

(19)



(11)

**EP 1 970 133 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**17.09.2008 Patentblatt 2008/38**

(51) Int Cl.:  
**B08B 3/02 (2006.01) B08B 9/032 (2006.01)**  
**F01D 25/00 (2006.01) B64F 5/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **07005446.5**

(22) Anmeldetag: **16.03.2007**

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

- **Göbel, Daniel**  
**64607 Darmstadt (DE)**
- **Mensch, Michael**  
**63811 Stockstadt (DE)**

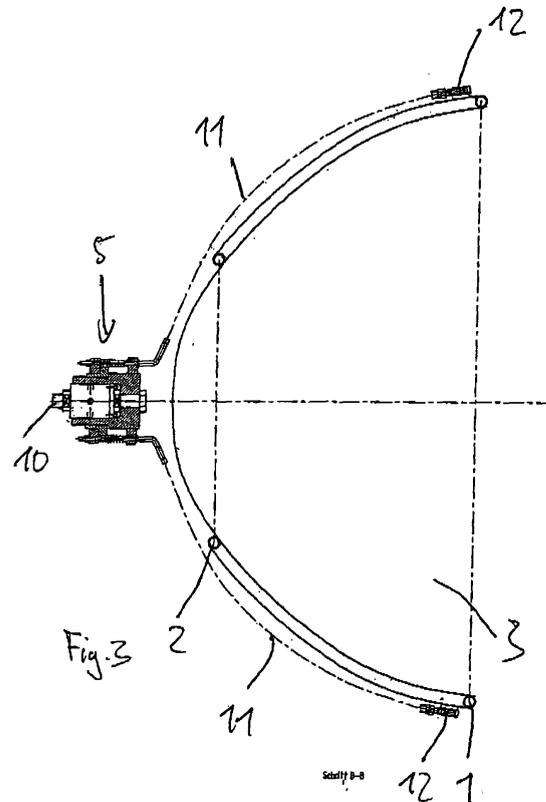
(71) Anmelder: **Lufthansa Technik AG**  
**22335 Hamburg (DE)**

(74) Vertreter: **Glawe, Delfs, Moll**  
**Patent- und Rechtsanwälte,**  
**Rothenbaumchaussee 58**  
**20148 Hamburg (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Giljohann, Sebastian**  
**64289 Darmstadt (DE)**

**(54) Vorrichtung und Verfahren zum Reinigen der Core Engine eines Stahltriebwerks**

(57) Gegenstand der Erfindung ist eine Vorrichtung zum Reinigen der Core Engine eines Strahltriebwerks, mit einer Versorgungseinrichtung, die Reinigungsmedium zur Verfügung stellt, einer Düseneinrichtung, die zum Einbringen des Reinigungsmediums in die Core Engine ausgebildet ist, und mit einer Leitungsverbindung (10) zwischen der Versorgungseinrichtung und der Düseneinrichtung. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Düseneinrichtung Mittel zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks aufweist, und dass eine Drehkupplung (5) zwischen der Düseneinrichtung und der Leitungsverbindung (10) vorgesehen ist. Gegenstand der Erfindung ist ferner eine Anordnung aus einer solchen Vorrichtung und einem Turbofanstrahltriebwerk sowie ein Verfahren zum Reinigen der Core Engine eines Strahltriebwerks unter Verwendung der Vorrichtung.



**EP 1 970 133 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, eine Anordnung sowie ein Verfahren zum Reinigen der Core Engine eines Strahltriebwerks.

**[0002]** Strahltriebwerke von kommerziellen Unterschallverkehrsflugzeugen sind heute weit überwiegend sogenannte Turbofan-Strahltriebwerke. Ein solches Turbofan-Triebwerk besitzt eine sogenannte Core Engine, in der der eigentliche Verbrennungsprozess des Kerosins abläuft. Die Core Engine besitzt in bekannter Weise eine oder mehrere Kompressorstufen, eine Brennkammer, sowie eine oder mehrere Turbinenstufen, in denen die heißen Verbrennungsgase einen Teil ihrer mechanischen Energie abgeben. Diese mechanische Energie wird zum einen für den Antrieb der Kompressorstufen benötigt, zum anderen wird ein Stromauf vor der Core Engine angeordneter sogenannter Turbofan angetrieben, der in der Regel einen erheblich größeren Durchmesser als die Core Engine aufweist und einen erheblichen Teil der das Triebwerk insgesamt durchströmenden Luft als sogenannten Mantel- oder Nebenluftstrom an der Core Engine vorbeiströmen lässt. Der Turbofan bringt über diesen Mantelluftstrom einen erheblichen Teil der Schubleistung des Triebwerks auf, ferner sorgt der hohe Mantelluftstromanteil für eine bessere Umweltverträglichkeit des Triebwerks, insbesondere einen besseren Wirkungsgrad bei Unterschallgeschwindigkeiten, sowie eine verbesserte Geräuschkämpfung des heißen Abgasstroms der Core Engine.

**[0003]** Strahltriebwerke werden im Betrieb durch Verbrennungsrückstände der Core Engine sowie durch mit der Verbrennung bzw. Mantelluft angesaugte Luftverunreinigungen wie beispielsweise Staub, Insekten, Salznebel oder sonstigen Umweltverunreinigungen kontaminiert. Diese Verunreinigungen bilden insbesondere auch auf den Rotor- und/oder Statorblades des Kompressors der Core Engine einen Belag, der die Oberflächengüte und damit letztendlich den thermodynamischen Wirkungsgrad des Triebwerks beeinträchtigt.

**[0004]** Zum Entfernen der Verunreinigungen werden Strahltriebwerke gereinigt. Aus WO 2005/077554 A1 ist es bekannt, zu diesem Zweck eine Mehrzahl von Reinigungsdüsen stromauf des Fans eines Turbofan-Triebwerks anzuordnen, um so den Fan und die Core Engine zu reinigen.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung, ein Verfahren und eine Anordnung der eingangs genannten Art zu schaffen, die ein wirksames und effizientes Reinigen der Core Engine eines Strahltriebwerks ermöglichen.

**[0006]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist eine Versorgungseinrichtung, die Reinigungsmedium zur Verfügung stellt, eine Düseneinrichtung, die zum Einbringen des Reinigungsmediums in die Core Engine ausgebildet ist, sowie eine Leitungsverbindung zwischen der Versorgungseinrichtung und der Düseneinrichtung auf. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Düsenein-

richtung Mittel zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks aufweist, und dass eine Drehkupplung zwischen der Düseneinrichtung und der Leitungsverbindung vorgesehen ist.

