(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 624 251 A1

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
08.02.2006 Patentblatt 2006/06

(51) Int Cl.:
F23R 3/10 *(2006.01)* ***F23M 13/00*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **04018395.6**

(22) Anmeldetag: **03.08.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK

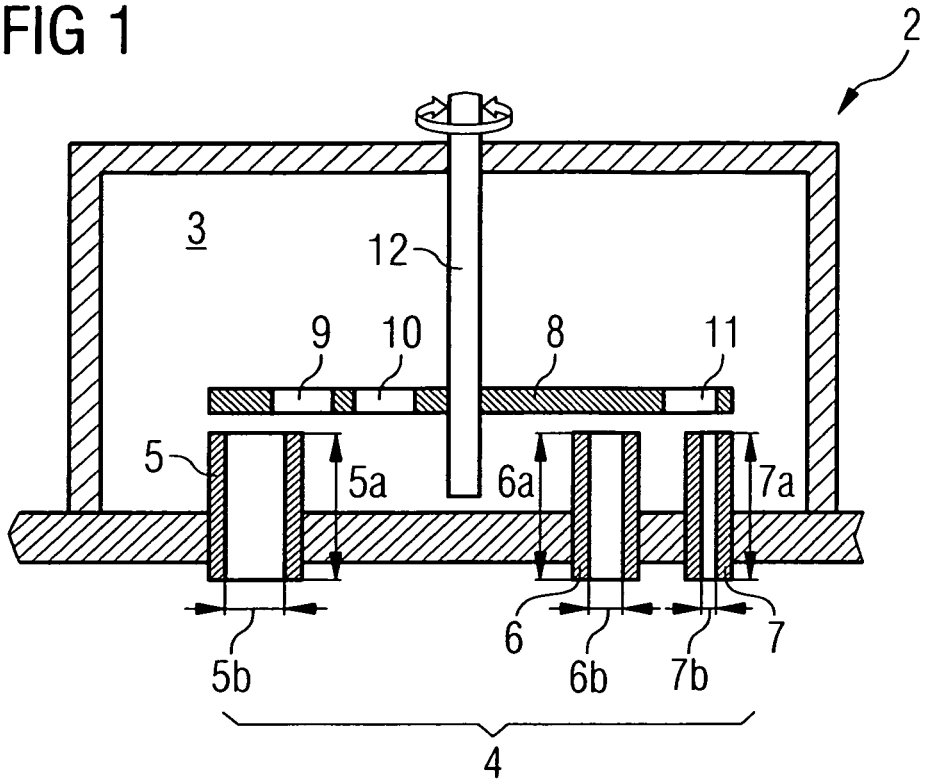
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Bethke, Sven, Dr.**
  40489 Düsseldorf (DE)
- **Buchal, Tobias, Dr.**
  40489 Düsseldorf (DE)
- **Huth, Michael, Dr.**
  45239 Essen (DE)
- **Nimptsch, Harald**
  45136 Essen (DE)
- **Prade, Bernd, Dr.**
  45478 Mülheim (DE)

(54) Vorrichtung zur Dämpfung von thermoakustischen Schwingungen in Brennkammern mit veränderbarer Resonanzfrequenz

(57) Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Dämpfung von thermoakustischen Schwingungen, insbesondere von thermoakustischen Schwingungen in einer Brennkammer einer Gasturbine, umfasst mindestens einen Helmholtz-Resonator (1), dessen Resonanzfrequenz veränderbar ist. Der Helmholtz-Resonator (1) weist einen Resonatorhals (4) auf, wobei wenigstens eine Abmessung des Resonatorhalses (4) veränderbar ist.

FIG 1



EP 1 624 251 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Dämpfung von akustischen Schwingungen in Brennkammern einer Gasturbine mit einem Resonator mit veränderbarer Resonanzfrequenz, sowie eine Gasturbine.

[0002] Eine Gasturbinenanlage umfasst im einfachsten Fall eine Verdichter, eine Brennkammer sowie eine Turbine. Im Verdichter erfolgt ein Verdichten von angesaugter Luft, welcher anschließend ein Brennstoff beigemischt wird. In der Brennkammer erfolgt eine Verbrennung des Gemisches, wobei die Verbrennungsabgase der Turbine zugeführt werden, von der den Verbrennungsabgasen Energie entzogen und in mechanische Energie umgesetzt wird.

[0003] Schwankungen in der Brennstoffqualität und sonstige thermische oder akustische Störungen führen jedoch zu Schwankungen in der freigesetzten Wärmemenge und damit der thermodynamischen Leistung der Anlage. Dabei liegt eine Wechselwirkung von akustischen und thermischen Störungen vor, die sich aufschwingen können. Derartige thermoakustische Schwingungen in den Brennkammern von Gasturbinen - oder auch Strömungsmaschinen im allgemeinen - stellen ein Problem bei dem Entwurf und bei dem Betrieb von neuen Brennkammern, Brennkammerteilen und Brennern für derartige Gasturbinen dar.

