

(19)



(11)

EP 2 644 999 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

02.10.2013 Patentblatt 2013/40

(51) Int Cl.:

F23R 3/28 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12162013.2**

(22) Anmeldetag: **29.03.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

BA ME

(72) Erfinder:

- Ciani, Andrea
8005 Zürich (CH)
- Wood, John Philip
5406 Rütihof (CH)
- Paschereit, Christian Oliver
14109 Berlin (DE)

(71) Anmelder: **Alstom Technology Ltd**

5400 Baden (CH)

(54) **Gasturbinenanlage mit Fluidic-Injektor**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Verwendung eines Fluidic-Injektors (15) zum Einbringen eines

Brennstoffs in einen Oxidatorstrom (43) zur Versorgung einer Brennkammer, die mit Selbstzündung des Brennstoff-Oxidator-Gemischs in der Brennkammer arbeitet.

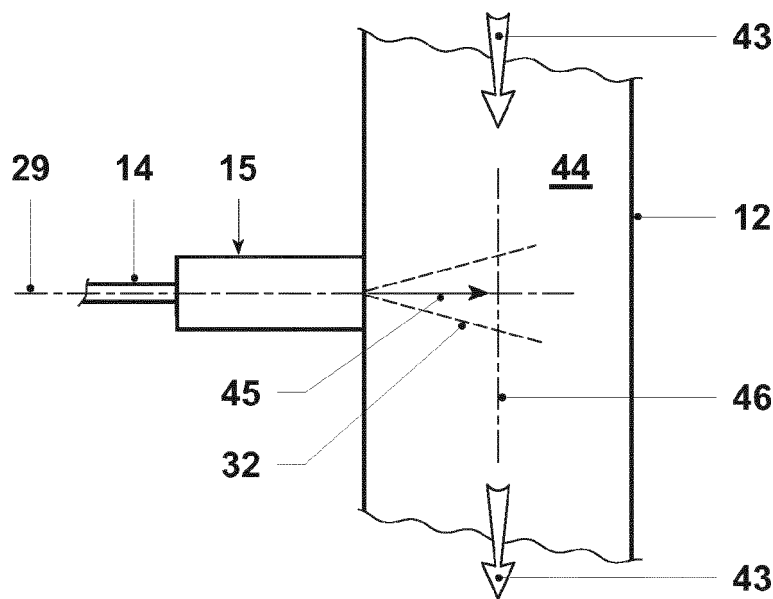


FIG. 4a

EP 2 644 999 A1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Gasturbinenanlage, insbesondere zum Antreiben eines Generators zur Stromerzeugung in einer Kraftwerksanlage. Die Erfindung beschäftigt sich ferner mit dem Einbringen eines Brennstoffs in einen Oxidatorstrom zur Versorgung einer Brennkammer einer Gasturbinenanlage.

Stand der Technik

[0002] Üblicherweise umfasst eine Gasturbinenanlage, die in einer Kraftwerksanlage zum Antreiben eines Generators zur Stromerzeugung verwendet wird, einen Verdichter, eine dem Verdichter nachgeordnete Brennkammer und eine der Brennkammer nachgeordnete Gasturbine, in der die heissen Verbrennungsabgase der Brennkammer entspannt werden. Dabei kann die Gasturbine einen Generator antreiben. Bei einer zweistufigen oder sequenziellen Gasturbinenanlage folgt auf den Verdichter zunächst eine Hochdruck- Brennkammer, deren Abgas in einer Hochdruck- Gasturbine entspannt wird. Der Hochdruck- Gasturbine ist dann eine Niederdruck- Brennkammer nachgeordnet, deren Abgas in einer Niederdruck- Gasturbine entspannt wird. Zweckmässig sind die Hochdruck- Gasturbine und die Niederdruck- Gasturbine einer gemeinsamen Rotorwelle zugeordnet, die zum Antreiben eines Generators benutzt werden kann. Die Hochdruck- Brennkammer und die Niederdruck- Brennkammer arbeiten nach unterschiedlichen Verbrennungsprinzipien. Die Hochdruck- Brennkammer arbeitet mit einer Flamme bzw. mit einer Flammenfront zum Entzünden eines Brennstoff- Oxidator- Gemischs, das der Brennkammer zur Verbrennung zugeführt wird. Im Unterschied dazu arbeitet die Niederdruck- Brennkammer in der Regel mit einer Selbstzündung des eingebrachten Brennstoff- Oxidator- Gemischs. Dies ist vorwiegend auf die hohen Eintrittstemperaturen der Niederdruck- Brennkammer zurückzuführen. Ein stabiler Betrieb einer derartigen Niederdruck- Brennkammer mit Selbstzündung hängt somit von unterschiedlichen Parametern ab, wie zum Beispiel Temperatur, Druck, Strömungsgeschwindigkeit und Verweildauer innerhalb der Brennkammer. Ferner hat sich gezeigt, dass hinsichtlich der Schadstoffemissionen eine verbesserte Durchmischung von Brennstoff und Oxidator erwünscht ist, bevor es in der Brennkammer zur Selbstzündung kommt. Insbesondere lassen sich durch eine verbesserte Durchmischung des in den Oxidatorstrom eingebrachten Brennstoffs die Stickoxidemissionen (NOX) reduzieren.

[0003] Des Weiteren kann eine verbesserte Gemischbildung dann von Vorteil sein, wenn Brennstoffe mit gegenüber Erdgas erhöhter Reaktivität verwendet werden. Beispielsweise kann ein Brennstoffgas verwendet werden, das aus einem Gemisch aus Erdgas und Wasserstoffgas besteht.

[0004] Aus anderen technischen Gebieten sind grundsätzlich sogenannte Fluidic-Injektoren bekannt, mit deren Hilfe ein Fluid in einen Brennraum eingedüst werden kann. Beispielsweise beschreiben Q. Huang und R. Chen in SAE-Paper 960768: "An Investigation into the Use of Fluidic Devices as Gas Fuel Injectors for Natural Gas Engines" verschiedene Varianten für solche Fluidic-Injektoren, mit denen Erdgas in die Brennräume einer Brennkraftmaschine eingebracht werden kann. Ein derartiger Fluidic-Injektor charakterisiert sich dadurch, dass die Strömungsrichtung eines Fluids innerhalb des Fluidic-Injektors ohne die Verwendung beweglicher Teile verändert werden kann. Insbesondere lassen sich dadurch vergleichsweise grosse Massenströme verschleissfrei steuern.

Darstellung der Erfindung

[0005] Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, für eine Gasturbinenanlage einen Weg aufzuzeigen, der es ermöglicht, die Schadstoffemissionen, insbesondere NOX-Emissionen, zu reduzieren. Ausserdem soll die Verwendung von Brennstoffen höherer Reaktivität vereinfacht werden.