**[0007]** Zunächst seien einige im Rahmen der Erfindung verwendete Begriffe erläutert. Der Begriff Strahltriebwerk bezeichnet jegliche mobilen Gasturbinen für Luftfahrtanwendungen. Im Rahmen der Erfindung bezeichnet der Begriff insbesondere Turbofan-Triebwerke, bei denen die eigentliche Gasturbine eine sogenannte Core Engine bildet und stromauf der Core Engine ein im Durchmesser größerer Turbofan angeordnet ist, der einen Mantelluftstrom um die Core Engine erzeugt. Der Begriff Core Engine bezeichnet die eigentliche Gasturbine des Strahltriebwerks, in der der Verbrennungsprozess des Treibstoffs, insbesondere Kerosins, stattfindet. Eine solche Core Engine weist in der Regel eine oder mehrere Kompressorstufen, eine Brennkammer sowie ein oder mehrere Turbinenstufen auf, die von den heißen Verbrennungsgasen angetrieben werden.

**[0008]** Die Versorgungseinrichtung stellt Reinigungsmedium zur Verfügung (beispielsweise in einem oder mehreren Tanks) und kann mit Bedienungs- und Antriebseinrichtungen, Pumpen, Energiespeichern oder dergleichen versehen sein. Sie ist vorzugsweise als eine mobile, insbesondere fahrbare Einheit ausgebildet.

**[0009]** Die Düseneinrichtung weist eine oder mehrere Düsen für das Reinigungsmedium sowie unten noch näher erläuterte Mittel zur drehfesten Verbindung dieser Düseneinrichtung und damit der Düsen mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks auf.

**[0010]** Erfindungsgemäß ist somit vorgesehen, dass diese Düsen nicht stationär im Bereich des Einlasses des Strahltriebwerks angeordnet sind, sondern drehfest mit der Welle des Fans verbunden sind und damit bei einem langsamen Durchdrehen des Triebwerks ohne Einspritzen von Kerosin (dem sogenannten dry-cranking) mit dem Fan mitrotieren können.

**[0011]** Die Versorgungseinrichtung und die Düseneinrichtung sind über eine Leitungsverbindung miteinander verbunden. Diese Leitungsverbindung dient insbesondere der Zufuhr des (vorzugsweise unter Druck stehenden und ggf. erwärmten) Reinigungsmediums zu den Düsen der Düseneinrichtung. Die Leitungsverbindung ist bevorzugt flexibel und kann insbesondere einen ggf. druckfesten Schlauch aufweisen.

**[0012]** Die Leitungsverbindung ist mittels einer Drehkupplung an die Düseneinrichtung angeschlossen. Der Begriff Drehkupplung ist funktionell zu verstehen und bezeichnet jegliche Einrichtung, die sich zum Herstellen einer hinreichend stabilen, bevorzugt druckfesten und flüssigkeitsdichten Verbindung zwischen dem stationären Teil der Leitungsverbindung und der mit dem Fan mitrotierenden Düseneinrichtung eignet. Zweck der Drehkupplung ist es, dass Reinigungsmedium aus der stationären Versorgungseinrichtung in die mitdrehende Düseneinrichtung zu leiten und dann aus den Düsen austreten zu lassen.

**[0013]** Die Erfindung ermöglicht eine gezielte Reinigung der Core Engine. Die beim dry-cranking mitdrehenden Düsen bestreichen den Einlass der Core Engine gleichmäßig über den gesamten Umfang. Ferner erlaubt die mitdrehende Anordnung der Düsen ein gezieltes Einbringen des Reinigungsmediums in Strömungsrichtung hinter den Blades (Schaufeln) des Fans und damit ein unmittelbares Bestreichen der Core Engine ohne Beeinträchtigung durch den in Strömungsrichtung davor angeordneten Turbofan. Bei der ortsfesten Anordnung der Düsen vor dem Fan im Stand der Technik trifft ein wesentlicher Teil des Reinigungsmedium auf die Blades des Fans und kann daher nicht oder zumindest nicht direkt zur Reinigung der Core Engine beitragen. Die Erfindung hat erkannt, dass die gezielte Reinigung der Core Engine wesentlich ist für die angestrebte Verbesserung des thermodynamischen Wirkungsgrads. Die Erfindung hat ferner erkannt, dass eine möglicherweise gewünschte zusätzliche Reinigung der Fanblades wesentlich einfacher durch eine zusätzliche manuelle Reinigung mit Schlauch und Bürste erreicht werden kann. Ein Bestreichen auch der Fanblades, wie im Stand der Technik vorgesehen, kann einen erheblichen Teil der Verunreinigungen der Fanblades nicht abtragen, da diese vermehrt auf der Rückseite (Druckseite) der Fanblades sitzen. Ferner werden bei einem gleichzeitigen Bestreichen der Fanblades mit Reinigungsmedium dort abgetragener Schmutz sowie insbesondere im Bereich der Schaufelwurzel ausgewaschene Schmiermittel in die Core Engine eingetragen und verschmutzen diese zusätzlich.

**[0014]** Die Massenverteilung der Düseneinrichtung ist bevorzugt rotationssymmetrisch um deren Drehachse. Auf diese Weise wird beim Mitrotieren der Düseneinrichtung keine wesentliche zusätzliche Unwucht eingebracht. Die Drehkupplung sitzt zu diesem Zweck bevorzugt im Wesentlichen zentrisch auf der Drehachse der erfindungsgemäßen Vorrichtung im montierten Zustand. Bevorzugt weist die Düseneinrichtung wenigstens zwei oder mehr Düsen auf, die bevorzugt rotationssymmetrisch um die Drehachse verteilt sind.

**[0015]** Die Austrittsöffnung der Düsen ist bevorzugt im von der Drehkupplung wegweisenden axialen Endbereich der Düseneinrichtung angeordnet. Die Drehkupplung befindet sich bevorzugt im vorderen Bereich der Düseneinrichtung, d. h. in demjenigen Bereich, der im montierten Zustand stromauf, also weg vom Eingang des Strahltriebwerks, weist. Die Austrittsöffnung der Düsen ist dementsprechend im davon wegweisenden axialen Endbereich der Düseneinrichtung vorgesehen, also im montierten Zustand in dem stromabweisenden Endbereich. Diese Anordnung ermöglicht es, die Düsen bei der Montage auf der Welle des Fans eines Turbofan-Triebwerks entweder durch die Zwischenräume der Fanblades hindurch zu stecken, so dass sie unmittelbar vor der Core Engine angeordnet sind, oder aber zumindest gezielt so auszurichten, dass sie durch Zwischenräume der Fanblades hindurch direkt auf die Core Engine strahlen.

