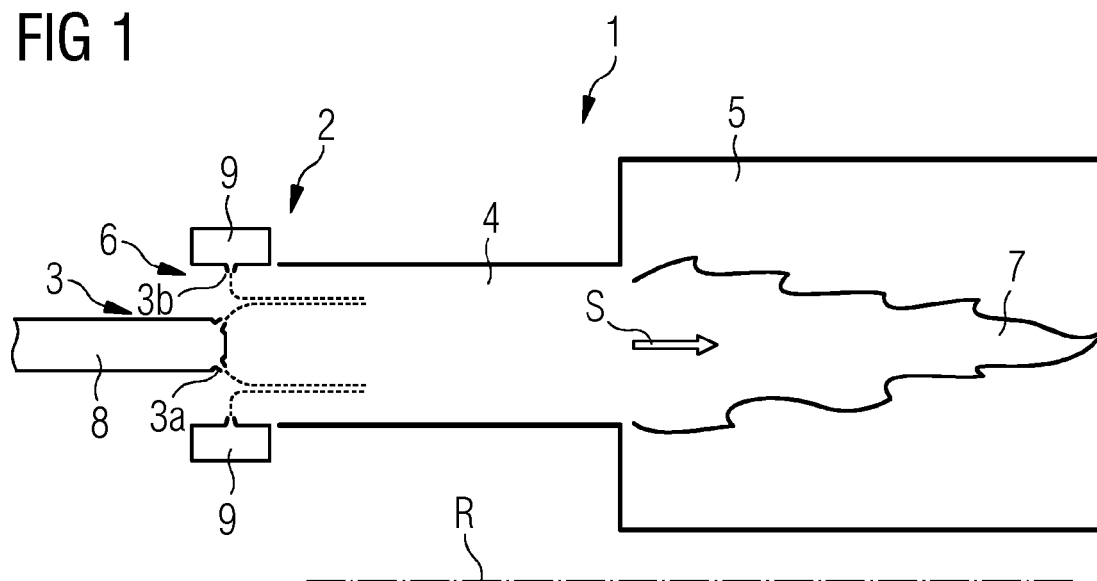


FIG 2

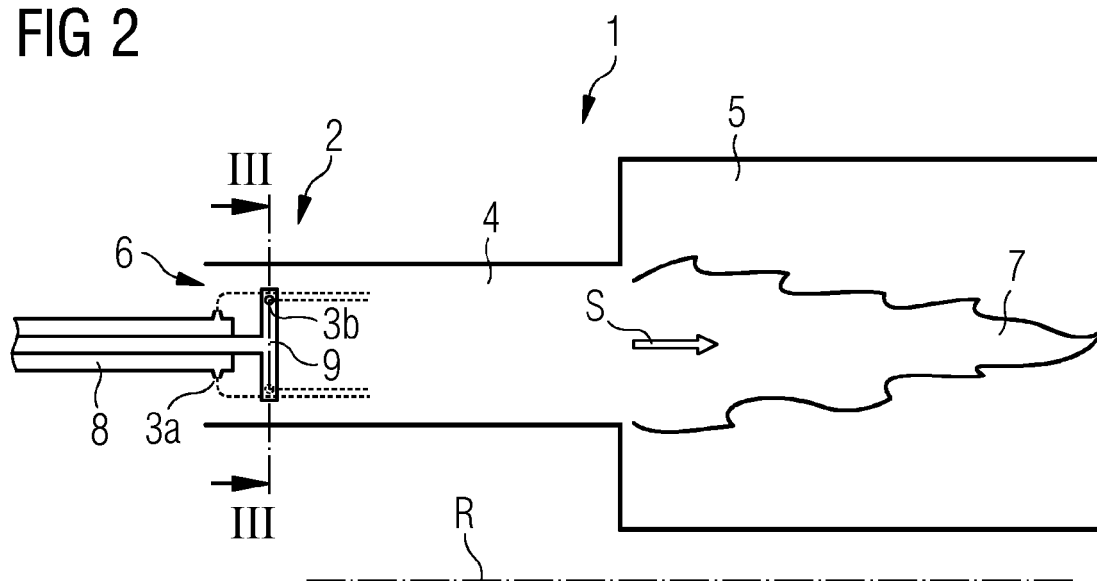


FIG 3

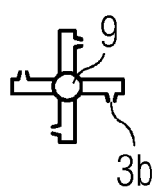




FIG 4

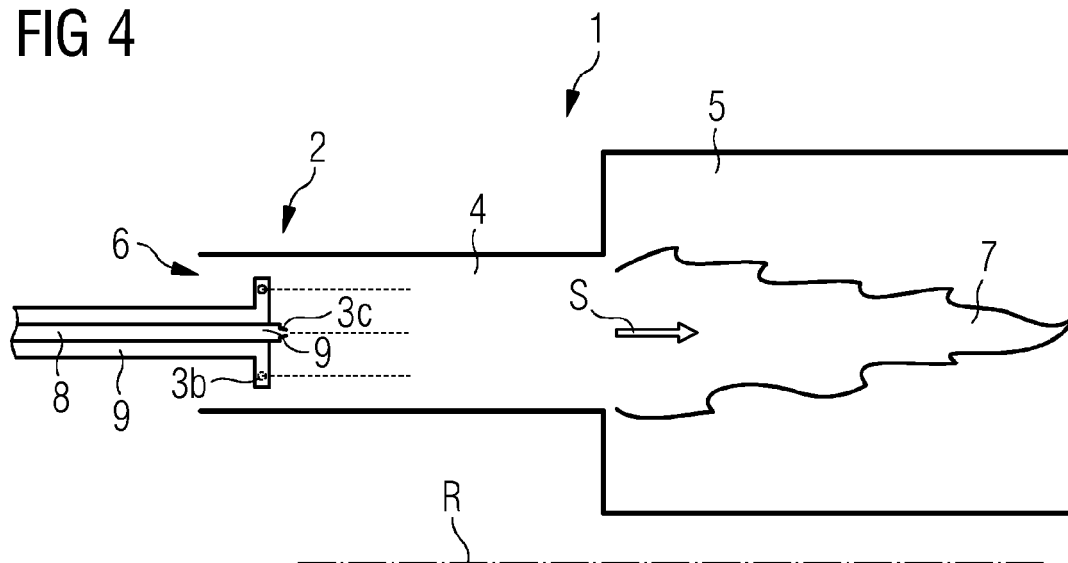


FIG 5

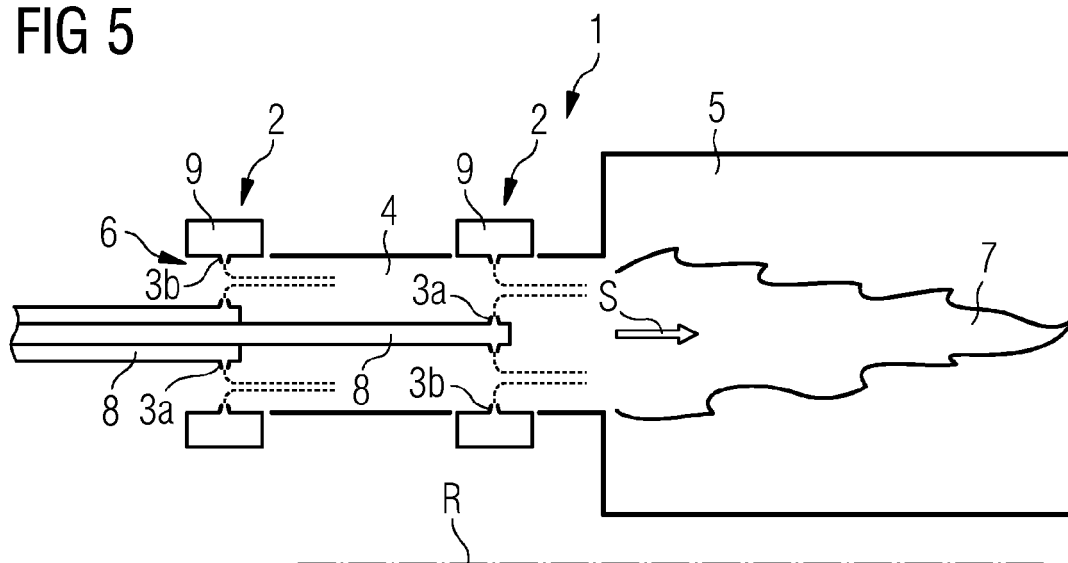


FIG 6

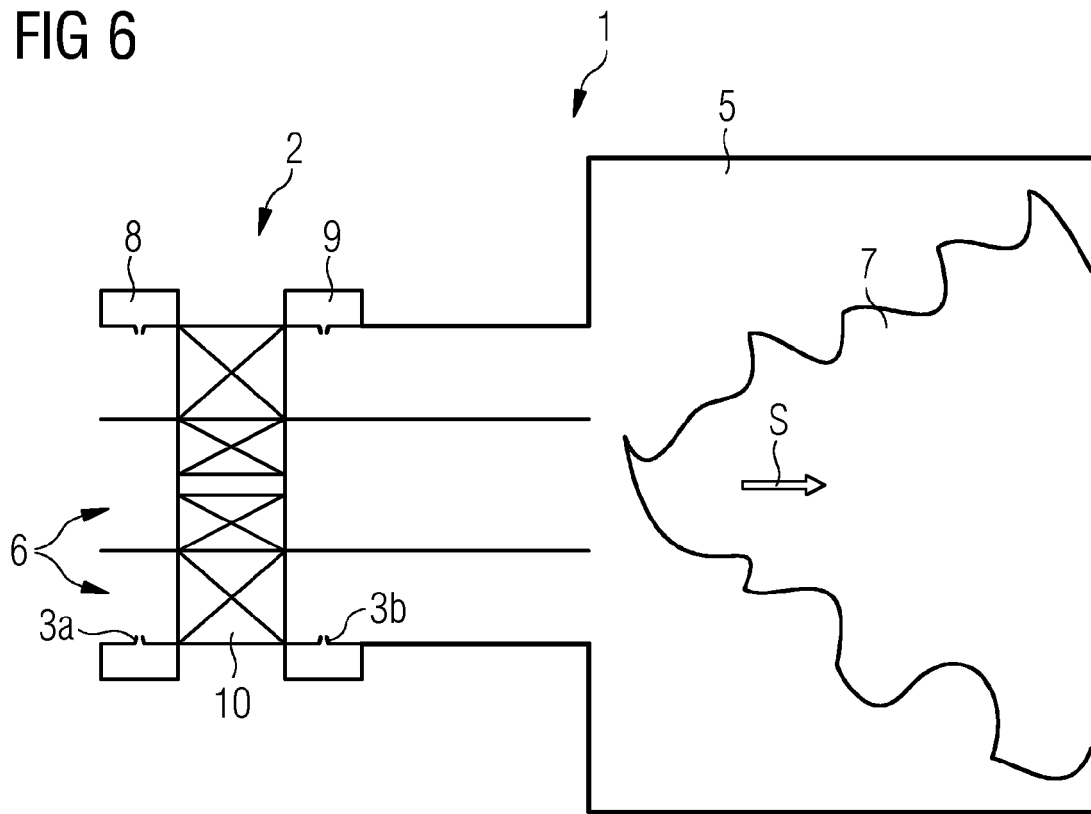


FIG 7

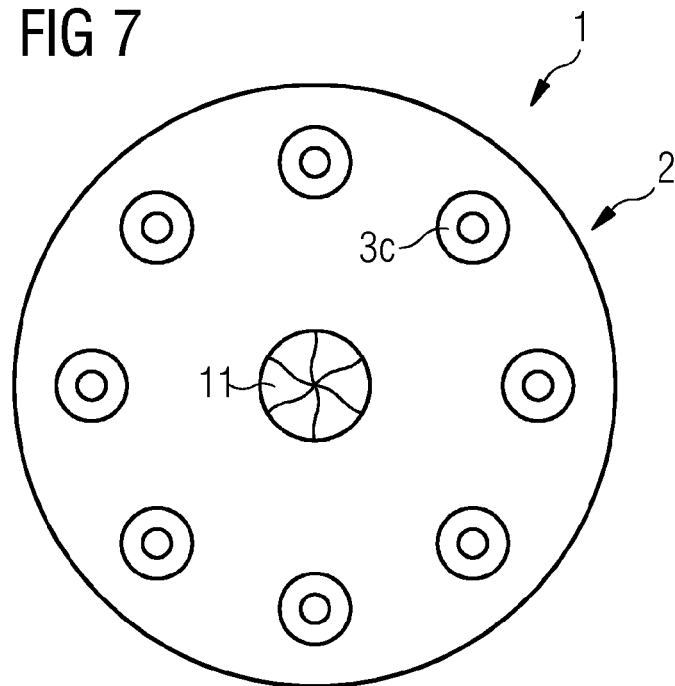


FIG 8