[0006] Erfindungsgemäss wird dieses Problem durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0007] Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, für das Einbringen des Brennstoffs in den Oxidatorstrom einen Fluidic-Injektor zu verwenden. Ein derartiger Fluidic-Injektor lässt sich beispielsweise so auslegen, dass er einen Injektionsstrahl erzeugt, der permanent zwischen einem ersten Injektionswinkel und einem zweiten Injektionswinkel wechselt. Dieser Wechsel des Einspritz- oder Injektionswinkels erfolgt dabei zweckmässig ohne Unterbrechung des Injektionsstrahls, so dass der Injektionsstrahl somit permanent einen vorbestimmten Winkelbereich, dessen Bereichsgrenzen durch den ersten Injektionswinkel und den zweiten Injektionswinkel bestimmt sind, überstreicht. Die dabei auftretende Oszillationsgeschwindigkeit bzw. Oszillationsfrequenz kann durch eine entsprechende Abstimmung des Fluidic-Injektors auf den gewünschten Volumenstrom des Brennstoffs eingestellt werden. Durch den in seinem vorbestimmten Winkelbereich oszillierenden Injektionsstrahl kann in einem Oxidatorgaspfad ein gewünschter Querschnittsbereich mit Brennstoff beaufschlagt werden. Es hat sich gezeigt, dass eine derartige oszillierende Brennstoffinjektion in einen Oxidatorstrom zu einer intensiven Durchmischung zwischen Brennstoff und Oxidator führt. Diese intensive Durchmischung verbessert und stabilisiert die Verbrennungsreaktion in der jeweiligen Brennkammer, was einerseits die Schadstoffemissionen, insbesondere die NOX-Emissionen reduziert und andererseits auch die Verwendung von Brennstoffen höherer Reaktivität ermöglicht.

[0008] Bei einer Brennkammer mit Selbstzündung ist

der Oxidatorstrom gasförmig. Bei einer sequenziellen Gasturbinenanlage handelt es sich beim Oxidatorstrom um ein mageres, also unterstöchiometrisches Verbrenungsabgas der vorausgehenden Brennkammer, das in der vorausgehenden Gasturbine entspannt worden ist. Gemäss einer vorteilhaften Ausführungsform kann der Brennstoff, der über den Fluidic-Injektor in diesen Oxidatorstrom eingedüst wird, gasförmig sein. Bevorzugt wird hierbei Erdgas oder ein Erdgas-Wasserstoffgas-Gemisch. Grundsätzlich kann auch Wasserstoffgas als Brennstoff verwendet werden. Gasförmige Brennstoffe erfordern vergleichsweise hohe Volumenströme, die jedoch mit einem derartigen Fluidic-Injektor besonders einfach und verschleissfrei bewältigt werden können.

[0009] Alternativ ist es grundsätzlich ebenso möglich, denn Fluidic-Injektor so auszulegen, dass damit ein flüssiger Brennstoff in den Oxidatorgasstrom eindüst werden kann. Bei flüssigem Brennstoff sind die Volumenströme kleiner. Dennoch ist auch hier die Verwendung des Fluidic-Injektors von signifikantem Vorteil. Zum einen arbeitet der Fluidic-Injektor grundsätzlich ohne bewegliche Teile und somit verschleissfrei. Zum anderen ermöglicht das Oszillieren des Injektionsstrahls im vorbestimmten Winkelbereich eine grossflächige bzw. grossvolumige Verteilung des Injektionsstrahls innerhalb des Oxidatorstroms, was die Verdampfung der eingedüsten Tröpfchen begünstigt. Durch die Dimensionierung des Fluidic-Injektors sowie durch die Drücke im Brennstoff und im Oxidator lässt sich auch eine Tröpfchengrösse vorgeben, die der Injektionsstrahl besitzt. Somit lässt sich einfach eine Tröpfchengrösse wählen, die bei den vorliegenden Strömungsverhältnissen und Temperaturen eine hinreichend rasche Verdampfung des flüssigen Brennstoffs gewährleisten.

[0010] Eine erfindungsgemässe Gasturbinenanlage, die mit einem derartigen Fluidic-Injektor ausgestattet ist, umfasst somit eine Brennkammer die mit Selbstzündung eines Brennstoff-Oxidator-Gemischs arbeitet, einen Gaspfad zum Zuführen eines Oxidatorstroms zur Brennkammer, eine Brennstoffleitung zum Zuführen von Brennstoff zur Brennkammer sowie wenigstens einen solchen Fluidic-Injektor der vorstehend beschriebenen Art, der eintrittsseitig an die Brennstoffleitung und austrittsseitig an den Gaspfad angeschlossen ist.

[0011] Ein derartiger Fluidic-Injektor weist gemäss einer vorteilhaften Ausführungsform einen Wechselwirkungsraum auf, in dem das Umschalten zwischen den beiden Injektionswinkeln mit Hilfe strömungsdynamischer Kräfte erfolgt. Ferner besitzt der Fluidic-Injektor eine Eintrittsdüse, durch die der Brennstoff in den Wechselwirkungsraum eingedüst wird, sowie eine Austrittsdüse, durch die der Brennstoff aus dem Wechselwirkungsraum austritt bzw. in den Oxidatorstrom eintritt. Der Wechselwirkungsraum besitzt zweckmässig einen durchströmbaren Querschnitt, der grösser ist als die durchströmbaren Querschnitte der Eintrittsdüse und der Austrittsdüse. Beispielsweise ist der durchströmbare Querschnitt des Wechselwirkungsraums mindestens

doppelt so gross wie der durchströmbare Querschnitt der Eintrittsdüse bzw. der Austrittsdüse. Die Austrittsdüse kann grundsätzlich kegelförmig gestaltet sein, so dass sie sich also in der Strömungsrichtung des Brennstoffs dreidimensional aufweitet. Grundsätzlich ist jedoch auch eine Ausführungsform möglich, bei der die Austrittsdüse fächerförmig gestaltet ist, so dass sie sich also in der Strömungsrichtung des Brennstoffs nur zweidimensional aufweitet. Der im Injektionswinkelbereich oszillierende Injektionsstrahl definiert zumindest bei einer fächerförmigen Austrittsdüse eine Injektionsmittelebene, in der die Ausbreitungsrichtungen des oszillierenden Injektionsstrahls liegen. Der Fluidic-Injektor kann nun so an den Gaspfad angeschlossen sein, dass die Injektionsmittelebene parallel zur Strömungsrichtung der Oxidatorströmung orientiert ist. Bevorzugt ist jedoch eine Ausführungsform, bei der die Anordnung des Fluidic-Injektors am Gaspfad so erfolgt, dass die Injektionsmittelebene im Wesentlichen geneigt zur Strömungsrichtung des Oxidatorstroms orientiert ist. Bei dieser Bauform kann der Injektionsstrahl einen vorbestimmten Querschnittsbereich des Oxidatorstroms innerhalb des Gaspfads oszillierend überstreichen.

[0012] Der Fluidic-Injektor kann zweckmässig ausserdem mit einer ersten Rückführleitung und mit einer zweiten Rückführleitung ausgestattet sein. Beide Rückführleitungen verbinden voneinander getrennt, also separat, einen Einlassbereich der Austrittsdüse mit einem Auslassbereich der Eintrittsdüse. Die beiden Rückführleitungen ermöglichen ein selbsttätiges, automatisches Wechseln der Austrittsrichtung des Injektionsstrahls durch das Rückkoppeln des am Einlassbereich der Austrittsdüse herrschenden Drucks zum Auslassbereich der Eintrittsdüse, und umgekehrt. Hierdurch kann der Brennstoffstrahl innerhalb des Wechselwirkungsraums permanent zwischen zwei Strömungszuständen hin und her wechseln und somit die Austrittsrichtung des Injektionsstrahls nach Art eines Flip-Flop-Schalters zwischen den beiden Austrittsrichtungen umschalten.