[0004] Die beim Verbrennungsprozess entstehenden Abgase haben eine hohe Temperatur. Die Verbrennungsabgase werden deshalb mit Kühlluft verdünnt, um die Temperatur auf ein für die Brennkammerwand und die Turbinenbauteile vertretbares Maß herabzusetzen. Das Verdünnen kann jedoch zu einem höheren Ausstoß an Schadstoffen führen. Um Schadstoffemissionen von Gasturbinen zu verringern, wird in modernen Anlagen der Kühlluftmassenstrom verringert. Dadurch wird auch die akustische Dämpfung verringert, so dass thermoakustische Schwingungen zunehmen können. Dabei kann es zu einer sich aufschaukelnden Wechselwirkung zwischen thermischen und akustischen Störungen kommen, die hohe Belastungen der Brennkammer mit sich bringen und die Verringerung der Schadstoffemissionen teilweise wieder aufheben können.

[0005] Zur Verringerung von thermoakustischen Schwingungen werden deshalb im Stand der Technik z.B. Helmholtz-Resonatoren zur Schwingungsdämpfung der Brennkammern von Gasturbinen eingesetzt, die - innerhalb eines bestimmten Frequenzbandes - die Amplitude von Schwingungen wirksam dämpfen. Bei stärker abweichenden Frequenzen läßt die Wirkung mit zunehmendem Frequenzunterschied erheblich nach.

[0006] Insbesondere durch die Verwendung unterschiedlicher Brennstoffe, aber auch im Teillastbereich oder z.B. beim Starten der Anlage verschieben sich die Frequenzen, unter denen verstärkte thermoakustische Schwingungen auftreten. Bei gleichbleibender Dämpfungsvorrichtung arbeitet diese dann nicht im vorausberechneten günstigsten Betriebspunkt und kann die auftretenden thermoakustischen Schwingungen nicht mehr optimal dämpfen. Das führt neben den schon beschriebenen Nachteilen auch zu einer höheren Lärmbelastung.

[0007] Aus der DE 100 04 991 A1 ist ein Helmholtz-Resonator zur drehzahlabhängigen Dämpfung der Ansaug- oder Abgasgeräusche eines Verbrennungsmotors bekannt geworden, bei dem der zur Resonatorkammer führende Hals von Verbrennungsluft durchströmt wird. In dem Hals sind zwei in einem bestimmten Abstand voneinander angeordnete seitliche Öffnungen vorgesehen, deren Querschnitt veränderbar ist. Durch eine Veränderung der Größe der seitlichen Öffnungen kann bei diesem bekannten Resonator die Resonanzfrequenz eingestellt werden. Diese Lösung bedingt einen Resonatorhals mit beträchtlicher Länge, da die beiden seitlichen Öffnungen voneinander beabstandet sind. Eine Umsetzung dieser Lösung auf Gasturbinen ist nicht immer möglich, da sich die konstruktiven Voraussetzungen von Gasturbinen von denen eines Verbrennungsmotors für z.B. Kraftfahrzeuge unterscheiden.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung zur Dämpfung von thermoakustischen Schwingungen in Brennkammern von Gasturbinen zur Verfügung zu stellen, wobei mit konstruktiv einfachen Mitteln die Resonanzfrequenz zur Dämpfung von thermoakustischen Schwingungen in Gasturbinen veränderbar ist.

[0009] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Vorrichtung zur Dämpfung von thermoakustischen Schwingungen in Brennkammern einer Gasturbine nach Anspruch 1 und durch eine Gasturbine nach Anspruch 9 gelöst. Die abhängigen Ansprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0010] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Dämpfung von thermoakustischen Schwingungen, insbesondere von thermoakustischen Schwingungen in einer Brennkammer einer Gasturbine, umfasst mindestens einen Helmholtz-Resonator, dessen Resonanzfrequenz veränderbar ist. Der Helmholtz-Resonator weist einen Resonatorhals auf, wobei wenigstens eine Abmessung des Resonatorhalses veränderbar ist.

[0011] Erfindungsgemäß wird also direkt eine Abmessung des Resonatorhalses beeinflusst. Dadurch, dass direkt eine Abmessung des Resonatorhalses veränderbar ist, wird über einfache Mittel die Frequenz des Resonators einstellbar. Im bekannten Stand der Technik bleibt die Außenabmessung des Resonatorhalses hingegen unverändert.

[0012] In einer Weiterbildung ist wenigstens die wirksame Querschnittsfläche des Resonatorhalses veränderbar. Dies kann insbesondere dadurch erreicht werden, dass die Querschnittsfläche des Resonatorhalses selbst veränderbar ist. Der Resonatorhals umfasst vorteilhafterweise wenigstens ein oder mehrere Resonatorrohre. Insbesondere ist dann wenigstens die Querschnittsfläche wenigstens eines Resonatorrohres veränderbar.

[0013] In einer anderen Weiterbildung der Erfindung ist wenigstens die wirksame Länge des Resonatorhalses veränderbar. Vorzugsweise ist insbesondere die Länge eines oder mehrerer den Resonatorhals bildender Rohre veränderbar. Dazu kann ein Rohr verkürzbar und/oder verlängerbar ausgeführt sein. Das kann beispielsweise über zwei koppelbare Teile erfolgen, die hintereinander geschaltet werden können, um den Resonatorhals zu verlängern bzw. zu verkürzen.

[0014] Insbesondere kann zum Einstellen der Resonanzfrequenz des Helmholtz-Resonators auch eine Veränderung sowohl des Querschnittes als auch der Länge des Resonatorhalses erfolgen.

