

(19)



(11)

EP 2 103 876 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
23.09.2009 Patentblatt 2009/39

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

(21) Anmeldenummer: **09002943.0**

(22) Anmeldetag: **02.03.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**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 SE SI SK TR**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(72) Erfinder:
 • **Dörr, Thomas**
12167 Berlin (DE)
 • **Rackwitz, Leif**
15834 Rangsdorf (DE)
 • **Lazik, Waldemar**
14513 Teltow (DE)

(30) Priorität: **18.03.2008 DE 102008014744**

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)

(74) Vertreter: **Weber, Joachim**
Hoefer & Partner
Patentanwälte
Pilgersheimer Strasse 20
81543 München (DE)

(54) **Brenner für Gasturbine mit Spülmechanismus für die Brennstoffdüse**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf einen Gasturbinenbrenner für eine Gasturbine mit einer Kraftstoffdüse, welche mit mehreren Kraftstoffaustrittsbohrungen (23) versehen ist, welche jeweils mit einer Kraftstoffleitung verbunden sind, durch welche selektiv Kraftstoff durch-

leitbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen einzelnen Kraftstoffaustrittsbohrungen (23) unterschiedliche statische Drücke der Luftströmung zwischen Kraftstoffleitung mit Kraftstoffdurchfluss und Kraftstoffleitungen ohne Kraftstoffdurchfluss ausgebildet sind.

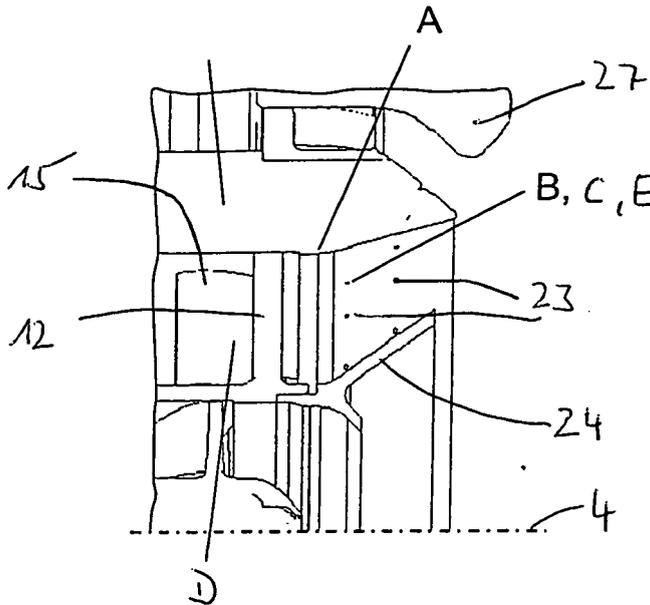


Fig. 3

EP 2 103 876 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Gasturbinenbrenner gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 sowie auf ein Verfahren zum Spülen einer Brennstoffdüse.

[0002] Als allgemeiner Stand der Technik für einen Brenner für eine Fluggasturbine wird beispielsweise auf die US 6 543 235 B1 verwiesen.

[0003] Zur Senkung der thermisch bedingten Stickoxidemissionen sind unterschiedliche Konzepte für Brennstoffdüsen bekannt. Eine Möglichkeit besteht in dem Betrieb von Brennern mit einem hohen Luft-Brennstoff-Überschuss. Hier wird das Prinzip ausgenutzt, dass infolge des mageren Gemisches und bei gleichzeitiger Gewährleistung einer ausreichenden räumlichen Homogenität des Kraftstoff-Luft-Gemisches eine Senkung der Verbrennungstemperaturen und damit der thermisch bedingten Stickoxide begünstigt wird.

[0004] Bei vielen derartigen Brennern wird zudem eine interne Kraftstoffstufung angewendet. Dies bedeutet, dass neben einer für niedrige NO_x-Emissionen ausgelegten Hauptkraftstoffeinspritzung zusätzlich noch eine Pilotstufe in den Brenner integriert ist, die mit einem erhöhtem Kraftstoff-Luft-Anteil betrieben wird und die Stabilität der Verbrennung einen ausreichenden Brennkammerausbrand sowie ausreichende Zündeigenschaften gewährleisten soll. Der Kraftstoff für die Hauptstufe eines derartigen Magerbrenners kann hierbei als geschlossener Film oder mittels diskreter Kraftstoffaustrittsbohrungen als Mehrfachstrahl eingebracht werden.