[0013] Zweckmässig können beim Fluidic-Injektor die Eintrittsdüse und die Austrittsdüse coaxial zu einer Längsmittelachse des Fluidic-Injektors ausgerichtet sein, wodurch auch der Wechselwirkungsraum einen symmetrischen Aufbau bezüglich der Längsmittelachse des Fluidic-Injektors besitzen kann. Besonders zweckmässig ist es ebenfalls, die beiden Rückführleitungen zu einer die Längsmittelachse enthaltenen Längsmittlebene spiegelsymmetrisch anzuordnen. Somit liegen auch die beiden Haupt-Injektionsrichtungen symmetrisch zur Längsmittlebene des Fluidic-Injektors, was insbesondere auch durch die vorstehend beschriebene fächerförmige Ausgestaltung der Austrittsdüse begünstigt werden kann.

[0014] Die Austrittsdüse selbst mündet in den Gaspfad, der den Oxidatorstrom zur Brennkammer führt.

[0015] Der Anbau des Fluidic-Injektors an den Gaspfad kann bevorzugt so durchgeführt werden, dass sich die Längsmittlebene des Fluidic-Injektors im Wesentli-

chen parallel zur Strömungsrichtung des Oxidatorstroms im Gaspfad erstreckt, so dass also die oszillierende Bewegung des Injektionsstrahls, die quer zur Längsmittalebene verläuft, quer zur Strömungsrichtung des Oxidatorstroms erfolgt.

[0016] Ferner kann der Fluidic-Injektor so an den Gaspfad angeschlossen sein, dass eine mittlere Austrittsrichtung des Fluidic-Injektors, mit welcher der Brennstoff im Mittel aus dem Fluidic-Injektor austritt, im Wesentlichen senkrecht zu einer im Bereich der Anschlussstelle vorliegenden Hauptströmungsrichtung des Oxidatorstroms ausgerichtet ist. Durch diese Anordnung lässt sich eine besonders intensive Durchmischung zwischen Brennstoff und Oxidator erzielen. Eine derartige Bauform lässt sich besonders preiswert realisieren, da der Fluidic-Injektor in diesem Fall unmittelbar an eine Wand des Gaspfads angeschlossen werden kann.

[0017] Alternativ dazu ist es ebenso möglich, den Fluidic-Injektor so an den Gaspfad anzuschliessen, dass eine mittlere Austrittsrichtung des Fluidic-Injektors, mit welcher der Brennstoff im Mittel aus dem Fluidic-Injektor austritt, parallel zu einer im Bereich der Anschlussstelle vorliegenden Hauptströmungsrichtung des Oxidatorstroms ausgerichtet ist. Bei dieser Bauform können negative Einflüsse durch einen Drall in der Oxidatorströmung oder durch Variieren der Strömungsgeschwindigkeiten der Oxidatorströmung reduziert werden. Auch ist bei einer derartigen Konfiguration die Gefahr von Totwassergebieten im Oxidatorstrom stromab des Fluidic-Injektors reduziert. Eine derartige Anordnung lässt sich beispielsweise mit Hilfe einer Brennstofflanze realisieren, die an geeigneter Stelle in den Gaspfad eingeführt ist und die im Bereich ihrer Lanzenspitze den Fluidic-Injektor trägt.

[0018] Eine weitere Alternative schlägt vor, den Fluidic-Injektor so an den Gaspfad anzuschliessen, dass eine mittlere Austrittsrichtung des Fluidic-Injektors, mit welcher der Brennstoff im Mittel aus dem Fluidic-Injektor austritt, mit einem Winkel zwischen 0° und 90° zu einer im Bereich der Anschlussstelle vorliegenden Hauptströmungsrichtung des Oxidatorstroms ausgerichtet ist. Eine derartige Ausführungsform stellt quasi einen Kompromiss zwischen den beiden vorstehend genannten Ausführungsformen dar. Sie ermöglicht dabei insbesondere eine Optimierung der Vorteile, die sich aus den einzelnen, vorstehend genannten alternativen Lösungen ergeben.

[0019] Sofern der Fluidic-Injektor ausserdem so an den Gaspfad angebaut wird, dass sich der Injektionsstrahl im Wesentlichen senkrecht zur Strömungsrichtung des Oxidatorgases bewegt, herrscht der vorstehend genannte Winkel, der zwischen der Hauptströmungsrichtung des Oxidatorgases und der mittleren Austrittsrichtung des Fluidic-Injektors herrscht, auch zwischen der Hauptströmungsrichtung des Oxidators und der Injektionsmittelebene des fächerförmig oszillierenden Fluidic-Injektors.

[0020] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform kann

die Brennkammer ringförmig ausgestaltet sein. Der Fluidic-Injektor kann dann grundsätzlich ebenfalls ringförmig ausgestaltet sein, so dass sich zumindest die Austrittsdüse ringförmig erstreckt. Alternativ dazu können jedoch mehrere Fluidic-Injektoren vorgesehen sein, die in der Umfangsrichtung der Brennkammer verteilt angeordnet sind. Insbesondere sind demnach mehrere Austrittsdüsen in der Umfangsrichtung, vorzugsweise gleichmässig, verteilt angeordnet. Der jeweilige Fluidic-Injektor besitzt dadurch einen vergleichsweise einfachen Aufbau.

[0021] Bevorzugt ist die Gasturbinenanlage als zweistufige oder sequenzielle Gasturbinenanlage konfiguriert, bei der die Brennkammer als Niederdruck-Brennkammer ausgestaltet ist, der eine Niederdruck-Gasturbine nachgeordnet ist und eine Hochdruck-Gasturbine vorgeordnet ist. Der Hochdruck-Gasturbine ist dann eine Hochdruck-Brennkammer vorgeordnet, die mit einer Flamme zum Entzünden des Brennstoff-Oxidator-Gemischs arbeitet. Zweckmässig sind die beiden Gasturbinen an einem gemeinsamen Rotor angeordnet. An diesem Rotor kann ausserdem ein Verdichter angeordnet sein, der der Hochdruck-Brennkammer vorgeordnet ist. Über den gemeinsamen Rotor können die Gasturbinen bei einer Anwendung in einem Kraftwerk einen Generator zur Stromerzeugung antreiben.

[0022] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

[0023] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0024] Es zeigen, jeweils schematisch,

Fig. 1 eine stark vereinfachte, schaltplanartige Prinzipdarstellung einer Gasturbinenanlage,

Fig. 2 einen stark vereinfachten, prinzipiellen Längsschnitt durch einen Fluidic-Injektor,

Fig. 3 eine nochmals vereinfachte Darstellung des Fluidic-Injektors aus Fig. 2 bei verschiedenen Zuständen a bis c,

Fig. 4 eine weitere vereinfachte Darstellung des Fluidic-Injektors bei verschiedenen Einbausituationen a bis c.