[0015] In einer Ausgestaltung der Erfindung umfasst der Resonatorhals wenigstens zwei Resonatorrohre. Dabei endet jedes der Rohre auf der einen Seite in der Resonatorkammer und vorzugsweise auf der anderen Seite in der Brennkammer. Bei dieser Ausgestaltung wird der Resonatorhals durch zwei, drei oder mehr Resonatorrohre gebildet. In einem einfachen Fall kann eines der Resonatorrohre verschließbar sein, um die Frequenz zu verändern.

[0016] Die Resonanzfrequenz eines Helmholtz-Resonators lässt sich näherungsweise durch die Gleichung

$$f = c/(2\ \pi)\ (S/(L\ V))^{1/2}$$

beschreiben. Dabei ist c die Schallgeschwindigkeit im Medium, *V* das Volumen der Resonatorkammer, *L* die Länge und *S* die Querschnittsfläche des Resonatorhalses.

[0017] Durch Verschließen eines Teils des Resonatorhalses wird die Querschnittsfläche S verringert, wodurch die Resonanzfrequenz verringert wird, und umgekehrt. Durch eine Verlängerung des Resonatorhalses wird die Resonanzfrequenz ebenfalls verringert und durch eine Verkürzung erhöht.

[0018] Bei Veränderung des Querschnittsfläche des Resonatorhalses ist auch ein teilweises Verschließen des Resonatorhalses insgesamt oder eines oder mehrerer Resonatorrohre möglich. Das kann z.B. über ein Verändern des freien Strömungsquerschnittes eines oder mehrerer Resonatorrohre realisiert sein.

[0019] Wenn z.B. zwei oder mehr Resonatorrohre vorgesehen sind, dann können die Abmessungen der einzelnen Resonatorrohre gleich oder auch unterschiedlich sein. Es ist möglich, dass nur die Abmessung eines von mehreren Resonatorrohren veränderbar ist.

[0020] Die Verstellung des Resonators kann in allen Ausgestaltungen manuell mit einem geeigneten Werkzeug oder auch per Hand nach Öffnen des Turbinengehäuses möglich sein. Selbst wenn das nur während des Stillstandes der Maschine erfolgen kann, ist die Anpassung mit einem relativ geringen Montageaufwand durchführbar, insbesondere im Vergleich zum Aufwand des Austausches ganzer Resonatoren.

[0021] In einer bevorzugten Weiterbildung ist wenigstens ein bewegliches Steuerelement vorgesehen ist, welches mit dem Resonatorhals zusammenwirkt. Vorzugsweise wirkt das Steuerelement mit der Öffnung wenigstens eines Resonatorrohres zusammen. Vorzugsweise ist das Steuerelement bewegbar, insbesondere ist es drehbar und/oder verschiebbar.

[0022] Es ist ebenso möglich, dass mittels einer Steuereinrichtung ein gesteuertes Verstellen der Abmessung(en) des Resonatorhalses erfolgt. Die Verstellung kann auch automatisch und auch geregelt erfolgen. Möglich ist z.B. ein Elektromotor, der das jeweilige Steuerelement verfährt, um eine oder mehrere Abmessungen des Resonatorhalses einzustellen. Auch der Einsatz einer hydraulischen Stelleinrichtung ist möglich. Durch eine gesteuerte automatische Verstellung wird der Aufwand zur nachträglichen Einstellung der Resonanzfrequenz besonders gering gehalten.

[0023] Besonders bevorzugt ist eine geregelte Verstellung, so dass in Abhängigkeit von den ermittelten thermoakustischen Schwingungen eine automatische Verstellung des Steuerelements bewirkt wird. Dann kann innerhalb des Regelbereiches eine wirksame Dämpfung gewährleistet werden.

[0024] Die erfindungsgemäße manuelle oder auch automatische Verstellbarkeit ist insbesondere vorteilhaft bei der Prototyperprobung und auch bei der Inbetriebnahme. Eine erheblicher Vorteil der einfachen Einstellbarkeit ergibt sich nicht nur durch den Betrieb mit unterschiedlichen Brennstoffen, sondern auch bei stark unterschiedlichen Betriebsbedingungen, hervorgerufen z.B. durch erhebliche Umgebungstemperaturänderungen.

[0025] Das Steuerelement kann eine oder mehrere Steueröffnungen aufweisen, die z.B. unterschiedliche Abmessungen haben. Insbesondere Steueröffnungen mit unterschiedlichen Durchmessern und/oder unterschiedlicher Länge sind möglich. Vorzugsweise wirken Steueröffnungen unterschiedlicher Abmessungen mit wenigstens einer Öffnung des Resonatorhalses zusammen.

[0026] Es ist möglich, dass das Steuerelement eine im Wesentlichen kegelförmige Gestalt aufweist. Bevorzugt ist z.B. eine Ausführung als Stift mit im Wesentlichen kegelförmigem Ende 15, der einen Verschlusskegel bildet. Durch ein Einführen eines derartigen Steuerelements in ein Resonatorrohr kann die freie Querschnittsfläche des Resonatorrohres wirksam verändert werden.

[0027] Bevorzugt sind Weiterbildungen, bei denen die Position des Steuerelements von außen steuer- und/oder regelbar ist.

[0028] Weiterhin wird die Aufgabe der Erfindung auch durch eine Gasturbine mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Dämpfung thermoakustischer Schwingungen gelöst.