[0005] Insbesondere bei den Ausführungsformen für diskrete Strahleindüsen besteht aufgrund der geringen Bohrungsdurchmesser (meist $D < 1.0$ mm) und der Positionierung der Kraftstoffzumessbohrungen nahe heißgasbeaufschlagter Bauteile eine hohe Gefahr der Kraftstoffverkokung in den Kraftstoffaustrittsbohrungen. Hintergrund ist der mit steigender Aufheizung des Kraftstoffs einsetzende Prozess der thermischen Oxidation des Kraftstoffs. Ab einer Kraftstofftemperatur von ca. 150°C und einer entsprechenden zeitlichen Wirksamkeit der thermischen Belastung können die einsetzenden chemischen Prozesse zu einer Ablagerungsbildung führen.

[0006] Die Folge der Ablagerungsbildung ist zunächst eine Veränderung der Durchflusscharakteristik des Kraftstoffs in den betroffenen Kraftstoffaustrittsbohrungen infolge eines erhöhten Druckabfalls. Darüber hinaus kann es zu einer vollständigen Verstopfung der Kraftstoffaustrittsbohrungen kommen. Beide Effekte führen zu einer deutlichen Verschlechterung der Kraftstoff-Luft-Mischung in der Brennkammer, verbunden mit einer Erhöhung der Emissionswerte sowie einer nachteiligen Beeinflussung der Temperaturverteilung innerhalb der Brennkammer sowie der Temperaturtraverse im Brennkammeraustritt. Bei einer hohen Ablagerungsbildung kann somit die Lebensdauer der Brennkammer und der Turbine beeinträchtigt sein.

[0007] Die Gefahr der Kraftstoffverkokung steigt, wenn die Kraftstoffleitung abgeschaltet und ein Teil der Kraftstoffleitungen nicht mehr kontinuierlich mit Kraftstoff versorgt wird. Dies ist z.B. bei gestuften Magerbrennern bei der schrittweisen oder vollständigen Abschaltung von Hauptbrennern beim Übergang zwischen verschiedenen Lastzuständen möglich. Ein Teil des Kraftstoffs kann in den nicht mehr kontinuierlich durchflossenen Kraftstoffleitungen verbleiben und wird dann infolge der hohen Metalltemperaturen der Kraftstoffleitungen und der Strahlungswirkung der Flamme erhitzt.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Gasturbinenbrenner sowie ein Verfahren zu dessen Spülung zu schaffen, welche bei einfachem Aufbau und einfacher, betriebssicherer Anwendbarkeit eine Ablagerung von Kraftstoff sowie dessen Reaktionsprodukten im Bereich der Brennstoffdüse vermeiden.

[0009] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmalskombinationen der unabhängigen Ansprüche gelöst, die Unteransprüche zeigen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindungen.

[0010] Um die Gefahr der Verkokung des Kraftstoffs in den Kraftstoffaustrittsbohrungen zu vermeiden, wird ein Spülmechanismus für die abgeschalteten Kraftstoffleitungen eines Brenners vorgeschlagen, der eine vollständige automatische Leerung der Kraftstoffleitungen ermöglicht. Über eine entsprechende Verschaltung einzelner Kraftstoffleitungen untereinander besteht das Grundprinzip in dem Aufprägen unterschiedlicher statischer Drücke $P_{a,i}$ in den Austrittsquerschnitten der Kraftstoffleitungen und dem Erzeugen von Druckdifferenzen zur selbstständigen Entleerung der Kraftstoffleitungen.

[0011] Zur Einstellung unterschiedlicher statischer Austrittsdrücke in den Kraftstoffleitungen zur Unterstützung der Entleerung der Sammelleitungen, Kraftstoffleitungen und/oder Kraftstoffaustrittsbohrungen werden erfindungsgemäß folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- A. Profilierung der Oberflächenkontur strömungsführender Bauteile vor den Kraftstoffaustrittsbohrungen
- B. Wahl geeigneter Ausbringungsorte für die Kraftstoffeindüsung mit unterschiedlichen statischen Drücken der Luftströmung
- C. gestaffelte Anordnung der Kraftstoffaustrittsbohrungen
- D. Anpassung der Schaufelstellung, -profilierung für Luftdraller
- E. unterschiedliche Bohrungsdurchmesser der diskreten Eindüsung
- F. Wegeventil im Brenner zur Luftspülung

[0012] Erfindungsgemäß sind auch Kombinationen der Maßnahmen A bis E möglich. Zusätzlich ist die Verwendung eines Wegeventils mit zwei Schaltstellungen vorteilhaft (Maßnahme F).