[0025] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche

oder funktional gleiche Komponenten beziehen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0026] Entsprechend Fig. 1 umfasst eine Gasturbinenanlage 1, die zweistufig bzw. sequenziell ausgestaltet ist, einen Verdichter 2, eine dem Verdichter 2 nachgeordnete Hochdruck-Brennkammer 3, eine der Hochdruck-Brennkammer 3 nachgeordnete Hochdruck-Gasturbine 4, eine der Hochdruck-Gasturbine 4 nachgeordnete Niederdruck-Brennkammer 5 und eine der Niederdruck-Brennkammer 5 nachgeordnete Niederdruck-Gasturbine 6. Eine erste Leitung 7 führt dem Verdichter 2 Frischgas zu, das im Verdichter 2 komprimiert wird. Eine zweite Leitung 8 führt das komprimierte Frischgas der Hochdruck-Brennkammer 3 zu. Dabei ist diese zweite Leitung 8 eine Oxidatorleitung zur Versorgung der Hochdruck-Brennkammer 3 mit Oxidator. Eine Hochdruck-Brennstoffversorgungseinrichtung 9 führt dem Oxidator, der der Hochdruck-Brennkammer 3 zugeführt wird, Brennstoff zu. Hierzu ist die Hochdruck-Brennstoffversorgungseinrichtung 9 über eine entsprechende dritte Leitung 10 an die Oxidatorleitung der Hochdruck-Brennkammer 3, also an die zweite Leitung 8 angeschlossen. In der Hochdruck-Brennkammer 3 findet dann eine Umsetzung des Brennstoffs mit dem Oxidator statt. Dabei entsteht heisses Verbrennungsabgas, das über eine vierte Leitung 11 der Hochdruck-Gasturbine 4 zugeführt wird. Das in der Hochdruck-Gasturbine 4 entspannte Verbrennungsabgas wird über eine fünfte Leitung 12 als Oxidatorgas der Niederdruck-Brennkammer 5 zugeführt. Eine Niederdruck-Brennstoffversorgungseinrichtung 13 dient dabei zum Zuführen eines Brennstoffs zu dem der Niederdruck-Brennkammer 5 zugeführten Oxidator. Dementsprechend ist die Niederdruck-Brennstoffversorgungseinrichtung 13 über eine sechste Leitung 14 an die fünfte Leitung 12, also an die Oxidatorleitung der Niederdruck-Brennkammer 5, angeschlossen. Der Anschluss erfolgt dabei über einen Fluidic-Injektor 15, der weiter unten mit Bezug auf die Fig. 2 bis 4 näher erläutert wird. In der Niederdruck-Brennkammer 5 wird der Brennstoff mit dem Oxidatorgas umgesetzt. Dabei entsteht wieder heisses Verbrennungsabgas, das über eine siebte Leitung 16 der Niederdruck-Gasturbine 6 zugeführt und darin entspannt wird. Eine achte Leitung 17 führt das entspannte Arbeitsgas von der Niederdruck-Gasturbine 6 ab. Zweckmässig ist ein gemeinsamer Rotor 18 vorgesehen, der die Laufbeschaufelungen des Verdichters 2, der Hochdruck-Gasturbine 4 und der Niederdruckgasturbine 6 trägt und der mit einem Generator 19 antriebsverbunden sein kann, der in einer Kraftwerksanlage zur Stromerzeugung genutzt werden kann.

[0027] Die Hochdruck-Brennkammer 3 arbeitet dabei zum Entzünden des Brennstoff-Oxidatorgemischs mit einer Flamme. Im Unterschied dazu arbeitet die Niederdruck-Brennkammer 5 mit Selbstzündung des Brennstoff-Oxidator-Gemischs. Zum Einbringen des Brennstoffs in den Oxidatorstrom zur Versorgung der Nieder-

druck-Brennkammer 5 wird ein Fluidic-Injektor 15 verwendet, wodurch eine besonders intensive Durchmischung zwischen dem Oxidatorgas und dem darin eingedüsten Brennstoff realisierbar ist. Der Brennstoff kann dabei gasförmig sein oder flüssig. Im Folgenden wird anhand der Fig. 2 bis 4 ein bevorzugter Aufbau für einen derartigen Fluidic-Injektor 15 näher erläutert.

[0028] Entsprechend den Fig. 2 und 3 besitzt ein derartiger Fluidic-Injektor 15 einen Wechselwirkungsraum 20, eine Eintrittsdüse 21, eine Austrittsdüse 22, eine erste Rückführleitung 23 und eine zweite Rückführleitung 24. Durch die Eintrittsdüse 21 kann nun der Brennstoff gemäss einem Pfeil 25 über eine entsprechende Brennstoffleitung, hier die sechste Leitung 14 in den Wechselwirkungsraum 20 eingedüst werden. Durch die Austrittsdüse 22 kann der Brennstoff entsprechend einem Pfeil 26 aus dem Wechselwirkungsraum 20 austreten und in eine entsprechende Oxidatorleitung, hier in die vierte Leitung 12, eingedüst werden. Die erste Rückführleitung 23 führt von einem Einlassbereich 27 der Austrittsdüse 22 zu einem Auslassbereich 28 der Eintrittsdüse 21 zurück. Die zweite Rückführleitung 24 ist der ersten Rückführleitung 23 diametral gegenüberliegend angeordnet und führt ebenfalls vom Einlassbereich 27 der Austrittsdüse 22 zum Auslassbereich 28 der Eintrittsdüse 21 zurück. Die Eintrittsdüse 21 und die Austrittsdüse 22 sind bezüglich einer Längsmittelachse 29 des Fluidic-Injektors 15 koaxial und zueinander fluchtend angeordnet bzw. ausgerichtet. Ferner sind die Düsen 21, 22, die Kammer 20 und die Leitungen 23 spiegelsymmetrisch zu einer Längsmittellebene 50 des Fluidic-Injektors 15 angeordnet, in der die Längsmittelachse 29 liegt und die senkrecht auf der Zeichnungsebene der Fig. 2 und 3 steht.

[0029] Die Funktionsweise des Fluidic-Injektors 15 wird im Folgenden anhand der Fig. 3a bis 3c näher erläutert. Im Zustand der Fig. 3a strömt der Brennstoff innerhalb des Wechselwirkungsraums 20 gemäss einem Pfeil 30 entlang einer der zweiten Rückführleitung 24 zugewandten Wand 31 des Wechselwirkungsraums 20, wodurch der aus der Austrittsdüse 22 austretende Einspritzstrahl 32 gemäss dem Pfeil 26 eine erste Einspritzrichtung besitzt, die gegenüber der Längsmittelachse 29 einen ersten Winkel 33 aufweist. Die in diesem Zustand herrschenden Druckverhältnisse bewirken, dass in der ersten Rückführleitung 23 gemäss Pfeilen 34 Brennstoff vom Auslassbereich 28 der Eintrittsdüse 21 zum Einlassbereich 27 der Austrittsdüse 22 strömt, was den Einspritzstrahl 32 in Richtung der Längsmittelachse 29 antreibt. Gleichzeitig stellt sich in der zweiten Rückführleitung 24 gemäss Pfeilen 35 eine Strömung ein, die vom Einlassbereich 27 der Austrittsdüse 22 zum Auslassbereich 28 der Eintrittsdüse 21 führt. Auch diese Strömung führt dazu, dass sich der Einspritzstrahl 26 in Richtung der Längsmittelachse 29 bewegt. Ferner kommt es hierbei im Wechselwirkungsraum 20 zu einem Rückströmbereich 36, der in den Fig. 2, 3a und 3c durch einen Rezirkulationswirbel angedeutet ist.