[0029] Obwohl die Erfindung hier insgesamt mit Bezug auf Gasturbinen beschrieben wird, ist der Einsatz nicht auf Gasturbinen beschränkt. Es ist ebenso möglich, die Erfindung bei anderen Turbinen, Strömungsmaschinen,

Brennkammern und Kesselanlagen einzusetzen.

[0030] Weitere Merkmale, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen.

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel für die erfindungsgemäße Vorrichtung in einer stark schematischen Darstellung;

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel für die erfindungsgemäße Vorrichtung in einer stark schematischen Darstellung;

Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel für die erfindungsgemäße Vorrichtung in einer stark schematischen Darstellung;

Fig. 4 ein viertes Ausführungsbeispiel für die erfindungsgemäße Vorrichtung in einer stark schematischen Darstellung; und

Fig. 5 ein fünftes Ausführungsbeispiel für die erfindungsgemäße Vorrichtung in einer stark schematischen Darstellung.

[0031] In den im Folgenden mit Bezug auf die Figuren beschriebenen Ausführungsbeispielen werden der Übersichtlichkeit halber gleiche Komponenten mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0032] In Figur 1 ist ein erstes Ausführungsbeispiel für die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Dämpfung von akustischen Schwingungen in einer Brennkammer einer Gasturbine dargestellt.

[0033] Die Vorrichtung 1 umfasst einen Helmholtz-Resonator 2, der einen Resonatorraum 3 und einen Resonatorhals 4 aufweist, über den der Helmholtz-Resonator 2 mit einer Brennkammer einer Gasturbine in Verbindung steht.

[0034] Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Helmholtz-Resonator 2 im Wesentlichen zylindersymmetrisch bezüglich einer Längs- bzw. Mittelachse ausgeführt. Es sind aber auch Ausgestaltungen möglich, die keine Symmetrie aufweisen.

[0035] Der Resonatorhals 4 wird insgesamt durch drei unabhängige Resonatorrohre 5, 6 und 7 gebildet, die von der Brennkammer aus gesehen in den Resonatorraum 3 hineinragen. Die drei Resonatorrohre weisen eine Rohrlänge 5a, 6a bzw. 7a auf. Im Ausführungsbeispiel ist die Rohrlänge jeweils gleich.

[0036] Die Querschnittsfläche des Resonatorhalses 4 wird durch die einzelnen offenen Querschnittsflächen 5b, 6b, 7b der drei unabhängigen Resonatorrohre 5, 6 und 7 beeinflusst. Ein teilweises Schließen eines oder mehrerer der Resonatorrohre 5,6,7 verändert die wirksame Querschnittsfläche des Resonatorhalses 4, die sich aus den Querschnittsflächen 5b, 6b und 7b zusammensetzt. Es ist somit eine Einstellung der Resonatorfrequenz möglich.

[0037] Eine Steuerscheibe 8 ist vorgesehen, die um eine Drehachse 12 drehbar gelagert ist. Hier im Ausführungsbeispiel stimmen Drehachse 12 und zentrale Mittelachse überein. Die Querschnittsflächen 5b, 6b, 7b der drei Resonatorrohre 5, 6 und 7 sind in diesem Ausführungsbeispiel unterschiedlich. Die größte Querschnittsfläche 5b hat das Resonatorrohr 5, die kleinste Querschnittsfläche 7b das Resonatorrohr 7.

[0038] An der Steuerscheibe 8 sind Öffnungen 9, 10 und 11 vorgesehen, die axial fluchtend zu den Resonatorrohren 5, 6 und 7 ausrichtbar sind, indem die Steuerscheibe 8 entsprechend gedreht wird. Bei unterschiedlichen Querschnittsflächen der Resonatorrohre 5, 6 und 7 kann dann durch eine gezielte Drehung der Steuerscheibe 8 ein Resonatorrohr oder mehrere Resonatorrohre 5,6,7 geöffnet werden, während die übrigen Resonatorrohre geschlossen bleiben, um die Resonanzfrequenz an die gegebenen Bedingungen anzupassen. Hier im Ausführungsbeispiel ist die Steuerscheibe insgesamt im Resonatorraum 3 angeordnet.

[0039] Um den einstellbaren Bereich zu erhöhen, kann es über geeignete konstruktive Ausführungen auch möglich sein, gleichzeitig zwei oder auch alle drei Resonatorrohre zu öffnen. Ein teilweises Verschießen einzelner Resonatorrohre ist durch eine entsprechende Winkelstellung möglich.

[0040] Die Einstellung kann innerhalb von Betriebspausen mittels eines geeigneten Werkzeuges von Hand oder auch während des Betriebes erfolgen. In bevorzugten Ausgestaltungen ist eine Steuerung (nicht dargestellt) vorgesehen, mittels derer ein Verstellen gesteuert werden kann. Auch eine automatische Einstellung oder Regelung ist möglich. Das kann online während des Betriebes erfolgen. Mit einer vollautomatischen Regelung kann eine kontinuierliche oder in gewissen Zeitabständen erfolgende Justage auf die stärkste Schwingungsfrequenz erfolgen.