[0013] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung

beschrieben. Dabei zeigt:

Fig. 1: eine schematische Darstellung eines Brenners für eine Fluggasturbine gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 2: eine schematische Darstellung von Hauptkomponenten für einen erfindungsgemäßen Magerbrenner mit kontrollierter Kraftstoffinhomogenität in der Hauptstufe,

Fig. 3: eine schematische Darstellung der Positionierung der erfindungsgemäß vorgesehenen Maßnahmen zur Unterstützung des Spülvorgangs stehenden Kraftstoffs für die Hauptstufe eines Magerbrenners,

Fig. 4: eine schematische Teildarstellung des erfindungsgemäßen Grundprinzips der Entleerung von Hauptkraftstoffleitungen durch eine Variation des anliegenden Drucks an den Austrittsöffnungen der Kraftstoffaustrittsbohrungen,

Fig. 5: eine schematische Darstellung der Staffelung der Kraftstoffaustrittsöffnungen zur Ausnutzung unterschiedlicher anliegender Drücke an den Kraftstoffaustrittsöffnungen zur selbsttätigen Entleerung der Kraftstoffleitungen,

Fig. 6: eine schematische Darstellung des Entleerungsvorgangs stehenden Kraftstoffs für die Hauptstufe eines Magerbrenners mit Hilfe eines Wegeventils in Schaltstellung 1 (Kraftstoffdurchfluss durch die Kraftstoffleitung zur Kraftstoffaustrittsbohrung, und

Fig. 7: eine Darstellung, analog Fig. 6, in Schaltstellung 2 zur Durchleitung von Spülluft durch einen Teil der Kraftstoffleitung.

[0014] Die Fig. 1 zeigt in schematischer Ausgestaltung ein Beispiel für den Stand der Technik. Dabei ist eine Kraftstoffdüse 1 vorgesehen, welche eine Brennerachse 4 umfasst und einer Brennkammer 2 zugeordnet ist, in welcher sich eine Brennkammerströmung 3 ergibt. Das Bezugszeichen 17 zeigt beispielhaft eine Pilotkraftstoff einspritzung.

[0015] In Fig. 2 ist aus dem Stand der Technik ein Magerbrenner mit kontrollierter Kraftstoffinhomogenität für eine Hauptstufe eines Gasturbinenbrenners dargestellt. Der Magerbrenner umfasst einen inneren Drallerzeuger 11 sowie einen mittleren Drallerzeuger 12 und einen äußeren Drallerzeuger 13, welcher einem inneren Strömungskanal 14 sowie einem mittleren Strömungskanal 15 und einem äußeren Strömungskanal 16 zugeordnet sind. Das Bezugszeichen 17 zeigt eine Pilotkraftstoff einspritzung, eine Hauptkraftstoff einspritzung ist mit 18 bezeichnet. Weiterhin ist eine innere stromabseitige

Oberfläche der Hauptkraftstoff einspritzung (Filmleger) 19 vorgesehen. Das Bezugszeichen 20 bezeichnet eine äußere Oberfläche der Hauptkraftstoff einspritzung, deren Hinterkante mit 21 bezeichnet ist. Das Bezugszeichen 23 zeigt Kraftstoffaustrittsbohrungen der Hauptkraftstoff einspritzung. Mit 24 ist ein Flammenstabilisator gezeigt. Weiterhin ist ein äußerer Brennring 27 (dome) vorgesehen. Das Bezugszeichen 28 bezeichnet die innere Kontur des äußeren Brennrings. Weiterhin sind eine Pilotkraftstoffzuführung 29 und eine Hauptkraftstoffzuführung 30 vorgesehen. Das Bezugszeichen 33 zeigt eine Austrittsfläche der Pilotkraftstoff einspritzung, während das Bezugszeichen 34 eine Austrittskontur des inneren Schenkels des Flammenstabilisators zeigt.

[0016] Die Fig. 3 zeigt in schematischer Darstellung unterschiedliche Maßnahmen zur Aufprägung der unterschiedlichen statischen Drücke der Luftzuführung (Luftströmung) und zur Erzeugung von Druckdifferenzen. Hierdurch erfolgt eine Unterstützung des Spülvorgangs stehenden Kraftstoffs für die Hauptstufe eines Magerbrenners.

[0017] Gemäß Maßnahme A erfolgt eine Profilierung der Oberflächenkontur strömungsführender Bauteile vor den Kraftstoffaustrittsbohrungen 23, so dass sich unterschiedliche Drücke im Bereich der Kraftstoffaustrittsbohrungen 23 ergeben, die zu einem Entleeren (Leersaugen) der Kraftstoffleitungen führen.