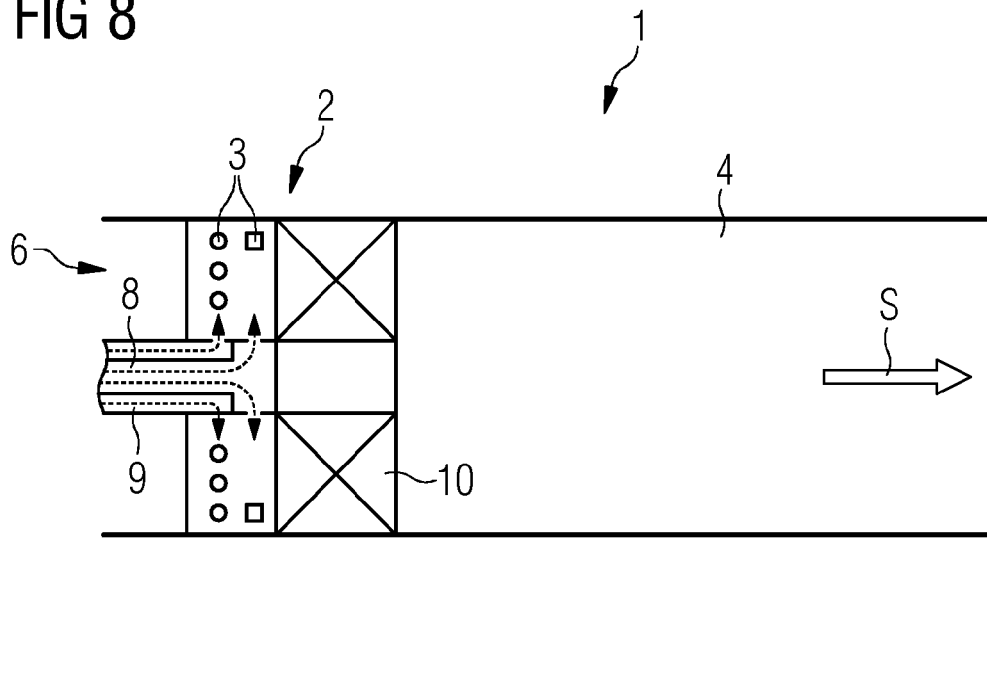


FIG 9

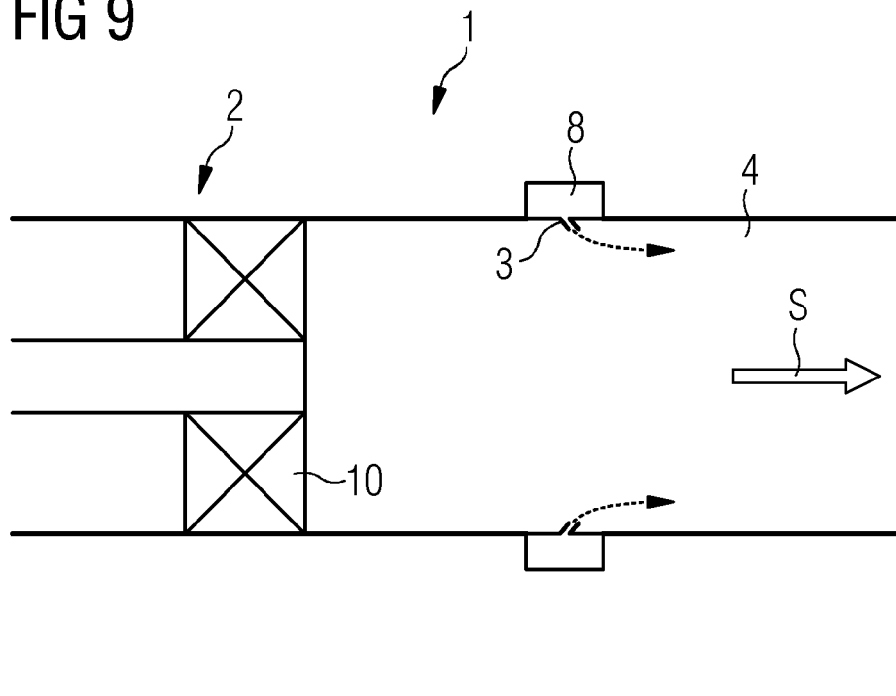


FIG 10

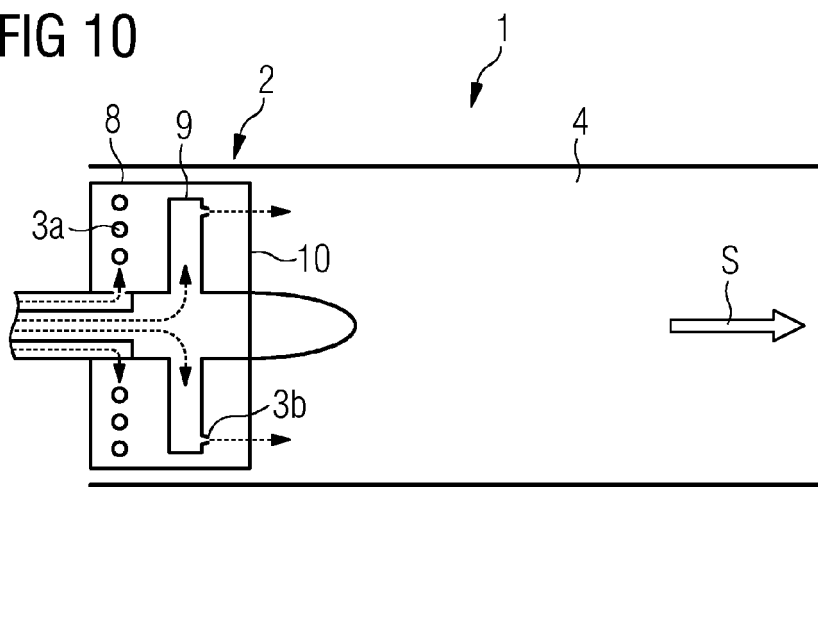


FIG 11

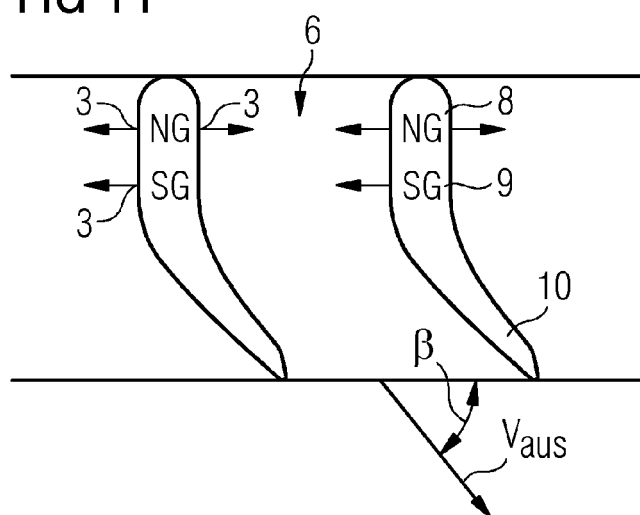
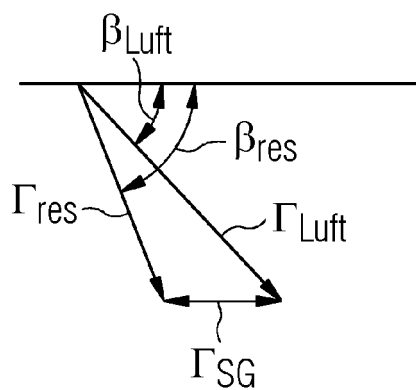


FIG 12





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 11 18 7643

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2010/300109 A1 (CARRONI RICHARD [CH] ET AL) 2. Dezember 2010 (2010-12-02) * Absatz [0033] - Absatz [0043]; Abbildungen 3-5 *	1-10	INV. F23R3/28 F23R3/12
X	US 2010/170255 A1 (ZUO BAIFANG [US] ET AL) 8. Juli 2010 (2010-07-08) * Absatz [0022]; Abbildungen 4,5 *	1-3,5-10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 15. Februar 2012	Prüfer Theis, Gilbert
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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, 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	

 2  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 11 18 7643

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.

15-02-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2010300109 A1	02-12-2010	EP 2072899 A1	24-06-2009
		EP 2300749 A1	30-03-2011
		US 2010300109 A1	02-12-2010
		WO 2009080600 A1	02-07-2009
-----			
US 2010170255 A1	08-07-2010	CN 101900340 A	01-12-2010
		EP 2206956 A2	14-07-2010
		JP 2010159951 A	22-07-2010
		US 2010170255 A1	08-07-2010
-----			

EPO FORM P0461

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