[0041] Die Querschnittsflächen 5b, 6b und 7b der Resonatorrohre 5, 6 und 7 können in anderen Ausgestaltungen auch gleich sein. Durch ein teilweises oder ganzes Öffnen eines zweiten oder dritten Resonatorrohres wird der Querschnitt des Resonatorhalses 4 insgesamt variiert, und es kann eine geeignete Dämpfungsfrequenz eingestellt werden.

[0042] Durch (teilweises) Öffnen eines größeren Resonatorrohres wird eine Abmessung des Resonatorhalses 4 verändert. Die Querschnittsfläche des Resonatorhalses 4 wird vergrößert, was die Resonanzfrequenz des Helmholtz-Resonators 2 erhöht. Über eine Veränderung einer Abmessung des Resonatorhalses ist deshalb eine effektive Veränderung der Resonanzfrequenz des Resonators möglich, so dass der Resonator 2 an die zu dämpfenden Schwingungen anpassbar ist. Dadurch kann auf veränderte Bedingungen, wie z.B. eine veränderte Brennstoffzusammensetzung, reagiert und eine Anpassung der Resonanzfrequenz durchgeführt werden.

[0043] Bei der Beschreibung der in den Figuren 2, 3, 4 und 5 dargestellten Ausführungsbeispiele wird im Wesentlichen nur auf die Unterschiede zum Ausführungsbeispiel nach Figur 1 eingegangen.

[0044] In dem Ausführungsbeispiel nach Figur 2 umfasst die Vorrichtung 1 einen Helmholtz-Resonator 2 mit einer Resonatorkammer 3 und einem Resonatorhals 4, der wiederum durch drei Resonatorrohre 5, 6 und 7 gebildet wird, die auch hier unterschiedliche Querschnitte aufweisen.

[0045] Das Steuerelement ist hier als Steuerschieber 13 ausgebildet. Statt einem Steuerschieber 13 kann aber auch eine drehbare Nockenwelle Verwendung finden. Mittels des Steuerschiebers 13, der Öffnungen 9, 10 und 11 aufweist, ist ein gezieltes Öffnen und Verschließen der drei Resonatorrohre 5, 6 und 7 möglich. Durch eine gezielte Beeinflussung des Querschnittes der drei Resonatorrohre, kann eine Abmessung des Resonatorhalses 4 wirksam verändert werden, wodurch die Resonanzfrequenz des Resonators 2 verändert wird.

[0046] Der Steuerschieber 13 kann durch eine seitliche Öffnung in dem Helmholtz-Resonator 2 durchgeführt sein und entlang der Steuerrichtung 14 verschoben werden. Es ist auch möglich, dass der Steuerschieber 13 in allen Steuerstellungen vollständig von dem Helmholtz-Resonator 2 aufgenommen ist.

[0047] Das in Figur 3 dargestellte Ausführungsbeispiel zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel, bei dem ebenfalls eine Vorrichtung 1 mit einem Helmholtz-Resonator 2, der eine Resonatorkammer 3 und einen Resonatorhals 4 aufweist, vorgesehen ist. Der Resonatorhals 4 umfasst in diesem Ausführungsbeispiel lediglich ein einziges Resonatorrohr 5.

[0048] In diesem Ausführungsbeispiel ist mittels eines Steuerkegels 15 ein gezieltes Verändern des wirksamen Strömungsquerschnittes des Resonatorrohres 5 möglich. Dazu wird der Steuerkegel 15 entlang der Steuerrichtung 16 verfahren. Dadurch kann das Resonatorrohr 5 teilweise - oder bei Bedarf auch vollständig - verschlossen werden. Bei einem teilweisen Verschließen bleibt ein ringförmiger Spalt offen. Der wirksame Strömungsquerschnitt hängt dabei davon ab, wie tief der Steuerkegel 15 in das Resonatorrohr 5 abgesenkt wird. Das Verändern des wirksamen Strömungsquerschnittes beeinflusst die Resonanzfrequenz.

[0049] In anderen Ausgestaltungen können auch mehrere Resonatorrohre 5 vorgesehen sein, so z.B. zwei, drei, vier oder auch mehr, die jeweils einen mittels eines Steuerkegels veränderbaren wirksamen Strömungsquerschnitt aufweisen.

[0050] Bei den in Figuren 4 und 5 gezeigten Ausführungsbeispielen ist jeweils ein Helmholtz-Resonator 2 mit einer Resonatorkammer 3 und einem durch jeweils ein Resonatorrohr 5 gebildeten Resonatorhals 4 dargestellt. In diesen Ausführungsbeispielen wird die Länge des Resonatorhalses 4 beeinflusst, wodurch ebenfalls eine effektive Frequenzveränderung des Resonators 2 möglich ist.

[0051] Zur Veränderung einer Länge des Resonatorhalses 4 ist jeweils ein Steuerelement vorgesehen. In dem Beispiel nach Figur 4 ist das Steuerelement eine um eine Drehachse 18 drehbare Steuerscheibe 17 und bei dem Beispiel nach Figur 5 ist als Steuerelement eine Steuerschieber 23 vorgesehen, der entlang einer Steuerrichtung 24 verschiebbar ist. Die Dicke der Steuerscheibe 17 variiert über deren Umfang, während die Dikke des Steuerschiebers über dessen Länge variiert. Die Dickenänderung kann dabei kontinuierlich oder in Stufen erfolgen.