[0018] Gemäß den schematisch dargestellten Maßnahmen B und C ist es möglich, die Ausbringungs-orte und Anordnungen der Kraftstoffaustrittsbohrungen 23 so zu wählen, dass sich unterschiedliche statische Drücke ergeben. Gemäß Maßnahme C erfolgt eine gestaffelte Anordnung der Kraftstoffaustrittsbohrungen längs der Brennerachse 4.

[0019] Gemäß Maßnahme D ist es möglich, die Schaukelstellungen und/oder die Profilierungen des Luftdrallers (Luftdrallerzeugers 12) im mittleren Strömungskanal 15 zu ändern. Hierdurch ergeben sich unterschiedliche Druckverhältnisse, die die einzelnen Kraftstoffaustrittsbohrungen unterschiedlich beaufschlagen und somit zu einem Unterdruck (Saugwirkung) führen.

[0020] Gemäß Maßnahme E ist es auch möglich, unterschiedliche Bohrungsdurchmesser der diskreten Kraftstoff-Eindüsung vorzusehen.

[0021] Die Fig. 4 zeigt in schematischer Darstellung das erfindungsgemäß vorgesehene Grundprinzip der Entleerung der Hauptkraftstoffleitungen durch eine Variation des anliegenden Druckes an den Kraftstoffaustrittsbohrungen 23. In Fig. 4 ist ein Beispiel dargestellt, bei welcher die Ausnutzung eines geringeren statischen Druckes für jede zweite, in der Figur mit I bezeichnete Kraftstoffaustrittsbohrung, welche alternierend zu Kraftstoffaustrittsbohrungen II vorgesehen sind.

[0022] Die Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung, bei welcher eine Staffelung der Kraftstoffaustrittsbohrungen 23 längs der Brennerachse 4 vorgesehen ist. Aus Fig. 5 ergeben sich die unterschiedlichen Druckverhältnisse bei Zuordnung der gestaffelten Kraftstoffaustritts-

bohrungen 23 zu einer Kraftstoffleitung 5.

[0023] Die Fig. 6 und 7 zeigen jeweils die Verwendung eines Wegeventils 6 in der Kraftstoffleitung 5. Die Fig. 6 zeigt eine Schaltstellung des Wegeventils 6, bei welcher Kraftstoff durch die Kraftstoffleitung 5 in einen freien Bereich einer nachfolgenden Kraftstoffleitung 7, welche mit der Kraftstoffaustrittsbohrung 23 verbunden ist, geleitet wird. Eine Spülleitung 8 ist dabei außer Funktion.

[0024] Die Fig. 7 zeigt eine Schaltstellung des Wegeventils 6, in welcher Luft durch die Spülleitung 6 in die Kraftstoffleitung 7 und damit zur Kraftstoffaustrittsbohrung 23 geführt wird, während die Zufuhr von Kraftstoff durch die Kraftstoffleitung 5 unterbunden ist. Diese Maßnahme entspricht der Maßnahme E.

Es ist somit folgendes festzuhalten:

[0025] Die Lage der entsprechenden konstruktiven Maßnahmen für einen Brenner ist in Fig. 2 schematisch dargestellt. Die Maßnahmen können hierbei auf jeden beliebigen Brenner mit entsprechender diskreter Kraftstoffeindüsung übertragen werden, beispielhaft ist die Anwendung in Fig. 2 für einen bekannten Magerbrenner gezeigt.

[0026] Das Prinzip der Entleerung stehenden Kraftstoffs durch Ausnutzung unterschiedlicher statischer Drücke an den Bauteilen der Kraftstoffdüse bzw. einer gezielten lokalen Variation des statischen Druckes an den Kraftstoffaustrittsbohrungen ist in Fig. 3 dargestellt.

[0027] Ziel aller oben beschriebenen Maßnahmen ist es, die unterschiedlichen Ausbringungsorte für den Kraftstoff derart zu positionieren, dass einerseits verschiedene lokale statische Drücke der Luftströmung zur Entleerung stehenden Kraftstoffs genutzt werden können aber auch gleichzeitig eine optimierte Kraftstoff-Luft-Mischung zur Gewährleistung niedrigster Emissionen ermöglicht wird. Durch die unterschiedlichen statischen Drücke der Luft an der Oberfläche (Wanddrücke) ergibt sich, dass Luft in die eine Ausnehmung der Kraftstoffleitung eintritt und somit den Kraftstoff aus der anderen Ausnehmung spült oder herausfördert.