**[0016]** Die Düsen sind bevorzugt Flachstrahldüsen, es

können aber auch andere Formen wie beispielsweise Rundstrahldüsen oder eine Kombination verschiedener Düsen verwendet werden. Die Strahlebene ist vorzugsweise in Radialrichtung ausgerichtet, d.h. sie wird von zwei Achsen aufgespannt, von denen eine in Radialrichtung weist. Auf diese Weise kann der rotierende Flachstrahl besonders wirksam im Wesentlichen die gesamte Fläche des Einlasses der Core Engine überstreichen.

**[0017]** Es ist weiter bevorzugt, dass die Strahlebene einen Anstellwinkel mit der Drehachse einschließt. Dies bedeutet, dass die Strahlrichtung nicht parallel zur Drehachse erfolgt, sondern mit dieser Achse einen Winkel einschließt. Die Strahlrichtung weicht um diesen Winkel von der Axialrichtung ab. Bevorzugt ist es, wenn sich dieser Winkel nach dem Anstellwinkel der vorderen Kompressorblades der Core Engine richtet. In der Regel handelt es sich dabei um Statorblades, die bei einer passenden Einstellung des Strahlwinkels zu deren Einstellwinkel von dem Flachstrahl teilweise durchstrichen werden können, so dass es zu einer wirksameren Reinigung der dahinter angeordneten Teile der Core Engine kommt.

**[0018]** Die Mittel zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks umfassen bevorzugt Befestigungsmittel zur Befestigung an den Fanblades wie beispielsweise geeignet ausgebildete Haken, mit denen die Düseneinrichtung an der Hinterkante (stromabgewandt) der Fanblades eingehakt werden können.

**[0019]** Die Düseneinrichtung kann zur drehfesten Fixierung mit der Welle des Fans eine Einrichtung zum im Wesentlichen formschlüssigen Aufsetzen auf die Wellennase des Fans aufweisen.

**[0020]** Turbofan-Triebwerke weisen in der Regel auf dem stromauf gelegenen Wellenende der Welle des Turbofans eine konisch gekrümmte Nabe auf, die das Anströmverhalten der Luft verbessern soll. Auf diese Nabe können die entsprechenden Mittel zur drehfesten Verbindung aufgesetzt werden. "Im wesentlichen formschlüssig" bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Form der Wellennabe genutzt wird zur beabsichtigten Positionierung der Düseneinrichtung und zur Fixierung in der gewünschten Position. Es bedeutet nicht, dass die gesamte Fläche der Wellennabe formschlüssig umschlossen sein muss.

**[0021]** Beispielsweise kann die Einrichtung ein oder mehrere Ringteile aufweisen, mit denen sie auf die Wellennabe aufgesetzt werden kann. Bei einer Mehrzahl von Ringteilen weisen diese einen unterschiedlichen Durchmesser auf, der angepasst ist an den Durchmesser der Wellennabe in den entsprechenden Bereichen. Beispielsweise können zwei axial beabstandete Ringe unterschiedlichen Durchmessers vorgesehen sein, mit denen die Düseneinrichtung auf der Wellennabe positioniert und zentriert wird.

**[0022]** Spannseile können vorzugsweise zur weiteren Fixierung vorgesehen sein. Beispielsweise kann die Düseneinrichtung mittels der Ringteile auf der Wellennabe des Fans zentriert werden und dann mit Spannseilen, die an der Hinterkante der Fanblades fixiert werden, ver-

spannt werden. Erfindungsgemäß können Federeinrichtungen zum Vorspannen der Spannseile vorgesehen sein, damit die Düseneinrichtung mit einer definierten Kraft an die Wellennabe angedrückt wird.

**[0023]** Die Spannseile sind bevorzugt (beispielsweise mittels Haken) an den Fanblades, bevorzugt an deren Hinterkante, befestigt.

**[0024]** Die Versorgungseinrichtung für das Reinigungsmedium weist bevorzugt wenigstens einen Vorratstank für Reinigungsmedium und wenigstens eine Pumpe zur Druckbeaufschlagung der Düseneinrichtung mit Reinigungsmedium auf. Der Vorratstank kann eine Heizeinrichtung aufweisen, um temperiertes Reinigungsmedium zur Verfügung zu stellen. Bei einer bevorzugten Ausführungsform weist die Versorgungseinrichtung wenigstens zwei Vorratstanks auf, aus denen die Düseneinrichtung wahlweise gespeist werden kann. Dies hat den Vorteil, dass nach einem Reinigungsvorgang in einem Reinigungstank frisch eingefülltes Reinigungsmedium auf die gewünschte Temperatur aufgeheizt werden kann, während gleichzeitig aus dem zweiten Reinigungstank ein weiterer Reinigungsvorgang gespeist wird.

**[0025]** Als Reinigungsmedium kann bevorzugt eine Flüssigkeit, insbesondere eine wässrige Flüssigkeit, oder eine Dispersion einer Flüssigkeit in einem gasförmigen Medium, insbesondere Luft, verwendet werden. Bevorzugt wird eine wässrige Lösung verwendet, die beim Austritt aus den Düsen zu einer wässrigen Dispersion in Luft zerstäubt wird. Näheres dazu wird unten im Zusammenhang mit der Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben. Die dort beschriebenen Verfahrensparameter gelten auch für die erfindungsgemäße Vorrichtung. Es ist somit Gegenstand der Erfindung, die Vorrichtung so auszubilden, dass die weiter unten beschriebenen Verfahrensparameter eingestellt werden können.

**[0026]** Gegenstand der Erfindung ist ferner eine Anordnung aus einem Strahltriebwerk und einer daran zur Vornahme einer Reinigung der Core Engine angebrachten Vorrichtung wie vorstehend beschrieben. Die Anordnung weist weiterhin folgende Merkmale auf:

- a. die Düseneinrichtung ist drehfest mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks verbunden;
- b. die Drehachsen des Fans des Strahltriebwerk und der Düseneinrichtung sind im wesentlichen konzentrisch angeordnet;
- c. die Düsen der Düseneinrichtung weisen einen radialen Abstand von der gemeinsamen Drehachse des Strahltriebwerks und der Vorrichtung auf, der kleiner ist als der Radius der Eintrittsöffnung der Core Engine;
- d. die Austrittsöffnungen der Düsen sind in Axialrichtung hinter der Ebene des Fans angeordnet und/oder die Düsen sind in Zwischenräumen der Fan-

blades angeordnet oder auf Zwischenräume der Fanblades ausgerichtet, so dass die Düsenstrahlen im Wesentlichen ungehindert durch die Ebene des Fans hindurchtreten können.