[0052] In der Steuerscheibe 17 bzw. dem Steuerschieber 23 sind Durchgangsöffnungen 9, 10 und 11 vorhanden, die bspw. als Durchgangsbohrungen realisiert sein können. An der Stelle einer ersten Bohrung 9 weist das jeweilige Steuerelement 17 bzw. 23 eine Dicke 20 auf, an der Stelle einer zweiten Bohrung 10 eine Dicke 21 und an der Stelle einer dritten Bohrung 11 eine Dicke 22, wobei die Dicke 22 größer als die Dicke 21 ist und die Dicke 20 die geringste Abmessung aufweist.

[0053] Die jeweiligen Bohrungen können in eine mit dem Resonatorrohr 5 fluchtende Stellung gebracht werden. In den Figuren 4 und 5 ist jeweils die erste Bohrung 9 fluchtend mit dem Resonatorrohr 5 gezeigt. Der Resonatorhals 4 hat in diesem Fall insgesamt eine Länge 25, die sich aus der Länge 19 des Resonatorrohres 5 und der Dicke 20 der Steuerscheibe 17 bzw. des Steuerschiebers 23, also der Länge der jeweils fluchtenden Bohrung 9, ergibt. Bei Ausrichtung der Bohrung 10 ergibt sich die Gesamtlänge 25 als Summe der Länge 19 und der Dicke 21, und bei Einstellung auf die Öffnung bzw. Bohrung 11 ergibt sich die Gesamtlänge 25 als Summe der Länge 19 und der Dicke 22.

[0054] Anders als in den Figuren 4 und 5 dargestellt, können auch Steuerscheiben bzw. Steuerschieber mit mehr als drei Öffnungen vorhanden sein, in denen jede Öffnung eine andere Länge aufweist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Dämpfung von thermoakustischen Schwingungen, insbesondere zur Dämpfung von thermoakustischen Schwingungen in einer Brennkammer einer Gasturbine, mit mindestens einem Helmholtz-Resonator (2), dessen Resonanzfrequenz veränderbar ist, wobei der Helmholtz-Resonator (2) einen Resonatorhals (4) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Abmessung (25) des Resonatorhalses (4) veränderbar ist.

2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens die wirksame Querschnittsfläche des Resonatorhalses (4) veränderbar ist.

3. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch**

gekennzeichnet, dass wenigstens die Länge (25) des Resonatorhalses (4) veränderbar ist.

4. Vorrichtung (1) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Resonatorhals (4) wenigstens ein Resonatorrohr (5, 6, 7) aufweist.

5. Vorrichtung (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein bewegliches Steuerelement (8) vorhanden ist, welches mit dem Resonatorrohr zum Verändern der Abmessung des Resonatorhalses zusammenwirkt.

6. Vorrichtung (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerelement (8) bewegbar, insbesondere drehbar und/oder verschiebbar ist.

7. Vorrichtung (1) nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerelement (8) Steueröffnungen (9, 10, 11) unterschiedlicher Abmaße (20, 21, 22), insbesondere unterschiedlicher Durchmesser und/oder unterschiedlicher Länge aufweist.

8. Vorrichtung (1) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerelement (8) eine im Wesentlichen kegelförmige Gestalt (15) aufweist.

9. Gasturbine mit wenigstens einer Brennkammer und mindestens einer mit der Brennkammer verbundene Vorrichtung zur Dämpfung von thermoakustischen Schwingungen nach einem der Ansprüche 1-8.