Maßnahme A - Profilierung der Oberflächenkontur vor den Kraftstoffaustrittsbohrungen und **Maßnahme D** - Anpassung der Schaufelstellung und -profilierung:

[0028] Über eine geeignete Gestaltung eines stromauf der Kraftstoff-eindüsung befindlichen strömungsbeaufschlagten Bauteils, z.B. mittels umfangsmäßiger Profilierung der Oberflächengeometrie durch eine Lamellenform, kann in Umfangsrichtung eine Variation des statischen Druckes erreicht werden. Durch eine gezielte Abstimmung der Oberflächenkonturierung mit der Anzahl und Position der Austrittsbohrungen kann bei einem Abschaltvorgang des Hauptkraftstoffs das dann anliegende Druckgefälle eine Entleerung des stehenden Kraftstoffs bewirken. Eine ähnliche Wirkung kann durch eine Anpassung der Umfangsvariation der Schaufelstellung von

Luftdraller im Strömungskanal der Hauptstufe, insbesondere am äußeren Radius sowie durch Variation der Schaufelprofilierung, herbeigeführt werden.

5 **Maßnahme B** - Wahl geeigneter Ausbringungsorte für die Kraftstoffeindüsung unter Ausnutzung bereits vorhandener Variation statischer Drücke:

10 **[0029]** Eine weitere Möglichkeit zur Einstellung unterschiedlicher statischer Druckgefälle für die Kraftstoffbohrungen liegt in einer geeigneten Wahl der Ausbringungsorte auf der inneren Kontur der Hauptstufe. Hier wird das Vorhandensein einer durch die Aerodynamik des Brenners bereits vorhandenen statischen Druckverteilung ausgenutzt, um die untereinander verschalteten Kraftstoffaustrittsbohrungen in Gebiete hoher bzw. niedriger statischer Drücke zu positionieren und eine für die Entleerung des stehenden Kraftstoffs notwendiges Druckdifferenz zu erzeugen (s. Fig. 4).

20 **Maßnahme D** - gestaffelte Anordnung der Kraftstoffaustrittsbohrungen:

25 **[0030]** Als weitere Maßnahme wird eine unterschiedliche Verschaltung der Kraftstoffleitungen von z.B. mehr als zwei Kraftstoffleitungen und/oder unterschiedlicher Positionierung von verschalteten Kraftstoffaustrittsbohrungen in axialer sowie Umfangsrichtung vorgeschlagen.

30 **Maßnahme E** - unterschiedliche Bohrungsdurchmesser der diskreten Eindüsung:

35 **[0031]** Weiterhin wird zur Einstellung unterschiedlicher Druckniveaus an den Kraftstoffaustrittsbohrungen vorgeschlagen, neben den oben beschriebenen Methoden unterschiedliche Bohrungsdurchmesser für verschaltete Kraftstoffleitungen vorzusehen, um ebenfalls mittels anliegender unterschiedlicher statischer Drücke eine selbsttätige Entleerung von Kraftstoff zu ermöglichen.

40 **Maßnahme F** - Wegeventil:

45 **[0032]** Eine andere Methode zur automatischen Entleerung ist die Integration eines Wegeventils mit z.B. zwei Schaltstellungen in den Brenner (s. Fig. 5). Im normalen Betrieb strömt der Hauptkraftstoff kontinuierlich durch das Wegeventil. Die Abschaltung des Kraftstoffs bewirkt eine Bewegung des Wegeventils in eine zweite Schaltstellung, in der der kontinuierliche Durchfluss des Kraftstoffs unterbrochen wird. Durch das Vorhandensein entsprechender Kanalgeometrien, die sich entweder im mittleren Luftkanal oder stromauf in dem Brennerarm befinden können, ergibt sich dann die Möglichkeit zur kontinuierlichen Durchströmung von Spülluft. Damit wird eine vollständige Entleerung der Kraftstoffleitungen sichergestellt. Sobald der Kraftstoff wieder zugeschaltet werden soll, bewirkt die Bewegung des Wegeventils in die

Ausgangsstellung die Freigabe des anstehenden Kraftstoffs bei gleichzeitiger Versperrung des Spülluftkanals.

[0033] Erfindungsgemäß ergeben sich u.a. folgende Vorteile:

- Vermeidung von Verkokungserscheinungen in den Kraftstoffkanälen von Brennern;
- Verhinderung einer Verschlechterung der Betriebs-eigenschaften der Brennkammer bzw. des Triebwerks (hinsichtlich Emissionen, Schwingungsneigung, Temperaturprofil im Austritt der Brennkammer, Lebensdauer von Brennkammer und Turbine etc.).