**[0027]** Bei der erfindungsgemäßen Anordnung ist die Düseneinrichtung drehfest mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks verbunden. Dabei sind die Drehachsen des Fans des Strahltriebwerks und der Düseneinrichtung im wesentlichen konzentrisch angeordnet. Die Drehachse der Düseneinrichtung ist diejenige Achse, um die sich die Düsen im Betrieb konzentrisch drehen. Der radiale Abstand der Düsen der Düseneinrichtung von der gemeinsamen Drehachse des Strahltriebwerks und der Vorrichtung ist so bemessen, dass diese Düsen den Eingang der Core Engine überstreichen. Die Austrittsöffnung der Düsen sind hinter der Ebene des Turbofans oder so vor bzw. zwischen den Fanblades ausgerichtet, dass ein im wesentlichen ungehindertes Hindurchstrahlen möglich ist.

**[0028]** Bevorzugt ist der Anstellwinkel der Strahlebene der Düsen mit der Drehachse angepasst an den Anstellwinkel der in Strömungsrichtung des Triebwerks vorderen Blades der Core Engine. Auf diese Weise wird die Reinigungswirkung auch im hinteren Teil der Core Engine verbessert.

**[0029]** Gegenstand der Erfindung ist ferner ein Verfahren zum Reinigen der Core Engine eines Strahltriebwerks unter Verwendung einer Vorrichtung wie vorstehend beschrieben. Die Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens sind;

- a. Anbringen der Düseneinrichtung an der Nabe des Fans, so dass die Austrittsöffnungen der Düsen auf die in Strömungsrichtung des Triebwerks vorderen Blades der Core Engine gerichtet sind;
- b. Rotierenlassen des Strahltriebwerks;
- c. Beaufschlagen der Düseneinrichtung mit Reinigungsmedium und Reinigen der Core Engine.

**[0030]** Das dry-cranking bzw. Rotierenlassen des Strahltriebwerks während des Reinigungsvorgangs erfolgt bevorzugt mit einer Drehzahl von 50 bis 500  $\text{min}^{-1}$ , vorzugsweise 100 bis 300  $\text{min}^{-1}$ , weiter vorzugsweise 120 bis 250  $\text{min}^{-1}$ . Besonders bevorzugt ist eine Drehzahl zwischen 150 und 250  $\text{min}^{-1}$ . Das Reinigen kann auch im Leerlaufbetrieb des Triebwerks stattfinden, die Drehzahl beträgt denn bevorzugt 500 bis 1.500  $\text{min}^{-1}$ .

**[0031]** Als Reinigungsmedium wird bevorzugt eine Dispersion einer Flüssigkeit in einem gasförmigen Medium verwendet. Diese Dispersion kann bereits vor der Düsenaustrittsöffnung hergestellt werden, beispielsweise durch den Zusatz von gasförmigen Medium wie beispielsweise Luft zu einer Reinigungsflüssigkeit. Bevorzugt ist es jedoch, wenn bis zur Düsenaustrittsöffnung lediglich flüssiges Reinigungsmedium geführt wird und

an der Düsenaustrittsöffnung durch Austritt unter hohem Druck zerstäubt wird, so dass die Mischung aus flüssigem und gasförmigem Medium besteht. Diese Dispersion oder dieses Aerosol wird dann durch die Core Engine hindurchgetragen. Das Reinigungsmedium (bzw. der flüssige Anteil des Aerosols) wird bevorzugt auf einen Bereich von 200 bis 100°C, weiter vorzugsweise 30 bis 80°C, weiter vorzugsweise 50 bis 70°C temperiert. Der Druck, unter dem das Reinigungsmedium an der Düsenöffnung ausgebracht wird, liegt bevorzugt im Bereich 20 bis 100 bar, weiter vorzugsweise 30 bis 80 bar, weiter vorzugsweise 50 bis 70 bar. Durch diesen Druck wird das flüssige Reinigungsmedium an der Düsenöffnung bevorzugt zu Tröpfchen zerrissen, deren mittlere Tröpfchengröße 50 bis 500 µm, weiter vorzugsweise 100 bis 300 µm, weiter vorzugsweise 150 bis 250 µm beträgt.

**[0032]** Der Durchsatz an flüssigem Reinigungsmedium liegt bevorzugt zwischen 10 und 200 l/min, weiter vorzugsweise 20 bis 150 l/min, weiter vorzugsweise 20 bis 100 l/min, besonders bevorzugt zwischen 20 und 60 l/min. Die Dauer des Reinigungsvorgangs beträgt bevorzugt 1 bis 15 min, weiter vorzugsweise 2 bis 10 min, weiter vorzugsweise 3 bis 7 min.

**[0033]** Der Tank oder jeder Tank für Reinigungsmedium der Versorgungseinrichtung kann beispielsweise ein Volumen von 400 l aufweisen. Dieses Volumen erlaubt beispielsweise ein 5 min. Reinigen mit einem Durchsatz von 80 l/min.

**[0034]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnungen erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 eine Ansicht einer erfindungsgemäßen Düsenanordnung von vorne;

Fig. 2 einen Schnitt durch die Ebene B-B der Fig. 1 einer Düsenanordnung, die auf die Wellennase eines Fans aufgesetzt ist;

Fig. 3 einen Schnitt durch die Ebene B-A der Fig. 1 einer Düsenanordnung, die auf die Wellennase eines Fans aufgesetzt ist;

Fig. 4 in einem Detailausschnitt aus Fig. 2 die Drehkupplung;

Fig. 5 in einem Detailausschnitt aus Fig. 3 die Drehkupplung.

**[0035]** Die Düsenanordnung weist zwei Ringelemente 1, 2 auf, mit deren Hilfe die Düsenanordnung auf eine Wellennase 3 des Fans eines Strahltriebwerks aufgesetzt wird (siehe Fig. 2 und 3). Im aufgesetzten Zustand umschließen die Ringelemente 1, 2 die Wellennase 3 im wesentlichen formschlüssig. Die beiden Ringelemente 1, 2 sind durch Radialstreben 4 miteinander verbunden. An der stromaufweisenden Spitze der Düsenanordnung (bezogen auf die Strömungsrichtung des Triebwerks) ist

eine insgesamt mit 5 bezeichnete Drehkupplung angeordnet. Von dieser Drehkupplung erstrecken sich zwei radial nach außen führende Druckleitungen 6, die zwei Flachstrahldüsen 7 mit Reinigungsmedium speisen. In der Detailansicht der Figur 4 ist zu erkennen, dass die beiden Druckleitungen 6 über Radialkanäle 8 und einen axialen Kanal 9 der Drehkupplung 5 in Flüssigkeitsverbindung stehen mit einer Zufuhrleitung 10, die die Drehkupplung mit der in der Zeichnung nicht dargestellten Versorgungseinrichtung verbindet.

**[0036]** Die Druckleitungen 6 sind an den Kreuzungspunkten mit den Ringelementen 1, 2 an diesen Ringelementen fixiert und somit Teil der Tragstruktur der gesamten Düsenanordnung.