[0030] Sobald sich die Strömungen in den Rückführ-

leitungen 23, 24 ausgebildet haben, führen diese zu einem schlagartigen Richtungswechsel des Einspritzstrahls 32. Hierbei durchläuft der Einspritzstrahl 32 unter anderem den mittleren Zustand gemäss Fig. 3b, bei dem der Einspritzstrahl 32 coaxial zur Längsmittelachse 29 des Fluidic-Injektors 15 ausgerichtet ist. Nach diesem fluidisch ausgelösten Schaltvorgang liegt der Zustand gemäss Fig. 3c vor, bei dem der Brennstoff im Wechselwirkungsraum 20 entsprechend einem Pfeil 37 entlang einer Wandung 38 des Wechselwirkungsraums 20 strömt, die der ersten Rückführleitung 23 zugewandt ist. In der Folge richtet sich der Einspritzstrahl 32 in einer zweiten Einspritzrichtung aus, die gegenüber der Längsmittelachse 29 einen zweiten Einspritzwinkel 39 besitzt. Nach dem Umschalten können sich aufgrund der herrschenden Strömungsverhältnisse analog zum Zustand der Fig. 3a wieder ein Rezirkulationswirbel 40 und eine Strömung 41 in der ersten Rückführleitung 23 sowie eine Strömung 42 in der zweiten Rückführleitung 24 ausbilden. Allerdings hat sich dabei innerhalb der Rückführleitungen 23, 24 die Strömungsrichtung umgekehrt, so dass nun in der ersten Rückführleitung die Strömung 41 vom Einlassbereich 27 der Austrittsdüse 22 zum Auslassbereich 28 der Eintrittsdüse 21 führt, während in der zweiten Rückführleitung 24 die Brennstoffströmung 42 vom Auslassbereich 28 der Eintrittsdüse 21 zum Einlassbereich 27 der Austrittsdüse 22 führt. Somit führen die sich nunmehr einstellenden Strömungsverhältnisse dazu, dass der Einspritzstrahl 32 wieder in Richtung der Längsmittelachse 29 umgelenkt wird, wobei er nach Durchlaufen des Zustands der Fig. 3b wieder in den Zustand der Fig. 3a gelangt. Da die Schaltvorgänge fluidisch dynamisch selbsttätig erfolgen, oszilliert der Einspritzstrahl 32 zwischen den genannten Einspritzwinkeln 33 und 39 permanent.

[0031] Vorzugsweise oszilliert der Einspritzstrahl 32 dabei in einer Einspritzebene, die sich in den Fig. 3a bis 3c in der Zeichnungsebene erstreckt.

[0032] In den Darstellungen der Fig. 3a bis 3c ist die Strömungsrichtung des Oxidatorstroms senkrecht zur Zeichnungsebene orientiert. In den vereinfachten Darstellungen der Fig. 4a bis 4c sind die Ansichten gegenüber den Ansichten der Fig. 3a bis 3c bezüglich der Längsmittelachse 29 um 90° gedreht. Dementsprechend ist ein Oxidatorstrom 43 erkennbar, der in den Fig. 4a bis 4c jeweils in der Zeichnungsebene liegt. Die Oszillationsebene, innerhalb der der Injektionsstrahl 26 oszilliert, steht dabei senkrecht auf der Zeichnungsebene der Fig. 4a bis 4c.

[0033] Der Oxidatorstrom 43 bewegt sich dabei entlang eines Gaspfads 44, der in der Oxidatorleitung 12 bzw. in der fünften Leitung 12 gemäss Fig. 1 ausgebildet ist. Gemäss der in Fig. 4a gezeigten Ausführungsform ist der Fluidic-Injektor 15 so an den Gaspfad 44 angeschlossen, dass eine durch einen Pfeil 45 angedeutete mittlere Austrittsrichtung des Fluidic-Injektors 15 senkrecht zu einer Hauptströmungsrichtung 46 des Oxidatorstroms 43 ausgerichtet ist. Die mittlere Austrittsrichtung

45 ergibt sich aus dem Mittelwert, aus den unterschiedlichen Austrittsrichtungen des Einspritzstrahls 32 mit denen der Brennstoff aus dem Fluidic-Injektor 15 im Mittel austritt. Die mittlere Austrittsrichtung 45 entspricht somit dem in Fig. 3b gezeigten Zustand. Die Hauptströmungsrichtung 46 des Oxidatorstroms 43 herrscht dabei im Bereich der Anschlussstelle 47 im Gaspfad 44. In diesem Fall kann der Fluidic-Injektor 15 unmittelbar an die Oxidatorleitung 12 angebaut werden.

[0034] Gemäss Fig. 4b kann der Fluidic-Injektor 15 alternativ so an den Gaspfad 44 angeschlossen sein, dass die mittlere Austrittsrichtung 45 parallel zur Hauptströmungsrichtung 46 des Oxidatorstroms 43 ausgerichtet ist. Zu diesem Zweck kann der Fluidic-Injektor 15 in eine Lanze 48 integriert sein, mit deren Hilfe der Fluidic-Injektor 15 vorzugsweise coaxial und zentrisch in der Oxidatorleitung 12 positioniert werden kann.

[0035] Fig. 4c zeigt eine weitere Alternative, bei welcher der Fluidic-Injektor 15 so an den Gaspfad 44 angeschlossen ist, dass die mittlere Austrittsrichtung 45 gegenüber der Hauptströmungsrichtung 46 einen Winkel 49 einschliesst, der grösser ist als 0° und der kleiner ist als 90°. Im gezeigten Beispiel beträgt der Einspritzwinkel 49 etwa 45°. Bei den Darstellungen der Fig. 4a bis 4c erstreckt sich die Ebene, in welcher sich der Einspritzstrahl 32 bezüglich seiner mittleren Austrittsrichtung 45 oszillierend erstreckt, im Wesentlichen senkrecht zur Zeichnungsebene.

30 Bezugszeichenliste

[0036]

- | | |
|----|---|
| 1 | Gasturbinenanlage |
| 2 | Verdichter |
| 3 | Hochdruck- Brennkammer |
| 4 | Hochdruck- Gasturbine |
| 5 | Niederdruck- Brennkammer |
| 6 | Niederdruck- Gasturbine |
| 7 | erste Leitung |
| 8 | zweite Leitung |
| 9 | Hochdruck- Brennstoffzufuhreinrichtung |
| 10 | dritte Leitung |
| 11 | vierte Leitung |
| 12 | fünfte Leitung |
| 13 | Niederdruck- Brennstoffversorgungseinrichtung |

14 sechste Leitung
 15 Fluidic- Injektor
 16 siebte Leitung
 17 achte Leitung
 18 Rotor
 19 Generator
 20 Wechselwirkungsraum
 21 Eintrittsdüse
 22 Austrittsdüse
 23 erste Rückführleitung
 24 zweite Rückführleitung
 25 Brennstoffstrom
 26 Brennstoffstrom
 27 Einlassbereich von 22
 28 Auslassbereich von 21
 29 Längsmittelachse von 15
 30 Brennstoffstrom
 31 Wand von 20
 32 Einspritzstrahl
 33 erster Einspritzwinkel
 34 Brennstoffstrom
 35 Brennstoffstrom
 36 Rezirkulationswirbel
 37 Brennstoffstrom
 38 Wand von 20
 39 zweiter Einspritzwinkel
 40 Rezirkulationswirbel
 41 Brennstoffstrom
 42 Brennstoffstrom

43 Oxidatorstrom
 44 Gaspfad
 5 45 mittlere Austrittsrichtung
 46 Hauptströmungsrichtung
 47 Anschlussstelle
 10 48 Lanze
 49 Einspritzwinkel
 15 50 Längsmittelebene