Bezugszeichenliste

[0034]

- | | |
|--------|---|
| 1 | Kraftstoffdüse |
| 2 | Brennkammer |
| 3 | Brennkammerströmung |
| 4 | Brennerachse |
| 5 | Kraftstoffleitung |
| 6 | Wegeventil |
| 7 | Kraftstoffleitung |
| 8 | Spüleleitung |
| 11 | innerer Luftdrallerzeuger |
| 12 | mittlerer Luftdrallerzeuger |
| 13 | äußerer Luftdrallerzeuger |
| 14 | innerer Strömungskanal |
| 15 | mittlerer Strömungskanal |
| 16 | äußerer Strömungskanal |
| 17 | Pilotkraftstoffeinspritzung |
| 18 | Hauptkraftstoffeinspritzung |
| 19 | innere stromabseitige Oberfläche der Hauptkraftstoffeinspritzung, Filmleger |
| 20 | äußere Oberfläche der Hauptkraftstoffeinspritzung |
| 21 | Hinterkante der Hauptkraftstoffeinspritzung |
| 23 | Kraftstoffaustrittsbohrungen der Hauptkraftstoffeinspritzung |
| 24 | Flammenstabilisator |
| 27 | äußerer Brennerring (dome) |
| 28 | innere Kontur des äußeren Brennerrings |
| 29 | Pilotkraftstoffzuführung |
| 30 | Hauptkraftstoffzuführung |
| 31, 32 | |
| 33 | Austrittsfläche der Pilotkraftstoffeinspritzung |
| 34 | Austrittskontur des inneren Schenkels des Flammenstabilisators |

Patentansprüche

1. Gasturbinenbrenner für eine Gasturbine mit einer

Kraftstoffdüse (1), welche mit mehreren Kraftstoffaustrittsbohrungen (23) versehen ist, welche jeweils mit einer Kraftstoffleitung (5, 7, 29, 30) verbunden sind, durch welche selektiv Kraftstoff durchleitbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen einzelnen Kraftstoffaustrittsbohrungen (23) unterschiedliche statische Drücke der Luftströmung zwischen Kraftstoffleitung mit Kraftstoffdurchfluss und Kraftstoffleitungen ohne Kraftstoffdurchfluss ausgebildet sind.

2. Gasturbinenbrenner nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die unterschiedlichen statischen Drücke durch Wahl unterschiedlicher Drücke in den Kraftstoffleitungen (5, 7, 29, 30) ausgebildet sind.

3. Gasturbinenbrenner nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberflächenkontur strömungsführender Bauteile vor den Kraftstoffaustrittsöffnungen (23) konturiert ausgebildet ist.

4. Gasturbinenbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kraftstoffaustrittsbohrungen (23) an Bereichen des Brenners mit unterschiedlichen statischen Drücken angeordnet sind.

5. Gasturbinenbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kraftstoffaustrittsbohrungen (23), bezogen auf eine Brennerachse (4), gestaffelt angeordnet sind.

6. Gasturbinenbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** Schaufeln eines Drallerzeugers (12) zur Erzeugung von Druckdifferenzen zwischen einzelnen Kraftstoffaustrittsbohrungen (23) ausgestaltet sind.

7. Gasturbinenbrenner nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stellung der Schaufeln des Drallerzeugers zur Erzeugung von Druckdifferenzen zwischen einzelnen Kraftstoffaustrittsbohrungen (23) ausgestaltet ist.

8. Gasturbinenbrenner nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Profilierung der Schaufeln des Drallerzeugers zur Erzeugung von Druckdifferenzen zwischen einzelnen Kraftstoffaustrittsbohrungen (23) ausgestaltet ist.

9. Gasturbinenbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kraftstoffaustrittsbohrungen (23) unterschiedliche Bohrungsdurchmesser aufweisen.

10. Gasturbinenbrenner nach einem der Ansprüche 1

bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** selektive Kraftstoffleitungen (5, 7) über Einwegeventil (6) mit Spülluft beaufschlagbar sind.

11. Verfahren zum Spülen von Kraftstoffleitungen (5, 7, 29, 30) und/oder Kraftstoffaustrittsbohrungen (23) eines Gasturbinenbrenners für eine Gasturbine mit einer Kraftstoffdüse (1), wobei einzelnen Kraftstoffaustrittsbohrungen (23) unterschiedliche statische Drücke auferlegt werden. 5
10
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die unterschiedlichen statischen Drücke durch Wahl unterschiedlicher Drücke in den Kraftstoffleitungen (5, 7, 29, 30) ausgebildet werden. 15
13. Gasturbinenbrenner nach einem der Ansprüche 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** Kraftstoffleitungen (5, 7) mit Spülluft beaufschlagt werden. 20
25
30
35
40
45
50
55