**[0037]** Zur Befestigung der Düsenanordnung an der Wellennase des Fans sind bei 11 angedeutete Spannseile vorgesehen, die mittels Haken 12 an den Hinterkanten des Fanblades eingehakt werden. Wie in Figur 5 zu erkennen, werden die Spannseile 11 über an der Drehkupplung befestigte Spannseilführungen 17 zu der Drehkupplung geführt und dort an einem axial verschieblichen Spannring 13 befestigt. Druckfedern 14 stützen sich an einer Ringschulter 15 der Drehkupplung ab und bringen auf den Spannring 13 eine in Richtung weg von der Ringschulter 15 wirkende Kraft auf. Im aufgesetzten Zustand bringen die Druckfedern 14 auf die Spannseile 11 eine Vorspannung auf und sorgen damit für eine Fixierung der Düsenanordnung mit der Nabe des Fans. Durch eine Spannmutter 16, welche auf einem Gewinde des Kupplungsgehäuses 18 sitzt, wird der Spannring 13 stromaufwärts bewegt. Dadurch wird eine Spannkraft auf die Spannseile 11 übertragen und somit eine sichere Verbindung der Düsenanordnung mit der Nabe des Fans hergestellt.

**[0038]** Zum Reinigen der Core Engine eines Turbofan-Strahltriebwerks wird die Düsenanordnung in der insbesondere aus den Figuren 2 und 3 erkennbaren Weise auf die Wellennase des Fans aufgesetzt und an den Fanblades mittels der Haken 12 fixiert. Das Triebwerk wird in Drehung versetzt (dry-cranking). Über die Verbindungsleitung 10, die Drehkupplung 5 und die Druckleitungen 6 werden die Flachstrahldüsen 7 mit Reinigungsmedium aus der nicht dargestellten Versorgungseinrichtung gespeist. Dieses Reinigungsmedium überstreicht den Einlass der Core Engine über deren gesamten Umfang und führt so die Reinigung aus.