Patentansprüche

- 20 1. Verwendung eines Fluidic-Injektors (15) zum Einbringen eines Brennstoffs in einen Oxidatorstrom (43) zur Versorgung einer Brennkammer (5), die mit Selbstzündung des Brennstoff-Oxidator-Gemischs in der Brennkammer (5) arbeitet.
- 25 2. Verwendung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennstoff gasförmig ist.
- 30 3. Verwendung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennstoff flüssig ist.
- 35 4. Gasturbinenanlage, insbesondere zum Antreiben eines Generators (19) zur Stromerzeugung in einer Kraftwerksanlage,
- 40 - mit einer Brennkammer (5), die mit Selbstentzündung eines Brennstoff-Oxidator-Gemischs arbeitet,
 - mit einem Gaspfad (44) zum Zuführen eines Oxidatorstroms (43) zur Brennkammer (5),
 - mit einer Brennstoffleitung (14) zum Zuführen von Brennstoff zur Brennkammer (5),
 - mit einem Fluidic-Injektor (15) zum Einbringen des Brennstoffs in den Oxidatorstrom (43), der eintrittsseitig an die Brennstoffleitung (14) und austrittsseitig an den Gaspfad (44) angeschlossen ist.
- 45 5. Gasturbinenanlage nach Anspruch 4, wobei der Fluidic-Injektor (15) **gekennzeichnet ist durch:**
- 50 - einen Wechselwirkungsraum (20),
 - eine Eintrittsdüse (21), **durch** die der Brennstoff in den Wechselwirkungsraum (20) eintritt,
 - eine Austrittsdüse (22), **durch** die der Brennstoff aus dem Wechselwirkungsraum (20) austritt,
 - eine erste Rückführleitung (23), die von einem
- 55

- Einlassbereich (27) der Austrittsdüse (22) zu einem Auslassbereich (28) der Eintrittsdüse (21) zurückführt,
 - eine zweite Rückführleitung (24) die vom Einlassbereich (27) der Austrittsdüse (22) zum Auslassbereich (28) der Eintrittsdüse (21) zurückführt,
 - wobei die Eintrittsdüse (21) und die Austrittsdüse (22) koaxial zu einer Längsmittelachse (29) des Fluidic-Injektors (15) ausgerichtet sind,
 - wobei die beiden Rückführleitungen (23, 24) zu einer die Längsmittelachse (29) enthaltenden Längsmittlebene (50) spiegelsymmetrisch angeordnet sind,
 - wobei die Austrittsdüse (22) in einen den Oxidatorstrom (43) führenden Gaspfad (44) der Brennkammer (5) mündet.
6. Gasturbinenanlage nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fluidic-Injektor (15) so an den Gaspfad (44) angeschlossen ist, dass eine mittlere Austrittsrichtung (45) des Fluidic-Injektors (15), mit welcher der Brennstoff im Mittel aus dem Fluidic-Injektor (15) austritt, senkrecht zu einer im Bereich der Anschlussstelle (47) vorliegenden Hauptströmungsrichtung (46) des Oxidatorstroms (43) ausgerichtet ist.
7. Gasturbinenanlage nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fluidic-Injektor (15) so an dem Gaspfad (44) angeschlossen ist, dass eine mittlere Austrittsrichtung (45) des Fluidic-Injektors (15), mit welcher der Brennstoff im Mittel aus dem Fluidic-Injektor (15) austritt, parallel zu einer im Bereich der Anschlussstelle (47) vorliegenden Hauptströmungsrichtung (46) des Oxidatorstroms (43) ausgerichtet ist.
8. Gasturbinenanlage nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fluidic-Injektor (15) so an dem Gaspfad (44) angeschlossen ist, dass eine mittlere Austrittsrichtung (45) des Fluidic-Injektors (15), mit welcher der Brennstoff im Mittel aus dem Fluidic-Injektor (15) austritt, mit einem Winkel (49) zwischen 0° und 90° zu einer im Bereich der Anschlussstelle (47) vorliegenden Hauptströmungsrichtung (46) des Oxidatorstroms (43) geneigt ausgerichtet ist.
9. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammer (5) ringförmig ausgestaltet ist und dass der Fluidic-Injektor (15) ringförmig ausgestaltet ist.
10. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammer (5) ringförmig ausgestaltet ist und dass mehrere Fluidic-Injektoren (15) vorgesehen sind, die in der

Umfangsrichtung der Brennkammer (5) verteilt angeordnet sind.

11. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 4 bis 10, **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** die Brennkammer (5) als Niederdruck-Brennkammer (5) ausgestaltet ist,
- **dass** der Niederdruck-Brennkammer (5) eine Niederdruck-Gasturbine (6) nachgeordnet ist,
- **dass** der Niederdruck-Brennkammer (5) eine Hochdruck-Gasturbine (4) vorgeordnet ist,
- **dass** der Hochdruck-Gasturbine (4) eine Hochdruck-Brennkammer (3) vorgeordnet ist, die mit einer Flamme zum Entzünden eines Brennstoff-Oxidator-Gemischs arbeitet.