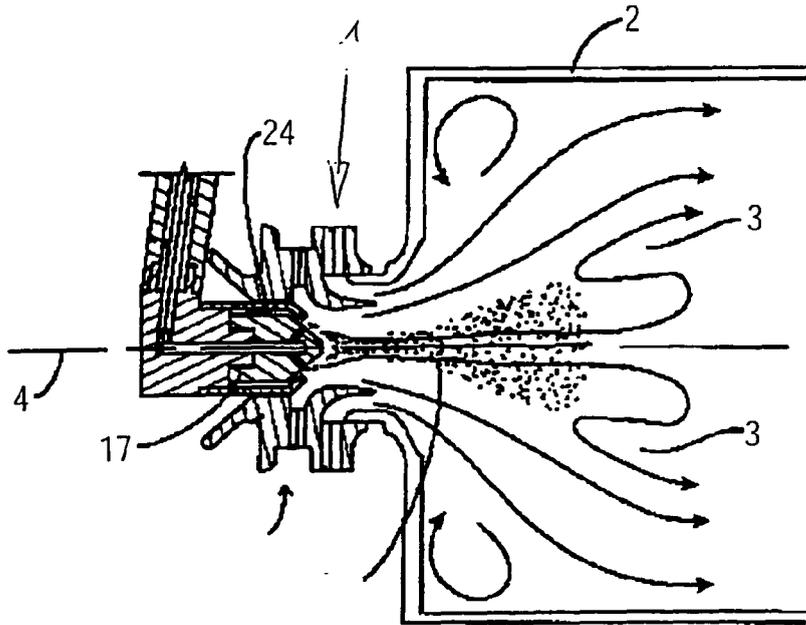
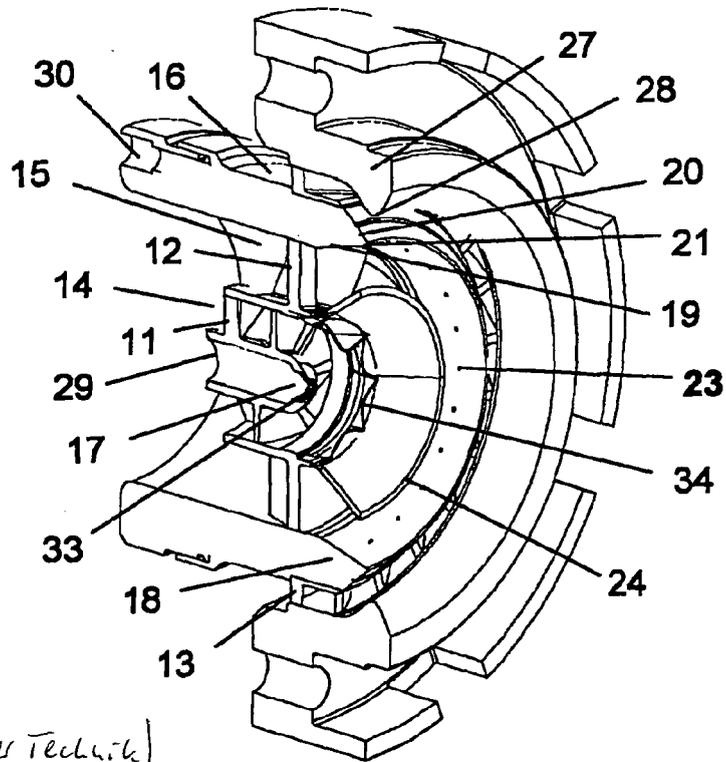


Fig. 1
(Stand der Technik)



(Stand der Technik)