FIG 1

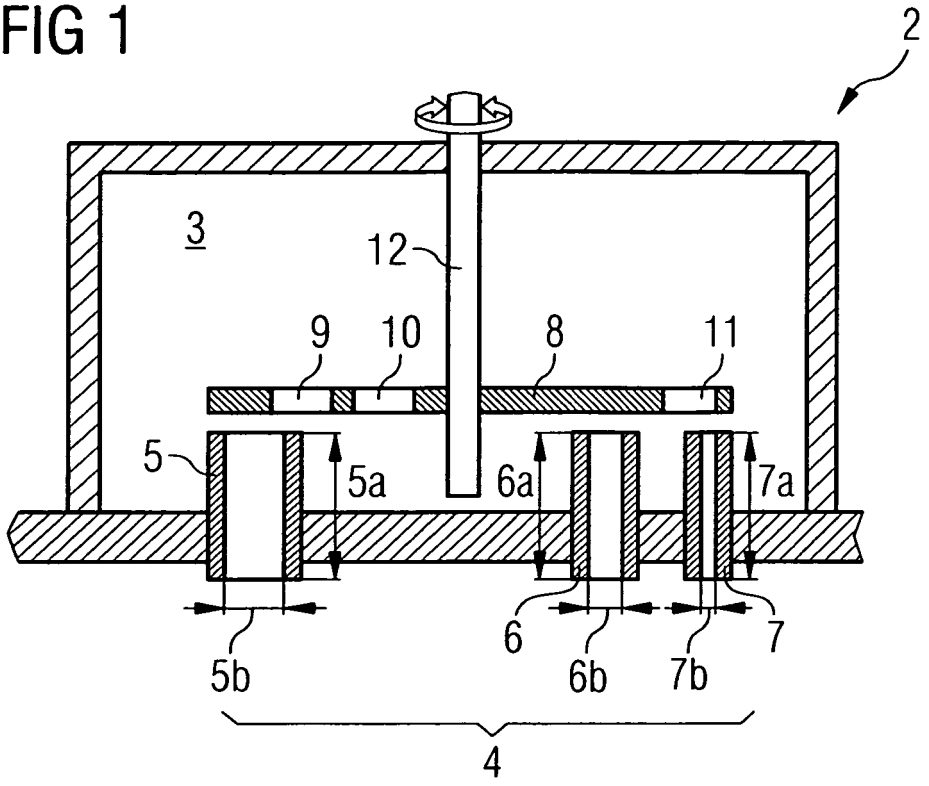


FIG 2

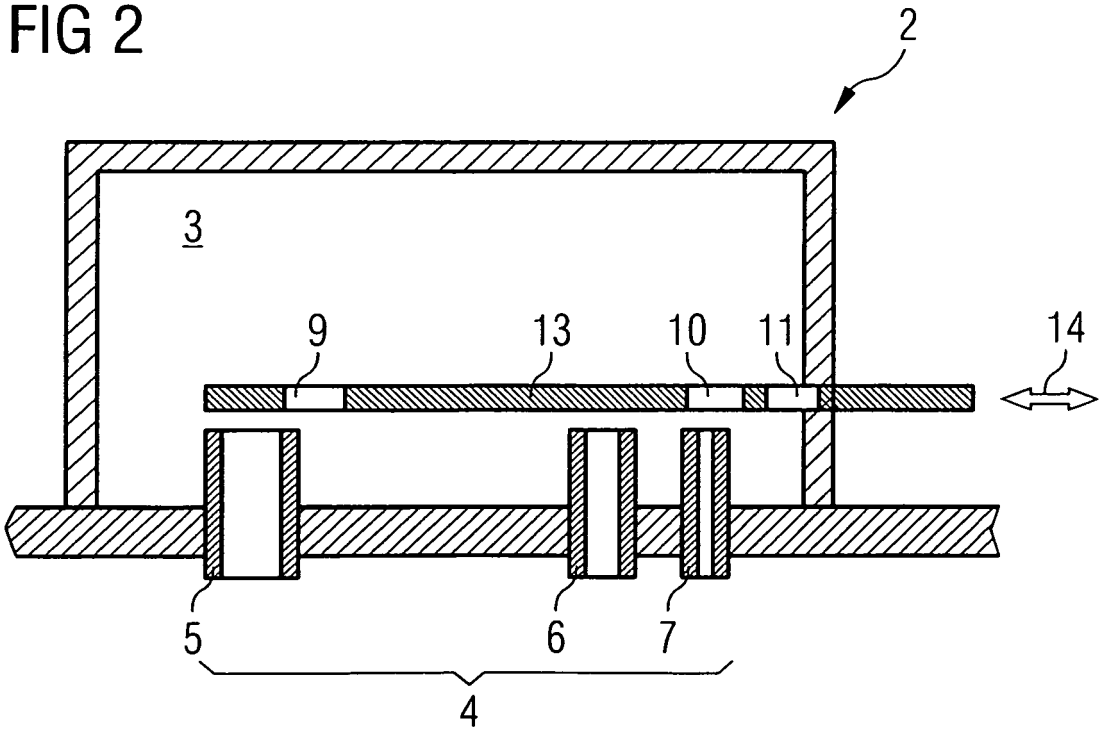


FIG 3

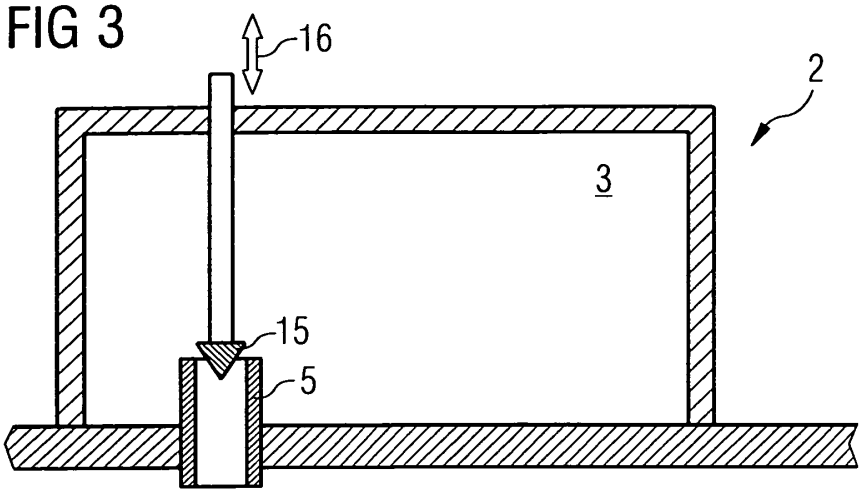


FIG 4

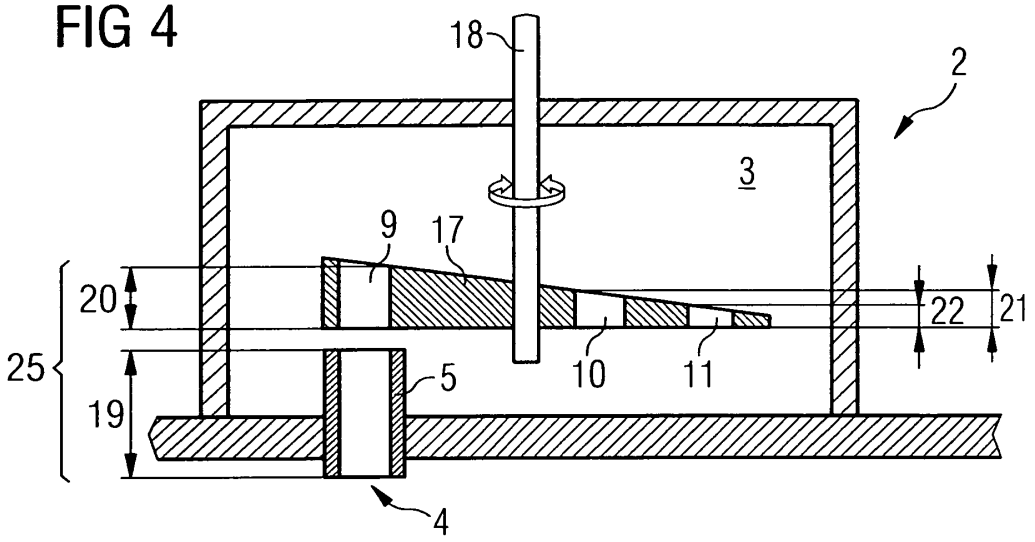
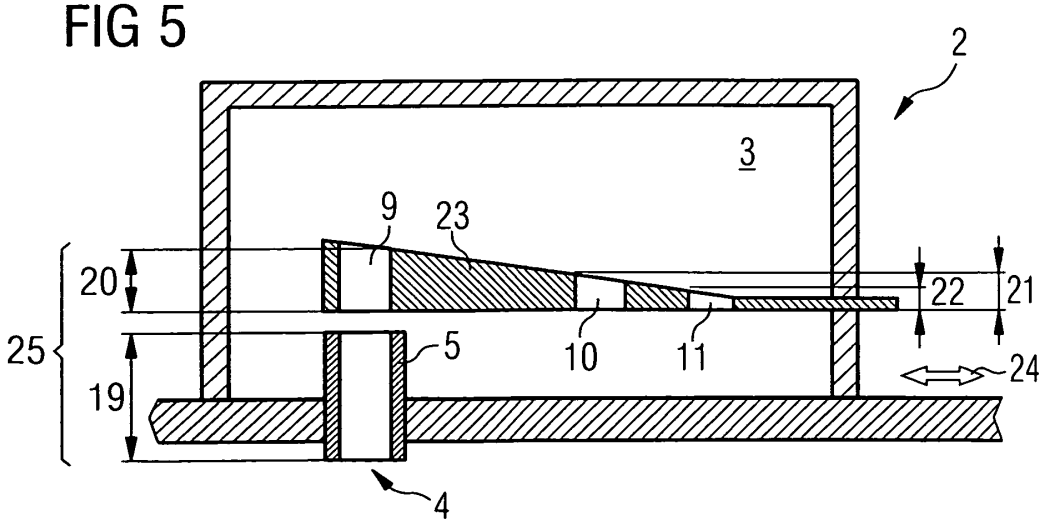


FIG 5



Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 01 8395

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	DE 100 58 688 A (ALSTOM SWITZERLAND LTD) 2. Januar 2003 (2003-01-02) * Spalte 6, Absatz 33 - Absatz 34; Abbildungen 4a,5 *	1	F23R3/10 F23M13/00
A	EP 0 723 123 A (FASTO NEFIT BV) 24. Juli 1996 (1996-07-24) * Spalte 2, Zeile 1 - Spalte 3, Zeile 34 * * Spalte 6, Zeile 23 - Zeile 29; Abbildung 7 *	1	
A	DE 44 14 232 A (ABB MANAGEMENT AG) 26. Oktober 1995 (1995-10-26) * Abbildung 2 *	1	
A	WO 2004/051063 A (KAWATA YUTAKA ; AOYAMA KUNIAKI (JP); IKEDA KAZUFUMI (JP); MANDAI SHIGE) 17. Juni 2004 (2004-06-17) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-8,32,34-39,45,46 *	1	
A,D	DE 100 04 991 A (VOLKSWAGENWERK AG) 9. August 2001 (2001-08-09)	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) F23R F23M

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	17. Januar 2005	Theis, G

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

3

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 04 01 8395

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.

17-01-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10058688 A	02-01-2003	DE 10058688 A1	02-01-2003
		GB 2373847 A ,B	02-10-2002
		US 2002100281 A1	01-08-2002
EP 0723123 A	24-07-1996	NL 9500116 A	02-09-1996
		DE 69607496 D1	11-05-2000
		DE 69607496 T2	23-11-2000
		EP 0723123 A1	24-07-1996
DE 4414232 A	26-10-1995	DE 4414232 A1	26-10-1995
		GB 2288660 A	25-10-1995
		JP 7293885 A	10-11-1995
WO 2004051063 A	17-06-2004	JP 2004183943 A	02-07-2004
		JP 2004183944 A	02-07-2004
		JP 2004183945 A	02-07-2004
		JP 2004183946 A	02-07-2004
		WO 2004051063 A1	17-06-2004
DE 10004991 A	09-08-2001	DE 10004991 A1	09-08-2001

EPO FORM P0461

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