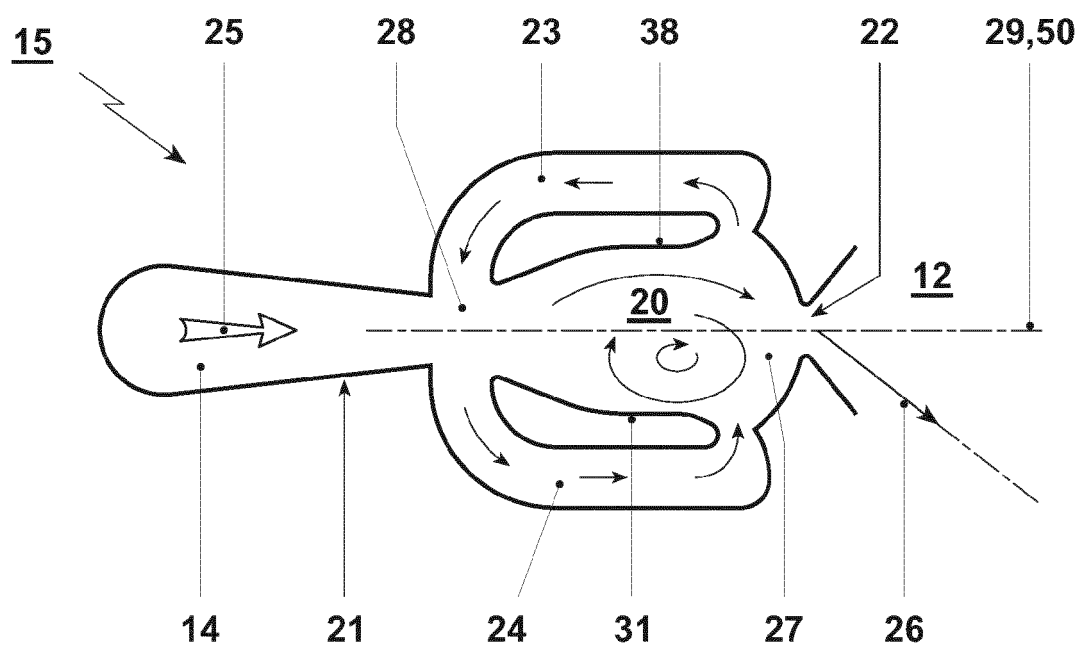
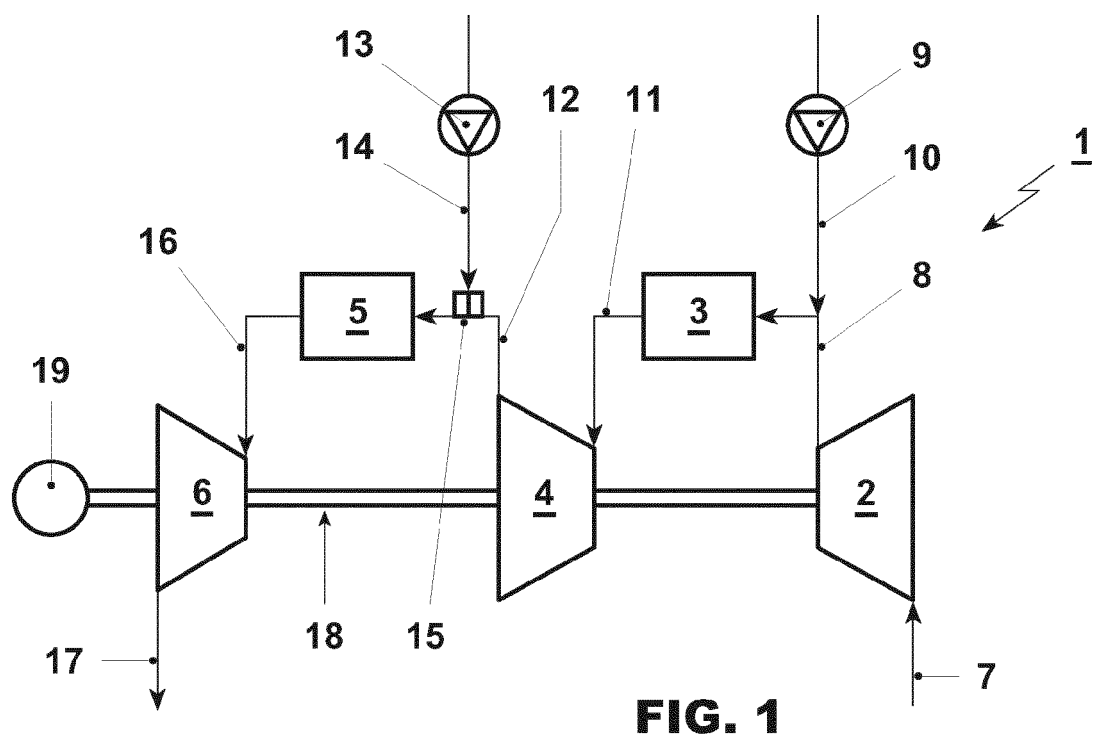
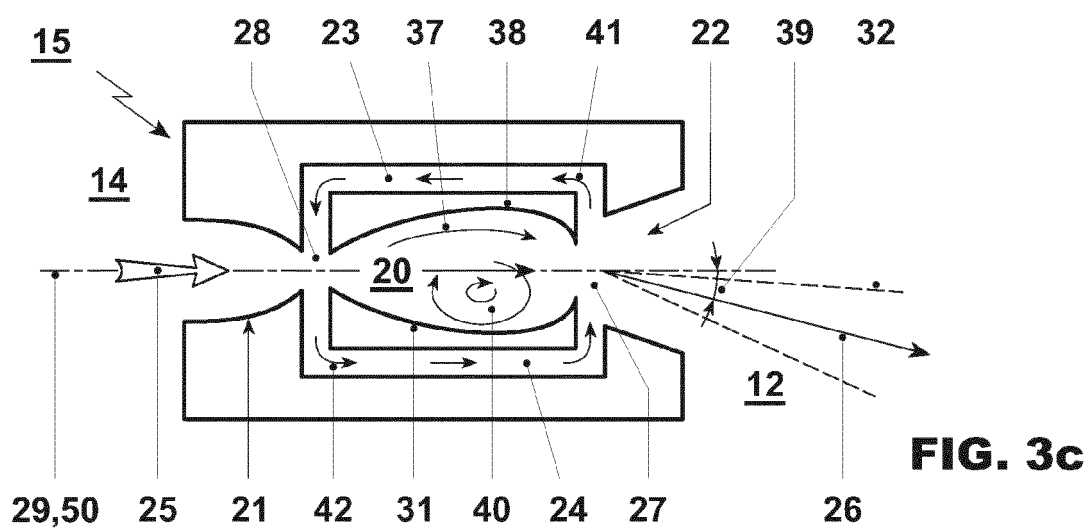
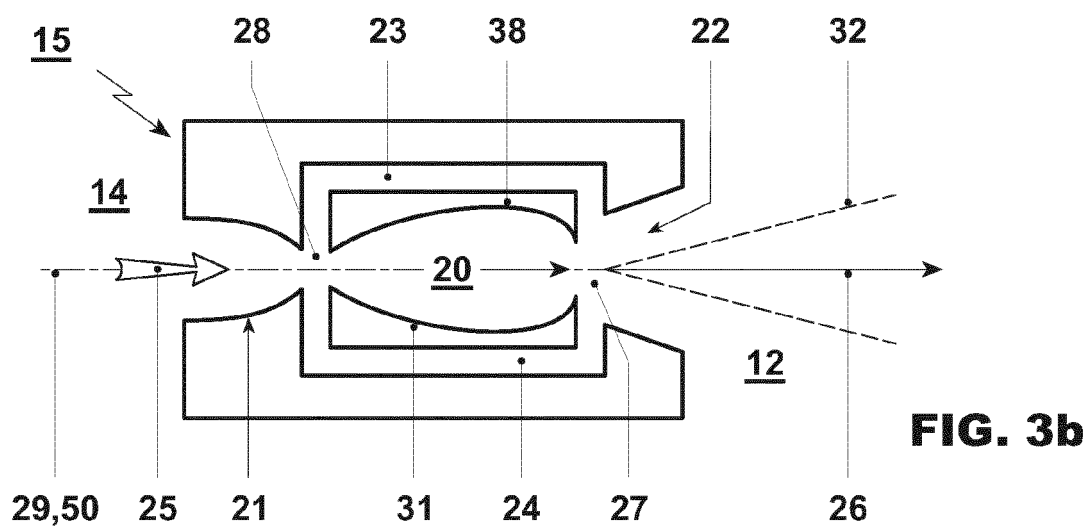
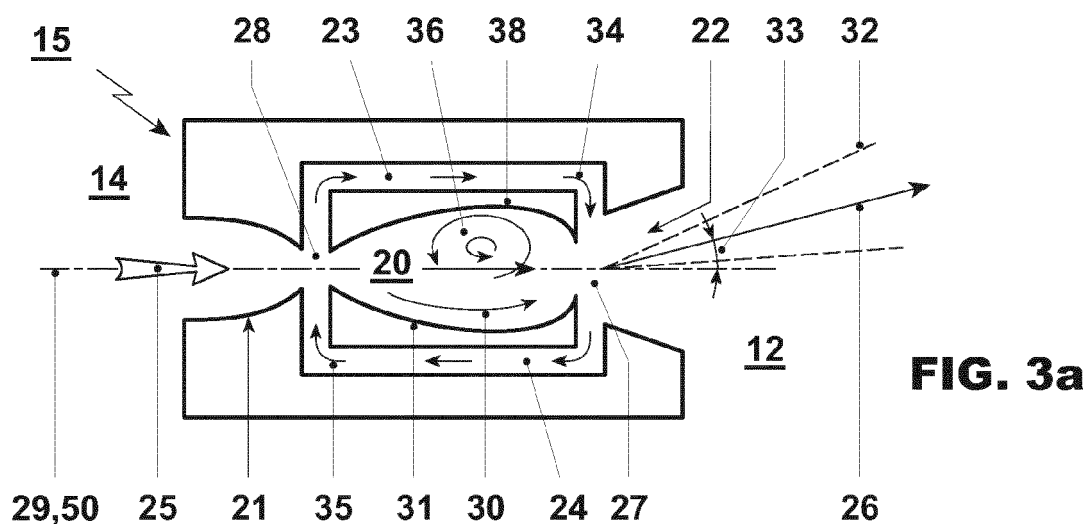