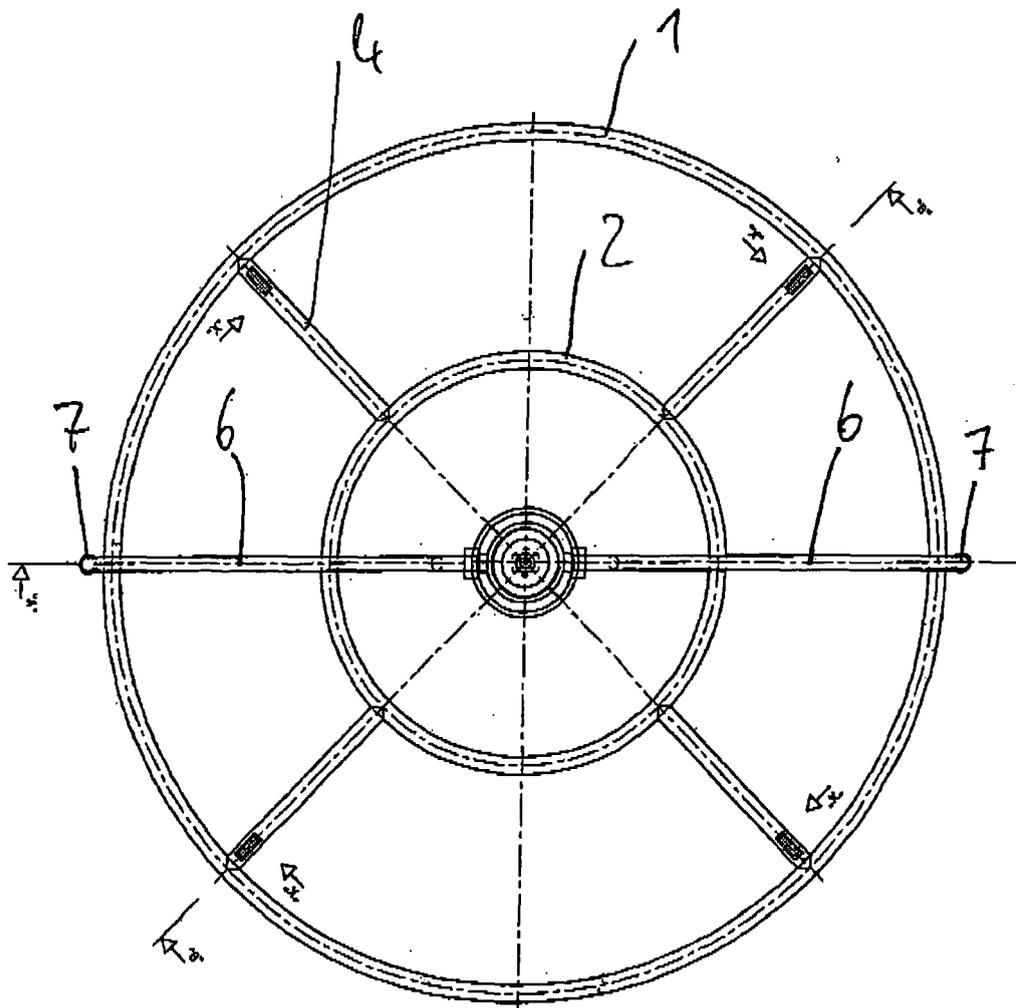
#### Patentansprüche

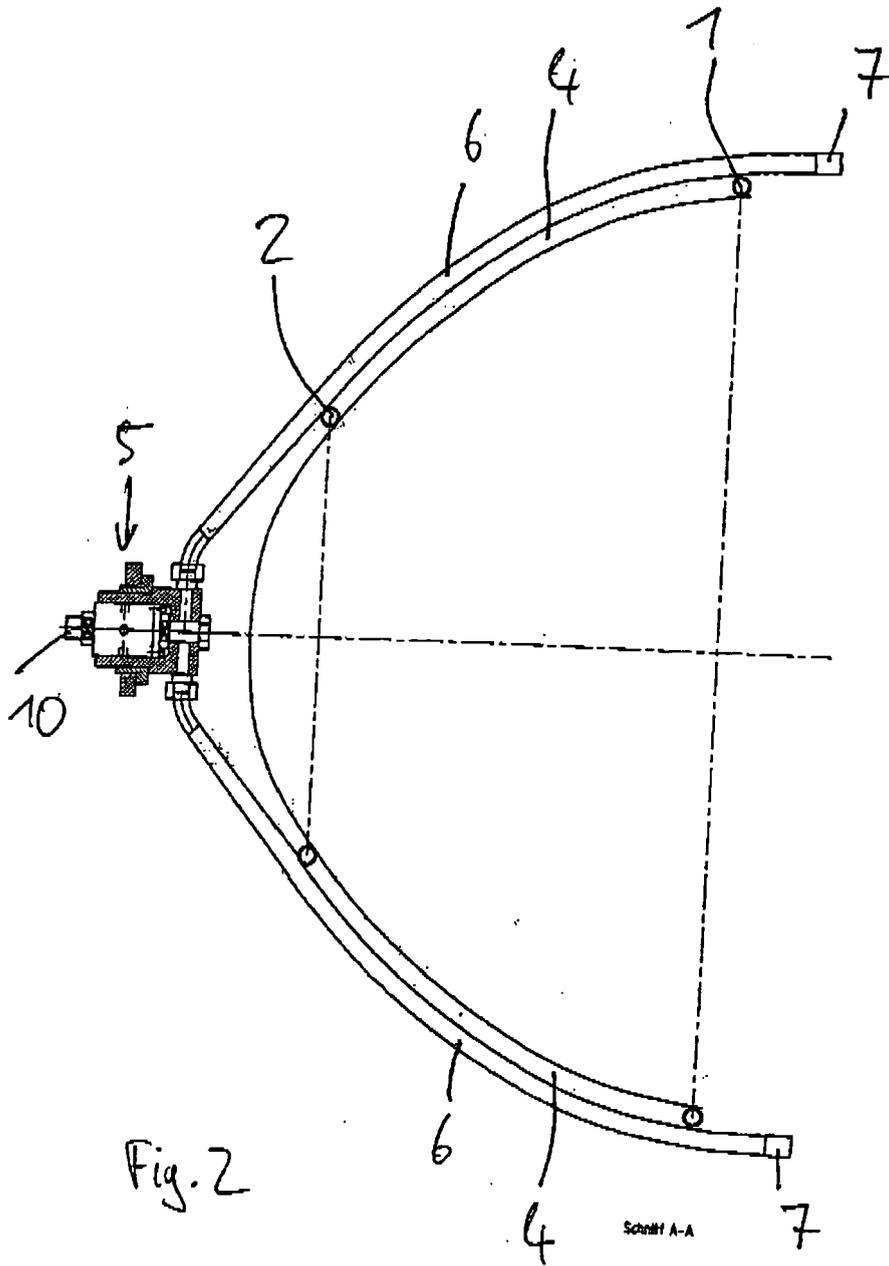
1. Vorrichtung zum Reinigen der Core Engine eines Strahltriebwerks, mit einer Versorgungseinrichtung, die Reinigungsmedium zur Verfügung stellt, einer Düsenanordnung, die zum Einbringen des Reinigungsmediums in die Core Engine ausgebildet ist, und mit einer Leitungsverbindung (10) zwischen der Versorgungseinrichtung und der Düsenanordnung, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düsenanord-

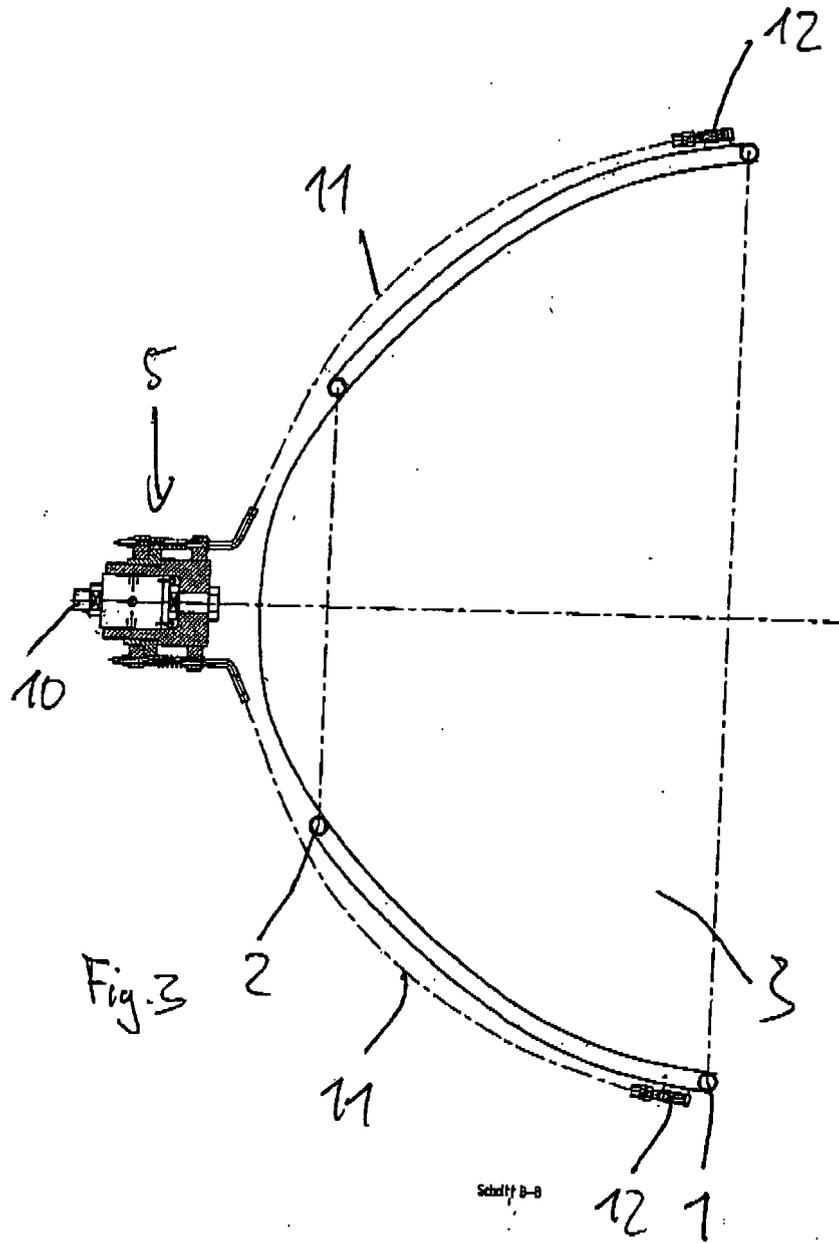
- 5      tung Mittel zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks aufweist, und dass eine Drehkupplung (5) zwischen der Düseneinrichtung und der Leitungsverbindung (10) vorgesehen ist.
2.      Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Massenverteilung der Düseneinrichtung rotationssymmetrisch um deren Drehachse ist.
3.      Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düseneinrichtung wenigstens zwei Düsen (7) aufweist.
4.      Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Austrittsöffnungen der Düsen (7) im von der Drehkupplung (5) wegweisenden axialen Endbereich der Düseneinrichtung angeordnet sind.
5.      Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düsen (7) Flachstrahldüsen sind.
6.      Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strahlebene im Bereich der Austrittsöffnungen der Düsen (7) im Wesentlichen in Radialrichtung weist.
7.      Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strahlebene einen Anstellwinkel mit der Drehachse (7) einschließt.
8.      Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks Befestigungsmittel (12) zur Befestigung an den Fanblades aufweisen.
9.      Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks eine Einrichtung (1, 2) zum im Wesentlichen formschlüssigen Aufsetzen auf die Wellennase des Fans aufweisen.
10.     Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung zum im Wesentlichen formschlüssigen Aufsetzen auf die Wellennase des Fans wenigstens ein Ringteil (1, 2) und Spannseile (11) umfasst.
11.     Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** Federeinrichtungen (14) zum Vorspannen der Spannseile (11) vorgesehen sind.
12.     Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** Befestigungsmittel (12) zum Befestigen der Spannseile (11) an den Fanblades vorgesehen sind.
- 5      13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Versorgungseinrichtung wenigstens einen Vorratstank für Reinigungsmedium und wenigstens eine Pumpe zur Druckbeaufschlagung der Düseneinrichtung mit Reinigungsmedium aufweist.
- 10     14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorratstank eine Heizeinrichtung aufweist.
- 15     15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie wenigstens zwei Vorratstanks aufweist, und dass die Düseneinrichtung wahlweise aus jeweils einem Vorratstank gespeist werden kann.
- 20     16. Anordnung aus einem Strahltriebwerk und einer daran zur Vornahme einer Reinigung der Core Engine angebrachten Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, **gekennzeichnet durch** folgende Merkmale:
- 25     a. die Düseneinrichtung ist drehfest mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks verbunden;
- 30     b. die Drehachsen des Fans des Strahltriebwerk und der Düseneinrichtung sind im wesentlichen konzentrisch angeordnet;
- 35     c. die Düsen (7) der Düseneinrichtung weisen einen radialen Abstand von der gemeinsamen Drehachse des Strahltriebwerks und der Vorrichtung auf, der kleiner ist als der Radius der Eintrittsöffnung der Core Engine;
- 40     d. die Austrittsöffnungen der Düsen (7) sind in Axialrichtung hinter der Ebene des Fans angeordnet und/oder die Düsen sind in Zwischenräumen der Fanblades angeordnet oder auf Zwischenräume der Fanblades ausgerichtet, so dass die Düsenstrahlen im Wesentlichen ungehindert **durch** die Ebene des Fans hindurchtreten können.
- 45     17. Anordnung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strahlebene der Düsen (7) einen Anstellwinkel mit der Drehachse einschließt, der im Wesentlichen dem Anstellwinkel der in Strömungsrichtung des Triebwerks vorderen Blades der Core Engine entspricht.
- 50     18. Verfahren zum Reinigen der Core Engine eines Strahltriebwerks unter Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, mit den Schritten:
- 55