Fig. 2

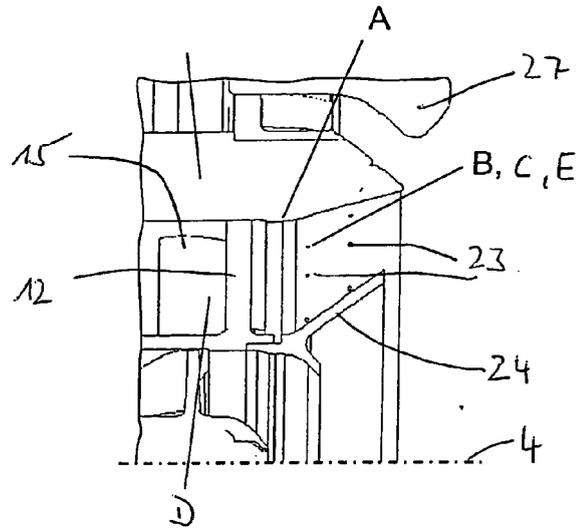


Fig. 3

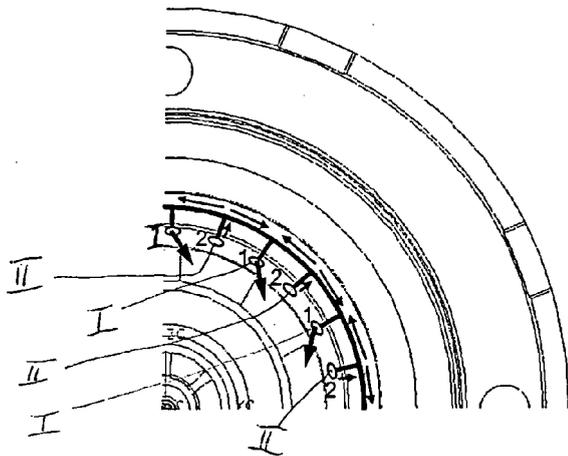


Fig. 4

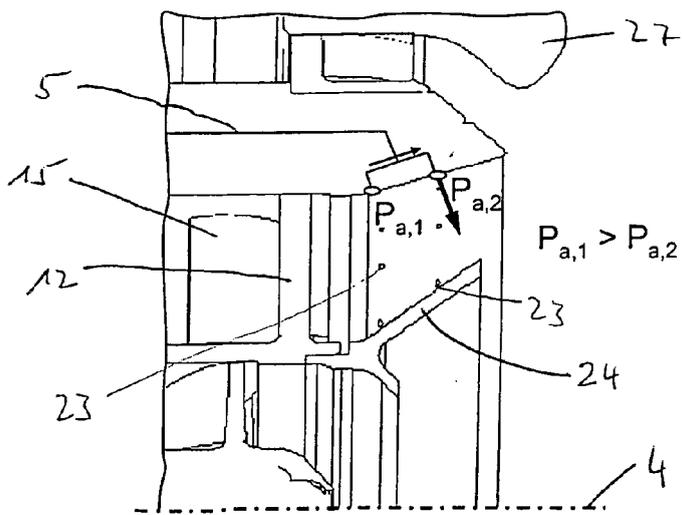


Fig. 5

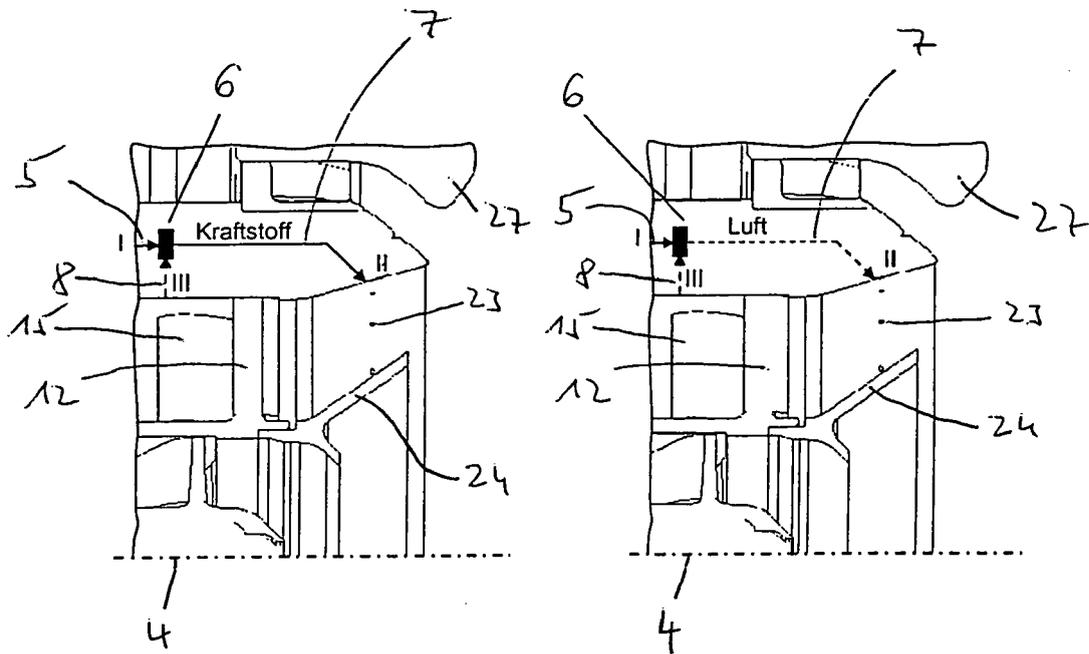


Fig. 6

Fig. 7

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

- US 6543235 B1 [0002]