FIG. 2



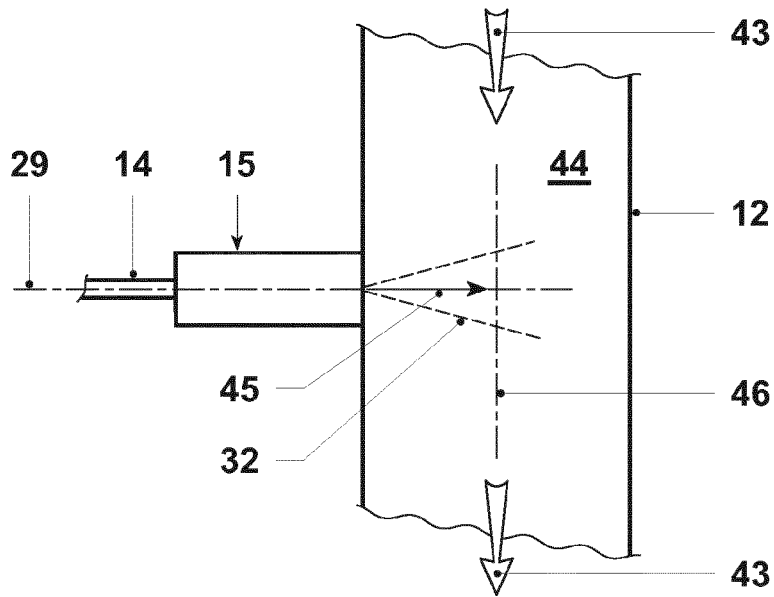


FIG. 4a

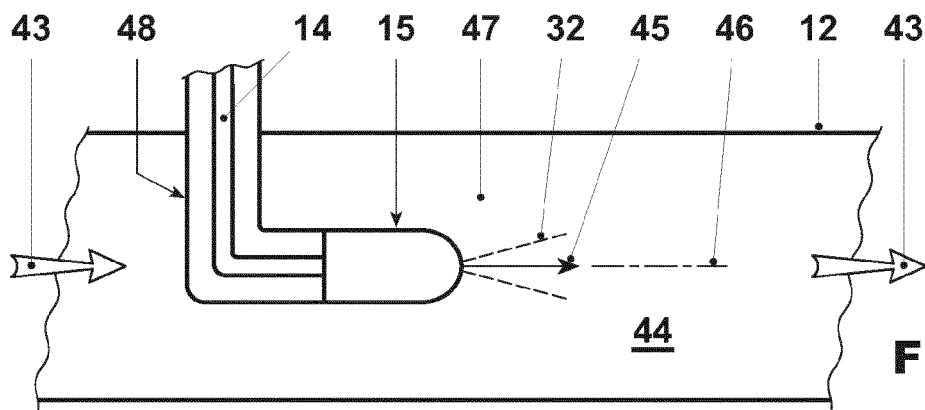


FIG. 4b

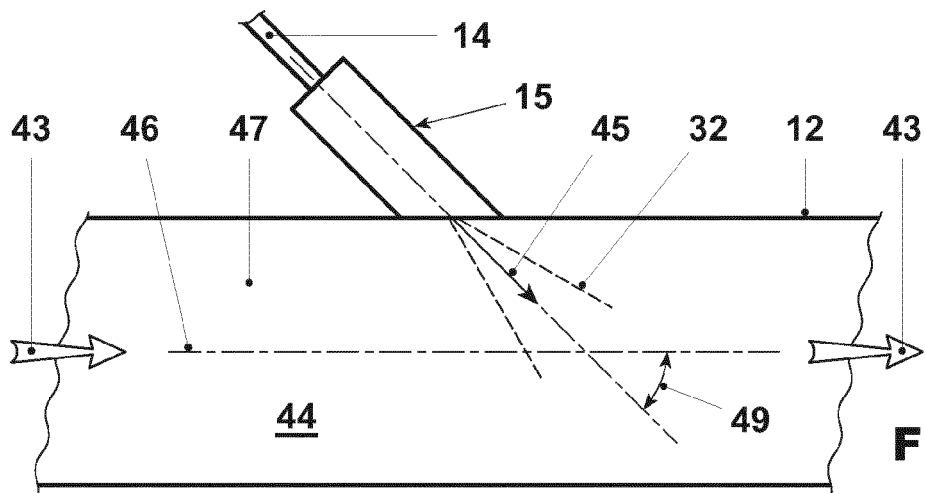


FIG. 4c



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 12 16 2013

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 3 748 852 A (COLE L ET AL) 31. Juli 1973 (1973-07-31)	1-4,6-9, 11	INV. F23R3/28
Y	* Spalte 7, Zeile 5 - Zeile 7 * * Spalte 9, Zeile 16 - Spalte 10, Zeile 38 * * Spalte 11, Zeile 48 - Spalte 12, Zeile 38 * * Abbildungen 7-9,11 *	5	
X	EP 2 390 568 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 30. November 2011 (2011-11-30) * Spalte 3, Absatz 12 - Spalte 5, Absatz 19 * * Abbildungen 1,2 *	1,2,4,10	
X	EP 1 331 447 A1 (ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH] ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 30. Juli 2003 (2003-07-30) * Spalte 1, Absatz 1 * * Spalte 4, Absatz 20 - Spalte 5, Absatz 29 * * Abbildungen 1,2 *	1-4	
Y	US 4 052 002 A (STOUFFER RONALD D ET AL) 4. Oktober 1977 (1977-10-04) * Spalte 1, Zeile 8 - Zeile 18 * * Spalte 8, Zeile 29 - Spalte 9, Zeile 15 * * Spalte 10, Zeile 41 - Spalte 11, Zeile 62 * * Spalte 20, Zeile 39 - Zeile 53 * * Abbildungen 1-3 *	5	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 4. Juli 2012	Prüfer Gavriliu, Costin
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	

 1
EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 12 16 2013

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.

04-07-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3748852 A	31-07-1973	CA 983731 A1	17-02-1976
		FR 2239917 A5	28-02-1975
		GB 1428726 A	17-03-1976
		US 3748852 A	31-07-1973
EP 2390568 A2	30-11-2011	CN 102261282 A	30-11-2011
		EP 2390568 A2	30-11-2011
		JP 2011247263 A	08-12-2011
		US 2011289929 A1	01-12-2011
EP 1331447 A1	30-07-2003	AT 474191 T	15-07-2010
		EP 1331447 A1	30-07-2003
		GB 2385095 A	13-08-2003
		US 2004020208 A1	05-02-2004
US 4052002 A	04-10-1977	KEINE	

EPO FORM P0461

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