- a. Anbringen der Düseneinrichtung an der Nabe (3) des Fans, so dass die Austrittsöffnungen der Düsen (7) auf die in Strömungsrichtung des Triebwerks vorderen Blades der Core Engine gerichtet sind; 5
- b. Rotierenlassen des Strahltriebwerks;
- c. Beaufschlagen der Düseneinrichtung mit Reinigungsmedium und Reinigen der Core Engine.
19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Strahltriebwerk mit einer Drehzahl von 50 bis 500 min<sup>-1</sup>, vorzugsweise 100 bis 300 min<sup>-1</sup>, weiter vorzugsweise 120 bis 250 min<sup>-1</sup> rotieren gelassen wird. 10  
15
20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Reinigungsmedium eine Dispersion einer Flüssigkeit in einem gasförmigen Medium verwendet wird. 20
21. Verfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flüssigkeit eine wässrige Flüssigkeit ist.
22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** das gasförmige Medium Luft ist. 25
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 122, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Reinigungsmedium eine Temperatur von 20 bis 200°C, vorzugsweise 30 bis 95°C, weiter vorzugsweise 50 bis 90°C aufweist. 30
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck des Reinigungsmediums 20 bis 100 bar, vorzugsweise 30 bis 80 bar, weiter vorzugsweise 50 bis 70 bar beträgt. 35
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mittlere Tröpfchengröße der Dispersion 50 bis 500 µm, vorzugsweise 100 bis 300 µm, weiter vorzugsweise 150 bis 250 µm beträgt. 40  
45
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Durchsatz an flüssigem Reinigungsmedium 10 bis 200 l/min, vorzugsweise 20 bis 150 l/min, weiter vorzugsweise 20 bis 100 l/min, weiter vorzugsweise 20 bis 60 l/min beträgt. 50
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Reinigen der Core Engine über einen Zeitraum von 1 bis 15 min, vorzugsweise 2 bis 10 min, weiter vorzugsweise 3 bis 7 min durchgeführt wird. 55

Fig. 1







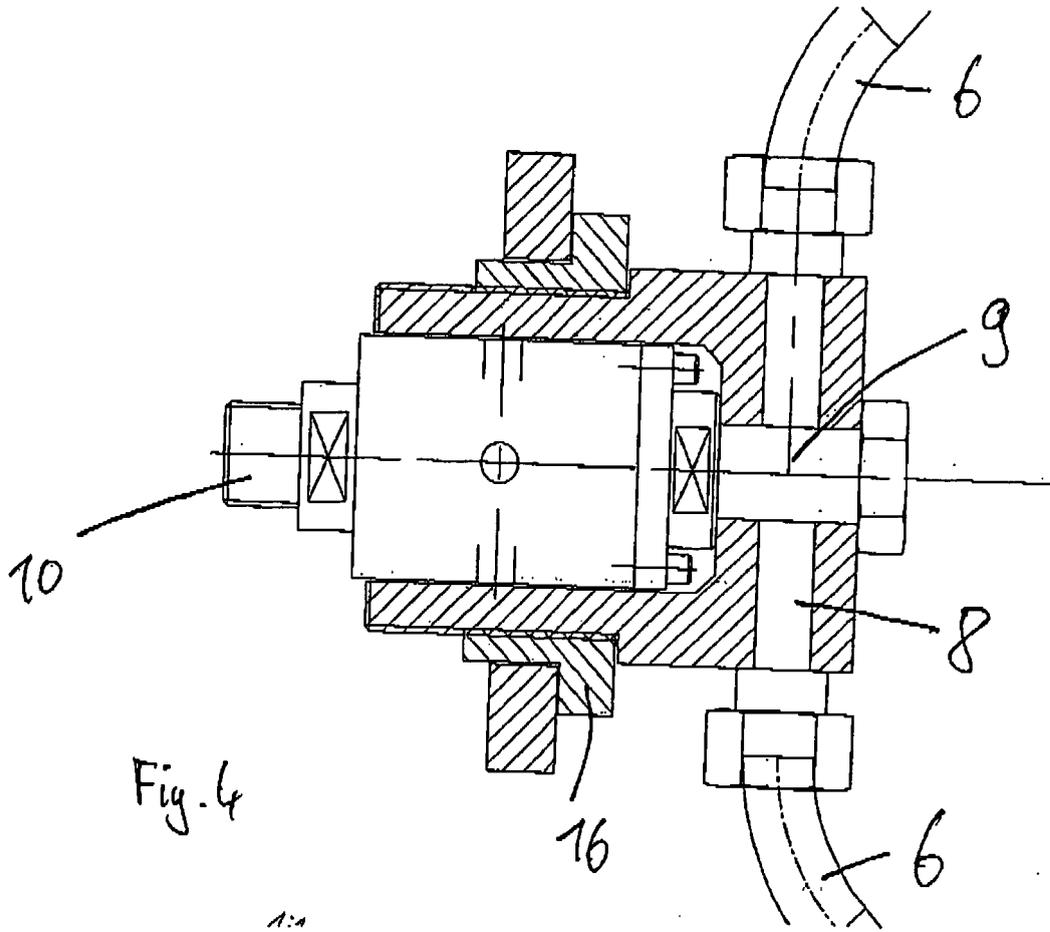


Fig. 4

11/11

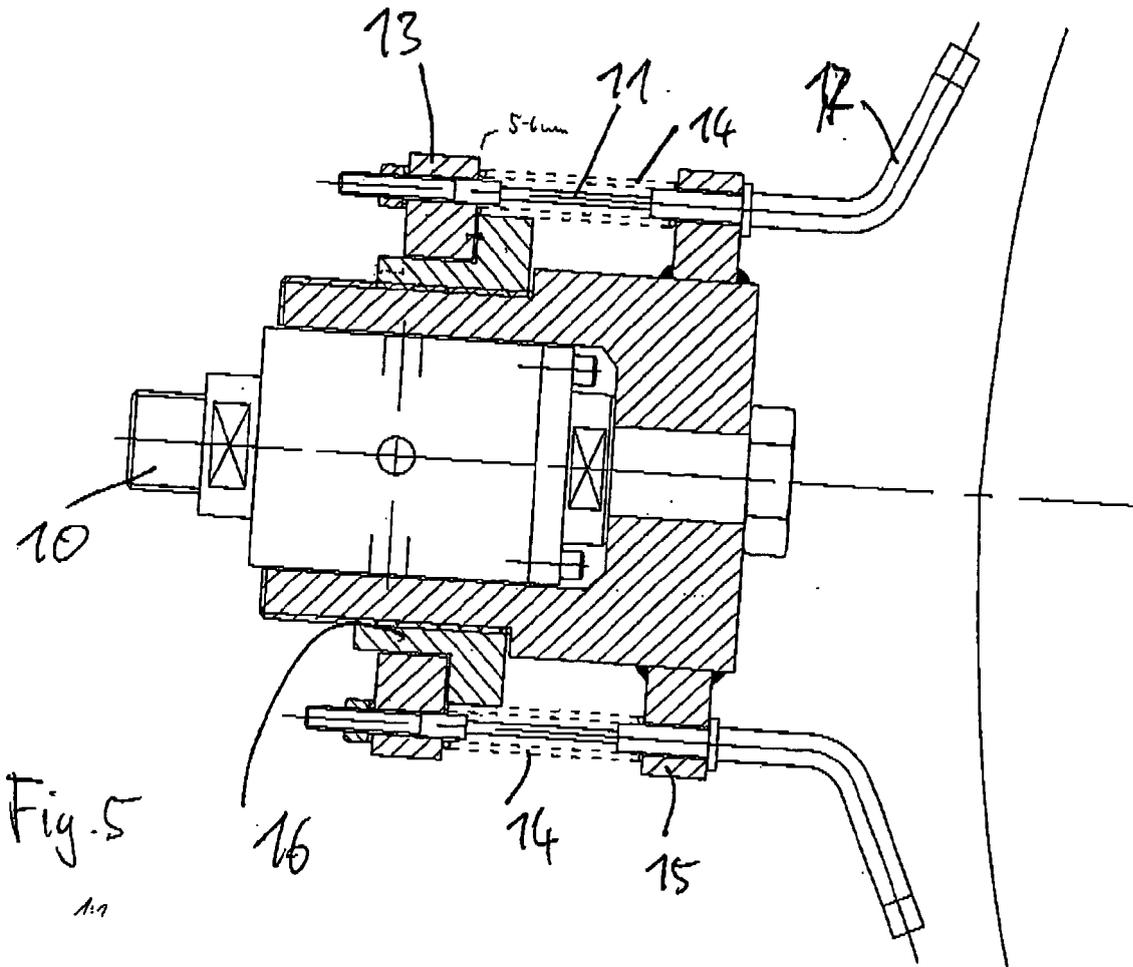


Fig. 5  
1:1



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	WO 2005/120953 A (GAS TURBINE EFFICIENCY AB [SE]; HJERPE CARL-JOHAN [SE]) 22. Dezember 2005 (2005-12-22) * Zusammenfassung; Abbildung 2 * * Seite 6, Zeile 21 - Zeile 24 * -----	1-27	INV. B08B3/02 B08B9/032 F01D25/00 B64F5/00
A	WO 96/40453 A (GAS TURBINE EFFICIENCY AB [SE]; ASPLUND PETER [SE]) 19. Dezember 1996 (1996-12-19) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 * * Seite 2, Zeile 24 - Seite 4, Zeile 10 * -----	1-27	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)  B08B F01D B64F
Recherchenort <b>Den Haag</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>2. Oktober 2007</b>	Prüfer <b>Plontz, Nicolas</b>
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 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 07 00 5446

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.

02-10-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2005120953 A	22-12-2005	AR 049106 A1	28-06-2006
		AU 2004320619 A1	22-12-2005
		AU 2005251945 A1	22-12-2005
		CA 2506174 A1	14-12-2005
		CA 2570243 A1	22-12-2005
		CN 1788143 A	14-06-2006
		CN 1976843 A	06-06-2007
		EP 1756399 A1	28-02-2007
		EP 1755952 A1	28-02-2007
		KR 20070043966 A	26-04-2007
		NO 20070239 B	14-03-2007
		WO 2005121509 A1	22-12-2005
		US 2006081521 A1	20-04-2006
		-----	
WO 9640453 A	19-12-1996	EP 0830220 A1	25-03-1998
		JP 11507583 T	06-07-1999
		SE 504323 C2	13-01-1997
		SE 9502079 A	08-12-1996
		US 5868860 A	09-02-1999
-----			

EPO FORM P0461

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- WO 2005077554 A1 [0004]